

RAPPORT

Toekomstbeeld duurzame warmtebronnen WZL

Verkenning van bronnen als alternatief voor Chemelot
warmte

Klant: WZL

Referentie: BJ2985-IB-RP-230515-1705

Status: Definitief/01

Datum: 21 juni 2023

Projectgerelateerd

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Netherlands
Industry & Buildings

+31 88 348 70 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Toekomstbeeld duurzame warmtebronnen WZL

Sub titel: Verkenning van bronnen als alternatief voor Chemelot warmte
Referentie: BJ2985-IB-RP-230515-1705
Uw kenmerk Uitvraag 22 februari 2023
Status: Definitief/01
Datum: 21 juni 2023
Projectnaam: WZL Warmte
Projectnummer: BJ2985
Auteur(s): *****, *****, *****

Opgesteld door: *****

Gecontroleerd door: *****

Datum: 21 juni 2023

Goedgekeurd door: *****

Datum: 21 juni 2023

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veeleenvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Bodemenergie, tot 500 m diep	5
2.1	Warmte koude opslag in aquifer	5
2.2	Mijnwater	6
3	Geothermie	10
3.1	Algemeen	10
3.2	Ondiepe geothermie, 500 tot 1.500 m diep	10
3.3	Diepe geothermie, 1.500 tot 4.000 m diep	11
3.4	Ultradiepe geothermie, vanaf 4.000 m diep	13
3.5	Gesloten geothermie, Eavor-Loop, 500 tot 2.000 m diep	13
4	Zonthermie	15
5	Aquathermie	17
5.1	Thermische energie oppervlaktewater, TEO	17
5.2	Thermische energie uit afvalwater, TEA	19
5.3	Thermische energie drinkwater, TED	20
6	Restwarmte	21
6.1	Waterstof gerelateerde restwarmte	21
6.2	Biobased gerelateerde restwarmte	22
6.3	FUREC	23
6.4	Kernenergie	24
7	Bio-energie	26
7.1	Vaste biomassa	26
7.2	Biogas, syngas en groen gas	29
7.3	Vloeibare biomassa	29
7.4	RWZI-slib	29
8	Conclusies en aanbeveling	31

1 Inleiding

Het toekomstbeeld van duurzame warmtebronnen voor het Warmtenet Zuid-Limburg (WZL) is in kaart gebracht. Dit als mogelijk alternatief voor de restwarmte die door Chemelot aan WZL geleverd kan worden.

Uw vraag: Een duidelijk beeld van duurzame warmtebronnen WZL als alternatief voor restwarmte

Een duidelijk en onderbouwd toekomstbeeld over de beschikbaarheid van duurzame warmtebronnen vinden wij net als u van strategisch belang om tot een weloverwogen besluit te komen rondom de aanleg van een regionaal warmtenet. Immers, een warmtenet leg je aan voor decennia. Het beeld is nodig omdat alleen bouwen op Chemelot als restwarmtebron te wankel is. Weliswaar is Chemelot een constante factor in Zuid-Limburg, maar de ontwikkelingen rond circulaire economie en de verschuiving naar duurzame energiedragers kunnen maken dat de beschikbaarheid van restwarmte op een schaalgrootte van 200 MWth in gevaar komt. Bronzekerheid is nodig. Inzicht in de 'fall back' mogelijkheden is daarom van belang. Daarmee ontstaat ook de mogelijkheid en de flexibiliteit om de bronnenmix voor de collectieve warmtevoorziening in Zuid-Limburg mee te laten groeien met de tijd om zo afnemers zo duurzaam mogelijk en tegen zo laag mogelijk kosten van warmte te voorzien.

Het resultaat: Inzicht in de (on)mogelijkheden van grootschalige duurzame warmtebronnen WZL

Binnen het beschikbare budget en tijd voeren wij een verkenning uit naar de alternatieve bronnen voor restwarmte. Daarbij bouwen wij voort op de bestaande informatie. Wij bekijken de mogelijkheden van individuele bronnen maar ook als mix om zo optimaal aan te sluiten bij de verwachte warmtevraag. Het gaat om de levering in basislast en middenlast van 200 MWth warmte met een omvang van 3,2 tot 4,3 PJ/jaar. Het zoekgebied van de bronnen beperkt zich tot Zuid-Limburg, het verzorgingsgebied van WZL, waarbij we oog hebben voor de mogelijkheden in de periferie. Het gaat om bronnen die een leveringstemperatuur van 85°C in 2025, aflopend naar 50°C in 2050 mogelijk maken. Wij geven aan wat wij wel, maar ook wat wij niet mogelijk achten.

Werken met longlist in een matrix naar tijdschaal en herkomst van warmtebronnen Bij het karakteriseren van de bronnen gaan wij met de volgende matrix werken, zie ook Tabel 1:

- Bronnen die te ontsluiten zijn voor 2030 versus de lange termijn en meer onzekere bronnen;
- Bronnen die in de regio zelf gelegen zijn versus bronnen die afhankelijk zijn van import.

Tabel 1. Potentiële warmtebronnen die minimaal onderzocht moeten worden

Omschrijving bron	Termijn Tot 2030 en Richting 2050	Herkomst Lokaal / Import
Geothermie, diep en ondiep	Tot 2030	Lokaal
Restwarmte uit waterstofeconomie	Richting 2050	Import
Restwarmte uit biobased economy	Rond 2030	Import
Restwarmte uit nucleaire bronnen	Richting 2050	Import
Warmte uit oppervlaktewater, rivier en grindgaten	Tot 2030	Lokaal
Warmte uit koelwater- en koelluchtbronnen industrie	Tot 2030	Import
Biobased vergassen, RWE Furec	Onbekend	Import
Biobased verbranden, inclusief CCS/U, reststromen biobased economy	Richting 2050	Import
Zonthermie op dak, drijvend en veld	Tot 2030	Lokaal
Overschotten duurzame elektriciteit	Richting 2050	Beide
Warmte in relatie tot mijnbouw, toekomstig en gesloten mijnbouw	Richting 2050	Lokaal
Restwarmte uit duurzame WKK-processen, waaronder Eavor-Loop	Richting 2050	Import

Uit de tabel blijkt dat vele warmtebronnen een importcomponent hebben. Dit houdt in dat voor veel warmtebronnen de grondstoffen niet noodzakelijk vanuit de eigen regio Zuid-Limburg komen. Dankzij biogene, E-based en/of secundaire grondstoffen die worden verwerkt in de regio ontstaat er een warmtebron. Bij geothermie, aquathermie, zonthermie en bij van mijnbouw afgeleide warmte is dit niet het geval.

Toekomstbestendige restwarmte

De industrie is een belangrijke potentiële leverancier van restwarmte. Duidelijk is dat het restwarmte aanbod gaat afnemen als gevolg van energiebesparing en het intern hergebruiken van restwarmte. Duidelijk is ook dat deze warmtebronnen verschuiven van fossiel naar klimaatneutraal. Restwarmte wordt alleen meegenomen in de analyse wanneer deze te herleiden is tot een hernieuwbare bron. In dit geval is restwarmte een duurzame warmtebron. Warmte uit koelwater en koellucht beschouwen wij als een aparte bron. Het is de meest laagwaardige vorm van restwarmte, het gaat om temperaturen onder de 60°C. Het kost geld om zich hiervan te ontdoen. Dit is het verschil met restwarmte bronnen van hogere temperatuur waarbij altijd wel een alternatieve inzetmogelijkheid aanwezig is zoals productie van elektriciteit of inzet in droogprocessen.

Match vraag en aanbod warmte in temperatuur en over de seizoenen

Naast dit onderscheid is het onderscheid naar de temperatuur van de warmtelevering belangrijk. Hoe hoger de temperatuur van de bron hoe beter 'plug & play' mogelijk is. Hoe lager de temperatuur des te groter de op te stellen warmtepompcapaciteit of de noodzaak om een andere hulpwarmtebron in te zetten. Wij streven naar minimale inzet van warmtepompen en hulpwarmtebronnen om op die manier de druk op het elektriciteitsnet te minimaliseren in het kader van de al aanwezige netcongestie. Het belang van het gradueel kunnen laten dalen van de temperatuur van leveren is dan ook groot.

Ook letten wij op de match in tijd, dat is vooral over de seizoenen, tussen de bron en de warmtevraag. Bij het niet matchen wordt de noodzaak van warmteopslag groter, zo ook de inzet van piek en flexibele warmtebronnen. Bij warmteopslag denken wij niet alleen aan Warmte Koude Opslag, maar ook aan Hoge Temperatuur Opslag of andere vormen van grootschalige opslag van warmte. De bruikbaarheid van een bron hangt hier dus mede van af.

Kleinschalige bronnen zijn geen onderwerp van onderzoek

Bronnen die door hun beperkte schaalgrootte geen meerwaarde kunnen bieden in een collectieve warmtevoorziening, in vergelijking met een individuele warmtevoorziening, worden uitgesloten van de longlist. Dit zijn individuele warmtepompen die de bodem, het water of de lucht als warmtebronnen hebben waarbij de warmte direct in een gebouw, een woning of een cluster van gebouwen kan worden afgezet zonder dat transport van warmte over grote afstand nodig is. Het gaat daarbij om bronnen met een vermogen kleiner dan 1 MWth waarbij de warmte in de directe omgeving, dat is binnen enkele 100 m, kan worden afgezet. Het gaat hierbij ook om kleinschalige biobased installaties zoals mono mestvergisting of hout CV-systemen. Zonthermie wordt in dit kader niet als kleinschalig gezien.

Hoogwaardige brandstoffen blijven buiten beschouwing

Het op grote schaal inzetten van hoogwaardige brandstoffen zoals waterstof, allerlei vormen van biogas, synthetische brandstoffen, elektriciteit anders dan via een warmtepomp en vloeibare biobased brandstoffen blijven in dit kader buiten beschouwing. Deze brandstoffen gebruiken voor de verwarming van de gebouwde omgeving is niet de hoogste maatschappelijke toepassing. Hoogwaardige brandstoffen kunnen beter ingezet worden in de industrie en (grootschalige) mobiliteit, omdat daar vaak geen andere alternatieven mogelijk zijn. De nadruk ligt op bronnen die in basis en middenlast kunnen worden ingezet. Hoogwaardige brandstoffen zijn hooguit aanvullend als back up of pieklast warmtevoorziening en dit

volgens op de mogelijkheden die warmteopslag biedt. Overschotten van duurzame elektriciteit kunnen via een warmtepomp of een elektrische ketel hun weg vinden naar WZL.

Nadruk op warmte, koude is bijvangst

De verkenning legt de nadruk op warmtebronnen. Dit neemt niet weg dat wij enige aandacht willen besteden aan de mogelijkheid om ook koude te leveren. Zeker op termijn bij het warmer worden van ons klimaat wordt dit steeds belangrijker. Wij zien het als een pre wanneer het relatief eenvoudig mogelijk is om met een warmtebron ook koude te leveren.

Wanneer is een warmtebron voor WZL gewenst?

Elke duurzame en/of klimaat neutrale warmtebron heeft naast voordelen ook nadelen, geen enkele bron is ideaal. Onderdeel van de 'position paper' zal volgens ons dan ook het aangegeven zijn van de randvoorwaarden waaronder toepassing aanvaardbaar wordt geacht voor WZL. In onze rapportage willen wij dit doen door per bron een eindbeeld te presenteren. Bijvoorbeeld door bij een biobased toepassing aan te geven dat vrijkomende CO₂ wordt afgevangen en dat de koolstof uit de rookgassen wordt gebruikt in een kringloop van groene koolstof. Zo wordt een biobased toepassing CO₂-emissie negatief. Tweede voorbeeld waarbij aquathermie op dusdanige wijze wordt toegepast dat de waterkwaliteit verbeterd en biodiversiteit wordt bevorderd. Kortom wat zijn de meekoppelkansen per bron waardoor bevorderd wordt dat sprake is van een wenselijke toepassing.

Kwalitatief versus kwantitatief

Daar waar het over het potentieel gaat van de warmtebronnen zal de benadering kwantitatief zijn, wij moeten immers vaststellen of vervanging van de 200 MWth Chemelot warmte mogelijk is. Wij gaan op zoek naar een potentieel dat idealiter de 200 MWth vergaand overstijgt, immers op de weg van potentieel naar de harde praktijk vallen bronnen af of valt de productie tegen. Voor het overige zal vooral kwalitatief beschreven worden wat de 'ins & outs' zijn van de warmtebronnen. Binnen het beschikbare budget willen wij maximaal inzicht bieden over de bronnen die binnen de WZL-context veelbelovend zijn en niet.

Rapporteren per bron in een standaard format

Per bron gaan wij in op de volgende zaken voor zover wij de hand weten te leggen op de benodigde informatie:

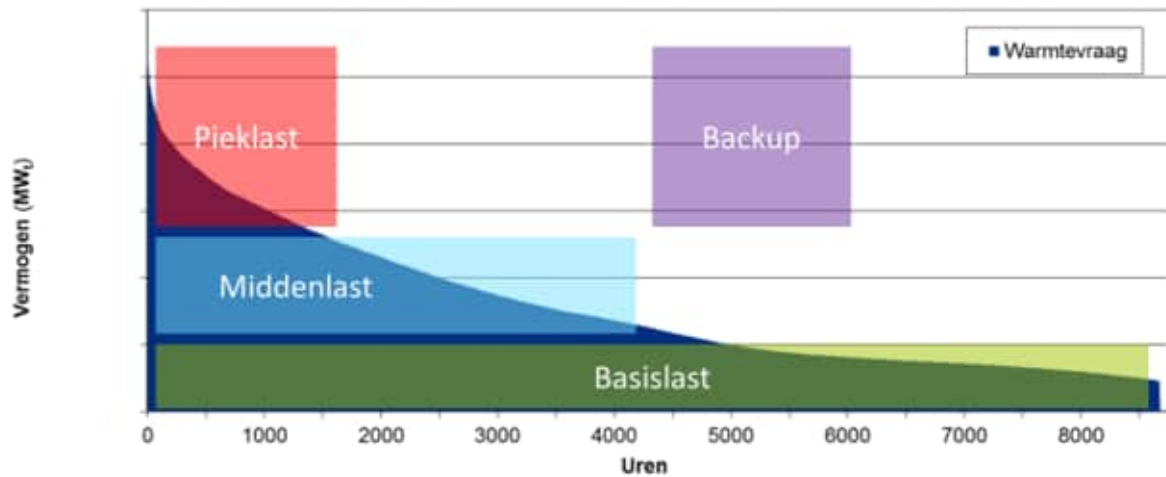
- Beschrijving van de bron, inclusief ligging;
- Potentieel van de bron in MWth en in TJ per jaar, inclusief toekomstbestendigheid;
- Technische uitvoering met aandachtspunten om aan de gevraagde temperatuur te voldoen;
- Verwachte vergunbaarheid en daarbij behorende aandachtspunten;
- Neveneffecten van een bron, zowel in positieve als negatieve zin;
- Betaalbaarheid en betrouwbaarheid van de bron, dit in relatie tot zijn alternatieven;
- Geraadpleegde literatuur, personen en gebruikte modellen voor bronanalyse.

Het gaat daarbij steeds om bronnen die invoeden op het collectieve warmtenet, inclusief de voorzieningen om dit op de juiste temperatuur te doen. Het gaat om bronnen die nu al in de regio liggen of die zich hier naar alle waarschijnlijkheid kunnen vestigen.

In de rapportage zullen wij geen uitspraak doen over de kansrijkheid van de bronnen in brede zin, dit is aan de WZL-werkgroep. Wel bevat het rapport de informatie om de kans van slagen van een bron voor inzet WZL te bepalen.

Nadruk in de verkenning ligt op warmtebronnen die in basislast en middenlast warmte kunnen leveren het hele jaar rond, maar in het bijzonder in de winterdag als de warmtevraag groot is. Naast dit type warmtebron zijn ook pieklast en back up voorzieningen nodig. Deze voorzieningen worden meestal

decentraal aangelegd, verspreid over het gehele warmtenet. Zie ook Figuur 1 voor de rol van de verschillende typen bronnen in de jaarduurcurve warmtevraag.



Figuur 1. Jaarduurcurve collectief warmtesysteem met typen bronnen

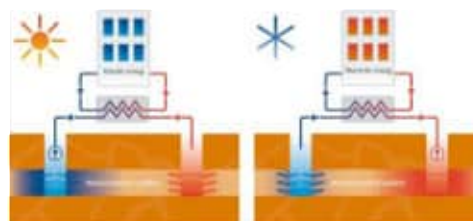
2 Bodemenergie, tot 500 m diep

De aarde als bron van warmte waarbij een warmtepomp wordt ingezet om de warmte op de juiste temperatuur te brengen, zie Figuur 7. Bodemenergie heeft een brongrootte van 100 kWth tot ongeveer 2.000 kWth. Er wordt gebruik gemaakt van een geschikte aquiferlaag op een diepte van 100 tot 200 m. De aanvoertemperatuur is maximaal 15°C. De warmtepomp zorgt dat het water wordt verwarmd naar de voor WZL gewenste temperatuur van 85°C. Om te voorzien in een warmtevraag met een capaciteit van 200 MWth zijn dus meerdere bronnen nodig, orde grootte 100 tot 500 stuks. Idealiter zijn deze bronnen geografisch verdeeld over het verzorgingsgebied. In vergelijking met geothermie is bodemenergie kleiner in schaal grootte en minder kapitaalsintensief. Daar staat tegenover dat bodemenergie in vergelijking met een geothermie relatief veel elektriciteit nodig heeft om een zekere hoeveelheid nuttig warmte te leveren. De COP¹ ligt op tussen de 3 en 5, gezien de temperatuur van 85°C van het WZL net zal de COP eerder bij 3 dan bij 5 liggen. Bij bodemenergie wordt gebruik gemaakt van aquifers. De aquifer wordt gebruikt als Warmte Koude Opslag (WKO), een vorm van seizoensopslag. De WKO moet in de zomer gevuld worden met warmte uit gebouwen, aquathermie, zonthermie of andere bronnen, om deze vervolgens in de winter weer te kunnen inzetten voor verwarming. Het nevenproduct is koude zodat in de zomer ook koeling van gebouwen mogelijk is.

Bodemenergie levert lage temperatuur warmte. Om het systeem zo efficiënt mogelijk te laten werken, en daarmee betaalbaar te laten zijn, is het van belang dat de warmtevraag van woningen laag is. Toepassing in nieuwbouw is dan ook relatief gangbaar. In de bestaande bouw zullen dan ook extra energiebesparende maatregelen moeten worden genomen om levering van warmte op een lage temperatuur mogelijk te maken en te voorzien in een woning die behaaglijk warm is.

Wat is bodemenergie?

- **Bodemenergie** staat synoniem aan **WKO** (warmte-koude-opslag)
- Een WKO slaat energie (warmte) op in **aquifers** in de bodem
- Hoe werkt een WKO?
 - In de **winter** wordt grondwater uit de **warme bron** onttrokken.
 - De **warmte** wordt overgedragen aan een **warmtepomp**
 - Het **afgekoelde water** wordt teruggepompt in de **koude bron**
 - In de **zomer** wordt dit koude water weer opgepompt en opgewarmd via óf wel **passieve koeling** óf wel **regeneratie** door duurzame warmtebron
 - Het **warme** water wordt teruggepompt in de **warme bron**



Het zoneland in Almere (bron: www.siebeswaart.nl)

Figuur 2. Toelichting op betekenis bodemenergie

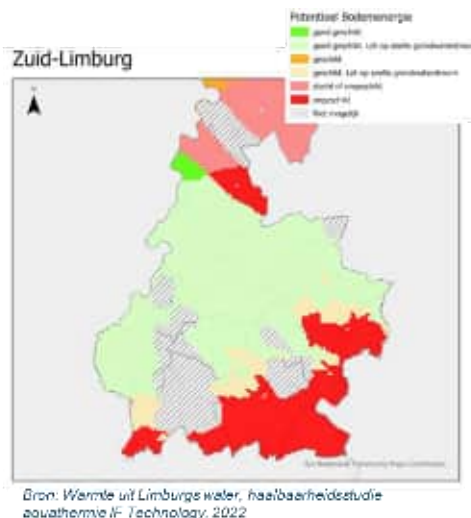
2.1 Warmte koude opslag in aquifer

Figuur 3 geeft aan wat de potentie is van warmte koude opslag met behulp van aquifers is in het WZL-gebied. Er zijn voldoende aquifers aanwezig, maar een aandachtspunt is de snelle grondwaterstroming die in aquifers kan optreden, juist in het WZL-gebied. Deze grondwaterstroming maakt dat de warmte weglekt en er 'kortsluiting' kan ontstaan tussen de warme en de koude put van een WKO-doublet met als gevolg dat de WKO niet meer werkt.

¹ COP: Coefficient of Performance. Factor die aangeeft hoeveel delen nuttige warmte worden geproduceerd met een deel (= 1 kWh) elektriciteit.

Potentie bodemenergie

- Het merendeel van het onderzoeksgebied heeft een **goed geschikte potentie** voor bodemenergie voor toepassing i.c.m. aquathermie
 - Dit betekent dat **aquifers aanwezig** zijn
- Echter het merendeel van het onderzoeksgebied heeft mogelijk een **snelle grondwaterstroming**
 - Advies is om **lokaal** de haalbaarheid te onderzoeken
- In sommige gebieden is een WKO **niet mogelijk** vanwege zwaarder wegende omgevingsbelangen waaronder waterwingebieden, beschermingsgebieden, boringsvrije zones, Natura 2000, etc.
- WKO **vooral** geschikt voor kleinschalige opslag van lokale warmtesystemen



Figuur 3. Potentie van warmte koude opslag WZL-gebied

Vergunbaarheid

Op de website van Rijkswaterstaat staat als antwoord op de vraag: Is warmte/koudeopslag een vergunningplichtige activiteit? *“Voor open bodemenergiesystemen is in de meeste gevallen een Watervergunning nodig. In het Waterbesluit zijn instructievoorschriften opgenomen over de voorschriften die het bevoegd gezag in een watervergunning voor een open bodemenergiesysteem dient op te nemen. Voor een WKO-systeem is géén omgevingsvergunning milieu nodig. Afhankelijk van het soort systeem, de omvang van het systeem en de lozingsroutes kan een omgevingsvergunning beperkte milieutoets nodig zijn. De Besluitvormings Uitvoerings Methode Bodemenergiesystemen is een handig hulpmiddel om te bepalen welke vergunningen en meldingen nodig zijn”².*

Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

Een WKO-systeem kost naar schatting tussen de € 200.000 en € 300.000 per MW aangelegd vermogen. Door warmte van elders te injecteren in de warme bron van het WKO-systeem wordt het systeem steeds opnieuw gebalanceerd. Een WKO-systeem is dus afhankelijk van andere warmtebronnen en daarmee voor zijn betrouwbaarheid ook afhankelijk van andere bronnen. Als seizoensopslag is de betrouwbaarheid van een WKO-systeem goed te noemen, mits de grondwaterstroming niet te hoog is. Dan stroomt alle warmte weer weg.

Conclusie warmte koude opslag. Enigszins kansrijk op korte termijn en lange termijn, maar naar verwachting onvoldoende in capaciteit en plaatsingsmogelijkheden om invulling te geven aan de WZL-warmtevraag van 200 MWth en tot 4,3 PJ. Het is daarmee een aanvullende optie die in het noordelijk en westelijk deel van het WZL-gebied (groene vlakken in Figuur 8) toegepast kan worden, mits de grondwaterstroming gering is.

2.2 Mijnwater

Waar ‘warmte koude opslag’ gebruik maakt van een natuurlijke aquifer, maakt ‘mijnwater warmte en koude’ gebruik van een kunstmatige aquifer. Dat is een ondergronds waterreservoir bestaande uit met grondwater gevulde mijngangen. Deze mijngangen bevinden zich in Zuid-Limburg op enkele honderden meters diepte. Mijnwater is hierdoor eerder te vergelijken met een ondiepe geothermie bron. Juist in het oostelijk deel van het WZL-gebied zijn deze mijngangen aanwezig door het steenkoolverleden. Ook in de buurt van Sittard-Geleen komen mijngangen voor. Mijnwater is dus een optie daar waar traditionele WKO

² *Is warmte/koudeopslag een vergunningplichtige activiteit? - Kenniscentrum InfoMil*

niet mogelijk is en onderwater gelopen gangen aanwezig zijn. Voordeel van mijnwater is dat de mijngangen op een grotere diepte zitten, waardoor de temperatuur van water ook hoger is. Bij mijnwater kan het water in de ondergrond tot 28°C verwarmd zijn, waar dit bij WKO beperkt is tot maximaal 25°C in de meest gunstige omstandigheden. Dit maakt dat de COP van mijnwaterprojecten hoger en dus beter kan zijn dan van traditionele WKO-projecten.

Onderzocht zal nog moeten worden hoeveel en hoe groot de mijngangen zijn en welk vermogen er dus onttrokken kan worden. Ingeschat wordt dat warmte uit de mijngangen een gedeelte van de warmtevraag voor het WZL-gebied kan opvangen. De kosten voor het aanboren van de mijngangen zijn mogelijk wel hoger dan bij bodemenergie of ondiepe geothermie en daarmee wel een kostbare optie. Wel zullen er nog warmtepompen in het warmtesystemen moeten zitten, om de temperatuur op te waardenen naar een bruikbare temperatuur.

In de regio Heerlen/Parkstad is momenteel al een project om warmte uit de mijngangen in te zetten voor een lokaal warmtenet. Dit project kan mogelijk concurrerend zijn.

Conclusie mijnwater warmte en koude. Kansrijk op korte en lange termijn voor juist het noordelijk en oostelijke deel van het WZL-gebied (dit correspondeert met de oostelijke en westelijke mijnstreek). Wel vereist dit extra aandacht voor energiebesparing zodat levering warmte op lagere temperatuur mogelijk wordt en de inzet van warmtepompen beperkt blijft.

Vergunbaarheid

Het gebruik van mijnwater zal naar verwachting (juridisch) gezien worden als een bijzondere vorm van geothermie. Voor geothermie is de Mijnbouwwet van toepassing. Naar verwachting kan de procedure van de opsporingsvergunning achterwege blijven, aangezien de Limburgse mijnen in het verleden reeds zijn opgespoord en geëxploiteerd. Een winningsvergunning zal wel nodig zijn. Ook geldt voor een geothermische boring een m.e.r.-beoordelingsplicht (naar aanleiding waarvan wordt bepaald of een MER benodigd is). Bij een directe lozing van afvalwater op een oppervlaktewater is een vergunning in het kader van de Waterwet nodig. Voor elk bouwwerk is een omgevingsvergunning onderdeel bouw nodig. Tot slot zal voor elke relevante fase een toets moeten worden uitgevoerd op de Wet natuurbescherming, met name of de emissies van stikstof (NO_x en NH₃) leiden tot stikstofdepositie in een Natura 2000-gebied. Dit kan een struikelblok zijn wanneer deze depositie niet verwaarloosbaar is en niet gesaldeerd kan worden met andere activiteiten.

Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

Als mijnwater wordt vergeleken met ondiepe geothermie (basislast), dan is deze optie betaalbaar, maar enigszins aan de hoge kant vergeleken met andere duurzame energieopties. De warmte is continu beschikbaar, wat de betrouwbaarheid hoog maakt.

Waar 'warmte koude opslag' gebruik maakt van een natuurlijke aquifer, maakt 'mijnwater warmte en koude' gebruik van een kunstmatige aquifer, dat is een ondergronds waterreservoir bestaande uit met grondwater gevulde mijngangen. Juist in het oostelijk deel van het WZL-gebied zijn deze mijngangen aanwezig door het steenkool verleden. Mijnwater is dus een optie daar waar traditionele WKO niet mogelijk is en onderwater gelopen gangen aanwezig zijn. Voordeel van mijnwater is ook dat met een hogere temperatuur kan worden gewerkt. Bij mijnwater kan het water in de ondergrond tot 28°C worden verwarmd waar dit bij WKO beperkt is tot ongeveer 15°C. Dit maakt dat de COP van mijnwaterprojecten hoger en dus beter kan zijn dan van traditionele WKO-projecten. Met het Mijnwaterproject in Heerlen wordt sinds 2008 ervaring opgedaan³. Inmiddels hebben Enexis en Enpuls Warmte Infra als aandeelhouder van Mijnwater⁴ het initiatief genomen om het huidige mijnwaterproject in Heerlerheide uit te breiden in de stadsregio Parkstad Limburg^{5 6}, dit met hulp van een subsidie van de provincie Limburg. De potentie die is onderkend in het 'Masterplan Mijnwater' is weergegeven in Figuur 10. Het gaat om de nadere invulling van de warmtevoorziening voor 260.000 inwoners (ruim 100.000 wooneenheden), zie Figuur 11. Het warmteverbruik van de woningen in Parkstad Limburg bedraagt 7,2 PJ per jaar (nulmeting 2011 PALET 1.0 en PALET 3.0⁷



Figuur 10 Potentie van mijnwater als warmtebron in Parkstad Limburg⁸

³ <https://allesoveraardwarmte.nl/aardwarmtewinning-locatie/mijnwaterproject-heerlen/>

⁴ <https://www.enpuls.nl/nieuws/groen-met-een-griffel-voor-mijnwater/>

⁵ <https://stadszaken.nl/artikel/4912/limburgs-warmtenet-met-mijnwater-wil-flink-doorgroeien-met-investering-provincie>

⁶ <https://parkstad-limburg.nl/>

⁷ https://parkstad-limburg.nl/wp-content/uploads/2017/06/PUB_uitvoeringsprogramma-PALET-3.0_definitief-webversie.pdf?x79695&x58031 ... 7,2 PJ wordt ervaren als een relatief hoog warmteverbruik, indicatie meer dan 50 GJ/woning

⁸ <https://www.enexisgroep.nl/media/3452/3-23ava01a-bijlage-abstract-masterplan-mijnwater.pdf>



Figuur 11 Gemeenten in Parkstad Limburg waar Mijwater mogelijk op grote schaal toegepast gaat worden.

Conclusie mijnwater warmte en koude. Kansrijk op korte en lange termijn voor juist het oostelijke deel van het WZL-gebied. Betreft de gemeenten die deel uit maken van de stadsregio Parkstad Limburg. Door het initiatief van Enpuls Warmte en Infra is een belangrijke stap gezet naar het regionaal inzetten van deze warmtebron. Wel vereist dit extra aandacht voor energiebesparing zodat levering warmte op lagere temperatuur mogelijk wordt en de inzet van warmtepompen beperkt blijft.

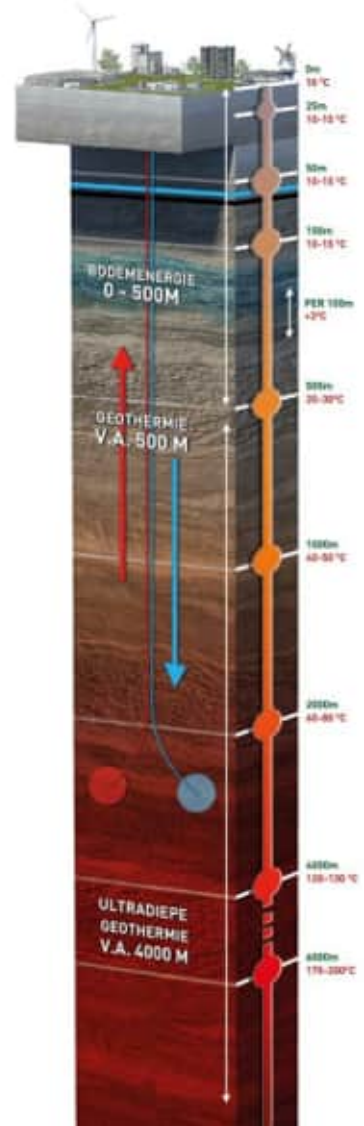
3 Geothermie

3.1 Algemeen

De aarde als bron van warmte waarbij zo nodig een warmtepomp wordt ingezet om de warmte op de juiste temperatuur te brengen, zie Figuur 2. Geothermie heeft een brongrootte van enkele MWth tot ongeveer 20 MWth. Vaak hoe dieper de bron hoe groter het vermogen. Om te voorzien in een warmtevraag met een capaciteit van 200 MWth zijn dus meerdere bronnen nodig, ordegrrootte 20 stuks. Idealiter zijn deze bronnen geografisch verdeeld over het verzorgingsgebied. Geothermie is een kapitaalsintensieve optie die zich laat terugverdienen door in basislast of midlast te draaien. Daar staat tegenover dat geothermie in vergelijking met een warmtepomp relatief weinig elektriciteit nodig heeft om een zekere hoeveelheid nuttige warmte te leveren. Het verschil kan oplopen tot een factor 5. Het nadeel van geothermie is dat deze bron niet 'eeuwigdurend' is. Elke 30 jaar dient de warmtebron geregenereerd te worden. Wat in de praktijk inhoudt, dat de geothermiebron voor een tijdje uitgezet dient te worden, zodat de aarde de thermische balans kan herstellen. Het herstellen van de thermische balans kan ook door warmte van elders te injecteren in de ondergrond.

Wat is geothermie?

- Geothermie is een vorm van **aardwarmte**
- Er wordt onderscheid gemaakt tussen diepe en ondiepe geothermie:
 - **Ondiepe** geothermie vindt plaats tussen de **500 en 1500 m**
 - **Diepe** geothermie vindt plaats **dieper dan 1500m**
- Geothermische systemen maken gebruik van **aquifers**; watervoerende lagen in de ondergrond
- De ondergrond moet **permeabel** zijn om succesvol het warme water te onttrekken
- De ondergrond moet **stabiel** zijn en vrij van **breuklijnen**
- De aquifer moet **voldoende dik** zijn om genoeg debiet te genereren
- Een **productieput onttrekt** het warme water uit de aquifer, een **injectieput brengt** het afgekoelde water **terug** in de ondergrond



Figuur 4. Toelichting op het begrip geothermie⁹

Verschillende vormen van geothermie zijn bekend. Onderscheidend is daarbij vooral de diepte waarop de warmte gewonnen wordt, zie Figuur 2. Hoe dieper hoe warmer, maar ook hoe hoger de investering en vaak ook hoe duurder de warmte. Bronnen zijn dan ook niet dieper dan strikt noodzakelijk om in de warmtevraag te voorzien.

3.2 Ondiepe geothermie, 500 tot 1.500 m diep

Bij ondiepe geothermie wordt warmte onttrokken op een diepte tussen de 500 en 1.500 m op een temperatuur van 40 tot 50°C. Dus er wordt warmte onttrokken uit diepere aardlagen dan bij bodemenergie het geval is. Er wordt dan ook gekeken naar de aanwezigheid van aquifers op een grotere diepte dan bij

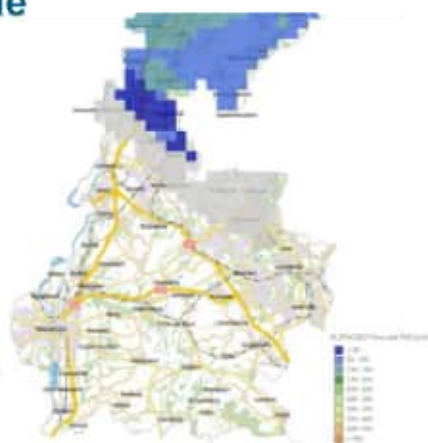
⁹ <https://geothermie.nl/geothermie/wat-is-geothermie/>

bodemenergie het geval is. Veelal zal dan, zo ook bij WZL, de temperatuur verhoogd moeten worden door inzet van een warmtepomp. Het specifieke elektriciteitsverbruik is daarom hoger dan bij diepe geothermie. De brongrootte is overwegend kleiner en ligt in de 5 MWth range. In vergelijking met andere warmtepompconcepten heeft dit concept een hoge COP en daarmee een gunstig elektriciteitsverbruik. Wel brengt deze variant een relatief hoge investering met zich mee. Figuur 5 geeft een overzicht van de potentie van ondiepe geothermie in het WZL-gebied. Hier blijkt de potentie laag te zijn door overwegend ongunstige geologische condities.

Potentie ondiepe geothermie

- Ondiepe geothermie wordt doorgaans geproduceerd uit aquifers van het **Paleoceen**, dat is een relatief jonge geologische tijdsperiode
- In het merendeel van Zuid-Limburg is er **geen geschikte aquifer** aanwezig voor ondiepe geothermie
- Ten noorden van Sittard zijn er aquifers aanwezig, maar het **potentiële debiet is laag**
- Er is een **goede permeabiliteit** van de watervoerende laag, maar de dikte van de aquifer is onvoldoende
- Daarnaast is dit gebied gevoelig voor **natuurlijke seismische activiteit**

Potentieel debiet (P50) in van alle aquifers van het Paleoceen tezamen (bron: ThermoGIS)



Figuur 5. Potentie ondiepe geothermie WZL-gebied

Conclusie ondiepe geothermie. Weinig kansrijk, de geologische condities zijn ongunstig om op grote schaal geothermische warmte te winnen uit de ondiepe ondergrond in het WZL-gebied.

3.3 Diepe geothermie, 1.500 tot 4.000 m diep

Een in Nederland steeds meer gangbare bron van duurzame warmte. De warmte wordt gewonnen op een dusdanige hoge temperatuur (60 tot 80°C) dat deze direct kan worden ingezet. De diepte van de bron is ongeveer 2.000 m. Toepassingen zijn te vinden in de glastuinbouw¹⁰ en in mindere mate in stadsverwarming. Omdat de aanloopkosten hoog zijn is het van belang dat de warmte op volle capaciteit vanaf het moment van inbedrijfstelling kan worden afgenomen. Juist in stadsverwarming blijkt dat moeilijk te zijn, zo is het project Aardwarmte Den Haag al eens failliet gegaan, maar is er inmiddels een succesvolle doorstart gemaakt¹¹.

De condities voor het ontwikkelen van geothermie bronnen in het WZL-gebied zijn ongunstig, zie ook Figuur 6 en Figuur 7.

¹⁰ <https://www.ammerlaan-tgi.nl/nl/aardwarmte>

¹¹ <https://haagse-aardwarmte.nl/>

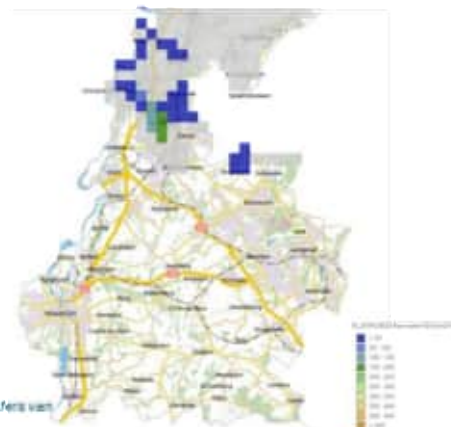


Figuur 6. Geologie in Zuid-Limburg in relatie tot mogelijkheden geothermie

Potentie diepe geothermie

- Diepe geothermie wordt doorgaans gewonnen uit aquifers van het Krijt, Jura, Trias, Perm of Carboon, dit zijn oudere geologische tijdsperiodes. In (Midden- en Noord-)Limburg zijn het Trias en Perm aanwezig
- In het merendeel van Zuid-Limburg is er echter **geen geschikte aquifer** aanwezig voor diepe geothermie
- Rondom Sittard is een geschikte aquifer aanwezig (Trias), maar het **potentiele debiet is laag**
- Er is een **goede permeabiliteit**, maar de dikte van de aquifer is onvoldoende
- Er is een **locatie** die geschikt lijkt (groen), maar deze is dermate **geïsoleerd** en niet in lijn met de omringende gebieden, dat het niet waarschijnlijk lijkt dat hier een grote potentie aanwezig is
- Daarnaast is dit gebied gevoelig voor natuurlijke seismische activiteit

Potentieel debiet (P50) in van alle aquifers van het Trias tezamen (bron: ThermoGIS)



Figuur 7. Potentie diepe geothermie WZL-gebied

De conclusie voor de kansrijkheid voor diepe geothermie is gebaseerd op een interpretatie van de gegevens uit ThermoGIS. Recent is in Nederland het seismologische project SCAN uitgevoerd. Dit project heeft als doel om de 'blinde vlekken' in de ondergrond met betrekking tot de potentie voor geothermie in kaart te brengen. In Zuid-Limburg is er over één lijn (lijn 31) veldonderzoek gedaan. De seismische data van dit veldonderzoek is gepubliceerd en openbaar beschikbaar. Deze data is echter alleen geschikt voor geologen om te interpreteren. De interpretatie van de data over lijn 31 heeft nog niet plaatsgevonden. De meest actuele informatie over de diepe ondergrond is gebundeld in het WARM project in 2022. Deze informatie is ook terug te vinden in ThermoGIS en daarmee hebben wij voor deze conclusie gebruik gemaakt van de meest actuele informatie. Wanneer de seismische data uit het SCAN project geïnterpreteerd is door geologen, kan deze studie herijkt worden.

Conclusie diepe geothermie. Weinig kansrijk, de geologische condities zijn ongunstig om op grote schaal geothermische warmte te winnen uit de diepe ondergrond in het WZL-gebied. Deze conclusie is gebaseerd op de meest actuele informatie uit ThermoGIS.

3.4 Ultradiepe geothermie, vanaf 4.000 m diep

Betreft een geothermie bron op 4.000 m en dieper, afgekort UDG. De temperatuur is dan 120°C of hoger. Toepassing is vooral voorzien in de industrie als alternatief voor de productie van stoom met aardgas. Het initiatief van papierfabriek Parenco¹² in Renkum sluit hierop aan, zo ook het GOUD¹³ initiatief in Utrecht Oost. Beide initiatieven zijn gestopt omdat het als te risicovol wordt gezien. UDG wordt als innovatieve techniek gezien omdat er wereldwijd geen ervaring is met geothermie op deze diepte. In relatie tot WZL-warmte zal de ultradiepe geothermie warmte nooit rechtstreeks gebruikt worden maar in de vorm van restwarmte die vrijkomt bij de industrie. Ultradiepe bronnen hebben naar verwachting een vermogen in de range van 25 tot 50 MWth. Deze bronnen laten zich in het WZL-gebied dan ook alleen combineren met energie intensieve industrie zoals Sappi in Maastricht of de stoom vragende bedrijven op Chemelot.

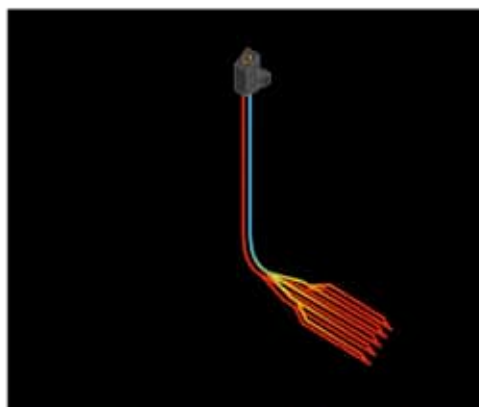
Conclusie ultra diepe geothermie. Weinig kansrijk op korte termijn vanwege innovatieve karakter techniek. Op lange termijn alleen kansrijk met industrie als grootverbruiker van stoom, de restwarmte wordt dan ingezet in stadsverwarming. Maar weinig kansrijk in het WZL-gebied omdat de geologische condities ongunstig zijn om op grote schaal geothermische warmte te winnen uit de ondergrond.

3.5 Gesloten geothermie, Eavor-Loop, 500 tot 2.000 m diep

Gesloten geothermie is een optie in die situatie waar een open systeem dat in verbinding staat met een ondergrondse aquifer niet mogelijk is. Voorgaande paragrafen hebben duidelijk gemaakt dat een open geothermie systeem in het WZL-gebied weinig kansrijk is. Juist hier vormt het gesloten systeem een alternatief¹⁴, zie ook Figuur 8. In het geval van WZL zal de boring niet zo diep hoeven te zijn als de voorgenomen boring van 4.500 m in Geretsried in Duitsland. Een diepte van ruim 2 km zou moeten volstaan om warmte van voldoende hoge temperatuur te kunnen winnen. Wil men ook de industrie van duurzame stoom voorzien, dan is een diepere boring nodig. In een dergelijke situatie is het restwarmte concept van toepassing zoals genoemd in hoofdstuk 6.

Diepe geothermie als gesloten systeem

- Diepe geothermie als gesloten systeem is een technologie in ontwikkeling die **geen water uit de ondergrond onttrekt**
- In principe kan deze technologie daarom **overal** in de ondergrond worden toegepast
- Water stroomt door **afgesloten boringen** naar diepe aardlagen waar het opwarmt en weer naar boven stroomt
- De technologie is nog **niet uitontwikkeld** en wordt nog **niet op grote schaal** toegepast
- Het bedrijf Eavor start met het **eerste gesloten diepe geothermie systeem** in Duitsland. Het project verwacht **8,2 MWe en 64 MWth** aan energie op te leveren en kost ongeveer **€ 200 miljoen euro**. De boring is 4.500 m diep.
- In Nederland zijn verschillende **opsporingsvergunningen** verleend voor gesloten geothermieprojecten, o.a. in Leiden en Purmerend



Schematische visualisatie van gesloten diepe geothermie: de Eavor Loop (bron: Eavor Technologies)

Figuur 8. Beschrijving van Eavor-Loop, een gesloten geothermie systeem

Conclusie gesloten geothermie. Weinig kansrijk op korte termijn vanwege innovatieve karakter techniek. Op lange termijn kansrijk, mede afhankelijk van de eerste grootschalige projecten zoals het

¹² <https://www.ebn.nl/nieuws/koploper-consortium-uit-het-programma-ultradiepe-geothermie-bekend/>

¹³ <https://warmtebron.nu/onderzoek-goud/>

¹⁴ <https://eavor-geretsried.de/en/>

project in Gerietsried (Duitsland). Toepassing techniek is nagenoeg locatie onafhankelijk. Vijf tot 10 bronnen kunnen volstaan om in de WZL-warmtevraag te voorzien van 200 MWth en tot 4,3 PJ.

Vergunbaarheid

Voor geothermie is de Mijnbouwwet van toepassing. In het kader van de Mijnbouwwet is een opsporingsvergunning nodig voordat de eerste boring wordt gedaan. Deze vergunning kan later worden omgezet in een winningsvergunning. Ook geldt voor geothermische boring een MER-beoordelingsplicht (naar aanleiding waarvan wordt bepaald of een MER benodigd is). Bij een directe lozing van afvalwater op een oppervlaktewater is een vergunning in het kader van de Waterwet nodig. Voor elk bouwwerk is een omgevingsvergunning onderdeel bouw nodig. Tot slot zal voor elke relevante fase een toets moeten worden uitgevoerd op de Wet natuurbescherming, met name of de emissies van stikstof (NO_x en NH₃) leiden tot stikstofdepositie in een Natura 2000-gebied. Dit kan een struikelblok zijn wanneer deze depositie niet verwaarloosbaar is en niet gesaldeerd kan worden met andere activiteiten.

Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

Wanneer conform het eindadvies basisbedragen SDE++ 2023 en het bijbehorende Onrendabele-Topmodel¹⁵ wordt uitgegaan van ondiepe geothermie (basislast), dan is deze optie betaalbaar, maar enigszins aan de hoge kant vergeleken met andere duurzame energieopties. De warmte is continu beschikbaar, wat de betrouwbaarheid hoog maakt (uiteraard pas wanneer het systeem al in werking is en voorgaande stappen met succes zijn doorlopen).

¹⁵ [Eindadvies basisbedragen SDE++ 2023 | PBL Planbureau voor de Leefomgeving](#)

4 Zonthermie

De zon als bron van warmte waarbij zo mogelijk seizoensopslag wordt toegepast om warmte geoogst in de zomer in te kunnen zetten in de winter. Onderstaande Figuur 9, Figuur 10, Figuur 11 en Figuur 12 laten zien wat wel en niet mogelijk is met zonthermie in het WZL-gebied.

Wat is zonthermie?

- Zonthermische systemen genereren warmte door de **energie van de zon**
- Dit gebeurt door middel van een zonnecollector of een PVT paneel:
 - Een **zonnecollector** genereert alleen warmte
 - Een **PVT-paneel** genereert warmte en elektriciteit
- In beide systemen verwarmt de zon een **vloeistof** die door buizen in het paneel stromen
- Een **warmtewisselaar** brengt de warmte naar een warmtenet of verwarmingsstelsel in een gebouw
- Gangbaar is om zonthermie direct te benutten in de zomer, vooral voor de warmtevoorziening warm tapwater. Zo is geen seizoensopslag van warmte nodig. Zonthermie werkt daarbij aanvullend op de andere warmtebronnen in het warmtenet.



Het zoneiland in Almere (bron: www.siebeswart.nl)

Figuur 9. Toelichting op betekenis zonthermie

Warmteopslag en –opwerking tot nuttige warmte

- De warmteopbrengst van zonthermische systemen is **hoog in de zomer**, terwijl de warmtevraag dan laag is
- Er is daarom vaak een vorm van **seizoensopslag** nodig in de vorm van **HTO** of **WKO**.
- Mogelijkheden voor Zuid-Limburg zijn bijvoorbeeld opslag in een **WKO** of **PTES** (Pit Thermal Energy Storage)
- Hoge temperatuur opslag (HTO) en WKO lijkt niet kansrijk door de **afwezigheid van geschikte aquifers** in het gebied
- Een **warmtepomp** werkt de warmte op naar de juiste nettemperatuur door middel van **elektriciteit**
- Als er geen seizoensopslagplaats vindt, zorgt de warmtepomp voor bijna de gehele warmtelevering in de winter, dit creëert een **hoge elektriciteitsvraag** en kan **netcongestie** veroorzaken



Figuur 10. Inzetmogelijkheid zonthermie via warmteopslag

Energieopbrengst zonne-energie technieken

- Voor de RES 1.0 zijn **zoekgebieden** voor wind- en zonne-energie in kaart gebracht
- De gebieden geschikt voor **zonne-energie** kunnen gebruikt worden voor:
 - PV-panelen** (opwekking elektriciteit)
 - Zonnecollectoren** (opwekking warmte)
 - PVT-panelen** (opwekking warmte en elektriciteit)
- Een zonnecollector levert **meer warmte** dan een PVT-paneel per m²
- Een PV-paneel levert **meer elektriciteit** dan een PVT-paneel per m²

Zonne-energie technieken	Warmte (kWh/jr/m ²)	Elektriciteit (kWh/jr/m ²)
Zonnecollector	400 ²	0
PVT-paneel	350 ²	150 ¹
PV-paneel	0	180 ²

1) De Zonnet Eindrapport TKI project TEUE018017

2) De businesscase voor zonnepanelen, TNO 2022

Figuur 11. Vergelijking energieopbrengst zonne-energie technieken

Potentie 10 MWth zonthermisch systeem

- Voor deze verkenning onderzoeken we de **benodigde oppervlakte** voor een zonthermisch systeem met een vermogen van 10 MWth
- De effectieve jaaropbrengst van zonthermie is **600 vollasturen³** per jaar. De totale warmteproductie komt daarmee op ongeveer **22 TJ per jaar** voor een 10 MWth systeem
- De benodigde oppervlakte is **1,5 ha** voor een volledig zonthermisch systeem en **1,7 ha** voor een PVT-systeem
- Dit is respectievelijk **0,23%** en **0,27%** van de oppervlakte die nodig is voor de zon-PV ambities zoals omschreven in RES 1.0
- Met 22 TJ wordt 0,5% van de beoogde warmtevraag van ruim 4 PJ ingevuld.

Techniek	Benodigd oppervlak (ha)
Zonnecollectoren	1,5
PVT-panelen	1,7
Ambitie zon-PV in RES 1.0 (zowel op dak als op land)	650

3) Eindadvies basisbedragen SDE++ 2023

Figuur 12. Potentie warmteproductie van een 10 MWth zonthermisch systeem

Uit de figuren blijkt dat zonthermie in vergelijking tot andere duurzame warmtebronnen twee nadelen heeft: Het vraagt relatief veel ruimte en juist ruimte is een schaars goed in het WZL-gebied. Het aantal vollasturen is beperkt waarbij de warmteproductie plaatsvindt op momenten met een lage warmtevraag zodat seizoensopslag warmte nodig is. Zonthermie wordt dan ook meestal toegepast in die situaties waarbij juist in de zomer de warmtevraag groot is, dit in de vorm van warm tapwater. Denk daarbij openluchtzwembaden, camping, bedrijven met hoog warm water verbruik en grote huishoudens.

Conclusie zonthermie. Weinig kansrijk op korte en lange termijn om op grote schaal een rol te spelen in de warmtevoorziening van het WZL-gebied. Gaat daarbij om zonthermie veld-, drijvend- en dakopstelling, solitair of als PVT. Kan wel als een aanvullende bron dienen, bij voorkeur door directe inzet in de zomer daar waar warm tapwatervraag groot is of, mits warmteopslag in WKO mogelijk is, door inzet in de winter.

5 Aquathermie

Het water als bron van warmte waarbij een warmtepomp wordt ingezet om de warmte op de juiste temperatuur te brengen. Door beperkingen op het gebied van WKO, zie paragraaf 3.1 en door de schaal waarop aquathermie moet worden toegepast om van enige betekenis te zijn voor de warmtevoorziening WZL wordt afgezien van de inzet van WKO's. Dit betekent dat de warmte gewonnen moet worden uit water op het moment van de vraag. Daarom is gekozen voor een onttrekkingsregime jaarrond zonder WKO.

5.1 Thermische energie oppervlaktewater, TEO

De Maas en bijbehorende Maasarmen hebben een grote potentie voor thermische energie uit oppervlaktewater (TEO). IF Technology heeft recent deze potentie nader onderzocht.¹⁶ Zij concludeerde dat de potentie sterk afhangt van het aantal innamepunten dat in de Maas geplaatst wordt. Hoe meer innamepunten, hoe groter het risico van overmatige uitkoeling door TEO. Zij concludeerde ook dat als het gehele debiet van de Maas wordt afgekoeld het meer lengte nodig heeft om thermisch te herstellen dan dat de Maas lang is in Nederland. Daarom is voorgesteld om een afkoeling van maximaal 1°C te hanteren per TEO-bron. Hierdoor is na elke 65 km een innamepunt voor TEO mogelijk. Het debiet dat benodigd is om voldoende vermogen te genereren om aan de warmtevraag van het WZL-gebied te voldoen is veel kleiner dan het debiet van de Maas (minder dan 1%). De temperatuurdaling van de Maas blijft daardoor beperkt, aan het 1°C criterium voor de Maas als geheel kan dan ook naar verwachting worden voldaan.

Het Julianakanaal bij Stein biedt potentie, maar is minder geschikt voor jaarrond onttrekking vanwege het stilstaande water. De daadwerkelijk realiseerbare potentie zal een stuk lager zijn dan de waarden uit Tabel 2 door de beperkingen in het systeem dat de warmte uit het water moet halen. Dit neemt niet weg dat het potentieel ruim voldoende is om een vraag van 3,2 tot 4,3 PJ per jaar te dekken.

Tabel 2. Warmtepotentieel aquathermie in het stroomgebied van de Maas (Bron: Warming Up¹⁷)

Interessante locaties	Warmte (PJ/jaar)
Pietersplas	18,3
Maas bij Stein	47,9
Maas bij Maastricht	15,2
Maas bij Itteren	28,1
Julianakanaal bij Stein	0,45

De uitgangspunten voor de bepaling van de mogelijkheden van aquathermie zijn:

- Standaard onttrekkingsregime;
- Warmtewinning als watertemperatuur groter dan 15°C;
- Minimale watertemperatuur koude lozing van 12°C;
- Maximale ΔT van 6°C;
- 2.500 vollasturen onttrekking;
- Alleen oppervlaktewaterlichamen van > 20.000 GJ/jaar (0,02 PJ);
- Rivieren en kanalen in segmenten verdeeld;
- Temperatuurdaling als gevolg van TEO zijn nihil;
- Gebruik gemaakt van aquathermieviewer van WarmingUP.

¹⁶ Rus, B., Niewold, F. & Boersma, Q. (7 december 2022) Warmte uit Limburgs water – Haalbaarheidsstudie voor de gebouwde omgeving. IF Technology

¹⁷ Aquathermieviewer, <https://www.warmingup.info/actueel/62/update-webviewer-aquathermiepotentie>

Figuur 13 geeft een overzicht van de (on)mogelijkheden in Zuid-Limburg. Figuur 14 vertaalt de mogelijkheden in het aantal woningequivalenten (WEQ) dat per gemeente van aquathermie warmte kan worden voorzien. Het gaat daarbij om het productiepotentieel dat in deze gemeente aanwezig is.

Overzicht aquathermie in Zuid-Limburg

- Grootste **aquathermievastheid** in het **westen** van het onderzoeksgebied
- In het **oosten** van het zoekgebied alleen **lokaal beperkte mogelijkheid** voor kleine aquathermiesystemen
- **Pietersplas** mogelijk met **voldoende potentie** als alternatieve warmtebron
- De **Maas** kan ook als **mogelijke alternatieve warmtebron** worden ingezet
- **Aandachtspunt** is mogelijke **kortsluiting** tussen innamepunten vanwege stroming in de rivier
- **Aquathermie** als alternatief voor restwarmte Chemelot mogelijk geschikt, maar maakt gebruik van ander systeem



Bron: Aquathermievier Warming Up

Figuur 13. TEO-potentieel Zuid-Limburg



Gemeente	WEQ
Sittard-Geleen	62.913
Stein	542.032
Beek	-
Meerssen	13.805
Maastricht	794.593
Beekdaalen	2.522
Heerlen	11.870
Brunssum	2.146
Landgraaf	-
Kerkrade	5.350
België	63.906

Figuur.14. TEO-productiepotentieel per gemeente in woningequivalenten warmte

Met de Pieterplas als voorbeeld is een 'worst case' scenario onderzocht, dat is jaarrond warmtelevering zonder WKO met een minimale impact. In deze situatie is 4,3 PJ warmte te produceren. Dit is nog steeds ruim voldoende om de warmtevraag van WZL mee te dekken. Dit illustreert dat TEO een veelbelovende optie is, maar niet zomaar. Zo heeft aquathermie op deze schaalgrootte geen precedent in Nederland. Ook is er geen grootschalige ervaring met warmtewinning in de winter. De bron zal vele onttrekkings- en inlaatpunten omvatten om op een evenwichtige manier de warmte te kunnen oogsten. De negatieve ecologische impact heeft aandacht nodig en tot slot zal het elektriciteitsverbruik aanzienlijk zijn. Wanneer uitgegaan wordt van een SCOP (de gemiddelde COP over een heel jaar) van 3 dan is voor 4,3 PJ warmte 1,4 PJ elektriciteit nodig, dat is 0,4 TWh per jaar. Het bijbehorende vermogen is 65 MWe bij ruim 6.000 vollasturen per jaar. De COP is te verhogen en daarmee het elektriciteitsverbruik te beperken door levering van warmte op een lagere temperatuur te laten plaatsvinden. Nu is gerekend met levering op 75°C, maar met een temperatuur die richting de 50 °C gaat wordt een COP van 4 mogelijk. Daarom is het

juist bij TEO belangrijk dat woningen goed geïsoleerd zijn. Kortom de potentie is er, maar er zijn wel de nodige uitdagingen.

Conclusie aquathermie TEO. Kansrijk, mogelijk op de korte termijn en met meer zekerheid op de lange termijn. Biedt voldoende potentieel om in de warmtevraag van WZL te voorzien, waarbij warmtevoorziening van het westelijk WZL-gebied het meest voor de hand ligt. Wel moet er dan meer duidelijk worden of grootschalige onttrekking van warmte in het stroomgebied van de Maas, in het bijzonder de Maasplassen, mogelijk is zonder dat WKO's ingezet worden. Het gaat daarbij vooral om de onttrekking van warmte in de winterdag uit de diepe grindgaten. Ook zijn goed geïsoleerde woningen belangrijk om zo levering van warmte op lagere temperatuur, liefst richting de 50°C, mogelijk te maken.

Vergunbaarheid

Afhankelijk van het type en de hoeveelheid koudemiddel voor de warmtepomp is een omgevingsvergunning milieu nodig. Dit geldt in ieder geval voor warmtepompen met een inhoud per installatie van meer dan:

- 1.500 kg ammoniak;
- 100 kilogram propaan, butaan of een mengsel van propaan en butaan.

Bij een directe lozing van afvalwater (inclusief thermische lozing) op een oppervlaktewater is een vergunning in het kader van de Waterwet nodig. Voor elk bouwwerk is een omgevingsvergunning onderdeel bouw nodig. Tot slot zal voor de bouwphase een toets moeten worden uitgevoerd op de Wet natuurbescherming, met name of de emissies van stikstof (NO_x en NH₃) leiden tot stikstofdepositie in een Natura 2000-gebied. Dit kan een struikelblok zijn wanneer deze depositie niet verwaarloosbaar is en niet gesaldeerd kan worden met andere activiteiten.

Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

Bij 2.500 vollasturen per jaar en zonder gebruik van WKO/ warmte-opslag is deze optie duur vergeleken met andere duurzame energieopties. Het lage aantal vollasturen maakt de beschikbaarheid ook laag. Wanneer aan de uitgangspunten wordt voldaan (zie hiervoor), kan de betrouwbaarheid echter nog steeds acceptabel zijn.

5.2 Thermische energie uit afvalwater, TEA

Door Water Bedrijf Limburg (WBL) is een verkenning uitgevoerd van het warmte potentieel uit effluent bij de RWZI's in Limburg¹⁸. Tabel 3 presenteert de resultaten. De indicatieve berekeningen wijzen uit dat het vermogen ongeveer 35 MW thermisch is en dat de bijbehorende warmteproductie in basislast ongeveer 0,8 PJ bedraagt. Wanneer deze warmte volledig ontsloten kan worden voor WZL dan is het aandeel van RWZI-warmte ongeveer 20%.

¹⁸ E-mail d.d. 3 mei 2023, afzender G.G. Geraeds, innovatie technoloog WBL

Tabel 3. Indicatieve berekening van het thermisch vermogen van effluent bij RWZI's (Bron: WBL)

RWZI	Plaats	Adres	Indicatie vermogen bij toepassing van dagbuffer (in MW)	Indicatie warmtelevering bij toepassing van dagbuffer (in GJ/jaar)
Stein	Stein	Dalerveltweg 3, 6171 RN	1,2	29.288
Susteren	Susteren	Baakhoverweg 47-A, 6114 RG	8,1	194.085
Hoensbroek	Hoensbroek	Klinkertstraat 75, 6433 PA	7,6	182.888
Maastricht Limmel	Maastricht	Ankerkade 225, 6222 NL	5,9	140.487
Maastricht Bosscherveld	Maastricht	Sandersweg 20, 6219 NW	2,1	49.325
Maastricht Heugem	Maastricht	Rekoutweg, 6229 RB	1,9	45.473
Rimburg	Rimburg	Palenbergerweg 18-B, 6374 LS	1,3	31.826
Kaffeberg	Kerkrade	Boerenanstelerweg 1, 6468XV	1,3	31.004
Wijlre	Wijlre	Knipstraat 43, 6321 AM	4,5	106.949
Simpelveld	Simpelveld	Raffelsbergerweg 6, 6369 XV	1,1	25.430
Totaal			35	836.755

Vergunbaarheid

De vergunbaarheid wordt als niet kritisch gezien. Het is waarschijnlijk dat uitkoppeling van de warmte mogelijk is binnen de bestaande vergunningen van de RWZI's.

Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

De betaalbaarheid is naar verwachting goed omdat de bron van warmte direct beschikbaar is. Wel heeft, zeker bij kleinere installaties, de beperkte omvang in MWth een negatieve invloed op de betaalbaarheid. Omdat het om lage temperatuur warmte gaat wordt de betaalbaarheid mede beïnvloed door het al dan niet noodzakelijk zijn van de inzet van een warmtepomp. Tot slot wordt de betaalbaarheid in sterke mate beïnvloed door de afstand van de RWZI-bron tot het warmtenet en de daarmee samenhangende transportkosten van warmte. De betrouwbaarheid is afhankelijk van de intensiteit waarmee de RWZI wordt ingezet. De beschikbaarheid van restwarmte zal daarmee enigszins seizoen afhankelijk zijn.

Conclusie aquathermie TEA. Kansrijk, mogelijk op de korte termijn en met meer zekerheid op de lange termijn. Biedt potentieel om in een deel (20%) van de warmtevraag van WZL te voorzien. Wel moet er dan meer duidelijk worden over hoe deze warmtebron zich laat ontsluiten en of de afstand tussen RWZI en het warmtenet economisch rendabel te overbruggen is. Goed geïsoleerde woningen zijn van belang om zo levering van warmte op lagere temperatuur vanuit de RWZI, liefst richting de 50°C, mogelijk te maken.

5.3 Thermische energie drinkwater, TED

Is niet in detail onderzocht. De WarmingUP aquathermievieuwer geeft aan dat het om kleine hoeveelheden warmte gaat verspreid over het WZL-gebied. Daarom van minder belang voor de warmtevoorziening WZL.

Conclusie aquathermie TED. Weinig kansrijk door beperkt potentieel.

6 Restwarmte

De bedrijven als bron van warmte waarbij, afhankelijk van de temperatuur waarop de warmte beschikbaar is, een warmtepomp wordt ingezet om de warmte op de juiste temperatuur te brengen. Restwarmte heeft een brongrootte van enkele kWth tot meer dan 1.000 MWth. In het eerste geval gaat het bijvoorbeeld om warmte die vrijkomt bij koelers van bedrijven en winkels, in het laatste geval om elektriciteitscentrales zoals de Clauscentrale en de kerncentrale in Tihange. Vaak zijn dan koeltorens nodig om de warmte die vrijkomt bij de condensatie van stoom te kunnen afvoeren. Om te voorzien in de warmtevraag met een capaciteit van 200 MWth in het WZL-gebied zijn bij voorkeur meerdere bronnen beschikbaar die geografisch verdeeld zijn over het verzorgingsgebied. Zo worden de verliezen van het transport van warmte beperkt. Het bijzondere van restwarmte is dat het intrinsiek onzeker is in de tijd in welke mate restwarmte beschikbaar is. Immers bedrijven kunnen ophouden te bestaan, hun bedrijfsprocessen kunnen veranderen en door energiebesparing kan het aanbod van restwarmte afnemen. Het is daarom gangbaar om zicht te hebben op 'fall back' mogelijkheden op lange termijn, zoals ook het doel is van deze verkenning. De ideale restwarmtebron is van hoge temperatuur, dat is boven de 80°C en volcontinu beschikbaar, zowel in zomer als winter en ook in de komende jaren. Meestal moet een restwarmtebron gecombineerd worden met bronnen voor piekwarmtelevering in de winter en back up bronnen¹⁹

6.1 Waterstof gerelateerde restwarmte

Bij de elektrolyse van water komt, naast waterstof en zuurstof, warmte vrij²⁰. Uitgaande van een 20 MWe electrolyser gaat het om een productie van 1.200 ton waterstof, 9.600 ton zuurstof en 4 MWth restwarmte (20% van input). Gangbaar is 3.500 vollasturen per jaar zodat de restwarmteproductie 50 TJ per jaar bedraagt bij een temperatuur van ongeveer 80°C. Dit is ruim 1% van de 4 PJ waarvoor in de verkenning naar vervangingsmogelijkheden wordt gezocht. Om in de warmtevraag van 4 PJ te kunnen voorzien is een electrolyser capaciteit nodig van 1.600 MWe waarmee 96.000 ton waterstof per jaar wordt geproduceerd. Ter vergelijking FUREC, zie 6.3, heeft het voornemen om 54.000 ton waterstof per jaar²¹ te produceren. Waterstofproductie zal naar verwachting plaatsvinden op momenten waarop de prijzen van elektriciteit laag zijn, dat is op zonrijke en/of windrijke dagen. Juist in de winterdag (Dunkelflaute) kunnen zich situaties voordoen waarbij de warmtevraag groot is maar het restwarmte aanbod uit de electrolyzers juist laag is. Combinatie met warmtebuffering en/of piek / backup brandstof is bij deze vorm van restwarmte dus van groot belang.

Conclusie waterstof restwarmte. Weinig kansrijk op korte termijn en enigszins kansrijk op lange termijn termijn. Rol die waterstofrestwarmte gaat spelen is afhankelijk van de omvang van de electrolyser capaciteit die geplaatst gaat worden op Chemelot, of breder in het WZL-gebied. Om van substantiële betekenis te zijn in de warmtevoorziening van het WZL-gebied is een electrolyser vermogen nodig van 1.000 MWe of meer. Ook is back up vermogen nodig in het geval de waterstofproductie stilvalt door tekort aan elektriciteit, dit vooral in de winterdag.

Vergunbaarheid

Voor uitkoppeling van restwarmte is geen omgevingsvergunning milieu nodig. Voor elk bouwwerk is een omgevingsvergunning onderdeel bouw nodig. Tot slot zal voor de bouwfase een toets moeten worden uitgevoerd op de Wet natuurbescherming, met name of de emissies van stikstof (NO_x en NH₃) leiden tot

¹⁹ Dit kunnen duurzame bronnen zijn zoals houtpellets, bio-olie, biogas, groen gas en wellicht op termijn waterstofgas, ijzerpoeder of methanol. Kortom brandstoffen die relatief makkelijk zijn op te slaan en die toe kunnen met relatief goedkope warmteunits. Pieklast en back up in grootschalige stadsverwarming systemen is maar ten dele mogelijk met warmteopslag systemen omdat de capaciteit hier een beperkende factor is.

²⁰ <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-conceptadvies-sde-plus-plus-2022-waterstofproductie-via-elektrolyse-4392.pdf>

²¹ <https://benelux.rwe.com/pers/2023-01-19-innovatiefonds-europese-unie-kent-108-miljoen-euro-toe-aan-project-furec/>

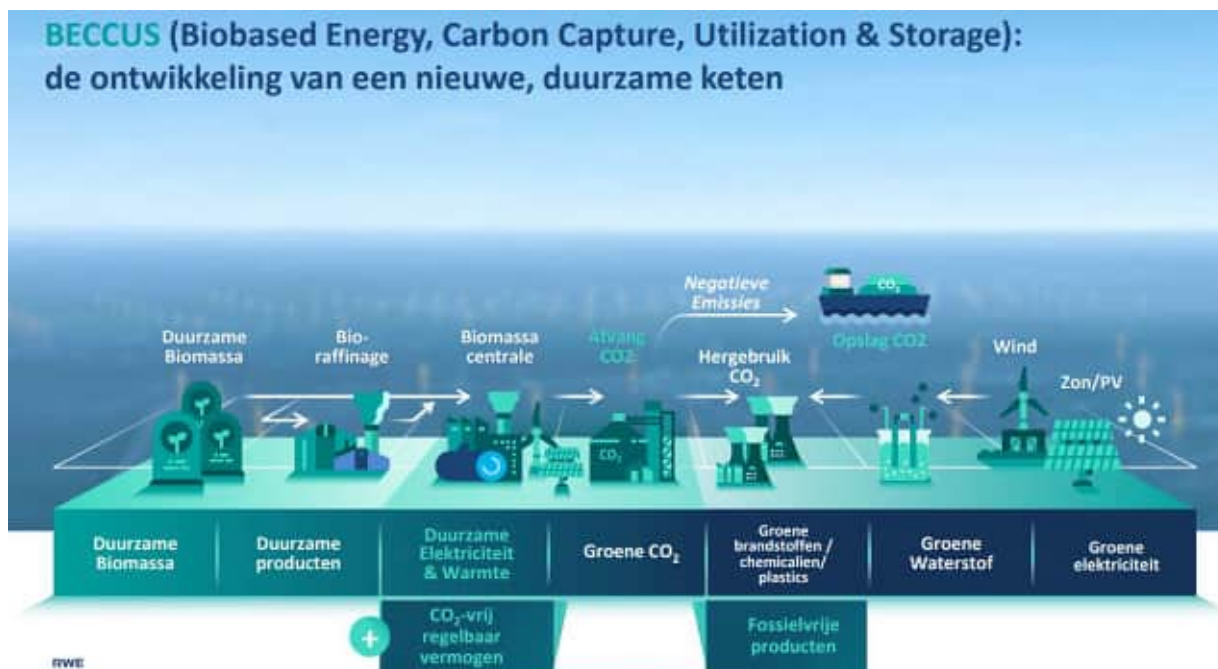
stikstofdepositie in een Natura 2000-gebied. Dit kan een struikelblok zijn wanneer deze depositie niet verwaarloosbaar is en niet gesaldeerd kan worden met andere activiteiten.

Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

Restwarmte is in de basis heel goedkoop, afhankelijk van de lengte van de leidingen en het geleverde vermogen, uitgaande dat geen warmtepomp nodig is. Bij 3.500 uur per jaar en productie buiten de Dunkelflaute is de betrouwbaarheid matig. Dit betekent dat bij deze optie, zoals al aangegeven, een back-up voorziening danwel een combinatie met een ander systeem nodig is.

6.2 Biobased gerelateerde restwarmte

De biobased industrie zal in relatie tot restwarmte productie in hoge mate vergelijkbaar zijn met de huidige industrie. Bedrijven draaien vaak 24/7 in basislast. De restwarmteproductie is naar verwachting even groot, maar kan ook significant kleiner uitvallen omdat er in de toekomst alles aan gedaan wordt de beschikbare warmte zoveel mogelijk te benutten. Ook op lage temperatuur voor bijvoorbeeld het voordrogen van biomassa. De biobased industrie zal reststromen genereren die niet meer als grondstof kunnen worden ingezet en daarom als brandstof beschikbaar komen. Bij inzet op het Chemelot terrein zal dit op een soortgelijke manier gebeuren als nu in de Swentibold WKK centrale (245 MWe, 300 ton stoom per uur). CO₂ afvangst (Carbon Capture Storage / Utilization, CCS/U) wordt toegepast zodat de energieconversie CO₂ negatief wordt. De CO₂ dient daarbij als grondstof voor de industrie of zal bij overschotten worden opgeslagen in de ondergrond. Een voorbeeld van een biobased concept is gepresenteerd in Figuur 15. Dit concept wordt ook wel BECCUS²² genoemd. Een installatie die 500 kton biomassa residu per jaar verwerkt bij een energie-inhoud van 10 MJ/kg heeft een brandstofinput van 5 PJ per jaar. Het thermisch vermogen van de brandstof, uitgaande van 7.000 vollasturen per jaar, bedraagt 200 MWth. Uitgaande van een restwarmte-aandeel van 20% is jaarlijks 1 PJ aan warmte beschikbaar met een vermogen van 40 MWth in basislast. In vergelijking met de vraag vanuit WZL is dit substantieel.



Figuur 15. Biobased concept met restwarmte en connectie met waterstofeconomie (Bron: RWE)

²² <https://www.iea.org/articles/unlocking-the-potential-of-bioenergy-with-carbon-capture-and-utilisation-or-storage-beccus>

Conclusie biobased restwarmte. Weinig kansrijk op korte termijn. Wel kansrijk op lange termijn, dit in combinatie met de waterstofeconomie. Gaat om restwarmte die vrijkomt bij de inzet van biomassa residu voor energie. De omvang is afhankelijk van de capaciteit van het biobased complex in Chemelot, maar 40 MWth is daarbij niet onrealistisch. Daarmee is een warmtelevering van 1 PJ per jaar aan het WZL-gebied mogelijk. Bij toepassing combineren met CCS/U zodat negatieve CO₂-emissie optreedt.

Vergunbaarheid

Voor uitkoppeling van restwarmte is geen omgevingsvergunning milieu nodig. Voor elk bouwwerk is een omgevingsvergunning onderdeel bouw nodig. Tot slot zal voor de bouwfase een toets moeten worden uitgevoerd op de Wet natuurbescherming, met name of de emissies van stikstof (NO_x en NH₃) leiden tot stikstofdepositie in een Natura 2000-gebied. Dit kan een struikelblok zijn wanneer deze depositie niet verwaarloosbaar is en niet gesaldeerd kan worden met andere activiteiten.

Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

Restwarmte is in de basis heel goedkoop, afhankelijk van de lengte van de leidingen en het geleverde vermogen, uitgaande dat geen warmtepomp nodig is. De beschikbaarheid en betrouwbaarheid van biobased gerelateerde restwarmte is hoog.

6.3 FUREC

Nieuwe bedrijfsactiviteiten die aansluiten bij de Circulaire Economie (CE) en/of Biobased Economy (BBE) kunnen de restwarmtebronnen van de toekomst worden. Een voorbeeld is het FUREC-initiatief dat RWE ontwikkelt op Chemelot²³, zie Figuur 16. Bij FUREC wordt m.b.v. vergassing huishoudelijk afval (grijze container) omgezet in verschillende waardevolle gasen waaronder waterstof. De waterstof wordt als grondstof gebruikt door de chemiebedrijven gevestigd op Chemelot. Een investeringsbesluit wordt verwacht in 2024.



Figuur 16. Schematische weergave van het FUREC-initiatief (Bron: RWE²⁴)

FUREC zal restwarmte kunnen leveren, zo is de verwachting, maar is voornemens die volledig op te werken tot stoom met site afgas en daarbij de conventionele stoomproductie op Chemelot te verdringen.

²³ <https://benelux.rwe.com/projecten/furec/>

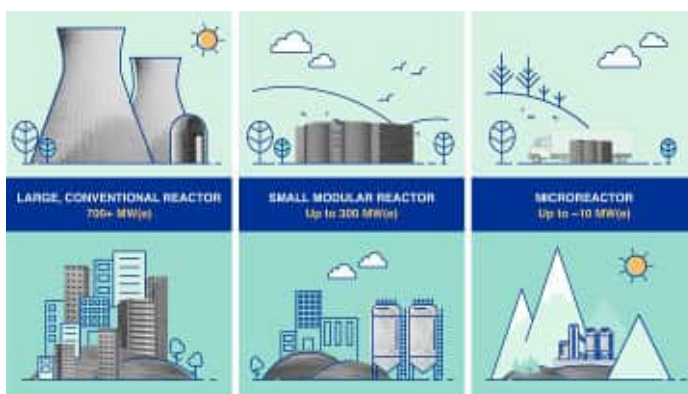
²⁴ <https://benelux.rwe.com/-/media/RWE/RWE-Benelux/projects/documents/presentatie-belanghebbenden-leudal-21022022.pdf>

Zo wordt 'grijze' stoom vervangen door 'groene' stoom. Op dit moment produceert de WKC Swentibold van RWE de stoom voor de Chemelot site, aardgas is daarbij de brandstof. FUREC-restwarmte is dus niet rechtstreeks beschikbaar voor WZL maar maakt onderdeel uit van de 4 PJ aan restwarmte beschikbaar voor derden zoals geïdentificeerd in de CES Chemelot waarmee naar verwachting op termijn ongeveer 250.000 woningen van warmte kunnen worden voorzien²⁵

Conclusie restwarmte FUREC. Weinig kansrijk op korte termijn en op de lange termijn. Het restwarmtepotentieel van FUREC komt direct ten goede aan de stoomafnemers op Chemelot. Indirect komt deze warmte dan beschikbaar als onderdeel van het totale restwarmteaanbod van Chemelot op een temperatuur van onder de 100°C aan het WZL-gebied. Bestaan van FUREC zonder afzetmogelijkheden aan industrie op Chemelot is niet waarschijnlijk.

6.4 Kernenergie

Kernenergie als producent en regelknop in de elektriciteitsvoorziening staat volop in de belangstelling. In Limburg worden als mogelijke locaties Chemelot en Clauscentrale aangemerkt. Het gaat daarbij om Small Modular Reactors (SMR), dat zijn reactoren met een vermogen tot maximaal 300 MWe, het thermisch vermogen bedraagt dan maximaal 1.000 MW²⁶, zie Figuur 17. De beschikbare restwarmte bedraagt, afhankelijk van de levertemperatuur, tussen de 300 en 500 MW, dat is 30% tot 50% van de warmte die vrijkomt bij de splitsing van isotopen in de reactor. De eerste commerciële reactor heeft een vermogen van 125 MWe en 385 MWth (Linglong One) en zal naar verwachting in 2026 in bedrijf komen nabij de Changjiang kernenergiecentrale in China²⁷. SMR zijn tot een orde kleiner dan gangbare kernenergiecentrales met een unitgrootte van 600 MWe (Borselle) tot ruim 1.000 MWe (Tihange op 64 km afstand van Maastricht, totaal 3 units met een elektrisch vermogen van 3.008 MWe en een thermisch vermogen van 8.937 MWth²⁸) Voor de 200 MWth die WZL nodig heeft zou 1 SMR op locatie Chemelot volstaan.



Figuur 17. Verschillende typen kernenergie reactoren (Bron: IAEA).

SMR heeft met een vermogen tot 500 MW thermisch, een omvang die aansluit bij WZL

Conclusie kernenergie SMR. Weinig kansrijk op korte termijn vanwege innovatieve karakter techniek. Op lange termijn kansrijk, mede afhankelijk van de eerste grootschalige projecten zoals het project in Changjiang (China) en of in Nederland een revival van kernenergie wordt toegelaten, ook op locaties niet zijnde de voorgenomen locaties Borsele en Maasvlakte²⁹. Toepassing techniek is gebonden aan locatie Chemelot, locatie Clauscentrale ligt voor warmtelevering niet voor de hand. Een installatie volstaat om in de WZL-warmtevraag te voorzien van 200 MWth en tot 4,3 PJ.

²⁵ <https://www.chemelot.nl/duurzaamheid/cluster-energie-strategie-chemelot-2030-2050>

²⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Small_modular_reactor

²⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/China_National_Nuclear_Corporation#ACP100

²⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Tihange_Nuclear_Power_Station

²⁹ <https://nos.nl/artikel/2455721-kabinet-versneld-twee-nieuwe-kerncentrales-in-borsele>

Vergunbaarheid

Voor uitkoppeling van restwarmte is geen omgevingsvergunning milieu nodig. Voor elk bouwwerk is een omgevingsvergunning onderdeel bouw nodig. Tot slot zal voor de bouwfase een toets moeten worden uitgevoerd op de Wet natuurbescherming, met name of de emissies van stikstof (NO_x en NH_3) leiden tot stikstofdepositie in een Natura 2000-gebied. Dit kan een struikelblok zijn wanneer deze depositie niet verwaarloosbaar is en niet gesaldeerd kan worden met andere activiteiten.

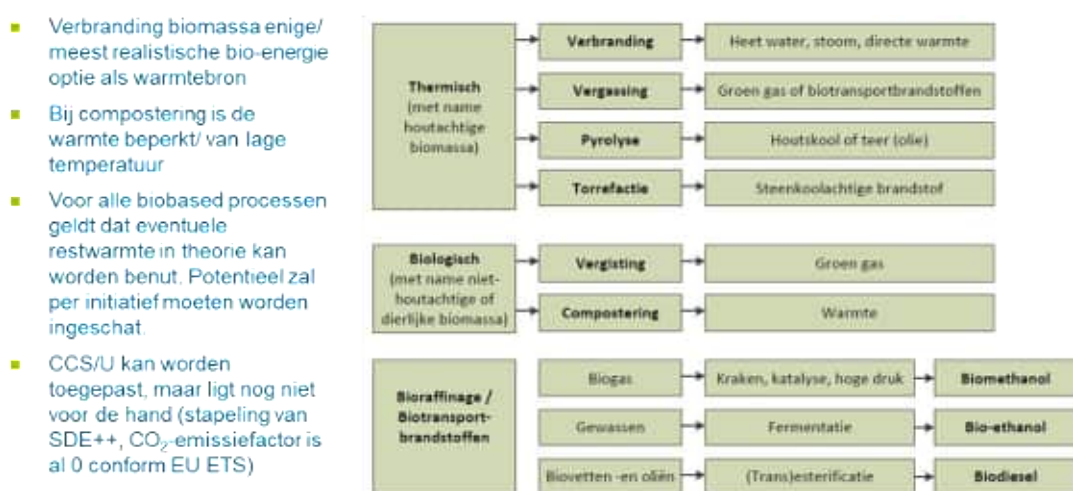
Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

Restwarmte is in de basis heel goedkoop, zo ook de restwarmte uit kernenergie. Kernenergie is geen goedkope techniek. De warmteprijs wordt dan ook in eerste instantie bepaald door de wijze van toerekenen van de kosten. Er is alleen sprake van goedkope restwarmte als het grootste deel van de kosten wordt toegerekend aan de geproduceerde elektriciteit. Ervan uitgaande dat de installatie op Chemelot gerealiseerd wordt, zijn de kosten voor de inkoppeling op het warmtenet beperkt. De restwarmte is van hoge temperatuur zodat de inzet van warmtepompen niet nodig is, dit is positief voor de betaalbaarheid. De beschikbaarheid en betrouwbaarheid van restwarmte uit kernenergie is hoog. De warmte zal overwegend in basislast beschikbaar zijn. Wegkoeling van restwarmte is de zomer kan dus optreden, tenzij opslag van warmte in een ondergrondse Hoge Temperatuur Opslag (HTO) mogelijk is.

7 Bio-energie

Biomassa als bron van warmte waarbij biomassa direct wordt ingezet voor de productie van warmte. Het gaat hierbij om biowarmte installaties, dus niet om restwarmte die vrijkomt uit de biobased industrie (zie 6.2). De warmte kan ook worden geproduceerd in een BioWKK installatie zoals dat bijvoorbeeld gewoon is bij de inzet van biogas in een gasmotor of bio-olie is een dieselmotor. Bij bio-energie zijn vele technieken mogelijk in een schaalgrootte die varieert van enkele kWth tot ongeveer 200 MWth. In het eerste geval gaat het bijvoorbeeld om een pelletkachel, in het laatste geval om elektriciteitscentrales die biomassa meestoken zoals de Amercentrale. Figuur 19 geeft een overzicht van de gangbare technieken.

Overzicht biomassatechnieken voor energieproductie



Figuur 19. Overzicht bio-energie technieken

7.1 Vaste biomassa

De inzet van vaste biomassa is de meest gangbare techniek voor de grootschalige productie van biobased warmte. Vaak gaat het om de inzet van houtachtige brandstoffen.

Beschikbaarheid van houtchips: Het potentieel bestaat in Nederland uit 446 kton droge stof chips en 338 kton droge stof shreds³⁰. Van dit potentieel wordt op dit moment al 78% benut. De benutting vindt voor 51% in Nederland plaats en de rest wordt geëxporteerd. De export bestaat met name uit shreds (255 kton droge stof).

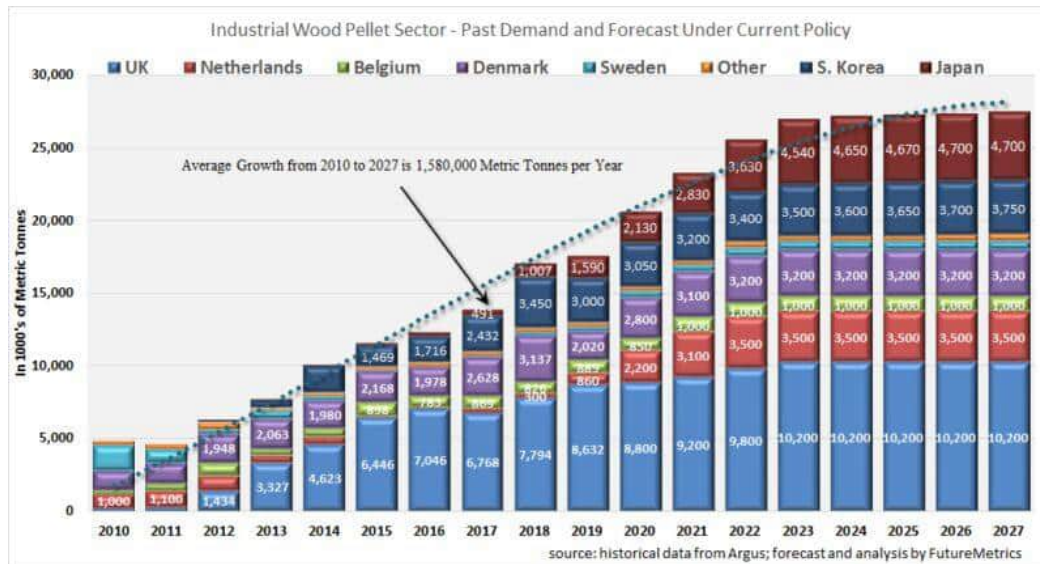
De vraag naar lokaal beschikbare houtige biomassa zal naar verwachting bij onveranderd beleid bijna verdrievoudigen naar ongeveer 899 kton droge stof (16,2 PJ) in 2030 en de verwachting is dat de vraag niet verder stijgt richting 2050. Deze vraag kan niet worden ingevuld op basis van het huidige nationale biomassapotentieel en zonder grote aanvullende beleidsmaatregelen (o.a. aanplant, bosbeheer, beschikbaar maken haardhout)³¹.

Bij houtpellets treedt een wereldwijde stijging van vraag en aanbod op. Door de ontwikkeling van de biobased economy kan het aanbod van de grondstof voor houtpellets gaan dalen. De bovengrens in de mogelijkheden om productie uit te breiden wordt bepaald door het beschikbare huidige areaal, zie ook

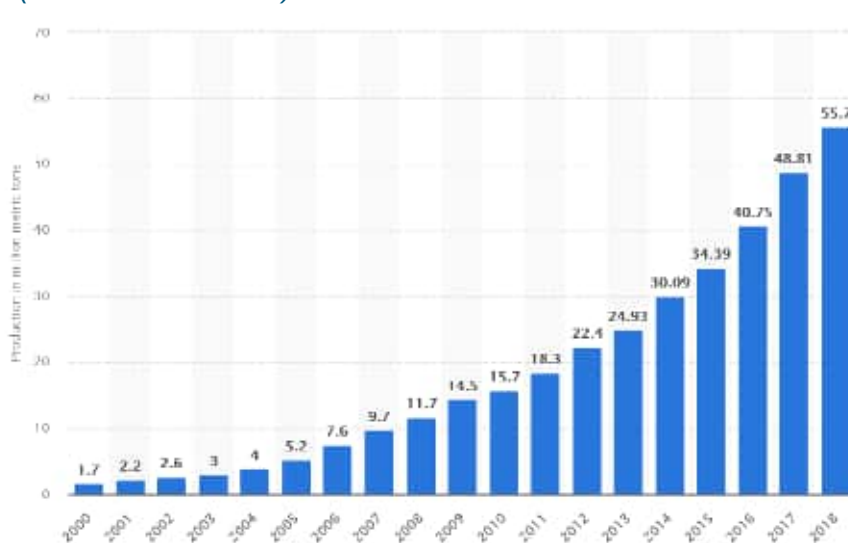
³⁰ Shreds is een houtachtige biomassa stroom die afkomstig is uit GFT afval, vergisting en compostering. In vergelijking met chips is het heterogener, is de energie-inhoud en de prijs lager.

³¹ <https://www.probos.nl/publicaties/rapporten/rapporten-2018-en-ouder/1467-beschikbaarheid-van-nederlandse-verse-houtige-biomassa-in-2030-en-2050>

Figuur 20 en Figuur 21. De vraag is met ruim 33 miljoen ton nog altijd lager dan de aanbodcapaciteit van 55 miljoen ton in 2018.



Figuur 20. Internationale markt houtpellets, vraag in miljoen ton industriële toepassing (Bron: FutureMetrics³²)

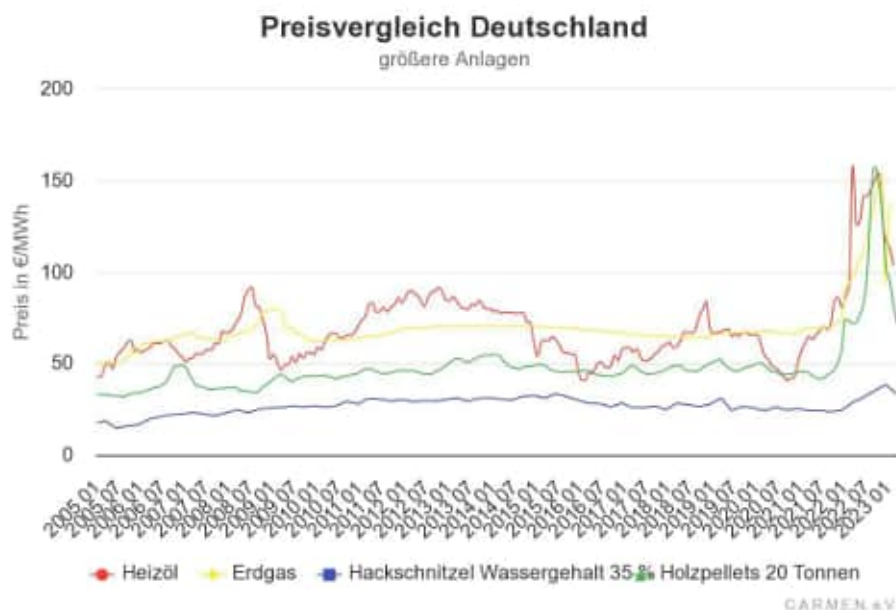


Figuur 21. Internationale markt houtpellets, aanbod in miljoen ton (Bron: Statista³³)

De prijzen van vaste biomassa voor toepassing als brandstof volgen inmiddels de prijsontwikkeling van aardgas, dit geldt sterker voor houtpellets dan voor houtchips. Neemt niet weg dat vaste biomassa nog steeds een relatief goedkope brandstof is, zie figuur 22.

³² <https://www.futuremetrics.info/>

³³ <https://www.statista.com/statistics/509075/global-wood-pellet-production/>



Figuur 22. Ontwikkeling prijzen vaste biomassa en ander brandstoffen (Bron: C.A.R.M.E.N³⁴)

Voor toepassing op grote schaal in basis en midlast hebben houtchips de voorkeur omdat de brandstofkosten hiervoor relatief laag zijn. Inzet kan bijvoorbeeld overwogen worden aan de randen van het WZL-gebied als aanvulling op de warmte die vanuit Chemelot wordt geleverd, zo wordt optimalisatie van het warmtenet ontwerp mogelijk. Voor toepassing als piekbrandstof hebben houtpellets de voorkeur omdat de investeringen hiervoor relatief laag zijn. Ook omdat de energiedichtheid hoog is en daardoor het ruimtebeslag kleiner is.

Conclusie vaste biomassa. Technisch kansrijk op korte en lange termijn. Het lokale, maar ook nationale aanbod is onvoldoende om een grootschalige vraag naar warmte zoals bij WZL te dekken. Import van duurzame biomassa is dan ook noodzakelijk. Op kleine schaal, zeker als pieklast in de warmtevoorziening wel te overwegen. De inzet van houtpellets heeft daarbij de voorkeur. Afhankelijk van de wijze van toepassen en brandstofkeuze kan de behoefte aan biomassa voor het WZL-gebied tot 100 kton per jaar bedragen.

Vergunbaarheid

Voor het verbranden van biomassa in een stookinstallatie van meer dan 15 MW_{th} is een omgevingsvergunning milieu nodig. Tevens is een omgevingsvergunning onderdeel bouw nodig. Tot slot zal voor zowel de bouw- als bedrijfsfase een toets moeten worden uitgevoerd op de Wet natuurbescherming, met name of de emissies van stikstof (NO_x en NH₃) leiden tot stikstofdepositie in een Natura 2000-gebied. Dit kan een struikelblok zijn wanneer deze depositie niet verwaarloosbaar is en niet gesaldeerd kan worden met andere activiteiten.

Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

Biomassa geldt als goedkope optie ten opzichte van andere duurzame energietechnologieën. Ook de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van warmte uit biomassa is hoog.

Duurzaamheid

Rondom biomassa speelt een (terugkerende) discussie over de duurzaamheid wat de vergunbaarheid, betaalbaarheid en betrouwbaarheid kan beïnvloeden.

³⁴ <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/>

7.2 Biogas, syngas en groen gas

Biogas wordt verkregen door het vergisten van natte biomassa, waaronder mest en reststromen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie. Biogas, zo ook groen gas, de opgewaardeerde variant naar aardgaskwaliteit, wordt als een zodanig hoogwaardige energiedrager gezien dat inzet als basis of middenlast warmtebron niet wordt aanbevolen. Ook zal naar verwachting de beschikbaarheid beperkt en onzeker zijn om een grote rol van betekenis te spelen. Inzet voor pieklast is wel te overwegen, hoewel ook hier de voorkeur wordt gegeven aan houtpellets of bio-olie.

Syngas³⁵ wordt verkregen door het vergassen van droge, vaak houtachtige biomassa. Momenteel ontwikkelt Uniper een syngas initiatief voor Chemelot. Het syngas vervangt aardgas en wordt als grondstof gebruikt voor de productie van chemicaliën, meststoffen en farmaceutische producten. De productie van syngas is een warmtevregend proces. De warmte wordt geleverd door de biomassa. Restwarmte voor derden zal dan ook niet op grote schaal beschikbaar komen.

Conclusie biogas, syngas en groen gas. Geen kansrijke optie voor de levering van warmte aan het WZL-gebied in basislast of middenlast.

7.3 Vloeibare biomassa

Vloeibare biomassa of bio-olie (bio diesel, bio ethanol) wordt als een zodanig hoogwaardige energiedrager gezien dat inzet als basis of middenlast warmtebron niet wordt aanbevolen. Ook zal naar verwachting de beschikbaarheid beperkt en onzeker zijn om een grote rol van betekenis te spelen. Inzet voor pieklast is wel te overwegen.

Conclusie vloeibare biomassa. Geen kansrijke optie voor de levering van warmte aan het WZL-gebied in basislast of middenlast.

7.4 RWZI-slib

WZL heeft aangegeven³⁶ dat zij onderzoek verrichten naar de mogelijkheden voor het duurzaam drogen van RWZI-slib. Het gedroogde slib (granulaat) zou dan in een mono-slibverbrandingsinstallatie kunnen worden ingezet om bijvoorbeeld een warmtenet te voorzien van duurzame warmte. Deze mogelijke toekomstige bron kan een basislast vermogen leveren van orde grootte 8 MW en kan daarmee ongeveer 260 TJ per jaar (0,26 PJ) aan warmte leveren. Het betreft vooralsnog langlopend onderzoek voor de droogtechniek. De slib mono-verbrander moet dan worden gerealiseerd op een industrieterrein met de zwaarste milieucategorie (5). Dit kan Chemelot zijn.

Conclusie RWZI-slib. Mogelijk kansrijk voor de levering van warmte aan het WZL-gebied in basislast. De omvang is beperkt tot ongeveer 5 % van de warmtebehoefte.

Vergunbaarheid

Voor het verbranden van RWZI-slib in een stookinstallatie van meer dan 15 MW_{th} is een omgevingsvergunning milieu nodig (indien het wordt gedefinieerd als biomassa). Tevens is een omgevingsvergunning onderdeel bouw nodig. Tot slot zal voor zowel de bouw- als bedrijfsfase een toets moeten worden uitgevoerd op de Wet natuurbescherming, met name of de emissies van stikstof (NO_x en NH₃) leiden tot stikstofdepositie in een Natura 2000-gebied. Dit kan een struikelblok zijn wanneer deze depositie niet verwaarloosbaar is en niet gesaldeerd kan worden met andere activiteiten.

³⁵ file:///C:/Users/NL52653/Downloads/Persbericht%20Uniper%20Syngas%20centrale%20op%20Chemelot%20-%20juni%202023.pdf

³⁶ E-mail d.d. 3 mei 2023, afzender G.G. Geraeds, innovatie technoloog WBL

Betaalbaarheid en betrouwbaarheid

Verbranden van RWZI-slib geldt als goedkope optie ten opzichte van andere duurzame energietechnologieën. Wel moet rekening worden gehouden met de droogkosten. Ook de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van warmte uit slib is hoog.

8 Conclusies en aanbeveling

In Tabel 4 zijn de conclusies weergegeven per bron. Bronnen van beperkte omvang zijn niet opgenomen in de tabel. Veelbelovende bronnen zijn geel (lange termijn) en oranje (korte termijn) gemarkeerd. De overige bronnen worden niet tot nauwelijks mogelijk geacht of zijn beperkt in omvang zodat toepassing als onderdeel van een groot regionaal warmtenet weinig zinvol is. Steeds is de bron getoetst aan het kunnen leveren van warmte op minimaal 70°C met een omvang die kan oplopen tot 200 MWth en 3,2 tot 4,3 PJ warmtelevering per jaar.

Tabel 4. Beschouwde warmtebronnen voor inzet in WZL, waardeoordeel

Blauw weinig kansrijk op korte termijn en lange termijn en/of beperkt in omvang

Geel, kansrijk op lange termijn: rond 2040 en richting 2050

Oranje kansrijk op korte termijn: richting en rond 2030

Hfst.	Omschrijving warmtebron voor inzet in WZL	Termijn	Herkomst	Dekt volledige warmtevraag?	Vermogen in MWth	Aantal bronnen	Centraal/decentraal	Temperatuur
Bodemenergie								
2.1	Warmte koude opslag in aquifer De mogelijkheden voor opslag warmte in ondergrond zijn beperkt, lekt weg	Richting 2030	Lokaal	Ja	0,1 tot 2	100 tot 500	Decentraal	Tot 25°C
2.2	Mijnwater Upgraden van Mijnwater project in stadsregio Parkstad Limburg	Vanaf 2030	Lokaal	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Decentraal	Circa 28°C
Geothermie								
3.1	Ondiepe geothermie Weinig kansrijk, potentieel beperkt en risicovol, slechte geologische condities	Tot 2030	Lokaal	Nee	5	Circa 40	Decentraal	40 tot 50°C
3.2	Diepe geothermie Weinig kansrijk, potentieel beperkt en risicovol, slechte geologische condities	Tot 2030	Lokaal	Nee	5 tot 20	10 tot 40	Decentraal	60 tot 80°C
3.3	Ultradiepe geothermie Weinig kansrijk, potentieel beperkt en risicovol, slechte geologische condities	Tot 2030	Lokaal	Nee	25 tot 50	4 tot 8	Decentraal	Vanaf 120°C
3.4	Gesloten, Eavor-Loop Enigszins kansrijk, sterk afhankelijk demo ervaring Gerietsried (Duitsland).	Richting 2040	Lokaal	Ja	25 tot 50	4 tot 8	Decentraal	60 tot 120 °C en hoger
Zonthermie								
4	Zonthermie Werkt aanvullend, maar vraagt om WKO / warmteopslag, beperkt in omvang	Tot 2030	Lokaal	Nee	10	200	Decentraal	LT
Aquathermie								
5.1	Thermische energie oppervlaktewater (TEO) Aquathermie, naar potentieel meest veelbelovend, winning is grensverleggend	Vanaf 2030	Lokaal	Ja	Voldoende	1 tot 2	Centraal	LT
5.2	Thermische energie uit afvalwater (TEA) Werkt aanvullend, afhankelijk van locatie en omvang	Richting 2030	Lokaal	Nee	Max. 35	Max. 10	Decentraal	LT

Projectgerelateerd

5.3	Thermische energie drinkwater (TED) Weinig kansrijk door beperkt potentieel	Richting 2030	Lokaal	Nee	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	LT
Restwarmte								
6.1	Waterstof gerelateerde restwarmte Kansrijk, maar sterk afhankelijk van rol Chemelot in waterstofeconomie	Richting 2040	Import	Ja	1.600 MWe	1	Centraal	MT of HT
6.2	Biobased gerelateerde restwarmte Kansrijk, maar sterk afhankelijk van rol Chemelot in biobased economie	Vanaf 2030	Import	Nee	40	1	Centraal	MT of HT
6.3	FUREC Kansrijk, maar warmte primair ingezet in industrie Chemelot	Voor 2030	Beiden	Nee	N.v.t.	1	Centraal	N.v.t.
6.4	Kernenergie Enigszins kansrijk, sterk afhankelijk van demo ervaring Changjiang (China)	Richting 2040	Import	Ja	200	1	Centraal	MT of HT
Bio-energie								
7.1	Vaste biomassa Werkt aanvullend, import duurzame biomassa nodig of kleine schaal pieklast	Voor 2030	Import	Nee	15	10 tot 15	Decentraal	MT of HT
7.2	Biogas, syngas, groen gas, vloeibare biomassa Primair bestemd voor hoogwaardige toepassing, niet warmte. Beschikbaarheid beperkt en onzeker.	Voor 2030	Import	Nee	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
7.3								
7.4	RWZI-slib Mogelijk kansrijk voor de levering van warmte aan het WZL-gebied in basislast. De omvang is beperkt tot ongeveer 5% van de warmtebehoefte.	Richting 2030	Lokaal	Nee	8	1	Centraal	MT of HT

De belangrijkste potentiële bronnen die kunnen dienen als vervanger van Chemelot restwarmte zijn:

- Restwarmte biobased economy Chemelot;
- Aquathermie Maasplassen, vergt extra aandacht voor energiebesparing, betreft LT-warmte;
- Mijwater energie;
- RWZI-slib verbranding op locatie Chemelot.

Voor zowel aquathermie als mijnwater energie dient er extra aandacht te zijn voor energiebesparing. Het betreffen beide LT-warmtebronnen. Dit sluit niet aan bij de huidige energetische staat en de sociaal-economische positie van veel huishoudens in het WZL-gebied. Een no-regret maatregel is dan ook om de woningen ten minste zo te isoleren dat ze geschikt zijn voor MT-warmte om de inzet van warmtepompen te beperken. De bewoners zullen hierbij geholpen moeten worden. Vanuit het Rijk en de provincie zijn er meerdere subsidiemogelijkheden beschikbaar. Het valt echter buiten de scope van dit onderzoek om hier nader op in te gaan.

Deze grootschalige warmtebronnen zijn geografisch goed verdeeld over het WZL-gebied met biobased restwarmte en RWZI-slib warmte in Chemelot, aquathermie in het westen in het stroomgebied van de Maas en mijnwater energie in het oosten in de stadsregio Parkstad Limburg.

Aquathermie stroomgebied Maas en mijnwater energie zijn emissieloos. Met biobased restwarmte zijn emissies gemoeid zoals NO_x en fijnstof. Deze emissies kunnen tegenwoordig ultra laag zijn, juist ook voor NO_x en dit in vergelijking tot het verbranden met aardgas.

De bronnen die LT-warmte produceren hebben warmtepompen nodig en maken het ook noodzakelijk om extra aandacht te besteden aan energiebesparing in de gebouwde omgeving zodat de woningen uit de voeten kunnen met warmte op een zo laag mogelijke temperatuur waardoor de inzet van de warmtepomp beperkt kan blijven. Dit is van belang omdat de beschikbaarheid van elektriciteit voor het aandrijven van de warmtepomp juist in de winterdag een issue kan zijn.

De mogelijke omvangrijke potentiële bronnen om de langere termijn, vanaf 2040 zijn:

- Restwarmte waterstofeconomie, geconcentreerd in Chemelot;
- Restwarmte uit de geïntegreerde biobased en waterstofeconomie, vooral in Chemelot;
- Restwarmte uit kernenergie bij realisatie SMR in Chemelot;
- Geothermie gesloten systeem (Eavor-Loop concept), verschillende locaties.

Het betreft allen restwarmtebronnen op MT-niveau, er zijn geen warmtepompen nodig op grote schaal om vraag en aanbod van warmte te koppelen. Kernenergie en Eavor-Loop kunnen in zichzelf voldoen aan het 200 MW_{th} en 4 PJ/jaar criterium. Restwarmte uit waterstof elektrolyzers en biobased kan naar verwachting ten dele voldoen aan deze warmtevraag, de omvang van het warmteaanbod wordt immers niet bepaald door de warmtevraag.

Naast deze warmtebronnen blijft een piek- en back up warmtevoorziening nodig. Deze kan meer decentraal worden uitgevoerd en zal in de toekomst ook met duurzame bronnen moeten worden uitgevoerd. Daarbij wordt in eerste instantie niet gedacht aan elektriciteit (E-boiler) vanwege het te verwachten tekort aan elektriciteit in de winterdag, maar aan brandstoffen zoals houtpellets, bio-olie, biogas, groen gas en wellicht op termijn waterstofgas, ijzerdeeltjes of methanol.

Aanbeveling

Tot slot: De verkenning van het toekomstbeeld duurzame warmtebronnen WZL heeft duidelijk gemaakt dat er meerdere grootschalige bronnen zijn die het wegvallen van restwarmte van Chemelot zouden kunnen opvangen. Het zijn bronnen die zich op korte termijn richting 2030 al zouden kunnen ontwikkelen, maar ook bronnen waarvan pas op lange termijn duidelijk wordt of en in welke mate zij van betekenis kunnen zijn voor WZL.

Aanbevolen wordt om de acht onderkende van belang zijnde bronnen te blijven volgen en wanneer mogelijk, bewezen en betaalbaar deze in te zetten in WZL, zeker wanneer het restwarmteaanbod van Chemelot onzeker is of door energiebesparende maatregelen gaat dalen. Ongeacht de bronnenmix die wordt ingezet blijft het van belang de vraag naar warmte in de gebouwde omgeving te reduceren en de temperatuur van levering te verlagen waar mogelijk, zeker wanneer sprake is van warmtebronnen waarbij een warmtepomp moet worden ingezet zoals aquathermie stroomgebied Maas en bodemenergie uit mijnwater.