



SERVICEPUNT  
DUURZAME ENERGIE

DE TECHNIKEN VAN DE WARMTETRANSITIE VOOR GEBOUWDE OMGEVING

# Duurzame warmte

FEBRUARI 2019







## Colofon

### Publicatie

Titel: Duurzame warmte, de technieken van de warmtetransitie  
Auteur: Servicepunt Duurzame Energie  
Contactpersoon: Peter-Paul Smoor  
Datum: 19 februari 2019  
Versie: 4.0

### Organisatie

Het Servicepunt Duurzame Energie Noord-Holland is opgezet door de Provincie Noord-Holland als vehikel om de energietransitie te ondersteunen en te versnellen. Sinds 2017 is hierbij de focus gelegd op de gebouwde omgeving en de ontwikkelingen omtrent aardgasvrije bebouwing (nieuwbouw en bestaande bouw). Het Servicepunt ondersteunt gemeenten, regio's, woningcorporaties en uitvoeringsdiensten met het uitwerken van plannen en het opzetten van projecten. De opgedane kennis en ervaring worden door het Servicepunt verzameld en ter beschikking gesteld binnen de provincie. Over Morgen en AEF zijn verantwoordelijk voor de uitvoering van het Servicepunt.

### Contactgegevens

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





## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1	<i>Een verwarmd Nederland nu en straks</i>	4
<b>2</b>	<b>Structuur in de opgave</b>	<b>6</b>
2.1	<i>Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur</i>	6
2.2	<i>Energie-infrastructuur met bijhorende verwarmingstechnieken</i>	7
2.3	<i>Energiebronnen</i>	7
2.4	<i>Energieopslag</i>	8
<b>3</b>	<b>Verlagen van de warmtevraag en verwarmingstemperatuur</b>	<b>9</b>
3.1	<i>Isoleren als randvoorwaarde</i>	10
3.2	<i>Transitiegereed in stappen</i>	10
<b>4</b>	<b>Energie-infrastructuur en verwarmingstechnieken</b>	<b>14</b>
4.1	<i>Gasnet</i>	14
4.2	<i>All electric</i>	15
4.3	<i>Bronnet</i>	18
4.4	<i>Warmtenet</i>	18
<b>5</b>	<b>Energiebronnen</b>	<b>21</b>
5.1	<i>Fossiele bronnen</i>	22
5.2	<i>Alternatieve bronnen voor aardgas</i>	23
5.3	<i>Alternatieve bronnen voor elektriciteit</i>	23
5.4	<i>Restwarmte</i>	23
5.5	<i>Biomassa</i>	24
5.6	<i>Energie uit de bodem en diepere aardlagen</i>	24
5.7	<i>Thermische energie uit oppervlaktewater en afvalwater</i>	25
5.8	<i>Zonthermie</i>	25
5.9	<i>Schaalgrootte</i>	26
<b>6</b>	<b>Energieopslag</b>	<b>28</b>
6.1	<i>De noodzaak van warmteopslag</i>	28
6.2	<i>Het toepassen van warmteopslag</i>	29
<b>7</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen</b>	<b>30</b>
7.1	<i>Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur</i>	30
7.2	<i>Aanleg en/of verzwaring van energie-infrastructuur met bijhorende verwarmingstechnieken</i>	30
7.3	<i>Ontsluiten van warmtebronnen</i>	32
7.4	<i>Realiseren van energieopslag</i>	32



# 1 Inleiding

**Volgend op het klimaatakkoord van Parijs heeft de Nederlandse overheid gesteld dat Nederland in 2050 de uitstoot van broeikasgassen met 95% zal hebben teruggebracht ten opzichte van 1990. Als tussendoel werkt Nederland naar 49% minder CO<sub>2</sub> in 2030. Aardgas heeft een significant aandeel in de uitstoot van broeikasgassen. Daarom is tevens als doel gesteld om de gebouwde omgeving in 2050 aardgasvrij te realiseren.**

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 lokaal en provinciaal niveau. Er moeten namelijk niet alleen grote investeringen gedaan worden in de woning, maar ook de huidige energie-infrastructuur in de wijk zal moeten worden aangepakt. Om dit financieel betaalbaar en efficiënt uit te kunnen voeren, zullen er in veel gevallen clusters van meerdere woningen en gebouwen in een gelijktijdige fasering aardgasvrij gemaakt moeten worden. De energietransitie in de gebouwde omgeving wordt daarom niet voor niets vergeleken met de opgave van de wederopbouw.

Een van de belangrijkste voorwaarden voor de transitie in de gebouwde omgeving is de realisatie van een toekomstbestendige energie-infrastructuur als alternatief voor de huidige gasleidingen. Omdat niet alleen de woningen en gebouwen, maar ook de ondergrond en de openbare ruimte op de schop gaan, is deze transitie dus zeer complex en kan alleen gefaseerd worden uitgevoerd. Gezien de tijdsdruk moet er wel zo snel mogelijk gestart worden anders zal in 2050 nog een groot deel van de gebouwde omgeving met fossiele brandstoffen verwarmd worden.

Deze notitie brengt inzicht en structuur in de technische opgave van de warmtetransitie. Doel van dit stuk is dan ook om de discussies en onderwerpen op internet en binnen projecten zuiver en op een gelijkwaardig kennisniveau te kunnen voeren.

## 1.1 Een verwarmd Nederland nu en straks

Totaal wordt in Nederland jaarlijks meer dan 40 miljard m<sup>3</sup> aardgas gebruikt. Bijna de helft van het huidige gasgebruik gaat naar het verwarmen van de gebouwde omgeving. Door de uitfasering van kolen en het elektrificeren van o.a. mobiliteit en de industrie zullen gascentrales meer ingezet worden en zal naar verwachting het aardgasgebruik in Nederland de komende jaren stijgen. Alleen al door het uitfaseren van kolen is er ongeveer 10 miljard m<sup>3</sup> gas extra nodig.

Bij de verbranding van aardgas in gasketels of elektriciteitscentrales komt CO<sub>2</sub> vrij. Dit draagt bij aan een onwenselijke klimaatverandering. Bovendien heeft de winning van het Gronings gas aardbevingen als gevolg. Door het terugdringen van de winning in Groningen worden er steeds meer afhankelijk van het buitenland voor de bevoorrading van onze energiebronnen. Momenteel wordt er vooral aardgas geïmporteerd vanuit Noorwegen. Daarnaast wordt ook aardgas geïmporteerd uit het Verenigd Koninkrijk en Rusland (via Duitsland). Door de stijging van de vraag en het terugdringen van de winning in Groningen zal er steeds meer gas geïmporteerd moeten worden vanuit Duitsland. Vanuit Rusland naar Duitsland wordt momenteel daarvoor al een tweede pijpleiding aangelegd via de Oostzee met een jaarlijkse capaciteit van 55 miljard m<sup>3</sup>. Nadeel van de import van buitenlands gas is dat er investeringen gedaan moeten worden in pijpleidingen



en installaties, die het buitenlands gas geschikt maakt voor onze huidige installaties. Op de korte termijn met name in de industrie. Ander nadeel is dat er door het transport door pijpleidingen ook aardgas verloren gaat. Dit draagt extra bij aan het broeikaseffect.

We moeten dus het gebruik van aardgas terugdringen ook in de gebouwde omgeving. De transitie naar een aardgasvrije gebouwde omgeving verloopt echter niet vloeiend. Dat komt omdat de hele maatschappij is afgestemd op aardgas als warmtebron en omdat aardgas ook veel voordelen met zich meebrengt, die alternatieven niet altijd hebben. Voordelen zijn bijvoorbeeld het gemak van één dominante bron met een reeds aanwezige infrastructuur (het gasnet), de continue beschikbaarheid van aardgas en de hoge temperaturen die bij verbranding behaald kunnen worden.

Als we ons een aardgasvrij Nederland in 2050 voorstellen met de kennis en techniek van nu, zien we een totaal andere energie-infrastructuur voor de gebouwde omgeving. We zien niet één dominante bron, maar een mix van bronnen en de daarbij horende infrastructuren, waarbij duurzame energie deels lokaal wordt opgewekt. Gebouwen zullen ook beter geïsoleerd zijn, waardoor ze met lagere temperaturen en met minder energie dan nu verwarmd kunnen worden. Ook zal warmte tijdelijk, voor een aantal dagen of zelfs voor een seizoen, worden opgeslagen in wijken, gebouwen en woningen. Alle ontwikkelingen en technieken zijn nodig om het duurzaam verwarmen van onze woningen op grote schaal mogelijk te maken.



## 2 Structuur in de opgave

In deze publicatie behandelen we de technische opgave richting een aardgasvrije en later CO<sub>2</sub>-neutrale gebouwde omgeving. Deze opgave bestaat uit vier onderdelen, die niet los van elkaar kunnen worden gezien:

1. Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur;
2. Aanleg en/of verzwaring van energie-infrastructuur met bijhorende verwarmingstechnieken;
3. Ontsluiten van duurzame energiebronnen;
4. Realiseren van energieopslag.

In onderstaande paragrafen gaan we kort in bovenstaande vier opgaves. In hoofdstuk 3 t/m 6 worden deze uitvoerig behandeld.

### 2.1 Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur

Het verlagen van de warmtevraag en verwarmingstemperatuur is een noodzakelijke stap om, onafhankelijk van de toekomstige energie-infrastructuur in de wijk, de gebouwde omgeving CO<sub>2</sub>-neutraal te kunnen verwarmen. In alle situaties geldt:

- De energie die niet verloren gaat, hoeft ook niet te worden opgewekt;
- Hoe lager de temperatuur die nodig is om de woning te kunnen verwarmen, hoe efficiënter, betaalbaarder en met een zo laag mogelijke CO<sub>2</sub>-uitstoot de warmte kan worden opgewekt;

Dit kan worden bereikt door een combinatie van de volgende maatregelen:

- Isolatie van de vloer, gevel, glas en het dak;
- Het dichtmaken van kieren;
- Efficiënt ventileren.

Daarnaast zal iedereen elektrisch moeten gaan koken en zullen in sommige gevallen ook de bestaande radiatoren of de gehele bestaande verwarmingsinstallatie vervangen moeten worden. De huidige woningenvoorraad is grofweg in de te delen in vier niveaus van isolatie:

1. Een woning is *slecht of onvoldoende geïsoleerd*. De woning zal (gefaseerd) aangepakt moeten worden en naar een hoger niveau gebracht moeten worden.
2. Een woning heeft het *minimumisolatieniveau* bereikt. Bij het minimumniveau kunnen woningen comfortabel verwarmd worden met een maximumtemperatuur van 70°C. De woning kan daarna (gefaseerd) of direct naar het basisisolatieniveau gebracht worden.
3. Een woning heeft het *basisisolatieniveau* bereikt. Bij een basisniveau kan de woning zowel comfortabel worden verwarmd met een maximumtemperatuur van 70°C als met beperkte aanpassingen ook met 40°C. De woning is daarmee toekomstbestendig en geschikt voor meerdere alternatieve verwarmingstechnieken.
4. Een woning is op *hoog niveau geïsoleerd* en voorzien van een zeer energiezuinig ventilatiesysteem. De woningen zijn daarmee zeer geschikt om comfortabel te verwarmen met een maximumtemperatuur van 40°C.

Naast warmte voor ruimteverwarming is er in een woning ook warm tapwater nodig. Voor het veilig kunnen gebruiken van warm tapwater is met de huidige stand van de techniek en regelgeving een temperatuur van minimaal 55°C bij het tappunt nodig. Om deze temperatuur te kunnen garanderen moet het opweksysteem in praktijk een temperatuur van 60-70°C kunnen leveren. Als de aanvoertemperatuur onvoldoende hoog is, moet er dus een aanvullende voorziening komen in de woning voor het opwekken of het boosten van de warmte voor warm tapwater.

## 2.2 Energie-infrastructuur met bijhorende verwarmings-technieken

Om woningen en gebouwen te kunnen verwarmen is ook een energie-infrastructuur nodig. We maken daarbij onderscheid tussen vier verschillende energie-infrastructuren om de gebouwde omgeving te kunnen verwarmen:

1. **Gasnet:** Het bestaande gasnet blijft behouden. De bestaande gebouwde omgeving kan dan voorlopig nog verwarmd worden met een (hybride) gasketel in de woning of het gebouw.
2. **All electric:** Er is alleen een elektriciteitsnet in de wijk met een installatie voor de opwek van warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater in de woning of het gebouw. De capaciteit van het elektriciteitsnet in de wijk moet worden verhoogd om dit in de praktijk mogelijk te maken.
3. **Bronnet:** Naast een elektriciteitsnet komt er ook nog een bronnet in de wijk. Beide netten zijn de bron voor een warmtepomp voor de opwek van warmte voor ruimteverwarming (en warm tapwater) in een woning of gebouw. Ook hierbij moet de capaciteit van het elektriciteitsnet in de wijk worden verhoogd.
4. **Warmtenet:** Een collectieve warmtevoorziening met (lokaal) warmtenet en een afleverset in de woning. De temperatuur van deze warmte is voldoende om de woning of het gebouw direct te kunnen verwarmen. De installatie voor de opwek van warmte staat in de wijk of het gebied.

De keuze voor de infrastructuur in een wijk is afhankelijk van veel factoren, zoals bouwjaar, gebouwtype, gebouwfunctie, bebouwingsdichtheid, het eigendom en de schaal. De keuze voor de infrastructuur in een wijk heeft invloed op:

- De techniek in en aanpassingen aan de woning die nodig zijn om de woning comfortabel te kunnen verwarmen.
- De energiebronnen, die kunnen worden ontsloten.
- De (on)mogelijkheid om warmte op te slaan.
- Het tempo dat gehaald kan worden om de gebouwde omgeving aardgasvrij te maken.

Hier wordt in hoofdstuk 4 dieper op ingegaan.

## 2.3 Energiebronnen

Om toe te werken naar alleen duurzame elektriciteit en warmte in onze woningen zijn ook verschillende energiebronnen nodig aan de opwekkant. Om de juiste keuzes te maken is inzicht nodig in de gehele energie- en warmteketen van de gebouwde omgeving. In figuur 2.1 staan deze ketens schematisch weergegeven.



Bij iedere energie-infrastructuur hoort een andere energiedrager. Dit is respectievelijk gas, elektriciteit en/of water. Bij de verschillende energiedragers horen verschillende bronnen. Deze bronnen zijn nu vaak nog fossiel. Voor alle opties geldt dus dat de bronnen verduurzaamd moeten (kunnen) worden en beschikbaar blijven, zodat we uiteindelijk een zoveel als mogelijk CO<sub>2</sub> neutrale gebouwde omgeving hebben. Dit is een belangrijk vraagstuk om te komen tot de juiste keuzes. Het aanpassen van de energie-infrastructuur is namelijk kostbaar en zorgt voor veel overlast, omdat de straat open moet. De energie-infrastructuur moet dus toekomstbestendig zijn voor een periode van minimaal 30-50 jaar. Hier wordt in hoofdstuk 5 dieper op ingegaan.



Figuur 2.1: Warmteketen voor een gasnet, all electric en een warmtenet.

## 2.4 Energieopslag

Een ander belangrijk aspect dat meegenomen moet worden, is het feit dat de vraag naar warmte voor ruimteverwarming zeer seizoensgebonden is. De vraag naar warmtapwater is het gehele jaar vrij stabiel en heeft pieken in ochtend- en avonden. Ruimteverwarming heeft een enorme dip in de zomer en een zeer hoge piekvraag op koude dagen.



Ook aan de bronzijde gaat er veel veranderen. Nu zijn gas en elektriciteit altijd beschikbaar. Maar in de toekomst is het aanbod van zonne-energie, windenergie en energie uit bijvoorbeeld oppervlaktewater veel minder constant en ook deels seizoensafhankelijk.

Om in de toekomst de gebouwde omgeving CO<sub>2</sub> neutraal te kunnen verwarmen, is naast een duurzame bron dus ook opslag noodzakelijk, zodat vraag naar warmte en aanbod van hernieuwbare energie beter op elkaar afgestemd kan worden. Met welke techniek en waar de energie opgeslagen kan worden is sterk afhankelijk van de energie-infrastructuur in de wijk en/of het gebouw. Hier wordt in hoofdstuk 6 dieper op ingegaan.



### 3 Verlagen van de warmtevraag en verwarmingstemperatuur

In dit hoofdstuk bespreken we het belang van besparing en het efficiënt benutten van de warmte in de woning. Naast het voordeel van energiebesparing, is dit ook een noodzaak omdat de meeste duurzame warmteopties maximaal een temperatuur van 70 °C efficiënt kunnen leveren.

De gemiddelde huidige warmtevraag per jaar voor ruimteverwarming is 80 kWh per vierkante meter vloeroppervlak (kWh/m<sup>2</sup>). De warmtevraag voor ruimteverwarming is sterk afhankelijk van het bouwjaar. In tabel 3.1 staat de gemiddelde warmtevraag voor eengezinswoningen en meergezinswoningen. Deze tabel is gebaseerd op het werkelijke huidige gasgebruik. Voor warmtapwater is de warmtevraag gemiddeld 15-20 kWh/m<sup>2</sup>. Met name bij de woningvoorraad gebouwd voor 1990 is er nog een (grote) slag te maken.

Eengezinswoningen zijn bijvoorbeeld rijwoningen, twee-onder-een-kapwoningen en vrijstaande woningen. Meergezinswoningen zijn bijvoorbeeld galerijflats, portiekflats en portiekwoningen.

Tabel 3.1: Gemiddelde warmtevraag ruimteverwarming van woningen in Nederland gerelateerd aan bouwjaar.

	Gemiddeld oppervlak m <sup>2</sup>	Gemiddeld gasgebruik m <sup>3</sup>	Gemiddeld warmtevraag ruimteverwarming kWh/m <sup>2</sup>
<b>Eengezinswoning</b>			
< 1920	170	1920	90
> 1920 - 1950	135	1800	105
> 1950 - 1975	125	1630	95
> 1975 - 1990	130	1390	75
> 1990 - 2005	145	1180	60
> 2005	155	990	45
Nieuwbouw	120	-	30
<b>Meergezinswoningen</b>			
< 1920	85	1240	95
> 1920 - 1950	80	1180	95
> 1950 - 1975	75	1120	90
> 1975 - 1990	70	840	70
> 1990 - 2005	90	790	50
> 2005	90	670	40
Nieuwbouw	70	-	25
<b>Gemiddeld</b>	<b>115</b>	<b>1470</b>	<b>80</b>



### 3.1 Isoleren als randvoorwaarde

Bijna iedereen is het er wel over eens. Om de warmtetransitie mogelijk te maken, moeten zo veel mogelijk bestaande woningen geïsoleerd worden. Echter wat nog onduidelijk is, is welke maatregelen een vastgoedeigenaar minimaal moet nemen en misschien belangrijker nog, welke maatregelen een gemiddelde huizenbezitter bereid is te nemen en/of kan betalen. Als de woning onderdeel is van een VvE, is de eigenaar daarbij ook nog afhankelijk van mede-eigenaren.

De maatregelen, die genomen kunnen worden zijn daarnaast ook zeer afhankelijk van het bouwjaar en natuurlijk van maatregelen die reeds zijn genomen door de huidige of eerdere eigenaren. Voor een efficiënte uitvoer van een maatregel is een eigenaar daarnaast ook vaak afhankelijk van het geschikte moment. Het isoleren van de kap van een eengezinswoning is als voorbeeld 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.

De isolatieopgave is dus complexer dan het lijkt en zal tijd kosten. Voor iedere vastgoedeigenaar is dit 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. Dit is een van de redenen dat voor de bestaande bouw er nu nog geen regelgeving is, die maatregelen afdwingbaar maken.

### 3.2 Transitiegereed in stappen

Dat iedere huizenbezitter start met het nemen van een aantal warmtebesparende maatregelen is noodzakelijk. Alle natuurlijke momenten van onderhoud, verbouwing en verhuizing moeten 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.

De eerste stap moet dus gezet worden. Het is van belang dat iedere huizenbezitter in de eerste stap toewerkt naar een minimumniveau ( $70-80 \text{ kWh/m}^2$ ). De te nemen maatregelen in deze stap zijn onafhankelijk van de uiteindelijke energie-infrastructuur in de wijk en zijn dus minimaal nodig om de woning gereed te maken voor de energietransitie. Naast het minimumniveau is er ook een basisniveau ( $50-60 \text{ kWh/m}^2$ ) en een hoog niveau ( $20-40 \text{ kWh/m}^2$ ). Voor alle niveaus geldt:

- Er zal elektrisch gekookt moeten worden, bijvoorbeeld met inductie.
- De kieren moeten worden nagelopen en indien mogelijk gedicht.
- De woning moet voldoende (mechanisch) worden geventileerd.

#### **Minimumisolatieniveau**

Om de transitie mogelijk te maken is het wenselijk dat alle woningen, zo snel mogelijk, dit niveau hebben bereikt. Op dit niveau kunnen woningen comfortabel verwarmd worden met een maximumtemperatuur van  $70^\circ\text{C}$  in plaats van de  $80^\circ\text{C}$  tot  $90^\circ\text{C}$ , die nodig is voor het verwarmen van slecht geïsoleerde woningen.

Tabel 3.2 geeft ter indicatie per bouwjaar de maatregelen die genomen moeten worden/zijn. Bij alle isolatiemaatregelen geldt dat maximaal technisch geïsoleerd moet worden zonder dat onderdelen van de woning geheel vervangen hoeven te worden. De isolatiewaarde die behaald kan worden is dus sterk situatieafhankelijk, omdat alle woningen anders zijn. Iedere huizenbezitter kan testen of hij op dit niveau zit door de bestaande gasketel op een maximumtemperatuur van 70°C in te (laten) stellen zonder (veel) in te hoeven leveren op gebied van comfort. In een aantal gevallen zullen er radiatoren vervangen of bijgeplaatst moeten worden.

Op het gebied van isolatie zitten alle woningen gebouwd na 1990 en een deel gebouwd tussen 1975 en 1990 al vanaf het jaar dat ze gebouwd zijn op dit minimumniveau. Alle woningen die daarvoor zijn gebouwd kunnen door het nemen van deze maatregelen naar een gemiddelde warmtevraag voor ruimteverwarming van circa 70-80 kWh/m<sup>2</sup>.

Tabel 3.2: Indicatie minimumniveau maatregelen per bouwjaar en woningtype.

	Vloer	Gevel	Kozijnen en glas	Dak
<b>Eengezinswoning</b>				
< 1920	Kruipruimte isoleren indien aanwezig	Geen spouw	Minimaal HR++ glas	Dak isoleren
> 1920 - 1950		Spouw Isoleren	Minimaal dubbel glas	Voldoet
> 1950 - 1975				
> 1975 - 1990				
> 1990 - 2005	Voldoet	Voldoet		
> 2005				
<b>Meergezinswoningen</b>				
< 1920	Kruipruimte isoleren indien aanwezig	Geen spouw	Minimaal HR++ glas	Dak isoleren
> 1920 - 1950		Spouw Isoleren	Minimaal dubbel glas	
> 1950 - 1975				
> 1975 - 1990				
> 1990 - 2005	Voldoet	Voldoet	Voldoet	Voldoet
> 2005				

#### Basisisolatieniveau

Als woningen het basisniveau bereikt hebben, zijn ze zowel geschikt om comfortabel te verwarmen met een maximumtemperatuur van 70°C, als met beperkte aanpassingen ook met 40°C. Om verwarming met deze lagere temperatuur van 40°C mogelijk te maken, moeten wel in de meeste gevallen de radiatoren vervangen worden door grotere laagtemperatuurradiatoren.





## VACUÛM GLAS

In 2019 start de productie van Vacuüm glas. Dit glas heft dezelfde thermische eigenschappen als trippel glas. Belangrijk verschil is dat het slechts 1 cm dik is en dus in bijna alle bestaande kozijnen past. Dit in tegenstelling tot trippelglas, waarvoor nieuwe kozijnen nodig zijn. Het is ook dunner dan HR++ glas dat ook niet in alle bestaande kozijnen kan worden toegepast.

Het is wenselijk dat het grootste deel van de woningen in Nederland uiterlijk 2050 op minimaal dit niveau zitten. Hierdoor zijn ze namelijk geschikt voor bijna alle alternatieve duurzame verwarmingstechnieken. Ook wordt de warmtevraag hierdoor nog verder verlaagd en wordt de retourtemperatuur lager, waardoor installaties efficiënter kunnen functioneren. Tabel 3.3 geeft ter indicatie de maatregelen die genomen moeten worden/zijn. Bij alle isolatiemaatregelen geldt dat maximaal technisch geïsoleerd moet worden zonder dat onderdelen van de woning geheel vervangen hoeven te worden.

Tabel 3.3: Indicatie basisniveau maatregelen per bouwjaar.

	Vloer	Gevel	Kozijnen en glas	Dak
<b>Alle woningtypes</b>				
< 1920	Kruipruimte isoleren indien aanwezig	Geen spouw	Minimaal HR++ glas	Dak isoleren
> 1920 - 1950		Spouw Isoleren	Minimaal dubbel glas	
> 1950 - 1975				
> 1975 - 1990	Voldoet	Voldoet	Voldoet	Voldoet
> 1990 - 2005		Voldoet	Voldoet	Voldoet
> 2005		Voldoet	Voldoet	Voldoet

Op het gebied van isolatie zitten alle woningen gebouwd na 1990 op dit niveau. Alle woningen die daarvoor zijn gebouwd kunnen door het nemen van deze maatregelen naar een gemiddelde warmtevraag voor ruimteverwarming van circa 50-60 kWh/m<sup>2</sup>.

### Hoog niveau isolatie

In 2050 zal ook een deel van de voorraad op hoog niveau zijn geïsoleerd. Het grootste deel daarvan moet nog gebouwd worden de komende 30 jaar. Alle huidige en toekomstige nieuwbouw voldoet namelijk aan dit niveau. De warmtevraag voor ruimteverwarming is op dit niveau gemiddeld circa 20-40 kWh/m<sup>2</sup>. Het is de landelijke ambitie om jaarlijks 75.000 nieuwe woningen in Nederland bij te bouwen.

Van het huidige bestaande bezit zal maar een beperkt deel op dit niveau zitten is de verwachting. Om dit niveau te kunnen halen moeten er namelijk grote ingrepen gedaan worden aan de schil. Dit is voor veel huizenbezitters niet betaalbaar, technisch niet altijd mogelijk en ook niet altijd efficiënt vanuit de circulaire gedachte. In gevallen dat er veel achterstallig onderhoud is en de kozijnen en het dak volledig vervangen moeten worden, kan dit niveau bereikt worden.



## NUL OP DE METER RENOVATIE

Een voorbeeld van een hoog niveau renovatie in de bestaande bouw is het NOM-concept van de Stroomversnelling. Dit concept is interessant voor met name aaneengesloten bezit van woningcorporaties. In veel gevallen rijtjeswoningen gebouwd in de periode tussen 1950 en 1975. Deze aanpak is interessant op het moment dat er veel (achterstallig) onderhoud is, nog nauwelijks is geïsoleerd en de levensduur van de woningen met minimaal 40-50 jaar verlengd wordt. Onder die randvoorwaarde kan het een optie zijn om de gevel, kozijnen en het dak te vervangen en dan ook meteen heel goed te isoleren. In dat geval kan ook direct de sprong gemaakt worden naar laagtemperatuurverwarming in combinatie met een warmtepomp in de woning (all electric). Als er voldoende dakoppervlak beschikbaar is voor zonnepanelen kan er jaarlijks evenveel hernieuwbare elektriciteit opgewekt worden als dat de woning totaal jaarlijks gebruikt, totaal circa 16 panelen voor een rijtjeswoning. Dat is dus alle elektriciteit die de warmtepomp en het ventilatiesysteem gebruikt inclusief huishoudelijke energie en verlichting. In dat geval kan de woning een NOM-certificaat krijgen. Als de woningcorporatie de energieprestatie garandeert mag het ook een energieprestatievergoeding (EPV) bij huurder in rekening brengen. De huurder heeft immers geen energierekening meer. Hierdoor kunnen de investeringen in de warmtepomp en zonnepanelen worden terugverdiend door de woningcorporatie.

## 4 Energie-infrastructuur en verwarmingstechnieken

Er zijn vier verschillende energie-infrastructuren denkbaar om de gebouwde omgeving te kunnen verwarmen:

- Gasnet
- All electric
- Bronnet
- Warmtenet

### 4.1 Gasnet

Dit is de huidige situatie in circa 95% van de wijken in Nederland. In veel wijken zal het gasnet dus nog wel even blijven liggen. Als gekozen wordt om het bestaande gasnet te laten liggen is het van belang om duidelijkheid te geven aan vastgoedeigenaren voor hoelang dit nog het geval is. Hierdoor krijgen eigenaren de tijd om de noodzakelijke maatregelen te nemen.

Tabel 4.1: Verwarmingsopties bij een gasnet in de wijk

		Infrastructuur	Installatie gebouw		Installatie in woning	
					Warm tapwater	Ruimteverwarming
1a	GAS	Gasnet en E-net			Hr-ketel	Hr-ketel
						Hr-ketel en hybride warmtepomp
1b			Hr-ketel, (warmtepomp) en boilervat	40°C net en E-net	Booster	Afleverzet
			70°C net en E-net	Afleverzet		
			90°C net en E-net			

#### Individuele gasketel en hybride warmtepomp

Als het gasnet voorlopig nog blijft liggen, dan kan er eventueel naast de individuele Hr-ketel ook een hybride warmtepomp (1a) geplaatst worden in de woning om het gasgebruik verder te beperken. Voorwaarde is wel dat de woning het basisniveau al bereikt heeft.

#### Collectieve gasketel

Meergezinswoningen kunnen ook de keuze maken om het complex collectief te verwarmen (1b). Het is dan wel van belang dat de woningen 'transitiegereed' zijn, ofwel klaar voor de aansluiting op een duurzame warmteoptie (bijvoorbeeld een warmtenet). Daarvoor moeten er nu al maatregelen genomen worden die ervoor zorgen dat de maximale aanvoertemperatuur naar de woningen niet hoger is dan 70°C. Omdat met een gasketel wordt verwarmd kan eventueel tijdelijk ook nog met een hogere temperatuur verwarmd worden. Bij een aanvoertemperatuur lager dan 65°C is een aanvullende voorziening nodig in de woning voor het "boosten" van warm tapwater.



## COLLECTIEVE VERWARMING BIJ MEERGEZINSWONINGEN

Meergezinswoningen, met name de grotere complexen gebouwd na 1950, zijn zeer geschikt om collectief verwarmd worden. In het complex komt een geïsoleerde aanvoer- en retourleiding en per woning komt er, op de plek van de oude gasketel een afleverset. Als er ook elektrisch wordt gekookt zijn de woningen aardgasvrij gemaakt. De individuele gasaansluiting kan dus afgesloten worden.

Voordeel van een collectieve installatie is dat het ruimtegebruik en de techniek in de woning beperkt blijft. De collectieve warmtevoorziening kan relatief eenvoudig vervangen worden door nieuwe technieken passend bij alle infrastructuren, zonder dat je daarvoor nog aanpassingen hoeft te doen aan het gebouw of de woning. Dit kan zijn een collectieve gasketel, pelletketel, warmtepomp (all electric) of een aansluiting op een warmtenet. Dit is dus een zeer robuust, flexibel en onderhoudsarm systeem. Met name voor complexen in bezit van woningcorporaties is dit een zeer geschikte en toekomstbestendige oplossing.

### 4.2 All electric

'All electric' betekent dat er alleen een elektriciteitsnet naar de wijk toe komt. Als dat het geval is, dan is er een warmte-opwekinstallatie in de woning of het gebouw nodig die alleen elektriciteit gebruikt. Vastgoedeigenaren kunnen dan natuurlijk ook de keuze maken om houtachtige biomassa te gebruiken. De verwarmingsopties, die dan mogelijk zijn staan in tabel 4.2.

Tabel 4.2: Verwarmingsopties bij alleen een elektriciteitsnet in de wijk (all electric)

Optie	Infrastructuur	Installatie gebouw		Installatie in woning		
				Warm tapwater	Ruimteverwarming	
2a	E-net			Pelletketel	Pelletketel met opslag	
2b				E-boiler of zonneboiler	Infraroodpanelen	
				Warmtepomp en boilervat		
2c				Buitenunit	E-net	Warmtepomp en boilervat
		Bodemlussen	Bronnet en E-net	70°C		
		WKO				
		Thermische zonnepanelen				
2d		Pelletketel met boilervat +opslag	40°C net en E-net	Booster	Afleverset	
			70°C net en E-net	Afleverset		
			90°C net en E-net			
2e	Warmtepomp met boilervat +opslag en bron	40°C net en E-net	Booster	Afleverset		
		70°C net en E-net	Afleverset			



### Pelletketel individueel

Huiseigenaren kunnen de keuze maken om de woning te verwarmen met een pelletketel (2a). In de woning komt naast de ketelinstallatie ook een opslagvat voor houtpellets. Deze oplossing moet echter niet gestimuleerd worden in verband met de risico's op uitstoot van fijnstof en schaarste en betaalbaarheid van houtpellets op de langere termijn.

### Infrarood of individuele warmtepomp

Als de warmte in de woning wordt opgewekt met infrarood (2b) of een warmtepomp (2c) zal het elektriciteitsnet verzwakt moeten worden. Uitgaande van de huidige stand van de techniek kan je alleen met warmtepompen of infrarood verwarmen als de woningen minimaal op het basisniveau is. Bij warmtepompen moeten dan vaak ook de radiatoren vervangen worden door laagtemperatuur radiatoren.

## EFFICIËNTIE VAN WARMTEPOMPEN EN INFRAROODPANELEN

**Een warmtepomp gebruikt de temperatuur van de omgeving als bron. Dat zorgt ervoor dat er meer energie in de vorm van warmte wordt opgewekt dan dat er aan elektriciteit wordt gebruikt. Van 1 kWh elektriciteit kan een warmtepomp 3-6 kWh aan warmte produceren (COP van 3-6). Bij infraroodpanelen is de omzetting van elektriciteit naar warmte één staat tot één, veel minder efficiënt dus. Infraroodpanelen hebben wel het voordeel dat ze alleen aan hoeven te staan op het moment dat er een persoon aanwezig is in de ruimte (in tegenstelling tot andere technieken) waardoor ze in praktijk wel wat efficiënter zijn dan doet vermoeden. Ander nadeel van infraroodpanelen is dat ze niet gecombineerd kunnen worden met een warmtebatterij, hoofdstuk 5.**

Je hebt warmtepompen die lucht gebruiken als warmtebron (lucht-water-warmtepompen) en die water gebruiken als warmtebron (water-water-warmtepompen). Een lucht-water-warmtepomp gebruikt als bron bijvoorbeeld buitenlucht. Een water-water-warmtepomp gebruikt als bron bijvoorbeeld bodemenergie of warmte uit zon (zonthermie).

Voor het benutten van energie uit buitenlucht is een buitenunit nodig. Voor het benutten van warmte uit de bodem moet er een bodemlus geboord worden onder de woning of in de tuin. Voor het benutten van zonthermie moeten er thermische zonnepanelen geplaatst worden op het dak van de woning. Bij meergezinswoningen is er een collectief bronnet in het gebouw nodig om de individuele warmtepompen in de woningen te verbinden met de bodemlussen of de thermische zonnepanelen. Grotere gebouwen kunnen ook gebruik maken van een eigen warmte- en koude opslaginstallatie (WKO) om gebruik te maken van bodemenergie als warmtebron.

Naast de warmtepomp of de infraroodpanelen komt er een boiler van minimaal 150 liter voor warm tapwater in de woning. Deze ruimte moet wel beschikbaar zijn. Bij infraroodpanelen en lucht-water-warmtepomp zal het elektriciteitsnet meer verzwakt moeten worden dan bij water-water-warmtepompen.



## ZONTHERMIE ALS BRON VOOR EEN WARMTEPOMP

Met de nieuwe generatie zonthermische panelen wordt er, óók als er geen zon is, warmte geproduceerd. Dit kan doordat het paneel behalve uit zon- en daglicht ook heel goed warmte kan winnen uit de buitenlucht. Hierdoor kan ook 's nachts en in de winter voldoende warmte geleverd worden aan een water-water-warmtepomp, zodat deze net zo efficiënt warmte kan produceren als een warmtepomp met een bodemlus. Voordeel is dat deze oplossing veel eenvoudiger is te installeren dan het boren van een bodemlus. De zonthermische panelen kunnen gecombineerd worden met zonnepanelen voor het opwekken van elektriciteit.

## NIEUWE GENERATIE WARMTEPOMPEN

Er komen steeds meer nieuwe generatie warmtepompen op de markt, die een grotere temperatuursprong kunnen maken door gebruik te maken van andere koudemiddelen, zoals ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en  $\text{CO}_2$ .

De nieuwe generatie warmtepompen zijn ontwikkeld voor de industrie en worden daar al jaren toegepast. Het is dus al een bewezen. Dit type warmtepompen is daarom uitermate geschikt voor het leveren van warmte aan een collectieve installatie in gebouwen of aan warmtenetten in wijken.

Speciaal voor woningen is er nu ook een individuele lucht-water-warmtepomp op de markt met als koudemiddel  $\text{CO}_2$ , die zonder problemen  $70^\circ\text{C}$  kan produceren. Voordeel is dat je dan dus niet meer de bestaande radiatoren hoeft te vervangen. De verwachting is dat er ook water-water-warmtepompen voor woningen op de markt komen met dezelfde eigenschappen. Om op grotere schaal individuele warmtepompen in wijken toe te passen is het wel van belang dat er technieken komen om warmte compact in de woning op de slaan, zie hoofdstuk 5. Dat vraagt wel de nodige extra ruimte in de woning.

### Collectieve installatie

Meergezinswoningen kunnen ook collectief verwarmd worden (2d en 2e) door een pelletketel of warmtepomp. Het is wel van belang dat de maximale aanvoertemperatuur naar de woningen niet hoger is dan  $70^\circ\text{C}$ . De bronnen voor een collectieve warmtepomp zijn vergelijkbaar met die van een individuele warmtepomp.

Bij een collectieve pelletketel kan de woning eventueel tijdelijk ook nog met een hogere temperatuur worden verwarmd. Bestaande complexen, die al worden verwarmd door een collectieve gasketel in combinatie met individuele afleversets in de woningen, kunnen dus relatief eenvoudig de overstap van gas naar all electric maken.



### 4.3 Bronnet

Een bronnet is een aanvulling op all electric. Het collectieve bronnet transporteert laagwaardige warmte naar woningen en gebouwen als bron voor een warmtepomp in de woning of het gebouw. Ook bij deze infrastructuur moet de capaciteit van het elektriciteitsnet in de wijk dus worden verhoogd.

Aangezien een warmtepomp ook op woning- of gebouwniveau in veel gevallen een efficiënte bron kan hebben (zie 4.2), zal een bronnet in veel gevallen geen logische optie zijn. In wijken waar in hoge dichtheid gebouwd is, kan er mogelijk beperkt ruimte zijn voor potentiële bronnen, waardoor een bronnet een optie kan zijn. Echter is in dat geval vaak een warmtenet een logischere keuze. De verwachting is daarom dat een bronnet met name ingezet zal gaan worden als bron voor warmtepompen, die warmte leveren aan een warmtenet in een wijk of een cluster van gebouwen, zie hoofdstuk 5.

Tabel 4.3: Verwarmingsopties bij een bronnet in de wijk

Optie	Infrastructuur	Installatie gebouw		Installatie in woning		
				Warm tapwater	Ruimteverwarming	
3a	BRONNET Bronnet en E-net			Warmtepomp en boiler	Warmtepomp (+opslag)	40°C 70°C
3b		Warmtepomp met boiler +opslag	40°C net en E-net	Booster	Afleverset	
			70°C net en E-net	Afleverset		

### 4.4 Warmtenet

Van de huidige 5% woningen, die niet zijn aangesloten op een gasnet, wordt het grootste deel verwarmd met een warmtenet. Het overgrote deel van de woningen en gebouwen zijn aangesloten op het warmtenet op het moment dat ze zijn gebouwd. De ervaring met het aansluiten van bestaande bouw op een warmtenet is nog beperkt.

De bestaande netten in oudere wijken leveren een temperatuur van maximaal 90°C aan de woningen en gebouwen (hoogtemperatuur). Bij nieuwere wijken, die beter zijn geïsoleerd, is de aanvoertemperatuur lager, circa 70°C (midentemperatuur). Bij nieuw te bouwen wijken kan worden overwogen om de aanvoertemperatuur verder te verlagen naar 40°C (laagtemperatuur). Bij woningen moet dan wel een aanvullende boostervoorziening geplaatst worden in de woning voor warm tapwater.

Tabel 4.4: Verwarmingsopties bij een warmtenet in de wijk

Optie		Infrastructuur	Installatie gebouw		Installatie in woning	
					Warm tapwater	Ruimteverwarming
3a	WARMTENET	40°C net en E-net	Afleverstation	40°C net en E-net	Booster	Afleverset
		70°C net en E-net		70°C net en E-net		
3b	WARMTENET	90°C net en E-net	Afleverstation	90°C net en E-net	Afleverset	
3c		90°C net en E-net		90°C net en E-net		

Om de transitie mogelijk te maken is het nodig dat ook alle woningen, die al zijn aangesloten op een bestaand warmtenet, minimaal naar het minimumniveau gebracht worden, zodat de temperatuur in het bestaande net op termijn verlaagd kan worden naar maximaal 70°C.

Bij een warmtenet komt er per gebouw of cluster van eengezinswoningen of kleinere gebouwen een afleverstation. Hier kan de temperatuur worden geregeld. De temperatuur van het net kan dus lokaal worden verlaagd als een gebouw daarvoor geschikt is.

Een warmtenet is een collectieve warmtevoorziening. Om in een bestaande wijk een warmtenet te realiseren is er voldoende schaalgrootte en dichtheid nodig. Hoe hoger de temperatuur die met de beschikbare warmtebron kan worden geleverd, hoe eenvoudiger de schaalgrootte kan worden bereikt, omdat er dan meer woningen geschikt zijn om aan te kunnen sluiten. Woningcorporaties kunnen makkelijker de benodigde schaal bereiken dan particulier woningeigenaren.

Op een aantal locaties in Nederland is het mogelijk om voor de bestaande bouw nieuwe netten te realiseren met een maximale aanvoertemperatuur van 90°C. Er moeten dan wel afspraken gemaakt worden met de vastgoedeigenaren dat de woningen voor bijvoorbeeld 2030 naar het minimumniveau gebracht worden, zodat de temperatuur op termijn verlaagd kan worden. Op de meeste locaties in de bestaande bouw zal echter direct gestart moeten worden met warmtenetten met een aanvoertemperatuur van maximaal 70°C, omdat er geen bronnen met een hogere temperatuur beschikbaar zijn.

### Meergezinswoningen

Om meergezinswoningen aan te kunnen sluiten op een warmtenet moeten ze collectief worden verwarmd, dus met een afleverset in de woning. Voor het behalen van voldoende schaal en dichtheid is het voor de haalbaarheid van een warmtenet belangrijk dat zoveel mogelijk meergezinswoningen en andere grote gebouwen aansluiten (zie ook 5.3)



## CORPORATIEBEZIT

Om een nieuw warmtenet in de bestaande wijken te kunnen realiseren is het van essentieel belang dat vastgoed in het bezit van woningcorporaties wordt aangesloten. Woningcorporaties (en VvE's) moeten dus in de planning rekening houden dat de grotere complexen met meergezinswoningen collectief verwarmd gaan worden, indien nodig tijdelijk met een collectieve gasketel. Om desinvesteringen te voorkomen is het dus vaak niet verstandig om complexmatig individuele ketels te vervangen. Ook moeten bestaande verouderde collectieve verwarmingsinstallaties (blokverwarming) worden gemoderniseerd.

Een collectieve warmtevoorziening met een aanvoertemperatuur van maximaal 70°C is zeer flexibel. Ook als het warmtenet er niet komt zijn er voldoende alternatieven beschikbaar om de woningen duurzaam en betaalbaar te verwarmen. De investering in een collectieve warmtevoorziening is dus no-regret.

### Eengezinswoningen

Bestaande eengezinswoningen zijn lastiger aan te sluiten op een warmtenet dan bestaande meergezinswoningen. De 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. Daarnaast is het van belang dat de gehele straat/ meerdere straten aansluit(en). Zolang het niet afdwingbaar wordt, is een warmtenet dus alleen te realiseren bij bestaande eengezinswoningen, als er voldoende aaneengesloten corporatiebezit is of dat er een sterk bewonerscollectief is dat een warmtenet wil en de aansluitkosten kan en wil betalen.



## 5 Energiebronnen

Bij iedere energie-infrastructuur hoort een andere energiedrager. Dit is respectievelijk gas (gasnet), elektriciteit (E-net) en/of water (warmtenet). Bij de verschillende energiedragers horen verschillende bronnen en (on)mogelijkheden om energie, die nodig is voor het verwarmen van woningen en gebouwen, op te slaan (zie hoofdstuk 6). Daarnaast is de bron en bijhorende energie-infrastructuur ook sterk afhankelijk van de schaalgrootte, die kan worden gerealiseerd.

In tabel 5.1 en 5.2 staan de verschillende energiebronnen behorende bij de verschillende energie-infrastructuren. Als de toekomstige infrastructuur in een wijk is gerealiseerd kan een mix aan bronnen energie gaan leveren. Dit zijn we al gewend met het huidige elektriciteitsnet. Doel is om uiterlijk in 2050 een zoveel als mogelijk CO<sub>2</sub> neutrale warmtevoorziening te hebben in Nederland. In tabel 5.1 staan zowel de fossiele als duurzame bronnen voor een gasnet en het elektriciteitsnet.

Tabel 5.1: Bronnen die nodig zijn voor het opwekken van gas en elektriciteit.

Bron	Bronopslag	Infrastructuur		
Zie all electric		E-net	Gasnet en E-net	GASNET
Aardgas, biomassa, elektriciteit (als bron voor waterstof)	Vloeibaar gas, ondergrondse opslag	Gasnet		
Aardgas, kolen, thorium, uranium, restwarmte, biomassa, afval, wind, waterkracht en zon, ultradiepe geothermie etc.	Europees netwerk, stuwmeren, batterijen etc.	E-net	E-net	ALLELECTRIC

In tabel 5.2 staan zowel de fossiele als duurzame bronnen voor een warmtenet. Naast een warmtebron is er in veel gevallen ook een warmtepomp nodig. Deze gebruikt naast de warmtebron ook elektriciteit uit het net. Daarnaast wordt in veel gevallen een gasketel ingezet als back-up en pieklastvoorziening (circa 20% van het jaarlijks gebruik). Voor de mogelijke bronnen voor elektriciteit en gas wordt verwezen naar tabel 5.1.

### AFHANKELIJKHEID VAN FOSSIELE BRONNEN

Tijdens de energietransitie blijven we afhankelijk van fossiele bronnen. Een goed voorbeeld van deze afhankelijkheid is een woning die zonnepanelen heeft liggen op het dak. Het grootste deel van de energie, die wordt opgewekt door de panelen kan niet gelijktijdig worden gebruikt in de woning en wordt dus teruggeleverd aan het elektriciteitsnet en elders gebruikt. Als het donker is of bewolkt en de panelen niet of nauwelijks elektriciteit produceren, wordt er elektriciteit uit het elektriciteitsnet gebruikt. Deze elektriciteit wordt opgewekt met een mix van bronnen, nu nog circa 80% fossiel (aardgas en kolen). Dat neemt niet weg dat het goed is dat er zonnepanelen op daken worden geplaatst. Al het dakoppervlak in Nederland moet namelijk zoveel als mogelijk benut worden voor de productie van hernieuwbare elektriciteit.



Tabel 5.2: Bronnen die nodig zijn voor het opwekken van warmte voor een warmtenet.

Bron	Bronopslag	Infrastructuur	Opwek in wijk		
			Productie	Warmteopslag	
Zie all electric		E-net			40°C net en E-net
TEO/TEA en grootschalige zonthermie	WKO of bronbuffer	Bronnet	Warmtepomp	Warmtebuffer	
Zie all electric		E-net			
Restwarmte, retournet bestaand warmtenet, ondiepe geothermie en grootschalige zonthermie	40°C net				
Zie gasnet		Gasnet	HR ketels		
Zie all electric		E-net			70°C net en E-net
TEO/TEA en grootschalige zonthermie	WKO of bronbuffer	Bronnet	Warmtepomp	Warmtebuffer	
Restwarmte, retournet, ondiepe geothermie en grootschalige zonthermie	Warmtebuffer	40°C net			
Zie all electric		E-net			
Restwarmte, diepe geothermie	Warmtebuffer	70°C net			
Houtachtige biomassa	Silo	Wegverkeer	Ketels		
Zie gasnet		Gasnet	HR ketels		
Zie all electric		E-net			
Restwarmte, ultradiepe geothermie		90°C net		Warmtebuffer	
Houtachtige biomassa	Silo	Wegverkeer	Ketels		
Zie gasnet		Gasnet	HR ketels		

WARMTENET

## 5.1 Fossiele bronnen

In elk scenario en bij elke infrastructuur zijn we in de energietransitie voorlopig nog afhankelijk van fossiele bronnen. Geleidelijk zullen we eerst afscheid nemen van kolen en daarna ook van aardgas. Deze uitfasering kost tijd, daarom is het tijdelijk gebruik maken van fossiele bronnen noodzakelijk. Bij de keuze voor een nieuwe energie-infrastructureur is het wel belangrijk dat er voldoende en bewezen alternatieven beschikbaar zijn, zodat de fossiele bronnen zo snel als mogelijk uitgefaseerd kunnen worden. Belangrijk is dus dat door de keuze minder fossiele brandstoffen nodig zijn en de afhankelijkheid ervan zoveel als mogelijk beperkt wordt.



## 5.2 Alternatieve bronnen voor aardgas

De alternatieve bronnen voor aardgas zijn beperkt, zeker voor de grote hoeveelheid aardgas, die nu in Nederland en de rest van de wereld gebruikt wordt. Naast biogas/groen gas wordt waterstof vaak genoemd als alternatief voor aardgas. Waterstof is geen bron maar een energiedrager en wordt gemaakt van aardgas of van elektriciteit. Het is niet te verwachten dat waterstof een grote rol gaat spelen als energiedrager in de gebouwde omgeving. Uiteraard wel als grondstof voor de industrie en mogelijk als energiebron voor transport.

## 5.3 Alternatieve bronnen voor elektriciteit

Voor het verwarmen van de gebouwde omgeving gaat elektriciteit een grote rol spelen. Met name voor het opwekken van warmte met warmtepompen in woningen, gebouwen en wijken is heel veel elektriciteit nodig. Deze elektriciteit moet dan wel verduurzaamd (kunnen) worden. Zon en wind zijn daarvoor de meest logische bronnen voor Nederland op dit moment. Verduurzaming is een hele grote opgave. De huidige elektriciteitsmix in Nederland bestaat namelijk nog voor circa 80% uit fossiele bronnen.

Nu is elektriciteit altijd beschikbaar, omdat kolen-, gas en kerncentrales het gehele jaar door kunnen leveren op basis van de vraag. Maar in de toekomst zal het elektriciteitsaanbod veel minder constant en ook deels seizoen afhankelijk zijn door een groter aandeel van zonne-energie en windenergie. Het opslaan van energie en in dit geval dus warmte is noodzakelijk. Bij de keuze voor de energie-infrastructuur is het daarom nodig om meer rekening te houden met de (on)mogelijkheid om energie op te slaan, zie ook het volgende hoofdstuk.

## 5.4 Restwarmte

Restwarmte komt vrij bij een productieproces. Er zijn vele verschillende soorten van restwarmte met ook verschillende temperaturen. Voor de bestaande warmtenetten is restwarmte de meest voorkomende bron. Het betreft restwarmte met een hoge temperatuur en is vaak afkomstig van energiecentrales waar elektriciteit wordt opgewekt met aardgas of uit afval. Andere interessante vormen van restwarmte zijn bijvoorbeeld datacenters, papierfabrieken, chemische industrie en de hofovens.

Het nadeel van restwarmte is de beschikbaarheid. Er zijn maar een beperkt aantal locaties waar restwarmte benut kan worden voor het verwarmen van de gebouwde omgeving en het is onzeker hoe lang de warmte beschikbaar blijft. Omdat restwarmte een relatief goedkope bron is, moet het daar waar mogelijk worden benut voor de ontwikkeling van warmtenetten. Het is dan wel van belang dat er een alternatieve duurzame warmtebron op locatie beschikbaar is, zodat de leveringszekerheid van warmte kan worden gegarandeerd. De aanvoertemperatuur van het warmtenet moet in de meeste gevallen verlaagd kunnen worden naar 70 °C of maximaal deze temperatuur hebben.



## RESTWARMTE UIT DATACENTERS

Er worden meer en meer datacenters gerealiseerd in Nederland. De servers in deze centers produceren veel warmte. Er is een nieuwe technologie om deze servers te koelen met minerale olie. Hierdoor kan er circa 50 °C aan restwarmte uit gekoppeld worden. In combinatie met een warmtenet kunnen gebouwen en kassen direct verwarmd worden met deze restwarmte. Ook kan met een wijkwarmtepomp de temperatuur verhoogd worden naar 70 °C, zodat het ook een geschikte oplossing is voor de bestaande woningbouw.

### 5.5 Biomassa

Van biomassa in de vorm van bijvoorbeeld hout, bermgras, mest, slib, zeewier en mogelijk ook algen kan energie geproduceerd worden. De energie kan geproduceerd worden voor alle energiedragers en dus in alle sectoren, dus ook voor industrie en transport, worden ingezet. Biomassa is echter schaars. Voor biomassa geldt net als voor restwarmte dat de beschikbaarheid op langere termijn onzeker is. Als warmtebron voor de gebouwde omgeving moet er daarom zeer zorgvuldig mee omgegaan worden. Bovendien is het de vraag of biomassa direct ingezet moet worden als energiebron. Vaak zijn er andere routes waarin biomassa een hogere waarde heeft.

Belangrijk is om de schaarse biomassa alleen in te zetten als transitiebron bij de ontwikkeling van nieuwe warmtenetten in de bestaande gebouwde omgeving eventueel in combinatie met nieuwbouw. En dan met name daar waar er geen alternatieve bron, zoals restwarmte beschikbaar is. Het is dan wel van belang dat er net als bij restwarmte een alternatieve duurzame warmtebron op locatie beschikbaar is, zodat de leveringszekerheid van warmte gegarandeerd kan worden. Het verbranden van hout of houtpellets in woningen is niet efficiënt en moet daarom voorkomen worden. Ook het inzetten van biomassa bij de ontwikkeling van een warmtenet voor een nieuwbouwwijk moet niet gestimuleerd worden.

### 5.6 Energie uit de bodem en diepere aardlagen

Uit de bodem en uit diepere aardlagen kan warmte onttrokken worden. Een vuistregel; elke kilometer neemt de temperatuur met circa 30° C toe. Dus hoe dieper je boort, hoe hoger de temperatuur. Of je op een bepaalde diepte in Nederland deze warmte ook daadwerkelijk uit de aarde kan winnen, is sterk afhankelijk van de lokale eigenschappen van de aardlagen.

Tabel 5.3: Bodemenergie en aardwarmte.

Bron	Diepte	Temperatuur
Bodemplussen of WKO	Tot 250 meter	10 - 15 °C
Ondiepe geothermie	250-1000 meter	20 - 40 °C
Diepe geothermie	1-4 kilometer	40 - 100 °C
Ultradiepe geothermie	4-6 kilometer	100 - 180 °C

## RETOURNET DIEPE GEOTHERMIE

Uit een geothermieput van circa 2,5 kilometer diepte kunnen temperaturen van 70°C of hoger omhoog worden gepompt. Als hiermee bestaande woningen en gebouwen verwarmd worden, is de retourtemperatuur tussen de 40 en 50 °C. Het zou zonde zijn om deze warmte onbenut weer terug te pompen in de injectieput, waar het afgekoelde water weer wordt teruggepompt naar 2,5 kilometer diepte. In combinatie met een warmtenet kunnen gebouwen direct worden verwarmd met deze restwarmte. Ook kan met een wijkwarmtepomp de temperatuur verhoogd worden naar 70 °C, zodat het ook een oplossing is voor de bestaande woningbouw. Hierdoor wordt er meer warmte benut en wordt er maar 20 en 30 °C teruggepompt in de injectieput.

## 5.7 Thermische energie uit oppervlaktewater en afvalwater

Met alle thermische energie uit oppervlakte- en afvalwater (TEO en TEA) kan in potentie een heel groot deel van de gebouwde omgeving verwarmd worden. Om deze bronnen te kunnen benutten zullen er wel op grote schaal warmtenetten ontwikkeld moeten worden in wijken met een aanvoertemperatuur van maximaal 70 °C. Voordeel is dat het op een kleinere schaal kan worden toegepast dan bij andere potentiële bronnen voor warmtenetten, zoals restwarmte en geothermie, zie 5.3. Door energie uit oppervlaktewater te onttrekken verbetert de waterkwaliteit en het voorkomt hittestress. Voorbeelden van energie uit afvalwater zijn warmte uit het riool (riothermie) en uit het gezuiverde afvalwater (effluentwater) bij een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

## VERWARMEN MET OPPERVLAKTEWATER

Oppervlaktewater wordt in de zomer sterk opgewarmd. Deze warmte kan onttrokken worden en tijdelijk worden opgeslagen in WKO-bronnen. In het stookseizoen kan deze warmte van circa 20 °C gebruikt worden als bron voor een warmtepomp. Deze kan warmte tot circa 70° C leveren aan een gebouw of warmtenet. Vanuit de WKO-bron kunnen gebouwen ook gekoeld worden, maar dit is voor de werking van het systeem niet noodzakelijk. Een warmtepomp kan ook direct warmte onttrekken uit het oppervlaktewater zonder gebruik te maken van een WKO-bron. Dit is wel minder efficiënt.

## 5.8 Zonthermie

Tot nu toe heeft zonthermie nauwelijks een rol gespeeld in de warmtetransitie. Enkel voor de opwek van warm tapwater (zonneboilers) is deze techniek kleinschalig toegepast. Voor ruimteverwarming was simpelweg de overbrugging tussen zomer en winter te lang. Maar ook dit gaat veranderen.

- De nieuwe generatie thermische zonnepanelen kunnen gedurende een langere tijd warmte uit de omgeving halen, niet alleen uit zon, maar ook uit licht en buitenlucht. Dit is voldoende om zonder opslag een bron te kunnen zijn voor een warmtepomp in een woning gebouw of in de wijk. Ook kunnen er collectoren gemaakt worden van asfaltwegen.
- Door de ontwikkeling van warmteopslag kan zonthermie ook ingezet worden om een groot deel van het jaar een gebouw direct te verwarmen. Afhankelijk van het seizoen kunnen er temperaturen van tussen de 40 en 80° C worden gehaald in een warmtebuffer. Met beperkte inzet van een warmtepomp kan het gehele jaar door warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater geleverd worden.



## 5.9 Schaalgrootte

Voor het organiseren van de warmtetransitie en de snelheid waarmee we deze kunnen realiseren, speelt schaalgrootte een belangrijke rol. De schaalgrootte die gerealiseerd kan worden, of juist minimaal nodig is, is sterk afhankelijk van de keuze voor de energie-infrastructuur.

### All electric

Het grootste voordeel van deze oplossing is dat alle woningen en gebouwen al aangesloten zijn op het elektriciteitsnetwerk. Iedere individuele vastgoedeigenaar, met voldoende financiële middelen, kan dus de keuze maken om zijn huis niet alleen te isoleren, maar ook de gasketel te vervangen door bijvoorbeeld een warmtepomp. De individuele vastgoedeigenaar is dus veel minder afhankelijk van keuzes en beperkingen van andere vastgoedeigenaren in de straat, of in de wijk. Ook is hij/zij veel minder afhankelijk van het tijdstip van deze keuzes.

Er is echter ook een keerzijde. De (over)capaciteit in het bestaande elektriciteitsnet is beperkt en deze is bijvoorbeeld ook nodig voor de realisatie van laadpalen voor elektrische mobiliteit. Het elektriciteitsnet zal dus verzwaaard moeten worden, niet alleen op wijkniveau, maar ook op gemeentelijk, regionaal, nationaal en internationaal niveau. All electric leent zich daarom veel minder voor een wijkgerichte aanpak, omdat er vaak beperkingen zijn om het elektriciteitsnet te verzwaren. Rekening houdend met het feit dat we in de toekomst warmte kunnen gaan opslaan in woningen (zie hoofdstuk 6), is het ook sterk de vraag of het verstandig is om hele wijken gelijktijdig elektrisch te gaan verwarmen. Dit kan ertoe leiden dat er zeer hoge kosten gemaakt gaan worden voor netverzwaring op wijkniveau, die in de toekomst niet nodig blijken. Het is dus een alternatief wat zich veel meer leent om organisch te ontwikkelen verspreid over meerdere buurten en wijken in een gemeente. Dus met name voor eengezinswoningen en gebouwen in buurten waar een collectieve warmteoplossing geen logische oplossing is en waarvan de woningen al goed geïsoleerd zijn, of bij kleinschalige nieuwbouwprojecten.

### Warmtenet

Bij de realisatie van een warmtenet is de schaalgrootte op wijkniveau veel minder gelimiteerd dan bij all electric. Bij warmtenetten is juist een minimale schaal nodig. De schaal die nodig is, hangt sterk samen met de beoogde warmteproductie en bron. In tabel 5.3 staat ter indicatie de schaal die nodig is. In praktijk blijkt het organiseren van deze schaal zeer complex, omdat je te maken hebt met veel verschillende stakeholders. Ook voor woningcorporaties is het zeer moeilijk om deze schaal te realiseren. Niet alleen vanwege de investeringen die dan gedaan moeten worden, maar ook omdat 70% van de huurders akkoord moet geven voor het ombouwen van een individuele gasketel naar een collectieve warmtevoorziening. Het is daarom belangrijk dat er meer ingezet gaat worden op kleinschalige warmtenetten met warmtepompen in combinatie met bijvoorbeeld oppervlaktewater (TEO). Deze warmtepomp heeft veel minder netcapaciteit nodig, omdat deze gecombineerd kan worden met een gasketel voor de koude dagen en/of gecombineerd kan worden met warmteopslag. Ook hoeft het net alleen verzwaaard te worden tot aan de wijkwarmtepomp en niet tot en met de gebouwen en de woningen.

Tabel 5.3: Minimale schaalgrootte nodig voor de realisatie van een warmtenet.

Warmteproductie en bron	Schaalgrootte
Restwarmte van hoge temperatuur, (ultra)diepe geothermie	> 2.000 tot 4.000 woningen
Houtachtige biomassa en restwarmte datacenter	> 500 tot 1000 woningen
TEO, TEA en grootschalige zonthermie	> 300 tot 400 woningen

De verdere ontwikkeling van wijkwarmtepompen in combinatie met warmteopslag, inclusief het stimuleren van deze techniek met bijvoorbeeld een Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE+ subsidie), is daarom van essentieel belang om de ontwikkeling van warmtenetten in de gebouwde omgeving mogelijk te kunnen maken en zo de benodigde schaal, die de energietransitie vraagt, te kunnen realiseren.

Meerdere kleinschalige warmtenetten kunnen in de toekomst, indien dit voordelen oplevert, met elkaar verbonden worden. Hierdoor ontstaat er ook meer schaalgrootte, waardoor de mogelijkheid ontstaat om geothermie, daar waar beschikbaar, als warmtebron te ontsluiten.

## NIEUWBOUW ALS STARTMOTOR

**Nieuwbouw kan een belangrijke startmotor zijn van warmtenetten in gemeentes. Met nieuwbouw kan namelijk relatief eenvoudig een grotere schaal bereikt worden. Het is niet voor niets dat tot nu toe vrijwel alle warmtenetten ontwikkeld zijn bij nieuwbouwprojecten. In Nederland is er de komende jaren een grote nieuwbouwopgave, met name in de grote steden. Deze ontwikkelingen zijn vaak in hoge dichtheid en de woningen zijn relatief klein. Deze ontwikkelingen, met veel gestapelde bouw, zijn uitermate geschikt voor het ontwikkelen van een collectieve warmtevoorziening, waar ook de omliggende bestaande bouw op aangesloten kan worden. Randvoorwaarde is natuurlijk wel de beschikbaarheid van een duurzame warmtebron.**





## 6 Energieopslag

Warmteopslag 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 met deze brontemperatuur te kunnen verwarmen. Warmteopslag, waarmee direct kan worden verwarmd met temperaturen tussen de 30°C en 90°C, wordt echter nog weinig toegepast, dit zal sterk gaan veranderen.

### 6.1 De noodzaak van warmteopslag

De vraag naar warmte voor het verwarmen van gebouwen en woningen is zeer seizoensgebonden. 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.

Warmteopslag maakt het mogelijk om het benodigde piekvermogen van een warmteopwekker, zoals een warmtepomp, te verkleinen. Een traditionele gasketel is een goedkope technologie waarbij het gebruikelijk is om het benodigde ketelvermogen te dimensioneren op de piek warmtevraag voor ruimteverwarming en/of warm tapwater. 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 warmtepompen moet het huidige net dus verzwaard worden. Als dit voorkomen of beperkt kan worden, bespaart dat veel geld voor de maatschappij. Ook is de investering in een warmtepomp 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 warmtepompen die nu al toegepast worden in woningen gecombineerd met een boilervat van circa 150 liter om warm tapwater voor één dag op te slaan. 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 hoeft het elektriciteitsnet dus minder verzwaard te worden.

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.

Het vierde voordeel dat een warmtepomp in combinatie met warmteopslag biedt, is de mogelijkheid voor vraagsturing. Wanneer de elektriciteitsprijs laag is of er overschotten zijn van (zelf) opgewekte hernieuwbare elektriciteit kan de warmteopslag gevuld worden voor gebruik op een later moment. Op momenten dat er een piek is in de elektriciteitsvraag wordt (ook) warmte vanuit de warmteopslag geleverd. Opslag is dus noodzakelijk om de elektriciteit, die een warmtepomp gebruikt, CO<sub>2</sub> neutraal op te kunnen wekken.

## 6.2 Het toepassen van warmteopslag

De ontwikkelingen op het gebied van warmteopslag staan niet stil. Om warmteopslag in woningen in combinatie met warmtepompen toe te kunnen passen moet echter nog wel een grote sprong gemaakt worden. Voor een waterbuffer is er simpelweg geen ruimte en compacte technieken, die breed toepasbaar zijn in woningen, zijn nog niet marktrijp.

Bij een collectieve oplossing voor een gebouw of bij een warmtenet in combinatie met een warmtepomp kan met de huidige stand van de techniek wel al warmte opgeslagen worden. Grote buffervaten boven of ondergronds kunnen als warmtebatterij dienen. Bij warmtenetten wordt deze techniek al toegepast. Er worden ook nieuwe compactere warmtedragers uitgetest en ontwikkeld, zoals phase change materials (PCM's) en thermochemische warmtebatterijen.



## 7 Conclusie en aanbevelingen

De warmtetransitie bestaat uit vier onderdelen, die niet los van elkaar kunnen worden gezien:

1. Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur;
2. Aanleg en/of verzwaring van energie-infrastructuur met bijhorende verwarmingstechnieken;
3. Ontsluiten van duurzame energiebronnen;
4. Realiseren van energieopslag.

### 7.1 Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur

Het is van belang dat alle woningen zo snel als mogelijk toewerken naar een minimumisolatieniveau. Op dit niveau kunnen woningen comfortabel verwarmd worden met een maximumtemperatuur van 70°C in plaats van de 80°C tot 90°C, die nodig is voor het verwarmen van slecht geïsoleerde woningen. Daarna kunnen ze gefaseerd of direct naar een basisniveau gebracht worden. Dan zijn ze zowel geschikt om comfortabel te verwarmen met een maximumtemperatuur van 70°C, als met beperkte aanpassingen ook met 40°C. De meeste woningen gebouwd na 1990 zitten op dit niveau. Het is wenselijk dat het grootste deel van de woningen in Nederland uiterlijk 2050 op minimaal dit niveau zitten. Hierdoor zijn ze namelijk geschikt voor bijna alle alternatieve duurzame verwarmingstechnieken.

### 7.2 Energie-infrastructuur met bijhorende verwarmingstechnieken

Het grootste deel van de woningen is nu nog aangesloten op een gasnet. De komende jaren zal in een aantal wijken of buurten het gasnet vervangen gaan worden door een middentemperatuur (70°C) warmtenet of zal het gasnet verwijderd worden en het elektriciteitsnet worden verzwafd. In de meeste wijken is het echter nog onduidelijk welke alternatieve infrastructuur er gaat komen. Wat kunnen vastgoedeigenaren dan wel doen om zich voor te bereiden?

- Er kunnen plannen gemaakt worden om de woningen en gebouwen te isoleren, zodat deze geschikt gemaakt worden voor verwarmen met een maximumtemperatuur van 70°C, hierdoor zijn ze in ieder geval geschikt om aan te sluiten op een middentemperatuur warmtenet.
- Bewoners kunnen overschakelen van koken op gas naar koken op elektriciteit.

#### Meergezinswoningen

Grotere complexen met meergezinswoningen kunnen overschakelen van individuele verwarming met gasketels naar collectieve verwarming met (tijdelijke) gasketels. Hierdoor kunnen deze complexen in de toekomst relatief eenvoudig overschakelen op een alternatieve infrastructuur, zonder achter de voordeur van de bewoners te moeten komen, zie 7.1. Omdat meergezinswoningen vaak gelegen zijn in wijken met een hoge bebouwingsdichtheid zijn de maatschappelijke kosten voor een warmtenet vaak lager dan bij all electric. Als de complexen al collectief zijn verwarmd wordt het ook een stuk eenvoudiger om warmtenetten in bestaande wijken te realiseren.

Tabel 7.1: Collectieve verwarming met een maximale aanvoertemperatuur van 70°C als zeer flexibele warmteoplossing voor bestaande meergezinswoningen.

Infrastructuur wijk		Installatie gebouw		Installatie in woning	
				Warm tapwater	Ruimteverwarming
GASNET	Gasnet en E-net	Hr-ketel, en boilervat	70°C net en E-net	Afleverset	
	E-net	Warmtepomp met boilervat +opslag en bron			
	70°C net en E-net	Afleverstation			

### Eengezinswoningen

Naarmate de dichtheid van de bebouwing lager wordt, zullen de maatschappelijke kosten voor een warmtenet vergelijkbaar of hoger worden als bij all electric. In veel gevallen zijn dit wijken en buurten met eengezinswoningen. Bij eengezinswoningen gebouwd na 1990 zijn de maatschappelijke kosten bij all electric meestal lager. All electric is een alternatief dat zich, in tegenstelling tot een warmtenet, heel goed leent om organisch te ontwikkelen verspreid over meerdere buurten en wijken in een gemeente. Deze individuele oplossing geeft vastgoedeigenaren meer keuzevrijheid in het tijdstip dat de overstap gemaakt wordt naar aardgasvrije verwarming. All electric zal daarom vaak ook beter passend zijn als oplossing bij eengezinswoningen met veel particulier bezit.

Tabel 7.2: Potentiele oplossingen voor bestaande eengezinswoningen

Infrastructuur wijk		Installatie in woning			
		Bron	Warm tapwater	Ruimteverwarming	
ALL ELECTRIC	E-net	Buitenunit	Warmtepomp en boilervat	Warmtepomp +opslag	70°C
		Bodemlussen			
		Thermische zonnepanelen			
WARMTENET	Afleverstation	70°C net en E-net	Afleverset		

### Utiliteit

Utiliteitgebouwen zijn net als collectief verwarmde meergezinswoningen zeer flexibel. Randvoorwaarde is wel dat de verwarmingsinstallatie geschikt is voor verwarming op maximaal 70°C. Hoe groter de gebouwen, hoe meer schaal ze hebben en dus flexibeler de vastgoedeigenaar is in de keuze voor een duurzame warmteoplossing. Tabel 7.3 geeft inzicht in deze flexibiliteit.

Tabel 7.3: Potentiele oplossingen voor utiliteitsgebouwen

Infrastructuur wijk		Installatie gebouw		
ALL ELECTRIC	E-net	Buitenunit	Warmtepomp met boiler vat +opslag	40°C
		Bodemlussen		70°C
		WKO		
		Thermische zonnepanelen		
BRONNET	Bronnet en E-net	Warmtepomp met boiler vat +opslag	40°C	
	40°C net en E-net		70°C	
WARMTENET	40°C net en E-net	Afleverstation	40°C	
	70°C net en E-net	Afleverstation	70°C	

## 7.3 Ontsluiten van duurzame energiebronnen

Bij elke infrastructuur zijn we in de energietransitie voorlopig nog afhankelijk van fossiele bronnen. Om alle potentiële warmtebronnen te kunnen ontsluiten zal ingezet moeten worden op de ontwikkeling van een flexibele warmte-infrastructuur. Het huidige gasnet is niet flexibel, vanwege de zeer beperkte beschikbaarheid van duurzame bronnen, die gas kunnen gaan leveren aan dat net. Een warmtenet is als het er eenmaal ligt het meest flexibel omdat alle potentiële energiebronnen ontsloten kunnen worden. Echter om een warmtenet te realiseren is vanwege de collectiviteit veel inspanning nodig.

## 7.4 Realiseren van energieopslag

Voor het realiseren van de warmtetransitie en de betaalbaarheid van energie in de toekomst is opslag van energie noodzakelijk. In de keus voor een warmteoplossing voor een woning, gebouw of wijk wordt opslag van energie echter nog veel te weinig meegewogen. Om warmteopslag in woningen in combinatie met warmtepompen toe te kunnen passen moet echter nog wel een grote sprong gemaakt worden. Voor een waterbuffer is er simpelweg geen ruimte en compacte technieken, die breed toepasbaar zijn in woningen, zijn nog niet marktrijp.





Bij een collectieve oplossing voor een gebouw of bij een warmtenet kan met de huidige stand van de techniek wel al warmte opgeslagen worden. Grote buffervaten boven of ondergronds kunnen als warmtebatterij dienen. Bij warmtenetten wordt deze techniek al toegepast. Er worden ook nieuwe compactere warmtedragers uitgetest en ontwikkeld, zoals phase change materials (PCM's) en thermochemische warmtebatterijen. Deze technieken zullen uiteindelijk ook warmteopslag in woningen mogelijk maken.



SERVICEPUNT  
DUURZAME ENERGIE

