

Bijlage 3: Hoe werken de oplossingen?

Er zijn verschillende manieren om huizen en gebouwen te verwarmen zonder het gebruik van aardgas. Bijvoorbeeld door een warmtepomp, warmtenet of groen gas.

Warmtenetten noemen we een collectieve oplossing. In dat geval kan een hele straat, buurt of wijk gebruik maken van dezelfde warmteoplossing. Andere oplossingen zijn individueel, deze bevinden zich in de woningen en gebouwen zelf. De warmtepomp is hier een voorbeeld van.

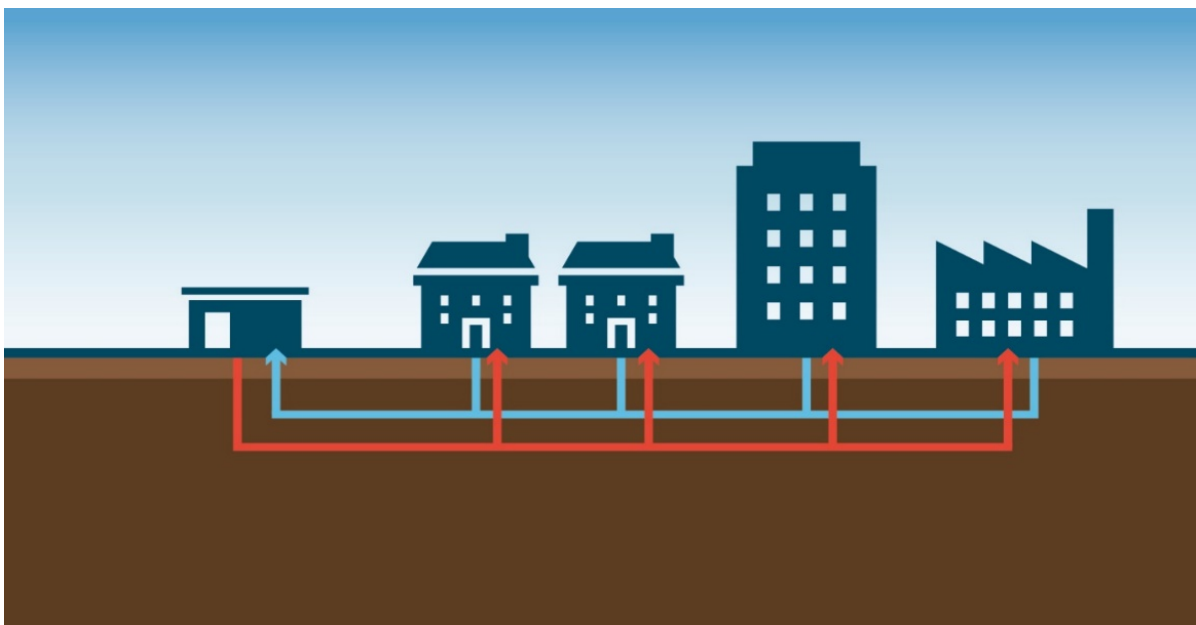
Individuele oplossingen maken wel gebruik van algemene infrastructuur. Warmtepompen benutten het elektriciteitsnet en wordt daarom ook wel *all electric* genoemd, of volledig elektrisch. Groen gas of waterstof kan door het gasnet stromen. We noemen dit daarom hernieuwbare gassen. In tegenstelling tot aardgas zijn deze gassen duurzaam op te wekken. Tot slot is een combinatie mogelijk tussen het gasnet en elektriciteitsnet. Dit noemen wij een hybride oplossing. Meestal bestaat dit uit een combinatie van een elektrische warmtepomp en een cv-ketel op gas.

All electric, hybride en warmtenetten met lage temperatuur warmtebronnen maken gebruik van warmtepompen om warmte op een bruikbare temperatuur te leveren. Dit kost elektriciteit, waardoor extra wind- en zonne-energie nodig is. Ook moet het elektriciteitsnetwerk deze extra vraag aankunnen. Dit kan betekenen dat het netwerk hiervoor verzwakt moet worden. Dit is een belangrijk aandachtspunt bij de ontwikkeling van duurzame warmteoplossingen, omdat het aanpassen van het netwerk erg kostbaar is.

Hieronder worden de verschillende duurzame oplossingen en warmtebronnen beschreven. Meer informatie is ook te vinden op de website van het [Expertise Centrum Warmte](#).

Warmtenet (collectief)

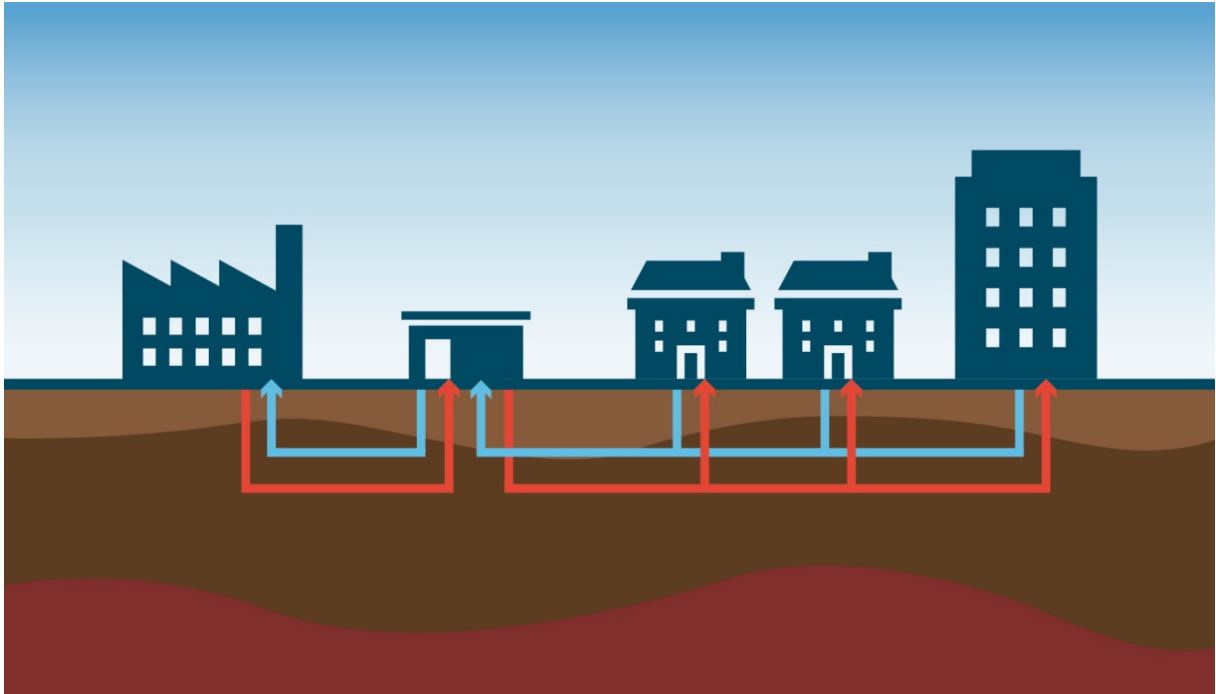
Een warmtenet is een netwerk van leidingen onder de grond waar warm water doorheen stroomt. Dit wordt ook wel stadsverwarming genoemd. Er zijn verschillende warmtebronnen die voor warm water kunnen zorgen. Mogelijke warmtebronnen zijn bijvoorbeeld restwarmte, biomassa, geothermie (aardwarmte) of aquathermie (warmte uit oppervlaktewater, afvalwater of leidingwater).



Figuur 1 - Afbeelding van een warmtenet

Restwarmte (in combinatie met een warmtenet)

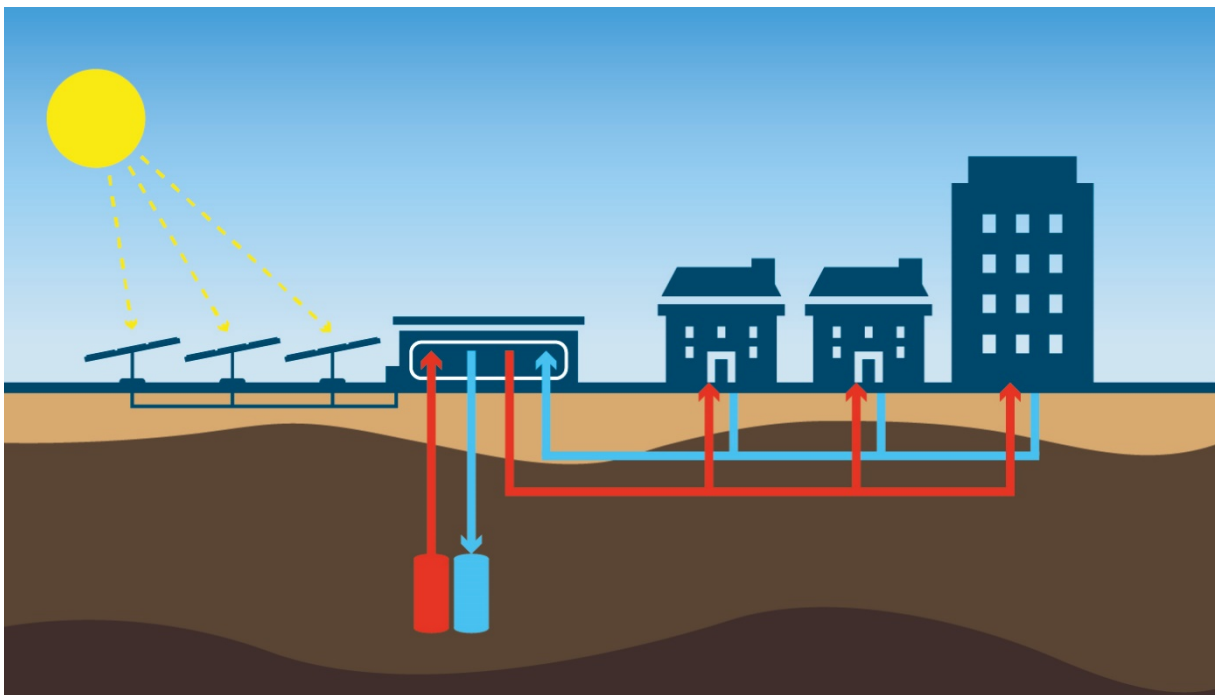
Restwarmte komt vrij bij een productieproces en wordt vervolgens via een warmtenet getransporteerd naar de gebouwen. Restwarmte is warmte die over is en niet meer binnen het bedrijf zelf kan worden gebruikt.



Figuur 2 - Afbeelding van een warmtenet i.c.m. restwarmte

Zonthermie (in combinatie met een warmtenet)

Zonthermie is het winnen van zonnewarmte. Via zonnecollectoren op daken of zelfs zonneweides kan extra duurzame warmte opgewekt worden voor het netwerk. Omdat deze warmte vooral in de zomer



Figuur 3 - Afbeelding van een warmtenet i.c.m. zonthermie

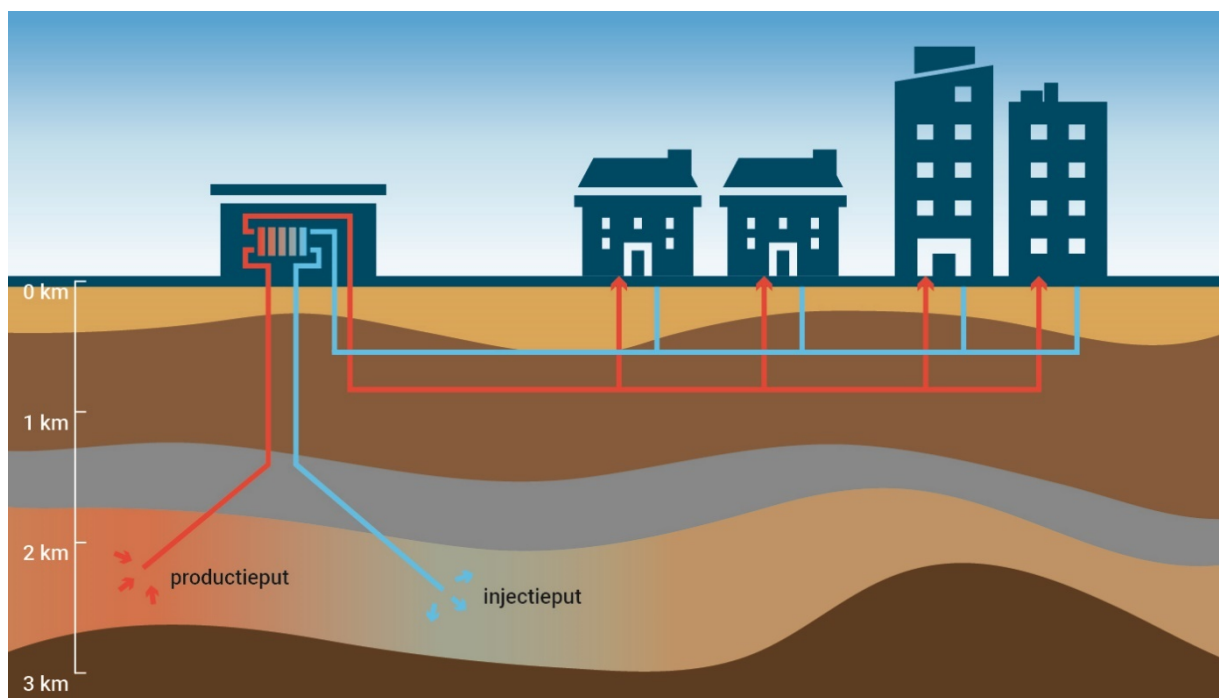
beschikbaar komt, combineert dit goed met een Warmte-Koude-Opslag. Zo kan de energie opgeslagen worden en in de winter worden gebruikt. Op dit moment is zonthermie vooral een mogelijke aanvulling op andere warmtebronnen.

Geothermie (in combinatie met een warmtenet)

Geothermie, ook vaak 'aardwarmte' genoemd, maakt gebruik van warmte uit de grond. Bij warmtewinning van het maaiveld tot 500 meter diepte spreken we over bodemenergie. Geothermie is de benutting van warmte uit de ondergrond vanaf 500 meter en dieper. Om het warme water te kunnen winnen, moeten er twee putten worden geboord: een productieput en een injectieput. Het boren van een put is kostbaar (een enkele boring kost al gauw 2 tot 5 miljoen euro). Minder diep boren kan in sommige gevallen (ondiepe geothermie), maar levert ook minder warmte.

Gezien de hoge kosten is er ook een aanzienlijke warmteafzet nodig om de investering terug te verdienen. Dit maakt dat je moeilijk stapsgewijs een warmtenet kan laten groeien. Het is vaak een grote, kostbare operatie. Naast de schaal van deze projecten speelt ook de geschiktheid van de ondergrond een belangrijke rol. Door middel van metingen (seismiek) aan het aardoppervlakte krijgen we een beeld van de ondergrond. De kenmerken en mogelijkheden van de put worden pas echt bekend na een proefboring.

Op dit moment heeft een geothermieproject alleen kans van slagen als er ook een aanzienlijke zekerheid is over de warmteopbrengst (bodem) en warmteafname. Als een van deze twee onzeker lijkt, dan zijn de risico's en benodigde risicopremies voor geothermie te hoog.



Figuur 4 - Afbeelding van een warmtenet i.c.m. geothermie

Aquathermie (in combinatie met een warmtenet)

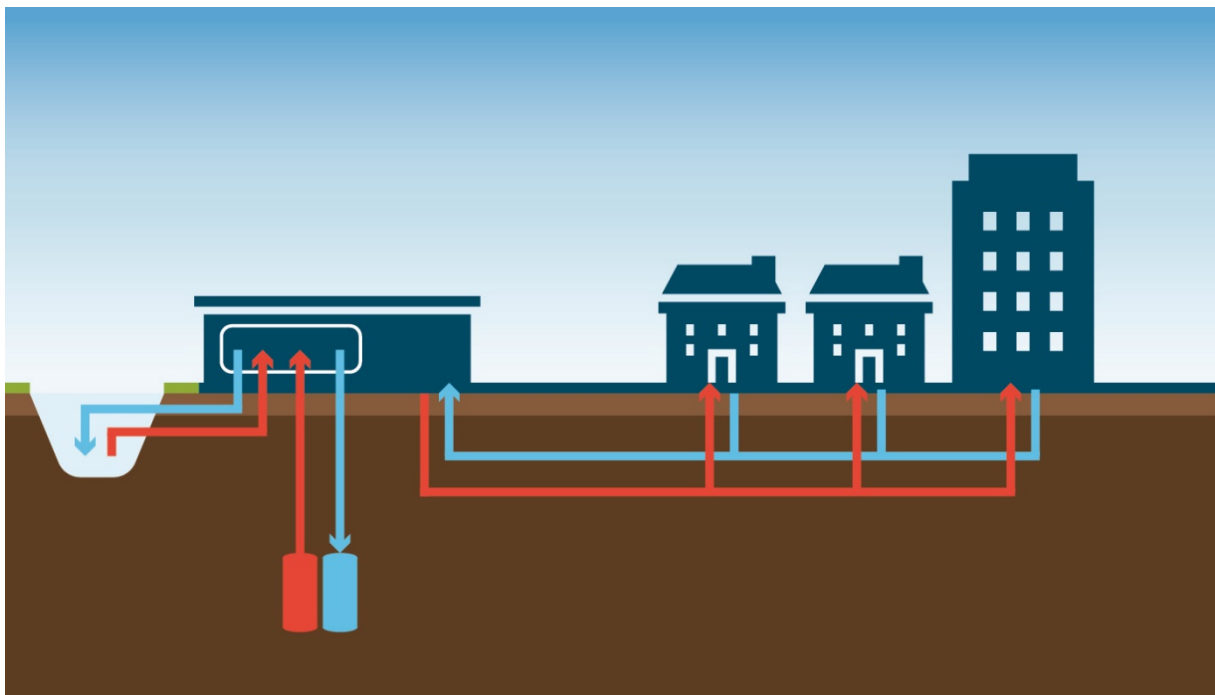
Oppervlaktewater en afvalwater zijn twee warmtebronnen die steeds vaker worden gebruikt voor warmtenetten. Deze bronnen, en dan met name het oppervlaktewater (rivieren, meren) zijn in Nederland altijd en veelvuldig aanwezig waardoor de continuïteit voor de lange termijn is gegarandeerd. Ook drinkwater(leidingen) wordt als mogelijke warmtebron gezien.

Aquathermie levert, vanwege de relatief lage watertemperatuur, een lage temperatuur voor de verwarming van gebouwen. Er is daarom een warmtepomp nodig om de warmte naar een bruikbare temperatuur te brengen. Dit kan ook betekenen dat het elektriciteitsnetwerk verzaamd moet worden.

Warmte uit oppervlaktewater

Een aquathermie-systeem dat gebruikt maakt van warmte uit oppervlaktewater, wordt ook wel TEO genoemd: Thermische Energie uit Oppervlaktewater. In dit systeem wordt warmte onttrokken uit het water.

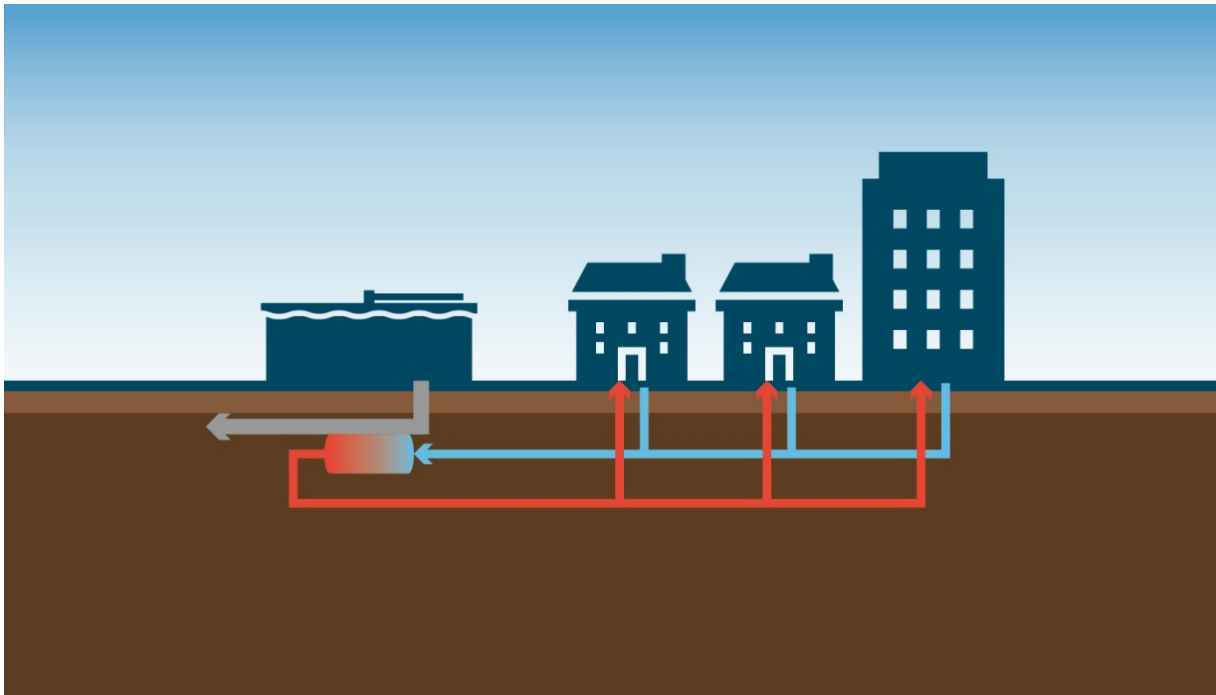
In de praktijk zijn er vaak regels/randvoorwaarden voor het onttrekken van warmte uit de wateren, waardoor de bron (met name in de koudere periode) niet optimaal benut kan worden. Dit maakt dat TEO vaak gecombineerd wordt met een Warmte-Koude Opslag (WKO) of een warmtebuffer.



Figuur 5 - Afbeelding van een warmtenet i.c.m. TEO

Warmte uit afvalwater

Een aquathermie-systeem dat gebruik maakt van warmte uit afvalwater wordt ook wel TEA genoemd: Thermische Energie uit Afvalwater. In dit systeem wordt warmte onttrokken uit rioleringsbuizen of uit

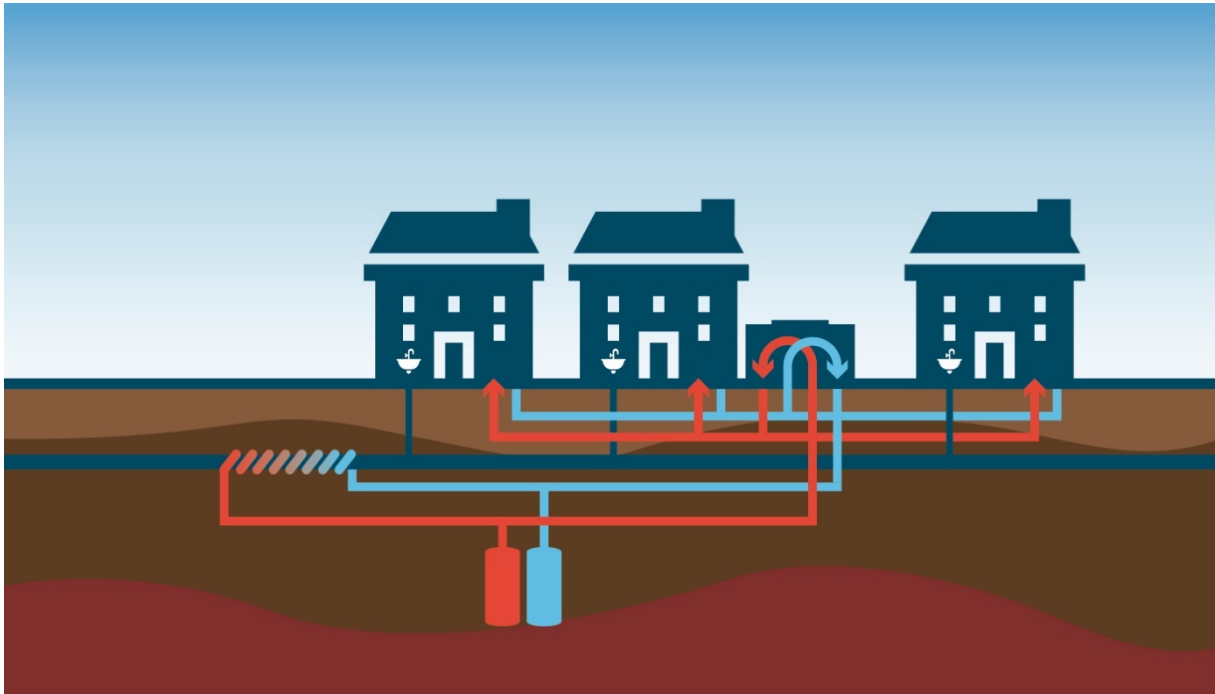


Figuur 6 - Afbeelding van een warmtenet i.c.m. TEA

afvalwater bij een waterzuiveringsinstallatie. In veel gevallen is de temperatuur van de bron (effluent water) hoger dan bij oppervlaktewater. Ook zijn er minder temperatuurschommelingen dan bij oppervlaktewater.

Warmte uit drinkwater

Eén van de vormen van aquathermie is TED; Thermische Energie uit Drinkwater. Warmtewinning uit drinkwater kan een interessante optie kan zijn, vanwege de constante beschikbaarheid van de warmte. Het uitwisselen van warmte met drinkwater is iets eenvoudiger dan bij vuil rioolwater. Omdat het leidingwater een lage temperatuur heeft, wordt het gecombineerd met een warmtepomp.



Figuur 7 - Afbeelding van een warmtenet i.c.m. TED

Warmte Koude Opslag (WKO, in combinatie met een warmtenet)

Een Warmte Koude Opslag (WKO) is geen echte warmtebron, maar een buffer in de bodem om warmte en koude over het jaar in op te slaan. Warmte die in de zomer beschikbaar is, kan in de bodem opgeslagen worden. Denk bijvoorbeeld aan de opgewarmde Arkervaart (aquathermie) of zonnewarmte (zonthermie). Warm water ($15 - 25^{\circ}\text{C}$) wordt via een put in een doorlatende zandsteenlaag gepompt, op enkele tientallen tot honderden meters diepte. In de winter, wanneer deze warmte nodig is, wordt deze weer opgepompt. Meestal wordt een warmtepomp gebruikt om de temperatuur van het water daarna nog verder te verhogen, zodat het gebruikt kan worden om gebouwen te verwarmen.

Hetzelfde proces gebeurt andersom in de winter. Koud water ($7 - 12^{\circ}\text{C}$) wordt in de winter in de bodem opgeslagen en in de zomer gebruikt wanneer er een koelvraag is. Het koude water wordt dan weer opgepompt en gebruikt om gebouwen te koelen. Vooral in combinatie met lage temperatuur warmtebronnen zoals aquathermie en zonthermie is een WKO vaak een belangrijke component in het warmtesysteem.

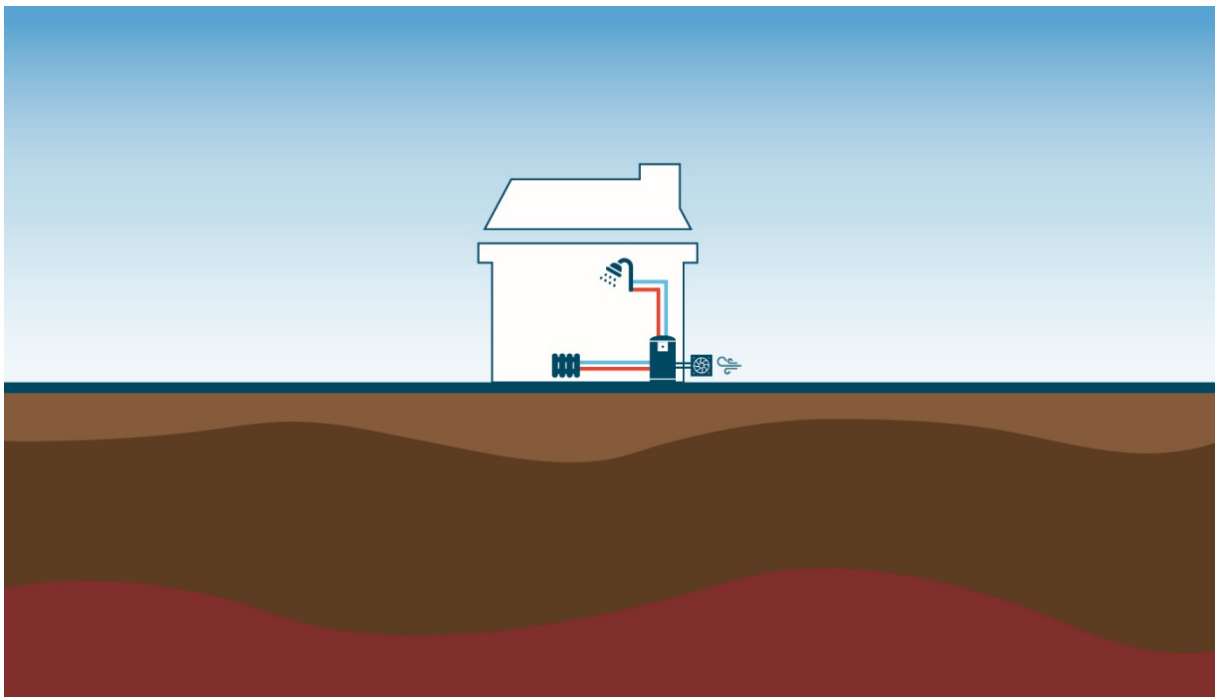
Voor de toepassing van deze vorm van energieopslag in de bodem is in het algemeen een vergunning Grondwaterwet vereist. Daarin wordt onder andere vastgelegd dat er (voldoende) energiebalans in de bodem moet zijn. Het is niet toegestaan in uitsluitingsgebieden zoals grondwaterbeschermingsgebieden.

Warmtepompen (individueel)

Een warmtepomp kan worden gezien als een elektrisch en energiezuinig alternatief voor de traditionele CV-ketel. De oplossing wordt ook wel *all electric* genoemd, omdat er alleen gebruik wordt gemaakt van elektriciteit.

Een warmtepomp onttrekt warmte uit de bodem (bodemwarmtepomp) of de buitenlucht (luchtwarmtepomp) en verwarmt dit verder. Met één deel elektriciteit maakt een warmtepomp twee tot zes delen warmte. De warmtepomp is dus een zeer efficiënte techniek.

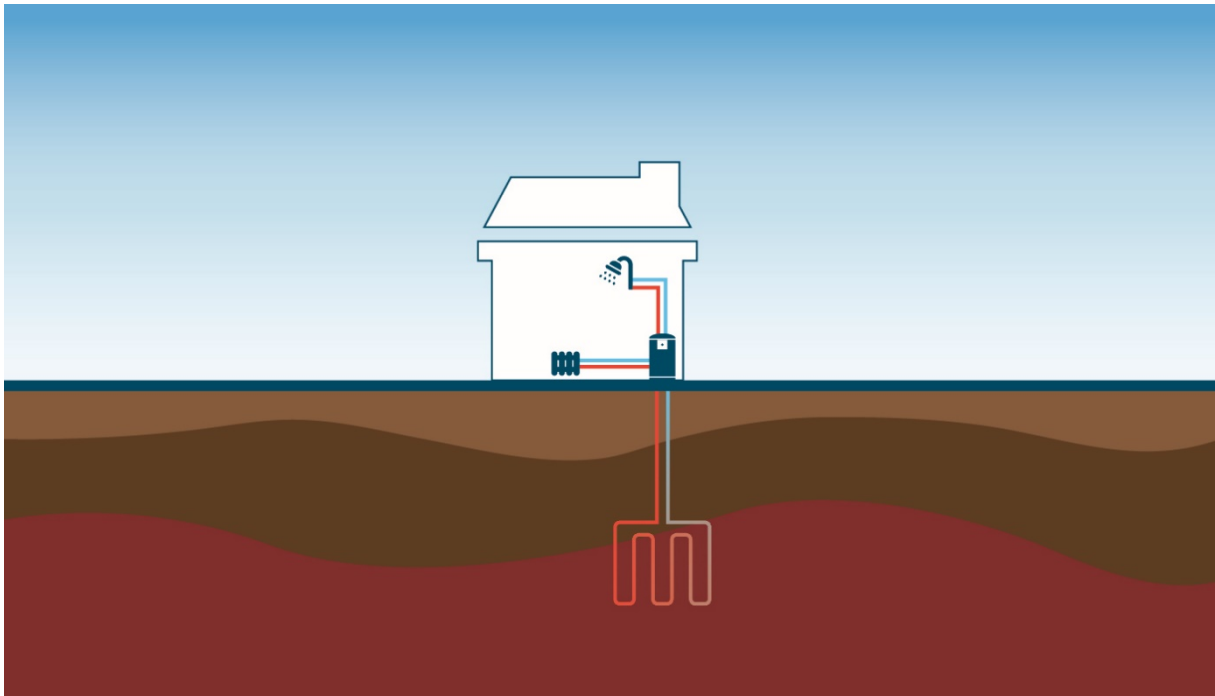
Voor een luchtwarmtepomp is een buitenunit nodig. Dit is een ventilatorkast aan de buitenkant van de woning, net als bij een traditionele airco. Dit heeft invloed op de uitstraling van de woning. De ventilator maakt ook geluid, wat soms als hinderlijk ervaren kan worden. De plek van een buitenunit moet daarom zorgvuldig uitgezocht worden, zie ook de website van [milieucentraal](https://milieucentraal.nl). Ook kunnen er maatregelen genomen worden om de geluidsproductie te verminderen, zoals het plaatsen van een isolerende omkasting op de ventilator.



Figuur 8 - Afbeelding van een woning met een bodemwarmtepomp

Een bodemwarmtepomp is een warmtepompsysteem dat de bodem als warmtebron gebruikt. De warmtepomp maakt gebruik van een zogenaamde 'bodemwarmtewisselaar' om warmte aan de bodem te onttrekken. Dit worden ook wel bodemlussen genoemd. Het is een efficiënte manier van verwarmen. Hiervoor is wel een hogere investering nodig vooraf ten opzichte van een luchtwarmtepomp.

De ondergrond moet ter plaatse van het gebouw wel geschikt zijn. Daarnaast is het soms niet toegestaan om bodemlussen te plaatsen. Dit is bijvoorbeeld het geval in grondwaterbeschermingsgebieden.



Een warmtepomp levert warmte op 30 - 50 °C, dat is aanzienlijk lager dan de circa 80 °C van een HR-ketel. Daarom is het nodig om een gebouw te isoleren tot minimaal schillabel B. Verder is een laagtemperatuur-afgiftesysteem nodig, zoals vloerverwarming en/of lage temperatuur radiatoren/convectoren.

De duurzaamheid van de warmtepomp is afhankelijk van de elektriciteit die gebruikt wordt. Voor een duurzame oplossing is ook duurzame elektriciteit nodig. Lokale opwek (bijvoorbeeld zonnepanelen) draagt bij aan een duurzaam systeem. Een bodemwarmtepomp kan een huis ook efficiënt koelen, met een zeer laag energiegebruik. Hierdoor is een traditionele airconditioner, die doorgaans erg veel energie verbruikt, onnodig. Lucht-waterwarmtepompen kunnen ook koelen, maar verbruiken hiervoor meer energie dan een bodemwarmtepomp.

Warmtepompen kunnen worden ingezet voor een 'all-electric strategie', maar ook voor een hybride systeem, waarbij deels nog (hernieuwbaar) gas wordt gebruikt.

All-electric warmtepompen

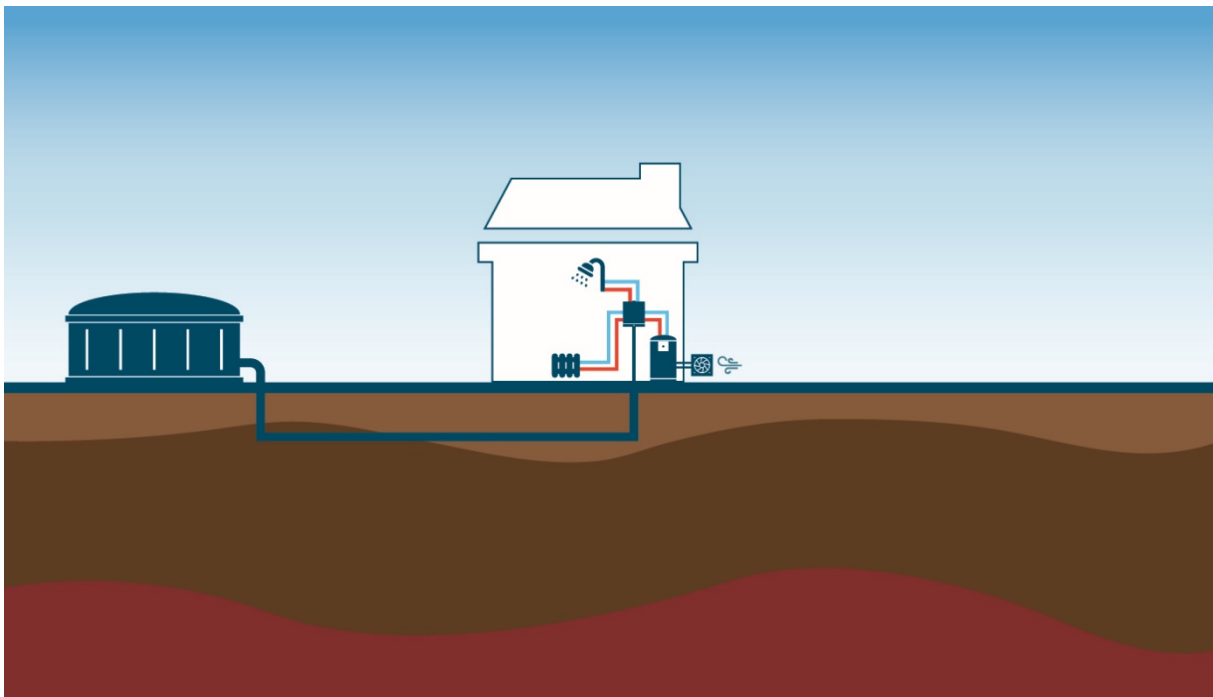
Bij de strategie 'all-electric' wordt per gebouw een elektrische warmtepomp ingezet voor verwarming en warm tapwater. De gebouwen hebben bij deze strategie geen gasaansluiting meer nodig. Deze strategie kan per woning/gebouw worden uitgevoerd, maar ook als collectief systeem, in bijvoorbeeld een appartementencomplex. Als een hele buurt overstapt op elektrische oplossingen kan het nodig zijn om het elektriciteitsnetwerk te verzwaren.

Hybride warmtepompen met duurzaam gas

Een hybride warmtepomp is een warmtepomp die op elektriciteit werkt in combinatie met een HR-ketel op gas. De elektrische warmtepomp levert de basislast van de warmtevraag. Als de warmtepomp niet voldoende warmte kan leveren, bijvoorbeeld in de winter of bij warm tapwater verbruik, neemt de HR-ketel het over. De warmtepomp zal het grootste gedeelte van de warmtevraag gedurende het jaar invullen.

Om dit systeem efficiënt te kunnen toepassen, moeten de gebouwen tot minimaal schillabel D worden geïsoleerd, maar bij voorkeur natuurlijk nog beter. Dit zorgt voor minder verbruik. In het begin kan van aardgas gebruik gemaakt blijven worden. Vanwege de inzet van de efficiënte warmtepomp en de isolatiemaatregelen is al veel minder aardgas nodig en daalt de CO₂-uitstoot van het gebouw flink. Als op termijn hernieuwbare gassen, zoals groen gas of waterstof, beschikbaar komen, kan hierop overgestapt worden. De oplossing wordt dan helemaal zonder uitstoot van CO₂.

Overstappen op een hybride oplossing kan een tussenstap zijn naar een volledig all electric warmtepomp. Inzet van hybride warmtepompen is daarom bijna altijd een goede (tussen)stap voor gebouwen die geen gebruik kunnen maken van warmtenetten. Dit geldt zeker voor oudere gebouwen die moeilijk in een keer naar all electric kunnen gaan.



Figuur 9 - Afbeelding van een woning met een hybride warmtepomp

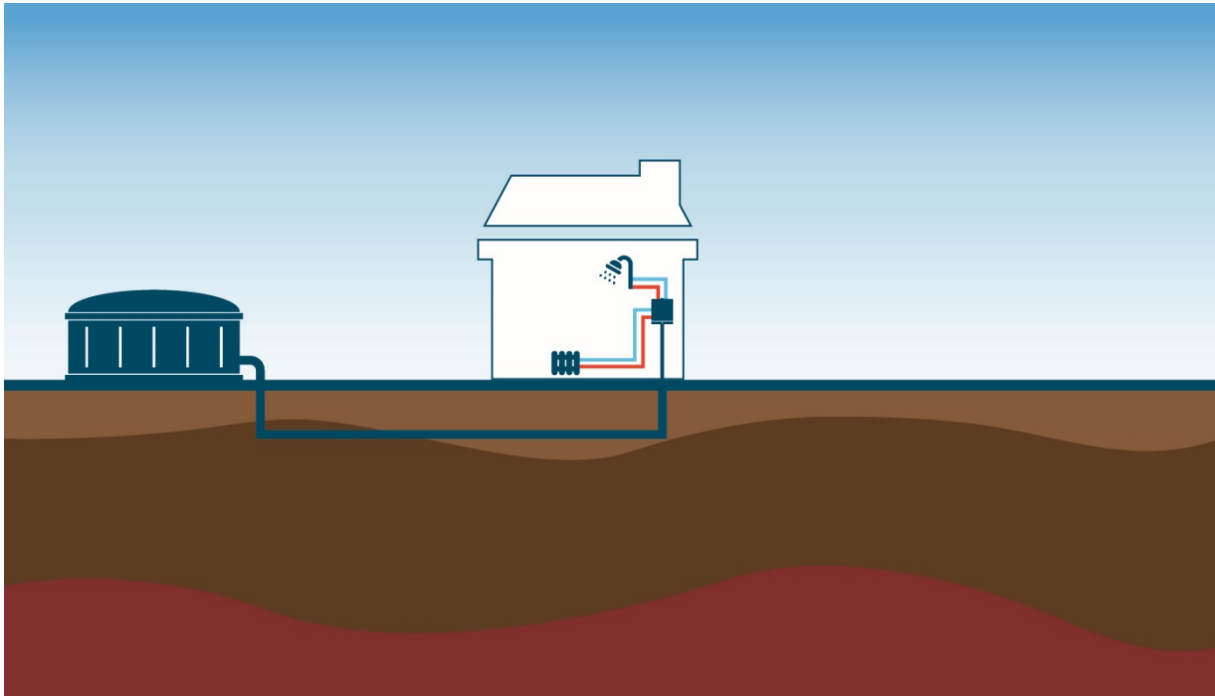
Duurzame gassen

Waterstof is een techniek die nog volop in ontwikkeling is. Waterstof is eigenlijk geen energiebron, maar een energiedrager. Er is dus (ergens anders opgewekte) wind- of zonne-energie nodig om waterstof te produceren. Hierbij gaat ook relatief veel energie verloren. Een efficiënte warmtepomp levert in vergelijking veel meer warmte op voor dezelfde hoeveelheid elektriciteit. Daarom lijkt het niet waarschijnlijk dat waterstof veel gebruikt gaat worden voor het verwarmen van huizen. Aangezien het voorlopig ook maar beperkt beschikbaar is, wordt waterstof vooral ingezet voor de industrie en voor transport. Voor die sectoren bestaat namelijk geen andere oplossing. Voor meer informatie, zie de website van het [Expertise Centrum Warmte](#).

Biogas is gas dat vrijkomt bij vergisting van organisch materiaal, zoals mest en groenafval. Groen gas is biogas dat is opgewaardeerd naar aardgaskwaliteit. Voor gebruik in woningen is groen gas eenvoudiger te gebruiken dan biogas, omdat het dezelfde eigenschappen als aardgas heeft. Hierdoor hoeven de

installaties en apparatuur in woningen en gebouwen niet te worden aangepast. Bij biogas zou dat wel moeten gebeuren.

Groen gas kan overal worden toegepast waar op dit moment ook aardgas gebruikt wordt. Maar op dit moment is de beschikbaarheid van biogas zeer beperkt. Er zal nu en in de toekomst niet genoeg biomassa beschikbaar zijn om alle buurten in Nederland met groen gas te verwarmen. Er moet dus zorgvuldig gekozen worden waar groen gas het beste ingezet kan worden. Het doel is daarom om groen gas alleen in te zetten in buurten waar de andere aardgasvrije strategieën veel duurder of technisch niet haalbaar zijn.



Figuur 10 - Afbeelding van een woning met duurzaam gas