

De feiten op een rij

Geothermie als duurzame warmtebron

In de warmtetransitie heeft geothermie de potentie om een belangrijke bron van duurzame energie te worden voor het collectief verwarmen van gebouwen. Maar hoeveel duurzamer, uitgedrukt in CO₂-emissie, is een warmtenet met een geothermiebron dan een cv-ketel op aardgas?

Door: Maurice Hanegraaf, Hester Dijkstra en Dorien Dinkelman

Over de auteurs:

Drs. Ing. Maurice Hanegraaf is Business Director Geo Energy bij TNO,
✉ maurice.hanegraaf@tno.nl
Hester Dijkstra is geoloog bij TNO energietransitie
Dorien Dinkelman is geoloog bij TNO energietransitie

In 2019 werd bijna de helft van de gebruikte energie in Nederland ingezet voor verwarming; 24 procent voor het verwarmen van huizen en 22 procent voor proceswarmte in de industrie. Dit laat zien dat, nu de overheid aardgas versneld wil uitfaseren, er veel winst te behalen is met het verduurzamen van de warmtevoorziening. TNO deed onderzoek en zet in de whitepaper “Duurzaamheid van geothermie in warmtenetten” de feiten op een rij. In deze whitepaper¹ berekent TNO hoe hoog de CO₂-emissie van een geothermiebron in een warmtenet is.

Om aan de eisen van het Klimaatakkoord te voldoen moet de CO₂-emissie van warmte geleverd via stadswarmtenetten in Nederland in 2030 minstens 70 procent lager zijn dan warmte uit een cv-ketel op aardgas. Een cv-ketel stoot 63,5 kg CO₂/GJ

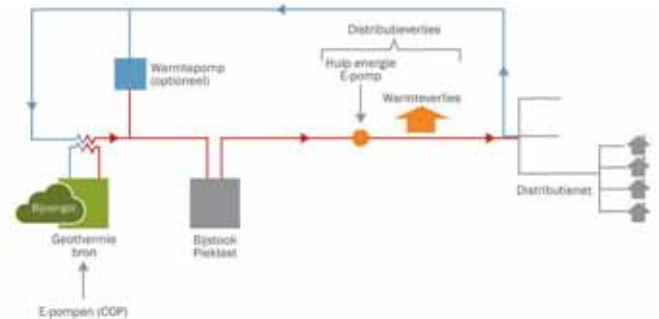
De bijvangst van formatiegas is niet meegenomen in eerdere berekeningen van de CO₂-emissie van een geothermiebron

warmte uit. Dit komt neer op een maximale (gemiddelde) emissie van 18,9 kg CO₂/GJ. In de toekomst zal de emissie van een geothermiebron en warmtenet deze grens dus niet moeten overschrijden.

De emissie van een geothermiebron is, uitgaande van een geslaagde boring en storingsvrije exploitatie, berekend op 4,3-8,6 kg CO₂/GJ. Geothermie is derhalve een van de meest duurzame bronnen van warmte. De CO₂-emissie wordt veroorzaakt door

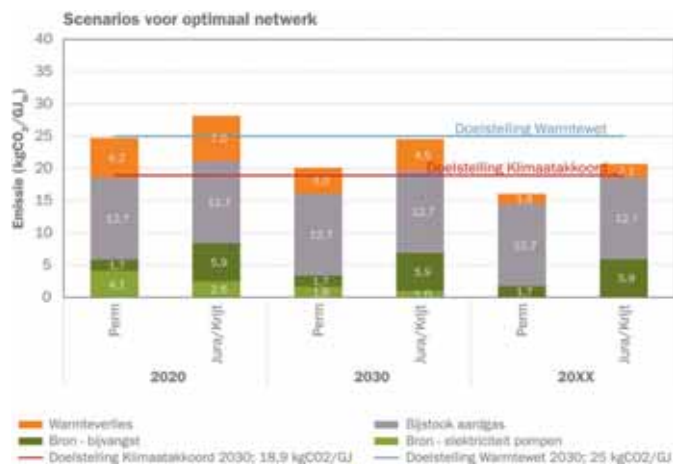
het elektriciteitsgebruik van de pompen waarmee het geothermische water wordt rondgepompt en door gas dat opgelost is in het warme water in de ondergrond (bijvangst). Dit gas bestaat onder andere uit methaan en CO₂. Wanneer het geothermische water naar het oppervlak komt, komt dit gas vrij en kan dit worden verbrand in een gasketel voor het produceren van additionele warmte. Eerdere studies hebben deze bijvangst niet meegenomen in de berekening van de CO₂ emissie.²

Een geothermiebron alleen kan een cv-ketel niet vervangen. Ook de CO₂-uitstoot van het warmtenet dat de warmte van de bron naar de eindgebruiker transporteert, plus de bijbehorende pieklast en warmteverliezen moet worden meegenomen (Figuur 1). In de whitepaper is er uit gegaan van een nieuw warmtenet, waarbij 80 procent van de warmte wordt geleverd door geothermie en 20 procent uit een aardgasketel die wordt gebruikt om de piekvraag in de winter te dekken (pieklast). Bij de warmteverliezen komt op zichzelf geen CO₂ vrij, maar de totale uitstoot van het systeem wordt wel vergroot.



FIGUUR 1 – SYSTEMATISCH OVERZICHT VAN BRONNEN VAN CO₂-EMISSION VAN EEN WARMTENET MET GEOTHERMIEBRON.

Wanneer deze factoren mee worden genomen komt de gemiddelde CO₂-uitstoot van een warmtenet met geothermiebron uit op 25,0 kg CO₂/GJ in 2020. Dit is al 60 procent minder uitstoot dan een cv-ketel op aardgas (Figuur 2). Deze emissie valt nog wel onder de normstelling die opgenomen is in de (concept) Warmtewet, maar is hoger dan de doelstelling van het Klimaatakkoord. Dit betekent dat er aanvullende maatregelen nodig zijn om te kunnen voldoen aan de 70 procent reductie uit het Klimaatakkoord.



FIGUUR 2 SYSTEEMEMISSIE VOOR EEN GEOTHERMIEBRON IN EEN WARMTENETWERK IN STEDELIJKE OMGEVING. SCENARIO'S VOOR 2020, 2030 EN 20XX (JAAR MET VOLLEDIG DUURZAME ELEKTRICITEITSMIX) VOOR DE TWEE AQUIFERS WAARUIT OP DIT MOMENT IN NEDERLAND HET MEESTE GEOTHERMISCH WATER WORDT GEPRODUCEERD. DE RODE LIJN GEEFT DE DOELSTELLING AAN VAN 70 PROCENT EMISSIEREDUCTIE UIT HET KLIMAATAKkoord, DE BLAUWE LIJN DE NORMSTELLING UIT DE WARMTEWET.

CASUS ZWOLLE

Zwolle wil de komende jaren een innovatieve geothermiebron ontwikkelen met het onderzoeksprogramma RESULT.³ Dit geothermiedoublet zal naar verwachting warmte gaan produceren uit een dunne watervoerende laag van het Perm-ouderdom. De geothermiebron wordt als duurzame warmtebron ingezet in de nabijgelegen wijken Holtenbroek en Aa-landen. Voor deze wijken lijkt een warmtenet het beste alternatief voor verwarmen met aardgas. Dit warmtenet wordt zo ingericht dat het kan uitgroeien naar een toekomstbestendig, flexibel en robuust warmtenet. Het kan daarom worden gezien als optimaal net in stedelijke omgeving. Figuur 3 laat een conceptvoorstel zien voor de locatie van de geothermiebron, locatie van het tracé en van de woningen die op het net aangesloten zullen worden.

Monique Schuttenbeld wethouder Energietransitie:

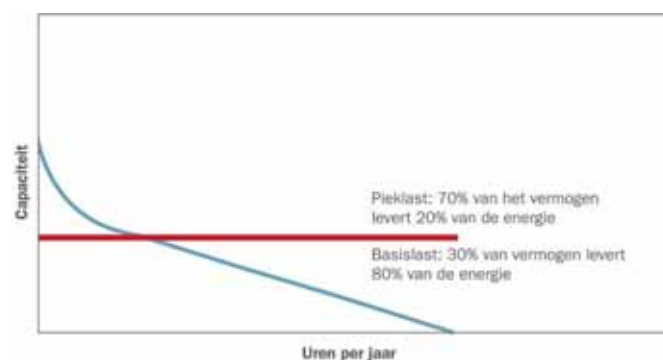
"In Zwolle zien we geothermie als een belangrijke duurzame bron voor de delen van Zwolle waarvoor een warmtenet wordt ontwikkeld. In Holtenbroek gaan we met geothermie een belangrijke stap maken voor de aardgasvrije stad. Wat mooi dat Zwolle is gebruikt als casus voor deze whitepaper. De aanbevelingen om geothermie in de toekomst nog verder te kunnen verduurzamen nemen we ter harte. We kunnen daar nu al ons voordeel mee doen. Zo zorgen we ervoor dat Zwolle ook in de toekomst een schone, leefbare stad is en blijft, waar het fijn wonen en werken is voor onze inwoners."⁴



FIGUUR 3: CONTOUREN EERSTE FASE VAN HET WARMTENET EN DE GEOTHERMIEBRON IN ZWOLLE (BRON: CORRESPONDENTIE ERIC HUYGEN, GEMEENTE ZWOLLE).

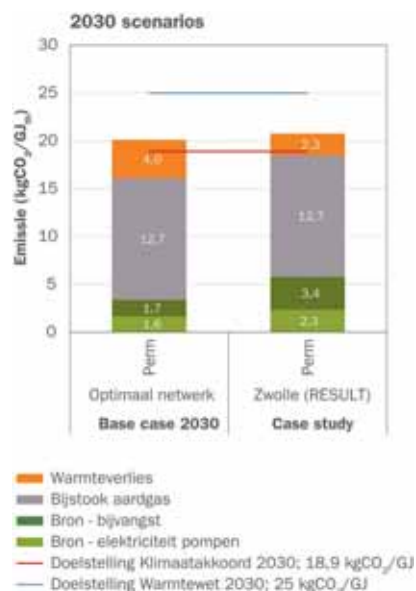
Waar in de berekeningen in deze studie data is gebruikt van doubletten die alleen warmte leveren aan de glastuinbouw, wordt de Zwolle-casus gebruikt als voorbeeld van een geothermiebron in een stedelijk warmtenet.

Er zullen ca. 4.000 woningequivalenten worden aangesloten op het net, met een totale warmtevraag van ca. 135.000 GJ (inclusief ca. 10 procent warmteverlies). 80 procent van de warmtevraag zal worden gedekt door een geothermiebron. Een buffervat van 3.000 m³ zorgt voor optimalisatie van de dekkingsgraad. De overige 20 procent van de warmtevraag wordt opgevuld door bijstook met aardgas. Figuur 4 laat een raming van de belastingduurkromme voor het warmtesysteem zien. De warmteverliezen in het systeem worden geraamd op 10 procent doordat voornamelijk gestapelde bouw op het net wordt aangesloten. Hierdoor is de compactheid van het net groot en blijven warmteverliezen beperkt. Er wordt 1 procent verlies geraamd voor de pompenergie, dit is een verwaarloosbare hoeveelheid en is daarom net zoals in de eerdere berekeningen buiten beschouwing gelaten.



FIGUUR 4: BELASTINGDUURKROMME VOOR HET WARMTESYSTEEM IN ZWOLLE (BLAUW). DE RODE LIJN GEEFT DE VERHOUDING BASISLAST EN PIEKLAST AAN.

De berekende CO₂-emissie van het systeem in Zwolle komt sterk overeen met CO₂-emissie van de eerder berekende scenario's (Figuur 5). De iets hogere bronemissies voor de Zwolle-casus worden veroorzaakt doordat het geothermiedoublet in Zwolle op een lager vermogen zal draaien dan de geothermiedoubletten in de glastuinbouw. De hoeveelheid bijstook is hetzelfde als bij het eerder berekende scenario omdat het aandeel



FIGUUR 5: SYSTEEMEMISSIE VOOR ZWOLLE-CASUS IN VERGELIJKING MET HET EERDER BEREKENDE SCENARIO. DE RODE LIJN GEEFT DE DOELSTELLING AAN VAN 70 PROCENT EMISSIE REDUCTIE UIT HET KLIMAATAKkoord, DE BLAUWE LIJN DE NORMSTELLING UIT DE WARMTEWET.

geothermiebron/bijstook hetzelfde is (verhouding 80/20). Het warmteverlies is beperkt gehouden tot 10 procent, wat significant lager is dan de warmteverliezen in bestaande netten die rond de 30 procent liggen.

VERDERE REDUCTIE VAN DE UITSTOOT VAN CO₂

Er zijn verschillende mogelijkheden om de CO₂-uitstoot van de geothermiebron in het warmtenetwerk te verlagen en zelfs tot nul te reduceren. De CO₂-uitstoot als gevolg het elektriciteitsgebruik van de bronpompen zal met het verduurzamen van de elektriciteitsmix vanzelf wegvallen. Het beperken van de emissies als gevolg van het verbranden van formatiegas ('bijvangst') kan ook tot een significante reductie van de CO₂-uitstoot van het systeem leiden. Dit kan op verschillende manieren worden gerealiseerd. Bijvoorbeeld door het formatiegas in oplossing te houden en terug te injecteren in de geothermische put, of door het afvangen van de CO₂ die ontstaat door het verbranden van het formatiegas. Deze technieken worden al in Nederland toegepast.

Wat betreft het warmtenetwerk zal het verduurzamen van de bijstook (nu nog op aardgas) de grootste impact hebben. Dit kan bijvoorbeeld worden vervangen door groen gas, biomassa of waterstof, maar ook ondergrondse warmteopslag kan een deel van de piekvraag opvangen. Daarnaast zal ook het verminderen van warmteverliezen in het warmtenetwerk de uitstoot per GJ verla-

gen. Een ander alternatief is het ontwikkelen van ondiepe(re) geothermie projecten die geen of minder bijvangst hebben omdat in algemene zin minder formatiegas aanwezig is in ondiepere reservoirs in Nederland.

CONCLUSIE

Geothermie is nu al een duurzame warmtebron met een lage CO₂-emissie. Met behulp van de hierboven beschreven maatregelen voor zowel de bron als het warmtenet, is het mogelijk om de uitstoot verder te verlagen, en zo uiteindelijk een CO₂-neutraal warmtesysteem te realiseren.

NOTEN

1. <https://www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2020/12/geothermie-duurzame-energiebron/>.
2. Kalkman, A. & Menkveld, M. (2018). Warmteladder voor MRA. TNO/ECN, Schepers, B.L. & Scholten, T. (2016). Ketenemissies warmtelevering. CE Delft. Publicatienummer: 16.3H06.06, Greenvis (2020). Inventarisatie duurzaamheid warmtenetten, Normstelling CO₂-emissie Wet collectieve Warmtevoorziening.
3. Resultaten verkenning organisatie Zwolse warmteketen (2020), Informatie nota voor de raad. <https://www.zwolle.nl/sites/default/files/200930-informatienota-raad-resultaten-verkenning-organisatie-warmteketen-v2.pdf>.
4. Persoonlijke correspondentie met wethouder Monique Schuttenbeld.