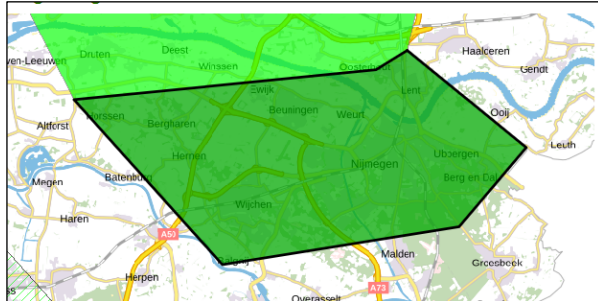


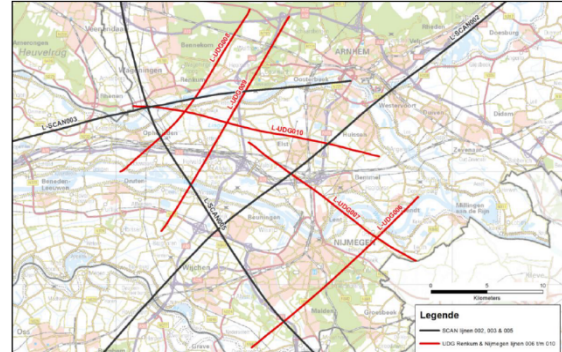
## Bijlage met inhoudelijke technische achtergrondinformatie

### Opsporingsgebied en seismisch onderzoek

Het opsporingsgebied van Tellus Nijmegen is in donkergroen op Figuur 2 weergegeven en geldt inmiddels voor het gehele dieptetraject. Het in 2020 uitgevoerd seismisch onderzoek is langs de rode en zwarte lijnen in Figuur 1 uitgevoerd.



*Figuur 2: Gebied opsporingsvergunning Tellus Nijmegen (donkergroen)*

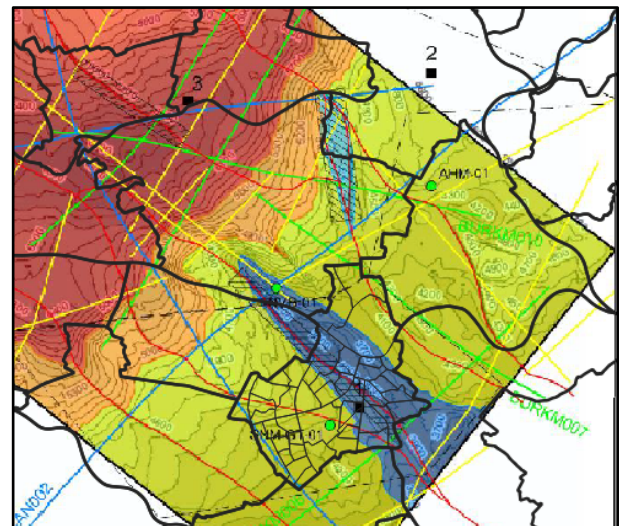


*Figuur 1: Ligging seismische onderzoekslijnen uit 2020 (zwart SCAN programma en rood UDG programma)*

### Target gesteente Kolenkalk of Dinantien ligt plaatselijk ondieper dan gedacht

Het voor geothermie in potentie geschikte *target* gesteente, het Dinantien (soms ook Kolenkalk genoemd), wordt ondieper aangetroffen dan in eerste instantie werd gedacht. Men verwachtte het pas op ca 4,5 km diepte, maar nu blijkt deze in een “rug” zone al op 3,5 km te worden aangetroffen. Wel bestaat er nog enige onzekerheid over de exacte diepte. Via een nieuwe (wetenschappelijk) onderzoeksboring bij Nijmegen kan hierover meer zekerheid worden verkregen. De verwachte watertemperatuur op de vermoedelijke diepte van het Dinantien bedraagt minimaal 137 graden.

Ter illustratie is op Figuur 3 hiernaast het voorkomen van de bovenkant het Dinantien weergegeven. De verhoogde “rug” zone (donkerblauw) ligt op een diepte van ca 3,5 km. Het gele deel betreft een “plateau” op ca 4,6 km die in het noordwesten via een helling (oranje) overgaat in het “diep” op een diepte van ca 6,5 km. In de blauwe zone is met arcering de vermoedelijke opengedoken gesteente weergegeven.



*Figuur 3: Diepte van de bovenkant van het Dinantien (Kolenkalk)*

Nu blijkt dat het Dinantien binnen de 4 kilometer voorkomt, ligt deze target in het bereik van de normale diepe geothermie in plaats van ultradiepe (UDG). Dit betekent dat van het nationaal garantiefonds geothermie gebruik kan worden gemaakt. Er hoeft niet gewacht te worden op de realisatie van andere UDG projecten waardoor het toepassen van geothermie in Nijmegen kan versnellen.

### Ondiepere “rug” zone loopt pal onder Nijmegen door

De ondiepere “rug” zone loopt pal onder Nijmegen door en is op Figuur 3 in blauw weergegeven. Een geothermiebron in deze blauwe zone ligt daarmee direct in het warmteafzetgebied en dicht bij de hoofdtransportleiding van het bestaande warmtenet.

### Ondiepere “rug” zone is waarschijnlijk kapotgebroken en mogelijk waterdoorlatend

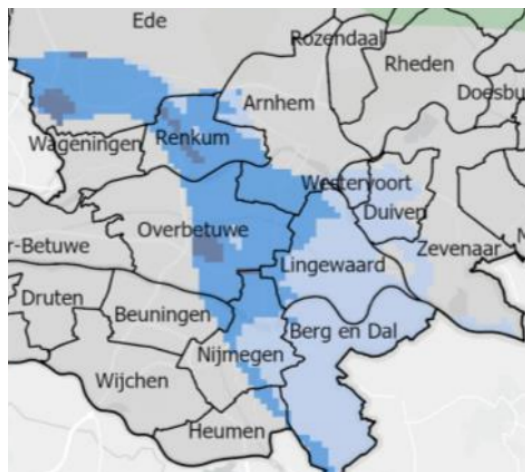
Het gesteente in de “rug” zone is door breukwerkingen waarschijnlijk kapotgebroken. Dat is gunstig voor de

waterdoorlatendheid van het gesteente. Hoe meer waterdoorlatend een gesteente is (geworden) des te meer warmte uit een geothermiebron kan worden gewonnen.

Omdat deze micro-breukjes in het gesteente later zijn gevormd, wordt gesproken over verhoogde secundaire permeabiliteit van het gesteente. Het is niet bekend of de secundaire permeabiliteit in de blauwe zone nog steeds aanwezig is. De micro breukjes in het gesteente kunnen nadien weer met neerslag van mineralen zijn verstopt. De waterdoorlatendheid kan niet via de seismische data worden achterhaald maar alleen via een (4 km diepe) (onderzoeks) boring bij Nijmegen. Deze (wetenschappelijke) onderzoeksboring zou bijvoorbeeld onder het landelijke SCAN programma uitgevoerd kunnen worden (EBN gaat over de verdeling van de SCAN-onderzoeksboringen).

#### *Drie potentiële additionele target gesteentes: Rotliegendes meeste potentie*

Mocht het *target* gesteente Dinantien niet geschikt zijn voor aardwarmte, dan zijn er mogelijk drie ondiepere potentiële *target* gesteentes. De drie gesteentelagen liggen op 1,9 km (Caumer subgroep), 1,1 km (Rotliegendes) en 1,0 km (Vlieland, onderdeel van de Rijnlandgroep) diepte. Daar heersen temperaturen van respectievelijk 65, 45 en 41 graden Celsius. Het potentie onderzoek Gelderland geeft de meeste geothermie potentie aan het Rotliegendes en geven minder potentie aan de twee andere twee gesteentes.



#### **Kansen voor diepe geothermie**

Rotliegend reservoir

- Geen kans
- Redelijke kans
- Goede kans
- Zeer goede kans

Het Rotliegendes gesteente is circa 20 meter dik en ligt op een diepte van ca 1,2 km. De beste potentie voor geothermie vanuit het Rotliegendes is op de kaart hiernaast weergegeven. Hoe donkerder blauw des te hoger de geothermie potentie is. De figuur laat zien dat het Rotliegendes niet overal in Nijmegen aanwezig is. De hoogste potentie is aanwezig in een smalle strook lopend van zuidoost naar noordwest. Alhoewel

er een goede potentie voor geothermie wordt berekend is dit nog niet zeker en kan pas middels een onderzoeksboring worden vastgesteld. Probleem is dat de dikte van het Rotliegendes relatief laag is, hooguit ca 20 meter en aan de ondergrens zit om een financieel haalbaar geothermieproject te kunnen ontwikkelen. Bij de ontwikkeling van de geothermiebron speelt ook de beperkte temperatuur van het water mee. Die ligt op ca 50 oC. De temperatuur is voor nieuwbouw voldoende om direct voor ruimteverwarming te kunnen gebruiken. Voor bestaande woningen is die onvoldoende omdat moet de warmte naar hogere temperatuur worden opgewaardeerd bv via een warmtepomp.

#### *Geen actieve breuken in interessegebied aanwezig*

De grotere lokale en regionale breuken die verschillende aardlagen in de ondergrond hebben doen verschuiven, lopen in het geothermie interessegebied niet door tot aan het aardoppervlak. Dit is een indicatie dat de aanwezige breuken niet meer recent actief zijn geweest. Via aanvullend (seismisch) onderzoek moet dit worden bevestigd. Geothermie is niet toegestaan in actieve breuken vanwege de kans op geïnduceerde aardbevingen.

### **Inschatting warmtevermogen geothermiebron**

#### *Geothermievotentie target gesteende Kolenkalk/Dinantien*

De resultaten van het nieuw uitgevoerde seismisch onderzoek geven weliswaar een verbeterd inzicht in de opbouw van de Kolenkalk/Dinantien, maar ze kunnen geen zekerheid geven op de exploitatie van een succesvolle geothermiebron. Eén van de belangrijke onzekerheden is de waterdoorlatendheid van het gesteente. In het

uiterste geval is in het gesteente geen secundaire permeabiliteit meer aanwezig en is de potentie van geothermie te klein om het financieel rendabel te kunnen exploiteren. Als het gesteente wel waterdoorlatend is, dan kan bij een gemiddelde waterdoorlatendheid van het gesteente één geothermiebron circa 14.000 woningen (25 MW<sub>th</sub>) in de basislast met warmte voorzien. Met de heersende temperaturen op 3,5 km diepte is het mogelijk om lagedrukstoom te produceren dat kan worden toegepast in bedrijfsprocessen zoals bij het Radboud UMC (stomerij, desinfectie van materialen). Het gasverbruik van de Radboud UMC is vergelijkbaar met het verbruik van ca 5.000 woningen.

#### *Geothermievotentie andere drie target gesteentes*

Mocht er onvoldoende potentie in het Dinantien gesteente op 3,5 km diepte aanwezig zijn, dan kunnen gesteentes op 1,9, 1,1 en 1,0 km diepte mogelijk voor geothermie worden gebruikt (onderzoek Tellus Nijmegen). Uit het onderzoek dat in opdracht van de provincie Gelderland is uitgevoerd blijkt dat het warmtevermogen van een geothermiebron in het Rotliegendes rond de 2 á 4 MW bedraagt. Dit is maar net voldoende om een economisch haalbare geothermiebron te kunnen exploiteren. Aanvullend onderzoek is nodig om hier meer inzicht in de verkrijgen. Een 2 MW geothermie project kan gemiddeld ca 1.000 woningen van warmte in de basislast voorzien. Omdat (bestaande) woningen minimaal een watertemperatuur van 60 °C verlangen, is het niet mogelijk de warmte van 1,0/1,1 km diepte in de woningen direct toe te passen. Het moet eerst naar een hogere temperatuur worden gebracht, bijvoorbeeld middels (industriële) warmtepompen.

#### **Aanvullende informatie en aanstaande vervolgacties**

*Uitvoeren (wetenschappelijke) onderzoeksboring, extra seismisch onderzoek en detaillering huidige seismisch data*  
Met de resultaten van het seismisch onderzoek is meer zekerheid verkregen over de potentie van geothermie in Nijmegen. Dat is positief nieuws. Meer onderzoek in de vorm van een onderzoeksboring is nodig. Met het uitvoeren van een (wetenschappelijke) onderzoeksboring kan nauwkeurig de ouderdom en de diepte van het gesteente worden bepaald én wordt meer bekendheid verkregen over de samenstelling, de porositeit en permeabiliteit van de target gesteentes. Vervolgens kan met extra seismisch onderzoek in meer detail de ligging van de aardlagen en de positie van de lokale en regionale breuken en structuren worden bepaald. Ander vervolgonderzoek is bijvoorbeeld een studie naar de seismiteit uit het verleden en het in meer detail uitwerken van de huidige seismische data om zo mogelijke holtes (karstvorming), die vroeger in het Dinantien kunnen zijn ontstaan, op te sporen.

#### *Samenloop met onderzoek SCAN*

EBN (Energie Beheer Nederland), uitvoerder van de Seismische Campagne Nederland (SCAN, <https://scanaardwarmte.nl/>), gaat tien wetenschappelijke boringen, verspreid over Nederland, uitvoeren. EBN overlegt met verschillende partijen, waaronder de provincie Gelderland, over de keuze van de boorlocaties. We hebben de provincie Gelderland verzocht in hun overleg met EBN de potentie van geothermie in Nijmegen voor het voetlicht te brengen en voor te stellen dat een wetenschappelijke onderzoeksboring bij Nijmegen komt en dat de locatiekeuze met het geothermiebedrijf Tellus Nijmegen wordt afgestemd. Het Radboud UMC heeft recentelijk EBN een brief gestuurd waarin zij aangeven dat zij graag op een geothermiebron worden aangesloten en dat inzicht in de diepe ondergrond met een (wetenschappelijke) onderzoeksboring in/rondom Nijmegen zeer gewenst is.

EBN gaat in Nederland 10 onderzoeksboringen plaatsen om het gesteente in de diepe ondergrond te kunnen onderzoeken. Samen met het seismisch onderzoek maakt dit het beeld van de ondergrond completer. De locaties van de eerste 3 boringen zijn bekend. Over de locatiekeuze van de overige 7 boringen wordt door EBN verder dit jaar een besluit genomen. Tot op heden is niet bekend of in Gelderland een onderzoeksborings wordt geplaatst. EBN en TNO lijken geen prioriteit te stellen aan het boren naar het Dinantien. EBN lijkt zich met de onderzoeksboringen eerst op de ondiepere zandsteen aardlagen te focussen. We hebben op 10 december 2021 een bericht naar EBN gestuurd met het verzoek om in de regio Nijmegen zo'n onderzoeksborings tot in het Dinantien te plaatsen.

#### *Contracteren van geothermiewarmte*

Het geothermiebedrijf Tellus Nijmegen zet de gesprekken met de potentiële afnemers van geothermiewarmte voort. Uitdagend is daarbij dat er op dit moment onzekerheid bestaat over de waterdoorlatendheid van het gesteente en daarmee de haalbaarheid van de geothermiebron. Deze projectonzekerheden maakt het voor het geothermiebedrijf lastig om tot concrete afspraken met partijen te komen. Een (wetenschappelijke) onderzoeksborings helpt de projectonzekerheid te verkleinen. Een andere uitdaging is het grote aantal woningen (ca 14.000) dat in een keer moet worden gecontracteerd om een diepe geothermieborings financieel rendabel te maken. Door woningen eerst op een andere (duurzame) warmtebron aan te sluiten kan deze op een later tijdstip door de geothermiebron worden overgenomen. Wel is dan goede afstemming tussen de warmteproducenten en warmteleveranciers noodzakelijk om die overgang soepel te laten verlopen.

#### *Enkele landelijke ontwikkelingen op het gebied van geothermie*

Dit jaar stond de bescherming van de kwaliteit van het drinkwater bij het boren naar aardwarmte nog meer in de belangstelling. De Algemene Rekenkamer heeft hierover in juni 2021 een rapport uitgebracht. Volgens de Rekenkamer doet de overheid te weinig om het drinkwater te beschermen. De Rijksoverheid ziet dit anders, temeer omdat het onderzoek in 2019 is uitgevoerd en sindsdien er veel is verbeterd. Ze vinden niet dat de drinkwaterkwaliteit ondergeschikt is gemaakt in het beleid.<sup>1</sup>

Dat de afstemming tussen de bescherming van drinkwater en geothermie belangrijk is blijkt wel uit de aanwijzing en de ontwerp-regels (nu in procedure) voor de nieuwe drinkwaterreserveringsgebieden in Gelderland. In onze provincie is o.a. rekening gehouden met de toepassing van geothermie zodat beide belangen (aardwarmte en drinkwatervoorraden) elkaar in de toekomst niet in de weg zitten. In onze regio Nijmegen ligt een drinkwaterreserveringsgebied langs de Waal in de gemeente Beuningen en Druten. Dit ligt dusdanig dat het een toekomstige ontwikkeling van geothermie in Nijmegen niet nadelig treft.

Voor de bestaande grondwaterbeschermingsgebied blijven de regels onveranderd, namelijk dat in het grondwaterbeschermingsgebied niet naar aardwarmte mag worden geboord.

Dat de geothermiesector verbetert en professionaliseert blijkt uit het onderzoek dat door de Staatstoezicht op de Mijnen (SODM) is uitgevoerd. De SODM heeft in 2021 onderzocht wat er met haar aanbevelingen uit haar onderzoek in 2017 is gedaan. De conclusie is dat geothermie intussen veiliger is geworden voor mens en milieu, maar wel verder kan worden verbeterd<sup>2</sup>. Naar aanleiding van deze evaluatie heeft de SODM het verscherpt toezicht op de gehele geothermiesector loslaten. De ingezette trend qua professionalisering laat dit toe.

De professionalisering van de geothermiesector komt onder andere tot uiting in de in maart 2021 vastgestelde nieuwe Industriestandaard Duurzaam Putontwerp waaraan alle nieuwe ontwerpen voor aardwarmteputten moeten voldoen<sup>3</sup>. Op deze manier garandeert de sector de putintegriteit van aardwarmteputten en wordt het risico verkleind op het lekken van formatievloeistoffen naar de ondergrond en het vermengen van ondiepe

---

<sup>1</sup> <https://www.rekenkamer.nl/publicaties/rapporten/2021/06/17/bescherming-drinkwater-bij-het-boren-naar-aardwarmte>

<sup>2</sup> <https://www.sodm.nl/actueel/nieuws/2021/09/30/geothermie-moet-en-kan-veilig>

<sup>3</sup> <https://www.ebn.nl/nieuws/geothermie-nederland-en-ebn-lanceren-industriestandaard-duurzaam-putontwerp>

waterlagen buiten de putten.’ Op welke manier de geothermiesector de toepassing van geothermie verder wil versnellen is te lezen in het “Actieplan versnelling geothermie” die door Geothermie Nederland is opgesteld<sup>4</sup>

De toename van het aantal nieuwe geothermieprojecten stagneert het laatste jaar. Aan het eind van 2021 waren er in Nederland 24 locaties met geothermiebronnen. De stagnatie is niet te wijten aan te weinig geothermieprojecten. In 2021 hadden 19 projecten een SDE++ subsidie en zaten er nog eens 70 projecten aan te komen. Het probleem zit ‘m in de methodiek van de SDE++-subsidie. Volgens deze methodiek concurreren verschillende duurzame projecten met elkaar op de beperkt beschikbare subsidiepot. Geothermieprojecten maken daar nu nog weinig tot geen kans ten opzicht van andere duurzame projecten. Verwacht wordt dat de SDE++ subsidie methodiek wordt aangepast zodat geothermie project wel een reële kans voor subsidietoekenning krijgen. Ook moet in de SDE++ subsidie de vereiste realisatietermijn naar zes jaar worden verlengd. Veel geothermieprojecten halen de huidige vereiste realisatietermijn niet waardoor de SDE++ subsidie komt te vervallen en een nieuwe aanvraag moet worden gedaan. Het is te verwachten dat op het moment in Nijmegen een geothermieproject start deze SDE++ subsidie goed op geothermieprojecten is afgestemd.

TNO heeft onderzoek gedaan naar de duurzaamheid van geothermie in warmtenetten<sup>5</sup>. Uit dit onderzoek blijkt dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot van een geothermiebron in vergelijking met een CV-ketel op aardgas zo’n 90% lager is. De CO<sub>2</sub>-emissie wordt veroorzaakt door de zogenoemde ‘bijvangst’ en de pompenergie. Met ‘bijvangst’ wordt methaan bedoeld dat in oplossing zit in het opgepompte water. Op dit moment wordt dit methaan nuttig toegepast en wordt er warmte en elektriciteit mee geproduceerd. Deze CO<sub>2</sub>-emissie komt op het conto van de geothermiebron. TNO heeft in een recentelijk uitgebracht vervolg onderzoek onderzocht op welke manier de CO<sub>2</sub>-emissie van deze ‘bijvangst’ kan worden vermeden. Denk bijvoorbeeld aan het her injecteren van het methaan in de retourbron, het afvangen van CO<sub>2</sub> bij het verbranden van de bijvangst, of het opwaarderen van het gas naar de Nederlandse aardgaskwaliteit om deze vervolgens in het aardgasnetwerk in te voeden. Wat betreft de CO<sub>2</sub> uitstoot van de pompenergie: die is gerelateerd aan de huidige energiemix, maar zal op termijn naar nul gaan zodra de landelijke energiemix geheel is verduurzaamd. Met het volledige doorvoeren van beide maatregelen wordt een geothermiebron CO<sub>2</sub> emissieloos. Om het gehele warmtenetsysteem CO<sub>2</sub> emissieloos te maken moet er een groen alternatief voor het aardgas in de pieklastvoorziening komen en moeten warmteverliezen in het warmtenet worden verminderd.

Meer informatie over aardwarmte is te vinden via <https://allesoveraardwarmte.nl/>, <https://geothermie.nl> of in de webinars uit de ‘week van de aardwarmte’ <https://www.ebn.nl/week-van-de-aardwarmte/>

---

<sup>4</sup> [https://geothermie.nl/wp-content/uploads/2022/09/GNL-voorzet\\_Actieplan-Versnelling-geothermie-sept2022.pdf](https://geothermie.nl/wp-content/uploads/2022/09/GNL-voorzet_Actieplan-Versnelling-geothermie-sept2022.pdf)

<sup>5</sup> <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/energietransitie/roadmaps/duurzame-ondergrond/naar-een-energie-producerende-gebouwde-omgeving/versnelde-verduurzaming-lokale-warmtevoorziening/duidelijkheid-duurzaamheid-geothermie/>