



Winningsplan

Nature's Heat

Indiener:



Winningsvergunning:
Kenmerk:

Nature's Heat
3492063

Conform:

Mijnbouwwet artikel 34 conform Mijnbouwwet artikel 39

Ingediend op:

14 april 2019 (revisie: 23 juli 2021)

Versie:

0.3

Samenvatting

Wat is aardwarmte

Diep in de bodem is warm water aanwezig dat is opgeslagen in (poreuze) zand- en gesteentelagen. Hoe dieper in de aarde, hoe warmer het wordt. Met iedere kilometer diepte stijgt de temperatuur met ongeveer 30°C. Op twee tot drie kilometer diepte zit dus water van 60 tot 90 °C. De energie die in dit warme water zit wordt aardwarmte of geothermie genoemd. Het water kan worden opgepompt en de warmte is te gebruiken voor bijvoorbeeld het verwarmen van woningen, gebouwen, industrie of kassen in de glastuinbouw.

Kijk voor meer informatie op:

- www.hoewerkaardwamte.nl
- www.geothermie.nl

Omschrijving locatie en formatie

Binnen het mijnbouwwerk wordt warm water opgepompt vanuit de diepe ondergrond via de zogenaamde productieput. Door middel van een ontgassingsinstallatie wordt het in het water opgeloste gas afgescheiden en het warm water wordt vervolgens gefilterd. Het water wordt vervolgens naar de warmtewisselaars geleid waar de warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtenet waarmee deze warmte wordt verdeeld over de glastuinbouwbedrijven. Het afgescheiden gas wordt gedroogd en vervolgens geleid door een wkk installatie en/of verstookt in de te plaatsen ketel. In geval van storingen, onderhoud of calamiteiten kan het gas afgefakkeld worden via de aanwezige fakkels. Het afgekoelde water wordt vervolgens middels injectiepompen weer in de ondergrond gebracht via de tweede put op de locatie, de zogenaamde injectieput.

De twee putten zijn gelegen bij Kwintsheul op een afgesloten terrein. De systeeminstallaties en pompen zijn grotendeels geplaatst in het aanwezige gebouw.

De aquifer bevindt zich in Delft en Pijnacker zandstenen die samen ter plekke van het doublet een dikte hebben van circa 200 meter en bevat water met een temperatuur van circa 88 °C. De waterproductie en waterinjectie vinden plaats op circa 2200 meter beneden maaiveld. Per dag wordt met een debiet van maximaal 350 m³/uur water geproduceerd met daarbij een bijvangst aan aardgas van circa 1 Sm³ aardgas per geproduceerde m³ water.

Risico's voor omgeving & milieu

De risicoanalyse naar de seismische risico's van Nature's Heat toont aan dat het risico op bodemtrillingen laag is, zie Bodembeweging. In het kader van het milieutechnisch veilig produceren van aardwarmte worden de putten uitgebreid gemonitord. Er zijn twee typen monitoring in plaats: continue monitoring en periodieke monitoring.

Integriteit van het systeem is hiermee gewaarborgd en vervuiling van bodem en grondwater wordt hiermee voorkomen.

Inhoudsopgave

Winningsplan	0
Nature's Heat	0
Samenvatting	1
Tabellenlijst	3
Figurenlijst	3
1 Inleiding	4
1.1 Wettelijk Kader	4
1.2 Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu	5
1.3 Procedure van Publiekscommunicatie	5
2 Locatie en beschrijving van het geothermisch systeem	6
2.1 Locatie van het geothermisch systeem	6
2.2 Beschrijving van geothermisch systeem	8
2.2.1 Integriteit van de putten	9
2.2.2 Monitoringsstrategie	11
3 Beschikbare en gebruikte putten en seismische data	14
3.1 Keuze van de referentieputten en putinformatie	14
3.2 Seismische gegevens	14
3.3 Coördinatensysteem	15
3.4 Beschrijving van de putten	16
3.5 Aquifer karakteristiek	20
3.6 Formatiewater karakteristiek	20
3.7 Reservoir modellering	21
4 Wijze van winning	23
4.1 Beschrijving winning	23
4.2 Duur van winning	25
4.3 Toekomstige ontwikkeling	25
4.4 Interferentie	25
5 Bodembeweging	26
5.1 Bodemdaling	26
5.2 Quick-scan – Stap 1: Eerste set “decision tree” vragen	26
5.2.1 Afstand tot breuken	26
5.2.2 Project in tectonisch actieve omgeving van Roer Vally Graben	27
5.2.3 Circulatie door bestaande breuken	28
5.2.4 Invloed door Groningen Gasveld	28
5.3 Quick-scan – Stap 2: QS-Score tabel	28
5.3.1 Verbinding met kristallijne basis	28
5.3.2 Drukcommunicatie tussen de putten	29
5.3.3 Injectiedruk	30
5.3.4 Systeemdebiet	30
5.3.5 Afstand (km) tot natuurlijke aardbevingen	30
5.3.6 Afstand (km) tot geïnduceerde seismiciteit	31
5.3.7 Afstand (km) tot bestaande breuken	31
5.3.8 Oriëntatie van de breuk in heersende stressveld	31
5.3.9 Netto geïnjecteerd volume	31
5.3.8 Normalised score	32
5.4 Quick scan – Stap 3: Tweede set “decision tree” vragen	32
5.5 Nadelige gevolgen	32
6 Verklarende woordenlijst	33
7 Referenties	34
Appendix A: Referentie Putten	35
Appendix B: Geologische lithostratigrafische	36
Appendix C: Aquifer Karakteristieken	37

Tabellenlijst

Tabel 1 Locatie van het geothermisch systeem.....	6
Tabel 2 Algemene putinformatie	16
Tabel 3: Verbuizingsschema KHL-GT-01.....	16
Tabel 4 Verbuizingsschema KHL-GT-02.....	16
Tabel 5 Gecementeerde intervallen KHL-GT-01	17
Tabel 6 Gecementeerde intervallen KHL-GT-02	17
Tabel 7 Aquifer karakteristieken (Well test)	20
Tabel 8 Formatiewater karakteristieken.....	20
Tabel 9 Formatiewater karakteristieken.....	21
Tabel 10 Formatiewater karakteristieken.....	21
Tabel 11 Operationele begrenzings.....	24
Tabel 12 Prognose toekomstige productie	24
Tabel 13 Karakterisatie geothermisch systeem performance onder beoogde standaard operationele condities	25
Tabel 14 Eerste set "decision tree" vragen	26
Tabel 15 QS-score	31
Tabel 16 Tweede set "decision tree" vragen	32
Tabel 17 Referentie putten en putinformatie gebruikt voor seismische interpretatie	35

Figurenlijst

Figuur 1 Locatie geothermisch systeem	7
Figuur 2: Door TNO beschreven en aangevraagde winningsvergunningengebied	7
Figuur 3 Schematische weergave van de mijnbouwinstallatie	8
Figuur 4: Bovenaanzicht van de mijnbouwlocatie	9
Figuur 5 locatie referentieputten voor seismische interpretatie	14
Figuur 6: Detectie drempel van geïnstalleerde seismometer (Bernard Dost, 2012).....	15
Figuur 7: Locatie meetsondes	17
Figuur 8 Well schematics Injector KHL-GT-01.....	18
Figuur 9 Well schematics Producer KHL-GT-02.....	19
Figuur 10: Temperatuur distributie na 35 jaar	21
Figuur 11: Druk distributie na 35 jaar.....	22
Figuur 12 Productieoverzicht.....	23
Figuur 13 Productie prognose: Jaarproductieprofiel	25
Figuur 14: Temperatuur kaart na 30 jaar productie.....	26
Figuur 15 Afstand tot breuken	27
Figuur 16 Seismische zones in Nederland. Gebied C en D worden gezien als de active Roer Valley Graben (de Crook, 1996).....	28
Figuur 17 Diepte kristallijnen basis	29
Figuur 18: Drukverdeling na 30 jaar.....	29
Figuur 19 Geïnduceerde en tektonische aardbevingen in Nederland	30
Figuur 20: Natuur- en drinkwatergebieden in de buurt van Kwintsheul.....	32
Figuur 21 Dieptekaart top aquifer (IF Technology, 2013).....	37
Figuur 22 Netto-Bruto kaart (IF Technology, 2013)	37
Figuur 23 Temperatuurkaart (IF Technology, 2013)	38
Figuur 24 Bruto diktekaart (IF Technology, 2013)	38
Figuur 25 Porositeitskaart (IF Technology, 2013)	39
Figuur 26 Seismische interpretatie ZW-NO (IF Technology, 2013).....	39
Figuur 27 Seismische interpretatie NW-ZO (IF Technology, 2013).....	40

1 Inleiding

Diep in de bodem is warm water aanwezig dat is opgeslagen in (poreuze) zand- en gesteentelagen. Hoe dieper in de aarde, hoe warmer het wordt. Met iedere kilometer diepte stijgt de temperatuur met ongeveer 30°C. Op twee tot drie kilometer diepte zit dus water van wel 60 tot 90 °C. De energie die in dit warme water zit wordt aardwarmte of geothermie genoemd. Het water kan worden opgepompt en de warmte is te gebruiken voor bijvoorbeeld het verwarmen van woningen, gebouwen, industrie of kassen in de glastuinbouw.

In Kwintsheul is een diep geothermie project gerealiseerd onder opsporingsvergunning Nature's Heat. De Delft zandsteen in dit glastuinbouwgebied is geschikt gebleken voor de toepassing van diepe aardwarmte. De bron gaat leveren aan een collectief van 14 tuinbouwlocaties.

De operator en aandeelhouder van het project is Nature's Heat, een vennootschap van een collectief tuinbouwbedrijven in Kwintsheul en omgeving. GtS is de organisatie die de bovengrondse installatie heeft gebouwd en beheert middels de plantmanager. Veegeo BV ondersteunt de operator met het beheer van de putten en ondergrondse kwesties.

Dit winningsplan is opgesteld in het kader van de Mijnbouwwet en beschrijft hoe de winning van aardwarmte in Kwintsheul plaats vindt, wat de mogelijke effecten voor de omgeving en het milieu zijn en hoe deze beheerst worden. Het gaat hierbij in dit winningsplan om de ondergrondse effecten. Ondergronds bevindt zich de daadwerkelijke winning en de putten die het water naar boven halen en injecteren.

Effecten voor de omgeving die veroorzaakt worden door bovengrondse activiteiten, zijn geregeld in de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) via de zogenaamde Wabo omgevingsvergunning en worden hier verder niet behandeld.

Naast de instemming met het winningsplan, dient een operator een geldende omgevingsvergunning te bezitten en heeft hij een geïmplementeerd veiligheids- en gezondheidssystem. Dit drieluik van documenten beschrijft gezamenlijk borging van veiligheid, gezondheid, milieuverantwoorde winning en effecten op de omgeving.

1.1 Wettelijk Kader

Dit winningsplan document is de basis voor vervolg rapportages onder artikel 113 van de Mijnbouwwet waarin operators verplicht worden tot een jaarlijkse rapportage van de staat van winning en eventuele (significante) wijzigingen in het winningsplan. Het winningsplan is gedefinieerd in artikel 33 - 36 van de Mijnbouwwet. Nadere invulling van deze artikelen worden gegeven in de artikelen 24 en 25 van het Mijnbouwbesluit. Het winnen van aardwarmte geschiedt ex artikel 34, eerste lid, van de Mijnbouwwet overeenkomstig een winningsplan, dat bij het Ministerie van Economische Zaken wordt ingediend.

Conform deze wetten en regels moet er een onderbouwd en goed gedocumenteerd plan overlegd worden waarin inzichtelijke gemaakt wordt hoe de productie in de toekomst ter hand genomen wordt. Er dient per aardwarmte winningsinstallatie één winningsplan aangeleverd te worden. De voorlopige definitie van een aardwarmte winningsinstallatie is: het geheel aan geologische en technische componenten, tezamen met de besturings- en monitoringscomponenten, waardoor het warme productiewater en vervolgens het koude injectiewater stroomt. Hierbij acteert het geheel als een gesloten systeem, teneinde energie/warmte uit deze waterstroom te extraheren.

Dit rapport start met een beschrijving van de watervoerende laag met bijbehorende parameters. Daarop volgt een gedetailleerde beschrijving van de winningsinstallatie aan de warme kant van de warmtewisselaar. Het volgende hoofdstuk gaat over de operationele condities en het resulterende warmteproductieprofiel. Als laatste is er een hoofdstuk gewijd aan de eventuele consequenties van winning in termen van bodembewegingen: bodemdaling en bodemtrilling.

1.2 Verantwoorde winning, veilig voor mens en milieu

Met winning wordt hier het gehele aardwarmtesysteem bedoeld, dat bestaat uit één productieput en één injectieput. Randvoorwaarden voor verantwoorde winning in Kwintsheul zijn:

- Aardwarmte moet zo duurzaam mogelijk benut worden.
- De winning van aardwarmte moet voor een lange termijn milieuvriendelijk, maatschappelijk acceptabel en veilig zijn.
- Productie van delfstoffen en productie/injectie van formatiewater ten behoeve van aardwarmtewinning dienen zo efficiënt en effectief mogelijk op elkaar te worden afgestemd.
- Schade door bodembeweging (daling, stijging, seismiteit) wordt zo veel als mogelijk voorkomen. Dit impliceert o.a.:
 - o Productie en injectie put moeten qua waterstroom met elkaar in verbinding staan. Derhalve moet de injectie van water plaatsvinden in dezelfde formatie(s). Hierdoor kan het water stromen van injectie naar productieput en wordt er netto geen drukverschil in de ondergrond opgebouwd. Daarnaast worden producer en injector niet gescheiden door een afsluitend breuksysteem.
 - o De maximale injectiedruk wordt gelimiteerd.

1.3 Procedure van Publiekscommunicatie

Nature's Heat geeft veel inzicht in het project via hun publieke website: www.naturesheat.nl. Op de website wordt er uitleg gegeven over geothermie, Nature's Heat, deelnemers, partners, organisatie en worden er ook nieuws en persberichten gepubliceerd.

Verder is Natures Heat lid van de DAGO (Dutch Association of Geothermal Operators). Middels deze branchevereniging wordt gezamenlijk opgetreden richting externe stakeholders en worden onder andere lessen op het gebied van veilige operaties en procesoptimalisaties wederzijds gedeeld tussen operators.

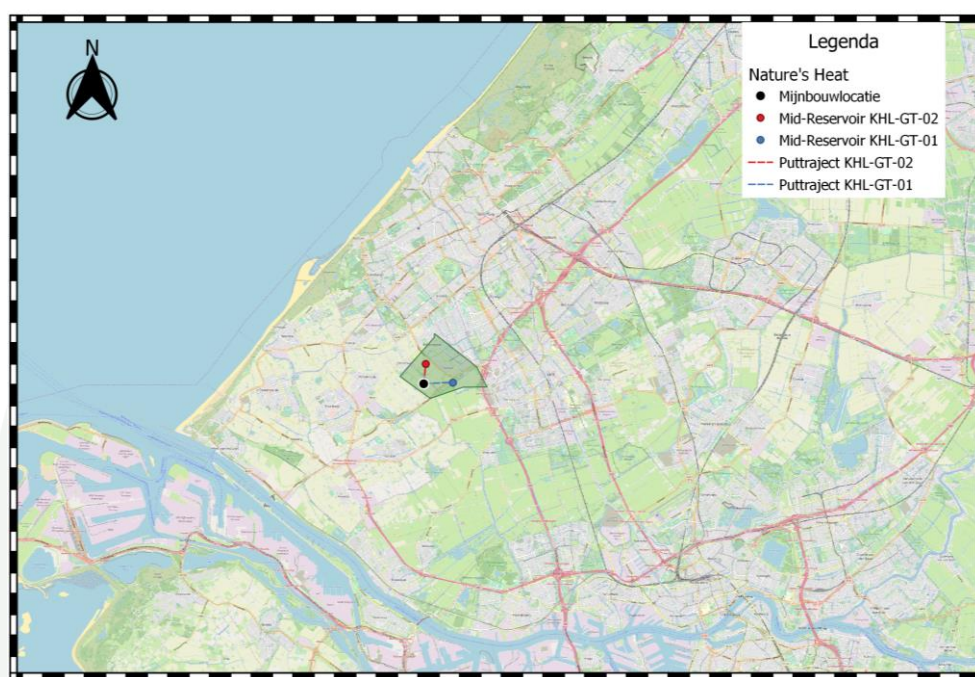
2 Locatie en beschrijving van het geothermisch systeem

2.1 Locatie van het geothermisch systeem

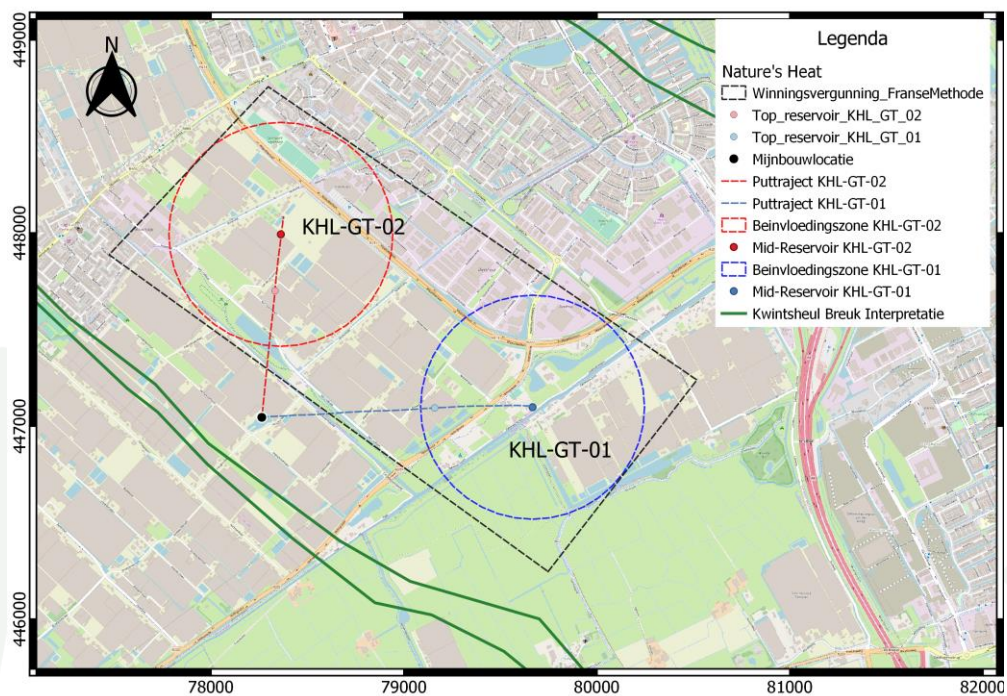
De locatie van Nature's Heat is gelegen in de provincie Zuid-Holland, gemeente Westland (Kwintsheul) en 's-Gravenhage aan de aan de Hooghe Beer 19a. De kenmerken van de locatie en de coördinaten van de aangevraagde winningsvergunning van dit systeem zijn samengevat in Tabel 1 en weergegeven in Figuur 1. In Figuur 2 is te zien hoe de aardwarmte locatie Nature's Heat is gelegen in de winningsvergunning.

Naam	Nature's Heat		
Coördinaten Mijnbouwlocatie	<u>Punt</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
		78263.1684	447047.3331
Adres Mijnbouwlocatie	Hooghe Beer 19a 2295 MX Kwintsheul		
Coördinaten aangevraagde winningsvergunning	<u>Punt</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
	1	80795,585	447859,251
	2	81285,373	446897,167
	3	80123,000	446883,000
	4	79493,502	446669,906
	B	79900,000	446058,000
	A	79569,000	445757,000
	5	78567,000	446353,000
	6	78281,676	446540,838
	7	77115,746	447404,071
	8	78764,000	449275,000
	9	78764,000	449455,000
In de gemeenten:	Westland en 's-Gravenhage		
Start Winningsvergunning	Maart 2017		
Eind Winningsvergunning	2052		
Winningsvergunning	3492063		

Tabel 1 Locatie van het geothermisch systeem



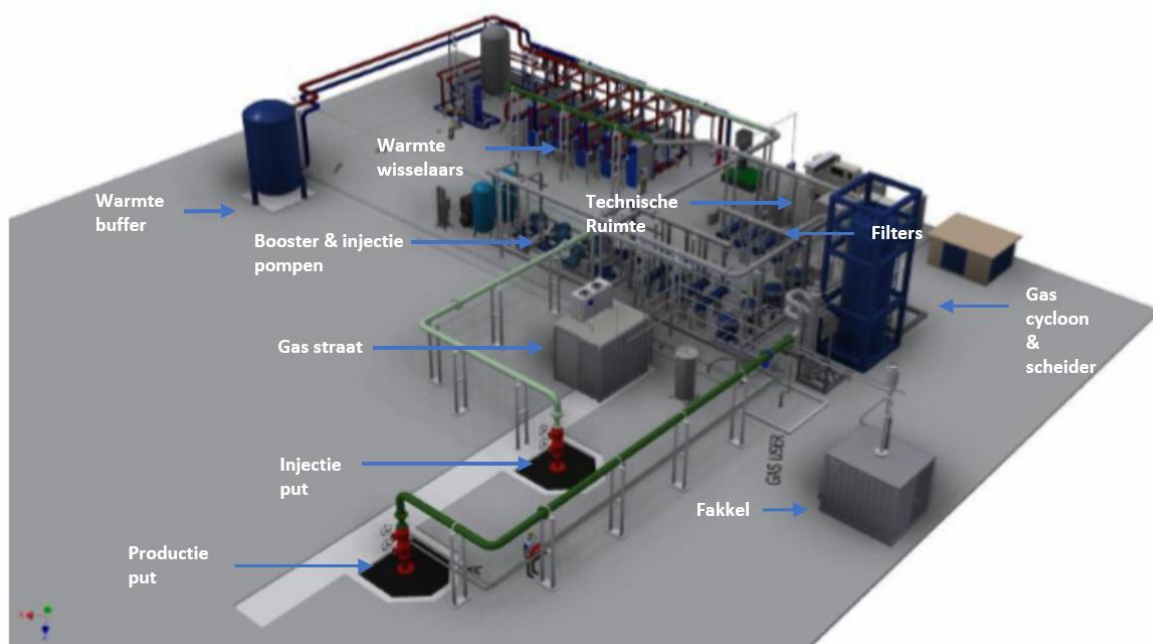
Figuur 1 Locatie geothermisch systeem



Figuur 2: Door TNO beschreven en aangevraagde winningsvergunningsgebied

2.2 Beschrijving van geothermisch systeem

Binnen het mijnbouwwerk wordt warm water opgepompt vanuit de diepe ondergrond via de zogenaamde productieput. Door middel van een ontgassingsinstallatie wordt het in het water opgeloste gas afgescheiden en het warme water wordt vervolgens gefilterd. Het water wordt vervolgens naar de warmtewisselaars geleid waar de warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtenet waarmee deze warmte wordt verdeeld over de glastuinbouwbedrijven. Het afgescheiden gas wordt gedroogd en vervolgens geleid door een WKK installatie en/of verstookt in de te plaatsen ketel. In geval van storingen, onderhoud of calamiteiten kan het gas afgefakkeld worden via de aanwezige fakkel. Het afgekoelde water wordt vervolgens opnieuw gefilterd en middels injectiepompen weer in de ondergrond gebracht via de tweede put op de locatie, de zogenaamde injectieput. Figuur 3 illustreert de besproken onderdelen in een schematische tekening.



Figuur 3 Schematische weergave van de mijnbouwinstallatie



Figuur 4: Bovenaanzicht van de mijnbouwlocatie

2.2.1 Integriteit van de putten

De basis van het putintegriteit programma wordt gevormd door de ISO TS 16530 standaard. Het doel van dit programma is het definiëren en toepassen van technische, operationele, en organisatorisch oplossingen om het risico van een ongecontroleerd verlies van formatie-vloeistoffen gedurende de gehele levenscyclus (vanaf de boring, naar productie, tot en met de abandonnering) te verminderen.

Het putintegriteit programma is een geïntegreerd systeem met de volgende elementen:

1. Definitie verantwoordelijkheden
2. Analyse risico's en definitie bijbehorende mitigaties
3. Beschrijving put-specificaties
4. Beschrijving put-barrières
5. Beschrijving put-standaarden en -limieten
6. Omschrijving monitoring-, onderhouds- en druk-managementprogramma

Een procedure voor veranderingsmanagement is ook onderdeel van het integrale putintegriteit programma. De naleving van het putintegriteit programma kan gemeten en geanalyseerd worden met behulp van audits en kritieke prestatie indicatoren.

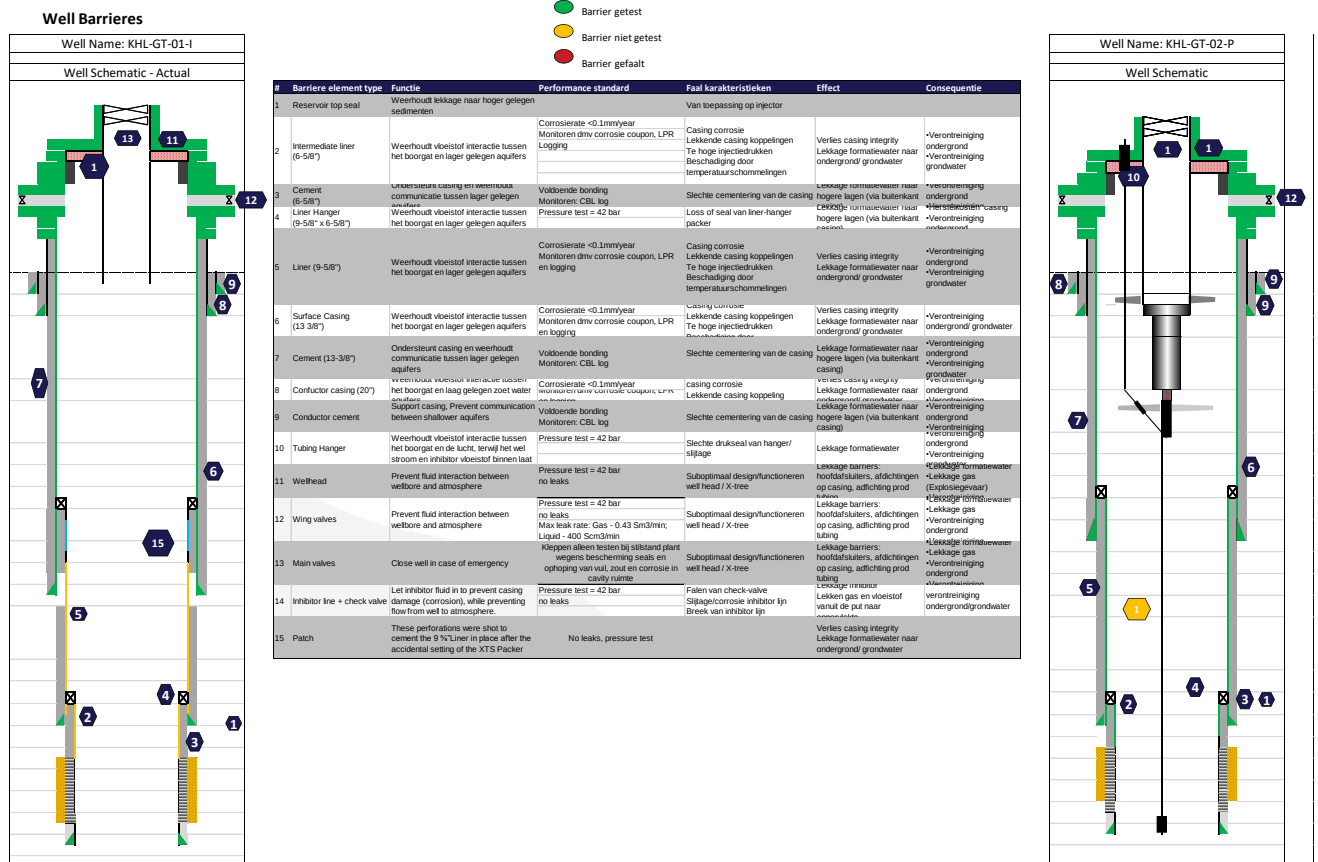
De grootste risico's en de bijbehorende mitigaties met betrekking tot de putintegriteit zijn:

- Corrosie van verbuizing
Mitigatie: De corrosie van verbuizing wordt vertraagd door chemisch inhibitie welke zo diep mogelijk in de put wordt geïnjecteerd. De aansturing van de corrosie inhibitor injectie is gekoppeld aan de productie van de ESP pomp en regelt naar de gewenste ppm waarde.⁹ Daarnaast wordt de corrosie snelheid gemonitord middels LPR meters, coupons, ijzer metingen, water analyse en filter gewicht veranderingen. Corrosie in de put wordt elke 2-5 jaar gemeten middels "wireline logging" (zie hoofdstuk 2.2.2).
- Mechanische erosie van verbuizing
Mitigatie: Houdt stroomsnelheid in de put onder de 6m/s, om erosie tot een minimum te beperken. Daarnaast wordt tijdens het monitoren van de put extra aandacht besteed aan "erosiegevoelige" plekken (zie hoofdstuk 2.2.2)
- Erosie veroorzaakt door de ESP
Mitigatie: De levensduur van de put en ESP worden bepaald door de aansturing en regeling van de geothermische installatie. GtS heeft in opdracht van Nature's Heat speciale software ontwikkeld om deze aansturing te optimaliseren. Deze software draait in samenwerking met de 'standaard' aansturing van BHGE. 1 van deze optimalisaties is het rustige de ESP op en af toert waarbij er een maximale wijziging van 2 Hz per uur kan optreden zoals weergegeven in de onderstaande figuur.

Settings			
Setpoint verbruik	ESP	Actueel	
Max cap. ww	Fabr.	Temp. inlaat	
ESP wijziging per uur	ON	0.25 Hz	0.50 Hz 2.00 Hz
ESP snelheid	12.5 Mw (46.4 Hz, 222.1 m3/hr ▼)		
	Bevestig Snelheid		

Ook wordt er een productie forecast gemaakt op basis van weersverwachtingen en veranderingen bij de afnemers. Het doel is om de ESP zo min mogelijk te laten wijzigen en de productie zo lang mogelijk stabiel te houden.

- Vervuiling van watervoerende lagen
Mitigatie: Er is een verbuizing geplaatst om, enerzijds de put en bovenliggende aquifers, en anderzijds de verschillende aquifers onderling te isoleren. Zo wordt verontreiniging van individuele aquifers voorkomen. Daarnaast wordt de meest kritische (zoetwater voerende) laag middels peilbuizen gemonitord op verontreiniging (zie hoofdstuk 2.2.2).



Figuur 5: laat een overzicht zien van de put-barrières voor KHL-GT-01-I en KHL-GT-02-P, inclusief de functies van deze barrières

Op basis van de risicoanalyse en de put-barrières, -standaarden, -limieten is een onderhouds- en monitorings-programma opgesteld om de risico's te mitigeren en de barrières te borgen. Paragraaf 2.2.2 beschrijft de monitoringsstrategie voor de putten.

2.2.2 Monitoringsstrategie

Een zeer uitgebreid netwerk van sensoren monitoren het systeem real time. Deze staan uitgebreid beschreven in de P&ID. Indien bepaalde grenswaarden bereikt worden kan het systeem automatisch wijzigingen doorvoeren of de plant uitschakelen.

Vanuit corrosie en scaling management worden er LPR metingen, coupon en ijzer analyses uitgevoerd op de bovengrondse installaties. Periodiek worden er ook gas en water samples genomen. De Production Engineer kan vanaf externe locatie meekijken in het data en besturingssysteem van de installaties. Dit gebeurt op basis van onverwachte events en standaard periodiek.

Put monitoring

In het kader van het veilig produceren van aardwarmte wordt de put uitgebreid gemonitord. Er zijn twee typen monitoring in plaats: continue en periodieke monitoring

Continue monitoring

- **Productiviteit/injectiviteit monitoring:**

Dit zijn bijvoorbeeld de druk, debiet en temperatuur van zowel de injectie als de productieput. Indien afwijkend gedrag van de put wordt waargenomen zal aan de van de verschillende data analyses worden vastgesteld wat de risico's en corresponderende mitigerende maatregelen zijn. Om een voorbeeld te geven. Indien vastgesteld wordt dat de productiviteit plotseling afneemt geeft het protocol aan dat het risico bestaat dat er een lek is ontstaan in de casing. De mitigerende maatregel is dat er gecheckt wordt of er een afname is in formatie debiet en temperatuur. Zo ja is er zeer waarschijnlijk een lek in de casing en zal er gehandeld

moeten worden. Indien de temperatuur constant is gebleven zal de toename door een ander fenomeen komen.

- **Corrosie monitoring:**
Geochemische waarden zoals de zuurtegraad, temperatuur en geleidbaarheid worden continue gemeten. Op basis van deze metingen wordt een inschatting gemaakt wat de corrosiesnelheid is. Deze metingen worden geïjkt met periodieke corrosiesnelheidsbepalingen (zie corrosie en water analyse). Indien verhoogde waarden worden gemeten zal naargelang de situatie gehandeld worden. In ieder geval zal de dosering van de hulpstoffen (corrosie inhibitor) worden gecontroleerd en eventueel bijgesteld.

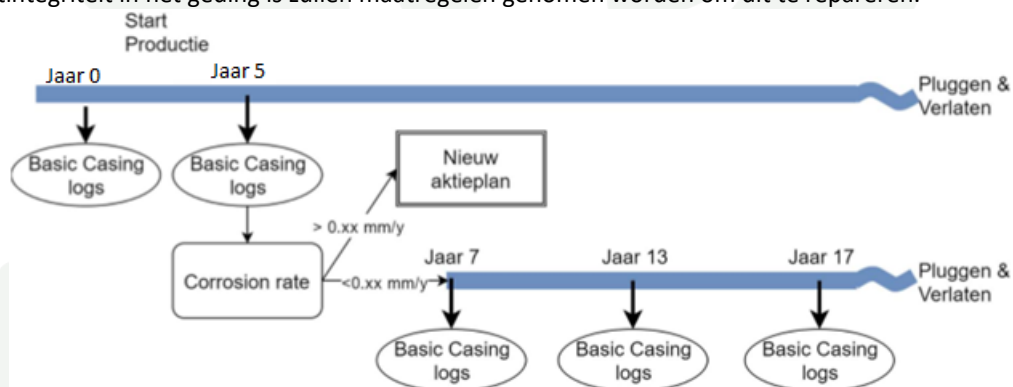
Periodiek monitoring

- **Casing dikte:**
Er is op basis van de gewenste levensduur doublet en de minimale casing dikte een maximale corrosie-rate bepaald. Deze is leidend voor besluitvorming omtrent casing corrosie. De corrosie snelheid zal bepaald worden door de casing logs tijdens realisatie en na 5 jaar exploitatie te vergelijken. Indien de corrosie snelheid kleiner is dan de vooraf bepaalde waarde zullen er geen extra maatregelen genomen worden. De casing wordt daarna minstens elke 5 jaar gelogd. Mocht de corrosie snelheid hoger zijn zal een nieuw actieplan moeten worden opgesteld. Casing dikte wordt bepaald met een casing log. De casing log zal verlies van casing integriteit aan het licht brengen. Dit kunnen lokale gaten zijn zoals bijvoorbeeld in de hoog turbulente omgeving vlakbij de ESP inlaat. Dit kan ook regionaal zijn wanneer over een grote afstand binnen de casing de dikte minder is dan de vooraf gestelde waarde.

Een lijst van plekken waar hoge turbulentie wordt verwacht:

- Rondom ESP inlaat/ uitlaat
- X-overs
- Liner hanger
- Spuitkruis

Indien de putintegriteit in het geding is zullen maatregelen genomen worden om dit te repareren.



Figuur 6: Casing logs tijdens de levensduur van het doublet

- **Spuitskruis:**
Het spuitkruis wordt driemaal per week visueel gecontroleerd op lekkages. Indien er lekkages zijn wordt dit direct gemeld en vervolgens worden passende mitigerende maatregelen genomen. Daarnaast wordt het spuitkruis door een gecertificeerde partij gekeurd en bij herinstallatie onderworpen aan een druktest.
- **Corrosie en wateranalyse:**
Elk kwartaal wordt middels een coupon bepaald wat de verwachte corrosie downhole is. Daarnaast wordt ook een watermonster genomen waar een volle analyse van kationen en anionen wordt gedaan. Er worden standaard twee analyses uitgevoerd op de resultaten van de wateranalyse. Ten eerste wordt gekeken of concentratie opgelost ijzer niet toeneemt. Dit kan een indicatie zijn voor verhoogde corrosie. Ten tweede wordt gecontroleerd of de concentraties schadelijke stoffen binnen de wettelijk norm vallen.

Omgevingsmonitoring

De omgeving buiten de putten wordt ook gemonitord:

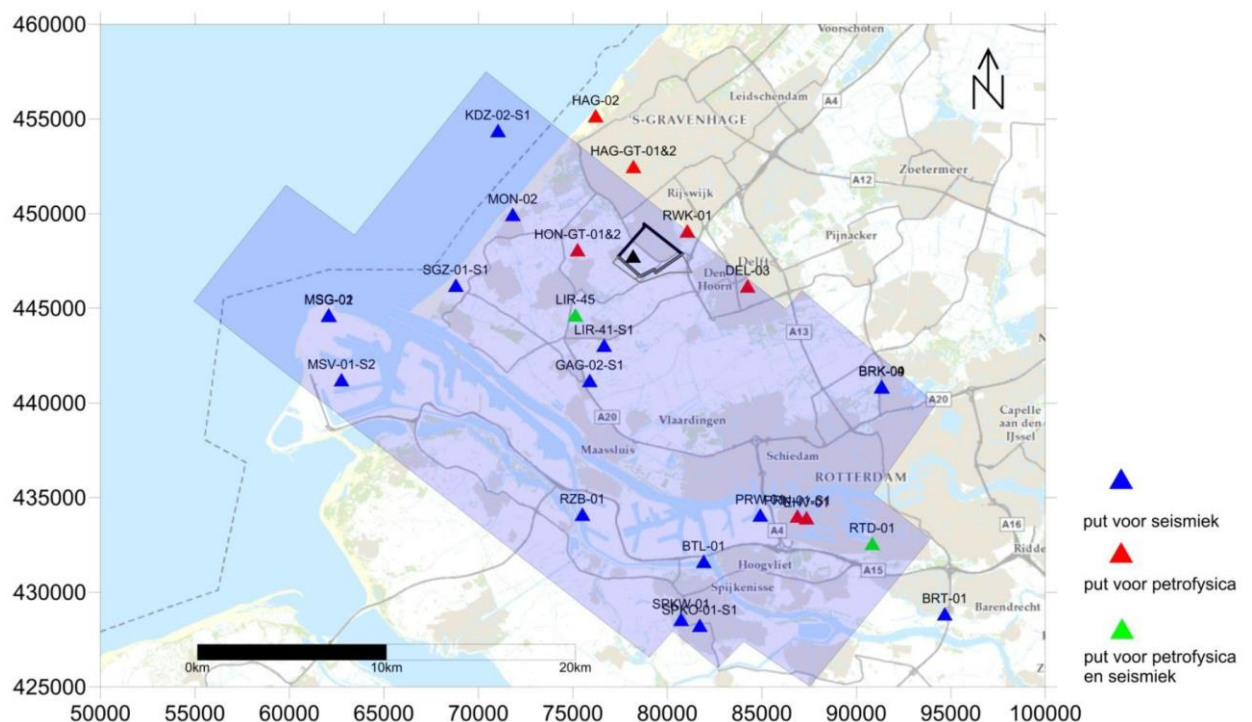
- Jaarlijkse grondwaterkwaliteit monitoring met behulp van vier permanente peilbuizen in de omgeving van het geothermische doublet
- Seismische metingen met behulp van het KNMI netwerk Figuur 8. Hierin is te zien dat Nature's Heat binnen het detectie bereik van 1,5 valt.
- Incidentele geluidsmetingen voor de directe omgeving
- Additionele incidentele monitoring voor groot onderhoud aan de putten.

3 Beschikbare en gebruikte putten en seismische data

3.1 Keuze van de referentieputten en putinformatie

In Appendix A staan de gebruikte boringen en voor welk onderdeel ze zijn gebruikt. Een detail overzicht van de gebruikte gegevens van deze boringen is te vinden in het Geologisch onderzoek- garantiefonds-aanvraag Kwintseheul uitgevoerd door IF Technology (IF Technology, 2010). De locatie van al deze gegevens zijn weergegeven op een kaart in Figuur 7.

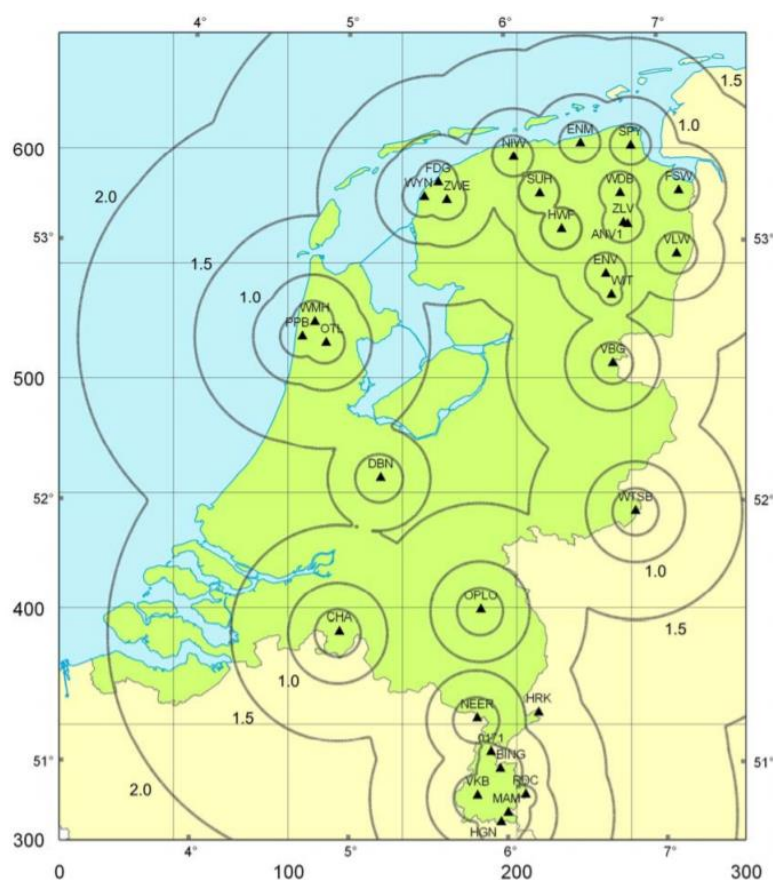
Met name de putten HAG-02, RWK-01, DEL-03 en HON-GT-01 en HON-GT-02 zijn erg relevant voor dit project, omdat ze rondom de putten van Kwintseheul liggen. Correlatie tussen deze putten kan helpen bij het creëren van een goede interpretatie van de ondergrond bij Kwintseheul.



Figuur 7: Locatie referentieputten voor seismische interpretatie

3.2 Seismische gegevens

In 2010 heeft het KNMI een grote upgrade van het huidige monitoring netwerk bewerkstelligd. Dit netwerk is ontworpen om 24 uur per dag seismische trilling groter dan een 1,5 op de schaal van Richter te registreren. Figuur 8 toont de detectie drempel van de meetstations geïnstalleerd 2010. Hierin is te zien dat Nature's Heat binnen het detectie bereik van 1,5 valt. Daarnaast is er op 14 December 2018 een seismometer in een boorgat geplaatst in Vlaardingen.



Figuur 8: Detectie drempel van geïnstalleerde seismometer (Bernard Dost, 2012)

De seismische data van het Westland is in 2010 geïnterpreteerd door PanTerra. De volgende passage is integraal overgenomen uit het betreffende rapport.

“Voor het geologisch onderzoek naar de ondergrond in het Westland is gebruik gemaakt van één 3D seismische survey L3NAM1990C verkregen via het DINOLOket van TNO. De seismische survey is uitgevoerd in opdracht van de NAM en de acquisitie heeft plaatsgevonden in 1990. De seismische survey is aangeleverd met het coördinaten grid in het Rijksdriehoekstelsel, die al in de SEG-Y bestanden geladen zijn”

De volledige metadata van de survey is te vinden in IF Technology (2013).

3.3 Coördinatensysteem

De volgende passage is integraal overgenomen uit PanTerra (2010).

Het gebruikte systeem is het Rijks Driehoekstelsel. Voor zover de gegevens niet in. Dit formaat zijn aangeleverd, zijn de coördinaten naar RD omgezet met behulp van PCTrans v4.2.3. De datum die gebruikt is, is ED50, regio Nederland en parameter set EUR-A.

3.4 Beschrijving van de putten

Op de inrichting bevinden zich twee putten: de injectieput genaamd KHL-GT-01 en de productieput genaamd KHL-GT-02. De put ligging, lengte diameter, verbuizing en gecementeerde intervallen staan weergegeven in Tabel 2 Algemene putinformatie, 3, 4, 5, 6 en Figuur 10 en Figuur 11. Figuur 9 toont de locaties van de meetsondes in het systeem.

Put naam	KHL-GT-01	KHL-GT-02
Type put	Injectie	Productie
Spuddatum	14-07-2016	20-11-2016
Completiëdatum	28-10-2016	01-02-2017
X (RD) oppervlaktelocatie	78288.6973	78263.1684
Y (RD) oppervlaktelocatie	447042.2999	447047.3331
X (RD) einddiepte	79666.89	78375.21
Y (RD) einddiepte	447098.19	448082.25
Einddiepte (m AH)	2899	2802
Eind diepte (mTVD)	2376	2478

Tabel 2 Algemene putinformatie

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Roughness	Staalsoort	Type koppelingen
Conductor 1	0	73	0	73	18	19.133	0.3	K55	Welded
Conductor 2	0	128	0	128	18	17.240	0.3	K55	Welded
Casing 1	0	1084	0	1065	13.375	12.415	0.3	L80 72#	VAM TOP
Casing 2	923	2688	919	2226	9.625	8.681	0.3	L80 47#f	VAM 21
Casing 3	2625	2960	2186	2439	7.000	5.921	0.3	L80	BTC
Screen / Productie-interval	2721	2905	2250	2387	6.625	-	-	L80 28#	-

Tabel 3: Verbuizingsschema KHL-GT-01

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Roughness	Staalsoort	Type koppelingen
Conductor	0	146	0	146	18.625	17.755	0.3	K55 87.5#	Welded
Production tubing (ESP on 8 5/8" tubing)	0	708	0	708	8.625		0.3	L80	-
Casing 1	0	1092	0	1082	13.375	12.347	0.3	L80 72#	VAM TOP
Casing 2	939	2249	937	2203	9.625	8.681	0.3	L80 47#	VAM21
Casing 3	2385	2802	2173	2480	6.625	5.921	0.3	L80 24#	VAGT/Polseal
Screen / Productie-interval	2500	2802	2256	2480	7.000	5.921	-	-	-

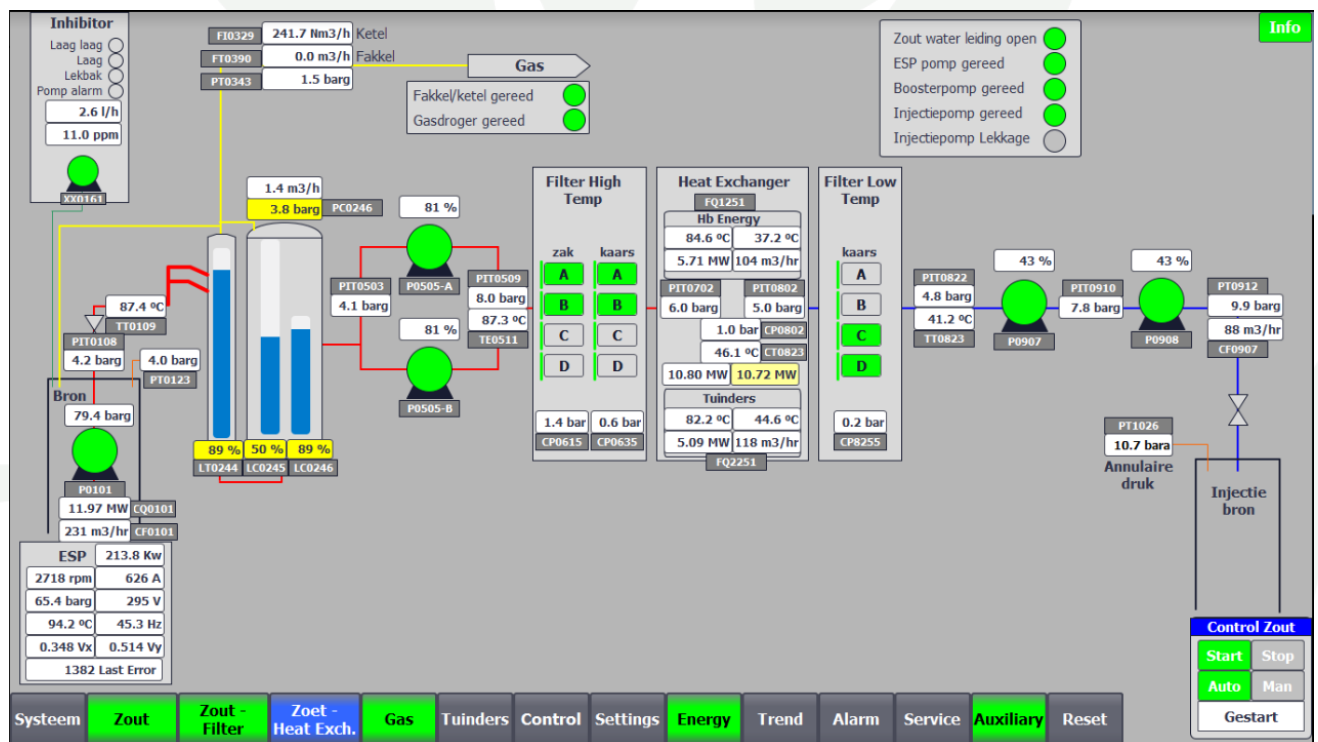
Tabel 4 Verbuizingsschema KHL-GT-02

Item	TOC (m MD)	Lead Slurry Volume (m³)	Lead Slurry Weight (sg)	Tail Slurry Volume (m³)	Tail Slurry Weight (sg)	Type
20" Stove pipe	0	8.5	-	-	-	-
18" Conductor	0	12.6	1.77	-	-	-
13 3/8" Casing	Surface	190.8	1.58	9.5	1.67	Lead: CEM-III/B Tail: CEM-III/B
9 5/8"	1150 (based on USR log)	90.1	1.40	12.8	1.90	Class-G Lite Cmt

Tabel 5 Gecementeerde intervallen KHL-GT-01

Item	TOC (m MD)	Lead Slurry Volume (m³)	Lead Slurry Weight (sg)	Tail Slurry Volume (m³)	Tail Slurry Weight (sg)	Type
13 3/8" Casing	Surface	117.0	1.58	8.8	1.67	Lead: CEM-III/B Tail: CEM-III/B
9 5/8" Liner	939 (top of liner)	84	1.40	10.9	1.90	Lead: G-Lite blend Tail: Class-G Cmt

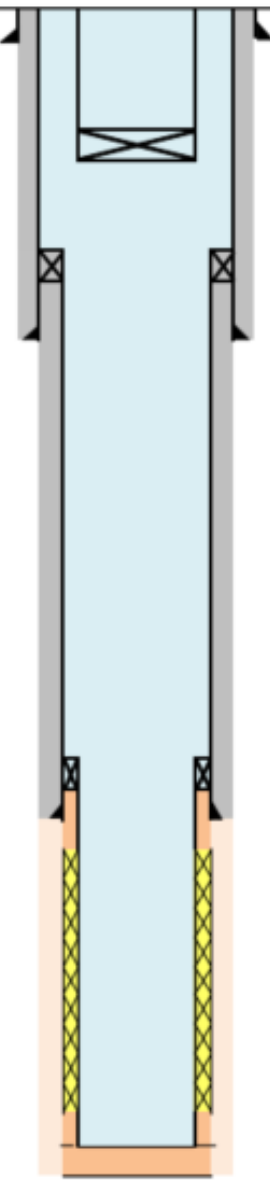
Tabel 6 Gecementeerde intervallen KHL-GT-02



Figuur 9: Locatie meetsondes

Item Description	Wellhead and Xmastree	Depth	Depth	Hole ID	Pipe OD	Collar OD	Pipe ID	Pipe ID
Injection well	KHL-GT-01	m	m	in	in	in	in	in
		tvd	ah			(nom)		(drift)
Depths from RT = 7.7m above GL								
20" welded conductor / stove pipe		73	73		18.000	welded	19.133	
18" welded conductor / stove pipe		128	128		18.000	welded	17.240	
8 5/8" Injection tubing		250	250	-	8.625			
Top Chalk		598	598					
Kick off Point		670	670					
13 3/8 x 9 5/8" Liner Hanger + Packer		919	923	Top of liner				
1/2" Perforations - 13 shots in-line (935-936m)		931	935-936	(148m above 13-3/8" shoe)				
Casing patch (6m length)			932-938			8.431	8.275	
Bottom cement (squeeze job)		1016	1027					
Top Rijnland		1019	1031					
13 3/8" 72ppf L80 VAM TOP		1065	1084	17.5" section TD	13 3/8"	14.175	12.415	12.259
TOC 9-5/8" cementation		1123	1150					
End of build to 46,0°		1280	1349					
Top Rijnland		1533	1713					
Top Schieland		2126	2545					
9 5/8" 47ppf L80 VAM 21		2186	2625	12.250	9.625	10.396	8.681	8.525
Swellpacker		2226	2688	section TD				
Top Delft sandstone			2703					
8x 6 5/8" 24# L80 VAGT blankpipe		2250	2721					
Wire Wrapped Screen on 6 5/8" 28# L80 VAGT								
Top Alblasserdam		2387	2905	8.500	7.000	7.191	5.921	5.796
7" L80 BTC shoetrack			2960					
Open hole 8.1/2" (TD)		2439	2974	8.500	TD			

Figuur 10 Well schematics Injector KHL-GT-01-I

Item Description	Wellhead and Xmastree	Depth	Depth	Hole ID	Pipe	Collar	Pipe	Pipe ID
		m tvd	m ah	in	OD in	OD in (nom)	ID in	ID in (drift)
Production Well <i>All depths from RT = 7.7 m above GL</i>	KHL-GT-02							
18 5/8" BTC, 87.5ppf K55 conductor		146	146	22.000	18.625	welded	17.755	17.566
Nudge well to 1.6°		337	337					
Top Chalk		600	600					
ESP on 8 5/8" production tubing		708	708	-	8.625			
Kick off Point		748	748					
13 3/8 x 9 5/8" Liner Hanger + Packer		937	939	Top of liner (100 m liner lap)				
Top Rijnland		1015						
13 3/8" VAM TOP, 72ppf L80 SD		1079	1088	16.000	13 3/8"	14.236	12.347	12.250
		1082	1092	section TD				
End of build to 30°		1329	1362					
Kick off Point II		1896	2024					
End of build to 45°		2069	2241					
Top Schieland		2156	2362					
9 5/8" x 6.5/8" Liner Hanger + Packer		2173	2385	Top of liner (44 m liner lap)				
9 5/8" VAM21, 47ppf L80		2203	2429	12.25"	9 5/8"	10.420	8.681	8.525
		2224	2460	section TD				
		2256	2500	Top Delft Sandstone				
6 5/8" VAGT/Polseal, 24ppf L80 w/ 7" OD WWS		2480	2802	8.500	7.000	7.390	5.921	5.795
Open hole 8.1/2" (TD)		2480	2802	8.500	TD			

Figuur 11 Well schematics Producer KHL-GT-02-P

3.5 Aquifer karakteristiek

Het aquifer bevindt zich in Delft zandsteen en Pijnacker zandsteen dat ter plaatse een dikte heeft van gezamenlijk circa 200 meter, in deze zandsteen formatie die het warme water van circa 90 °C in haar poriën bevat zijn de twee putten geboord. De waterproductie en waterinjectie vinden plaats op circa 2300 meter beneden maaiveld. Per dag wordt met een debiet van maximaal 400 m³/uur water geproduceerd met daarbij een bijvangst aan aardgas van circa 1 m³ aardgas per geproduceerde m³ water.

De dieptekaart, de Netto-Bruto kaart, de temperatuurkaart, bruto diktekaart, porositeitskaart, correlatie diagrammen, en seismische secties van de aquifer zijn weergegeven in Appendix C: Aquifer Karakteristieken. Deze kaarten zijn gemaakt op basis van seismische data analyse en komen daarom niet helemaal overeen met de later beschikbaar gekomen exacte boordata. De boordata is leidend.

Tabel 7 geeft de Aquifer karakteristieken weer uit de puttest, petrofysica en interferentietest.

Parameter	KHL-GT-01	KHL-GT-02
Aquifer stratigrafie	Delft Sandstone, Alblasserdam Mbr "Pijacker Sequence"	Delft Sandstone, Alblasserdam Mbr "Pijacker Sequence"
Diepte top aquifer (m tvBRT)	2238, 2387	2242, 2428
Diepte basis aquifer (m tvBRT)	2387, 2439	2428, 2462
Diepte top aquifer (m MD)	2703,2903	2500, 2754
Diepte basis aquifer (m MD)	2903,3974	2754, 2799
Netto Dikte (m)	150	186
Bruto Dikte (m)	201	220
Porositeit (%)	0.18	0.18
Permeabiliteit uit Petrofysica (mD)	750	750
Permeabiliteitsdikte (Dm) uit puttest	143	143
Permeabiliteit (mD) uit puttest	953	771
Permeabiliteit uit interferentietest	-	-
Skin welltest (-)	0	0
Temperatuur mid-reservoir (°C)	88.5	88.5
Druk top aquifer (bar)	303.8	319.3

Tabel 7 Aquifer karakteristieken (Well test)

3.6 Formatiewater karakteristiek

In Tabel 8, Tabel 9 en Tabel 10 wordt een beschrijving gegeven van de formatiewater samenstelling zoals deze samenstelling op basis van watermonsters is bepaald na de productietest.

	KHL-GT-01	KHL-GT-02
Metaal	mg/l	mg/l
Barium	6.1	6.6
Calcium	5900	6400
IJzer	71	65
Kalium	280	330
Magnesium	940	910
Mangaan	1.6	1.5
Natrium	45000	43000
Strontium	400	360

Tabel 8 Formatiewater karakteristieken

Parameter	KHL-GT-01	KHL-GT-02
Salinity (NaCl eq in ppm)	120000	120000
Density (g/l)	1080	1080
Bubblepoint pressure (bar)	54.1	-
GWR (Nm ³ /m ³)	1.4	1.7
OWR (m ³ /m ³)	0	0

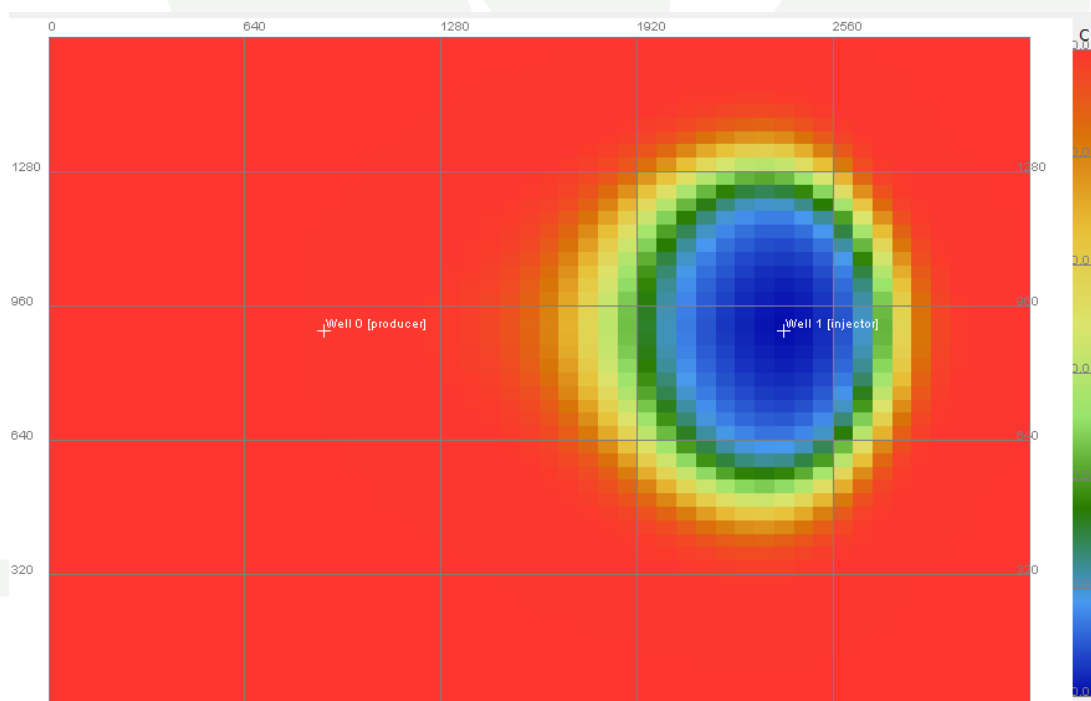
Tabel 9 Formatiewater karakteristieken

	KHL-GT-01	KHL-GT-02
Anorganische componenten	mol%	mol%
CO ₂	8.54	10.68
N ₂	2.22	3.25
H ₂ S	0	0
CH ₄	80.99	77.45
C ₂ H ₆	0.97	1.20

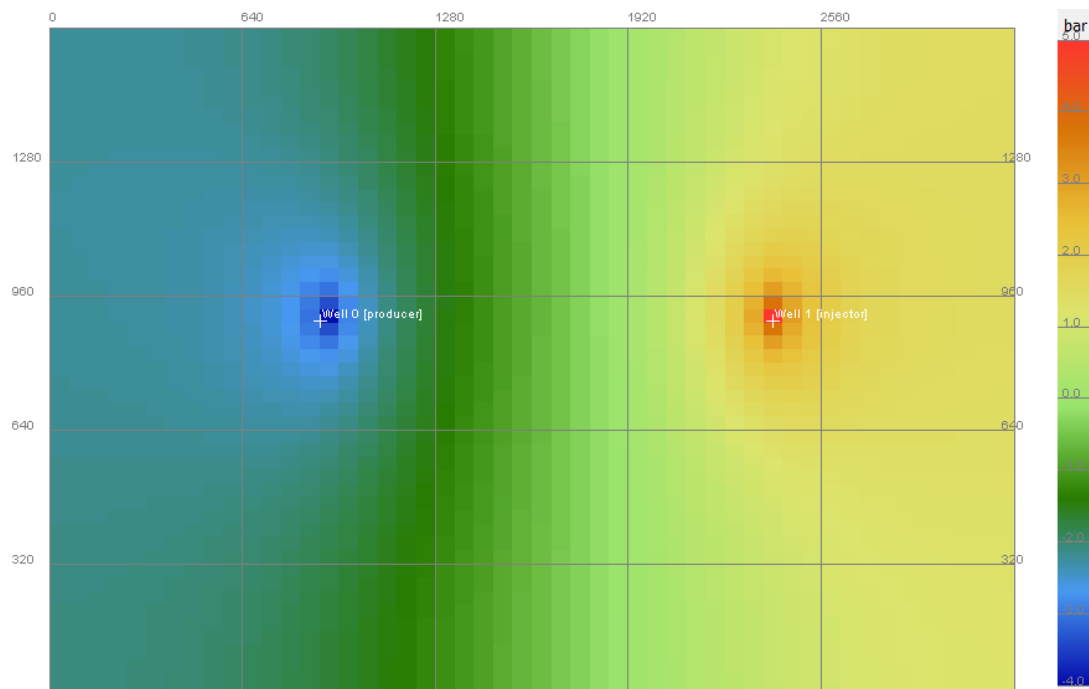
Tabel 10 Formatiewater karakteristieken

3.7 Reservoir modellering

Figuur 12 en Figuur 13 geven de DoubletCalc2D model output weer van de temperatuur en druk distributie na 35 jaar productie. De input parameters van DoubletCalc2D zijn weergegeven in Tabel 7 Aquifer karakteristieken (Well test). Deze modellen tonen dat er bij Nature's Heat na 35 jaar geen temperatuur doorbraak is en er een maximale verzakking plaatsvindt van 5mm.



Figuur 12: Temperatuur distributie na 35 jaar



Figuur 13: Druk distributie na 35 jaar

4 Wijze van winning

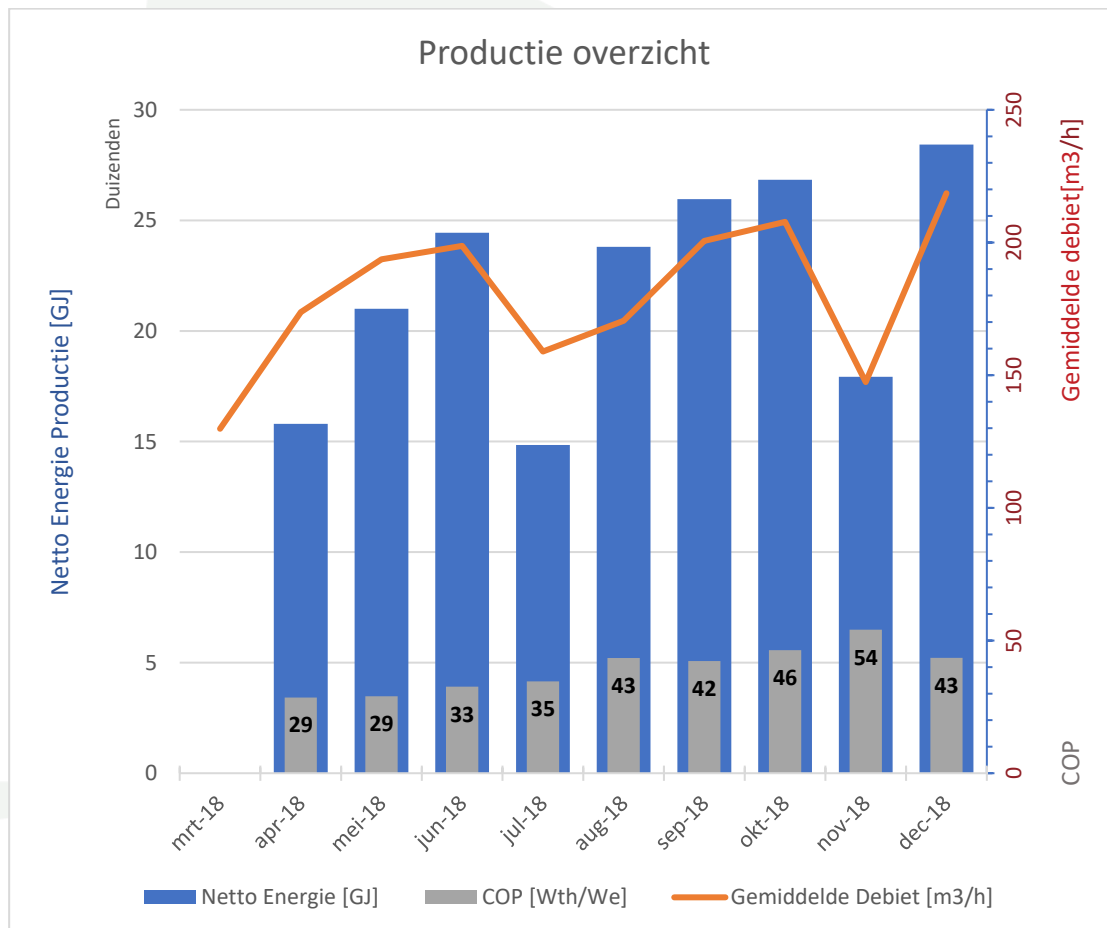
4.1 Beschrijving winning

De start van de productie heeft plaatsgevonden op 21 maart 2018. Het reservoir van Nature's Heat wordt niet gestimuleerd.

De warmte wordt primair gewonnen uit geproduceerd formatiewater. Het systeem produceert en injecteert in de Delft en Pijnacker zandstenen op een diepte van ongeveer 2250 meter met water van ongeveer 87 graden. Het water wordt in de productieput omhoog gepompt middels een ESP. Vervolgens wordt het water ontgast in de ontgassingsinstallatie, GLCC en buffertank en ontdaan van vaste deeltjes in de filters. Dan wordt de warmte afgegeven door middel van warmtewisselaars aan het secundaire warmtenet. Het afgekoelde water wordt na een 2^e filterstraat middels een injectie pomp teruggepompt in de formatie.

Het opgewarmde water aan de secundaire zijde van de bronwarmtewisselaars wordt door middel van een transportnet en transportpompen bij de afnemers gebracht. Bij de afnemers wordt doormiddel van warmtewisselaars de warmte over gebracht op het verwarmingswater van de bestaande verwarmingsinstallatie.

Figuur 14 geeft het productie overzicht weer vanaf de start van de productie tot op heden.



Figuur 14 Productieoverzicht

In de toelichting aanvraag omgevingsvergunning van 21 april 2016 is aangegeven dat de maximale injectiedruk gebaseerd wordt op het SodM injectieprotocol. Hiervoor is op basis van geologische analyse door IF de top reservoir diepte op 2.404 mTVD geschat (Kenmerk 101349) met een bijbehorende injectiedruk van 77 bar. Dit is na aanvullende communicatie met het Ministerie van Economische Zaken op 13 oktober 2016 (Aanvulling – 101349) aangepast naar 2126mTVD wat overeenkomt met de schoen diepte van de filterbuis en overeenkomt met een maximale injectiedruk van 57 bar. Echter is de top reservoir van de Delft zandsteen tijdens het aanleggen van de injectieput op een diepte van

2250 mTVD aangetoond (zie bijlage B) Rekening houdend met de diepte van het top reservoir en het vernieuwde injectieprotocol gepubliceerd in November 2020 is de THP_{max} berekening als volgt:

$$THP_{max} = 2250 * (0.135 - 0.1058) = 66 \text{ bar} - \text{temperatuur effect}$$

Het temperatuur effect houdt in dat bij een uitkoeling die groter is dan 40 graden Celsius, elke graad extra uitkoeling, lijdt tot 1 bar extra aftrek van de maximale injectiedruk THP. Dit betekent dat bij een uitkoeling van 87 graden Celsius naar 30 graden Celsius een maximale injectiedruk aftrek plaatsvindt van 17 bar. Samenvattend is bij een injectietemperatuur van 30 graden Celsius een THP_{max} van 49 bar toegestaan.

Tijdens de realisatie van KHL-GT-01-I is er een druktest uitgevoerd tot maximaal 42 bar. Tot er een druktest wordt uitgevoerd die hoger is dan de maximale injectiedruk zal de maximale injectiedruk (THP) voor KHL-GT-01-I maximaal 42 bar bedragen. De operationele begrenzings zijn nogmaals beschreven in Tabel 11 en terug te vinden in het meegeleverde WIMS. Daarnaast is er in Tabel 12 en Tabel 13 een prognose gemaakt van de toekomstige productie. Deze prognose is ook weergegeven Figuur 15.

Operationele begrenzing	Waarde	Dimensie
Max debiet WABO	400	m ³ /h
Max injectiedruk THP SodM protocol bij 40 °C	66	Bar
Max injectiedruk obv druktest verbuizing	42	Bar

Tabel 11 Operationele begrenzings

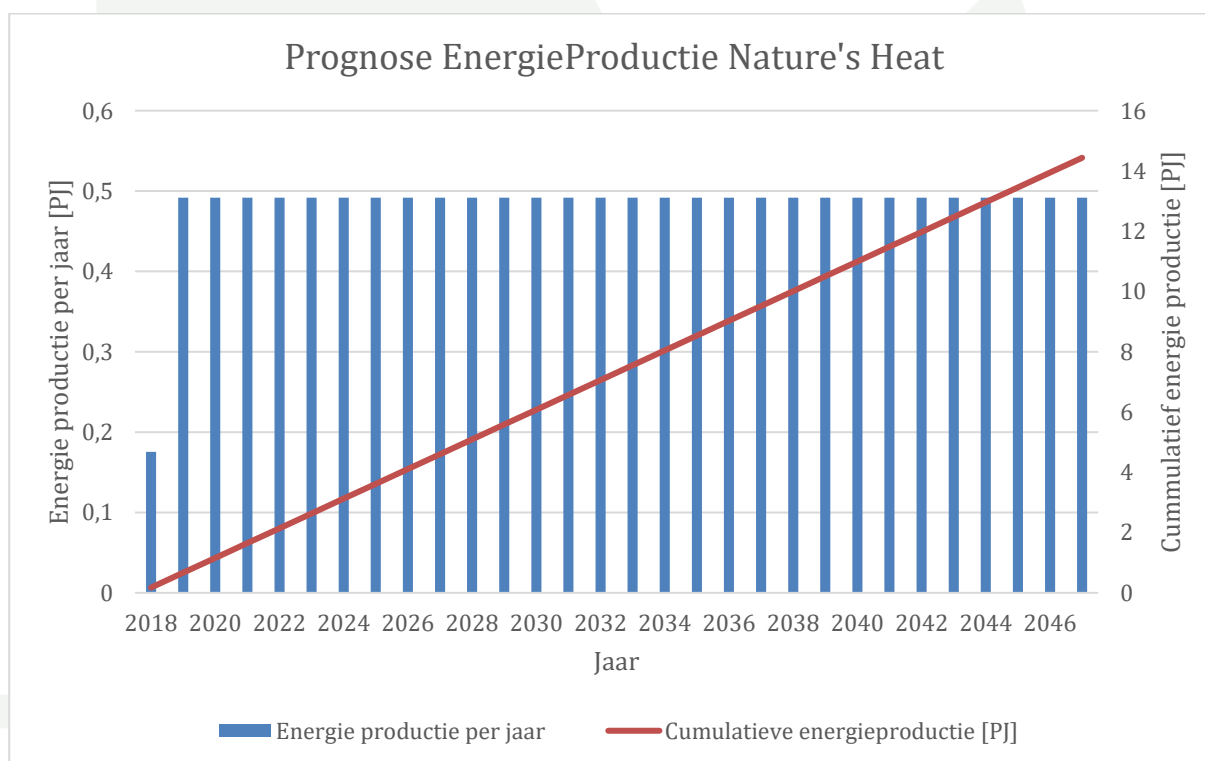
Put	Prognose waarde
Debiet geproduceerd water (m ³ /h)	400
Gemiddelde temperatuur van het productiewater, gewogen per volume, gemeten voor de warmtewisselaar (°C)	86.6
Gemiddelde druk direct onder de pomp in productieput (bar)	69
Laagste druk direct onder de pomp in productieput (bar)	64
Maximale drukverlaging in het reservoir (drawdown) (bar)	5
Druk aan de putmond van de productieput (bar)	5
Verhouding hoeveelheid olie uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Sm ³ /m ³)	0
Verhouding hoeveelheid gas uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Nm ³ /m ³)	1.3
Verhouding hoeveelheid condensaat uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (cm ³ /m ³)	0
Hoeveelheid corrosie inhibitor in de productieput ingebrachte inhibitor (ppm)	10
Debiet geïnjecteerd water (m ³ /h)	400
Gemiddelde temperatuur van het injectiewater, gewogen per volume, gemeten tussen warmtewisselaar en de putmond (°C)	35
Gemiddelde druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	12
Maximale druk van aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	42
Maximale injectiedruk THP (bar) op basis van top reservoir diepte bij 40 °C	66*
Maximale injectiedruk THP (bar) op basis van maximale druktest verbuizing	
Hoeveelheid corrosie inhibitor (CGW80007) in de injectieput ingebrachte mijnbouwhulpstoffen (ppm)	2.2
Draaiuren per jaar (u)	8500
Aantal vollasturen per jaar (u)	5500
Prognose onttrokken warmte per jaar (PJ)	0.49
Prognose hoeveelheid benodigde elektrische energie per jaar (GJ)	8040
Geïnstalleerd vermogen installatie (MW _{th})	20

Tabel 12 Prognose toekomstige productie

*Maximale injectiedruk (THP) op basis van top reservoir diepte bij 40 °C. Maximale injectiedruk (THP) op basis druktest verbuizing is 42 bar

Jaar vanaf status datum	Prod. temp. (°C)	Hoeveelheid water (mln m³)	Energie (GJ)	Inhibitor (ppm)	Gas (m³/m³ water)	Olie (m³)	Draaiuren (hrs)	Aantal vollast uren (hrs)	Energie-consumptie (GJ)
1	86.6	1.8	175429	10	1.3	0	6490	5500	6030
2	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
3	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
4	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
5	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
6	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
7	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
8	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
9	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
10	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
11	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040
12	86.6	2.2	491713	10	1.3	0	8500	5500	8040

Tabel 13 Karakterisatie geothermisch systeem performance onder beoogde standaard operationele condities



Figuur 15 Productie prognose: Jaarproductieprofiel

4.2 Duur van winning

De duur van de winning zal volgens de winningsvergunning 35 jaar bedragen.

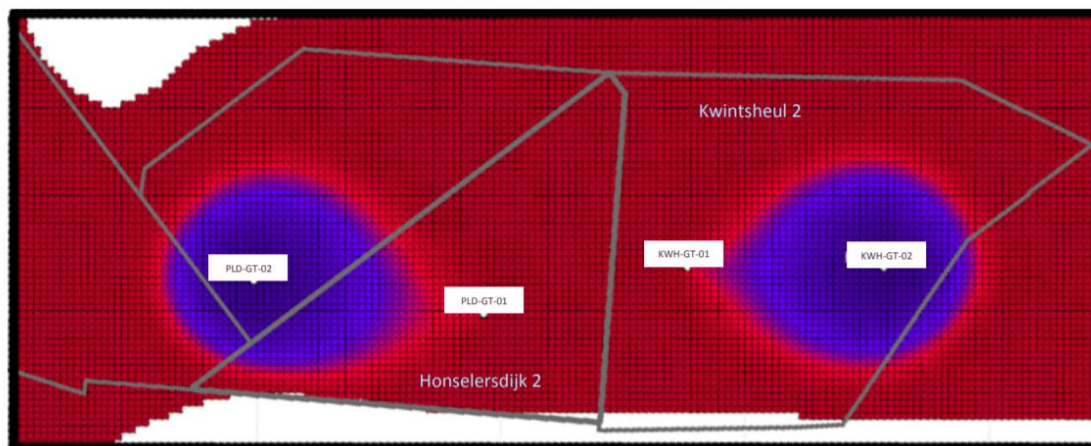
4.3 Toekomstige ontwikkeling

Er zijn geen toekomstige ontwikkeling gepland.

4.4 Interferentie

In April 2016 is er een interferentie model gemaakt tussen Aardwarmte project Vogelaer en Nature's Heat door PanTerra. Het geologische model is gebaseerd op PanTerra project G1121 en gebouwd in simulator Eclipse. Uit dit

onderzoek van PanTerra blijkt dat de Honselersdijk en Kwintseheul doubletten geen invloed hebben op elkaar productietemperatuur en ook niet op de temperatuur op de licentiegrens. Dit wordt weergegeven in Figuur 16.



Figuur 16: Temperatuur kaart na 30 jaar productie

5 Bodembeweging

5.1 Bodemdaling

De DoubletCalc2D berekeningen tonen aan dat na 35 jaar productie een bodemdaling van 5mm optreedt rond de injector en 3,5mm rond de producer. De hoeveelheid geproduceerd water staat gelijk aan de hoeveelheid geïnjecteerd water waardoor het netto volume gelijk blijft.

5.2 Quick-scan – Stap 1: Eerste set “decision tree” vragen

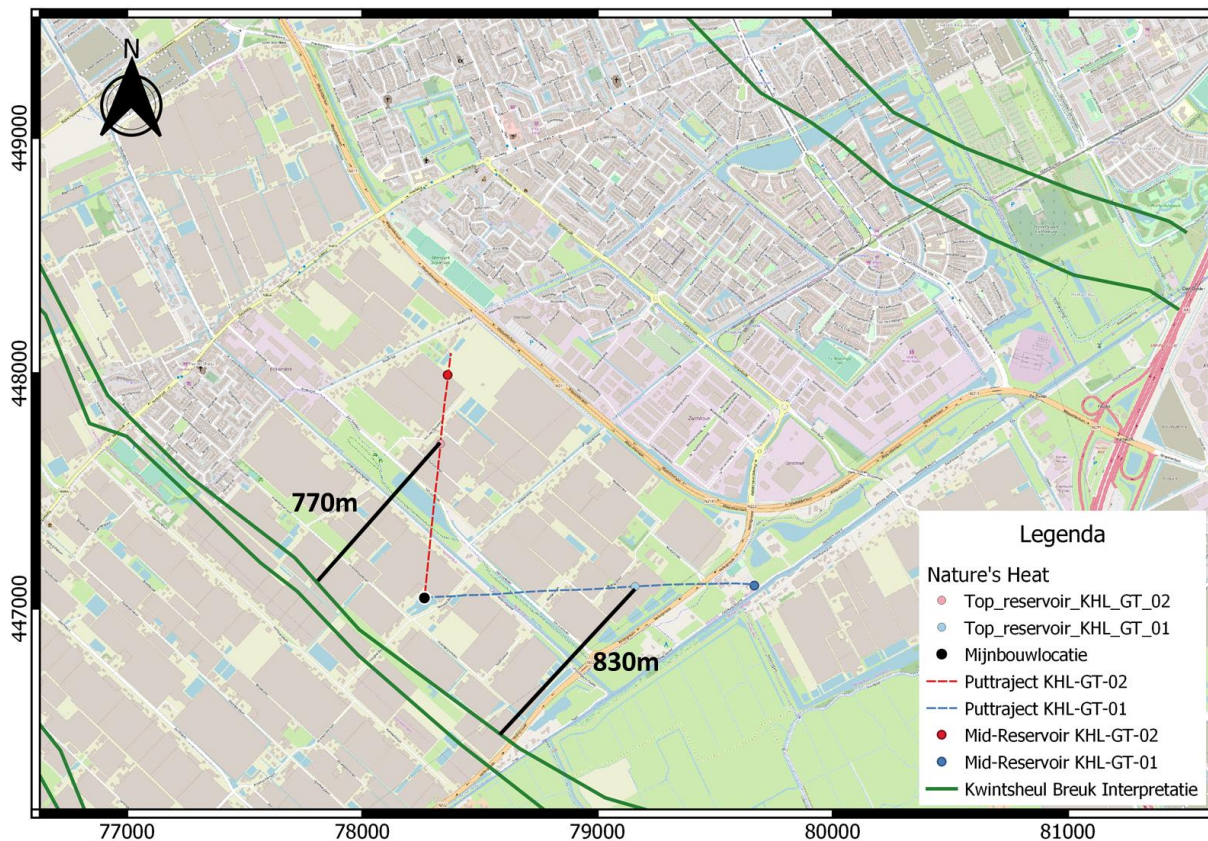
De eerste stap van de Quick Scan bestaat uit het beantwoorden van de vier vragen in Tabel 14. Een toelichting op de antwoorden in deze tabel is gegeven in onderstaande paragrafen.

Decision tree questions	Answer (Y/N)
Distance to major fault zone < 100 m	N
Circulation through existing faults	N
Project in tectonically active area of Roer Valley Graben	N
Influenced by Groningen Field	N

Tabel 14 Eerste set "decision tree" vragen

5.2.1 Afstand tot breuken

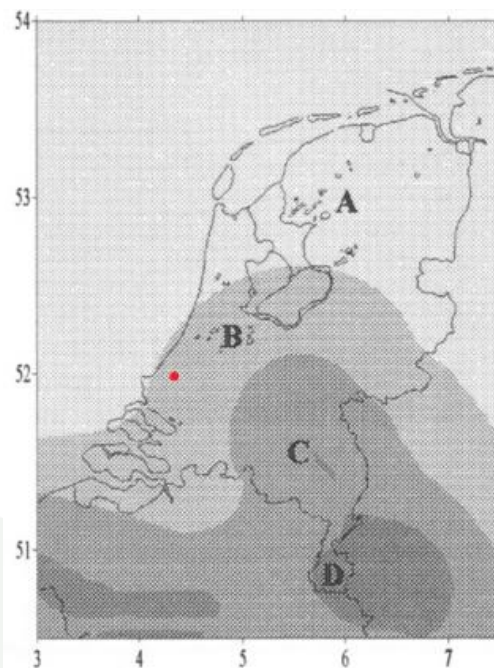
In Figuur 17 is te zien dat de afstand van de putten tot de breuken minimaal 770 meter is op top reservoir niveau.



Figuur 17 Afstand tot breuken

5.2.2 Project in tektonisch actieve omgeving van Roer Valley Graben

De beschrijving van de “active area Roer Valley Graben” kan vooralsnog gezien worden als binnen gebied C en D in Figuur 18. De mijnbouwlocatie van Nature’s Heat valt buiten gebied C en D, dus hieruit kan geconcludeerd worden dat de mijnbouwlocatie niet in de actieve omgeving van het Roer Valley Graben valt.



Figuur 18 Seismische zones in Nederland. Gebied C en D worden gezien als de actieve Roer Valley Graben (de Crook, 1996)

5.2.3 Circulatie door bestaande breuken

Zoals in Figuur 17 Afstand tot breuken te zien is, is dit geothermisch systeem niet gelegen in breuken. Geen van de putten produceert of injecteert in een breuk.

5.2.4 Invloed door Groningen Gasveld

Het Groningen Gasveld is gelegen in de provincie Groningen in het noorden van Nederland. Het gebied dat beïnvloed wordt door het Groningen gasveld is gedefinieerd als alle Rotliegend faultblocks in het Groningen gasveld, en grenzend aan het in druk verlaagde Groningen Gasveld.

De afstand tussen het Groningen gasveld en Kwintsheul is 190 km. Daaruit kan geconcludeerd worden dat het geothermisch reservoir bij Kwintsheul niet beïnvloed wordt door het Groningen gasveld.

5.3 Quick-scan – Stap 2: QS-Score tabel

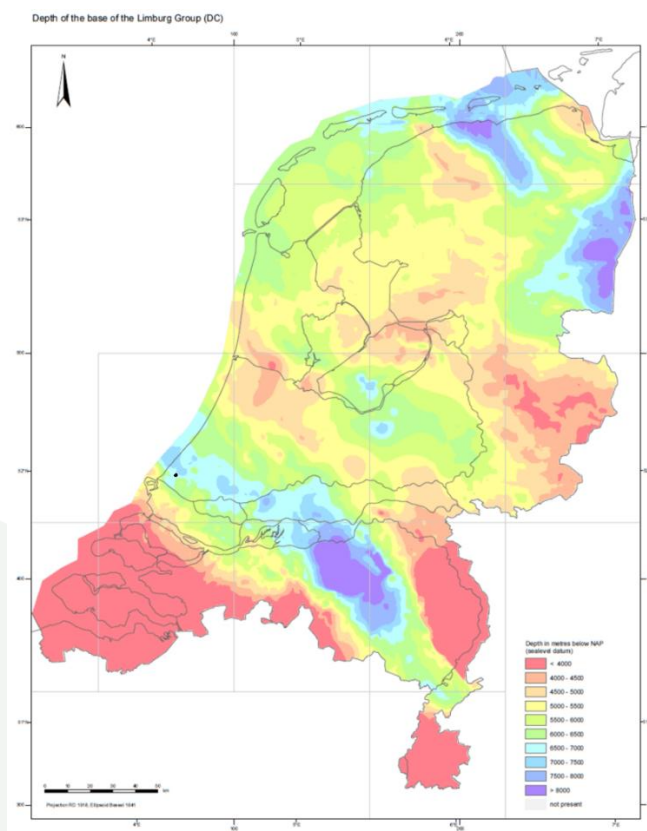
In dit geval zijn alle vragen in Tabel 14 met nee beantwoord, en is de volgende stap in de Quicksan het invullen van de QS-score tabel.

Een toelichting op de onderdelen van deze tabel is gegeven in onderstaande paragrafen.

5.3.1 Verbinding met kristallijnen basis

De kristallijnen basis is zeer hard gesteente en ligt in Nederland op dieptes lager dan de reguliere geothermie projecten. Waterinjectie in kristallijn gesteente kan aanleiding zijn tot geïnduceerde seismiteit.

De basis van het geothermisch reservoir waaruit geproduceerd wordt is 2462 meter terwijl in Figuur 19 te zien is dat de Kristallijnen basis op een diepte van 6500 meter ligt. De verticale scheiding tussen het geothermisch reservoir en de kristallijnen basis is dus meer dan 3000 meter. Dit rechtvaardigt een score van 0 in Tabel 15.

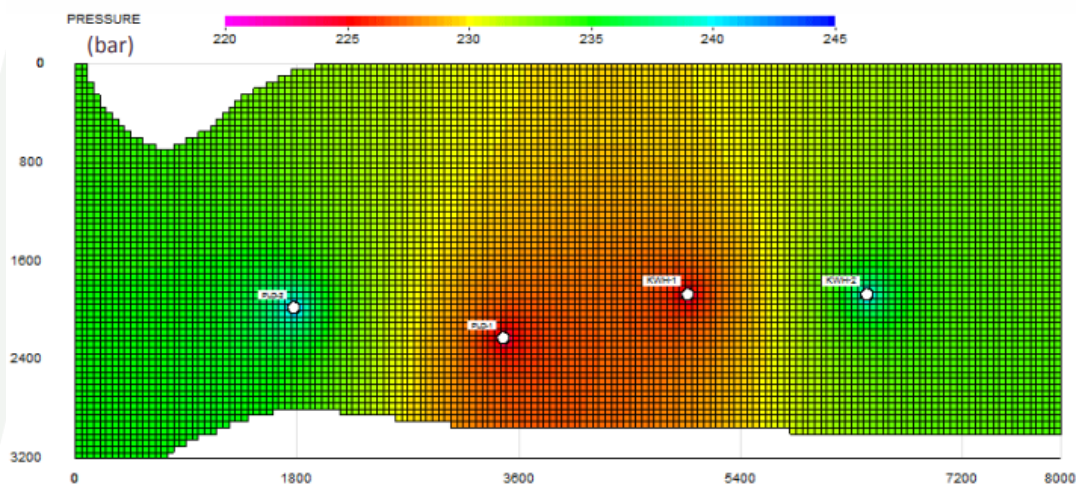


Figuur 19 Diepte kristallijnen basis

5.3.2 Drukcommunicatie tussen de putten

De drukveranderingen in de omgeving van het geothermie systeem zijn een optelsom van de drukverhogingen als gevolg van de injectie en de drukverlagingen als gevolg van de onttrekking. Als er drukcommunicatie is dan treedt er een uitdempende werking op van deze effecten.

Het interferentie model opgesteld door PanTerra in 2016 tussen Aardwarmte project Vogelaer en Nature's Heat, zoals besproken in sectie 4.4 toont dat een drukevenwicht binnen enkele uren optreedt en deze daarna vrijwel constant blijft. In de ondergrond zijn geen breuken waargenomen die een barrière vormen voor de stroming tussen de putten. De onderstaande figuur geeft de drukverdeling weer na 30 jaar productie.



Figuur 20: Drukverdeling na 30 jaar

5.3.3 Injectiedruk

De top reservoir van de Delft zandsteen tijdens het aanleggen van de injectieput op een diepte van 2250 mTVD aangetoond (zie bijlage B) Rekening houdend met de diepte van het top reservoir en het vernieuwde injectieprotocol gepubliceerd in November 2020 is de THPmax berekening als volgt:

$$\text{THPmax} = 2250 * (0.135 - 0.1058) = 66 \text{ bar} - \text{temperatuur effect}$$

Dit betekent dat bij een uitkoeling van 87 graden Celsius naar 30 graden Celsius een maximale injectiedruk aftrek plaatsvindt van 17 bar. Samenvattend is bij een injectietemperatuur van 30 graden Celsius een THPmax van 49 bar toegestaan.

Tijdens de realisatie van KHL-GT-01-I is er een druktest uitgevoerd tot maximaal 42 bar. Tot er een druktest wordt uitgevoerd die hoger is dan de maximale injectiedruk zal de maximale injectiedruk (THP) voor KHL-GT-01-I maximaal 42 bar bedragen. Dit rechtvaardigt een score van 7 in de Quick- Scan tabel 15.

5.3.4 Systeemdebiet

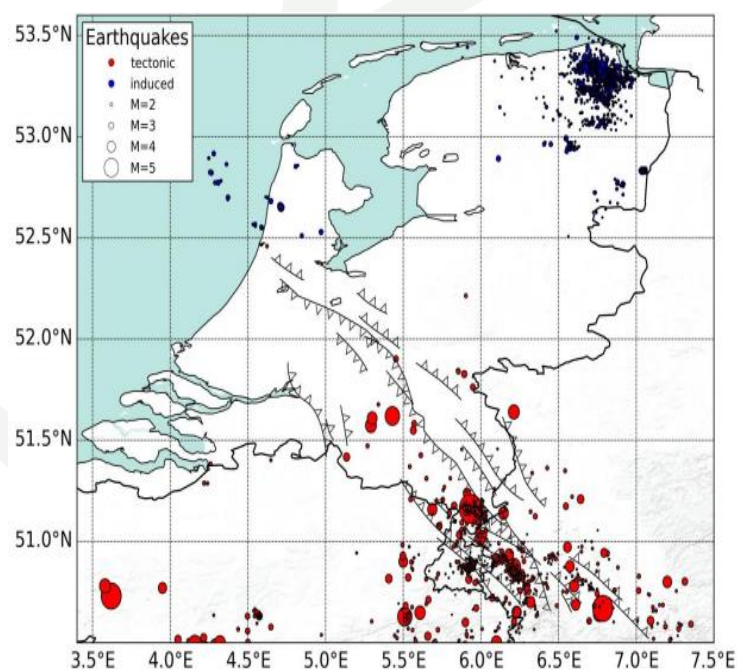
Het systeemdebiet bepaalt de hoeveelheid water die in een bepaalde tijdsperiode wordt onttrokken en geïnfilteerd. Het systeemdebiet is direct van invloed op de drukveranderingen en heeft daarom op het eerste gezicht weinig meerwaarde ten opzichte van de injectiedruk. Als er echter (onbedoeld) geen drukcommunicatie tussen de putten is, dan is het systeemdebiet een maat voor de groei van het netto geïnjecteerd volume in het reservoirblok van de injectieput. Door het systeemdebiet op te nemen in de Quick Scan, wordt dus geanticipeerd op de mogelijkheid van onverwacht slechte drukcommunicatie tussen injectieput en productieput. Het maximale systeemdebiet wat aangevraagd wordt is 400 m³/h en dit rechtvaardigt de score 10 in Tabel 15.

5.3.5 Afstand (km) tot natuurlijke aardbevingen

Het voorkomen van natuurlijke aardbevingen geeft aan dat sprake is van seismisch actieve breuken. Als dicht bij het geothermiesysteem natuurlijke aardbevingen zijn opgetreden, dan kan een relatief kleine beïnvloeding al seismische activiteit veroorzaken en is dus sprake van een verhoogde potentie.

De dichtstbijzijnde natuurlijke aardbeving m.b.t. Kwintsheul bevindt zich in de buurt van Eindhoven, zoals te zien is in Figuur 21

Dit is een afstand groter dan 10 km en dat rechtvaardigt de score 0 in Tabel 15.



Figuur 21 Geïnduceerde en tektonische aardbevingen in Nederland

5.3.6 Afstand (km) tot geïnduceerde seismiciteit

Evenals bij natuurlijke aardbevingen, blijkt uit het voorkomen van geïnduceerde seismiciteit dat sprake is van actieve (gereactiveerde) breuken. Als op korte afstand geïnduceerde seismiciteit is opgetreden is daarom sprake van een verhoogde potentie.

De dichtstbijzijnde geïnduceerde aardbeving m.b.t. Kwintsheul bevindt zich bij Alkmaar zoals te zien is in Figuur 21.

Dit is een afstand groter dan 10 km en dat rechtvaardigt de score 0 in Tabel 15 QS-score.

5.3.7 Afstand (km) tot bestaande breuken

In Figuur 17 is aangegeven hoe groot de afstand is van de injectieput en productieput tot de vanuit seismisch onderzoek bepaalde breuken. De afstand van put KHL-GT-01 tot de dichtbijgelegen breuk bedraagt 830 meter en de afstand tot put KHL-GT-02 bedraagt 830 meter. Dit rechtvaardigt de score 3 in Tabel 15.

5.3.8 Oriëntatie van de breuk in heersende stressveld

De oriëntatie van de breuk(en) in het stressveld geeft een eerste indicatie van mogelijke instabiliteit van de breuk. Een instabiele breuk (kritisch gestrest) is gevoeliger voor stressveranderingen en zal daardoor eerder bezwijken en seismiciteit veroorzaken.

Het spanningsveld in de Schieland Groep onshore Nederland is 336.3° met een standaard deviatie van 1.3° (Mechelse, 2017). De oriëntatie van de dichtstbijzijnde breuk bij Nature's Heat, op 830 m afstand van de injector, is 307° (Figuur 17). Dit rechtvaardigt een beoordeling van "shearing possible" en een score van 7 in tabel 15.

5.3.9 Netto geïnjecteerd volume

Als een geothermiesysteem (in een bepaalde periode) meer water injecteert dan onttrekt, dan is de toename van de drukken in de omgeving van het geothermie systeem groter dan bij een injectie die in balans is met de onttrekking. Uit de praktijk is bekend dat zowel het aantal als ook de sterkte van geïnduceerde bevingen toeneemt bij een toename van het netto geïnjecteerde volume. Bij Kwintsheul is sprake van een gesloten massabalans, dit betekent dat het onttrokken water volledig wordt terug geïnjecteerd.

Bovenstaand rechtvaardigt de score 0 in Tabel 15.

score	basement connected	inter-well pressure communication	re-injection pressure [MPa]	circulation rate [m^3/h]	epicentral distance to natural earthquakes [km]	epicentral distance to induced seismicity [km]	distance to fault [km]	orientation of fault in current stress field	net injected volume [1000 m^3]	Sum of column scores
10	yes	no	> 7	> 360	< 1	< 1	< 0.1	favorable	> 20	
7	possible	unlikely	4 - 7	180-360	1 - 5	1 - 5	0.1 - 0.5	shearing possible	5 - 20	
3	unlikely	likely	1 - 4	50-180	5 - 10	5 - 10	0.5 - 1.5	shearing unlikely	0.1 - 5	
0	no	yes	< 1	< 50	> 10	> 10	> 1.5	locked	< 0.1	
Column score	0	0	7	10	0	0	3	7	0	Σ27
										90

Tabel 15 QS-score

5.3.10 Normalised score

	Normalised score	Seismicity potential	Hazard level and risk assessment procedure
Geothermisch project	0.3	Laag	QuickScan

5.4 Quick scan – Stap 3: Tweede set “decision tree” vragen

Uit Figuur 19 kan afgeleid worden dat er eerder geen seismische activiteiten zijn geweest in de regio van het geothermische project. Daarom is het antwoord nee gerechtvaardigd op de vraag in Tabel 16. Dit zorgt er voor dat bij voorkeur de monitoringsstrategie onder “low induced seismicity potential, geothermal projects” zal vallen.

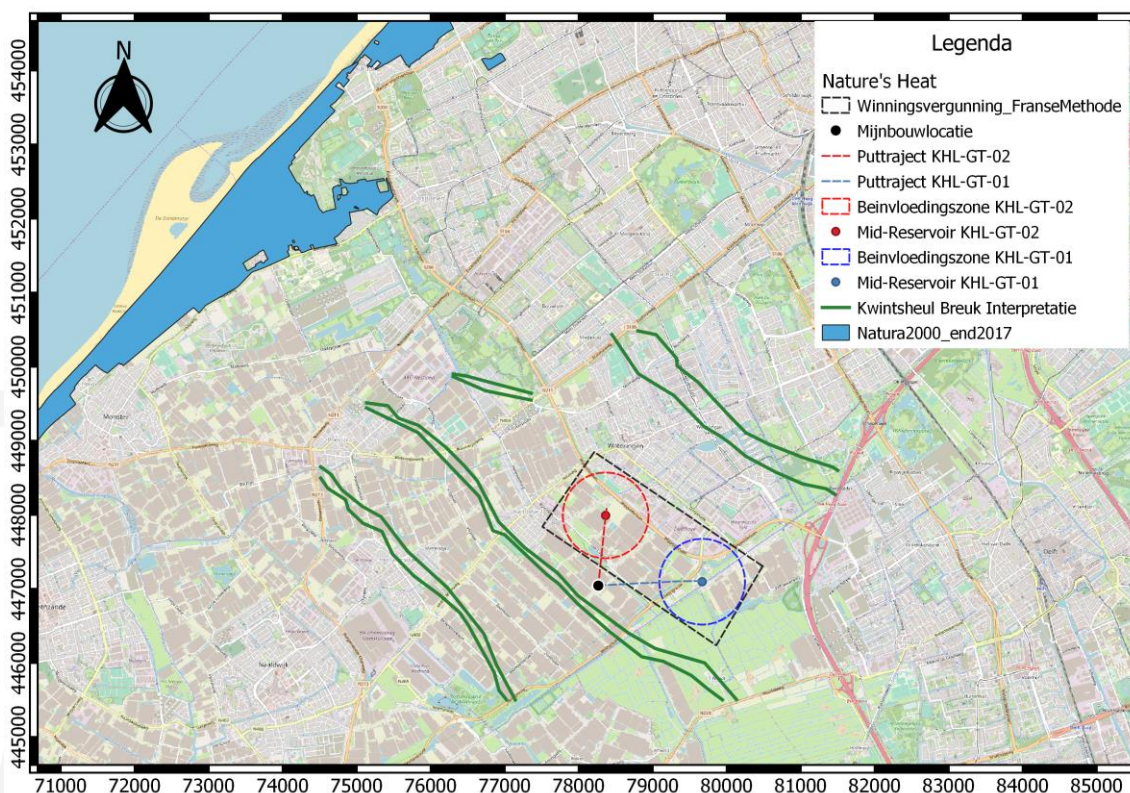
Decision tree questions	Answer (Y/N)
Did previous seismicity occur in geothermal project region?	N

Tabel 16 Tweede set "decision tree" vragen

5.5 Nadelige gevolgen

Risicoanalyse naar de seismische risico's van Nature's Heat toont aan dat het risico op bodemtrillingen laag is. In het kader van het milieutechnisch veilig produceren van aardwarmte worden de putten uitgebreid gemonitord. Er zijn twee typen monitoring in plaats: continue monitoring en periodieke monitoring. Ook wordt de integriteit van de putten continue gecontroleerd middels een Well Integrity Management Systeem (WIMS). De integriteit van het systeem is hiermee gewaarborgd en vervuiling van bodem en grondwater wordt hiermee voorkomen.

De onderstaande figuur geeft de dichtstbijzijnde Natura2000 gebieden weer. In deze kaart is te zien dat het dichtstbijzijnde Natura2000 gebied op een afstand van 6km of meer ligt van de producer.



Figuur 22: Natuur- en drinkwatergebieden in de buurt van Kwintsheul

6 Verklarende woordenlijst

Aquifer	Water toevoerende laag waaruit de aardwarmte wordt gewonnen
KHL-GT-01	Putnaam Kwintsheul, injectie
KHL-GT-02	Putnaam Kwintsheul, productie
Casing	Mantelbuis geplaatst in boorgat
Conductiviteit	Eigenschap om elektrische stroom te geleiden
ESP	Electrical Submersible pumps (elektrische pomp)
GLCC	Gas Liquid Cylindrical Cyclone, 3 fase ontgasser en afscheider
M tvBRT	Meter Below RotaryTabel (afstand in meters onder de boorvloer)
PJ	PetaJoule
Scaling	Afzetting op de binnenwand van verbuigingen
THP	Top Hole Pressure
Wkk installatie	Opwekking elektriciteit door middel van warmte-krachtkoppeling

7 Referenties

De Crook, T. (1996) A seismic zoning map conforming to Eurocode 8, and practical earthquake parameter relations for the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 75: 11

IF Technology (2013). *Geologisch onderzoek - Garantiefondsaanvraag Kwintsheul*.

Panterra (2010). Geologisch onderzoek: Aardwarmte in het Westland: Onder-Krijt zanden. Nr. G790. www.naturesheat.nl

Bernard Dost, Femke Goutbeek, Torild van Eck en Dirk Kraaijpoel. 2012. *Monitoring induced seismicity in the North of the Netherlands: status report 2010*. De Bilt : KNMI, 2012. WR 2012-03.

N. Heijnen, K. van der Hoorn, N. Buik, R. te Gussinklo Ohmann. 2013. *Geologisch onderzoek - Garantiefondsaanvraag Kwintsheul*. Arnhem : IF Technology, 2013.

Mechelse, E., 2017. *The in-situ stress field in The Netherlands: Regional trends, local deviations and an analysis of the stress regimes in the northeast of The Netherlands*. TU Delft, MSc thesis.

Appendix A: Referentie Putten

Boring	Geboord in	Petrofysica	Seismiek
HAG-02	1955	X	
RWK-01	1953	X	
DEL-03	1954	X	
LIR-45	1982	X	X
RTD-01	1984	X	X
EHV-01	1966	X	
PRN-01-S1	1989	X	
HAG-GT-01	2010	X	
HAG-GT-02	2010	X	
HON-GT-01(2)	2012	X	
HON-GT-02(2)	2012	X	
BRK-04	1977		X
BRK-09	1980		X
BTL-01	1984		X
GAG-02-S1	1982		X
KDZ-02-S1	1986		X
LIR-41-S1	1974		X
MON-02	1956		
MSG-01	1989		X
MSG-02	1993		X
PRW-01	1987		X
RZB-01	1987		X
SGZ-01-S1	1997		X
BRT-01	1984		X
MSV-01-S2	1989		X
SPKO-01-S1	1990		X
SPKO-02-S1	1993		X
SPKW-01	1992		X

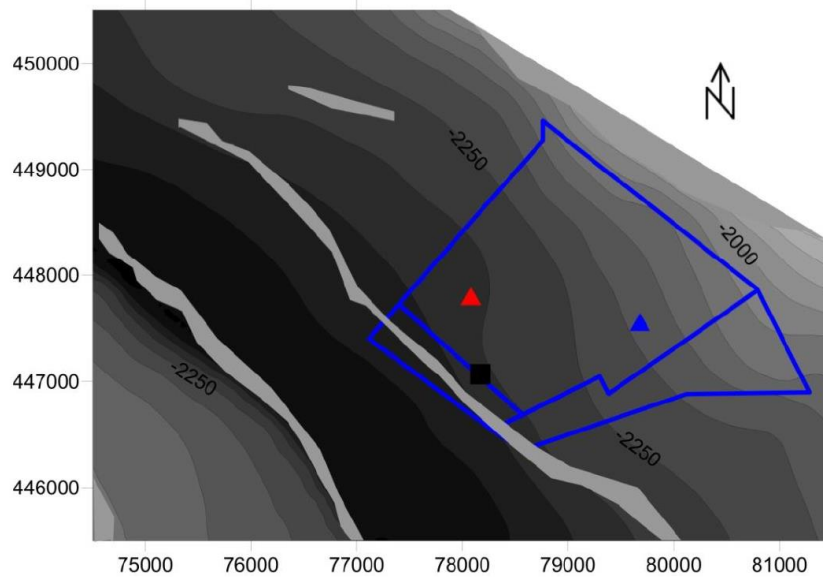
Tabel 17 Referentie putten en putinformatie gebruikt voor seismische interpretatie

Appendix B: Geologische lithostratigrafische kolom

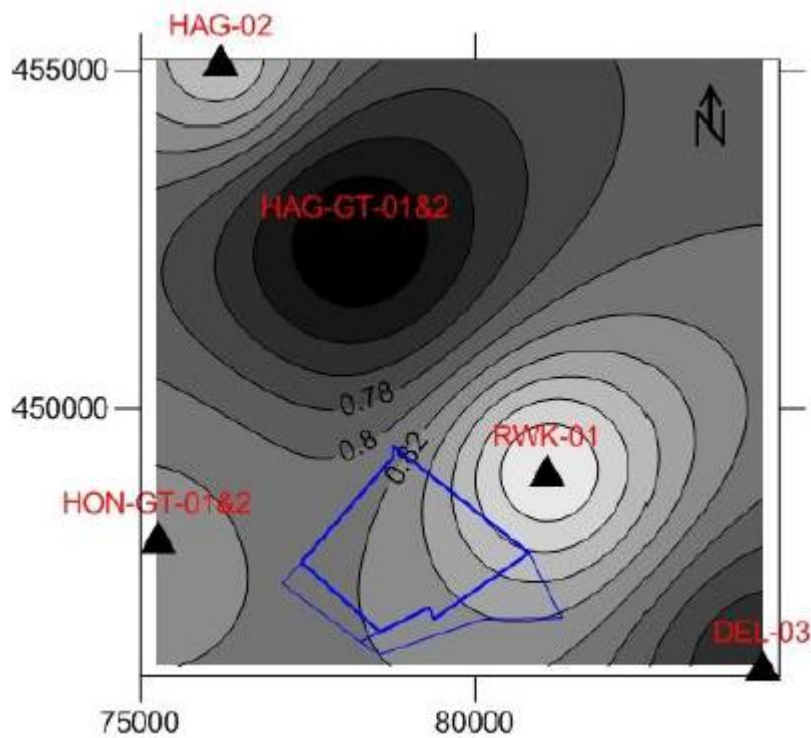
Table 5: KHL-GT-01 Lithostratigraphic column

Lithostratigraphic Column Kwintshuul KHL-GT-01						Expected		Actual			
Pos	Group	Period	Formation	Epoch (Age)	Member	Lithology	Ty-BT Depth (m)	As-BT Depth (m)	Ty-BT Depth (m)	As-BT Depth (m)	
Cenozoicum	Upper North Sea	Quaternary	Dreiser	Holocene-Pleistocene		Shallow continental deposits, mostly fluvial sands and silts intercalated by some thin layers of grey or greenish grey, silty clays.	0	0	0	0	
			Waalvuis	Early Pleistocene		Deposits of coastal sands, very fine to medium coarse, calcareous, shell bearing, mica rich, silty to sandy, grey to dark grey clay containing shells and mica.	115	115	115	115	
			Cherterhead	Pleistocene		Deposits of shallow marine greenish clay, sandy clay, silts and coarse sands.	238	238	217	217	
			Breda	Pleistocene		Sequence of marine, glauconitic sands, silty to sandy clay and clayey silts. In many places a glauconitic-rich layer occurs at the base.	383	383	402	402	
	Middle North Sea	Tertiary	Rupel	Oligocene/Eocene	Rupel Clay	Marine clay that becomes more silty towards base and top. It is rich in pyrite, contains hardly any glauconite & CaCO3 tends to be concentrated in the upper layers.	438	438	448	448	
			Dongen	Early Eocene	Dongen	Dark, tough and silty to laminated and fissile clay.	458	458	458	458	
	Lower North Sea			Landen	Mid Paleocene	Landen Clay	Generally dark-green, hard, silty clay, somewhat silty, containing glauconite, pyrite and mica. The basal part of the member is usually marly.	584	584	570	570
				Ekoluk	Mid Paleocene	Ekoluk	White, chalky limestone containing rare white and grey nodules and bedded chert layers, and thin, grey to green (glauconitic) clay laminae.	580	580	507,5	507,5
	Chalk		Cretaceous	Ommelanden	Upper Cretaceous	Ommelanden	Succession of white, yellowish-white or light-grey, fine grained, dense limestones, in places argillaceous. Layers of chert nodules can be very common over thick intervals. Fragments of sandstone occur.	580	580	610	610
				Tessel	Lower Cretaceous	Tessel	Dark-grey, partly black, calcareous, laminated claystone.	838	841	935	935
					Tessel	Lower Cretaceous	Interbed of white to light grey chalks, chalky marls and limestones, increasingly marly with depth. Some interbedded layers of medium dark claystone appear at the base.	838	843	939	942
					Tessel	Lower Cretaceous	Greenish, glauconitic, calcareous sandstones with intercalated marls.	886	1003	900	999
Cretaceous	Rijnland	Upper Cretaceous	Holland	Upper Cretaceous	Holland	Sequence of light to medium grey and white chalks, chalky marls and marls. Carbonate content decreases towards the base.	1017	1028	1018,5	1031	
				Holland	Upper Cretaceous	Grey and red-brown calcareous clay claystone with a distinctly lower lime content than the upper and overlying members. Some sandstone beds may occur.	1222	1291	1237	1290	
				Holland	Upper Cretaceous	Alternation of greenish grey, very glauconitic, very fine to fine-grained, argillaceous sandstones, locally calcareous with calcareous or siliceous cement, and silty-grey claystones or grey mudstones.	1328	1429	1280	1349	
				Holland	Upper Cretaceous	Grey and red-brown marl or calcareous, fissile claystones, frequently with intercalated calcareous claystone beds and sandstone beds.	1478	1638	1383	1478,5	
	Vlieland	Upper Cretaceous	Vlieland	Upper Cretaceous	Vlieland	Alternation of thin bedded, very fine to fine-grained argillaceous sandstones, generally glauconitic, lignitic, with shell fragments and frequently bioturbation.	1838	1868	1533	1712,5	
				Vlieland	Upper Cretaceous	Dark to medium grey to grey claystones. Mica and very fine lignitic matter are common. The formation can be very silty to sandy. It is also slightly calcareous.	1741	2009	1706	1968	
				Vlieland	Upper Cretaceous	Sandstone, light-grey, very fine to coarse-grained, locally greenish, lignitic, locally glauconitic or with siliceous concretions. Especially in the upper part calcareous cemented beds are common.	1908	2232	1907,5	2242	
				Vlieland	Upper Cretaceous	Alternation of fine-grained, argillaceous sandstones and brown-grey silty to sandy claystones. Locally siliceous concretions are present.	1948	2301	1950	2300	
	Schiedam	Upper Cretaceous	Schiedam	Upper Cretaceous	Schiedam	Light to medium grey sandstones with a very fine to medium and locally gravelly grain size. Mica, lignitic matter and siliceous concretions are common.	2118	2526	2108	2521	
				Schiedam	Upper Cretaceous	Medium to dark grey and dark brown, silty to sandy, lignitic claystones with laminated or disturbed bedding and lignitic beds. Traces of mollusk shells, porula and strobila.	2211	2688	2128	2545	
				Schiedam	Upper Cretaceous	Light-grey massive sandstones, coarse, fine to coarse grained, fine grained, lignitic. Some thin shell layers are present.	2272	2752	2250	2721,5	
				Schiedam	Upper Cretaceous	A succession of typically red and dark to light brownish grey claystones and variegated clay- and silt- sand beds in the Alkmaar formation containing grey, white, yellow and pink. Thin to coarse grained silts.	2332	2838	2387	2905	

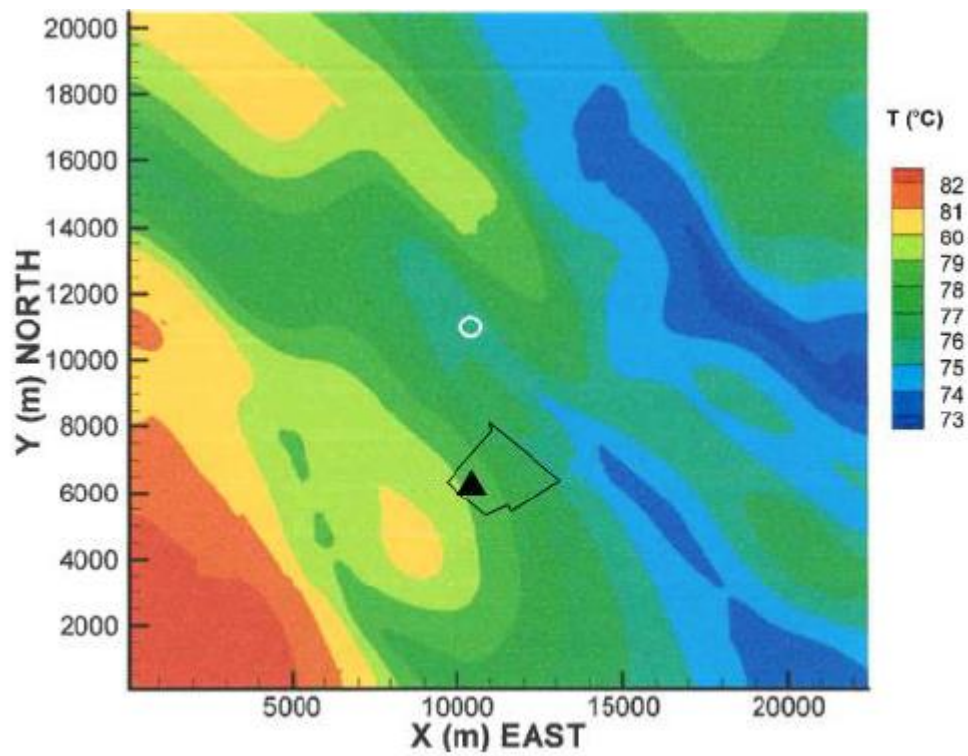
Appendix C: Aquifer Karakteristieken



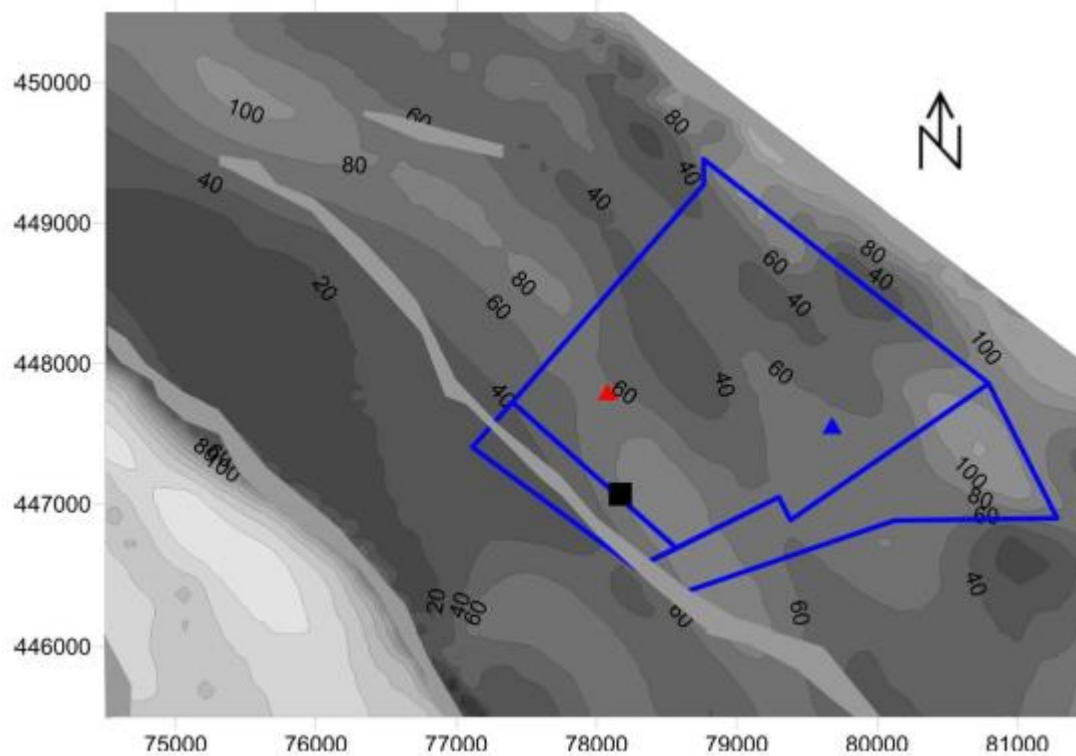
Figuur 23 Dieptekaart top aquifer (IF Technology, 2013)



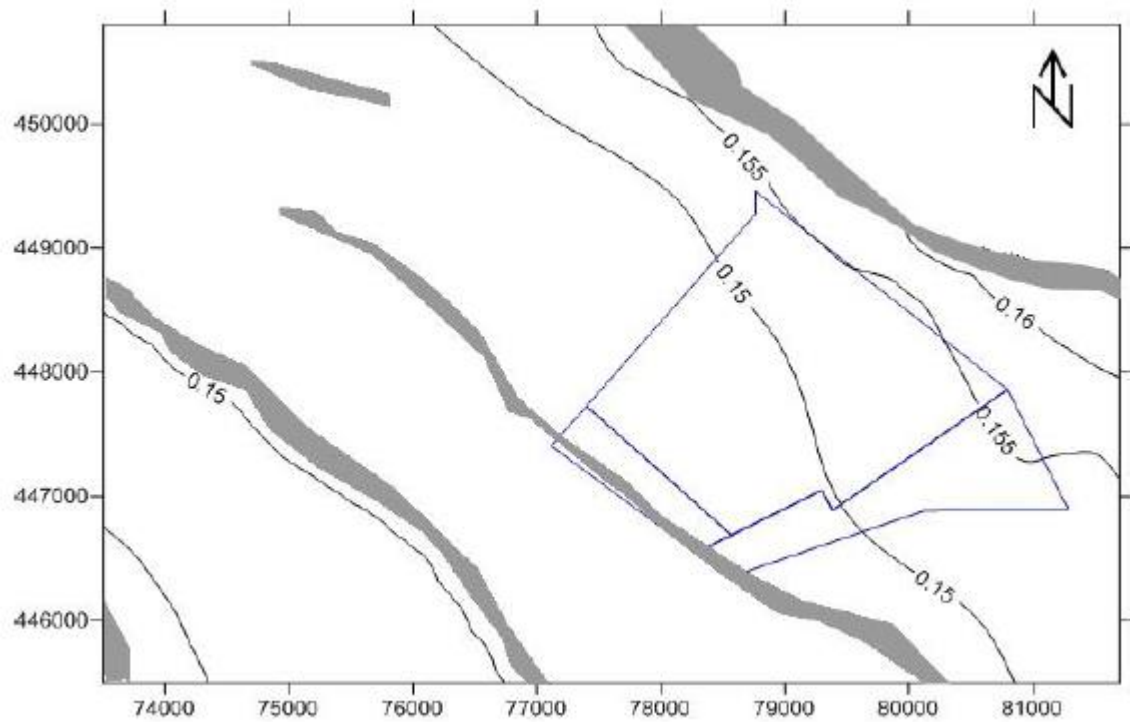
Figuur 24 Netto-Bruto kaart (IF Technology, 2013)



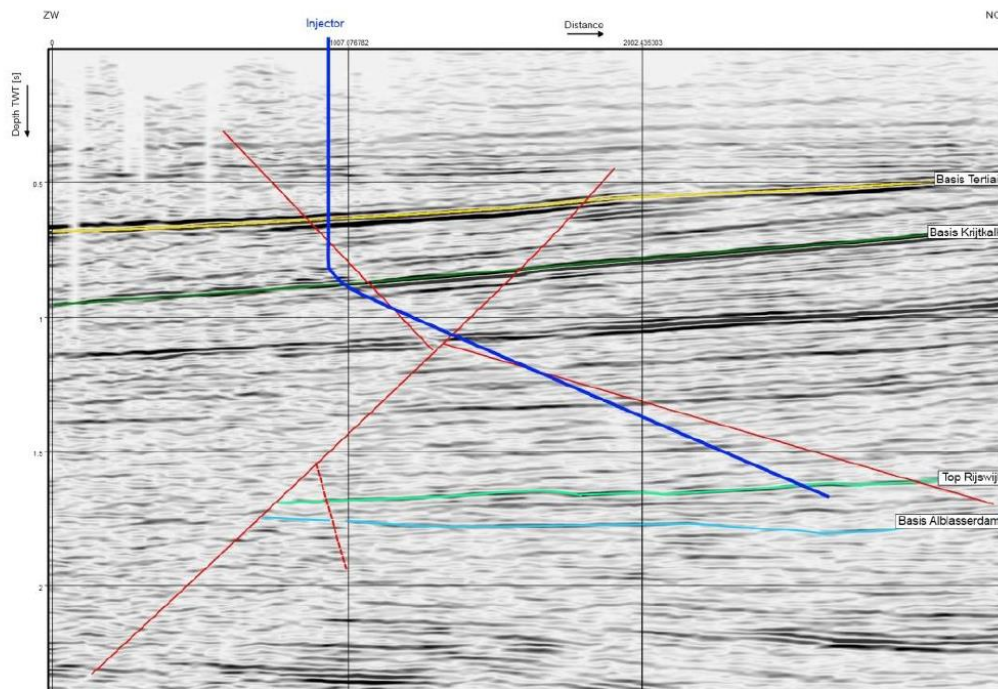
Figuur 25 Temperatuurkaart (IF Technology, 2013)



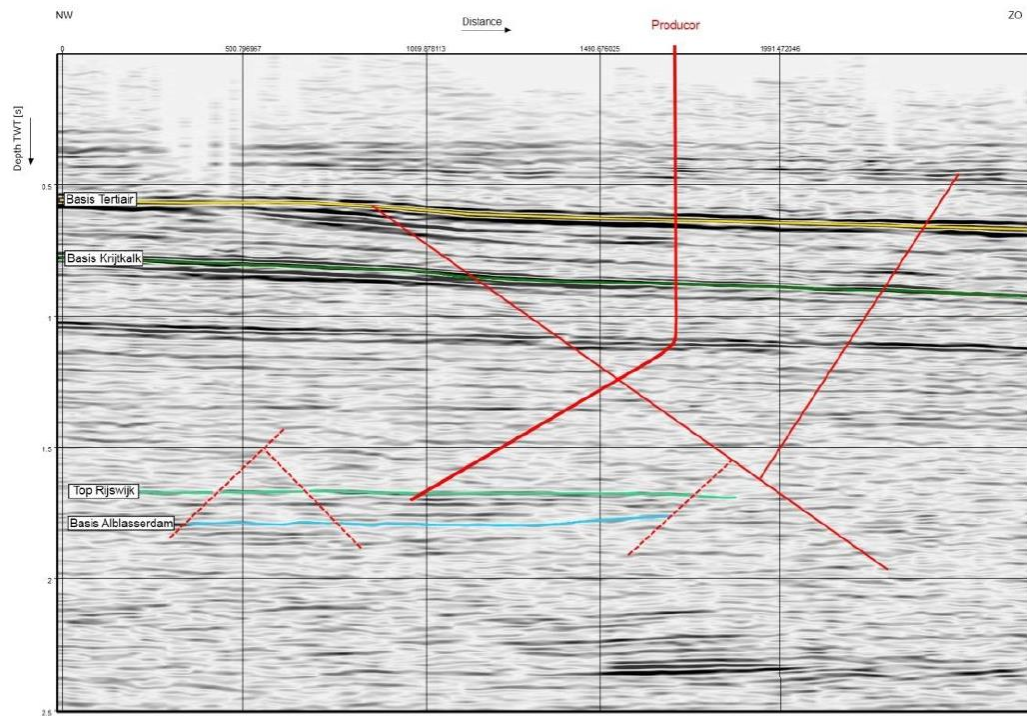
Figuur 26 Bruto diktekaart (IF Technology, 2013)



Figuur 27 Porositeitskaart (IF Technology, 2013)



Figuur 28 Seismische interpretatie ZW-NO (IF Technology, 2013)



Figuur 29 Seismische interpretatie NW-ZO (IF Technology, 2013)