



Gemeente
Haarlem

Duurzame warmtebronnen Haarlem



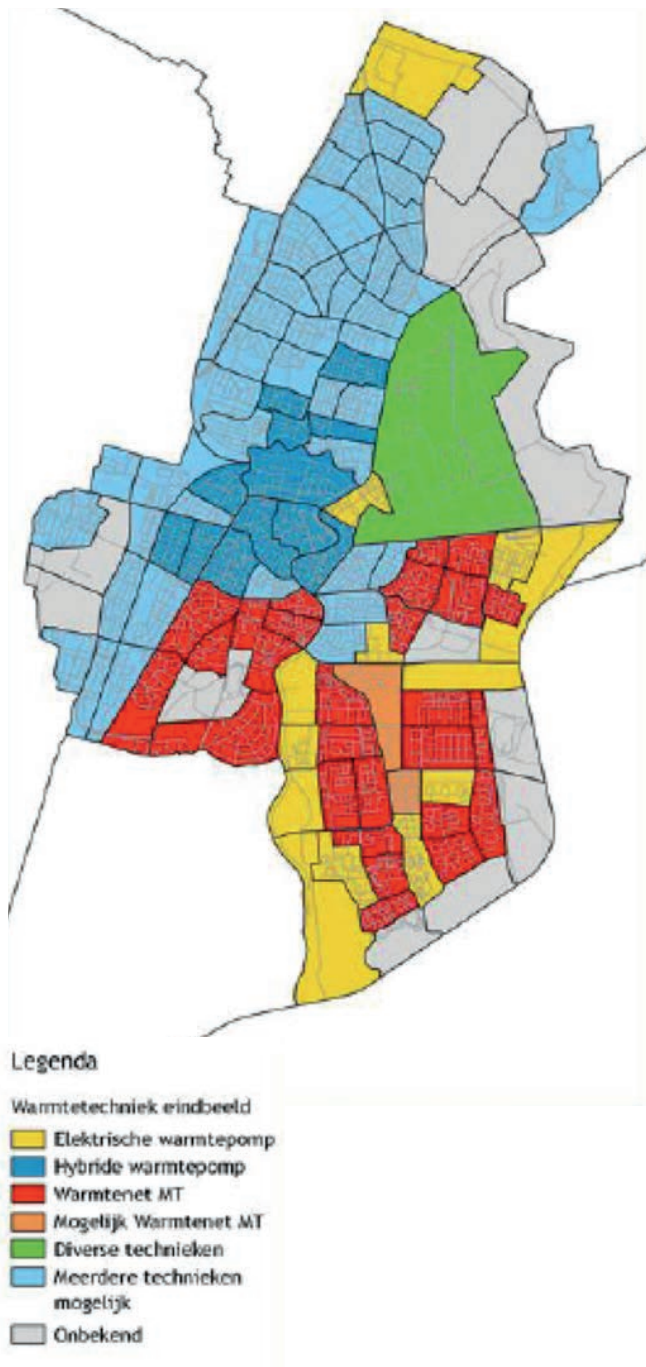
27 mei 2019

Wienand van Dijk en Peter Tromp
Afdeling ECDW

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Warmtevraag verlagen	4
3	Starten met warmtenet in Meerwijk en Schalkwijk	6
4	Duurzame bronnen mix moet goed worden onderzocht	8
5	Conclusies	10
	Bijlage: Duurzame alternatieven voor aardgas, toelichting op de bronnen	11
	Gebruikte literatuur en rapporten	18

1. Inleiding



Figuur 1: Eindbeeld warmte oplossingen Energiestrategie CE Delft

Bijna alle Haarlemmers verwarmen hun huis nu met aardgas. Dat gaat veranderen. In 2050 moet heel Nederland over zijn op duurzame energie. De Haarlemse raad heeft besloten in 2040 aardgasvrij te willen zijn. Als aardgas verdwijnt, moet er iets anders voor in de plaats komen. We moeten op zoek naar nieuwe manieren om onze huizen te verwarmen, te koken en te douchen.

Het doel van deze bronnenkaart is de huidige - en toekomstige (rond 2040) warmtevraag in Haarlem te bepalen. Vervolgens wordt op basis van onze huidige kennis van duurzame warmtebronnen in Haarlem en in ons land gekeken in hoeverre deze bronnen de huidige rol van aardgas in de toekomst kunnen overnemen.

Door CE Delft (besluit 2018/876759: Energiestrategie) is onderzocht wat de meest kansrijke alternatieven voor aardgas zijn. Hierbij wordt duidelijk dat collectieve oplossingen in de vorm van warmtenetten voor een aanzienlijk deel van de stad de beste oplossing zijn.

Hierbij blijkt dat Haarlem momenteel over onvoldoende zekere bronnen beschikt om deze warmtenetten voor de hele stad te voeden. Ook kan de afhankelijkheid van één grootschalige bron voor een warmtenet een risico betekenen in leveringszekerheid en het opvangen van pieken wanneer het koud is.

Rondom de stad onderzoekt het college welke warmte beschikbaar is. Hieronder valt ook energie uit data centers en geothermie. Wanneer energie uit data centers en geothermie voldoende beschikbaar blijkt te zijn kunnen deze bronnen fungeren als hoofdbron voor een warmtenet. Met name de beschikbaarheid van geothermie is echter nog onzeker.

Wanneer een van beide bronnen niet voldoende beschikbaar is, moet mogelijk worden gewerkt met aanvullende bronnen als biomassa of in de toekomst aquathermie. Het is dan ook noodzakelijk om ook deze bronnen te verkennen en per warmtenet een financieel haalbare en maximaal duurzame mix samen te stellen. Bij deze verkenning wil het college eisen stellen aan mogelijk te gebruiken biomassa.

De verschillende bronnen worden in de bronnenkaart nader uitgewerkt. Het tekort aan bronnen leidt tot een drietal doelstellingen:

- 1 Warmtevraag verlagen
- 2 Starten met het warmtenet in Meerwijk/Schalkwijk
- 3 Duurzame bronnen mix moet goed worden onderzocht.

2. Warmtevraag verlagen

2.1 Huidige warmtevraag in de bebouwde omgeving Haarlem

Woningen

Volgens de Klimaatmonitor van het Ministerie van Waterstaat en Infrastructuur werd in Haarlem in 2017 86,8 miljoen m³ aardgas gebruikt in woningen¹. Het gemiddeld jaarlijks gasgebruik in Haarlem per woning bedraagt 1.240 m³. Hiervan wordt 90% (1.120 m³) gebruikt voor het verwarmen van het huis en voor warm tapwater. Dit verbruik geldt als de WEQ (woning equivalent). De resterende 10% van het aardgasverbruik wordt voor koken gebruikt en kan worden vervangen door elektrisch – of inductie koken.

Utiliteit

Naast woningen zijn er in Haarlem ook utiliteitsgebouwen aanwezig. Utiliteitsgebouwen zijn gebouwen die niet bedoeld zijn om in te wonen, maar ook niet worden gebruikt voor industrie. Voorbeelden zijn kantoren, winkels, ziekenhuizen of sporthallen. Het totale gasgebruik in 2017 door de bedrijven en instellingen in Haarlem was 37,3 miljoen m³. Op basis van het gemiddeld gasgebruik van 1.120 m³ per woning voor de warmtevraag, komt de hoeveelheid van 37,3 miljoen m³ aardgas voor de utiliteitsgebouwen in Haarlem overeen met **33.300 woning equivalenten (WEQ's)**.

Industrie

Industrie kan, naast de benodigde warmtevraag voor het verwarmen van de panden, ook een vraag naar warmte/energie hebben voor het bedrijfsproces. Dit is vaak lastiger te vervangen door een duurzaam alternatief, omdat het benodigde vermogen vaak veel hoger ligt dan bij woningen. Echte zware industrie is in Haarlem echter niet aanwezig. Wel is er een aantal broodfabrieken, metaalbewerkingsbedrijven en een koffiebranderij aanwezig in Haarlem. Vrijwel al deze bedrijven zijn gevestigd op bedrijventerrein Waarderpolder. In 2017 is er in Haarlem 8,5 miljoen m³ aardgas geleverd aan de industrie. Aangenomen wordt dat deze hoeveelheid aardgas hoofdzakelijk gebruikt wordt voor productieprocessen en niet voor het verwarmen van gebouwen. Daarmee wordt deze hoeveelheid aardgas in deze studie buiten beschouwing gelaten.²

2.2 Warmtevraag in Haarlem omstreeks 2040

Drie op de vier woningen in ons land, dus ook in Haarlem, zijn nog niet goed geïsoleerd. Met name huizen van voor 1975 zijn bij de bouw niet of nauwelijks geïsoleerd. Goede isolatie zorgt voor een prettig en comfortabel huis, een lager energieverbruik en dus ook een lagere energierekening. De meeste huizen zijn prima te isoleren zonder verbouwing van het huis. Spouwmuurisolatie wordt bijvoorbeeld vanuit de buitenkant in de muur gespoten en is in een halve of hele dag klaar. De meeste vloeren kunnen vanuit de kruipruimte worden geïsoleerd; de woonkamer blijft ongemoeid. HR++ glas en triple glas wordt ook van buitenaf geplaatst. Zelfs als de kozijnen vervangen moeten worden, is het meeste werk buiten. Bij het aardgasvrij maken van Haarlem zal de aandacht dus ook met name moeten liggen op het isoleren van de woningen en gebouwen. Naast een lagere energievraag kan je een goed geïsoleerde woning of gebouw ook gemakkelijker warm krijgen met een zogenaamde lage-temperatuur (35 tot 55°C) installatie, zoals bijvoorbeeld een warmtepomp.

Aangenomen wordt dat door het stimuleren (of in de toekomst mogelijk zelfs verplichten) van energiebesparende maatregelen bij onderhoud, verkoop en renovatie van woningen en utiliteitsgebouwen de warmtevraag door het isoleren van spouwmuren, gevels, dak, vloer en ramen gemiddeld zal afnemen met circa 30%, ten opzichte van het huidige verbruik. Dit komt overeen met een gemiddeld jaarlijkse warmtebehoefte in 2040 van $0,7 \times 43,4 \text{ GJ} = \mathbf{30,4 \text{ GJ per woning equivalent}}$. Dit komt overeen met $0,7 \times 1.120 = 780 \text{ m}^3$ aardgas per jaar. Bij deze inschatting van de warmtevraag wordt uitgegaan van vergelijkbaar gedrag door bewoners met betrekking tot ventilatie, douche, verwarmen en kookgedrag.

Daarnaast zal het aantal woningen in Haarlem toenemen door nieuwbouw. Het streven is dat er tot 2040 circa 16.000 nieuwbouwwoningen bij komen in Haarlem. Aangezien nieuwbouwwoningen en -gebouwen vanaf heden aardgasvrij zullen worden gebouwd volgens het principe van Bijna Energie-Neutrale Gebouwen (BENG), gaan we er voor de eenvoud vanuit dat nieuwbouw in Haarlem

¹ 35,3 miljoen m³ aardgas werd in Haarlem verbruikt door 32.400 huurwoningen, gemiddeld gasgebruik huurwoningen is 1.090 m³. Het restant, 50,3 miljoen m³ aardgas, werd gebruikt door 36.500 koopwoningen; gemiddeld gasgebruik 1.380 m³. Hiervan wordt 90% (1.120 m³) gebruikt voor het verwarmen van het huis en voor warm tapwater. Dit verbruik geldt als de WEQ (woning equivalent). deze WEQ geldt als een gemiddeld gebruik voor woningen in Haarlem in 2018. Op basis van de verbrandingswaarde van aardgas van 35,17 MJ/m³ komt dit overeen met een gemiddelde warmtebehoefte van **43,4 GJ per woning equivalent**

² Als in de toekomst grote aardgasvolumes verduurzaamd kunnen worden, kan de restwarmte ingezet worden voor verwarming. Dit wordt onderzocht in het kader van de warmte-oplossing voor de Waarderpolder.

geen of nauwelijks extra warmtevraag in Haarlem zal creëren. Eventuele extra warmtevraag kan met all-electric oplossingen worden ingevuld.

In Tabel 1 zijn de warmtebehoefte en aardgasgebruik per woningequivalent (weq) en het jaarlijks totaal aardgasgebruik in Haarlem op basis hiervan weergegeven.

	Aantal woningen bestaand	Utiliteit (aantal weq)	Warmtebehoefte per weq (GJ)	Aardgas per weq (m ³)	Totaal aardgasgebruik (miljoen m ³)
2017	70.000	33.300	43,4	1240	124
2040	70.000	33.300	30,4	780	80

Tabel 1: warmtebehoefte en aardgasgebruik per woningequivalent (weq) voor bestaande woningen en utiliteitsgebouwen in 2017 en 2040.

3 Starten met warmtenet in Meerwijk en Schalkwijk

De energietransitie in een straat, buurt of wijk kan op individuele basis of collectief worden uitgevoerd. In het centrum van Haarlem met veel oude, monumentale panden liggen individuele oplossingen meer voor de hand (Energistrategie CE Delft, januari 2019), terwijl voor Meerwijk en Schalkwijk met veel gestapelde bouw en gemeenschappelijke verwarmingsketels een collectieve oplossing als de aanleg van een warmtenet op basis van duurzame bronnen qua kosten meer voor de hand ligt.

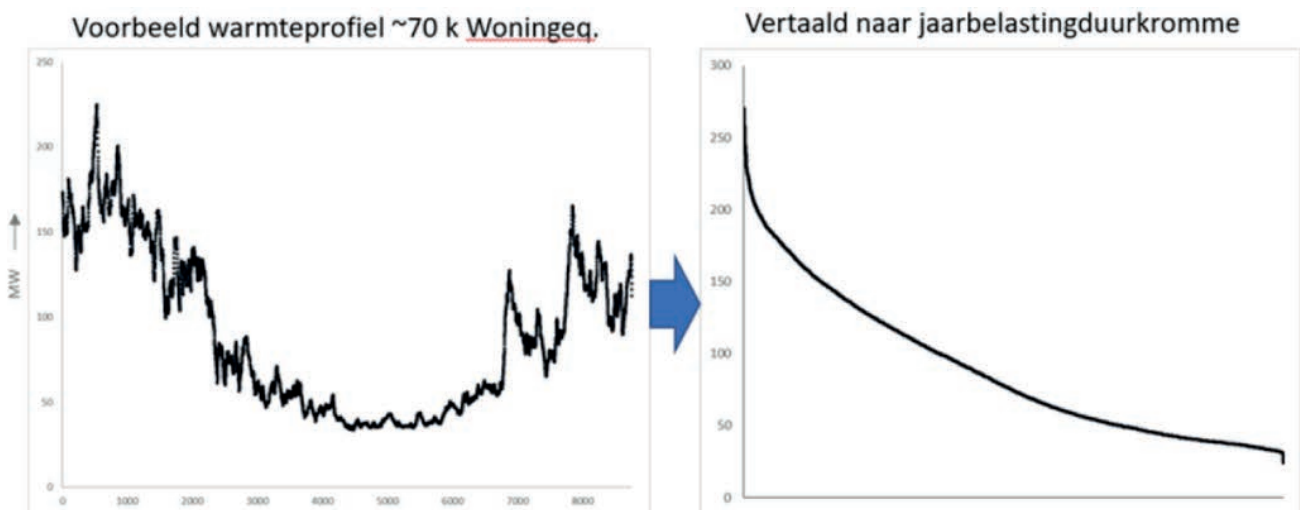
Voor Haarlem onderzoeken we een mix van warmtebronnen om op kosteneffectieve wijze aan de warmtevraag door de jaren heen te kunnen voldoen. In figuur 1 is de fictieve warmtevraag van circa 70.000 woningequivalenten door het jaar (van januari tot en met december) heen weergegeven en vertaald naar een zogenaamde jaarbelastingduurkromme. Uit een jaarbelastingduurkromme kan de **basislast** (de warmte die je het hele jaar door nodig hebt) die nodig is, worden berekend. Hierdoor kan een onnodige investering in een te grote capaciteit van de warmtebron worden voorkomen. In de winter is sprake van een **pieklast**. Extra warmte is nodig omdat het kouder is. Deze pieklast wordt geleverd door een hulpwarmtebron, zoals bijvoorbeeld een verwarmingsketel op groen gas.

Verschillende warmtebronnen zijn nodig voor de basislast warmte en voor de pieklast warmte van een te

ontwikkelen warmtenet. De inzet van de warmtebronnen door de tijd heen is afhankelijk van de ontwikkeling in de beschikbaarheid, kosten, subsidiering (SDE)³ en inpasbaarheid van de verschillende warmtebronnen. Ook lage temperatuur bronnen, zoals thermische energie uit oppervlaktewater en restwarmte uit datacenters, kunnen gebruikt worden in warmtenetten die warmte op hogere temperatuur leveren. De lage temperatuur van deze bronnen wordt dan verhoogd met een industriële warmtepomp tot de benodigde hogere temperatuur.

In Meerwijk in eerste instantie en vervolgens in heel Schalkwijk wordt een nieuw aan te leggen warmtenet onderzocht. Dit warmtenet breidt zich in de loop van de jaren uit. In figuur 2 is ter illustratie voor een nieuw warmtenet de ontwikkeling van de jaarbelastingduurkromme weergegeven; voor een start van 1000 aangesloten woningequivalenten in 2020, via 5000 woningequivalenten omstreeks 2025, naar meer dan 10.000 woningequivalenten omstreeks 2030.

Hierbij wordt het warmtenet in Meerwijk en Schalkwijk in fasen uitgerold. Woningen worden eerst op een tijdelijke (aardgas of groen gas) installatie 'klaargezet'⁴. Wanneer voldoende schaalgrootte is bereikt, kan een grotere bron als bijvoorbeeld geothermie worden aangesloten.

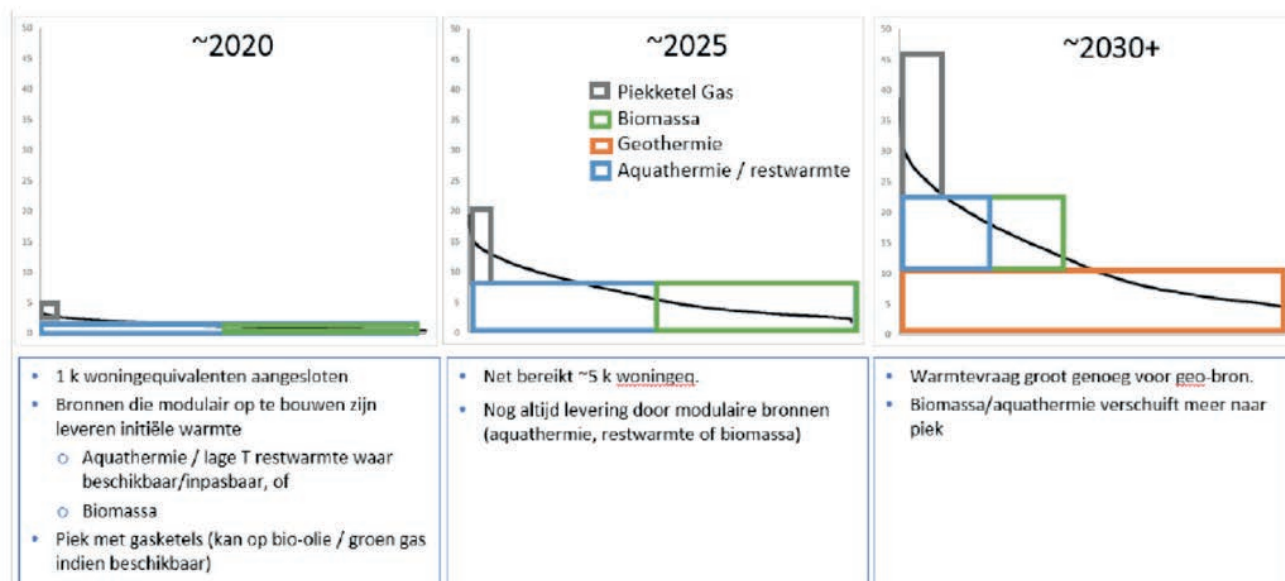


Figuur 2: Warmteprofiel van circa 70.000 woningequivalenten door het jaar heen, vertaald naar een jaarbelastingduurkromme.

3 En aantal duurzame bronnen is subsidiabel onder de SDE+ regeling. Deze regeling wordt aan het eind van 2019 omgezet in een SDE ++ regeling.

4 Voor de inzet van een hoofdbron (geothermie, restwarmte of biomassa) is een minimaal aantal weq's nodig. Om dit aantal te bereiken worden woonblokken in kleinere verbanden vast klaargezet op een tijdelijke bron. Deze tijdelijke bron kan bestaan uit het tijdelijk voortzetten van aardgas, het inzetten van groen gas, al dan niet in combinatie met een warmtepomp.

In de figuur hieronder is een indicatief voorbeeld gegeven hoe de warmtebronnen door de jaren heen zouden kunnen worden aangesloten.



Figuur 3: Voorbeeld van verloop warmtebronnen in de ontwikkeling en uitbreiding van een nieuw warmtenet. In dit voorbeeld is geothermie beschikbaar vanaf 2030 en wordt biomassa tijdelijk gebruikt als basislast bron tot 2030.

Voor de ontwikkeling van een nieuw warmtenet in Meerwijk/Schalkwijk in de loop der jaren volgens figuur 2 levert de onderstaande mogelijke ontwikkeling van verschillende warmtebronnen op:

- Bij een eerste deel van een warmtenet in Meerwijk worden de eerste delen van de wijk 'klaargezet' voor een hoofdbron. De tijdelijke bron hierbij kan bijvoorbeeld bestaan uit aardgas of groen gas⁵. Het gebruik van groen gas wordt gegarandeerd door de aankoop van voldoende certificaten van groen gas, dat in Haarlem zelf (AWZI Waarderpolder) of uit reststromen uit Haarlem (bijvoorbeeld GFT-afval) elders wordt vergist. In deze periode kan onderzocht worden wat de technische, ruimtelijke en financiële mogelijkheden zijn voor geothermie.
- Bij uitbreiding van het warmtenet met kansrijke delen van Schalkwijk is de basiswarmtevraag voldoende groot geworden voor een geothermiebron.

- Wanneer geothermie niet toepasbaar blijkt te zijn in Haarlem, is een warmtenet op basis van 'slechts' restwarmte uit industrie en data centers kwetsbaar. In dit geval is waarschijnlijk een aanvullende 'basislast-bron' als warmte uit oppervlaktewater (aquathermie) of biomassa nodig.

Op termijn heeft één (1) geothermie bron voor het warmtenet in Schalkwijk waarschijnlijk onvoldoende capaciteit voor de warmtevraag. Het uitbreiden van het aantal geothermie bronnen rondom de stad, of het "doormengen" met meerdere duurzame bronnen als restwarmte van data centers en thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) is dan een voorwaarde voor een goed functionerend warmtenet.

⁵ Het uitsluitend voor korte tijd of voor de pieklast inzetten van bio-massa leidt tot een onhaalbare exploitatie van een biomassa centrale. De SDE regeling gaat uit van het draaien van een hoog aantal vollast-uren binnen de exploitatie termijn van 12 tot 15 jaar.

4 Duurzame bronnen mix moet goed worden onderzocht

Een uitgebreide beschrijving van de verschillende warmtebronnen als alternatief voor aardgas en de beschikbare capaciteit voor Haarlem is te vinden in de bijlage.

Geothermie is een betrouwbare en duurzame warmtebron. Op dit moment is het potentieel van geothermie voor Haarlem nog niet bekend. De beschikbaarheid moet worden onderzocht door middel van seismisch onderzoek en een proefboring. Het ministerie van EZK start na de zomer met een groot seismisch onderzoek voor het gebied van IJmuiden tot aan Nijmegen. Wanneer hierbij een kansrijke plek in de ondergrond wordt aangetroffen kan aan het eind van 2019 worden besloten of een proefboring in Haarlem zinvol is. Wanneer de proefboring (eind 2020) succesvol is, weten we voldoende over de kansen en capaciteit van een geothermiebron. Dit maakt de beschikbaarheid en capaciteit van geothermie nu nog lastig in te schatten.

Geothermie is geschikt als 'basislast' bron: de bron is het hele jaar door operationeel en levert een vaste hoeveelheid warmte. De warmte uit geothermie in de Haarlemse bodem is ongeveer 70 °C en is daarmee direct geschikt voor een warmtenet in wijken als Meerwijk en Schalkwijk. Geothermie is niet geschikt om pieken in de warmtevraag (pieklust) en risico's op te vangen. Van de momenteel in Europa actieve geothermie bronnen weten we dat deze minimaal 30 jaar goed functioneren. Voor geothermie is SDE+ subsidie beschikbaar.

Groen Gas is een duurzame bron, die beperkt beschikbaar is. Groen gas heeft als voordeel dat het kan worden getransporteerd in het bestaande gasnet. Het levert hoge temperatuur warmte op, die direct kan worden toegepast in een warmtenet. Voor gebieden als het centrum van Haarlem zou groen gas, in combinatie met een hybride warmtepomp, een goede oplossing zijn. Groen gas is geschikt voor zowel basislast als pieklust van een warmtenet en kan ook uitstekend dienen als korte termijn oplossing voor nieuwe warmtenetten waarvan de aanleg in uitvoering is.

Warmte uit de omgeving (lucht, oppervlaktewater en bodem) leveren over het algemeen warmte op van een lage temperatuur. Voor het inzetten van lage-temperatuur warmte in een warmtenet op midden temperatuur (tot 70 °C) moet deze warmte ofwel met behulp van een warmtepomp worden opgewerkt naar hogere temperatuur, ofwel de woningen moeten vergaand worden geïsoleerd.

De theoretische capaciteit van thermische energie uit oppervlaktewater (**TEO**) is voor Haarlem aanzienlijk. Echter de winbaarheid hiervan is complex en technisch nog niet uitontwikkeld. Kosten voor het winnen en opwaarderen van de warmte zijn nu nog te hoog. Verwacht wordt dat de toepassing van industriële warmtepompen die nodig zijn voor het opwaarderen van deze lage temperatuur warmte in de toekomst onder de SDE++ subsidie regeling gaan vallen. De mogelijkheden van energie uit afvalwater (TEA) zijn onderzocht in antwoord op motie 2.17B van de raad. Ook warmte uit afvalwater is van lage temperatuur. De rapportage van dit onderzoek wordt door het college (rapportage kansen riothermie, besluit 2019/151378) aan de commissie gestuurd.

De potentie van Warmte/Koude-Opslag (**WKO**) in de bodem van Haarlem is groot maar wordt echter niet waargemaakt vanwege de hoge kosten van de aanleg en onderhoud van WKO-systemen. Daarnaast komen er nieuwe energieconcepten op de markt, die goedkoper zijn dan een WKO-systeem, zoals luchtwarmtepompen en PVT-panelen (panelen, die zowel elektriciteit (PV) als warmte (T) produceren), in combinatie met een waterwarmtepomp. Luchtwarmtepompen hebben het nadeel van mogelijke geluidsoverlast van de buitenunit.

Restwarmte uit data centers is momenteel beperkt beschikbaar. De warmte is op lage temperatuur en moet worden opgewaardeerd voor een midden-temperatuur warmtenet. Restwarmte is geschikt voor de basislast van een warmtenet, maar kan beter worden gevarieerd dan geothermie, en is hierdoor mogelijk in te zetten voor pieklust gebruik. Deze extra 'piek' warmte moet dan uiteraard ook worden opgewaardeerd. Omdat inmiddels de energievraag van data centers voor een aanzienlijk deel wordt ingevuld met elektriciteit uit duurzame bronnen, is de verwachting dat de restwarmte vanuit data centers met het ingaan van de SDE++ regeling het predicaat 'duurzame bron' gaan krijgen. Wanneer een data center eenmaal is gecontracteerd als duurzame bron, geldt deze als betrouwbaar, in verband met de hoge eisen aan leveringszekerheid in de data branche. Onduidelijk is echter hoe het vestigingsbeleid van data centers zich in de komende decennia ontwikkelt. Dit maakt een data center tot een risicovolle bron.

Houtige biomassa wordt omgezet (verbrand) in warmte in een biomassacentrale. Opvattingen over de duurzaamheid van biomassa wat betreft alternatieve gebruiksmogelijkheden, uitstoot, beschikbaarheid en productievormen lopen sterk uiteen. Duidelijk is in

ieder geval dat onder ander de bron van biomassa (bijvoorbeeld restmateriaal zoals snoeihout) en de lokale oogstbaarheid een rol spelen in de mate van duurzaamheid van deze brandstof.

Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat concludeert op basis van advies van de Rijksdienst Voor Ondernemers (RVO) dat biomassa voor de komende tijd een duurzaam alternatief voor aardgas is. De landelijk SDE+ regeling wordt komende periode omgezet in een SDE++ regeling waarin CO₂ reductie een belangrijk element is. Met betrekking tot de verwachte toekomstige schaarste van houtige biomassa wordt door het ministerie bepleit om biomassa als transitiebrandstof te beschouwen.

Biomassa is geschikt voor zowel de basislast van een warmtenet, als voor het opvangen van pieken en risico's. De subsidie op de exploitatie van een biomassacentrale vereist echter dat de centrale een aantal jaren (ongeveer 12) als basisbron fungeert. Voor biomassacentrales is SDE+ subsidie beschikbaar. De hoogte van de subsidie hangt samen met het aantal bedrijfsuren van een installatie in deze periode.

Van de beschikbare warmtebronnen voor Haarlem staat de duurzaamheid van houtige biomassa het meest ter discussie. Hierdoor is biomassa de minst wenselijke van de alternatieven voor aardgas.

Warmtebron	Duurzaam	Beschikbaar	Toepassing (individueel/collectief)	Beschikbaar Schalkwijk
Geothermie	+	?	Collectief	3000-5000 weq eerste bron
Groen gas uit Haarlem	+	+/-	Beiden	piek
Groen gas uit NL	+	+ (?)	Beiden	piek
Warmte uit lucht en bodem	+	+	Beiden	?
Warmte uit oppervlaktewater	+	+/-	Collectief	pm
Restwarmte data centers	+	+/-	Collectief	
Houtige biomassa Haarlem	+	-	Individueel	
Houtige biomassa uit NL	+/-	+/-	Collectief	pm

Tabel 2: **beschikbare bronnen voor Haarlem**

5 Conclusies

De opgave om heel Haarlem aardgasvrij te maken is groot en complex. Afwachten leidt tot het niet halen van de gemeentelijke doelen. Ook nationale klimaatdoelen voor Haarlem komen dan in gevaar.

Op dit moment is er onvoldoende capaciteit van duurzame warmtebronnen vastgesteld om te voldoen aan de warmtevraag voor collectieve warmtenetten voor de hele gemeente. Naast het zoeken naar duurzame warmtebronnen als alternatief voor aardgas, moet de aandacht bij het aardgasvrij maken van Haarlem dan ook vooral gericht zijn op het verminderen van de warmtevraag, door het isoleren van de woningen en gebouwen. Naast een lagere energievraag zijn goed geïsoleerde woningen en gebouwen gemakkelijker warm krijgen met een zogenaamde lage-temperatuur (35 tot 55°C) installatie, zoals bijvoorbeeld een warmtepomp. Dit vergroot het aantal oplossingsmogelijkheden.

Waar we in Haarlem warmtenetten gaan aanleggen moeten we per situatie onderzoeken welke duurzame warmtebronnen we daarbij kunnen toepassen. Hiervoor richten we ons in eerste instantie op Meerwijk en vervolgens op Schalkwijk als geheel, omdat voor dit deel van Haarlem een warmtenet een aantrekkelijke optie is.

Hierbij spelen de volgende overwegingen een rol:

- Totaal aan beschikbare duurzame bronnen
- Duurzaamheid van de bronnen
- Leveringszekerheid door het combineren van verschillende brontypes
- Langjarige beschikbaarheid
- Kosten en benodigde energie voor het winnen van de warmte. Kosten voor de verschillende duurzame warmtebronnen per woningequivalent zijn op dit moment nog niet te geven.

Onzekerheden in geothermie en de toekomstige winbaarheid van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) en restwarmte van data centers betekent dat we nu moeten handelen met de alternatieven en scenario's die we nu beschikbaar hebben. Voor het exploiteren van een warmtenet is het in alle gevallen nodig om basislast en pieklast bronnen te combineren: daarnaast is het nodig om een terugval optie op meerdere hoofdbronnen te hebben.

Financieel geldt dat geothermie en biomassa waarschijnlijk de meest gunstige kostprijs voor warmte opleveren. In de prijs voor warmte moet worden meegenomen dat warmte uit brontypes met lagere temperatuur een hogere investering vragen voor het opwaarderen óf voor het verduurzamen van woningen.

De bronnen die voor Haarlem in beeld zijn, kunnen naar hun aard en kostprijs als basislast- of pieklastbronnen voor een warmtenet worden ingezet.

Houtige biomassa heeft voor het college hierbij zeker niet de voorkeur. Op dit moment zijn echter de enige beschikbare transitiebrandstoffen voor het eerste warmtenet in de stad groen gas, aardgas en houtige biomassa.

Transitiebrandstof is nodig wanneer geothermie niet of niet tijdig beschikbaar is voor het sluiten van de warmteketen, en in afwachting van de ontwikkeling van andere brontypes zoals restwarmte uit data centers en warmte uit oppervlaktewater. Het college stelt voor om, als het gebruik van biomassa onvermijdelijk blijkt, eisen te stellen aan het gebruik hiervan, zoals de voorwaarden dat de houtige biomassa bestaat uit regionaal geoogst restmateriaal, en het voor een omschreven beperkte termijn wordt ingezet.

Bijlage: Duurzame bronnen

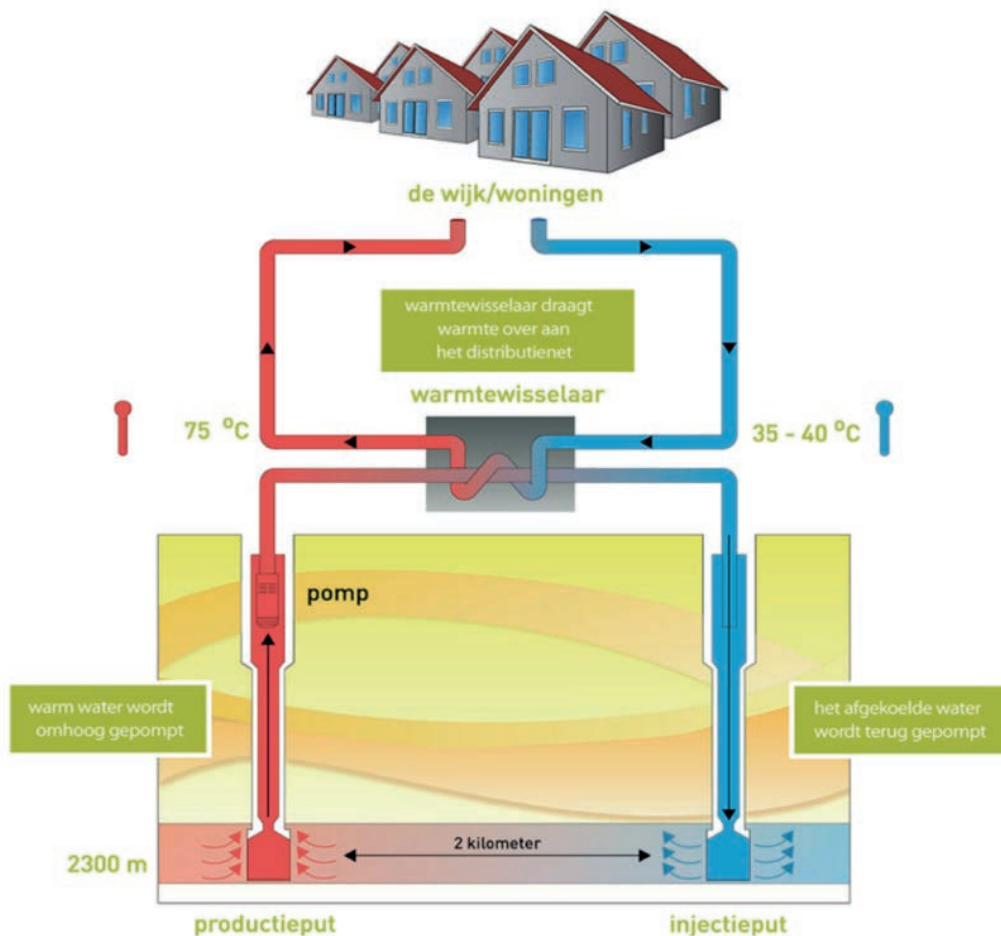
1. Geothermie

Geothermie (aardwarmte) is lokale duurzame warmte uit de ondergrond voor de verwarming van huizen, kassen en industrie. De temperatuur loopt op naarmate de bron dieper is. Het van nature aanwezige warme water wordt uit de ondergrond opgepompt. De warmte wordt eruit gehaald. Een pomp zorgt ervoor dat het afgekoelde water terugstroomt in dezelfde aardlaag waarna het weer opwarmt; zie figuur 1.

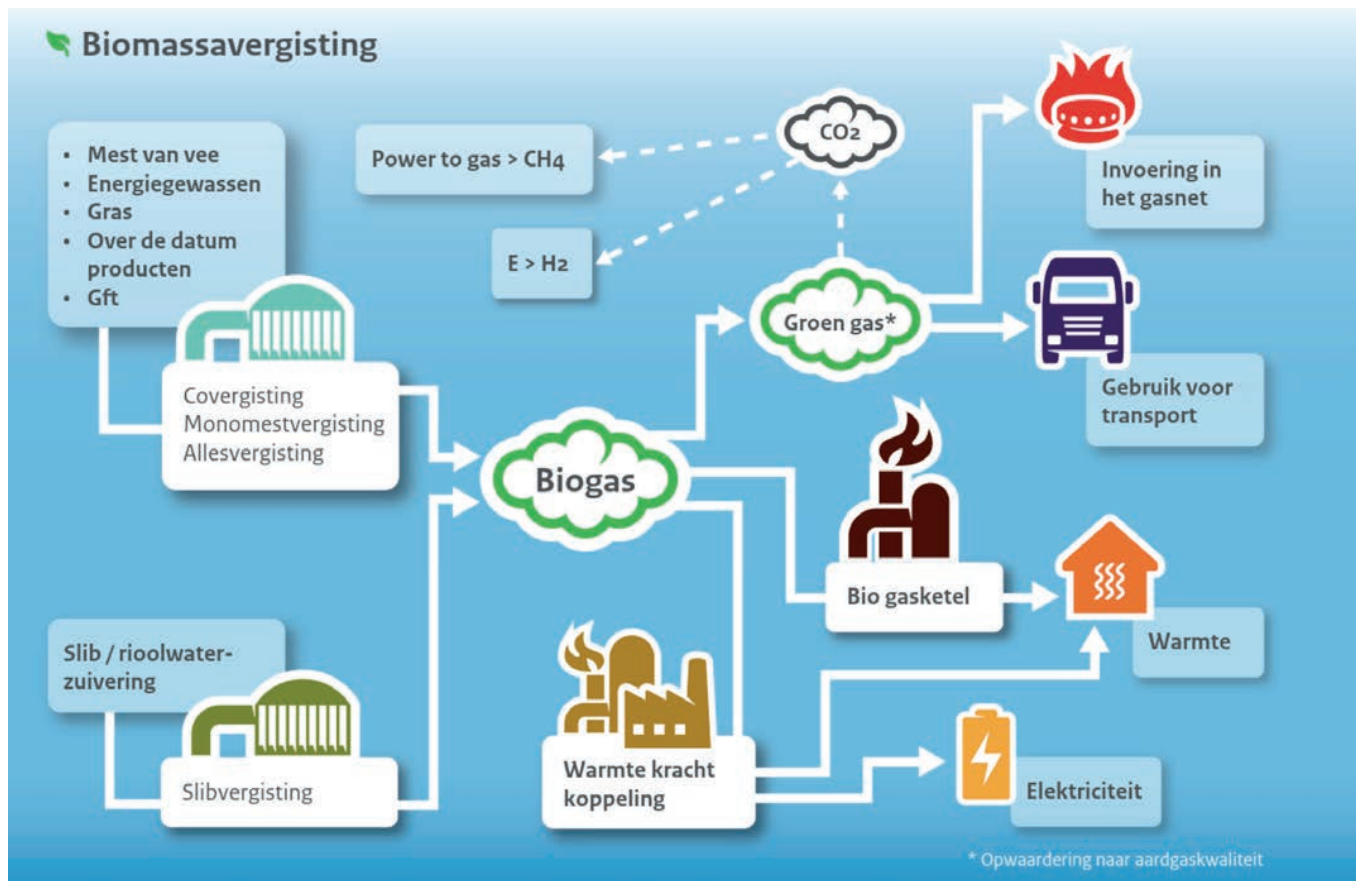
Er is nog weinig bekend over de beschikbare capaciteit van geothermie in de gemeente Haarlem. Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft in samenwerking met provincie Noord-Holland en gemeente Haarlem een geologisch onderzoek ingepland om vanaf medio 2019 de potentie van geothermie nader te onderzoeken. Daarnaast is er door de gemeente Haarlem een opsporingsvergunning aangevraagd om

een geothermieboring te kunnen uitvoeren indien uit het onderzoek blijkt dat de potentie in Haarlem goed is.

Volgens een quick scan uitgevoerd door IF Technology heeft een geothermie bron in Haarlem mogelijk een vermogen van circa 6 MWth. Op basis van een jaarlijkse bedrijfstijd van 6.000 uur levert dit een hoeveelheid warmte van 130.000 GJ op. Hiermee kunnen $130.000/43,4 = 3.000$ woningen van warmte worden voorzien. In het theoretische geval dat alle 70.000 woningen en 33.300 woning equivalenten van de utiliteitsgebouwen in Haarlem door middel van geothermie van warmte voorzien zouden worden, zou in de toekomst – met de 30% lagere warmtevraag van 30,4 GJ/weq in 2040 door isolatiemaatregelen – circa 24 geothermische bronnen nodig zijn. Binnen de grenzen van Haarlem is onvoldoende ruimte aanwezig om dit aantal geothermische bronnen te realiseren.



Figuur 1: Principe van geothermie.



Figuur 2: De productie van biogas en groen gas door de vergisting van biomassa.

2. Groen gas uit organische (rest) stromen

Biogas wordt geproduceerd uit de vergisting van organische reststromen; zie figuur 2. Als het biogas wordt ontdaan van verontreinigingen, krijgt het de kwaliteit van aardgas en mag het lokaal in het bestaande aardgasnetwerk worden ingevoerd. Het geproduceerde groen gas kan elders met behulp van groencertificaten (vergelijkbaar met certificaten van wind- en zonne-energie) worden gebruikt, bijvoorbeeld voor het verwarmen van woningen en/of gebouwen. Uit 1 m³ biogas wordt circa 0,65 m³ groen gas geproduceerd.

2.1. Groen gas uit reststromen in Haarlem

De grootste bronnen voor de productie van groen gas in Haarlem zijn:

Vergisting van GFT afval. Jaarlijks wordt er in Haarlem 5000 ton GFT afval gescheiden opgehaald. Per ton GFT wordt circa 65 m³ groen gas geproduceerd, op jaarbasis dus 325.000 m³ groen gas. Momenteel wordt het GFT afval uit Haarlem via Spaarnelanden verwerkt in een vergistingsinstallatie van HVC in Middenmeer, in de kop van Noord-Holland.

Gas uit Schoteroog. Op Schoteroog in de Waarderpolder wordt stortgas gevormd door de vergisting van organisch

materiaal, aanwezig in de voormalig stortplaats. Het stortgas wordt opgevangen en kan in een sinds 2012 naast de stortplaats aanwezige groengasinstallatie opgewerkt worden naar aardgaskwaliteit. In 2017 is de groengasinstallatie op Schoteroog buiten werking gesteld omdat de hoeveelheid gas dat vrijkomt uit de voormalige stortplaats te weinig is geworden om het economisch rendabel op te vangen en om te zetten naar groen gas.

Gas uit afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI). In de AWZI van Rijnland in de Waarderpolder wordt bij de vergisting van afvalwaterslib jaarlijks circa 1,8 miljoen m³ biogas geproduceerd. Een klein deel van het biogas wordt gebruikt voor het verwarmen van de gebouwen in de winterperiode, het merendeel wordt verbrand in een Warmte-Kracht-Koppelingsinstallatie (WKK) voor de productie van elektriciteit en warmte voor de vergistingsinstallatie. Als de 1,8 miljoen m³ biogas volledig zou worden opgewerkt naar groen gas, zou dit jaarlijks maximaal 1,8 miljoen x 0,65 = 1,2 miljoen m³ groen gas opleveren.

In de AWZI van Rijnland in Schalkwijk vindt geen vergisting van afvalwaterslib plaats. Er wordt dus ook geen biogas geproduceerd. De AWZI in Schalkwijk zal binnen enkele jaren gesloten worden en het afvalwater zal via Zwanenburg naar de Waarderpolder geleid worden. Het is de bedoeling dat de AWZI van Rijnland in de Waarderpolder vanaf 2021 wordt

gerenoveerd of wordt vernieuwd. Eind 2019 wordt hier een beslissing over genomen. In beide gevallen wordt de totale afvalwaterstroom van Zwanenburg naar de Waarderpolder geleid en wordt extra biogas geproduceerd door vergisting van het afvalwaterslib. De verwachting is dat hiermee in de toekomst circa 6 miljoen m³ biogas kan worden geproduceerd in de AWZI Waarderpolder. Als deze hoeveelheid volledig zou worden opgewerkt naar groen gas, zou dit jaarlijks maximaal 6 miljoen x 0,65 = 3,9 miljoen m³ groen gas opleveren.

Op basis van het voorgaande kan uit de organische reststromen uit Haarlem jaarlijks maximaal 0,3 (GFT-afval) + 3,9 (AWZI Waarderpolder) = 4,2 miljoen m³ groen gas worden geproduceerd. Onder de aanname dat deze hoeveelheid groen gas in de toekomst volledig wordt ingezet voor het verwarmen van woningen en deze woningen door isolatie 30% minder warmtebehoefte hebben, kan met deze hoeveelheid groen gas jaarlijks ongeveer 4,2 miljoen m³/780 m³ = 5.400 woningequivalenten worden verwarmd in 2040.

2.2. Groen gas in Nederland

Op dit moment wordt er in ons land circa 100 miljoen m³ groen gas geproduceerd. Volgens de Routekaart Hernieuwbaar Gas kan er in ons land in 2030 zo'n 2,2 miljard m³ groen gas geproduceerd worden op basis van vergisting. Volgens de Routekaart kan groen gas bijdragen aan de doelstellingen in de gebouwde omgeving van het klimaatakkoord. Daarnaast zal een aanzienlijk deel naar verwachting worden ingezet voor Industrie en mobiliteit.

Volgens het rapport Verkenning 2050 van Gasunie speelt (groen) gas in de gebouwde omgeving alleen nog maar een rol tijdens koude dagen om aan de piekvraag te voldoen. Het hiervoor benodigde volume is beperkt: ongeveer 20% van wat er nu wordt gebruikt. Volgens het rapport van Gasunie is er in 2050 voldoende groen gas beschikbaar in ons land om in deze gasvraag te voorzien.

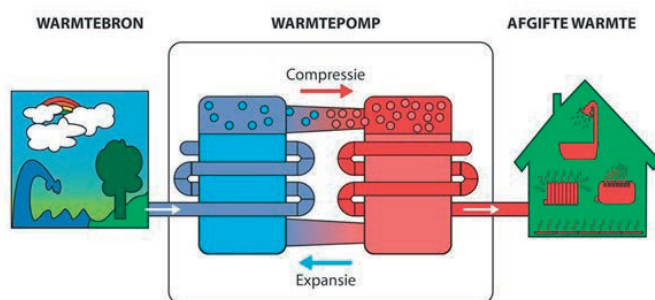
Op basis van het aardgasverbruik in 2017 van 86,8 miljoen m³ (woningen) + 37,3 miljoen m³ (utiliteit) = 124,1 miljoen m³ aardgas, zou er volgens het rapport van Gasunie in 2050 circa 124,1 x 0,2 = 24,8 miljoen m³ groen gas jaarlijks beschikbaar zijn voor Haarlem om woningen en gebouwen te verwarmen bij piekvraag tijdens koude dagen. Groen gas kan worden gebruikt voor de piekvraag bij warmtenetten, Warmte/Koude Opslag (WKO) systemen en bij individuele woningen en gebouwen, in combinatie met hybride warmtepompen.

Met de hoeveelheid van 24,8 miljoen m³ groen gas kunnen in Haarlem in 2040 circa 24,8 miljoen m³/780 m³ = 31.800 woningequivalenten worden verwarmd.

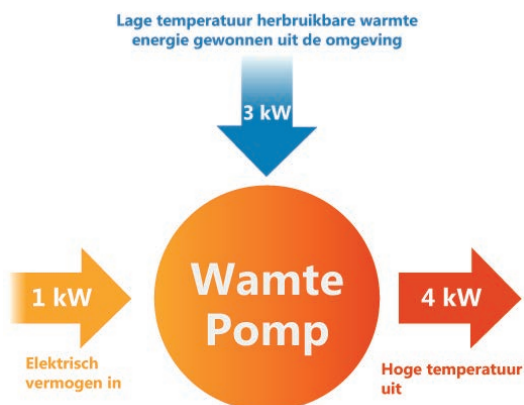
3. Warmte uit de omgeving

In de omgeving van een woning of gebouw is duurzame warmte beschikbaar in de bodem, de lucht, het oppervlaktewater en het afvalwater. Met een warmtepomp wordt deze warmte met een lage temperatuur toepasbaar gemaakt voor verwarming en warmwater.

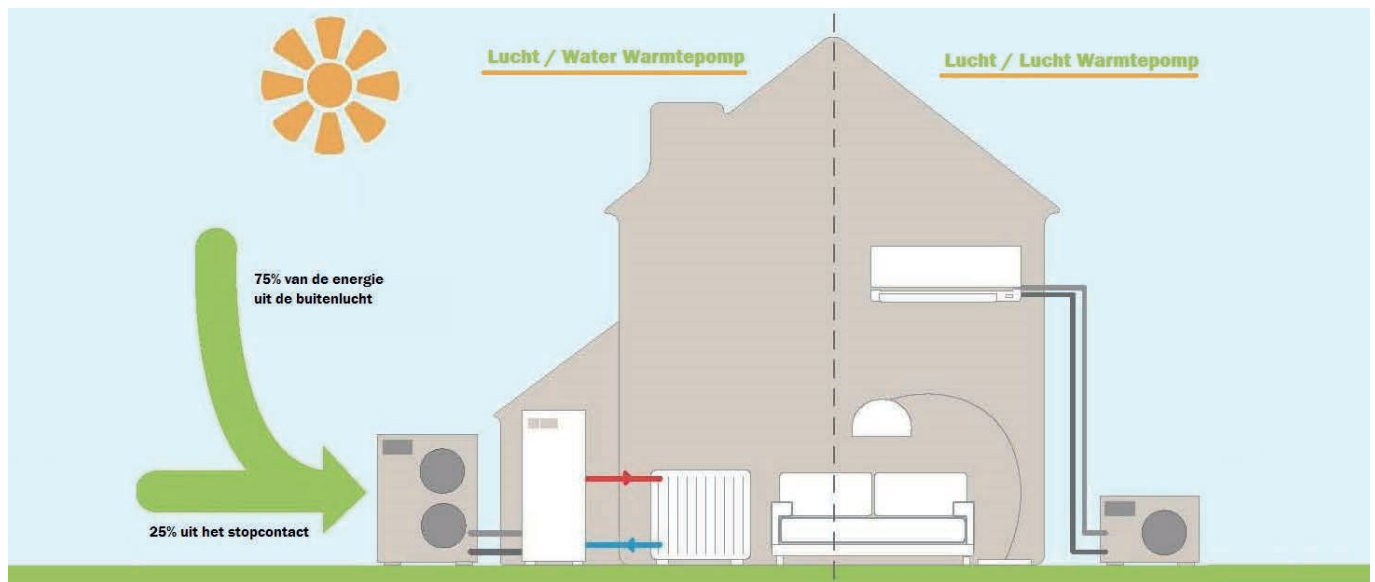
Het principe van een warmtepomp is schematisch weergegeven in figuur 3. Door middel van condenseren (compressie) en verdampen (expansie) van een vloeistof, dat in de warmtepomp wordt rond gepompt, wordt warmte opgenomen bij de lage temperatuur zijde (warmtebron) en afgestaan aan het afgiftesysteem van de woning of het gebouw. Een warmtepomp draait op elektriciteit: het stroomverbruik neemt daardoor toe, het gasverbruik neemt af. De COP (Coëfficiënt of Performance) van een warmtepomp geeft aan hoe energiezuinig deze is en hoe efficiënt deze werkt. De Coëfficiënt of Performance vertelt je hoeveel energie je terugkrijgt voor elke kW energie die het apparaat verbruikt. In het geval van een warmtepomp vertelt dit getal je wat de verhouding is tussen de gebruikte energie en de opgewekte warmte. Hoe hoger de COP, hoe efficiënter het apparaat werkt. Een warmtepomp met een COP van 4 betekent dat hij voor elke kiloWatt (kW) die hij gebruikt 4 kW warmte opwekt; zie figuur 4.



Figuur 3: Principe van de warmtepomp. De buitenlucht, water (oppervlaktewater (TEO), afvalwater (TEA)) of de bodem kunnen als warmtebron voor de warmtepomp dienen.



Figuur 4: Coëfficiënt of Performance (COP) van een warmtepomp. In het voorbeeld bedraagt de COP van de warmtepomp een waarde 4.



Figuur 5: Principe van een lucht/water- en lucht/lucht warmtepomp om een woning of gebouw te verwarmen.

3.1. Warmte uit de buitenlucht.

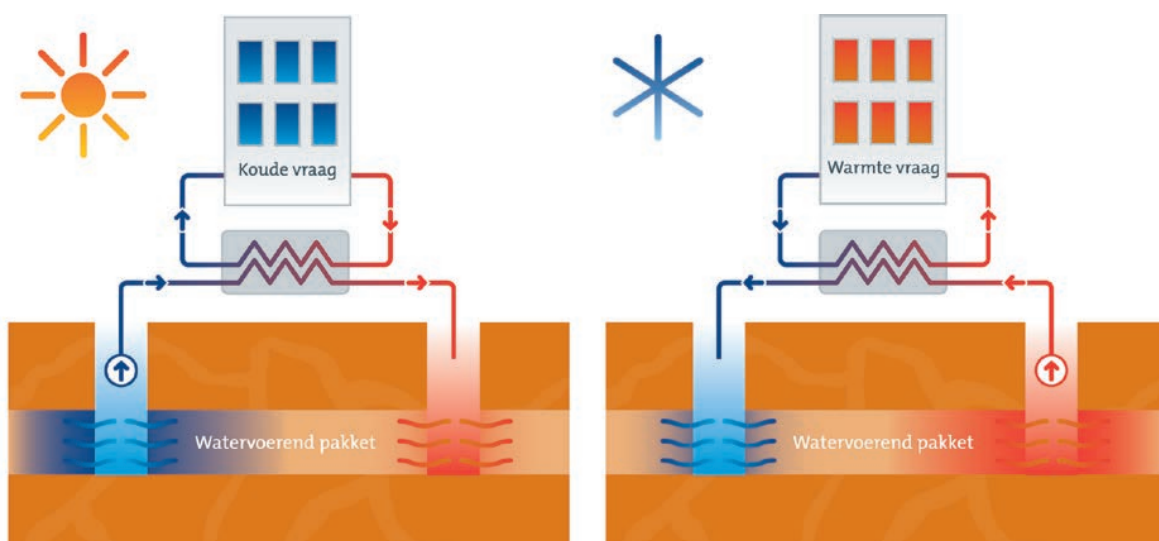
Lucht/lucht en lucht/water-warmtepompen halen warmte uit de buitenlucht; zie figuur 5. Lucht-warmtepompen zijn relatief goedkoop omdat ze snel en gemakkelijk te installeren zijn. Er hoeft geen graafwerk te worden verricht en de pomp bestaat alleen uit een buiten- en een binnenunit. Het grootste nadeel is dat de buitenlucht geen constante temperatuur heeft en dat in de winter bij lage buitentemperatuur een luchtwarmtepomp minder efficiënt werkt, in vergelijking met een water-warmtepomp. Daarnaast maakt de buitenunit van een luchtwarmtepomp geluid door de aanwezigheid van een ventilator, die de buitenlucht aanzuigt. Mogelijk geluidsoverlast kan gereduceerd worden door het toepassen van geluidsisolerende maatregelen. In principe is er in de buitenlucht voldoende warmte aanwezig om de woningen en gebouwen in de toekomst van warmte te voorzien. Voorwaarde is wel dat de woningen en gebouwen goed geïsoleerd zijn. Voor woningen van voor 1985 wordt dit

een aanzienlijke opgave vanwege de investeringskosten voor het isoleren van de woningen. Investeringskosten en daarmee terugverdientijden zijn afhankelijk van het type woning.

3.2. Warmte uit de bodem (Warmte/Koude-Opslag; WKO)

Het principe van energieopslag in de bodem tot circa 200 meter diep, kortweg bodemenergie genoemd, is dat in de zomer wordt gekoeld met winterkoude en in de winter wordt verwarmd met zomerwarmte. Een andere term voor deze vorm van bodemenergie is Warmte/Koude-Opslag (WKO); zie figuur 6.

Volgens een studie van IF Technology, in het kader van het Masterplan Bodemenergie Waarderpolder, is de ondergrond van Haarlem zeer geschikt voor de duurzame winning en opslag van bodemenergie. Door IF Technology is berekend dat de bodem van de Waarderpolder (oppervlak 3,1 km²) in totaal circa 383.300



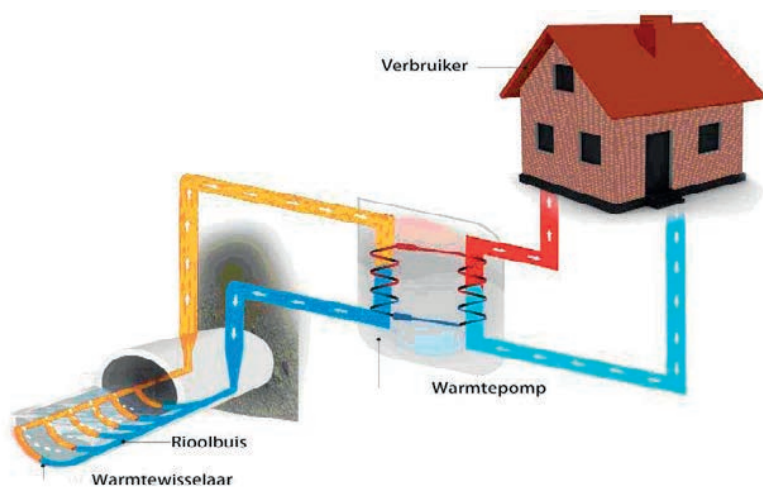
Figuur 6: Principe van warmte uit de bodem.

MWh per seizoen aan thermische energie kan leveren. Dit komt overeen met (1 kWh = 3,6 MJ) een hoeveelheid energie van 1,4 miljoen GJ. Op basis van een gemiddeld jaarlijkse warmtebehoefte van 30,4 GJ per woning of woningequivalent in 2040 kan hiermee in de toekomst circa 45.000 woningen of woningequivalenten van warmte worden voorzien. Aangezien het totaaloppervlak van Haarlem circa 32 km² bedraagt, houdt dit in dat de ondergrond van Haarlem voldoende thermische energie kan leveren om in principe alle woningen en gebouwen in de toekomst van warmte te voorzien. Om de capaciteit van bodemenergie doelmatig te benutten, zal het slim zijn een bodemenergieplan op te stellen.

De potentie van bodemenergie in ons land maar ook in Haarlem wordt echter niet waargemaakt vanwege de hoge kosten van de aanleg en onderhoud van WKO-systemen. Daarnaast komen er nieuwe energieconcepten op de markt, die goedkoper zijn dan een WKO-systeem, zoals luchtwarmtepompen en PVT-panelen (panelen, die zowel elektriciteit (PV) als warmte (T) produceren), in combinatie met een waterwarmtepomp.

3.3. Thermische energie uit afvalwater (TEA)

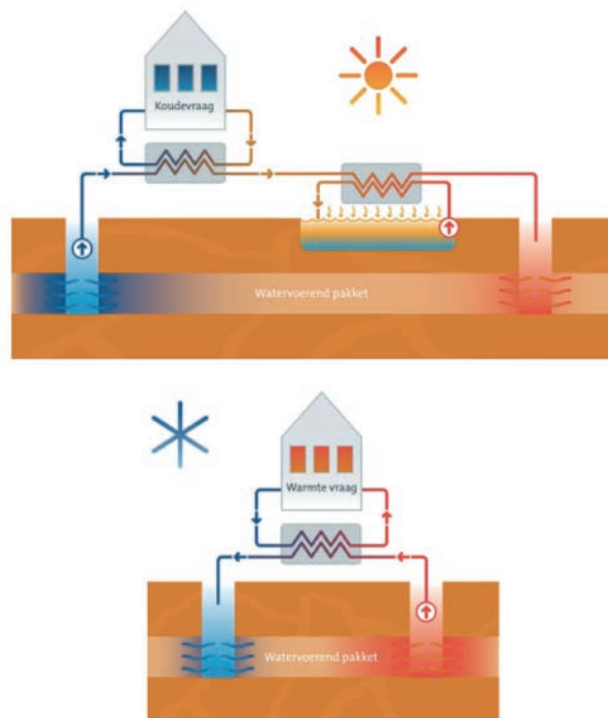
Uit het afvalwater in het rioolsysteem kan warmte worden gewonnen; riothermie, of thermische energie uit afvalwater (TEA); zie figuur 7. Volgens de kansenkaart Riothermie, opgesteld door Syntraal voor de gemeente Haarlem is riothermie goed voor het verwarmen van 4% van de woningen. Vanwege de lage temperatuur van de warmte, is de warmte alleen geschikt voor zeer goed geïsoleerde woningen en gebouwen. De kansen van riothermie liggen voornamelijk bij nieuwbouwprojecten van woningen en utiliteitsgebouwen. Volgens Tauw betekent dit dat ongeveer 3000 nieuwbouwwoningen, mits juist verdeeld over de rioolstrengen, voorzien kunnen worden van warmte uit de riolering.



Figuur 7: Principe riothermie.

3.4. Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO)

In dit systeem wordt in de zomer water uit het oppervlaktewater middels een pomp en warmtewisselaar met enkele graden (3 tot 6°C) afgekoeld. Deze warmte wordt opgeslagen in een WKO-systeem. In de winter wordt de warmte uit de WKO met een centrale warmtepomp opgewaardeerd naar circa 70°C. Deze warmte wordt met een warmtenet gedistribueerd aan de afnemers. Met deze temperatuur kunnen gebouwen worden verwarmd en van warm tapwater worden voorzien; zie figuur 8.



Figuur 8: Principe thermische energie uit oppervlaktewater.

Volgens een studie van CE Delft en Deltares heeft TEO (of ook wel Aquathermie genoemd) een economisch potentieel van 40% van de totale toekomstige warmtevraag in de gebouwde omgeving (woningen en gebouwen) in ons land.

Om het potentieel van TEO te bepalen, zijn drie criteria van belang:

1. Het warmtevraaggebied moet geschikt zijn voor een warmtenet.
2. De afstand van het waterlichaam waar warmte uitgehaald kan worden is maximaal 5 km.
3. De ondergrond moet geschikt zijn om als warmtebuffer op te treden om de warmte uit de zomer in op te slaan, zodat deze in de winter gebruikt kan worden.

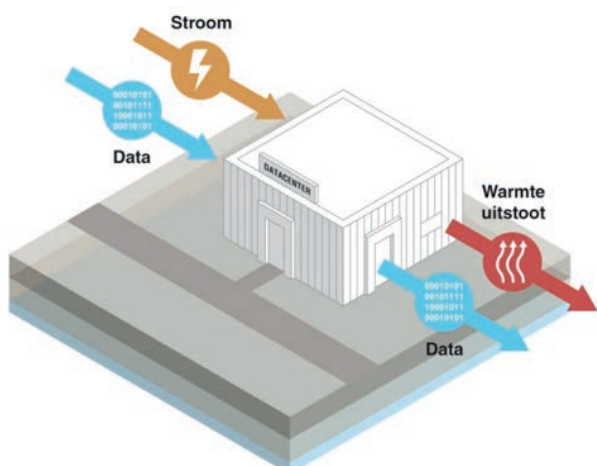
Door de aanwezigheid van stromend oppervlaktewater in en rondom Haarlem (Spaarne, Leidsevaart, ringvaart, de Liede, Mooie Nel) kan aquathermie interessant zijn voor Haarlem. Aquathermie is vooral een optie voor goed geïsoleerde gebouwen, die met een lage-temperatuur

systeem verwarmd kunnen worden. Het is daarom met name interessant bij nieuwbouwprojecten en grondige renovaties in de nabijheid van een open wateroppervlakte.

Volgens Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) is de warmtepotentie van 1 m³ oppervlaktewater ongeveer 0,25 GJ per seizoen. In het geval van het Spaarne (lengte 10.000 meter, gemiddelde breedte 30 m, gemiddelde diepte 2,5 meter betekent: 750.000 m³) betekent dit een warmtepotentie van circa 750.000 x 0,25 = 190.000 GJ. Dit zou betekenen dat in 2040 circa 190.000/30,4 = 6200 woningequivalenten (Weq) verwarmd kunnen worden met alleen al het water van de Spaarne.

4 Restwarmte uit datacenters in Haarlem en directe omgeving

In de Waarderpolder is één datacenter van significante omvang (eigenaar: Iron Mountain) aanwezig. Het huidige vermogen van het datacenter is 10 MW. Er wordt gewerkt aan de uitbreiding tot 15 MW. In een datacenter wordt de gebruikte elektriciteit vrijwel volledig omgezet in warmte. Door middel van water- en luchtkoeling wordt de warmte afgevoerd naar de buitenlucht; zie figuur 9. Omdat het data center duurzame elektriciteit gebruikt kan de geproduceerde warmte ook als duurzaam worden aangemerkt.



Figuur 9: Warmte-uitstoot van een datacenter.

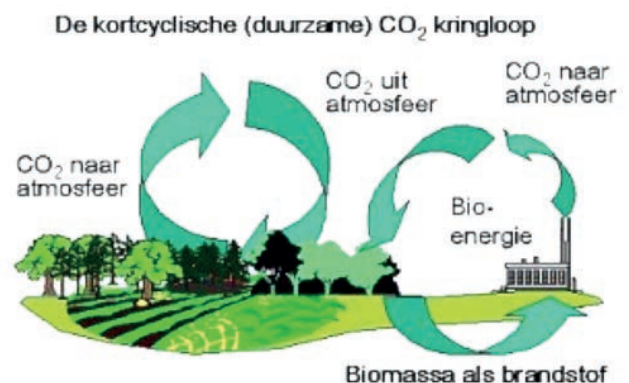
Volgens een studie van EnergyGo ontstaat er op basis van het datacenter in de Waarderpolder met het geplande vermogen van 15 MW een positieve business case indien ongeveer een kwart van de bedrijfspanden in de Waarderpolder voorzien wordt van warmte van het datacenter. Door de aanleg van een lage-temperatuur warmtenet en opwaardering van de warmte naar hogere temperatuur door middel van warmtepompen worden de bedrijfspanden van warmte voorzien. Er is berekend dat het gebruik van 2,4 miljoen m³ aardgas vermeden kan worden. Deze hoeveelheid komt overeen met (2,4 miljoen

m³/780 m³ per woning in 2040) 3.000 woningequivalenten in de toekomst. Effectief wordt hierbij slechts circa 14 % van de totale warmte van het datacenter gebruikt. Door de restwarmte van het datacenter te gebruiken als basislast van een warmtenet voor een veel groter aantal woningequivalenten, kan de restwarmte veel effectiever gebruikt worden. In de pieklast bij koude dagen en als 'startmotor' bij de opbouw van de warmtevraag bij de start van het warmtenet (de zogenaamde volloop periode) kan worden voorzien door centrale ketels, die draaien op bio-energie (bv groen gas).

De bouw van een nieuw datacenter is gepland op bedrijventerrein Polanenpark, bij het Rottepolderplein. Hoewel het beoogde vermogen van het datacenter 60 MW is, wordt aangenomen dat hiervan circa 13 MW continu beschikbaar is als laagwaardige warmte. Op basis van de berekeningen voor het 15 MW datacenter in de Waarderpolder levert de nieuw te bouwen datacenter in het Polanenpark warmte op voor circa 3.000 woningequivalenten.

5 Houtige biomassa (houtsnippen, wortels en stronken)

De verbrandingswarmte van droog hout is 16 MJ/kg. Op basis van de gemiddelde warmtebehoefte van 43,4 GJ per woning, houdt dit in dat er jaarlijks 43.400/16 = 2.7 ton hout(snippen) nodig is om een woning in Haarlem te verwarmen.



Figuur 10: CO₂ neutraal stoken van houtige biomassa.

5.1. Houtige biomassa in Haarlem

Jaarlijks wordt er in Haarlem circa 150 ton onbehandeld - (A-hout) en 2.500 ton behandeld hout (B-hout) door Spaarnelanden verzameld. Voor kleine en middelgrote bio-energiecentrales is schoon A-hout een gebruikelijke brandstof, naast verse houtsnippen uit bos, landschap en groenvoorzieningen. B-hout wordt over het algemeen niet in kleinere en middelgrote installaties (enkele tientallen kW tot enkele MW) toegepast. B-hout wordt hoofdzakelijk verwerkt in de grotere bio-energiecentrales, waarvan er vier in ons land staan. Met de hoeveelheid A-hout

uit Haarlem kunnen $150/2,7 = 50$ woningen volgens de huidige warmtevraag van warmte worden voorzien. Dit komt overeen met minder dan 0,1 % van de Haarlemse woningen en is daarmee verwaarloosbaar klein.

5.2. Houtige biomassa in Nederland.

Volgens een studie van Stichting Probos uit 2018 is er in Nederland een potentieel van 784 kton per jaar aan droge stof houtige biomassa aanwezig. Van het potentieel wordt momenteel 78% benut. Hiervan wordt 51% ($784 \times 0,78 \times 0,51 = 312$ kton) benut in Nederland, de rest wordt geëxporteerd. Volgens Probos is de verwachting dat de

vraag naar lokaal beschikbare houtige biomassa in ons land bijna zal verdrievoudigen naar 899 kton droge stof in 2030 en dat de vraag niet verder stijgt richting 2050.

Op basis van de 784 kton beschikbaar in ons land en het feit dat circa 1% van de bevolking in ons land in Haarlem woont, wordt aangenomen dat er in de toekomst hoogstens circa 7800 ton houtige biomassa uit ons land beschikbaar zal zijn voor Haarlem. Als deze hoeveelheid in 2040 volledig ingezet zal worden voor het verwarmen van woningen, zal hiermee circa $7.800/(2,7 \times 0,7) = 4.100$ woningequivalenten van warmte worden voorzien.

Gebruikte literatuur en rapporten

<https://klimaatmonitor.databank.nl/Jive>, RVO, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Geothermal energy Noord-Holland, IF Technology, rapport 21.441/109140/NB, maart 2010.

Beschikbaarheid van Nederlandse verse houtige biomassa in 2030 en 2050, Stichting Probos, Wageningen, juni 2018.

Routekaart Hernieuwbaar Gas, De Gemeyn, ECN, Groen Gas Nederland en RVO, juni 2014

Verkenning 2050, Gasunie, januari 2018.

Riothermie kansenkaart Gemeente Haarlem, Syntraal, januari 2019.

Nationaal potentieel van aquathermie, CE Delft en Deltares, september 2018.

Thermische Energie uit Oppervlaktewater, STOWA, Rapport 35, 2017.

Haalbaarheidsstudie restwarmtebenutting Waarderpolder, EnergyGo, oktober 2018.

Masterplan Bodemenergie Waarderpolder, IF Technology, oktober 2011.



**Gemeente
Haarlem**

Dit is een uitgave van gemeente Haarlem,
27 mei 2019

Tekst

Wienand van Dijk en Peter Tromp,

Ontwerp

Studio Nico Swanink

Postbus 511
2003 PB Haarlem
Tel. 14 023

haarlem.nl