

1. Inleiding

In het kader van de Kennis- en Innovatie Roadmap Aardwarmte (KIRA) wordt onderzoek geïnitieerd om leemtes in kennis rondom aardwarmteprojecten op te lossen. Een van de kennisleemtes is de snelheid en omvang van opwarming van de bodem en grondwater rondom geothermische injectie- en productieputten. Omdat hier nog nooit meetgegevens over zijn verzameld, is er tot nu toe alleen nog maar modelmatig naar dit fenomeen gekeken (Van Lopik et al., 2015). Vanuit de begeleidingscommissie is geconstateerd dat er sterke behoefte is om de modelaannames te verifiëren met in het veld verzamelde meetdata. In dit project wordt voorgesteld bij een bestaand geothermieproject de temperatuurontwikkeling in de bodem voor langere termijn te volgen. Voor het opstellen van dit voorstel is tevens gebruik gemaakt van het rapport “Grondwatermonitoring bij geothermiesystemen” van Witteveen + Bos/KWR. (2020) gemaakt voor de Kennisagenda Aardwarmte.

2. Doelstelling

Voor dit project zijn de volgende doelstellingen geformuleerd:

- Het in de praktijk meten van warmteopbouw en -verplaatsing door geothermieputten in de bodem en het grondwater.
- Het leveren van een kalibratiedataset voor verdere modellering van warmteuitstraling door geothermieputten en daarmee mogelijk geïnitieerde thermische grondwaterconvectie. De modellering zelf is geen onderdeel van dit projectvoorstel.
- Het opdoen van ervaring met grondwatermonitoring bij een geothermieproject.

3. Randvoorwaarden

Om tot een goede en veilige uitvoering van het project te komen zijn onderstaande randvoorwaarden opgesteld. Waar de randvoorwaarden een tegenstrijdige richting suggereren zal een afweging worden gemaakt wat de beste en veiligste oplossing is.

- De monitoringsputten worden zo dicht mogelijk bij de warmste geothermieput geplaatst.
- Monitoringsputten worden indien mogelijk zowel beneden- als bovenstrooms van de geothermieputten aangelegd.
- De monitoringsputten worden diep genoeg aangelegd om niet beïnvloed te worden door seizoensopwarming(-koeling) vanaf het aardoppervlak.
- Er wordt met de materiaalkeuze en werkwijze rekening gehouden met ATEX zone rond de geothermieputten, indien hierin wordt gewerkt.
- De vloeiستofdichte vloer rond de geothermieputten wordt na de aanleg van de monitoringinstallatie deugdelijk hersteld.
- De monitoringsputten en installaties worden zo geplaatst dat de omgeving rond de geothermieputten veilig blijft.
- De aansprakelijkheden worden duidelijk geregeld. De operator van de locatie is als eigenaar verantwoordelijk voor de aanleg, onderhoud en verwijdering van de monitoringsputten en bijbehorende installatie.
- De kosten van de aanleg en een inschatting van de kosten voor het onderhoud en verwijdering wordt door KIRA bij aanvang van het project vergoed.
- De operator levert relevante informatie aan over de opbouw van de geothermieputten en over de productiegegevens van deze putten.
- Het geothermieproject heeft bij voorkeur al enige productiegeschiedenis, zodat de opwarming al in gang is gezet.

- Het geothermieproject heeft bij voorkeur een modern verbuizingsschema, dat representatief is voor toekomstige geothermieprojecten.
- Het project moet over vele jaren kunnen lopen. Denk aan een periode van 5 jaar.

4. Locatie

Leden van de begeleidingscommissie hebben geschikte geothermieprojecten benaderd met de vraag of zij het voorgestelde onderzoek op hun terrein zouden kunnen faciliteren. Trias Westland heeft hierop positief gereageerd. Hierna is verder onderzocht hoe het monitoringsproject bij de geothermische productieput NLW-GT-02-S1 vorm zou kunnen krijgen.

De put NLW-GT-02-S1 is sinds juli 2019 in productie en produceert sindsdien gemiddeld $\sim 7.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ ($\sim 290 \text{ m}^3/\text{uur}$) aan water met een temperatuur circa 85°C van een diepte van ongeveer 2400m uit de Delft zandsteen. De verbuizing (Figuur 1) in het bovenste deel van deze put bestaat uit een 30" conductor (tot 134m), een gecementeerde 20" surface casing (tot 1076m TVDGL) en een 13-3/8" GRE tubing. Op 10m afstand in noordwestelijke richting staat de injectieput NLW-GT-01 (Figuur 2 en 3). Beide putten zijn omgeven door een 30 cm dikke betonnen plaat van 23 bij 14 m, die met 25 m lange betonnen palen is onderheid. Daaromheen ligt een waterdichte asfaltvloer. In zuidoostelijke richting ligt een nieuw aangelegd doublet (boringen NLW-GT-03 en -04), dat nog niet in productie is genomen (Figuur 4). De afstand tussen de productieputten NLW-GT-02 en NLW-GT-03 is 20 m.

Op de Trias Westland locatie zijn de volgende geohydrologische lagen (Figuur 5) gevonden in een proefsondering (tot 60 m) die op het terrein is verricht (Wiertsema & Partners, 2020):

-1 tot -21 m	Holoceen
-21 tot -37 m	Formatie van Kreftenheye, tweede zandige eenheid
-37 tot -46 m	Formatie van Stamproy, eerste kleiige eenheid en tweede en vierde zandige eenheid
-46 tot -60 m	Formatie van Peize en Waalre, eerste kleiige eenheid en tweede zandige eenheid

In grote lijnen zijn er dus twee zandige lagen, gescheiden door een kleiiger laag. De brak-zout water grens ligt hier op slechts enkele meters diepte, dus waarschijnlijk is al het grondwater in deze genoemde zandige eenheden zout. Uit grondwatergegevens (grondwatertools.nl) blijkt dat de meest waarschijnlijke stromingsrichting van het grondwater in het 2^{de} watervoerende pakket naar het oosten is gericht (Figuur 6).

5. Uitvoering

Voor de uitvoering van het project is overleg gevoerd met de firma Wiertsema & Partners, die als ervaren te boek staat voor het uitvoeren van speciale grondwateronderzoeken (e.g. Bakker et al., 2015). Uit het overleg bleek dat het mogelijk zou zijn om glasvezelkabels niet via een boring naar de gewenste diepte te brengen, maar dat dit ook mogelijk zou zijn via sonderen (wegdrukken) (Figuur 7). Om deze methode te testen is op het terrein van Trias Westland een proefsondering gezet, die de gewenste diepte van 60 m met succes heeft bereikt (Wiertsema & Partners, 2020). Het plaatsen van glasvezels via sonderen is eenvoudiger en aanmerkelijk goedkoper. Ook wordt de ondergrond op deze wijze slechts minimaal verstoord en is de kabel altijd in direct contact met de omringende sedimenten. Omdat het is onwaarschijnlijk dat sonderen de conductors van het geothermieproject kan beschadigen, kunnen de glasvezels zo dicht mogelijk bij de conductor worden geplaatst.

Voorgesteld wordt om de glasvezelkabels op 3 en 6 m van de productieput te plaatsen (Figuur 2 en 8). De locaties zijn in zuidoostelijke richting van de productieput gekozen aangezien rekening moet worden gehouden met heipalen waarop de betonplaat om de putlocatie rust en in westelijk richting de bovenhoofdse buizen van de putten naar de warmtewisselaar. Deze twee kabellocaties worden aangelegd door een gat te boren in de betonplaat. Dit gat wordt na de sondering afgedekt door een doelmatig putdeksel.

Elders op het terrein, buiten de mijnbouwwloer bijvoorbeeld nabij de proefsondering (figuur 2 en 4), wordt een referentieglasvezelkabel aangelegd. Deze wordt niet beïnvloed door het huidige doublet en het tweede doublet, dat binnenkort in productie genomen gaat worden. Bij de sondering van dit referentiepunt wordt met de glasvezelkabel ook een verwarmingslint meegevoerd. Door de ondergrond actief te verwarmen via het elektrische verwarmingslint kan, door de opwarming en de afkoeling na uitschakeling van de verwarming te meten, de grondwaterstroomsnelheid worden bepaald (niet de richting) en de thermische conductiviteit van de sedimenten (Bakker et al., 2015 en Figuur 9). Deze optie is vooral interessant aan het einde van het experiment om meer zekerheid over de stroomsnelheden te krijgen.

Voor een periode van 5 jaar komt om het half jaar een medewerker van Wiertsema langs om de glasvezels uit te lezen en de DTS resultaten daarna beschikbaar te maken. Bij het bezoek wordt ook via een meegebrachte sensor de temperatuur van de conductors van de productie- en injectorputten in de putkelders gemeten.

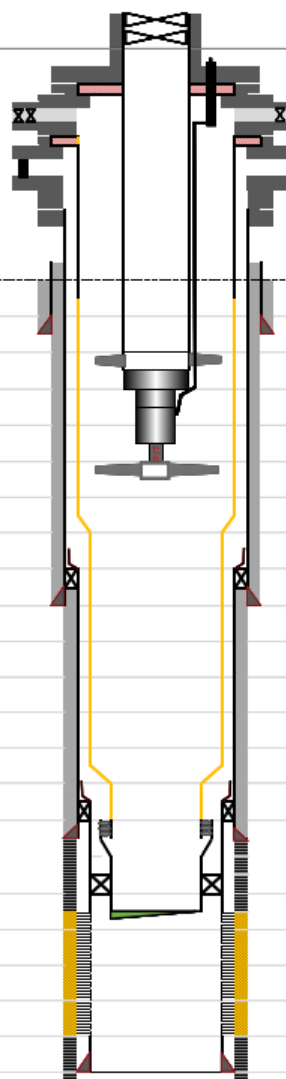
6. Referenties

- Bakker, M., R. Calje, F. Schaars, K.-J. van der Made, and S. de Haas (2015), An active heat tracer experiment to determine groundwater velocities using fiber optic cables installed with direct push equipment, *Water Resour. Res.*, 51, 2760–2772, doi:10.1002/2014WR016632.
- Van Lopik, J.H, Hartog, N., Zaadnoordijk, W.J., Cirkel, D.G., Raoof, A., (2015) Salinization in a stratified aquifer induced by heat transfer from well casings, *Advances in Water Resources*, 86, 32-45
- Wiertsema & Partners (2020), Project glasvezel DTS metingen te Naaldwijk, Project VN-77756-1
- Witteveen + Bos en KWR (2020), Grondwatermonitoring bij geothermiesystemen, Kennisagenda Aardwarmte

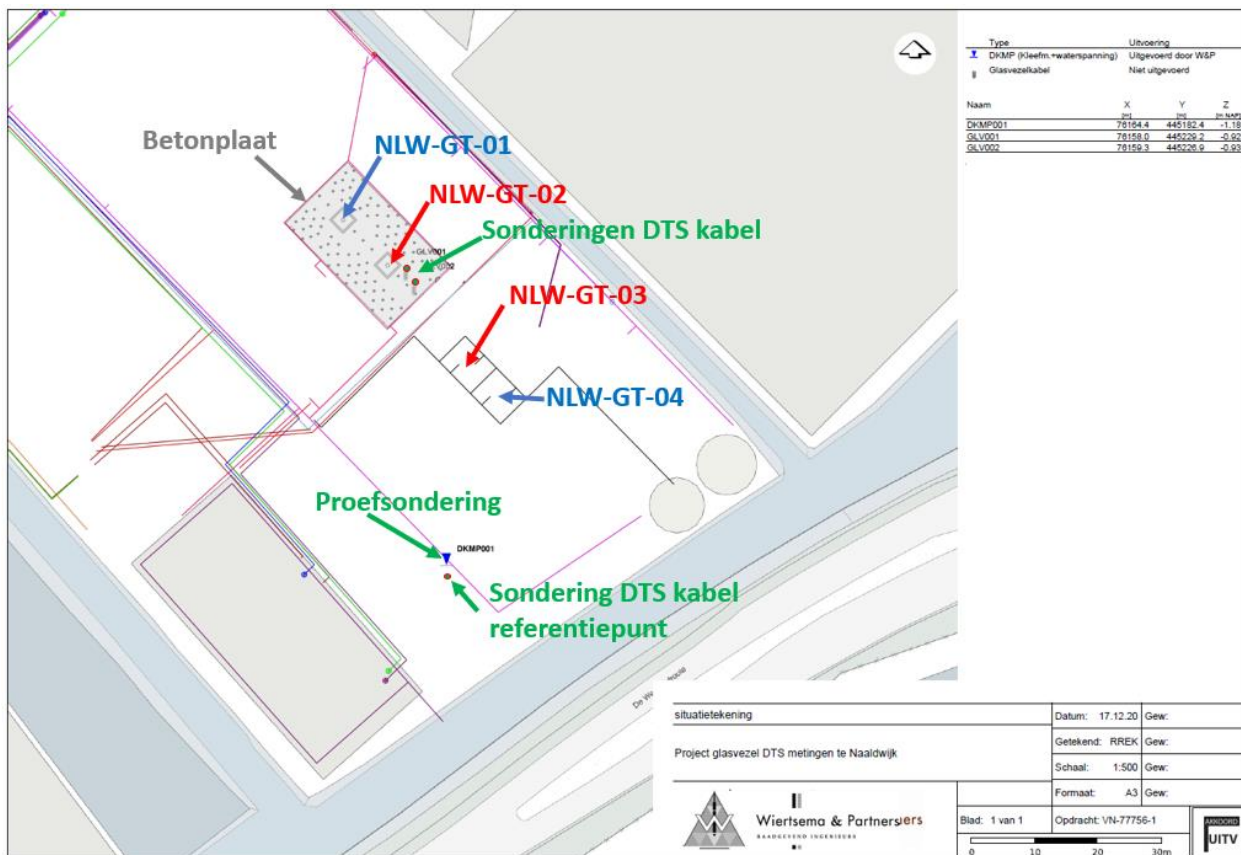
7. Aanvulling na aanleg

Bij de aanleg van het systeem zijn er om technische redenen enkele aanpassingen gemaakt ten opzichte van dit voorstel:

- De sonderingen zijn op afstanden van 6 en 9 meter van de put geplaatst
- De referentiesondering is ten westen van de productieput geplaatst en heeft een einddiepte van 37 meter bereikt

Well Name: NLW-GT-02-S1-P		Revision Date: May 7, 2019	GRE Tapered String
Well Schematic	Depth		Items
	m AHGL	m TVDGL	
	0	0	WELLHEAD Hartmann 5k psi 2x 7-1/16" + 5000PSI Gate Valves Ground Level
			Flange + Tubing hanger (BPV threadprotector installed) + Penetrator 2 x 2x 2-1/16" - 5000PSI Gate Valve 1x 2-1/16" - 5000PSI Ball Valve + blind flange Slip on Wellhead 13-5/8" Pupjoint Bottom Cellar
	1.58		13-5/8" casing X/O to 13-3/8" GRE
	93	93	Static Fluid Level 8 5/8" 32ppf L80 Tubing
	635	tbd	18 stages pump intake
	639		Seal bottom
	660		Motor bottom
	661	tbd	Pressure temperature gauge (bottom)
	899		13-3/8" GRE Tubing (Nominal Box OD = 17.75") 13-3/8" GRE X/O to 9-5/8" GRE
	983	967	20" x 16" Liner Hanger. Slips & Packer X/O to 13-5/8" (TOL)
	1093	1076	Surface Casing: 20" 133ppf NT95DE ERW BTC
	2252		9-5/8" GRE Tubing (Nominal Box OD = 11.85") 9-5/8" GRE X/O to 7" GRE
	2316	2254	13-5/8" x 9-5/8" Liner Hanger. Slips & Packer (TOL)
	2366	2287	Intermediate Liner: 13-5/8" 88.2ppf L80 VAM 21 7" GRE Tubing (Nominal Box OD = 8.10") Top PBR Self aligning muleshoe of tie back seal stem. Seal stack (Mule shoe) Internally coated Wireline entry guide
	2410		
	2413		
	2420		
	2451	2356	Top Screens
			7" GRE Tubing (Nominal Box OD = 8.10")
	2569	2444	Bottom screens
	2633	2490	Production liner: 9-5/8" 53.5ppf L80 VAM 21 WWS
	2671	2633	TD

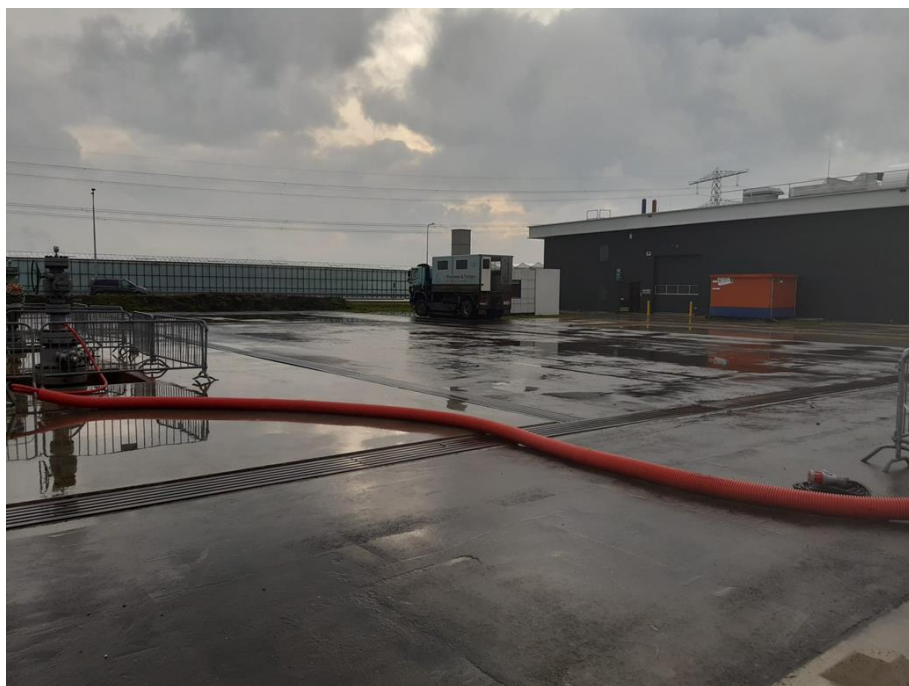
Figuur 1: Putprofiel Geothermische productieput NLW-GT-02-S1.



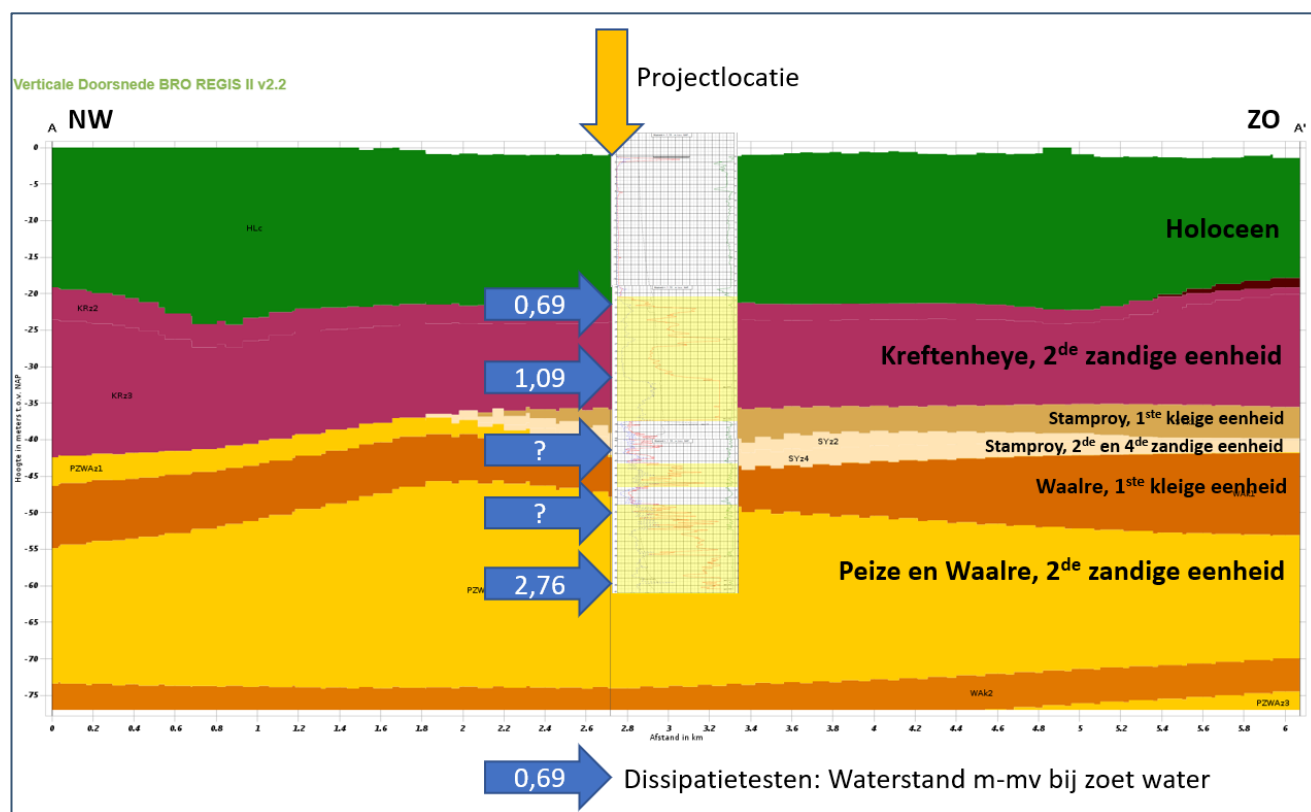
Figuur 2: Situatietekening projectlocatie. Aangegeven zijn de geothermische productieputten in rood, de geothermische injectieputten in blauw en de (voorgestelde) sonderingen in groen. De stippen in de betonplaat rond boringen NLW-GT-01 en -02 zijn de locaties van de heipalen.



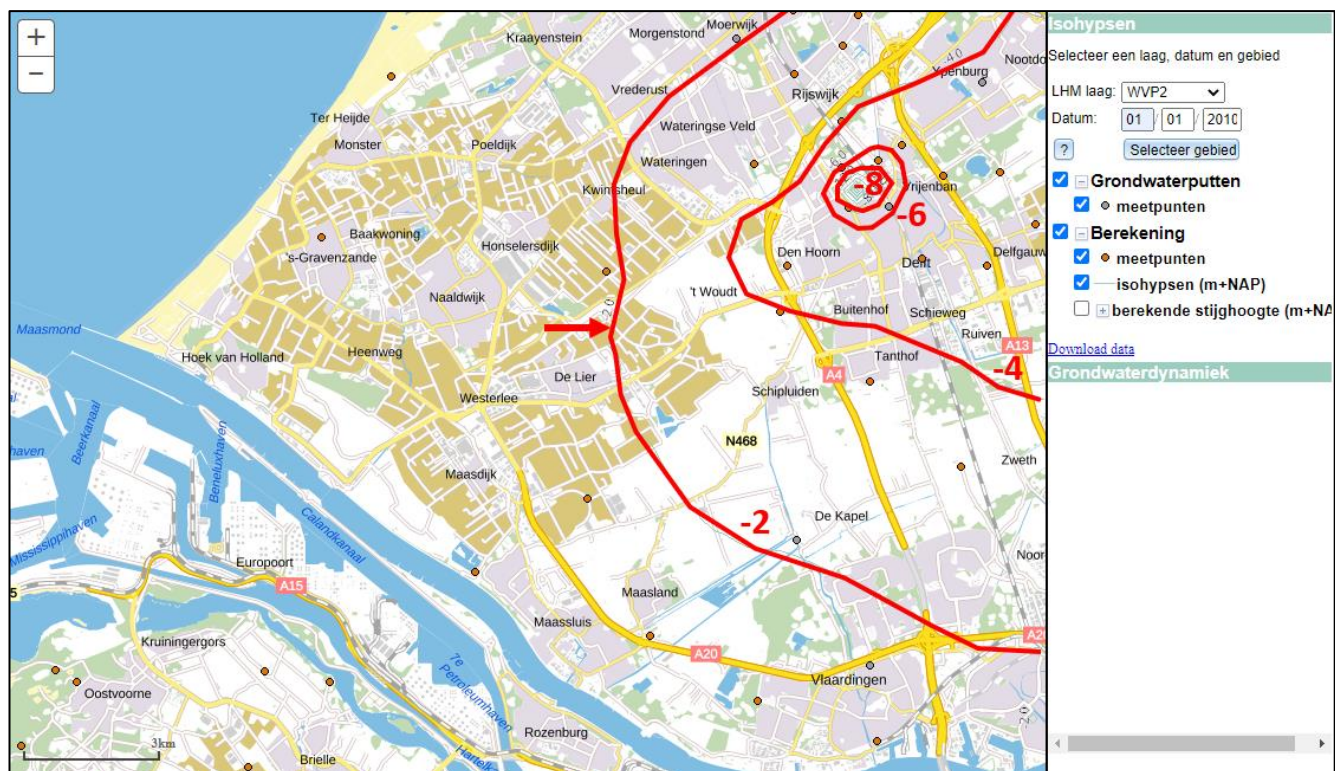
Figuur 3: Geothermische productieput NLW-GT-02 met op de achtergrond injectieput NLW-GT-01. Beide putten zijn omgeven door betonplaat en via bovenhoofdse buizen verbonden met de warmtewisselaar.



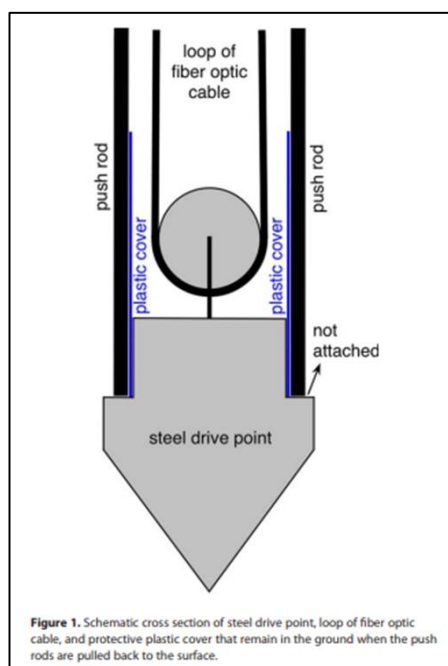
Figuur 4: Geothermische productieput NLW-GT-03 met op de achtergrond geheel links injectieput NLW-GT-04. Foto genomen vanaf de rand van de betonplaat van NLW-GT-02. De truck van Wiertsema staat op de locatie van de proefsondering



Figuur 5: Geologisch profiel uit REGIS II v2.2 (Dinoloket) met daaroverheen de resultaten van de proefsondering en de dissipatietesten. Zanden zijn schematisch aangegeven in geel op basis van de conusweerstand.



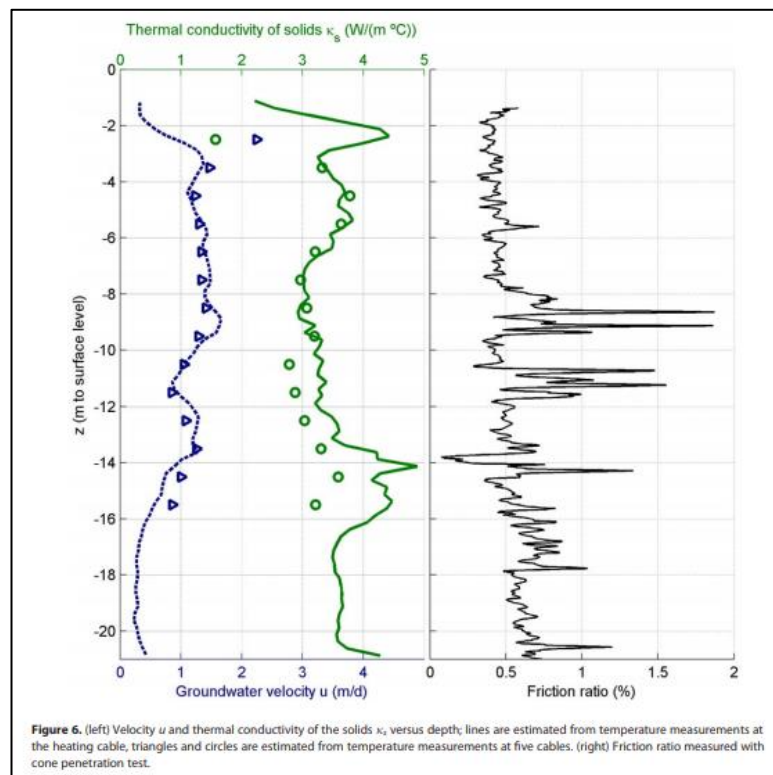
Figuur 6: Isohypsenskaart in meters onder NAP van 2^{de} watervoerende pakket. Oostwaartse stroomrichting wordt verwacht op projectlocatie (rode pijl)



Figuur 7: Sonderingspunt met glasvezelkabel. De punt wordt door een stalen buis naar beneden gedrukt. Na het bereiken van de einddiepte wordt de buis opgehaald en blijven de punt, een plastic beschermhoesje en de glasvezel achter op diepte (uit Bakker et al., 2015).



Figuur 8: Locaties van de voorgestelde sonderingen met DTS kabel bij boring NLW-GT-02 (links deel van de well head en putkelder). De geplande locaties zijn met blauwe stippen op de betonplaat aangegeven.



Figuur 9: Bepaling van grondwatersnelheid en thermische conductiviteit bij gebruik van een verwarmingskabel (uit Bakker et al., 2015).