

# Nationaal Programma RES Regionale Energie Strategie



## Inhoudsopgave

### Proclaimer

De factsheets zijn opgesteld op basis van vragen uit de regio's over de inzet van technologieën voor de RES-opgaves. CE Delft heeft in opdracht van NPRES op basis van de voornaamste objectieve bronnen een overzicht gemaakt van criteria per technologie of bron. NPRES heeft samen met CE Delft afgewogen keuzes gemaakt in het brongebruik op basis van RES relevante criteria. Voor warmte zijn de factsheets van ECW leidend geweest. Waar aanvullende informatie benodigd was zijn andere bronnen geraadpleegd. Alle bronnen zijn vermeld. In de huidige versie van de NPRES factsheets 'Warmte' en 'Elektriciteit' zijn opslag, conversie en flexibiliteit van energie niet meegenomen. Gezien de taakstelling van de concept-RES wordt voor nu beperkt tot opwekbronnen en -technologie. Informatie en beeldmateriaal mogen vrij geciteerd en gebruikt worden mits duidelijke bronverwijzing naar NPRES.

De factsheets zijn voorgelegd en afgestemd met Ministerie van Economische zaken, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, IPO, VNG, Unie van Waterschappen, NVDE en Netbeheerders.

<b>1.    Introductie</b>	<b>3</b>	<b>Verdieping warmtebronnen</b>	<b>9</b>
<b>2.    Facts &amp; Figures</b>	<b>4</b>	Restwarmte	10
<b>3.    Overzicht Energiebronnen</b>	<b>6</b>	Geothermie	13
<b>4.    Inhoudelijke uitdagingen RES</b>	<b>8</b>	Aquathermie	15
		Biomassa	17
		Groengas	19
		Waterstof	21
		<b>Uitleg Criteria</b>	<b>23</b>
		<b>Begrippenlijst</b>	<b>24</b>

# 1. Introductie

Het Nationaal Programma Regionale Energie Strategieën (NP RES) ondersteunt de 30 RES-regio's bij het maken van de RES'en. Deze factsheets hebben als doel om de RES regio's objectieve informatie te verschaffen over de meest voorkomende energiebronnen waar in het RES-traject over wordt gesproken.

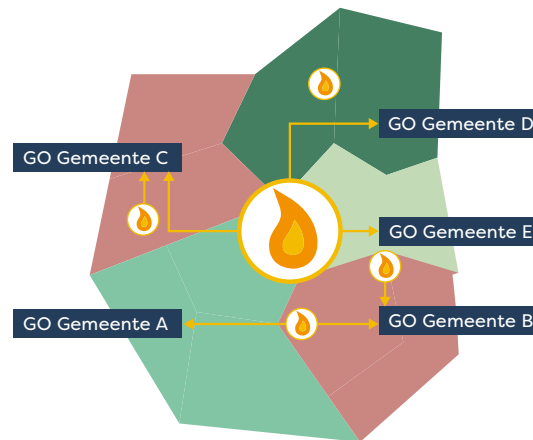
Deze factsheet is onderdeel van een set van twee. Voor meer informatie over bronnen voor elektriciteit, zie [de website](#). Beide factsheets hebben dezelfde indeling: allereerst gaan de factsheets in op de doelstelling van de RES en wordt de opgave toegelicht met een aantal voorbeelden. Vervolgens worden de verschillende energiebronnen voor elektriciteit of warmte met elkaar vergeleken. Per energiebron is tot slot een beknopte weergave opgenomen van de belangrijkste cijfers, kansen en aandachtspunten om deze beter te kunnen beoordelen.

De informatie in deze factsheets is beknopt, en daarmee niet uitputtend. Per energiebron zijn links opgenomen naar rapporten en websites met meer informatie.

## Uiteenzetting doelen Klimaatakkoord

In de [Handreiking RES](#) wordt gevraagd om een Regionale Structuur Warmte (RSW) op te stellen. Het doel van de RSW in deze fase is om het aanbod van en de vraag naar duurzame warmte in beeld te brengen en om bovengemeentelijke ontwikkelkansen te identificeren ter ondersteuning van de lokale Transitievisies Warmte. Het gaat dan om de bovengemeentelijke warmtevraag, warmtebronnen en warmte-infrastructuur. Daarnaast is ook de verbinding met warmtevraag en -aanbod van de industrie en landbouw (met name de glastuinbouw) van belang. De focus van de RSW ligt dan ook op de warmtebronnen die een bijdrage kunnen leveren aan deze bovengemeentelijke warmteopgave.

Zie voor meer informatie de [website van het NP RES](#).



## Warmtebronnen in deze factsheet

In deze factsheet ligt de focus op warmtebronnen die een bijdrage kunnen leveren aan een bovengemeentelijke warmteopgave. De volgende technieken worden behandeld:

[Restwarmte](#)  
(HT/MT/LT)

[Geothermie](#)

[Aquathermie](#)

[Biomassa](#)

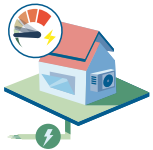
[Groengas](#)

[Waterstof](#)

Hoewel waterstof en groengas geen energiebron zijn, maar energiedragers, wordt in het document naar al deze bronnen en dragers verwezen als warmtebron. Voor aanvullende informatie over deze warmtebronnen en bronnen die op lokaal niveau een bijdrage kunnen leveren aan de warmtevoorziening (zoals warmtepompen, warmte-koudeopslag of zonthermie), zie de [factsheets van het Expertise Centrum Warmte](#).

## 2. Facts & Figures

Om een goed beeld te kunnen vormen van de mogelijke warmtebronnen geven wij allereerst beknopt uitleg over veel voorkomende energiegrootheden. Daarnaast gaan we in op het gebruik van collectieve warmtevoorzieningen (warmtenetten).



### Hoeveel verbruikt een gemiddelde woning?

De aardgasvraag in een gemiddelde woning in Nederland is **1.270 m<sup>3</sup>** per jaar. Gasverbruik in m<sup>3</sup> kun je omrekenen naar bijvoorbeeld gigajoule (GJ) of kilowattuur (kWh): 1 m<sup>3</sup> gas is 0,03165 GJ of 8,79 kWh. Om een gemiddeld huishouden te verwarmen is dus 40,2 GJ of 11.200 kWh energie nodig. Dat is veel meer dan het stroomverbruik van een gemiddeld huishouden: ter vergelijking: het gemiddelde elektriciteitsgebruik per woning is **2.790 kWh**



### Hoeveel energie hebben we nodig?

Voor het verduurzamen van **1,5 miljoen** woningen en andere gebouwen, moet meer dan 60 miljoen GJ (omgerekend bijna 17 TWh) aan aardgas vervangen. Het aardgasverbruik zal voor een deel vervangen worden door hernieuwbare elektriciteit en een deel door alternatieve duurzame energiedragers als warmte en groen gas. Bij elektrisch verwarmen met een warmtepomp zal de elektriciteitsvraag zo'n 3 tot 4 keer lager zijn dan 17 TWh. Dit komt doordat een warmtepomp naast elektriciteit ook warmte uit de grond, water of lucht gebruikt voor het verwarmen van een woning.



### Vraag en aanbod

Vrijwel alle gebouwen in Nederland zijn aangesloten op het aardgasnetwerk. Bij de verduurzaming van de warmtevraag is dit niet meer vanzelfsprekend: niet iedereen zal meer gebruik maken van dezelfde energiedrager.

Het is van belang dat de vraag naar en het aanbod van warmte met elkaar in balans gebracht worden. Hierbij spelen de aanwezigheid van een warmtebron, de woningdichtheid, aansluitkosten, en isolatieniveau allemaal een rol. Alleen door het hele plaatje in beeld te hebben, kan bepaald worden waar welke warmtebron ingezet kan worden. In het samenspel tussen de RES en de Transitievisie Warmte wordt dit verder verkend.



### Individueel vs collectief

Gebouwen kunnen op meerdere manieren worden verwarmd:

- individueel per gebouw (zoals bijvoorbeeld met HR-ketel of een (hybride) warmtepomp);
- collectief met een warmtenet.

Voor meer informatie over de verschillende manieren van verwarming, zowel individueel als collectief, zie de [factsheets van het ECW](#) of [www.warmtetechnieken.nl](http://www.warmtetechnieken.nl).

In deze factsheet worden enkel de warmtebronnen verder toegelicht die geschikt zijn voor bovenregionale warmte-uitwisseling, omdat deze van belang zijn voor de Regionale Structuur Warmte (RSW). Welke oplossing er uiteindelijk per gebouw wordt gekozen is onderdeel van de Transitievisie Warmte.



### Warmtenetten

Warmtenetten vormen de verbinding tussen een grootschalige warmtebron en gebouwen. De temperatuur van het warmtenet hangt af van de temperatuur van de warmtebron. Over het algemeen geldt: hoe lager de temperatuur van het warmtenet, hoe breder het scala aan bronnen is dat erop aangesloten kan worden.

Het ECW hanteert de volgende typen warmtenetten, op basis van temperatuur:

- **Hogetemperatuur** (HT): >75 graden. Deze warmte kan in de meeste gebouwen rechtstreeks gebruikt worden. HT-warmtenetten hebben een hoog warmteverlies.
- **Middentemperatuur** (MT): 55-75 graden. Isolatie van gebouwen is nodig. Deze temperatuur is beter geschikt voor een warmtenet gevoed met duurzame bronnen
- **Lagetemperatuur** (LT): 30-55 graden. Gebouwen moeten goed geïsoleerd zijn en aanpassing in het warmteafgiftesysteem is nodig. Wel kunnen op een LT-warmtenet meerdere bronnen aangesloten worden, zoals restwarmte van supermarkten en datacenters, aquathermie en [warmte-koudeopslag \(WKO\)](#). Tapwater moet separaat via een warmtepomp (bijvoorbeeld een boosterwarmtepomp) opgewarmd worden tot de wettelijke minimum temperatuur van 55°C.



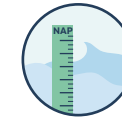
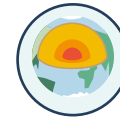
### Waar zijn warmtenetten geschikt?

Een warmtenet aanleggen is kostbaar. Hoe dichter de gebouwen bij elkaar staan, hoe minder leiding er hoeft worden aangelegd per gebouw en hoe lager de gemiddelde kosten worden. Uiteraard moet per project berekend worden of er een business-case is, maar over het algemeen geldt dat warmtenetten [rendabeler](#) zijn bij gestapelde bouw dan bij grondgebonden woningen. Daarnaast is het van belang dat de leverancier zekerheid heeft dat er genoeg afnemers van warmte zijn.

Bij de distributie van warmte treden warmteverliezen op (warmte koelt af). Vooral oudere warmtenetten hebben hier vaak mee te maken. Moderne warmtenetten zijn beter geïsoleerd, waardoor ze warmte over langere afstanden kunnen vervoeren.

Bij de planning en aanleg van warmtenetten is het dus van belang dat vraag en aanbod gecombineerd worden: de warmtevraag moet geconcentreerd zijn (dichte bebouwing), er moet een bron zijn die warmte kan leveren, en de gebouwen moeten geschikt zijn voor de temperatuur van het net: hoe lager de temperatuur van het net, hoe beter het isolatieniveau moet zijn.

### 3. Overzicht Warmtebronnen



In de RES kunnen verschillende warmtebronnen worden ingezet. Er zijn echter grote verschillen tussen deze bronnen. De tabel hiernaast geeft een beknopt overzicht van alle warmtebronnen. Deze gaat uit van de huidige kennis en stand der techniek. Meer informatie per warmtebron kunt u [hier](#) terugvinden.

	Restwarmte (HT/MT/LT)	Geothermie	Aquathermie
	Warmte die overblijft bij processen van bedrijven	Gebruik van warmte uit de diepe ondergrond vanaf 500 meter en dieper	Warmte uit oppervlaktewater, afvalwater of drinkwater op lage temperaturen.
Bijdrage aan de doelen in de RES	Ja	Ja	Ja
Bijdrage aan CO <sub>2</sub> -reductie 2050	Ja	Ja	Ja
Maatschappelijke Aandachtspunten	Duurzaamheid restwarmte, continuïteit warmtelevering, Discussie over allocatie restwarmte	Seismiek Effect op grondwater	Bron van lage temperatuur: •LT-net alleen geschikt voor goed geïsoleerde woningen (zoals nieuwbouw) •Voor een MT-net is elektrische collectieve opwaardering nodig Robuustheid bron (niet het hele jaar gegarandeerd warmte) Bij TEO: ecologie
Technische realisatie voor 2030	Niet te realiseren Zeker te realiseren	Niet te realiseren Zeker te realiseren (Techniek is al gebruik, maar nog niet op grote schaal gerealiseerd voor GO)	Niet te realiseren Zeker te realiseren
Doorlooptijd projectontwikkeling zonder aanleg warmtenet	> 2 jaar, verschilt sterk	3 – 4 jaar	1 - 2 jaar
Kosten (€/MWh)	10 - 44	26	TEO: 69
Ruimtelijke impact	n.v.t.	Boorlocatie: 0,6 – 1 hectare Als installatie gereed is: ongeveer 0,3 ha.	Afhankelijk van de karakteristieken van de bron
Bijdrage aan bovenregionale warmteuitwisseling	Geen bijdrage Duidelijke bijdrage HT MT LT	Geen bijdrage Duidelijke bijdrage 	Geen bijdrage Duidelijke bijdrage 



	Biomassa	Groengas	Waterstof
	Biomassaketel die wordt ingezet om een warmtenet van warmte te voorzien bij pieken in de warmtevraag (pieklasketel)	Biomassavergister in combinatie met opwaardering-sinstallatie om biogas op te waarden tot groengas	Waterstofketel die wordt ingezet om een warmtenet van warmte te voorzien bij pieken in de warmtevraag (pieklasketel)
Bijdrage aan de doelen in de RES	Ja	Ja	Nee
Bijdrage aan CO <sub>2</sub> -reductie 2050	Ja	Ja	Ja
Maatschappelijke Aandachtspunten	Duurzaamheid biomassa, beschikbaarheid, Luchtqualiteit	Duurzaamheid biomassa, Beschikbaarheid, kostprijs, Verdeling van groengas: wie krijgt het?	Beschikbaarheid, toekomstig kostprijs
Technische realisatie voor 2030		 <b>Technisch haalbaar, maar momenteel niet rendabel zonder subsidie</b>	 <b>Waterstof is in 2030 nog onvoldoende beschikbaar en te duur</b>
Doorlooptijd projectontwikkeling	1-2 jaar	Enkele jaren (afhankelijk van schaal, locatie en type vergister)	Enkele jaren (afhankelijk van schaal en locatie)
Kosten (€/MWh)	37-120	40-70	Onbekend
Ruimtelijke impact	Onbekend (afhankelijk van schaal en locatie)	Voor een vergister van 10 MW is 0,5-2 ha nodig	Onbekend
Bijdrage aan bovenregionale warmteuitwisseling			n.v.t.

## 4. Inhoudelijke uitdagingen RES

In de handreiking van de concept-RES wordt gevraagd om een Regionale Structuur Warmte (RSW) op te stellen. Het doel van de RSW in deze fase is om het aanbod van en de vraag naar duurzame warmte in beeld te brengen en om bovengemeentelijke ontwikkelkansen te identificeren. Om de RSW verder te brengen, ziet het NP RES de volgende uitdagingen:

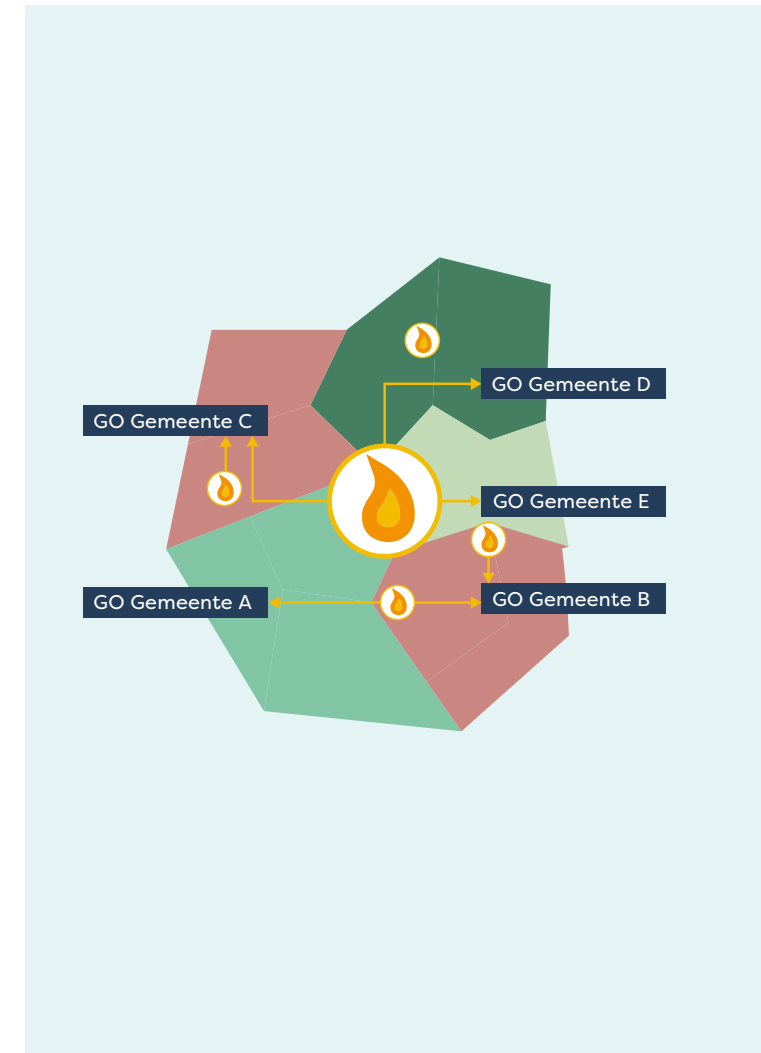
- 1) Regionale kenmerken zijn bepalend voor de totstandkoming van de RSW en de mogelijkheden om duurzame warmtebronnen te benutten voor de verduurzaming van de warmtevraag

Niet alle regio's hebben beschikking over bestaande grote warmtebronnen. In veel van de RES-regio's is het aanbod beperkt en zal men met name afhankelijk zijn van nieuwe lokale toepassingen of in de toekomst mogelijk beschikbare technieken, zoals geo- en aquathermie. Ook in deze regio's is het relevant om de vraag naar warmte goed te in beeld te brengen en regionaal afstemming te zoeken hoe de warmtevraag geclusterd kan worden voor bijvoorbeeld geothermie- en kleinschaligere warmte-koudeopslag projecten. Daarbij is het ook relevant om de behoefte aan lage- of hogetemperatuurwarmte en basis- en pieklast goed uit te werken.

In de RSW kan ook de uitwisseling van bronnen vastgelegd worden. Bijvoorbeeld: wordt groengas gereserveerd voor het platteland en oude binnensteden? Of dienen aanwezige restwarmte bronnen zo veel mogelijk gebruikt te worden om zo een hoger gebruik van elektriciteit te voorkomen en meer duurzaam gas beschikbaar te houden voor moeilijke gebieden? Hierover dienen regionale afspraken gemaakt te worden in de RSW. Dergelijke afspraken geven de netbeheerder en warmtebedrijven meer grip op benodigde investeringen in infrastructuur.

- 2) Samenhang tussen de warmtevraag en de ontwikkeling van het elektriciteits- en aardgasnetwerk

Wanneer gebouwen van het aardgas af gaan, wordt de warmtevraag verzorgd door andere warmtebronnen. Een van deze bronnen is elektriciteit. Bij de inzet van elektrische warmtepompen, maar ook bij bijvoorbeeld aquathermie, komt een derde tot een vierde deel van de warmte uit elektriciteit. Om de 'elektrificatie' van de warmtevraag mogelijk te maken is in veel gevallen uitbreiding van de bestaande netinfrastructuur nodig. Het is belangrijk om de gewenste investeringen in de netinfrastructuur in beeld te hebben voor de RES. De netimpactanalyse van de regionale en landelijke netbeheerders biedt inzicht in dit vraagstuk.





## Verdieping warmtebronnen

De volgende pagina's gaan dieper in op de zes warmtebronnen. We gaan in op de warmtebron, de stand van zaken en ontwikkelingen in de markt. Onder het kopje criteria geven we een onderbouwing voor de hoofdtabel in deze factsheet.

Hier bespreken we de belangrijkste randvoorwaarden en criteria die noodzakelijk zijn voor de realisatie van de warmtebron. Tot slot hebben we in de factsheets verwijzingen opgenomen naar websites en rapportages waar meer informatie gevonden kan worden over de specifieke warmtebron.

[Restwarmte](#)  
(HT/MT/LT)

[Geothermie](#)

[Aquathermie](#)

[Biomassa](#)

[Groengas](#)

[Waterstof](#)



## Restwarmte

Bij veel processen in de industrie en bij koeling van bijvoorbeeld datacenters, komt warmte vrij. Deze warmte wordt niet altijd (volledig) benut en wordt dan restwarmte genoemd. Restwarmte wordt in veel gevallen geloosd op het oppervlaktewater of naar de lucht via rookgassen of verdamping via koeltorens. Restwarmte kan ook worden ingezet om water in een warmtenet te verwarmen. Een warmtenet brengt het warme water naar bebouwing, waar de warmte kan worden gebruikt voor het verwarmen van kassen, gebouwen en tapwater. Deze factsheet richt zich op de mogelijkheden van afgifte van restwarmte aan een warmtenet.

De restwarmte kan van verschillende temperatuurniveaus zijn. Dit heeft invloed op de toepassing van de warmte. In Nederland zijn op dit moment verschillende projecten gerealiseerd waarbij de industrie restwarmte afstaat aan een warmtenet. Uitwisseling van restwarmte tussen verschillende bedrijven wordt al veel gebruikt. Voor het gebruik van restwarmte uit bronnen met een lage temperatuur (<70 °C) worden de komende jaren pilots uitgevoerd. Bij restwarmteprojecten gaat het altijd om maatwerk. Naast de levering van restwarmte is er vaak een andere bron nodig die zorgt voor back-up en piekwarmte.

### Ontwikkelingen en relevantie

In 2017 was 5% van de woningen aangesloten op een warmtenet. In 2012 was dit nog 4,5%. Momenteel is een klein deel van de geleverde warmte aan warmtenetten restwarmte. Het overige deel is aftapwarmte, zie 'Vervolg ontwikkelingen'.

#### Er zijn verschillende temperatuurniveaus in restwarmtebronnen te onderscheiden:

Er zijn verschillende temperatuurniveaus in restwarmtebronnen te onderscheiden:

- **Temperatuurniveau: > 100°C** (in de vorm van stoom)
  - Bron: Industriële processen
  - Deze warmte kan direct worden gebruikt voor ruimteverwarming en tapwater, zonder dat een warmtepomp nodig is om de temperatuur te verhogen.
- **Temperatuurniveau: 70°C - 100°C**
  - Bron: Industriële processen
  - Kan direct worden ingezet, of temperatuur kan met een warmtepomp worden verhoogd voordat het wordt gebruikt. Hiervoor is elektriciteit nodig.
- **Temperatuurniveau: < 70 °C**
  - Bron: processen waarbij koeling nodig is, zoals datacenters, supermarkten en ijsbanen.
  - Temperatuurniveau van deze restwarmte is vaak minder dan 55 °C.
  - Alleen in nieuwbouw direct geschikt voor verwarming, warm tapwater moet via een warmtepomp worden gemaakt.
  - In overige woningen moet de temperatuur met warmtepompen worden verhoogd. Dit kan centraal of in elke woning afzonderlijk. Hiervoor is elektriciteit nodig.



## Criteria

- **Schaalgrootte:**
  - < 70°C: lokale bronnen, geschikt voor inzet binnen een gemeente.
  - > 70°C: geschikt voor bovengemeentelijke warmtenetten
- **Ruimtebeslag** (componenten):
  - Aanpassingen aan het industriële proces
  - Warmtewisselaar op locatie restwarmtebron
  - Aansluiting op warmtenet
  - Extra voorziening nodig voor piekbelasting.
- **Doorlooptijd:** een restwarmteproject is altijd maatwerk. Technisch is het vaak niet ingewikkeld, organisatorisch wel. De doorlooptijd is voornamelijk afhankelijk van het schaalniveau. Het aansluiten van een restwarmtebron op een bestaand warmtenet kost minimaal 2 jaar.
- **Investeringskosten:** 270 €/kW tot 880 €/kW (afhankelijk van temperatuur en toepassing)
- **Kostprijs:** 10 – 44 €/MWh
- **Continuïteit warmteafgifte:**
  - Veel restwarmtebronnen zijn eindig en het gebruik ervan kan gezien worden als overgangsfase naar andere duurzame energiedragers.
  - Er moet gezorgd worden voor back-upopties, voor het geval de bron verdwijnt of stilligt, daarom is het verstandig om gebruik te maken van meerdere bronnen op één warmtenet.
- **Locatie:**
  - Restwarmte bevindt zich op plekken met industrie of bedrijven die koeling nodig hebben.
    - Locaties hiervan zijn te vinden in de [Warmteatlas](#).
  - Er is aanvullend, lokaal onderzoek nodig om alle bronnen en hun geschiktheid te bepalen.
  - Restwarmtewinning vindt bij voorkeur plaats in de buurt van dichtbebouwd gebied. Transportleiding van een HT-net (> 70 °C) kunnen tientallen kilometers lang zijn, maar voor LT- en MT-warmte is dit minder geschikt.
- **Piekvoorziening:** het aanbod van restwarmte is vaak vrij constant over het jaar heen, maar de vraag naar warmte bestaat vooral in de winter. Meestal wordt een andere warmtebron, vaak een gasketel, gebruikt voor de momenten dat restwarmte niet in de vraag kan voorzien. Vraag en aanbod van warmte kunnen ook in balans gebracht worden door opslag van warmte in de ondergrond.

## Vervolg ontwikkelingen en relevantie

Een bedrijf dat restwarmte levert wil vaak geen investeringen doen in een warmtenet of in reservecapaciteit voor als het bedrijf stilligt voor bijvoorbeeld onderhoud.

Met slim systeemontwerp kunnen warmtenetten van verschillende temperatuurniveaus op elkaar worden aangesloten. Zo kan retourwarmte van een HT-warmtenet gebruikt worden voor een LT-warmtenet.

Restwarmte is CO<sub>2</sub>-vrij, voor het produceren ervan is immers geen extra energie nodig. De primaire energie wordt wel vaak opgewekt met fossiele brandstof. Wanneer een warmtepomp wordt ingezet om de temperatuur van de beschikbare restwarmte te verhogen, is de CO<sub>2</sub>-uitstoot gelijk aan die van de elektriciteit die nodig is.

Naast restwarmte is er ook aftapwarmte. Dit is warmte uit bijvoorbeeld een afvalverbrandingsinstallatie of energiecentrale. Bij aftapwarmte wordt bewust extra energie gebruikt voor de productie van de warmte. Deze warmte is dus niet CO<sub>2</sub>-vrij.

## Meer lezen?

**Algemene informatie restwarmte:**  
Factsheet restwarmte ECW

**Stand van zaken restwarmte:**  
Restwarmte: de stand van zaken

**Verkenningen restwarmte Rijkswaterstaat:**  
Verkenning warmtelozingen en duurzaam hergebruik restwarmte

**Beschikbaarheid van restwarmte:** [www.warmteatlas.nl](http://www.warmteatlas.nl)

**Restwarmte uit datacenters:**  
<https://www.rvo.nl/ndernemen/duurzame-energie-opwekken/restwarmte/restwarmte-datacenters>

**Algemene informatie LT-warmtenet:**  
Factsheet LT-warmtenet

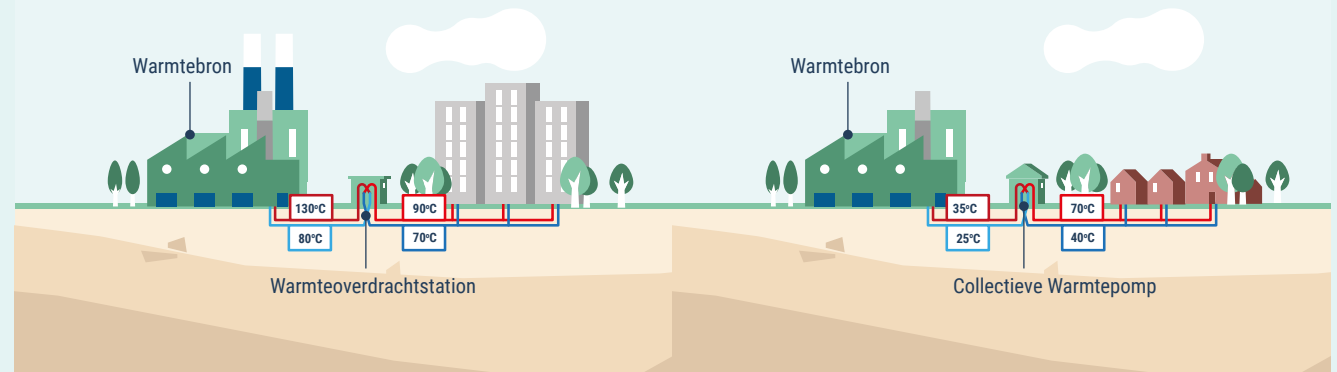
**Algemene informatie HT-warmtenet:**  
Factsheet HT-warmtenet



## Voorbeeld: Restwarmte

Inzet van restwarmte  
bij middentemperatuur warmtenetten

Inzet van restwarmte met een lagere temperatuur  
bij middentemperatuur warmtenetten





## Geothermie

In de bodem is warmte opgeslagen: hoe dieper je gaat, hoe warmer het wordt. Geothermie, ook wel aardwarmte genoemd, is het gebruik van deze warmte uit de diepe ondergrond (vanaf 500 meter diepte). Het benutten van warmte (en koude) uit de ondiepe ondergrond (tot 500 meter diepte) wordt bodemenergie genoemd. Bodemenergie kan benut worden met bodemenergiesystemen, zoals een bodemwarmtepomp en een warmtekoudeopslagsysteem (WKO-net). Het ECW heeft een [factsheet opgesteld over bodemenergie/WKO](#) die hier verder op in gaat.

Om de warmte uit de diepe ondergrond te benutten moeten twee putten worden geboord: de productieput en de injectieput. De productieput pompt het warme water omhoog. Vervolgens wordt de warmte via een warmtewisselaar afgegeven aan een warmtenet. Het afgekoelde water wordt via de injectieput terug naar dezelfde aardlaag gepompt. Hoe dieper de boring, hoe hoger de temperatuur van het water, en hoe hoger de kosten van de boring. Geothermie is alleen mogelijk op locaties waar voldoende potentie is in de ondergrond. Daarnaast bepaalt de diepte van de boring de temperatuur van het water: op 1 kilometer is de temperatuur ongeveer [40 °C, op 2 kilometer diepte ca. 70 °C](#). Hoeveel woningen verwarmd kunnen worden hangt af van de potentie van de ondergrond en de diepte van de boring. Een gemiddelde put van 15 MW kan ongeveer [7.500 huizen verwarmen](#).

Een geothermieput levert het hele jaar door warmte, deze kan dus niet 'aan' of 'uit' gezet worden. Vandaar dat er altijd een back-upinstallatie nodig is om de piekwarmtevraag in koudere periodes te leveren. Er zijn momenteel [circa 25 geothermieputten](#) in Nederland, die vooral gebruikt worden voor het verwarmen van glastuinbouw.

### Ontwikkelingen

Huidige stand geothermie: momenteel zijn er in Nederland circa 25 putten (samen leveren deze 3,5 PJ), voornamelijk voor verwarmen van de glastuinbouw. Op dit moment zijn er nog geen bronnen die primair worden gebruikt voor het verwarmen van woningen.

De potentie van geothermie is groot: naar verwachting kan de productie opgeschaald worden naar 50 PJ in 2030 en zelfs tot 200 PJ in 2050. Dit komt overeen met de warmtevraag van ongeveer 3,8 miljoen gebouwen. De potentie is niet overal bekend. Deze zogenaamde '[Witte vlekken](#)' zijn in kaart gebracht door TNO. Momenteel wordt met het [SCAN-project](#) in kaart gebracht waar de beste kansen zijn om aardwarmte te benutten.

Opschalen naar de gebouwde omgeving is een uitdaging, maar wordt onderzocht in diverse projecten waaronder de [Innovatie Roadmap Geothermie Nederland](#). Het [Masterplan Aardwarmte](#) geeft aan welke innovaties en verbeteringen nodig zijn zodat geothermie een groot aandeel van de warmtevraag kan invullen. Daarnaast is recentelijk een speciaal [testcentrum](#) geopend waarin projecten getest kunnen worden.

Ultradiepe geothermie (> 4km), levert warmte van > 120 °C. Hiermee kan ook stoom en elektriciteit worden geproduceerd. Er zijn geen werkende bronnen in Nederland. Een [Green Deal](#) wil de realisatie hiervan versnellen. De eerste bron wordt over enkele jaren verwacht.

### Criteria

#### Criteria voor het realiseren van een geothermieboring op 2-4 km diepte:

- Vergunning valt onder Mijnbouwwet
- Potentie in de ondergrond (Thermogis) > 7 MW
  - Voor concrete projecten is altijd aanvullend onderzoek nodig.
- Voldoende warmtevraag nodig (ca 4.000 woningen)
- Ruimte voor boring: ongeveer één voetbalveld, met tijdelijk een toren van ca. 50 m hoog. Uiteindelijk resteert enkel een gebouw voor de pompen (ca. 100 m<sup>2</sup>)
- Doorlooptijd: 3-4 jaar. Hierbij is er vanuit gegaan dat de warmtevraag is geregeld. Als dit is geregeld, is de vergunningverlening een belangrijke factor, maar ook wachttijd op een boortoren en de boring zelf.
- Uitgebreid geologisch onderzoek is nodig voor de boring van start kan gaan. Een belangrijk onderdeel hiervan is de risicoanalyse op o.a. de kans op trillingen in de ondergrond en de kwaliteit van de bodem en het grondwater.

### Meer lezen?

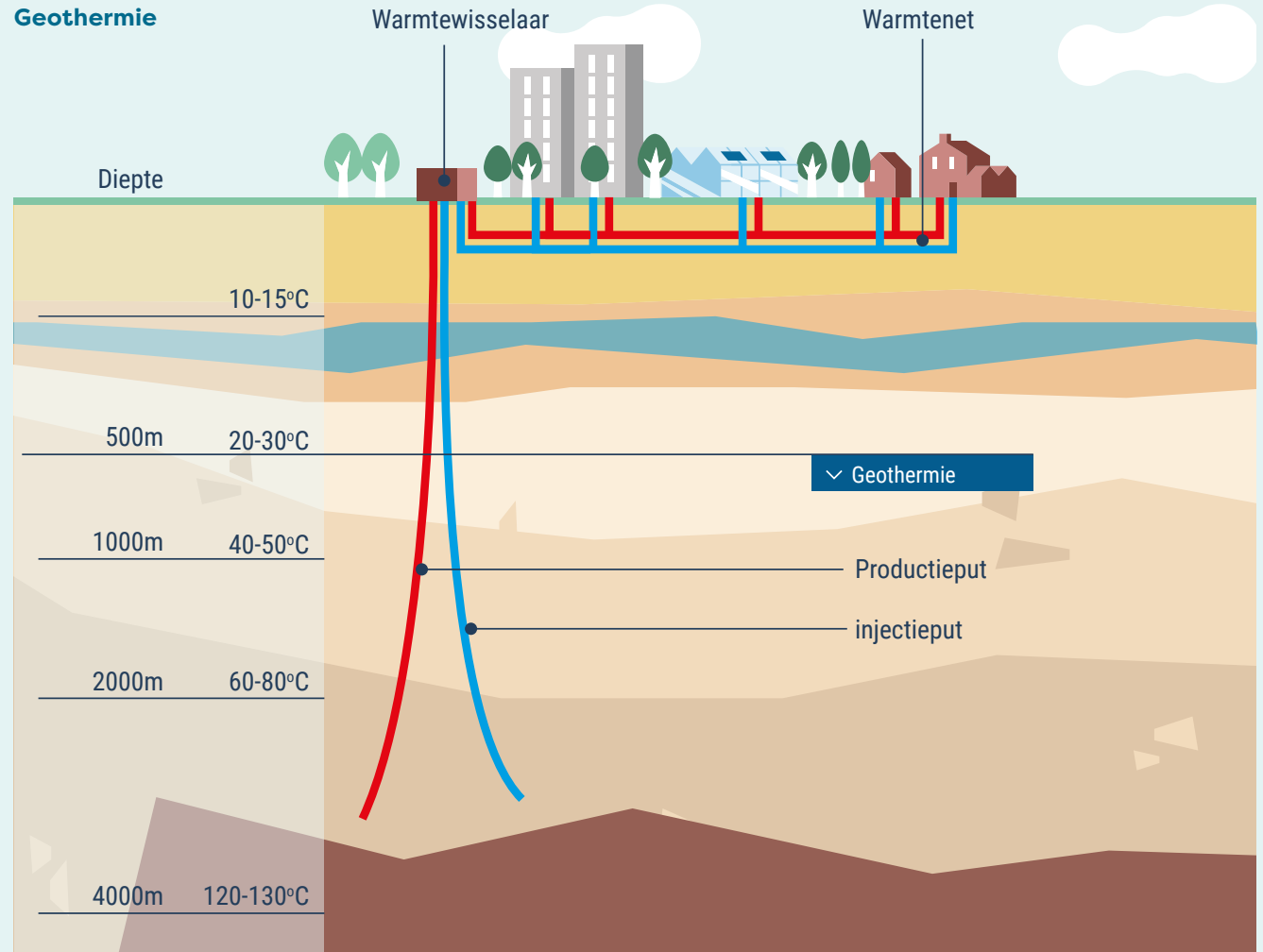
Zie de factsheet geothermie van het ECW:  
[www.expertisecentrumwarmte.nl](http://www.expertisecentrumwarmte.nl)

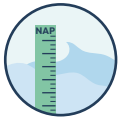
Technische uitleg en aandacht voor de wet-  
 en regelgeving: <https://hoewerkaardwarmte.nl/>

Algemene informatie geothermie / sectororganisatie:  
[www.geothermie.nl](http://www.geothermie.nl)

Informatie over ondergrond voor geothermie  
 en de geschiktheid om warmte te winnen: : [ThermoGIS](#)  
 of [de Warmteatlas](#)

### Voorbeeld: Geothermie





## Aquathermie

Nederland is een waterrijk land, zowel aan de oppervlakte als in de bodem. Aquathermie is de benutting van de warmte én koude uit oppervlaktewater, afvalwater of drinkwater. De warmte of koude kan rechtstreeks benut worden of worden opgeslagen voor gebruik op een later moment. De bodem speelt hierin een centrale rol als buffer. Zo kan de warmte in de zomer worden gewonnen en opgeslagen, en in de winter weer gebruikt worden. Dit principe werkt tegenovergesteld voor koude. Verschillende mogelijkheden van opslag zijn mogelijk, waaronder opslag in de bodem zoals [warmte- en koudeopslag \(WKO\)](#), hoge- of midden temperatuur opslag (HTO/MTO), of een buffervat.

Warmte die gewonnen wordt moet opgevaardeerd worden om tot de gewenste temperatuur te komen. Dit kan centraal met een collectieve warmtepomp, of met een individuele warmtepomp. Er moet dus energie worden toegevoegd, in de vorm van elektriciteit. In beide gevallen wordt de warmte (of koude) via een warmtenet getransporteerd naar de huizen. Dit kan zowel met een lagetemperatuurnet (LT-net) en een middentemperatuurnet (MT-net). Een LT-net is alleen geschikt voor gebouwen die goed geïsoleerd zijn, voor bestaande bouw is een MT-net vaak geschikter (zie ook de Facts & Figures). Aangezien het aanleggen van buizen in de grond kostbaar is, is het van belang dat de bron van aquathermie dicht bij de gebruikers ligt. Dit varieert [van enkele honderden meters bij kleine projecten tot maximaal enkele kilometers](#).

Aquathermie heeft de potentie om een [aanzienlijke bijdrage](#) te leveren in de energietransitie van de gebouwde omgeving. In het [Netwerk Aquathermie](#) werken verschillende partijen samen om de benutting van aquathermie in de gebouwde omgeving te bevorderen. In Nederland zijn momenteel zo'n [65](#) toepassingen gerealiseerd.

### Ontwikkelingen

Verschillende studies hebben de potentie van aquathermie voor het invullen van de warmtevraag in Nederland onderzocht. Belangrijk hierbij is het verschil tussen technische potentie (waar het mogelijk is) en economische potentie (waar het mogelijk en dichtbij voldoende warmtevraag is).

[Het economische potentieel is:](#)

- **TEO:** 150 PJ per jaar (ongeveer 40% van de warmtevraag)
- **TEA:** 56 PJ per jaar
- **TED:** 4-6 PJ per jaar

Vanuit de [Green Deal Aquathermie](#) en van daaruit het [Netwerk Aquathermie](#) wordt gewerkt om deze potentie beter te benutten. Momenteel zijn er nog weinig projecten die bestaande woningen van warmte voorzien. Ook partijen als waterschappen en drinkwaterbedrijven zijn ook bezig om kennis en ervaring op gebied van aquathermie uit te breiden.

Door warmte uit oppervlaktewater te onttrekken kan de waterkwaliteit in de zomer verbeteren.

Innovaties gebeuren vooral op het terrein van de warmtepomp: een hoger rendement betekent dat er minder elektriciteit nodig is om de warmte naar de juiste temperatuur te krijgen. Innovaties bestaan ook op het terrein van opslag van hogere temperaturen (HTO), integratie met andere warmtebronnen, en de verduurzaming van de piekvoorziening (is nu vaak nog aardgas).

Meer ervaring is nodig om warmtenetten, met name lagetemperatuurnetten, op een kostenefficiëntere manier aan te leggen, en toepassing hiervan in de (bestaande) gebouwde omgeving.

### Criteria

**Criteria voor warmte uit oppervlaktewater, afvalwater of drinkwater op lage temperaturen:**

- Voor de opslag van warmte in de bodem moet de bodem geschikt zijn. De [WKO-bodemenergietool](#) geeft hier een eerste verkenning in
- Voor vergunningaanvragen en ontwerp/haalbaarheidsstudies is aanvullend onderzoek nodig.
- Vergunning nodig van waterbeheerder
- Afstand tot warmtebron: hoe dichter bij de warmtebron hoe beter, voor een grote bron [maximaal 5 km](#)
- Voldoende warmtevraag: per buurt > [2.000 GJ](#)
- Warmtevraag dichtheid: > [600 GJ/ha](#)
- (dit zijn ongeveer [20 woningen per ha](#))
- Woningen moeten voldoende geïsoleerd zijn voor een MT- of LT-warmtenet.
- Voldoende ruimte op het elektriciteitsnet, met name bij individuele opwaardering (bij een LT-net)
- Investeringskosten: [1000-2000 €/kW](#) (hoe groter het project, hoe lager de investeringskosten)
- Ruimtegebruik: aanleg van opslagsysteem (meestal grotendeels ondergronds) en warmtepomp.



### Meer lezen?

Factsheets over [aquathermie & bodemenergie](#) /WKO van ECW

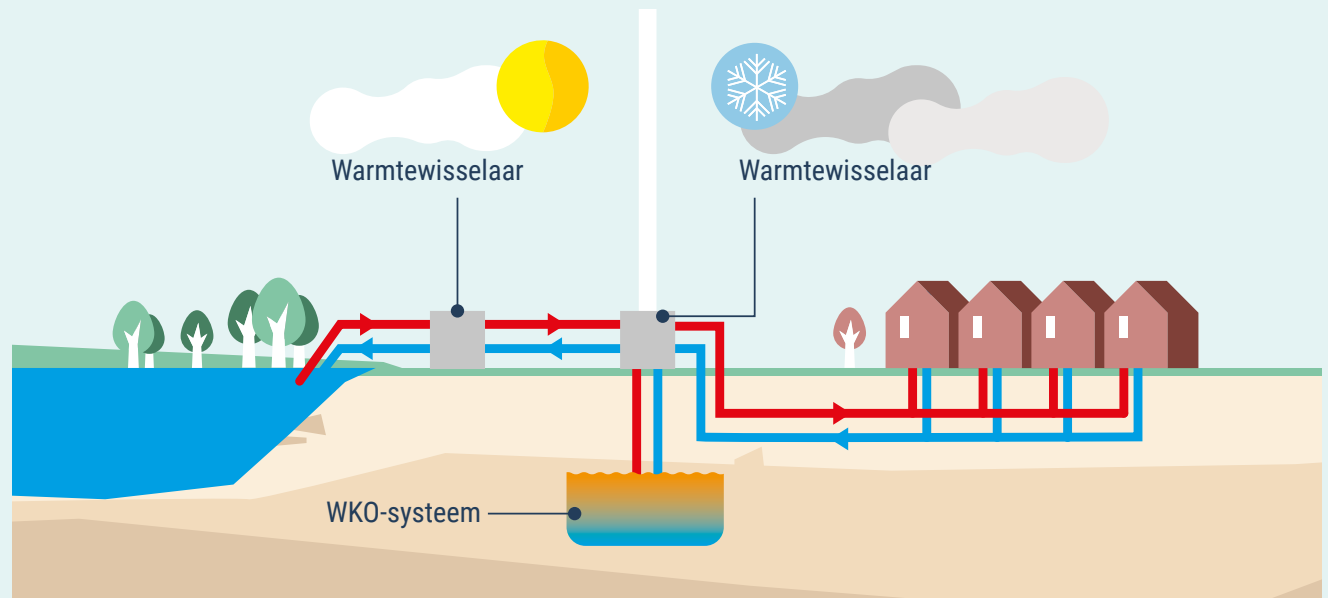
[Netwerk Aquathermie:](#)

Unie van Waterschappen: <https://www.uvw.nl/thema/duurzaamheid/thermische-energie/>

[Handreiking aquathermie](#) van STOWA (kenniscentrum van de regionale waterbeheerders in Nederland) en informatiepagina's over [TEO](#) en [TEA](#)

Overzicht [praktijk](#) Aquathermie

### Voorbeeld: Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)



Lagere temperatuur water en extra zuurstofopname.  
Verkoeling in stedelijke gebieden

Verbeterde waterkwaliteit

- minder kans op blauwalg
- minder kans op botulisme
- minder drijfzand

**In de zomer** wordt de warmte uit aquathermie opgeslagen in het WKO-systeem.

**In de winter** wordt de opgeslagen warmte in het WKO-systeem gebruikt om een laagtemperatuur warmtenet te voeden en daarmee woningen te verwarmen.





## Biomassa

Biomassa is een stabiele en flexibele warmtebron. Het kan in groengas worden omgezet (zie de uitwerking '[Groengas](#)'), maar het kan ook direct in warmte worden omgezet in een warmtecentrale (ketel). De warmte wordt geleverd aan een warmtenet. Een ketel kan dienen als basisproductie-eenheid of als pieklastvoorziening. Kleinere ketels kunnen een wijk of flat verwarmen. De temperatuur van de geleverde warmte is hetzelfde als bij een cv-ketel, waardoor radiatoren in gebouwen niet hoeven worden aangepast. Een andere optie is de verbranding van vaste biomassa in kachels en ketels in woningen. Uitstoot van fijnstof is hierbij een punt van aandacht, maar kan bij nieuwe kachels en ketels met filters en katalysatoren worden beperkt. Momenteel levert biomassa bijna 6% van de warmtevraag in Nederland en draaien meerdere warmtenetten op biomassa.

Er bestaan veel verschillende typen biomassa. Niet alle typen zijn duurzaam. De beschikbaarheid van duurzame biomassa is beperkt. [Zie hierover de uitwerking 'Biomassa' in de factsheet Elektriciteit.](#)

### Ontwikkelingen

Biomassa heeft een 'bovengemeentelijke' potentie, omdat warmtenetten een regionale reikwijdte kunnen hebben en biomassa naar andere regio's kan worden vervoerd. Er wordt een toename van gebruik van biomassa voor warmtelevering aan warmtenetten verwacht, op de lange termijn vooral als pieklast en op de korte termijn ook als basislast.

De beschikbaarheid van reststromen uit Nederland is beperkt en zal veel voor hoogwaardigere toepassingen worden ingezet, bijv. als grondstof in de chemische industrie. Importeren van houtpellets en andere biomassa is ook mogelijk, maar dan moet gecontroleerd worden of aan de duurzaamheidseisen wordt voldaan.

De realisatie van nieuwe bioketels kan tot weerstand bij omwonenden leiden. Meestal gaat dit om zorgen over duurzaamheid en de luchtkwaliteit. De bioketels moeten echter aan strenge uitstooteisen voldoen.

Voorbeeld: Een bioketel en twee hulpketels produceren warmte uit houtsnippers voor het warmtenet in Purmerend. De bioketel heeft een capaciteit van 44 MWth en verstoekt jaarlijks 100.000 ton aan houtsnippers. Deze zijn een bijproduct van natuur- en landschapsbeheer.

### Criteria

Criteria voor het plaatsen van een pieklastketel op biomassa voor een warmtenet:

- Schaalgrootte bioketel voor warmtenet: 1-100 MWth\*
- Ruimtegebruik: afhankelijk van schaal en locatie
- Doorlooptijd: 1-2 jaar
- Investeringskosten: 200-700 €/kWth\*
- Productiekosten warmte: [37-120 €/MWh](#)

\* inschatting door CE Delft

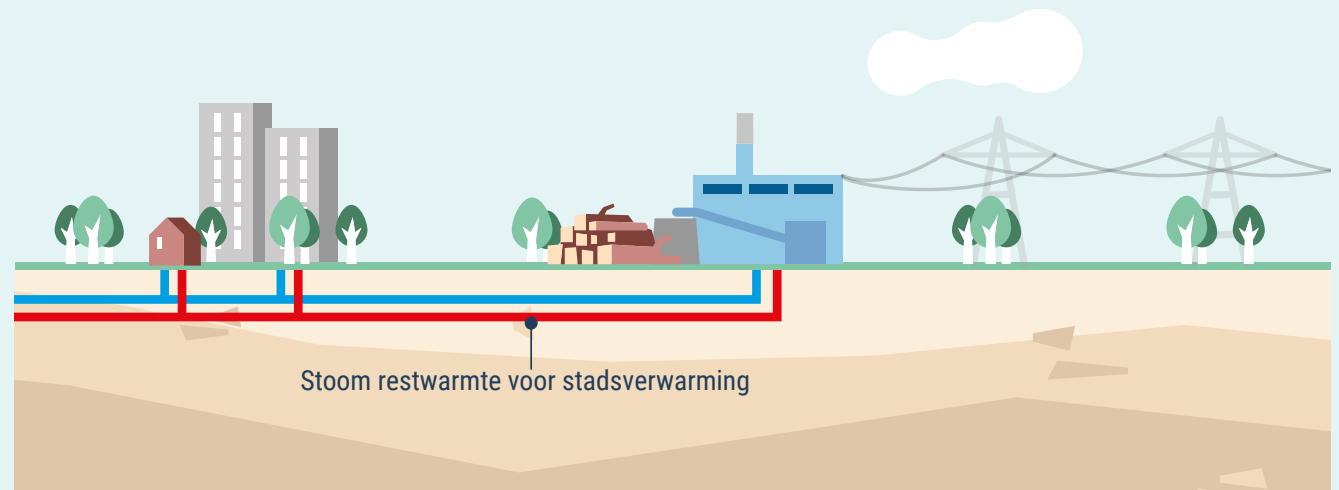
### Meer lezen?

Zie de [Factsheet bio-energie](#) voor collectieve verwarming van het ECW

Website over Biobased Economy :  
<https://biobasedeconomy.nl/>



### Voorbeeld: Biomassa (warmte)





## Groengas

Groengas is geen energiebron, maar een energiedrager, en kan worden geproduceerd uit allerlei soorten biomassa. Groengas heeft dezelfde samenstelling en kwaliteit als aardgas en kan daarom in het aardgasnet worden geïnjecteerd. Het kan ook in piekketels worden verbrand om warmte te produceren voor warmtenetten. Biomassa kan in vergisters worden omgezet in biogas en worden opgewaardeerd tot groengas. Het kan ook via superkritische vergassing en methanisering tot groengas worden verwerkt. Bij vergisting resteert een deel van de biomassa als digestaat, dat als meststof kan worden gebruikt. Vergassing heeft een hogere groengasopbrengst dan vergisting, maar moet de stap naar marktintroductie nog voltooien. Voor gebouwenverwarming met groengas kan een conventionele cv-ketel of een hybride warmtepomp worden gebruikt. Een hybride warmtepomp is een combinatie van een cv-ketel en een elektrische warmtepomp, waardoor veel minder gas benodigd is. De nationale groengasproductie in 2019 was ca. 180 miljoen m<sup>3</sup> (minder dan 0,5% van het nationale aardgasverbruik). Hiermee kunnen zo'n 130.000 huishoudens worden voorzien.

Er bestaan veel verschillende typen biomassa. Niet alle typen zijn even duurzaam. Daarnaast is de beschikbaarheid van duurzame biomassa beperkt. Zie de factsheet 'Biomassa (elektriciteit)'.

### Ontwikkelingen

Het kabinet ziet groengas als sluitstuk in de energietransitie en streeft naar een doelmatige en hoogwaardige inzet van groengas (Routekaart Groen Gas). Tussen nu en 2050 zal een grote vraag ontstaan naar groengas en biomassa vanuit de chemische industrie (als grondstof) en voor de mobiliteitssector, waarvoor de beschikbaarheid voor gebouwenverwarming afneemt. Groengas is met name een optie voor gebouwen waarvoor geen betaalbare alternatieve verduurzamingstechnieken beschikbaar komen.

De groengassector heeft de ambitie om 2 miljard m<sup>3</sup> groengas te produceren in 2030. Technisch is dit haalbaar: er zijn voldoende biomassa-reststromen in Nederland en (superkritische) vergassing en mestvergisting kunnen grote bijdragen leveren. Echter, groengasinstallaties zijn momenteel niet rendabel zonder SDE+-subsidie en er moeten nog veel installaties worden gerealiseerd om de ambitie te halen.

Lokaal geproduceerd groengas is niet per se lokaal beschikbaar: als het in het gasnet wordt geïnjecteerd, kan het nationaal worden verhandeld dankzij het systeem van garanties van oorsprong.

### Criteria

Criteria voor de plaatsing van een conventionele vergister in combinatie met opwaarderingsinstallatie:

- Schaalgrootte vergister: 0,2-40 MWoutput
- Ruimtegebruik: voor een vergister van 10 MW is ca. 0,5-2 ha nodig
- Doorlooptijd: enkele jaren (afhankelijk van schaal, locatie en type vergister)
- Investeringskosten grote vergister met opwaarderingsinstallatie: 1.000-2.000 €/kWoutput\*
- Productiekosten groengas: 40-70 €/MWh
- Schaalgrootte vergasser: 15-350 MWoutput\*

\* inschatting door CE Delft

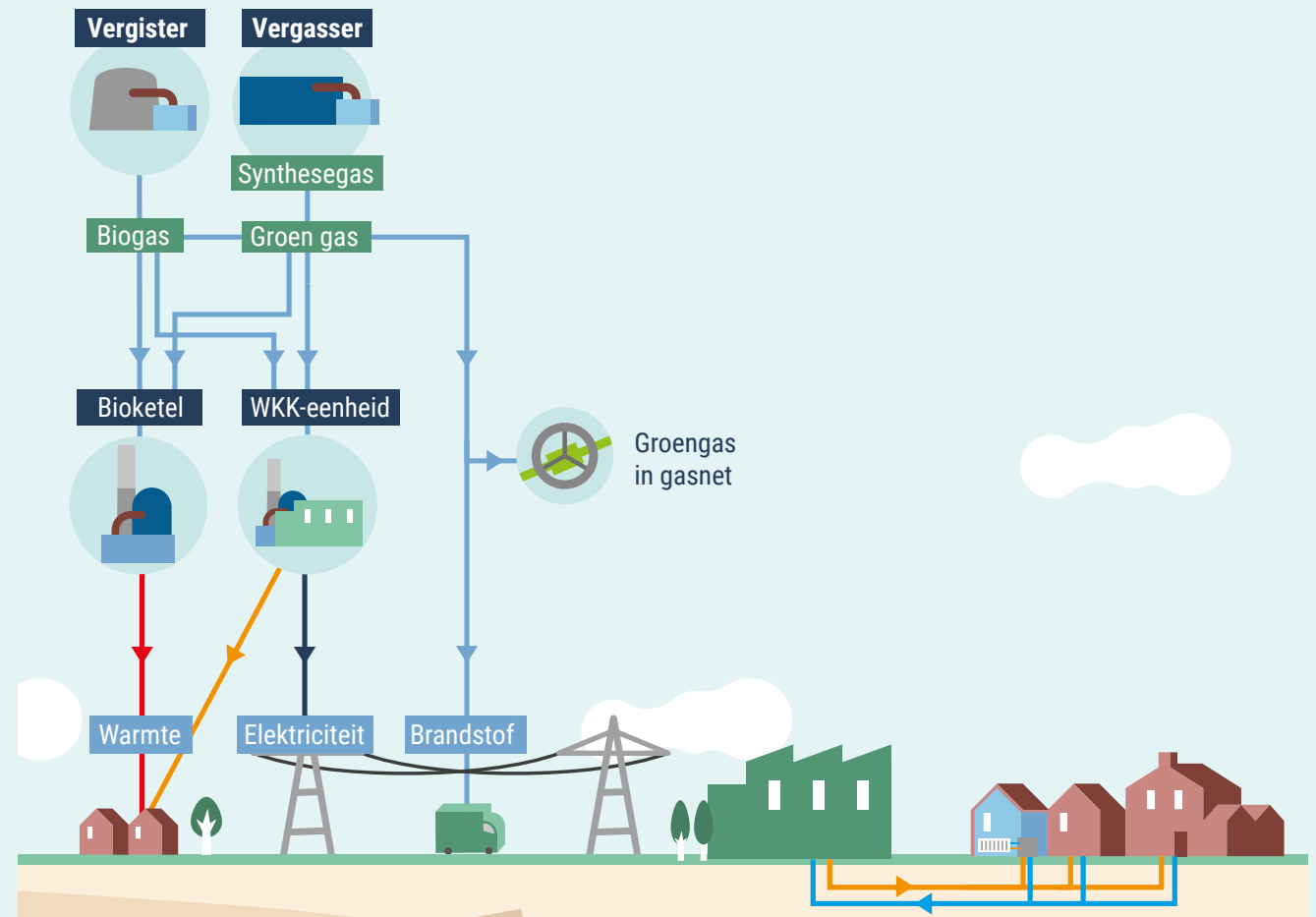
## Meer lezen?

[Routekaart Groen Gas](#)

Zie voor meer informatie over de inzet van groengas in de gebouwde omgeving [de Factsheet groengas](#) van het ECW.

Zie [deze rapportage](#) voor een inventarisatie van het potentieel van lokale biomassa en groengas in Nederland

Voorbeeld:  
**Groen Gas**





## Waterstof

Waterstof is geen energiebron, maar een energiedrager. Waterstof kan met verschillende productiemethoden en energiebronnen worden gemaakt. Afhankelijk van bron en methode spreken we van grijze, blauwe of groene waterstof ([zie de uitwerking 'Waterstof' in de factsheet Elektriciteit](#)). Waterstof kan op verschillende manieren worden gebruikt voor de warmtevoorziening. In een basislast- of piekkelletel wordt waterstof verbrand en wordt de vrijkomende warmte in een warmtenet gevoed. Waterstof kan ook aan huishoudens en bedrijven worden geleverd via het aardgasnet. Er zijn verschillende technieken waarmee waterstof in warmte kan worden omgezet: de waterstof-cv-ketel, de katalytische boiler en de brandstofcel. Ook kan waterstof worden gebruikt in een hybride warmtepomp. Dit is een combinatie van een cv-ketel en een elektrische warmtepomp, waardoor veel minder gas nodig is. Het gebruik van waterstof in huizen is in principe niet minder veilig dan aardgas, maar heeft verder onderzoek en nieuwe regels. Er zijn nog veel onzekerheden over het prijsniveau van waterstof en de beschikbaarheid voor de gebouwde omgeving. Daarom wordt waterstof bij voorkeur gebruikt in buurten waar geen alternatief mogelijk is, om in de warmtepiekvraag te voorzien bij warmtenetten (ter ondersteuning van andere warmtebronnen) en ter ondersteuning van elektrische warmtepompen bij bedrijven en huishoudens.

### Ontwikkelingen

Het Klimaatakkoord heeft de ambitie om 3-4 GW aan elektrolysecapaciteit te hebben gerealiseerd in 2030. Hiermee kan ca. 33-44 PJ groene waterstof worden geproduceerd, wat gelijk staat aan 2,4% van het huidige nationale aardgasverbruik. Naar verwachting is de productie van blauwe en groene waterstof in 2030 nog veel te laag om een rol spelen in de warmtetransitie. Verder is de kostprijs van groene waterstof in 2030 nog te hoog om concurrerend te zijn met aardgas..

Bijmenging van waterstof in het bestaande aardgasnet zonder dat aanpassingen aan infrastructuur of cv-ketels nodig zijn, kan tot ca. **20%**. Levering van 100% waterstof aan gebouwen vereist beperkte aanpassingen aan de aardgasinfrastructuur en de vervanging van cv-ketels. Als het aardgasnetwerk niet kan worden benut, is de aanleg van nieuwe waterstofleidingen een (duurder) alternatief.

De huishoudelijke warmtetechnieken op waterstof komen net op de markt en zijn nog niet volledig ontwikkeld. Brandstofcellen zijn nog veel te duur, maar produceren ook elektriciteit. De waterstof-cv-ketel is qua techniek vergelijkbaar met de cv-ketel op aardgas. Pilots met waterstof in de gebouwde omgeving zijn kleinschalig of nog in ontwikkeling. Er zijn dan ook nog veel onzekerheden.

### Criteria

Criteria voor de plaatsing van een pieklastketel op waterstof voor een warmtenet:

- Schaalgrootte waterstofketel voor warmtenet: 1-100 MWth\*
- Ruimtegebruik: onbekend
- Doorlooptijd: enkele jaren (afhankelijk van schaal en locatie)
- Investeringskosten: 200-900 €/kWth\*
- Productiekosten warmte uit waterstof: onbekend
- Aanschafkosten waterstof-cv-ketel: **1.500-2.000 €**

\* inschatting door CE Delft

## Meer lezen?

Bekijk de [Kabinetsvisie waterstof](#)

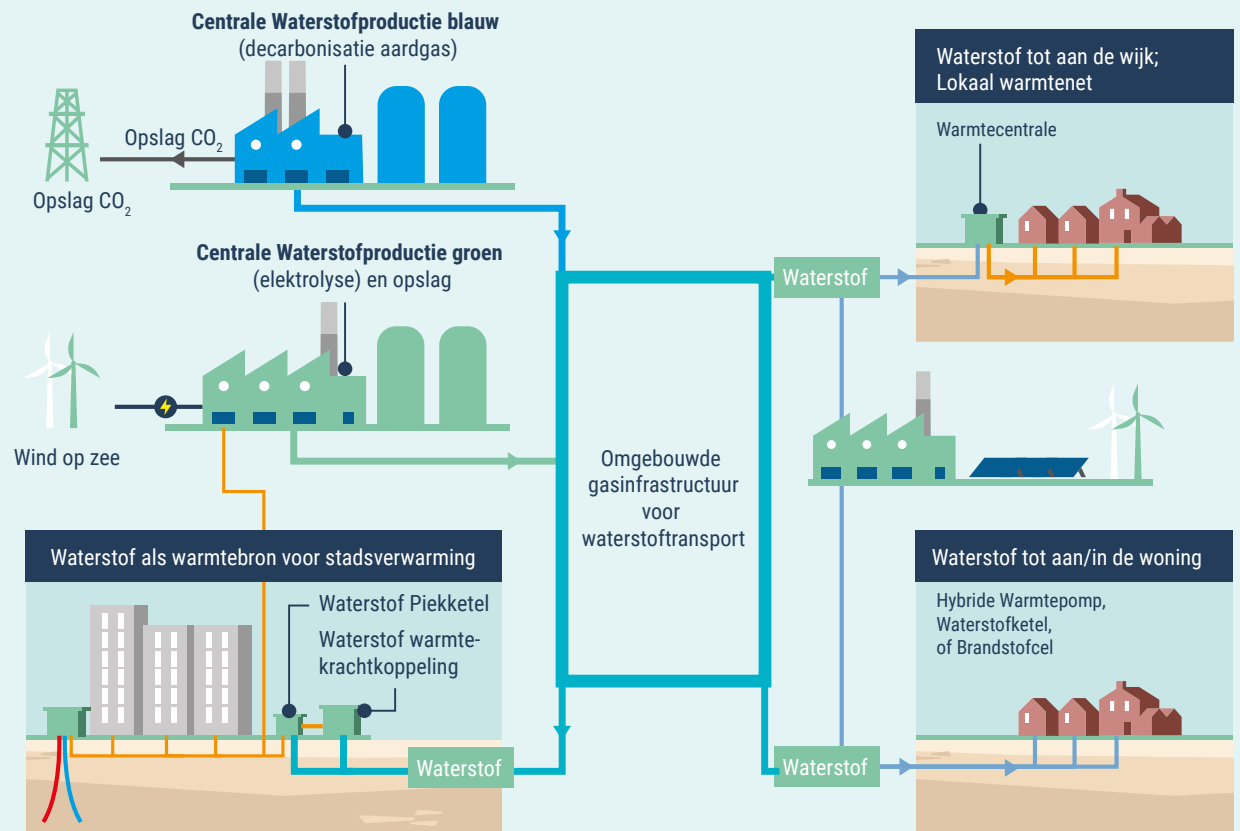
Zie voor meer informatie voor de inzet van groengas in de gebouwde omgeving de [Factsheet waterstof van het ECW](#)

Berenschot heeft de potentie van [waterstof voor warmtenetten](#) onderzocht

Zie de volgende rapporten voor achtergrondinformatie over de inzet van waterstof in de gebouwde omgeving

- Kennisdocument CE Delft
- Rapport TNO
- Working paper Stedin

## Voorbeeld: Waterstof



## Uitleg Criteria

### Bijdrage aan de doelen in de RES

Kan de warmtebron bijdragen aan bovenregionale warmte-uitwisseling voor 2030?

### Bijdrage aan CO<sub>2</sub>-reductie 2050

Los van de RES-doelstelling: kan de warmtebron bijdragen aan het doel van een CO<sub>2</sub>-neutrale energievoorziening in 2050?

### Technische realisatie voor 2030

Is het technisch mogelijk om een project met deze warmtebron uiterlijk in 2030 te realiseren als nu gestart wordt?

### Aandachtspunten

Wat zijn de maatschappelijke discussies die gevoerd worden over deze warmtebron? Wij gaan hierbij niet in op de feiten in deze discussies, en of de argumenten gegrond zijn. In de nadere uitwerking per energiebron staat de feitelijke informatie.

### Doorlooptijd projectontwikkeling

Wat is de gemiddelde doorlooptijd van een project totdat het project operationeel is? Hierbij wordt enkel gekeken naar de realisatie van de warmtevoorziening, en niet de realisatie van het benodigde warmtenet. Dit laatste duurt meerdere jaren.

### Kosten

Wat zijn de kosten van deze warmtebron? Om een objectieve vergelijking te geven, is de prijs van energie uit een warmtebron uitgedrukt in een prijs per megawattuur (MWh). Dit heet de levelised cost of energy (LCOE). Het zijn de totale kosten over de levensduur van het project gedeeld door de hoeveelheid geproduceerde energie. Dit is tevens de minimale prijs per MWh die nodig is om de installatie te bouwen en energie te produceren, inclusief de kosten benodigd voor onderhoud en personeel. Hier zitten dus niet de kosten van het warmtenet in, alleen de kosten van de bron die het warmtenet voedt. Ter referentie, de gemiddelde prijs van aardgas in 2019 was [14.1 €/MWh](#).

### Ruimtelijke impact

Verschillende technieken hebben een verschillende ruimtelijk impact. We geven het ruimtebeslag weer van de centrale of installatie die nodig is om warmte te produceren. Er is hierbij niet gekeken naar de ruimtelijke impact van materiaalgebruik, grondstoffenwinning, warmtenet et cetera). Voor meer informatie over energiedichtheid: zie het boek [Energie en Ruimte](#).

### Bijdrage aan bovengemeentelijke warmte-uitwisseling

De focus in de RES ligt op die warmtebronnen die een bijdrage kunnen leveren aan de bovengemeentelijke warmteopgave. Wij geven aan in hoeverre de warmtebron hier een bijdrage aan kan leveren.

# Begrippenlijst

## Maattermen

<b>kilo</b>	duizend, 1.000 ( $10^3$ )
<b>Mega</b>	miljoen, 1.000.000 ( $10^6$ )
<b>Giga</b>	miljard, 1.000.000.000 ( $10^9$ )
<b>Tera</b>	biljoen, 1.000.000.000.000 ( $10^{12}$ )
<b>Peta</b>	biljard, 1.000.000.000.000.000 ( $10^{15}$ )
<b>ha</b>	hectare, oppervlak van 100 x 100 meter

## Vermogen

<b>W</b>	Watt: maat voor vermogen om energie te leveren
<b>kW</b>	kilowatt: 10 <sup>3</sup> Watt aan vermogen
<b>MW</b>	megawatt: 10 <sup>6</sup> Watt aan vermogen
<b>GW</b>	gigawatt: 10 <sup>9</sup> Watt aan vermogen
<b>MWe, GWe</b>	megawatt of gigawatt vermogen specifiek aan de elektrische zijde van een installatie, bijvoorbeeld het outputvermogen van een centrale of het inputvermogen van een elektrolyser
<b>MW<sub>th</sub>, GW<sub>th</sub></b>	megawatt of gigawatt vermogen specifiek aan de thermische (warmte) zijde van een installatie
<b>kWp, MWp</b>	piekvermogen: het vermogen dat maximaal gehaald kan worden onder optimale omstandigheden.

## Energie

<b>J</b>	Joule: maat voor energie, 1 J = 1 W vermogen gedurende 1 seconde
<b>GJ</b>	gigajoule: 10 <sup>9</sup> Joule aan energie
<b>TJ</b>	terajoule: 10 <sup>12</sup> Joule aan energie
<b>PJ</b>	petajoule: 10 <sup>15</sup> Joule aan energie
<b>Wh</b>	Wattuur: maat voor energie, 1 Wh = 1 W vermogen gedurende 1 uur = 3.600 J
<b>kWh</b>	Kilowattuur: 10 <sup>3</sup> Wh aan energie
<b>MWh</b>	megawattuur: 10 <sup>6</sup> Wh aan energie
<b>GWh</b>	gigawattuur: 10 <sup>9</sup> Wh aan energie
<b>TWh</b>	terawattuur: 10 <sup>12</sup> Wh aan energie



## Begrippenlijst

<b>Aquathermie</b>	Aquathermie is de verzamelterm voor verwarmen en koelen (thermische energie) met water. Het gaat om warmte en koude uit oppervlaktewater (TEO), afvalwater (TEA), drinkwater (TED) en rioolwater (riothermie).	<b>Elektrolyse</b>	Een elektrochemisch proces waarbij waterstof wordt geproduceerd door elektriciteit door puur water te leiden. Het water wordt hierbij gesplitst in waterstof en zuurstof.	<b>Hybride warmte-pomp</b>	Een gecombineerde verwarmingsinstallatie waarbij naast een gasgestookte CV-ketel ook gebruik wordt gemaakt van een warmtepomp.
<b>Biogas</b>	Biogas is gas dat verkregen wordt bij de vergisting van organisch materiaal (biomassa). Het kan worden opgewerkt tot groengas, door middel van verwijdering van CO <sub>2</sub> en verontreinigende stoffen.	<b>Elektrolyser</b>	een installatie waarmee waterstof wordt geproduceerd door middel van elektrolyse.	<b>Lagetemperatuur (LT)</b>	In deze factsheet worden deze temperatuurniveaus gebruikt voor water voor een warmtenet met een temperatuur van 30-550 graden.
<b>Bio-massa</b>	Plantaardig en dierlijk (rest)materiaal, dat als grondstof kan worden gebruikt voor de productie van hernieuwbare energiedragers en direct als brandstof voor de productie van elektriciteit en warmte.	<b>Grijze waterstof</b>	Waterstof geproduceerd uit fossiele energie.	<b>Middentemperatuur (MT)</b>	In deze factsheet worden deze temperatuurniveaus gebruikt voor water voor een warmtenet met een temperatuur van 55-75 graden.
<b>Blauwe waterstof</b>	Waterstof geproduceerd uit fossiele energie met toepassing van CCS.	<b>Groene waterstof</b>	Waterstof geproduceerd uit hernieuwbare energie.	<b>Must-run centrale</b>	Een elektriciteitscentrale die niet zomaar afgeschakeld worden doordat er bijvoorbeeld ook warmte geleverd moet worden of de opstartkosten erg hoog zijn, zoals bij een kerncentrale.
<b>Brandstof-cel</b>	een brandstofcel zet waterstof of een ander gas direct om in elektriciteit en warmte door middel van een elektrochemische reactie.	<b>Groengas</b>	Gas gemaakt uit organisch materiaal (biomassa) met dezelfde samenstelling en hetzelfde kwaliteitsniveau als aardgas. Hierdoor kan het direct op het aardgasnet worden ingevoerd.	<b>Pellets</b>	Zie Houtpellets.
<b>CCS</b>	Carbon-capture and storage.	<b>Hogetemperatuur (HT)</b>	In deze factsheet worden deze temperatuurniveaus gebruikt voor water voor een warmtenet met een temperatuur van >75 graden.	<b>RES</b>	Regionale Energiestrategie.
		<b>Houtpellets</b>	Houtpellets zijn snippers hout of houtafval (zoals zaagsel), in de vorm van staafjes samengeperst. Zij kunnen worden verbrand om elektriciteit en warmte te produceren.	<b>Rest-warmte</b>	Restwarmte is warmte die vrijkomt bij een industrieel productieproces en daarbij niet meer economisch rendabel te gebruiken is. Zonder aansluiting op een warmtenet wordt deze warmte vaak geloosd.

<b>SDE++-subsidie</b>	subsidie Stimulering Duurzame Energie-opwekking.	<b>Warmtekrachtkoppeling (WKK)</b>	De gecombineerde productie en benutting van elektriciteit en warmte, bijvoorbeeld een gasturbine die elektriciteit produceert waarbij de restwarmte in een warmtenet wordt geleid.
<b>Synthesegas</b>	Synthesegas is gas dat verkregen wordt bij de vergassing van organisch materiaal (biomassa). Het bestaat voornamelijk uit waterstof en koolmonoxide en kan worden omgezet in groengas door middel van methanisering.	<b>Warmtenet</b>	Een warmtenet verbindt de warmtebron met de gebruiker van warmte.
<b>Super-kritische vergas-sing</b>	Superkritische (water)vergassing is een vorm van vergassing waarbij natte biomassa wordt opgelost in superkritisch water. Deze technologie is geschikt voor natte biomassastromen en kent een zeer hoog energierendement.	<b>Waterstof</b>	Waterstof is een gas. Bij verbranding van dit gas komt geen CO <sub>2</sub> vrij. Waterstof moet worden geproduceerd uit andere energiebronnen, zoals windenergie of aardgas. Zie ook: groene waterstof, blauwe waterstof, grijze waterstof.
<b>Vergas-sing</b>	Vergassing is een innovatieve technologie waarmee specifieke biomassastromen, zoals hout en mest, worden omgezet in synthesegas. Dit gas kan vervolgens in groengas worden omgezet.	<b>WKO</b>	Warmte-koude-opslag in de bodem. In de zomer wordt warmte uit water gewonnen en opgeslagen in een WKO. Deze warmte wordt in de winter gebruikt voor verwarming van gebouwen.
<b>Vergisting</b>	Techniek om organisch materiaal (biomassa) om te zetten in biogas.		
<b>Vollasturen</b>	Het aantal uren per jaar dat een elektriciteitsopwekker omgerekend op volledig vermogen draait. Dit wordt berekend als de jaarlijkse energieproductie gedeeld door het maximale vermogen. Twee uur op halve kracht telt dus ook als één vollastuur.		

Nationaal Programma  
**RES** Regionale  
Energie  
Strategie

[www.regionale-energiestrategie.nl](http://www.regionale-energiestrategie.nl)

### Factsheet Warmte

Deze factsheet is een publicatie van het **Nationaal Programma RES**, en is ontwikkeld in samenwerking met [CE Delft](#).

#### Versie

30 april 2020

Ontwerp

**Studio Duel, Den Haag**