

Auteurs

Anton de Fockert [1], Ruben Cardose [2], Bas Godschalk [3] en Gert Jan de Joode [4]

1. senior adviseur – onderzoeker, Deltares, Hydraulic Engineering
2. adviseur duurzame energieopwekking, Techniplan adviseurs
3. business developer, IF Technology
4. Kennis- en Innovatiemanager, Eteck

Aquathermie door thermische energie uit oppervlaktewater

Thermische energie uit oppervlakte water (TEO) vormt de grootste bron voor aquathermie.[1] Het is een serieus alternatief voor duurzame collectieve warmte in de bestaande bouw, op grote schaal, waarbij gedacht moet worden aan de verwarming van duizenden woningen op middentemperatuur. Eerdere studies laten zien dat TEO zelfs tot 43% kan bijdragen in de totale warmtevraag.[1] In dit artikel wordt de toepassing van TEO in de praktijk beschreven, de randvoorwaarden, ervaringen met bestaande systemen en de kosten. De ervaringen met bestaande toepassingen geeft veel inzicht voor de verdere opschaling van thermische energie uit oppervlaktewater voor het verduurzamen van de warmtevoorziening.

Achtergrond

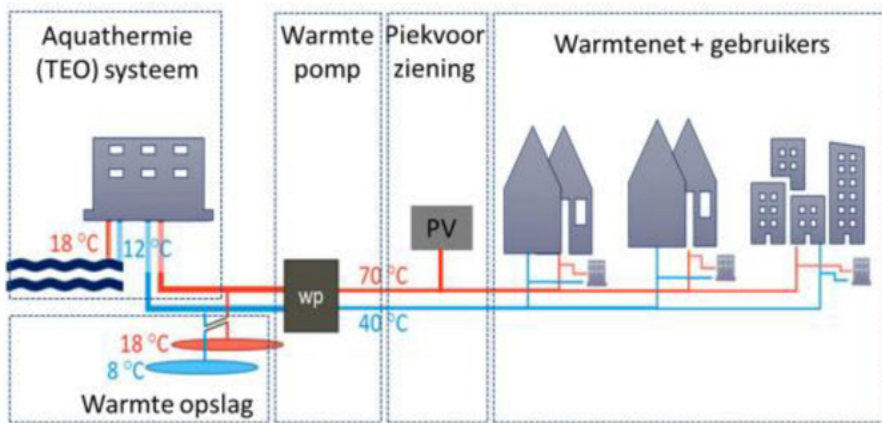
De potentie van aquathermie voor de verduurzaming van de warmtevraag is aanzienlijk en dat geldt zeker voor de potentie van thermische energie uit oppervlaktewater. In dit 2^e artikel van het drieluik over aquathermie ligt de nadruk op de winning van thermische energie uit het oppervlaktewater. Hierbij wordt stil gestaan bij zowel de bestaande technieken die worden toegepast als de ervaringen die ermee zijn. Daarnaast wordt er stil gestaan bij de kostprijs van aquathermie, om ontwikkelaars een duidelijk beeld te geven in hoeverre aquathermie de juiste optie voor de verduurzaming van woonwijken. Uiteindelijk wordt ook nog een doorkijk gegeven naar de grootschalige toepassing van aquathermie. Hierbij is onderzocht hoe een aquathermiesysteem eruit zou zien als de gehele stad Nijmegen van warmte zou worden voorzien vanuit het oppervlaktewater.

Van inname tot bruikbare warmte

Een aquathermiesysteem bestaat uit verschillende onderdelen, die goed op elkaar moeten zijn afgestemd om te functioneren en om er langdurig plezier van te hebben. In het kort werkt het als volgt: via een inlaatsysteem wordt water uit het

oppervlaktewater aangezogen. Het water stroomt door een warmtewisselaar en wordt daarna weer teruggevoerd naar het oppervlaktewater. Bij kleinere systemen kan een warmtewisselaar of koelsysteem direct in het oppervlaktewater worden geplaatst, waardoor er geen inlaatsysteem nodig is. In de warmtewisselaar wordt de warmte of koude overgedragen aan een watercircuit dat of naar de WKO-bronnen stroomt om de warmte of koude daar tijdelijk op te slaan, of rechtstreeks naar de gebruiker gaat (dit kan een woonboot zijn, een gebouw, maar ook een warmtenet in een woonwijk). Bij de gebruiker wordt de koude rechtstreeks gebruikt om mee te koelen en de warmte wordt met behulp van een warmtepomp opgewaardeerd naar een hoger temperatuurniveau om mee te kunnen verwarmen of warm tapwater te maken. Door het slim combineren van functies zijn er nog voldoende ontwikkelmogelijkheden voor de winning van aquathermie. Een mooi voorbeeld hiervan is de energiedamwand die recent de waterinnovatieprijs van de Unie van Waterschappen heeft gewonnen.[2]

Een belangrijk onderdeel van een aquathermiesysteem is de inlaatconstructie. Het aangezogen water kan allerlei verontreinigingen bevatten die een risico vormen voor de bedrijfsvoering. Organisch afval, plastic en hout kunnen worden aangezogen en worden door een grof filter verwijderd. Een fijner filter haalt vervolgens de kleine deeltjes uit het water, zodat schoon water door de warmtewisselaar kan stromen. Omdat het water organismen bevat, is er een kans dat algen en bacteriën in het systeem gaan groeien. Die worden verwijderd door regelmatig het systeem te spoelen. Een inlaatconstructie moet ook berekend zijn op de fluctuaties in het waterniveau en op bijvoorbeeld ijsvorming in de winter. Er zijn verschillende systemen in Nederland gerealiseerd, waardoor er ervaring is in welke constructies goed werken



Figuur 1: Locatie componenten aquathermiesysteem met centrale opwaardering.

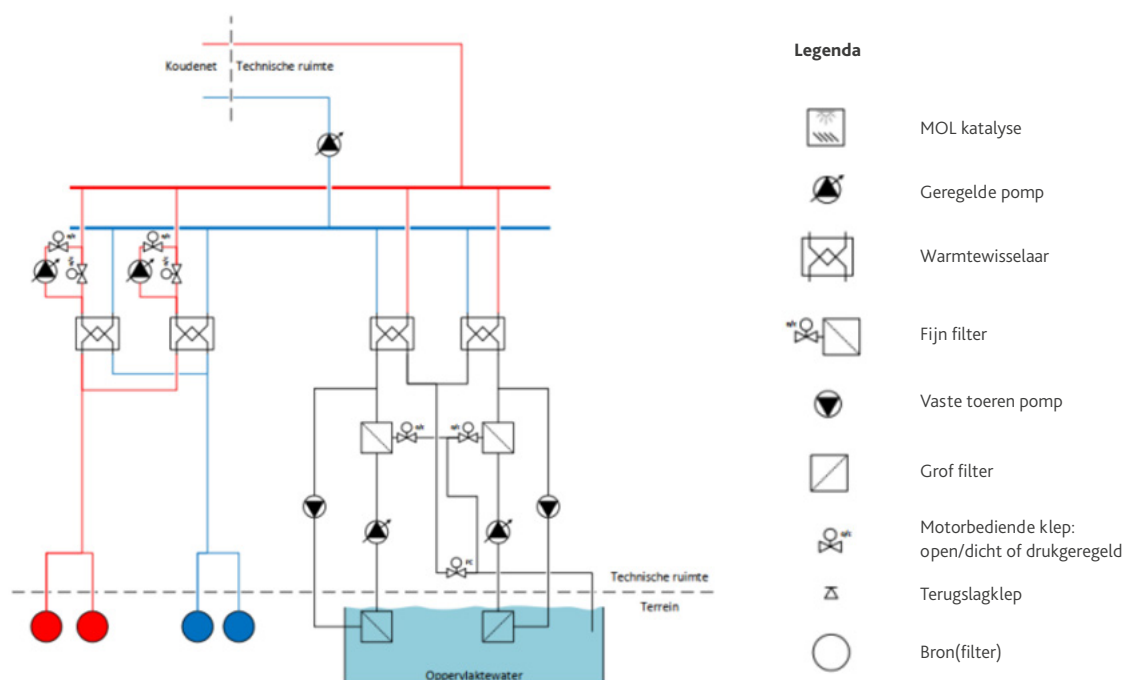
en welke filters je moet toepassen om het systeem betrouwbaar te laten functioneren.

Een tweede onderdeel dat vaak aan een aquathermiesysteem is gekoppeld, is de WKO. Een WKO bestaat uit twee bronnen, een warme en een koude bron. In het ene seizoen wordt warmte opgeslagen, in het andere seizoen de koude. Een soort van thermische accu. De geladen warmte kan afkomstig zijn van het aquathermiesysteem, maar kan ook vanuit het gebouw komen, nadat deze is gekoeld. Het aquathermiesysteem functioneert in dit geval als een warmte of koude bron, waarmee de WKO geladen kan worden om voldoende capaciteit te hebben voor het ontladeseizoen. Ook wordt hiermee een energiebalans in de bodem gecreëerd, zodat de bodem niet sterk afkoelt of opwarmt.

Na de opslag kan de warmte worden gevoed aan een zeer lage temperatuur warmtenet (bronnet) of de temperatuur kan worden opgewarderd met een warmtepomp tot bruikbare warmte voor een lage (25°C - 55°C) of midden-temperatuurnet (55°C - 70°C).[3] Om leveringszekerheid te waarborgen in geval van een grote warmtevraag kan er naast de opwaardering van de warmtepomp ook een piekvoorziening nodig zijn. In het verleden werd hier vaak een gasketel gebruikt als piekvoorziening. Tegenwoordig worden ook alternatieve piekvoorzieningen toegepast zoals elektrische ketels (E-ketels). Deze kunnen door het gebruik van groene stoom weer bijdragen aan de duurzame energiemix.

Technische beschrijving aquathermiesystemen

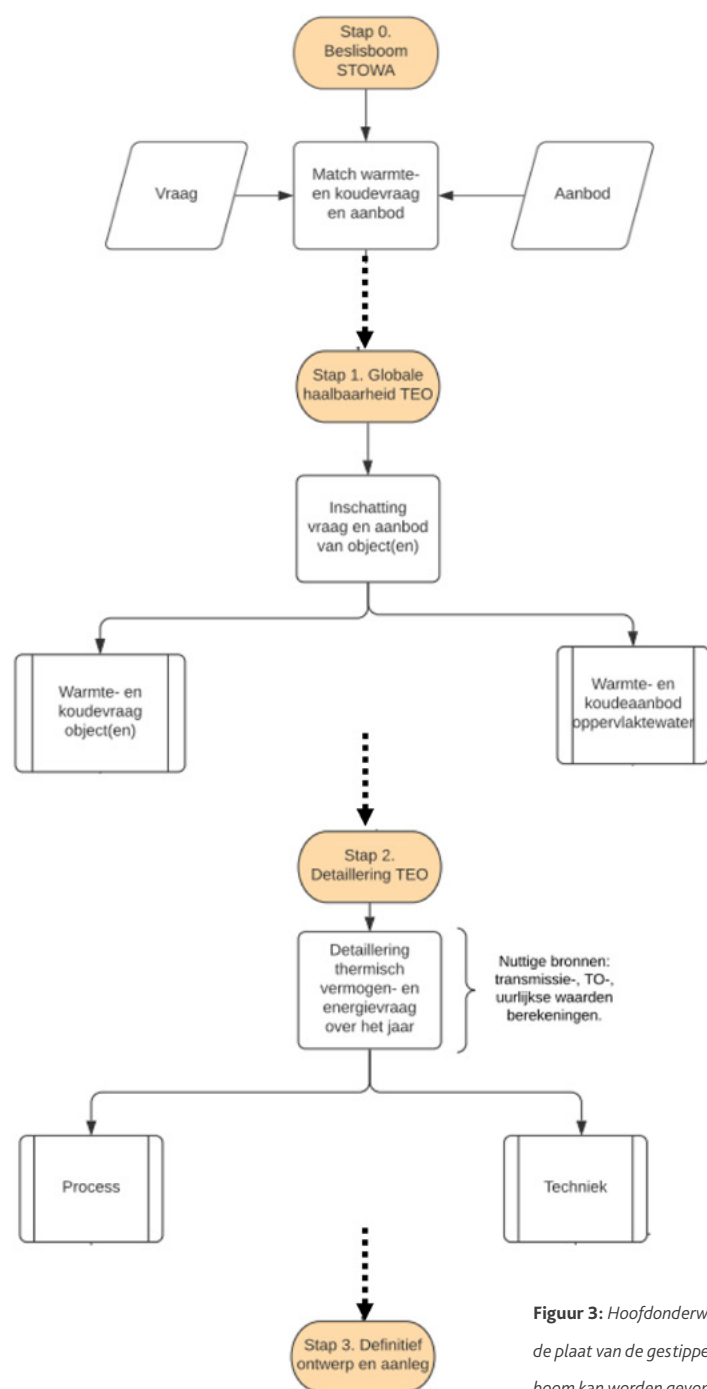
In het WarmingUP kennisprogramma is een overzicht gemaakt van verschillende bestaande aquathermiesystemen op basis van de lijst met bestaande aquathermiesystemen zoals beschreven door het Netwerk



Figuur 2: Voorbeeld van een systemschets van het aquathermiesysteem Houthavens Amsterdam zoals te vinden in de factsheets.

Aquathermie.[4] Voor de systemen waar thermische energie uit het oppervlaktewater wordt gewonnen (TEO) zijn 9 projecten beschreven in de vorm van factsheets.[5] Deze factsheets beschrijven de algemene eigenschappen van het aquathermiesysteem, de technische eigenschappen zoals vermogen, temperatuur winning en eventuele koppeling met een WKO en welke componenten, zoals pompen, filters en warmtewisselaars zijn toegepast. Gezamenlijk geven deze factsheets een duidelijk beeld hoe een aquathermiesysteem is opgebouwd, hoe het kan worden ingepast en wat er bij komt kijken.

Om ontwikkelaars grip te geven op stappen die genomen moeten worden om tot een aquathermiesysteem te komen is er een beslisboom opgesteld. Deze beslisboom gaat in op 1) de globale haalbaarheid van een TEO project met de relatie tussen vraag en aanbod, 2) de detaillering van het systeem waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen het proces en de techniek en 3) het definitieve detailontwerp. In deze beslisboom zijn meerdere links gegeven naar bronnen die in de desbetreffende stappen ondersteunend kunnen zijn.



Figuur 3: Hoofdonderwerpen in beslisboom TEO ontwerp. De detail beslisboom op de plaat van de gestippelde pijlen is weggelaten in dit plaatje. De volledige beslisboom kan worden gevonden op de WarmingUP website.

Voor het detail ontwerp is een ontwerphandleiding geschreven waar specifiek wordt ingegaan op alle componenten die in een aquathermiesysteem beschikbaar zijn. In deze ontwerphandleiding is speciale aandacht gegeven aan het effect van vervuiling van aquathermiesystemen. Door in het ontwerp rekening te houden met aanzuiging van vuil door het aquathermiesysteem kan veel vuil worden buiten gehouden of worden afgevangen en teruggeleid naar het oppervlaktewater. In deze ontwerphandleiding is ook een lijst gegeven van ervaringen met aquathermiesystemen met de daarbij getroffen maatregelen. Deze biedt inspiratie voor het ontwerp en onderhoud van nieuwe aquathermie projecten (de ontwerphandleiding is te vinden op de WarmingUP website [6]).

Ecologische impact van lozingen en op het ontwerp van aquathermiesystemen

Ecologie speelt een belangrijke rol bij aquathermiesystemen. Zeker bij oppervlaktewater installaties waar het water uit wordt onttrokken en waar het in wordt geloosd. Hierbij worden bij aquathermie 2 invloeden beschouwd: 1) de invloed van het aquathermiesysteem op de ecologie door de inname en lozing van het water en 2) de invloed van de ecologie op het aquathermiesysteem door inzuiging van vuil wat eventueel kan leiden tot vervuiling van het systeem.

Voor de eerste stap is het belangrijk dat de effecten worden gemonitord. Afhankelijk van de grootte van het aquathermiesysteem en de

locatie van de onttrekking kunnen er door gemeenten of de waterbeheerder eisen worden gesteld aan de kwaliteit en temperatuur van het te lozen water.

Hier is een beoordelingskader "koudelozingen" voor beschikbaar op de website van STOWA.[7] Om de ecologische impact op het lokale watersysteem te bepalen kan lokale monitoring worden uitgevoerd. Het "Monitoringsplan Ecologische Effecten Thermische Energie Oppervlaktewater" (te vinden op de WarmingUP website) geeft handvaten voor verschillende manieren en niveaus van monitoring om de effecten te kunnen bepalen.

Aan de hand van de verwachte invloed kan een niveau van monitoring worden toegepast, danwel worden geeïst van beleidsbepalende instanties. Waterschappen en Rijkswaterstaat hebben vaak inzicht in de waterkwaliteit voor aanleg van een TEO systeem. Het is daarom van belang om in een vroeg stadium afstemming te vinden zodat de juiste monitoring plaats vindt om de effecten op de ecologie te kwantificeren.

Om de invloed van de ecologie op de operatie van het aquathermiesysteem te minimaliseren is het ontwerp van het aquathermiesysteem van groot belang. Zoals eerder aangegeven heeft de inlaatconstructie hierin een belangrijke plaats. Door de inlaatconstructie slim te ontwerpen en te positioneren kan er veel vuil buiten de



Figuur 4: KRW monitoringslocaties.

Ervaringen uit de praktijk en historie van aquathermiesystemen

Het toepassen van aquathermie is niet iets van de laatste jaren. Vanaf het moment dat WKO-systemen werden toegepast t.b.v. de woningbouw (vanaf eind jaren 90), werd 'energie uit oppervlaktewater' (EOW) gezien als efficiënte methode om (energetische) balans in de bodem te handhaven en daarmee de warme bron van een WKO-systeem van warmte te voorzien. In de jaren daarvoor, werd WKO (toen KWO genoemd) voornamelijk toegepast in de utiliteitbouw en was er minder sprake van energetische onbalans in de bodem en dus ook geen noodzaak voor regeneratie van de warme bron.

De eerste EOW (tegenwoordig dus TEO) systemen werden eenvoudig aangelegd, waarbij zelfs de waterbeheerder genoeg nam met een melding over het systeem en slecht beperkte voorwaarden stelde aan de inname- en uitstroombouw. Er werd volstaan met een instroombak (taludbak) in de oever met een achterliggende pompput, een zelfreinigend terugspoelfilter, een warmtewisselaar met RVS 316 platen en opnieuw een taludbak als uitstroompunt. Er was begin jaren 2000 niet of nauwelijks aandacht voor positionering van het inname punt, beperking van de vervuiling of optimalisatie van de filtering.

In de loop van de jaren hebben de TEO-systemen zich verder ontwikkeld. Er werd volop aandacht geschonken aan constructie én locatie van het inname- en uitstroompunt. Hiermee werd voorkomen dat drijvend of zwevend vuil (organisch maaisel en/of plastic) in het systeem kwam. Plaats inname punten dus niet in 'dode hoeken' van een watergang en let ook op de overheersende windrichting.

Een ander aspect waar veel aandacht voor moet zijn, is de diepte en wijze van inname van het water. Het maakt echt een verschil (in temperatuur) of de inname van oppervlaktewater uit de bovenste 20 cm van een watergang kan plaats vinden of op een diepte van bijv. 50 of 100 cm.

Waar in eerste instantie werd gedacht om het water zo schoon mogelijk te krijgen, is nu het uitgangspunt dat filterdoorlaat en warmtewisselaar op de optredende waterkwaliteit moet zijn afgestemd. Daarbij hoeft niet tot het kleinst optredende deeltje te worden gefilterd. Het (nagenoeg) uifilteren van (al het) microleven of plankton heeft niet zoveel zin, wanneer bacteriegroei alsnog kan plaats vinden in stilstaand oppervlaktewater in een platenwisselaar. Er wordt tegenwoordig bij het ontwerpen vooral gekeken naar functioneel reinigen van de wisselaar in plaats van een zeer fijne filtering, waarbij de ecologie in het water mogelijk ook aangetast wordt. Het voornaamste ontwerp aspect tegenwoordig is dus kennis van de watergang, de waterkwaliteit en ecologie van het oppervlaktewater.

installatie worden gehouden. Het vuil wat toch de installatie inkomt wordt dan afgevangen door de verschillende filterstappen die in het aquathermie worden toegepast. Hierin wordt vaak voorfiltering bij de inlaatconstructie toegepast en wordt de warmtewisselaar beschermd door het fijne filter. Het is vaak niet mogelijk om alle deeltjes uit het water te filteren en hier moet in het ontwerp van de warmtewisselaar en de toe te passen onderhoudsstrategie rekening mee worden gehouden.

Belangrijke kostenparameters aquathermie

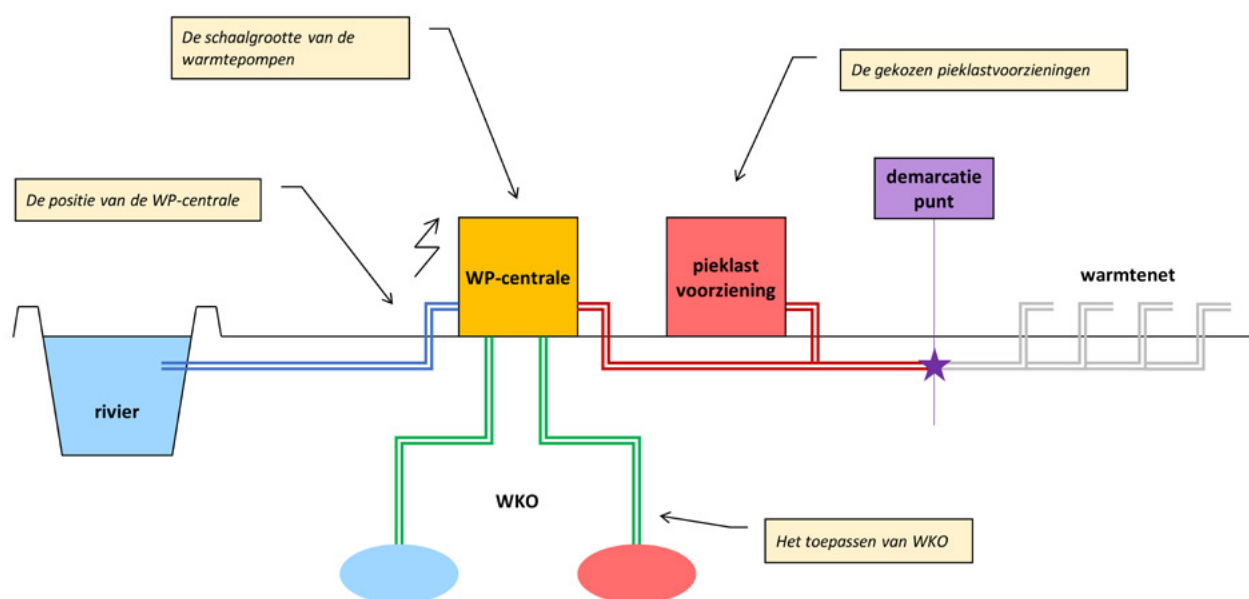
De businesscase van een aquathermie project wordt naast de financiële uitgangspunten vooral bepaald door technische en organisatorische uitgangspunten. Hieronder worden een aantal belangrijke uitgangspunten beschreven, waar in het ontwerp rekening mee gehouden kan worden.

De positie van de energiecentrale ten opzichte van het oppervlaktewater en de lengte van het leidingtracé is een eerste bepalende factor. Langer leidingwerk voor het water of warmtetransport leidt tot substantieel hogere investerings- en exploitatiekosten. Daarom kan de positie voor de warmtepompcentrale het beste dicht bij het oppervlaktewater worden gekozen, door het veel kleinere temperatuurverschil bij het oppervlaktewatersysteem en daardoor grote leidingdiameter zijn deze ongeïsoleerde leidingen nog steeds substantieel duurder dan de geïsoleerde leidingen voor warmtetransport. Optimalisaties van temperatuurtrajecten, leidingdiameters en leidingmateriaal kan de haalbaarheid verbeteren, een belangrijk aandachtspunt daarbij is de

retourtemperatuur van het warmtenet, een verlaging kan leiden tot een substantieel betere business case. Ten slotte is het noodzakelijk om al in een vroeg stadium betrokken stakeholders bij de gekozen locatie te betrekken.

Schaalgrootevoordeel van de warmtepompcentrale vormt een andere belangrijke component voor een aquathermie project. Grootschalige warmtepompcentrales kennen een betere economische haalbaarheid dan minder grootschalige installaties. Optimalisaties kunnen behaald worden door de warmtepompen nauwkeurig af te stemmen op het bijbehorende warmtenet. Op basis van resultaten uit een onderzoek naar de grootschalige haalbaarheid van aquathermie in de Provincie Utrecht kan als ruwe vuistregel worden gehanteerd dat een aquathermie/warmtepompvermogen van circa 30% van het maximale vermogen in het verwarmingsnet een optimale haalbaarheid kent.

De combinatie van aquathermie met bodemenergie (WKO) en/of pieklastvoorzieningen is een essentiële factor voor zowel de economische als technische haalbaarheid. Het toepassen van WKO is voornamelijk cruciaal, omdat er anders een mismatch kan ontstaan tussen vraag en aanbod of onvoldoende capaciteit van alleen het aquathermie systeem. In de winter koelt het oppervlaktewater dusdanig af dat er niet of nauwelijks warmte uit onttrokken kan worden. Met een WKO kan de volledige potentie van het oppervlaktewater benut worden, bij een goede bodemgesteldheid is de terugverdientijd met WKO zelfs beter dan zonder WKO. Bovendien zorgt seizoensopslag voor meer CO₂-reductie, en het is in de huidige regeling zelfs een voorwaarde



Figuur 5: Bepalende factoren voor de businesscase van een aquathermie project met een centrale opwaardering door de warmtepomp.

om SDE++ subsidie aan te vragen. Voor pieklastvoorzieningen geldt in het algemeen dat deze goedkoop in aanschaf moeten zijn. Behalve elektrische ketels zijn er nauwelijks (gasloze) alternatieven die aan deze criteria voldoen.

Haalbaarheid grootschalige toepassing aquathermie

Indien er veel water beschikbaar is, dan kan aquathermie ook op grote schaal worden toegepast. Om te onderzoeken wat de implicaties zijn van deze grootschalige toepassing met aquathermie is er een haalbaarheidsonderzoek geweest voor de stad Nijmegen. Hierbij is onderzocht wat het zou betekenen als heel het gedeelte van Nijmegen beneden de rivier de Waal door aquathermie wordt gevoed.

Omdat Nijmegen zowel oppervlaktewater uit het Maas-Waalkanaal als uit de Waal zou kunnen onttrekken is eerst een inschatting gemaakt naar de potentie van beide bronnen. De energievraag is afgeleid uit het jaarlijkse gasverbruik in de desbetreffende wijken van de stad. Hieruit bleek dat het Maas-Waalkanaal onvoldoende warmte kan leveren en dat de warmtevoorziening dus uit de Waal zou moeten komen.

Om een breed beeld van verschillende aquathermieconfiguraties te onderzoeken zijn drie varianten beschouwd. In de eerste variant wordt de warmte gewonnen en centraal opgewaardeerd, in de tweede variant wordt alles decentraal opgewaardeerd in de buurt van de woningen en in de derde variant is onderzocht of het systeem zou kunnen functioneren zonder het toepassen van een warmte-koude opslag.

Uit deze analyse bleek dat de benodigde hoeveelheid water om heel Nijmegen te verwarmen vergelijkbaar is met het water wat door poldergemalen wordt verpompt. Door de opbouw van de bodem bij Nijmegen is de WKO capaciteit per bron beperkt. Hierdoor zouden er relatief veel bronnen moeten worden geboord wat leidt tot grote WKO velden. De warmtepompen die nodig zouden zijn om de temperatuur op te waarden naar middentemperatuur zijn van realistisch formaat. Voor een situatie met centrale opwaardering moet worden gedacht aan de grootte van een voetbalveld vol met industriële warmtepompen (zie Foto 1). Ten slotte zijn de benodigde leidingdiameters van het warmtenet onderzocht. Deze zijn van realistische grootte en kunnen worden toegepast in de stad.

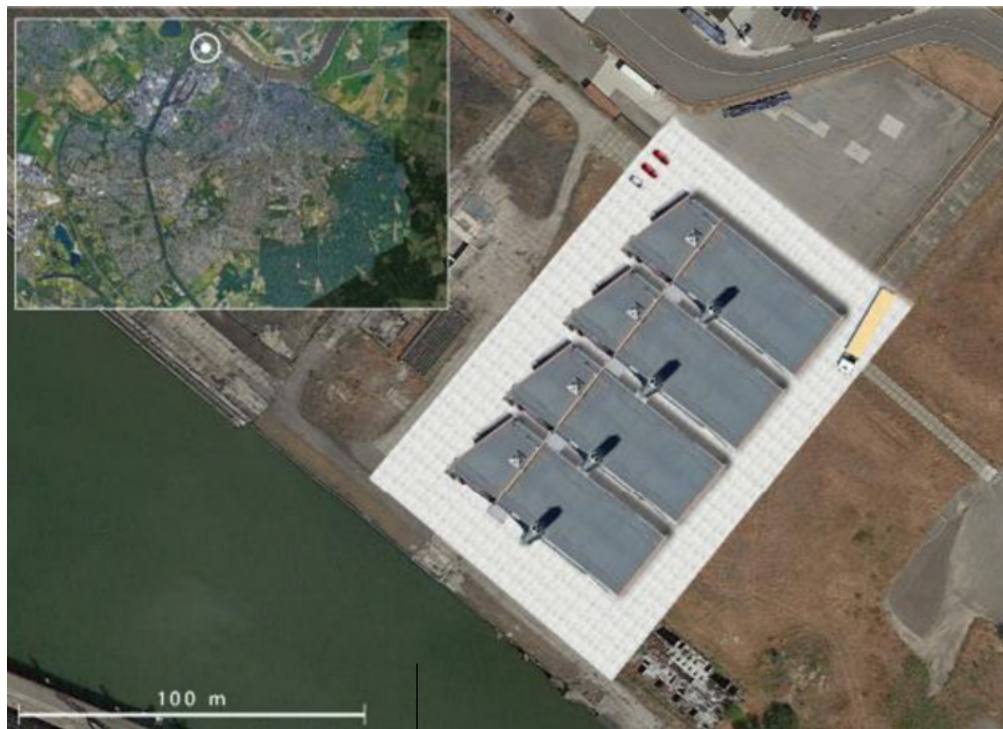


Foto 1: Benodigde warmtepompcentrales ten behoeve van de opwaardering. De vier gebouwen bevatten tezamen de oppervlakte van een voetbalveld.

Uit deze studie blijkt dat er geen onoverkomelijke bezwaren zijn om aquathermie op grote schaal in te kunnen zetten om zelfs hele steden van warmte te kunnen voorzien. Meer informatie over deze analyse is te vinden op de WarmingUP website. [8]

Samenvattend kan worden gesteld dat thermische energie uit oppervlakte een serieus alternatief is voor het verduurzamen van de warmtevraag op zowel kleine, maar zeker ook op grote schaal. De ervaringen met bestaande projecten geven veel inzicht en houvast voor de grootschaligere toepassing van aquathermie uit oppervlaktewater.

In het derde deel van dit drieluik zoomen we verder in op aquathermie uit afvalwater (TEA) en drinkwater (TED), waarbij de techniek van dit soort toepassingen aan bod komt en de kansen en uitdagingen worden geschetst.

Referenties

1. <https://www.ce.nl/publicaties/2171/nationaal-potentieel-van-aquathermie>
2. <https://www.uvw.nl/>
3. <https://www.warmingup.info/documenten/definities-warmtebranche.pdf>
4. <https://www.aquathermie.nl/praktijk/aquathermie+projectenkaart/default.aspx>
5. <https://www.warmingup.info/project/19/3c-techniek-ontwerp-en-kosten>
6. <https://www.warmingup.info/project/19/3c-techniek-ontwerp-en-kosten>
7. <https://www.stowa.nl/nieuws/beoordelingskader-koudelozingen>
8. <https://www.warmingup.info/documenten/grootschalige-aquathermie-realistische-warmteoptie.pdf>