



LenteAkkoord  
Zeer Energiezuinige Nieuwbouw

# Alternatieven voor aardgas

Zeer energiezuinige nieuwbouw zonder aardgas

maart 2018



# Inhoud

<b>3</b>	<b>Nieuwe uitdaging voor de bouwsector</b>
<b>4</b>	<b>Aardgasloos, energiezuinig en hernieuwbaar</b>
<b>6</b>	<b>Energielevering door de zon</b>
<b>10</b>	<b>Gebruik van warmte uit de omgeving</b>
<b>16</b>	<b>Warmtelevering met een warmtenet</b>
<b>24</b>	<b>Hernieuwbare brandstof</b>
<b>26</b>	<b>Centrale levering van elektriciteit</b>
<b>29</b>	<b>Alle opties op een rij</b>
<b>31</b>	<b>Verder lezen</b>
<b>31</b>	<b>Colofon</b>

# Nieuwe uitdaging voor de bouwsector

---

Nederland is in de afgelopen jaren verknocht geraakt aan aardgas. Nu breekt er een periode aan waarin we er afscheid van nemen. De winning in Groningen is niet langer verantwoord en het gebruik van aardgas is strijdig met klimaatdoelstellingen. Binnen afzienbare termijn is het aardgastijdperk voorbij.

Netwerkbedrijven zijn binnenkort niet meer verplicht om nieuwbouwwoningen aan te sluiten op het aardgasnet. Gemeenten krijgen dan de mogelijkheid om zelf keuzes te maken in de energie-infrastructuur: een warmtenet, groen gas of alleen elektriciteit. Eén ding is zeker: aardgas komt er op de meeste nieuwbouwlocaties niet meer aan te pas.

Daarmee staat de bouwsector voor een enorme uitdaging: het leveren van gezonde en comfortabele woningen, waar zonder aardgas wordt voorzien in verwarming en warmwater. Vanaf 2020 moeten nieuwbouwwoningen bovendien (bijna) energieneutraal zijn (BENG). In deze publicatie zetten we op een rij welke mogelijkheden er zijn. Wat is haalbaar en wat zijn de plussen en minnen?

# Aardgasloos, energiezuinig en hernieuwbaar

In woningen is voor drie functies een energiezuinig alternatief voor aardgas nodig: koken, warm tapwater en verwarming. En dat zoveel mogelijk hernieuwbaar.

## Koken

Een goed alternatief voor koken op aardgas is het gebruik van een inductiekookplaat. Het is bovendien mooi, veilig, onderhoudsvriendelijk en comfortabel. Bijkomend voordeel is dat de kwaliteit van de lucht in huis niet wordt belast door verbranding van aardgas. Technisch vereist de transformatie naar elektrisch koken slechts enkele eenvoudige aanpassingen. Er is vooral een cultuuromslag nodig. In deze publicatie gaan we daar niet verder op in.

## Verwarming

Vroeger was centrale verwarming met circulatiewater van 75 tot 85 °C gebruikelijk. Een lagere aanvoertemperatuur van circa 40 °C is aanzienlijk efficiënter. In de nieuwbouw is dat al vrij gebruikelijk. Deze temperatuur maakt het mogelijk om gebruik te maken van een warmtepomp of van restwarmte. Warmteafgifte op deze temperatuur vraagt grote oppervlakken, zoals vloeren, wanden en LT-radiatoren en -convectoren. Mits goed ontworpen en aangelegd, is laagtemperatuurverwarming comfortabel en schoon. Om te voorkomen dat kamers te traag op temperatuur komen, zijn een goede dimensionering en kwaliteit van uitvoering essentieel. Bovendien hangt verwarming nauw samen met ventilatie: het moet binnen één energieconcept worden ontworpen. Behalve een goede uitvoeringskwaliteit is goede uitleg belangrijk zodat de bewoners vertrouwd raken met het systeem.

## Warm tapwater

Bij levering van warm tapwater is een temperatuur nodig waarbij legionellabesmetting wordt voorkomen. De regel die daarvoor in Nederland wordt gevolgd, is een temperatuur op de tappunten van minimaal 55 °C. Een warmwaterboiler moet regelmatig, bijvoorbeeld eens per week, kort op 60 °C worden gebracht om te desinfecteren. De nieuwste warmtepompen kunnen deze temperaturen leveren. Bij een collectief warmtenet (laag en midden temperatuur) kan hiervoor een individuele boosterwarmtepomp worden gebruikt.



*Nul-op-de-meter woningen ontworpen in Delftse School stijl. Met bodemwarmtepompen en PV, opgeleverd 2017. Ontwikkelaar AM, uitgevoerd door BAM Woningbouw.*

Op de volgende pagina's bespreken we hoe - zonder aardgas - de energie voor verwarming en warm tapwater kan worden geleverd.

### Vraagbeperking

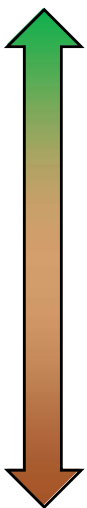
De Trias Energetica biedt houvast bij het ontwikkelen van een goed energieconcept<sup>1</sup>. Zo'n concept begint met het beperken van de energiebehoefte. Dat kan door een zongericht en compact woningontwerp en uitmuntende isolatie van de schil. Het Bouwbesluit stelt minimale eisen, maar bouwbedrijven kunnen verder gaan door een woning zo te realiseren dat maximaal gebruik wordt gemaakt van passieve zonne-energie (passiefhuis).

De tweede stap is om de energievraag zoveel mogelijk met hernieuwbare bronnen te beantwoorden, zoals met actieve zonne-energie en de derde stap is om de resterende benodigde fossiele energie zo efficiënt mogelijk te gebruiken.

### Actieve energielevering

Levering van energie aan een woning kan - zonder aardgas - op vijf manieren plaatsvinden. De mate van duurzaamheid van deze leveringen verschilt. Energielevering door de zon, direct op dak, is het meest duurzaam om toe te passen. De levering van centraal opgewekte elektriciteit is op dit moment nog maar in beperkte mate duurzaam, al neemt het aandeel hernieuwbare energie (vooral windenergie op zee) snel toe.

#### Vijf manieren om - zonder aardgas - energie aan een woning te leveren



1	Energielevering door de zon (thermisch en/of elektrisch)	Zonne-energie speelt in bijna alle duurzame energieconcepten een hoofdrol.
2	Gebruik van warmte uit de omgeving (bodem of lucht)	Omgevingswarmte kan in veel situaties een hernieuwbare bron van energie zijn.
3	Warmtelevering met een warmtenet	De duurzaamheid van een warmtenet hangt sterk af van de hernieuwbaarheid van de bron.
4	Hernieuwbare brandstof (groen gas en biomassa)	Productie en toepassing van hernieuwbare brandstof zijn nog volop in ontwikkeling.
5	Levering van centraal opgewekte elektriciteit	Centrale elektriciteitsproductie is voor bijna 14 procent hernieuwbaar (2017).

<sup>1</sup> Zie bijvoorbeeld het Infoblad Trias Energetica en energieneutraal bouwen (2013).

# 1

Zonne-energie die een woning (op dak en gevel) ontvangt, kan actief worden benut met zonnecollectoren en PV-panelen<sup>1</sup>.



*EPC-nulwoningen Eilanden van Sion, Rijswijk Buiten. Ontwikkelaar AM.*

<sup>1</sup> Passieve benutting van zonne-energie door een zongericht ontwerp, een grote bouwmasa en optimale isolatie valt onder stap 1 van de trias energetica en blijft daarom in deze paragraaf buiten beschouwing.

# Energielevering door de zon

## Thermische zonne-energie

Zonnecollectoren worden tot nu toe voornamelijk gebruikt voor warmtapwater. De meest gebruikte modellen hebben een vlakke absorptieplaat waardoor circulatiewater stroomt dat de ingestraalde energie meeneemt. In een boiler wordt de warmte overgedragen aan drinkwater. In de boiler blijft de warmte enkele etmalen op temperatuur. Om het water op de tappunten op minimaal 55 °C te brengen is het aanbod 's zomers meestal toereikend. In perioden met weinig zon is een combinatie met een andere techniek nodig. Momenteel is dat vaak een HR-combiketel. Zonder aardgas kan dat een warmtepomp zijn. Naverwarming op basis van een elektrische weerstand kan ook, maar doet afbreuk aan het rendement.

Het gebruik van zonnecollectoren is goed te combineren met gebruik van bodemwarmte met een individuele of collectieve warmtepomp. Een warmteoverschot in de zomer wordt dan benut om de bodembron te regenereren. Deze combinatie vergroot de effectiviteit van zonnecollectoren en verhoogt het rendement van de warmtepomp in de winter.

## Aandachtspunten zonnecollectoren

- Een zonnecollector in combinatie met regeneratie van een bodembron verhoogt zowel het rendement van de zonneboiler als die van de warmtepomp. Een rendementsverbetering met een factor 4 is mogelijk.
- Zorg voor een goede dimensionering van collector en boiler. Naverwarming van tapwater met een elektrische weerstand doet afbreuk aan het rendement.

Zonnecollectoren	
Toepassing	Warmwater en verwarming i.c.m. warmtepomp; regeneratie van individuele of collectieve bodembron
+	Bewezen technologie
-	Concurrentie op dakvlak; 's zomers is de opbrengst het grootst terwijl de vraag in de winter het grootst is.
Indicatieve kosten	Investering: € 2.500 (2,5 m <sup>2</sup> , excl. opslagen en btw, € 3.750 incl.), ISDE is beschikbaar.
Opbrengst	4,8 GJ/jaar

## Aandachtspunt PV-panelen

- Als een Nul-op-de-meterconcept in financiële zin zwaar leunt op de salderingsregeling, krijgen de bewoners na 2020 alsnog een energierekening van mogelijk 45 euro per maand.

## Fotovoltaïsche zonne-energie

Zonnepanelen (PV) dienen voor opwekking van elektriciteit. Deze techniek ontwikkelt zich nog volop: de kostprijs daalt, terwijl het rendement van de systemen stijgt. Ook komen er panelen in afwijkende vormen en kleuren beschikbaar waardoor deze mooier in het woningontwerp passen. De geproduceerde elektriciteit is voor alle doeleinden toepasbaar, ook voor warmwater en ruimteverwarming in combinatie met een warmtepomp.

Een probleem is, dat vraag en aanbod slechts ten dele samenvallen. Via het elektriciteitsnet wordt het verschil opgevangen. Voor particulieren is dat op dit moment nog financieel neutraal dankzij de salderingsregeling. In 2020 wordt die regeling echter versoerd. Daarna krijgt de consument voor levering minder dan hij voor afname van elektriciteit betaalt. Een groot PV-vermogen levert financieel dan minder op. Dat vergroot de waarde van zonnecollectoren bij de verdeling van de beperkte ruimte op dak. Het is belangrijk om daar nu al rekening mee te houden.

PV-panelen	
Toepassing	Elektriciteitsopwekking vooral in grondgebonden woningen
+	Bewezen technologie die zich nog steeds verder ontwikkelt
-	Concurrentie op dakvlak; aantasting architectuur
Indicatieve kosten	Investering: € 185/m <sup>2</sup> bij 270 Wp per paneel (excl. opslagen en btw, € 277,50/ m <sup>2</sup> incl.) Zie verantwoording op pagina 30.
Opbrengst	110 tot 130 kWh/m <sup>2</sup> .jaar



### PVT-panelen

Om de oppervlakte op dak effectief te benutten, zijn PVT-panelen een optie, ook wel hybride panelen genoemd. Deze combineren de opwekking van elektriciteit met verwarming van water. De warmte die in zonnecellen ontstaat, wordt via circulatiewater afgevoerd en toepasbaar gemaakt. Bijkomend voordeel is, dat het rendement van de zonnecellen hierdoor omhoog gaat. De maximale watertemperatuur van PVT-panelen is echter gelimiteerd waardoor ook in de zomer bijverwarming voor warmwater nodig is.

### Aandachtspunt PVT-panelen

- Voor een energieneutraal huis is het schipperen met de ruimte op dak. PVT-panelen kunnen uitkomst bieden.

PVT-panelen	
Toepassing	Opwekking warmte en elektriciteit vooral in grondgebonden woningen
+	Efficiënt gebruik dakvlak; rendement zonnecellen gaat omhoog
-	Techniek nog in ontwikkeling; hoge investering; ook in de zomer is naverwarming van tapwater nodig
Indicatieve kosten	Investering: € 13.000 per woning (excl. opslagen en btw, € 19.500 incl.). Onderhoud/beheer: nog onbekend.
Opbrengst	Nog onbekend



Heijmans heeft het Bright House concept ontwikkeld. In dit concept heeft de zuidkant van de woning een zogenoemd AERspire-dak. Dit dak combineert opwekking van elektriciteit en warmte. De zonnepanelen worden aan de onderkant gekoeld waardoor het elektrische rendement toeneemt. De afgevoerde warmte wordt gebruikt om water te verwarmen.

*Bright House, Heijmans. Het dak combineert opwekking van elektriciteit en warmte.*

# 2

In de omgeving van een woning is duurzame warmte beschikbaar in de bodem en de lucht. Met een warmtepomp wordt deze warmte toepasbaar gemaakt voor verwarming en warmwater.

In opdracht van Woningcorporatie 'Thuis' bouwt BAM Wonen in Best twee NOM-appartementengebouwen met 48 NOM-eenheden verdeeld over vijf verdiepingen. De woningen worden zeer goed geïsoleerd en voorzien van een bodemwarmtepomp en ventilatie met warmteterugwinning. De benodigde elektriciteit wordt opgewekt met PV-panelen op dak en tegen de gevel. Oplevering is medio 2018.



*48 NOM-appartementen in Best met bodemwarmtepomp en PV-panelen op het dak en tegen de gevel.  
Ontwerp: NBArchitecten*

# Gebruik van warmte uit de omgeving



## **Bodemwarmtepomp**

De bodem heeft zomer en winter een vrij constante temperatuur van 10 tot 13 °C. Dat is bruikbaar als bronwarmte voor een warmtepomp. Een bodemwarmtepomp waardeert de warmte op tot een temperatuur die geschikt is voor verwarming. Een combiwarmtepomp zorgt bovendien voor productie van warmwater. Dit warme water wordt opgeslagen in een boiler.

De installatie heeft een warmtewisselaar die de warmte aan de bodem onttrekt. Afhankelijk van de situatie en de bodemopbouw is de warmtewisselaar horizontaal (onder het maaiveld) of verticaal (tot honderden meters diep). In huis staat een toestel ter grootte van een hoge koelkast (ca. 60x60x200 cm). Hierin bevinden zich de

Goede Morgen is het nieuwste deel van de nieuwbouwwijk Geerpark in het Brabantse Vlijmen. Woonveste en Geerpark BV (Hendriks Coppelmans en Janssen de Jong) realiseren er 205 NOM-woningen met een mix van huur en koop, grondgebonden en gestapeld, voor starters, gezinnen en 55-plussers. De woningen worden uitgerust met een bodemwarmtepomp voor verwarming en koeling. Elektriciteit komt van PV-panelen op dak. De eerste fase is in 2017 opgeleverd.



Links de bodemwarmtepomp en rechts een koelmodule om de woning passief te koelen. Er zijn ook modellen waar de koelmodule in de unit voor de warmtepomp is opgenomen.

### Aandachtspunten bodemwarmtepomp <sup>1</sup>

- Een warmtepomp is onderdeel van een totaalsysteem: bron, installatie, afgiftesysteem en de woning zelf. Dat systeem is zo goed als de zwakste schakel. Als elementen van het systeem niet goed op elkaar zijn afgestemd, moet de warmtepomp harder werken.
- Een slecht systeemontwerp leidt ertoe dat het energieverbruik onnodig hoog is. Er zijn voorbeelden van woningen met een energierekening van duizenden euro's per jaar.
- Het gevolg is ook dat de installatie meer herrie maakt dan verwacht. Geluid is sowieso een aandachtspunt.
- Ga in het ontwerp niet te krap zitten. Zorg voor ruimte om de installatie naar de wens van de bewoners in te regelen.

<sup>1</sup> Warmtepompen in de woningbouw; De do's-and-don'ts voor ontwikkelaars

warmtepomp en (bij een combiwarmtepomp) een boiler voor warm tapwater. De warmtepomp produceert warmte van circa 40 °C die toepasbaar is voor laagtemperatuurverwarming. Een combiwarmtepomp levert bovendien warmte van 55 tot 60 °C voor tapwaterverwarming. Daarnaast zorgt het systeem in de zomermaanden voor passieve koeling. Dan gaat het warmteoverschot uit de woning naar de bodem, bijvoorbeeld via vloerkoeling. Dat geeft comfort in huis en zorgt voor regeneratie van de bron zodat deze duurzaam op temperatuur blijft.

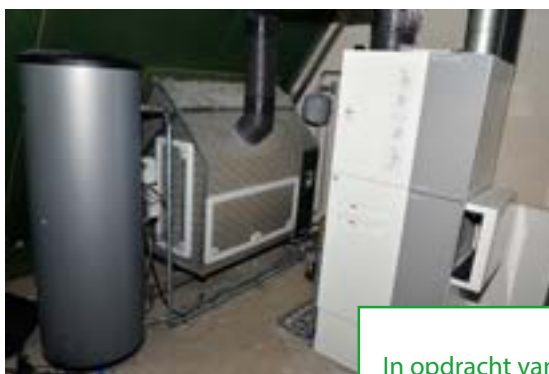
Een bodemwarmtepomp maakt deel uit van een totaalsysteem: bron, warmtepomp, afgiftesysteem en de woning zelf. Alles moet in één concept op elkaar zijn afgestemd. Dat is essentieel. Een onbalans kan leiden tot discomfort en/of een (zeer) hoog elektriciteitsgebruik. Als het gehele systeem met zorg wordt gedimensioneerd, aangelegd en beheerd, is een hoog rendement mogelijk. Dan kan een bodemwarmtepomp met 1 kWh elektriciteit 5 tot 6 kWh warmte leveren en/of 2 tot 3 kWh warmwater.

Bodemwarmtepomp	
Toepassing	Laagtemperatuurverwarming, warmwater en passieve koeling
+	Bewezen technologie; zeer hoog rendement; energiezuinige koeling in de zomer; stil en comfortabel
-	Hoge kosten voor aanbrengen bron; interferentie bij hoge dichtheid; beperkte mogelijkheden in restrictiegebied of waterwingebied
Indicatieve kosten	Investering: € 11.200 per woning (excl. opslagen en btw, € 16.800 incl.) Onderhoud/beheer: € 225 per jaar

### Luchtwarmtepomp

Een luchtwarmtepomp haalt warmte uit de buitenlucht en waardeert deze op tot een temperatuur die bruikbaar is voor verwarming en warmwater. De installatie heeft een binnenunit en een buitenunit. De binnenunit is een toestel ter grootte van een grote koelkast, net als bij een bodemwarmtepomp. De buitenunit ziet eruit als die van een airco. In sommige projecten is deze vormgegeven als schoorsteen. Er zijn ook systemen waarbij de binnenunit en de buitenunit zijn gecombineerd in een installatieruimte op zolder. Een punt van aandacht is het geluid dat de buitenunit veroorzaakt. Dat kan toepassing in gestapelde en geschakelde woningen bemoeilijken.

Een luchtwarmtepomp levert warmte die geschikt is voor laagtemperatuurverwarming. Bij die temperatuur is met 1 kWh elektriciteit gemiddeld 3 tot 4 kWh nuttig te gebruiken warmte mogelijk. Naarmate de buitentemperatuur daalt, dalen ook het rendement en het vermogen van de warmtepomp. Bij vrieskou schakelt de unit bovendien regelmatig in een ontdooicyclus om ijsvorming tegen te gaan. Vaak is er een elektrisch verwarmingselement ingebouwd om een piekbelasting bij een lage buitentemperatuur aan te kunnen. Wanneer de vraag het allerhoogst is, is het rendement daardoor niet veel hoger dan die van elektrische weerstandsverwarming.



In opdracht van woningcorporatie Wonion heeft Klaassen Groep in Ulft 32 NOM-woningen gebouwd: rijwoningen, enkele appartementen en maisonnettes. De woningen worden met een luchtwarmtepomp verwarmd. De buitenunits zijn integraal in het schuine dak gemonteerd. Op zolder ziet de installatie eruit als een flinke kast; de buitenunit lijkt op een dakraam. Dankzij hoogwaardige isolatie, vloerverwarming, wtw-ventilatie en PV-panelen, halen de meeste bewoners inderdaad de nul op de meter. De woningen zijn in 2015 opgeleverd.

*32 Nul-op-de-meterwoningen in Ulft zijn uitgerust met luchtwaterwarmtepompen. De buitenunits zijn integraal in het schuine dak gemonteerd. Binnen is de hydrotop zichtbaar, inclusief de wtw-ventilatie en het boilervat. Ontwikkelaar: KlaassenGroep Ontwikkeling.*



Individuele luchtwarmtepomp waarbij de buitenunit eruit ziet als een schoorsteen.

### Aandachtspunten luchtwarmtepomp

- Een juiste dimensionering en een goede uitvoeringskwaliteit zijn essentieel voor gebruikscomfort en energieprestatie.
- Vooral bij gestapelde en geschaalde woningen kan het geluid van de buitenunit hinder opleveren.

Passieve koeling is met een luchtwarmtepomp niet mogelijk. Actieve koeling in principe wel. De luchtwarmtepomp werkt dan net als een traditionele airco: hij gebruikt veel elektriciteit en de warmte die wordt afgevoerd, gaat verloren.

Sommige tapwatersystemen gebruiken ventilatielucht als bron. Wanneer warmwater wordt gebruikt, slaat de warmtepomp aan om de boiler weer aan te vullen. Dan wordt er dus ook geventileerd en stroomt verse lucht de woning binnen, die daarna moet worden opgewarmd. Een dergelijke oplossing vraagt om een zeer goede dimensionering en uitvoeringskwaliteit.

Luchtwarmtepomp	
Toepassing	Laagtemperatuurverwarming; warmwater i.c.m. een elektrisch element
+	Bewezen technologie; hoog rendement; relatief eenvoudig te installeren
-	Ruimtebeslag binnen en buiten; geluid buitenunit; passieve koeling niet mogelijk; hoog energiegebruik bij vrieskou; actieve koeling mogelijk volgens airco-principe.
Indicatieve kosten	Investering: € 9.000 per woning (excl. opslagen en btw, € 13.500 incl.) Onderhoud/beheer: € 250 per jaar



Woning met luchtwaterpomp. De grootte van de buitenunit is afhankelijk van het benodigde vermogen.

Facts & figures			
	Individuele luchtwarmtepomp	Individuele bodemwarmtepomp (gesloten systeem)	Bodemwarmtepomp met collectieve bron (open of gesloten)
Toepassing	Grondgebonden woning	Grondgebonden woning	Meerdere woningen of appartementen
Vermogen	<10-20 kW	<20 kW	>60 kW
Geluid	Warmtepomp en buitenunit	Alleen warmtepomp	Alleen warmtepomp
Ruimte	Buitenunit en binnenunit in diverse varianten verkrijgbaar	Alleen binnenunit (warmtepomp en tapwaterboiler)	Collectieve installatieruimte; per woning binnenunit (warmtepomp en tapwaterboiler)
Koeling mogelijk?	Actieve koeling mogelijk maar niet energiezuinig	Passieve koeling dient tegelijk voor regenereren bron	Passieve koeling dient tegelijk voor regenereren bron

## Koop, lease of huur?

De investering in een warmtepompsysteem is soms niet haalbaar binnen de beoogde vrij-op-naamprijs van een woning. Om de investering buiten de koopprijs van de woning te houden zijn huur- of leaseconstructies mogelijk:

- In Rijswijk-buiten is een leaseconstructie opgezet. Klimaatgarant draagt zorg voor ontwerp, levering, verhuur en onderhoud. Met de bewoners is een prestatiegarantie afgesproken voor de warmtepomp, de bodembron en de PV-installatie. Bewoners die dat willen, kunnen de installaties ook kopen.
- In de Eindhovense wijk Berckelbosch worden de warmtepompen in een huurconstructie aangeboden aan de huiseigenaren. Energie-exploitatiebedrijf Eteck verhuurt de installatie met een looptijd van dertig jaar. De huur is €100 tot €125 per maand, inclusief service, onderhoud, afschrijving en vervanging op termijn.
- Deze markt ontwikkelt zich momenteel snel. Steeds meer aanbieders van prestatiegaranties en meerjarige onderhoud- en servicecontracten dienen zich aan.

# 3

Drie temperaturniveaus		
Laag	10 - 20 °C	Warmte-koudeopslag, oppervlaktewater, zeewater, drinkwater
Midden	≈ 40 °C	Restwarmte koelhuizen, afvalwaterzuivering, datacenters
Hoog	70 - 110 °C	Restwarmte elektriciteitscentrales, biomassaketels, geothermie

Woningcorporatie Rhiant heeft in Hendrik Ido Ambacht de Sophia-staete ontwikkeld: een complex met in totaal 72 woonzorgappartementen. Voor verwarming en koeling is er een collectief wko-systeem met een gezamenlijke warmtepomp. Ieder appartement heeft daarnaast een individuele boosterwarmtepomp voor warmwater. De boosterwarmtepompen worden gevoed vanuit het laagtemperatuurcircuit.

Warmtenetten bestaan in vele soorten en maten. Van grootschalig met tienduizenden aansluitingen tot kleine systemen voor een tiental woningen. De duurzaamheid van de systemen hangt af van de duurzaamheid van de bron.

## Warmtenet lage temperatuur: grondwater (wko)

Een systeem met een open grondwaterbron wordt ook wel aangeduid als warmte-koudeopslag (wko). In dit systeem wordt grondwater uit een aquifer opgepompt. Nadat er warmte aan is onttrokken, wordt het via een tweede brongat weer in de bodem gebracht. In de zomer draait het systeem om en wordt een warmteoverschot aan het grondwater toegevoegd. Het water wordt via een warmtenet gedistribueerd. De gebouwen en woningen die op dit net zijn aangesloten, hebben een individuele warmtepomp voor ruimteverwarming, warmtapwater en koeling. De warmtepompen gebruiken het warmtenet als bronwarmte.

In Nederland zijn meer dan tweeduizend van dergelijke systemen in bedrijf. Meestal zijn het collectieve projecten met appartementen en soms ook utiliteitsgebouwen. De aanlegkosten zijn hoog. Voor een haalbaar project zijn veel aansluitingen in een beperkt gebied nodig. De technische mogelijkheden hangen sterk af van lokale omstandigheden en de opbouw van de bodem. De aanleg van een systeem vereist toestemming van de provincie in het kader van de grondwaterbescherming. Om het systeem goed te laten werken is het essentieel dat de warmte in de bodem in balans blijft. Daar is professioneel beheer voor nodig. De exploitant moet het systeem bovendien monitoren en jaarlijks aan de vergunningverlener rapport uitbrengen.



# Warmtelevering met een warmtenet

Grondwater (wko)	
Toepassing	Collectieve oplossing voor laagtemperatuurverwarming; vooral appartementen in stedelijke gebieden; per woning een combiwarmtepomp
+	Bewezen technologie; hoog rendement; energiezuinige koeling in de zomer; comfortabel
-	Verplichte aansluiting eindgebruikers; niet overal mogelijk vanwege bodemopbouw of toegestaan vanwege grondwaterbescherming; hoge aansluitkosten
Indicatieve kosten	Investering (per woning) : € 12.800 (excl. opslagen en btw, € 19.200 incl.) Onderhoud/beheer: € 321 per jaar

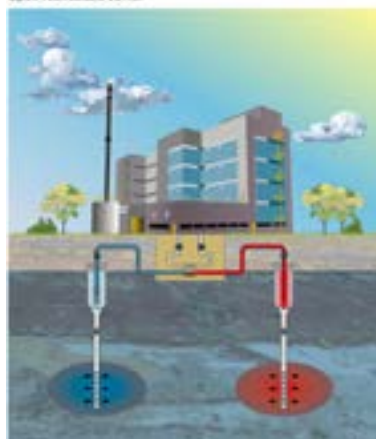
## Aandachtspunten wko

- Om een wko-systeem goed te laten werken, is het belangrijk te letten op de kwaliteit van het distributiewater. Zorg voor goede filters, een behandelingsinstallatie en voldoende watersuppletie.
- Een warmtepomp kan worden gedimensioneerd op de basislast als ook een piekwarmteketal wordt toegepast. Deze zorgt dat de installatie ook bij extreme kou aan de vraag kan voldoen.
- Kies voor een piekwarmteketal die draait op biomassa of groengas.

Open recirculatie winter



Open recirculatie zomer



wko-put

*Principeschema warmte-koudeopslag met een open grondwaterwarmtepomp.*

De Haagse wijk Duindorp heeft een zeewatercentrale voor verwarming en warmwater van 800 woningen. In deze centrale wordt zeewater opgepompt. De warmte wordt overgedragen aan een zoetwatercircuit en, wanneer nodig, met een warmtepomp verwarmd tot 11 °C. Dit water gaat naar de woningen die individuele warmtepompen hebben voor vloerverwarming en warmwater.

### Warmtenet lage temperatuur: omgevingswarmte

In de omgeving van gebouwen zijn vaak ook andere bronnen die een collectief warmtenet kunnen voeden. Voorbeelden zijn warmte uit rivierwater, zeewater, rioolwater of warmte uit kassen.

De werking van een warmtenet op basis van omgevingswarmte is grotendeels vergelijkbaar met een open grondwatersysteem. In alle situaties is er een centrale installatie waar de beschikbare warmte wordt doorgegeven aan distributiewater. De aangesloten gebouwen (of woningen) krijgen een warmtepomp die met het warmtenet als bron zorgt voor verwarming, warmwater en eventueel koeling.

#### Warmtenet omgevingswarmte

Toepassing	Collectieve oplossing (circa 50 woningen) voor laagtemperatuurverwarming; vooral appartementen in stedelijke gebieden; per woning een combiwarmtepomp.
+	Hoog rendement; comfortabel
-	Verplichte aansluiting; hoge aansluitkosten; niet overal mogelijk
Indicatieve kosten	Investering per woning: € 12.800 (excl. opslagen en btw, € 19.200 incl.) Onderhoud/beheer: € 321 per jaar





Het water dat in de mijngangen van Zuidoost-Limburg staat, wordt gebruikt als ondergrondse seizoensbuffer. In de zomer wordt er een warmteoverschot opgeslagen; in de winter wordt de warmte gebruikt als bron voor ruimteverwarming. De gemeente Heerlen heeft het bedrijf Mijnwater opgericht om dit systeem te exploiteren. Inmiddels zijn er 270 woningen, diverse kantoorgebouwen, (basis)scholen, een kinderdagverblijf, een sporthal en twee supermarkten op aangesloten.

### Aandachtspunten warmtenet omgevingswarmte

- Net als bij een wko-systeem vereist de kwaliteit van het distributiewater bijzondere aandacht.
- Doordat de temperatuur van de verschillende bronnen in de loop van een seizoen een verschillend verloop kennen, zijn er slimme combinaties te maken.
- 's Zomers is rivierwater meestal te warm zodat koeling van woningen dan niet meer mogelijk is.
- Gebruik van drinkwater als warmtebron bespaart per saldo minder energie omdat het water dan elders in het systeem vanaf een lagere temperatuur moet worden verwarmd om warm tapwater te bereiden.

In Roosendaal is in 2014 het Smart Climate Grid gerealiseerd. Via dit net wordt warmte gedistribueerd afkomstig van de afvalenergiecentrale ReEnergy van SUEZ. Dit water heeft een temperatuur van ongeveer 40 °C. Het warmtenet is bedoeld voor circa 890 woningen in de nieuwbouwwijk Stadsoevers. Deze wijk wordt de komende jaren ontwikkeld. Als eerste is een ROC aan het Smart Climate Grid gekoppeld.

### Warmtenet middentemperatuur

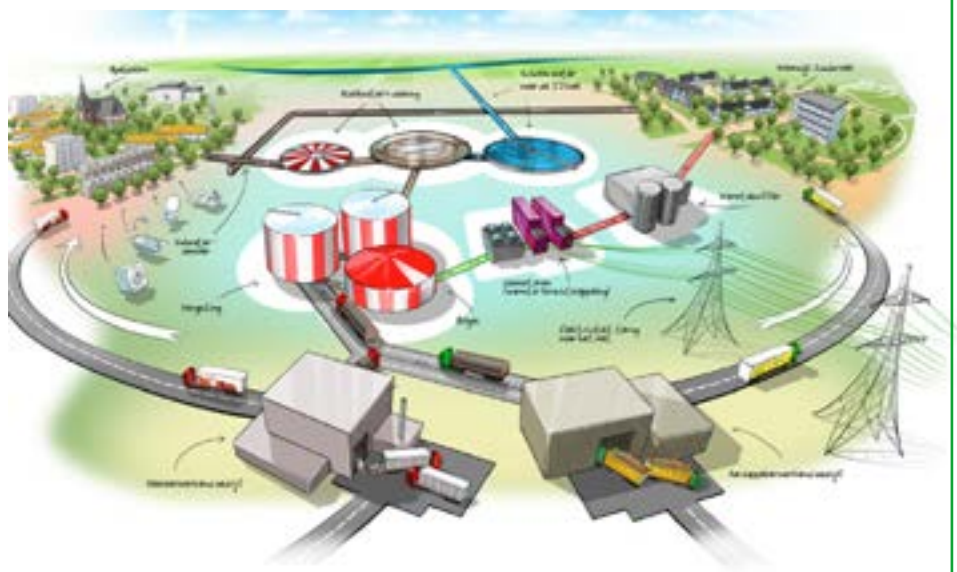
In specifieke situaties is restwarmte uit afvalwaterzuiveringsinstallaties, datacenters of andere bedrijven beschikbaar. Deze warmte van circa 40 °C kan in compacte stedelijke gebieden aan naburige woningen en gebouwen worden geleverd. Als er voldoende debiet is, kan de warmte direct worden benut voor vloer- en/of wandverwarming. Per woning is alleen een (kleine) afleverset nodig. Voor warm tapwater wordt een boosterwarmtepomp geïnstalleerd. Koeling is met dit warmtenet niet mogelijk.

In een efficiënt ontwerp wordt het debiet van het systeem (met bijbehorende pompen en buisdiameters) afgestemd op de gemiddelde vraag en een gemiddelde aanvoertemperatuur. Een piekwarmteketel zorgt vervolgens voor een hogere aanvoertemperatuur in uitzonderlijke situaties. Die verhoogt de warmtecapaciteit van het systeem, zonder dat er een hoger debiet nodig is. Voor een duurzame oplossing is een piekwarmteketel op biomassa of groengas mogelijk.

### Boosterwarmtepomp

Een boosterwarmtepomp is ontworpen om middentemperatuurwarmte van 30 tot 40 °C in de woningen verder op te warmen voor warm tapwater. De installatie werkt het meest efficiënt als de brontemperatuur relatief hoog is. Daarom is deze toepassing goed te combineren met een warmtenet op midden temperatuur. Ook de combinatie met een zonneboiler is effectief. In de zomermaanden levert de zon

De rioolwaterzuivering van Apeldoorn is de eerste zogenaamde energiefabriek van de waterschappen. In de nieuwe wijk Zuidbroek krijgen 1500 woningen hiervan energie. Door de RWZI wordt rioolslib vergist en in biogasmotoren omgezet. In 2015 was dit goed voor 48% van de benodigde warmte in Zuidbroek. De rest werd geleverd door biomassaketels van Ennatuurlijk (38%) en aardgas (11%).



Schema Energiefabriek Apeldoorn

meestal voldoende energie om de boiler boven de 55 °C te houden. In de winter verwarmt de zonnecollector het water voor en zorgt de boosterwarmtepomp voor de rest.

Warmtenet middentemperatuur	
Toepassing	Collectieve oplossing voor laagtemperatuurverwarming; vooral appartementen in stedelijke gebieden; warmwater i.c.m. boosterwarmtepomp
+	Nuttig gebruik van warmte die anders verloren gaat; stil en comfortabel; geen individuele warmtepomp nodig voor verwarming; lage verliezen in leidingnet.
-	Hoge aansluitkosten; lang niet overal toepasbaar; afhankelijkheid van externe partijen; geen koeling mogelijk
Indicatieve kosten	Investing: € 15.100 per woning (excl. opslagen en btw, € 22.650 incl.) Onderhoud/beheer: € 312 per jaar



*De boosterwarmtepomp is een nieuwe techniek en wordt nu in de eerste projecten toegepast.*

### Aandachtspunten warmtenet middentemperatuur

- Dimensioneer het warmtenet op de gemiddelde vraag. Installeer een piekwarmteketel voor koude perioden waarin er tijdelijk meer vraag is.
- Zorg voor overmaat zodat onvolkomenheden in de uitvoering of wisselingen in de aanvoer van warmte en koude kunnen worden opgevangen.

In Heerhugowaard is het Waerdse Energiecircuit in ontwikkeling. Het is een ringleiding van zo'n zes kilometer lengte die verschillende bedrijven, instellingen en wooncomplexen met elkaar verbindt. Hierdoor kan een overschot aan warmte of koude van de één geleverd worden aan een ander. Op het circuit zijn onder andere ook een 170 meter diepe wko-bron en een asfaltcollector in de N23 aangesloten.



Afleverzet voor externe warmtelevering

### Warmtewet

Sinds 2014 is de Warmtewet van kracht. Het doel van de wet is leveringszekerheid bieden en de consument beschermen tegen hoge prijzen. De wet is van toepassing op alle leveranciers van warmte: niet alleen energiebedrijven, maar ook vastgoedeigenaren die met een collectieve warmtebron hun woningen van warmte voorzien. De wet bepaalt maximum tarieven die voor consumenten redelijk zijn en het voor exploitanten mogelijk maken te investeren in duurzame oplossingen. Deze wet wordt in 2018 gewijzigd.

### Warmtenet hoge temperatuur

In Nederland zijn honderdduizenden woningen aangesloten op een warmtenet met een temperatuur van 70 tot 110 °C. De warmte is onder meer afkomstig van elektriciteitscentrales, afvalverbrandingsinstallaties, industrie, biomassa-centrales en geothermie. Via een warmtenet gaat de warmte onder meer naar woonwijken. Om het systeem rendabel te maken, zijn duizenden aansluitingen nodig, waaronder grote afnemers zoals winkelcentra, utiliteitsgebouwen of ziekenhuizen.

De aangeleverde warmte is eenvoudig te gebruiken voor verwarming en warmwater in alle gebouwen en woningtypen. Per woonhuis of appartement is slechts een afleverzet nodig die in de meterkast past. Door de hoge aanvoertemperatuur zorgt een gering debiet al voor veel vermogen. Voor aansluiting op dit net betalen ontwikkelaars een bijdrage aansluitkosten ('BAK') van € 2.000 tot soms € 5.000 euro per woning. De eindgebruiker betaalt maandelijks vastrecht en een bedrag per geleverde energie-eenheid. De bewoner heeft geen vrijheid in zijn keuze voor een warmteleverancier.

Warmtenet hoge temperatuur	
Toepassing	Collectieve oplossing (circa 500 woningen) voor verwarming en warmwater; voor woningen en utiliteitsgebouwen in stedelijke gebieden
+	Stil en comfortabel; geen individuele toestellen nodig, dus ook geen ruimtebeslag; geen zorgen voor de consument.
-	Hoge aansluitkosten; niet overal toepasbaar; grote warmteverliezen in de eindvertakkingen; duurzaamheid hangt af van herkomst warmte; geen koeling mogelijk via dit systeem
Indicatieve kosten	Investering: € 6.000 per woning (excl. opslagen en btw, € 9.000 incl. ) Onderhoud/beheer: € 0 per jaar

Om te voldoen aan de BENG-eisen moet minstens 50 procent van het energiegebruik worden gedekt door hernieuwbare bronnen. In de praktijk kan het moeilijk zijn om met een energieconcept op basis van warmtelevering op hoge temperatuur aan deze eis te voldoen. Energieleveranciers werken aan verduurzaming van de warmtenetten. Op dit moment is de geleverde warmte echter nog voor circa 75 procent afkomstig uit verbranding van fossiele brandstoffen. De rest komt uit afvalverbranding en (bijstook van) biomassa.

Verduurzaming is mogelijk door toepassing van geothermie en uitbreiding van het aandeel biomassa. Het is te verwachten dat de temperatuur in de netten omlaag zal gaan. Het is daarom verstandig hier bij nieuwbouw op te anticiperen door een afgiftesysteem te realiseren dat ook bij lagere temperatuur voldoende vermogen levert.

Sinds 2016 zijn 470 flatwoningen in Pijnacker aangesloten op de geothermiebron van potplantenkwekerij Van Ammerlaan The Green Innovator. VB Projects legde de leidingen naar de zestien bestaande flatgebouwen van Rondon Wonen. Ammerlaan heeft hiermee een primeur: de eerste warmtelevering vanuit een geothermiebron aan woningen in Nederland. Al eerder was de warmtelevering uitgebreid naar kassen van bedrijven in de omgeving, een zwembad en een school.



Schema warmtenet Pijnacker.



Geïnteresseerden op bezoek bij het geothermische project Ammerlaan in Pijnacker.

### Aandachtspunten warmtenet hoge temperatuur

- Een warmtenet voor hoge temperatuur is in BENG alleen een optie als de oorsprong van de warmte in voldoende mate hernieuwbaar is.
- Aanleg is duur, maar als het net er eenmaal ligt, is het comfortabel en gemakkelijk in gebruik en onderhoud.
- Speel met de dimensionering van afgiftesystemen in op een te verwachten lagere aanvoertemperatuur in warmtenetten.
- De energievraag in nieuwbouwwoningen is laag waardoor het voor exploitanten lastiger wordt een warmtenet voor hoge temperatuur haalbaar te maken.

# 4

Afhankelijk van lokale omstandigheden zijn alternatieve brandstoffen mogelijk zoals groen gas en biomassa. De beschikbaarheid is echter beperkt en de duurzaamheid van deze brandstoffen hangt af van de wijze waarop ze worden geproduceerd en het rendement van de omzetting.



*Biomassa in de vorm van houtpellets.*



# Hernieuwbare brandstof

## Groen gas

Door anaerobe vergisting van mest, rioolslib, GFT-afval en ander organisch materiaal ontstaat biogas. Als biogas wordt opgewaardeerd tot 'Slochteren'-kwaliteit door het te zuiveren en te drogen, ontstaat groen gas. Het heeft dezelfde eigenschappen als aardgas en kan voor dezelfde toepassingen worden gebruikt. Ook nieuwe technieken zoals kweek en vergisting van algen en zeewier of elektrolyse van windstroom kunnen worden gebruikt voor productie van groen gas.

Op dit moment wordt in Nederland ongeveer 100 miljoen m<sup>3</sup> groen gas geproduceerd<sup>3</sup>. Dat is circa 0,1 procent van de totale gasvoorziening. De ambitie voor 2020 is om dat aandeel te verhogen tot 5 procent. Groen gas wordt op dit moment vermengd met aardgas en via het bestaande gasnet gedistribueerd.

## Houtpellets

Een tweede hernieuwbare brandstof is biomassa in de vorm van houtpellets. Dit zijn korrels van geperste houtsnippers. In een pelletkachel of pellet-cv-ketel worden die bijna volledig verbrand met een rendement dat kan oplopen tot 90 procent. De aanschaf van een kachel of ketel die automatisch werkt en voldoet aan enkele bijkomende technische eisen, wordt gestimuleerd met ISDE-subsidie. Mede daardoor is de pelletkachel zeer populair bij particulieren en zijn er veel modellen op de markt.

Een nadeel is dat pelletkachels relatief veel fijnstof veroorzaken. Grootschalige toepassing in een intensief bebouwde omgeving kan daardoor lokale luchtverontreiniging veroorzaken. Een ander nadeel is, dat de herkomst van hout vaak moeilijk te controleren is.

Square is een appartementengebouw in Amsterdam-Zuid van woningbouworganisatie Wonam met 111 huurwoningen variërend van 55 tot 75 m<sup>2</sup>. Het gebouw is in 2016 opgeleverd. In het gebouw is een verwarmingssysteem toegepast op basis van een centrale pelletketel. Hiermee is een EPC van 0,2 gerealiseerd. Via een raam naast de entree van het gebouw kunnen voorbijgangers zien hoe het systeem zijn werk doet.

## Aandachtspunten hernieuwbare brandstof

- Groen gas wordt op dit moment slechts op beperkte schaal geproduceerd. Er is wel veel ontwikkeling en het is goed om die te volgen, bijvoorbeeld via Groen Gas Nederland, de koepel van de biogasbranche (zie [www.groengas.nl](http://www.groengas.nl)).
- Verbranding van hout (houtpellets) wordt gestimuleerd met ISDE-subsidie. Daarmee is het nog geen ideale oplossing.

<sup>3</sup> <https://groengas.nl>

# 5

Centraal opgewekte elektriciteit is nu nog voor het leeuwendeel afkomstig uit fossiele brandstoffen. In 2017 was het aandeel hernieuwbaar 13,8 procent van het totaal. Dit aandeel groeit de laatste jaren sterk, vooral dankzij de winning van windenergie op zee.



*Energieneutrale woningen Park Harga, Schiedam. Oplevering 2018. VolkerWessels Vastgoed.*

# Centrale levering van elektriciteit

## Opwekking

Een all electric energieconcept voldoet aan BENG als minimaal 50 procent van de benodigde elektriciteit hernieuwbaar wordt opgewekt. PV-panelen op en aan de woning zijn de meest geëigende techniek. In bijzondere situaties zijn microwindturbines of collectieve zonnecentrales mogelijk.

De ongelijktijdigheid van vraag en aanbod is een belangrijk aandachtspunt. Opslag van elektriciteit en vraagsturing lossen het probleem hooguit voor een deel op. De rest moet via het elektriciteitsnet worden opgevangen.

## Omzetting met een warmtepomp

Elektriciteit kan op verschillende manieren dienen als bron voor verwarming. Het meest efficiënt is toepassing van een warmtepomp. Daarmee wordt naast elektriciteit ook de warmte uit de bron benut. Afhankelijk van het type en de kwaliteit van de installatie bedraagt de jaarrendementsfactor (SPF) 3 tot 6. Dat wil zeggen dat 1 kWh elektriciteit 3 tot 6 kWh warmte oplevert. Voor een juist beeld moet het gemiddelde rendement van centrale elektriciteitsproductie, voor zover van toepassing, daarmee worden gecorrigeerd. Tot 2020 geldt daarvoor een rekenrendement van 39 procent, ofwel 1 kWh primaire energie (hernieuwbaar plus niet-hernieuwbaar) levert 0,39 kWh elektrische energie op.

## Omzetting met IR-verwarming

Minder efficiënt is toepassing van infraroodverwarming. Een infraroodpaneel bevat halfgeleidermateriaal waar elektriciteit wordt omgezet in warmtestraling. De warmtestraling voelt als de straling van de zon of een openhaard: niet de lucht wordt verwarmd, maar het oppervlak waar de straling op valt. De warmte wordt daarna diffuus aan de ruimte afgestaan. Ook de huid vangt de straling op waardoor een relatief lage kamertemperatuur al behaaglijk aanvoelt. Overigens ervaart niet iedere gebruiker de lokale verwarming en bijbehorende lagere omgevingstemperatuur als comfortabel.

IR-verwarming is relatief goedkoop in aanschaf, zeker vergeleken met een warmtepomp. Het energiegebruik is echter hoog. In een goed geïsoleerde nieuwbouw-tussenvoning is een vermogen van 30 Watt per vierkante meter vloeroppervlakte nodig. IR-verwarming is hierdoor vooral geschikt als bijverwarming in situaties met een plaatselijke en/of tijdelijke warmtevraag. Als (enige) hoofdverwarming is het energetisch en financieel onvoordelig. Bedenk daarbij dat een kamer die nu



*All electric oplossing met bodemwarmtepomp in de trapkast. Deze combiwarmtepomp zorgt voor verwarming en warm tapwater.*

incidenteel in gebruik is, bij gewijzigde omstandigheden misschien permanent nodig is. Dan staan de IR-panelen vaker op vol vermogen en is er meer elektriciteit nodig dan gedacht. Een energieconcept met IR-verwarming en extra PV-panelen om het elektriciteitsgebruik te compenseren is daardoor niet robuust. Als het gebruik verandert en de salderingsregeling voor PV wordt versoerd, kan de energierekening fors oplopen.

### Aandachtspunten centrale levering van elektriciteit

- Verduurzaming van centrale elektriciteitsproductie verloopt voorspoedig. Toch zijn PV-panelen onmisbaar. Alle dakvlakken zijn nodig om het aandeel duurzame elektriciteitsopwekking in Nederland omhoog te krijgen.
- IR-verwarming is relatief goedkoop in aanschaf maar duur in gebruik. Zeker als het gebruik van een huis verandert of als de overheid de saldering versoerd.
- Energieconcepten die gebaseerd zijn op uitsluitende toepassing van elektriciteit, worden aangeduid met de term 'all electric'. De duurzaamheid van

### Primaire energie versus Energie op de meter

Primaire energie	versus	Energie op de meter
<b>NU</b>		
2,56 kWh primaire energie	↔	1 kWh elektriciteit
1 kWh primaire energie	↔	0,39 kWh elektriciteit
<b>VANAF 2020</b>		
2,14 kWh primaire energie	↔	1 kWh elektriciteit
1 kWh primaire energie	↔	0,47 kWh elektriciteit

*Primaire energie versus energie op de meter.*

# Alle opties op een rij

Er is niet één oplossing; er zijn altijd verschillende opties in combinatie met elkaar nodig. Welke combinaties het best haalbaar zijn, hangt af van lokale omstandigheden, de woningtypologie en het gekozen energieconcept.

	(Half)vrijstaande woning	Rijwoning	Appartement tot 6 etages	Hoogbouw vanaf 6 etages
Zonneboiler	Geschikt	Geschikt	Lange warmwater-leidingen	Lange warmwater-leidingen
PV	Geschikt	Geschikt	Geschikt, ook PV langs gevel	Geschikt, vooral PV langs gevel
Luchtwarmtepomp	Geschikt	Plaatsing buitenunit vergt aandacht	Plaatsing buitenunit vergt aandacht	Plaatsing buitenunit vergt aandacht
Bodemwarmtepomp	Geschikt	Geschikt	Geschikt	Geschikt
Boosterwarmtepomp	Geschikt voor warm tapwater	Geschikt voor warm tapwater	Geschikt voor warm tapwater	Geschikt voor warm tapwater
Open bodembron (wko)	Hoge aansluitkosten	Geschikt, mits veel afnemers	Geschikt	Geschikt
Warmtenet lage temperatuur	Hoge aansluitkosten	Geschikt, mits veel afnemers	Geschikt	Geschikt
Warmtenet midden-temperatuur	Hoge aansluitkosten	Geschikt, mits veel afnemers	Geschikt	Geschikt
Warmtenet hoge temperatuur	Ongeschikt vanwege te hoge aansluitkosten	Alleen geschikt als de bron hernieuwbaar is	Alleen geschikt als de bron hernieuwbaar is	Alleen geschikt als de bron hernieuwbaar is
Hernieuwbare brandstoffen (optie)	Optie is nog in ontwikkeling	Optie is nog in ontwikkeling	Optie is nog in ontwikkeling	Optie is nog in ontwikkeling
Centrale elektriciteitslevering (aandachtspunt)	Mits duurzaam opgewekt en efficiënt benut	Mits duurzaam opgewekt en efficiënt benut	Mits duurzaam opgewekt en efficiënt benut	Mits duurzaam opgewekt en efficiënt benut

## Kostenvergelijking aardgasvrije alternatieven

Warmteconcept	luchtwarmte- pomp	bodemwarmte- pomp	warmtenet 10 °C	warmtenet 40 °C met booster- warmtepomp	warmtenet 70 °C
Investering	9.000	11.200	12.800	15.100	6.000
<i>Jaarlasten</i>					
Inkoop warmte	-	-	-	-	364
Elektriciteit	1.205	1.031	1.018	1.180	885
Vastrecht elektra	223	223	223	223	223
Vastrecht warmte	-	-	-	-	446
Heffingskorting	-309	-309	-309	-309	-309
Beheer, onderhoud	250	225	321	312	-
<i>Som jaarlasten</i>	<i>1.369</i>	<i>1.170</i>	<i>1.254</i>	<i>1.407</i>	<i>1.610</i>

*DWA, 2018. Prognose jaarlasten in euro per woning excl. opslagen en btw voor tussenwoning.*

Wat is financieel de beste keuze? Naast de investering en de jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud speelt ook de energierekening een rol in de kostenvergelijking. In het schema (DWA, 2018) zijn de investeringen en de jaarlasten voor vijf alternatieven naast elkaar gezet. Als de totale

kosten over 15 of 30 jaar worden beschouwd (TCO), is het alternatief met een bodemlus voor een RVO tussenwoning momenteel de meest voordelige optie. De luchtwarmtepomp volgt als tweede.

## Verantwoording

De indicatieve bedragen in de bovenstaande tabel en in de andere overzichten in deze publicatie hebben betrekking op een RVO-referentie tussenwoning met een gebruiksoppervlak van 124 m<sup>2</sup> en een isolatiewaarde die iets beter is dan de minimumeisen van het Bouwbesluit. Daarbij is gerekend met kleinschalige projectontwikkeling (circa 30 woningen). Alle bedragen zijn prijspeil 2018. De door

DWA genoemde investeringen zijn bouwkosten zonder opslagen (algemene kosten aannemer, bijkomende kosten (bouwleges, honoraria architect, adviseurs, makelaars), algemene kosten en winst ontwikkelaar), excl. btw. Om van bouwkosten zonder opslagen naar consumentenprijs incl. btw te komen zijn de bedragen van DWA met een factor 1,5 verhoogd.

## Verder lezen

- Over BENG: kijk op <https://www.lente-akkoord.nl/tag/beng/> voor alle actuele informatie.
- Over warmtepompen: [Warmtepompen in de woningbouw; De do's-and-don'ts voor ontwikkelaars.](#)
- Over financieringsconstructies voor warmtepompen: [Financiering van warmtepompen in de woningbouw.](#)
- Over wko: [Wko beter bedenken, beter bouwen, beter beheren](#)
- Een overzicht van technieken voor warmtelevering in de gebouwde omgeving vindt u op <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/nationaal-expertisecentrum-warmte/duurzame-warmtevoorziening/warmtevoorziening-gebouwde>
- Inspirerende voorbeeldprojecten vindt u op <https://www.rvo.nl/initiatieven/overzicht/27008>
- Klaas de Jong: Duurzame warmte en koude, de groei van warmte- en koudenetten in Nederland en Vlaanderen, 2016
- Peter Heijboer, DWA Installatie- en energieadvies, Kosten aardgasvrije warmteconcepten nieuwbouwwoningen, 15 maart 2018.

## Colofon

Deze tekst is gemaakt in samenwerking met de themagroep Gasloze Nieuwbouw, geïnitieerd door Lente-akkoord Zeer Energiezuinige Nieuwbouw, 2017/2018.

Aan de themagroep is deelgenomen door Pieter van Alphen (Techneco Energiesystemen), Leo Brouwer (RVO), Lisa de Goei (Van Wijnen Rosmalen), Gideon Goudsmit (Energie-Positief), Peter Heijboer (DWA Installatie- en energieadvies), Willem Hooijkaas (Nederlands Platform Warmtepompen), Peter de Jong (Stichting natuur en Milieu), Marco Kranenburg (ERA Contour), Henk Monshouwer (ToMM Advies), Maarten Markus (AM BV) en Rokus Wijbrans (Carbon Capital Solutions).

### **Samenstelling & redactie** >

Claudia Bouwens (Lente-akkoord Zeer Energiezuinige Nieuwbouw)

**Tekst** > Henk Bouwmeester

**Ontwerp** > Menno van der Veen

**Omslagfoto** > Hollandse Hoogte

**Illustraties, foto's** > Klaas de Jong, Willem Hooijkaas, Nibe Warmtepompen, Mijnwater, AM, VolkerWessels Vastgoed, Klaassen Vastgoed, Janssen de Jong Projectontwikkeling, Warmtepompweetjes.nl, Techneco Energiesystemen, NBArchitecten.

Maart 2018

Kijk verder op [www.lente-akkoord.nl](http://www.lente-akkoord.nl)  
Stuur uw opmerkingen of aanvullingen naar:  
[cb@lente-akkoord.nl](mailto:cb@lente-akkoord.nl)

## Zeer energiezuinige nieuwbouw zonder aardgas

Aardgas is in Nederland op z'n retour. Al snel behoort het op de meeste nieuwbouwlocaties tot het verleden. Bouwpartijen staan voor de opdracht om duurzame alternatieven te realiseren: comfortabele woningen zonder aardgas die vanaf 2020 bovendien bijna energieneutraal (BENG) moeten zijn.

Er zijn verschillende technieken die in combinatie met elkaar goede oplossingen bieden. Alle concepten beginnen met goed geïsoleerde woningen waar de zon vanzelf al zorgt voor een prettig woonklimaat. Vervolgens zijn toepassing van zonnecellen en laagtemperatuurverwarming vaste ingrediënten. 'All electric' nieuwbouwwoningen maken daarnaast gebruik van warmtepompen in combinatie met omgevingswarmte uit bodem of buitenlucht. Nieuwbouwwoningen met duurzame externe warmtelevering zijn aangesloten op een warmtenet met warmte-koudeopslag of met geothermie. In ontwikkeling zijn middentemperatuurnetten waarbij warmte uit bijvoorbeeld een rioolwaterzuiveringsinstallatie of datacenter afkomstig is.

De keuze voor een energieconcept wordt sterk bepaald door het woningtype en de omgeving waar een gebouw staat. Welke energiestromen zijn er rond het huis en in de directe omgeving beschikbaar? Zijn er collectieve oplossingen te vinden? Er is geen standaard oplossing. Een duurzaam energieconcept zonder aardgas vraagt om maatwerk en creativiteit.