



# **Pre-drill Winningsplan TWL-02 NLW-GT-03/04**

Datum: 16-06-2023 – versie 2.0

Geschreven door: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ en \_\_\_\_\_

Gecontroleerd door: \_\_\_\_\_

## Inhoudsopgave

|            |                                                                     |           |
|------------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>0</b>   | <b>Inleiding</b>                                                    | <b>4</b>  |
| <b>0.1</b> | <b>Proces</b>                                                       | <b>4</b>  |
| <b>0.2</b> | <b>Wettelijk kader</b>                                              | <b>5</b>  |
| <b>0.3</b> | <b>Verantwoorde winning – veilig voor mens en milieu</b>            | <b>5</b>  |
| 0.3.1      | Veiligheidsbeheersing en milieuzorg                                 | 5         |
| 0.3.2      | Veiligheid- en Gezondheidsdocument                                  | 6         |
| 0.3.3      | Risicomanagement                                                    | 7         |
| 0.3.4      | Noodplan                                                            | 7         |
| 0.3.5      | Integriteit van het reservoir                                       | 8         |
| 0.3.6      | Integriteit van de putten (WIMS)                                    | 10        |
| 0.3.7      | Integriteit van de bovengrondse installatie                         | 10        |
| <b>1</b>   | <b>Locatie en beschrijving van het beoogde geothermisch systeem</b> | <b>11</b> |
| <b>2</b>   | <b>Ondergrond</b>                                                   | <b>11</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Algemene beschrijving ondergrond</b>                             | <b>11</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Resultaten reservoir karakterisatie</b>                          | <b>15</b> |
| 2.2.1      | Verwachte formatiewater karakteristiek                              | 16        |
| <b>3</b>   | <b>Beoogde wijze van winning</b>                                    | <b>16</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Putintegriteit</b>                                               | <b>16</b> |
| 3.1.1      | Productieput NLW-GT-03                                              | 17        |
| 3.1.2      | Injectieput NLW-GT-04                                               | 18        |
| <b>3.2</b> | <b>Putintegriteitsmonitoring</b>                                    | <b>19</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Beoogde installatie</b>                                          | <b>21</b> |
| 3.3.1      | Werking van de mijnbouwinstallatie                                  | 21        |
| 3.3.2      | Metingen bovengrondse installatie                                   | 23        |
| 3.3.3      | Hulpstoffen                                                         | 24        |
| <b>3.4</b> | <b>Beoogde systeemconfiguratie</b>                                  | <b>25</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Reservoir modellering</b>                                        | <b>27</b> |
| <b>3.6</b> | <b>Productieprognose en operationele instellingen</b>               | <b>30</b> |
| 3.6.1      | Operationele begrenzingen                                           | 30        |
| 3.6.2      | Productieprognose                                                   | 30        |
| <b>4</b>   | <b>Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond</b>           | <b>32</b> |
| 4.1.1      | Olie- & gaswinning                                                  | 32        |
| 4.1.2      | Geothermie                                                          | 33        |
| <b>5</b>   | <b>Natuur en milieu</b>                                             | <b>34</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Bodemdaling of -stijging</b>                                     | <b>34</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Beschermde gebieden</b>                                          | <b>35</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Grondwater</b>                                                   | <b>36</b> |
| <b>6</b>   | <b>Bodemtrilling</b>                                                | <b>38</b> |
| 6.1.1      | Monitoring seismiciteit                                             | 39        |
| <b>7</b>   | <b>Voorziene kosten van winning</b>                                 | <b>40</b> |
| <b>8</b>   | <b>Appendices</b>                                                   | <b>41</b> |

|            |                                                                 |           |
|------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>8.1</b> | <b>Seismic Hazard Analysis Trias Westland (Panterra, 2023)</b>  | <b>41</b> |
| <b>8.2</b> | <b>Fracture Containment Trias Westland (Panterra, 2023)</b>     | <b>41</b> |
| <b>8.3</b> | <b>Seismic Hazard Analysis Trias Westland (QCON, 2019)</b>      | <b>41</b> |
| <b>8.4</b> | <b>QuickScan Seismic Hazard Trias Westland (Panterra, 2019)</b> | <b>41</b> |
| <b>8.5</b> | <b>Geological Report Trias Westland 2 (Panterra, 2018)</b>      | <b>41</b> |
| <b>8.6</b> | <b>Appendix 3: Puttest resultaten eerste doublet</b>            | <b>42</b> |
| <b>8.7</b> | <b>Appendix 4: Doublet Calc 2D input parameters</b>             | <b>43</b> |
| <b>8.8</b> | <b>THP Berekening</b>                                           | <b>44</b> |

## 0 Inleiding

Trias Westland B.V. (hierna: TWL) heeft twee winningsvergunningen aardwarmte: Naaldwijk I en Naaldwijk II. In het gebied bij Naaldwijk wordt sinds 2019 aardwarmte gewonnen uit geproduceerd formatiewater door middel van de aardwarmteputten die in 2018 (Naaldwijk I) en 2020 (Naaldwijk II) geboord zijn. De warmte wordt geleverd aan deelnemende glastuinbouwbedrijven. Dit document betreft een wijziging van het winningsplan van Naaldwijk II met de intentie om de injectietemperatuur te verlagen.

| Winningsvergunning                    | Putten                   | Doublet |
|---------------------------------------|--------------------------|---------|
| Naaldwijk I (definitief)              | NLW-GT-01 & NLW-GT-02-S1 | TWL-01  |
| Naaldwijk II (tijdelijk beleidskader) | NLW-GT-03 & NLW-GT-04    | TWL-02  |

De toenmalige minister van Economische Zaken en Klimaat heeft op 25 maart 2020 een omgevingsvergunning verleend voor aardwarmtewinningslocatie Naaldwijk II. Op 20 mei 2021 heeft de toenmalige minister van Economische Zaken en Klimaat ingestemd met het winningsplan Naaldwijk II. Beide aanvragen hebben de Uniforme Openbare Voorbereidingsprocedure (afdeling 3.4 van de Algemene wet bestuursrecht) doorlopen. Op 3 maart 2021 heeft de toenmalige minister van Economische Zaken en Klimaat een winningsvergunning Naaldwijk II verleend.

Operator TWL beheert de mijnbouworganisatie en zet hierbij diverse partijen in voor de uitvoering. De mijnbouworganisatie van aandeelhouder HVC voert hierbij de regie. TWL is eindverantwoordelijk voor de veilige uitvoering van de werkzaamheden op locatie.

Secties waar geen wijzigingen zijn aangebracht zijn weergegeven in grijs.

### 0.1 Proces

Op de mijnbouwlocatie van TWL zijn momenteel twee doubletten operationeel; Trias Westland 01 (TWL-01) en Trias Westland 02 (TWL-02).

Op dit moment is er een definitieve winningsvergunning met ingestemd winningsplan aanwezig voor het eerste doublet (TWL-01), Naaldwijk I. Voor het tweede doublet (TWL-02) is een pre-drill winningsvergunning met ingestemd pre-drill winningsplan van kracht, Naaldwijk II, onder het tijdelijk beleidskader vooruitlopend op de wijziging van de Mijnbouwwet.

TWL heeft de wens de twee winningsvergunningen en plannen samen te voegen, in de huidige winningsplannen is daarom reeds vooruitgelopen op samenvoeging van beide doubletten opererend als kwartet binnen één systeem. Echter, gezien de verschillende status van de vergunningen moet de samenvoeging stapsgewijs plaatsvinden. Momenteel is het aannemelijk dat de onderstaande proces stappen genomen zullen worden:

1. Herziening injectietemperatuur winningsplan Naaldwijk I
2. Herziening injectietemperatuur pre-drill winningsplan tijdelijk beleidskader Naaldwijk II
3. Aanvraag Vervolgvergunning Naaldwijk II (bij ingaan gewijzigde mijnbouwwet)
4. Samenvoegen Naaldwijk I & II bij gelijke status

## **0.2 Wettelijk kader**

Het winnen van delfstoffen en aardwarmte vanuit een voorkomen geschiedt ex artikel 34, eerste lid, van de Mijnbouwwet (Mbw) overeenkomstig een winningsplan, dat bij het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) wordt ingediend en waarop een instemmingsbesluit van de Minister van EZK nodig is.

Het winningsplan betreft enkel die elementen die onder de Mijnbouwwet vallen en die te maken hebben met de ondergrondse winning en de gevolgen van het winnen van aardwarmte, zoals beschreven in Mbw art 35. Het bovengrondse systeem valt onder het regime van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo), waarvoor een omgevingsvergunning dient te worden verleend.

In het winningsplan wordt ingegaan op de organisatie en het beheerssysteem wat toeziet op een verantwoorde winning die veilig is voor mens en milieu, een beschrijving van de locatie en het geothermisch systeem, de wijze van winning, het tempo en duur van de winning en de verwachtingen voor bodembeweging.

Bij de beoordeling van het plan door de Minister van Economische Zaken en Klimaat zal, naast een beoordeling in het kader van het planmatig beheer, ook beoordeeld worden of het winningstempo en de winningswijze met het oog op de veiligheid en het milieu acceptabel zijn en of de voorgestelde maatregelen voldoende waarborgen inhouden om de nadelige gevolgen van die winning op te vangen.

Op de voorbereiding van het instemmingsbesluit is de uniforme openbare voorbereidingsprocedure van toepassing. Dat betekent onder andere dat een ieder zienswijzen naar voren kan brengen op het ontwerpbesluit van de minister. Op het definitieve besluit van de Minister is beroep mogelijk door belanghebbenden bij de afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State. Als een voorgesteld winningsplan de instemming van de Minister van EZK heeft gekregen, zal de winning overeenkomstig het plan plaats moeten vinden. Het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) houdt hier toezicht op.

Bovenstaand wettelijk kader wordt voor het winnen van aardwarmte gewijzigd om daarmee beter aan te sluiten bij de specifieke kenmerken van het winnen van aardwarmte ten opzichte van het winnen van delfstoffen. De wijziging van de Mijnbouwwetgeving is in voorbereiding en zal op z'n vroegst van kracht worden per 1 juli 2023. Om het in te dienen winningsplan voor projecten vooruitlopend op de nieuwe wetgeving zoveel als mogelijk hierbij reeds te laten aansluiten is een tijdelijk beleidskader vastgesteld door het Ministerie van EZK en aan TWL kenbaar gemaakt in november 2019 (ref: brief Ministerie EZK dd 14 november 2019 kenmerk DGKE/19265357).

Op hoofdlijnen houdt het tijdelijk beleidskader tav het in te dienen winningsplan in dat gelijktijdig met de aanvraag van een (tijdelijke) winningsvergunning ook een aanvraag voor een (tijdelijk) winningsplan wordt opgesteld. Dit vindt plaats voordat het betreffende doublet wordt gerealiseerd, zogenaamd 'pre-drill'. Dit winningsplan heeft derhalve de prefix 'pre-drill' om aan te duiden dat het hier gaat om een tijdelijk winningsplan waar voor een periode van 2 jaar mee zal worden ingestemd (eventueel te verlengen met één jaar indien nodig). Na instemming door de minister van EZK met dit pre-drill winningsplan op 20 mei 2021 is de winning met het tweede doublet (TWL-02) gestart in juli 2021 nadat het tweede doublet was aangelegd in 2020 en de installatie was uitgebreid en aangepast in de eerste helft van 2021.

## **0.3 Verantwoorde winning – veilig voor mens en milieu**

### **0.3.1 Veiligheidsbeheersing en milieuzorg**

Het managementsysteem (VGM Zorgsysteem) van Trias Westland B.V. (TWL) is de basis voor een verantwoorde winning (veilig voor mens en milieu). Het topdocument van dit managementsysteem dient als vertrekpunt voor de toegepaste beheersinstrumenten op het gebied van kwaliteit, veiligheid en milieu. Het geeft inzicht in de missie, visie en strategie van TWL naar concrete doelen en acties voor het realiseren en exploiteren van de geothermieactiviteiten.

TWL is een zelfstandige entiteit en stelt eigen doelstellingen op. Voor het opzetten van het managementsysteem is gebruik gemaakt van bestaande systemen van Westland Infra (aandeelhouder) die gecertificeerd zijn voor ISO 9001, ISO 14001, ISO 55001 en VCA\*\*.

Het doel van het managementsysteem is:

- Zekerheid op naleving bedrijfsbeleid en wetgeving;
- Beschrijving van taken en verantwoordelijkheden binnen de organisatie;
- Uitvoering van operaties op tijds- en kosten efficiënte wijze;
- Beheersing van VGM-risico's;
- Implementatie van een proces van continue verbetering.

Ten behoeve van het succesvol uitvoeren van de geothermieactiviteiten door TWL zijn er bij aanvang kritische prestatie indicatoren (KPI's) vastgesteld voor veiligheid & gezondheid, milieu, kwaliteit, omgeving, vergunningen, financieel, energieproductie, deelnemerstevredenheid. De KPI's zijn ondergebracht in het managementsysteem en zijn daar onderdeel van de procedures onder prestatiemeting. Beoordeling en waar gewenst aanpassing vindt plaats via de jaarlijkse directiebeoordeling. In de afgelopen jaren zijn diverse aanpassingen doorgevoerd aan de hand van prestatiemeting en voortschrijdend inzicht in de toepassing van beschikbare managementsysteem onderdelen met name vanuit HVC, de aandeelhouder die grotendeels uitvoering geeft aan de TWL operaties en de regie voert.

De veiligheid en gezondheid van de medewerkers en de omgeving staan voorop bij TWL. Daarnaast is het beleid erop gericht om verstoringen van het milieu zoveel als mogelijk te voorkomen. Risico's met betrekking tot de veiligheid en/of milieu dienen in kaart te zijn gebracht en tot een ALARP (as low as reasonably practicable) niveau te worden beheerst. Met een transparant systeem van veiligheidsbeheersing en milieuzorg kan aan de stakeholders worden aangetoond dat TWL in control is.

### 0.3.2 Veiligheid- en Gezondheidsdocument

Stakeholders die belang hebben bij een goedwerkend systeem voor veiligheidsbeheersing en milieuzorg zijn omwonenden en de toezichthoudende/vergunningverlenende partijen. Daarom wordt voor iedere (deel)fase van de geothermie een VG document opgesteld conform artikel 2.42f van het Arbeidsomstandighedenbesluit.

In deze documenten zal beschreven zijn:

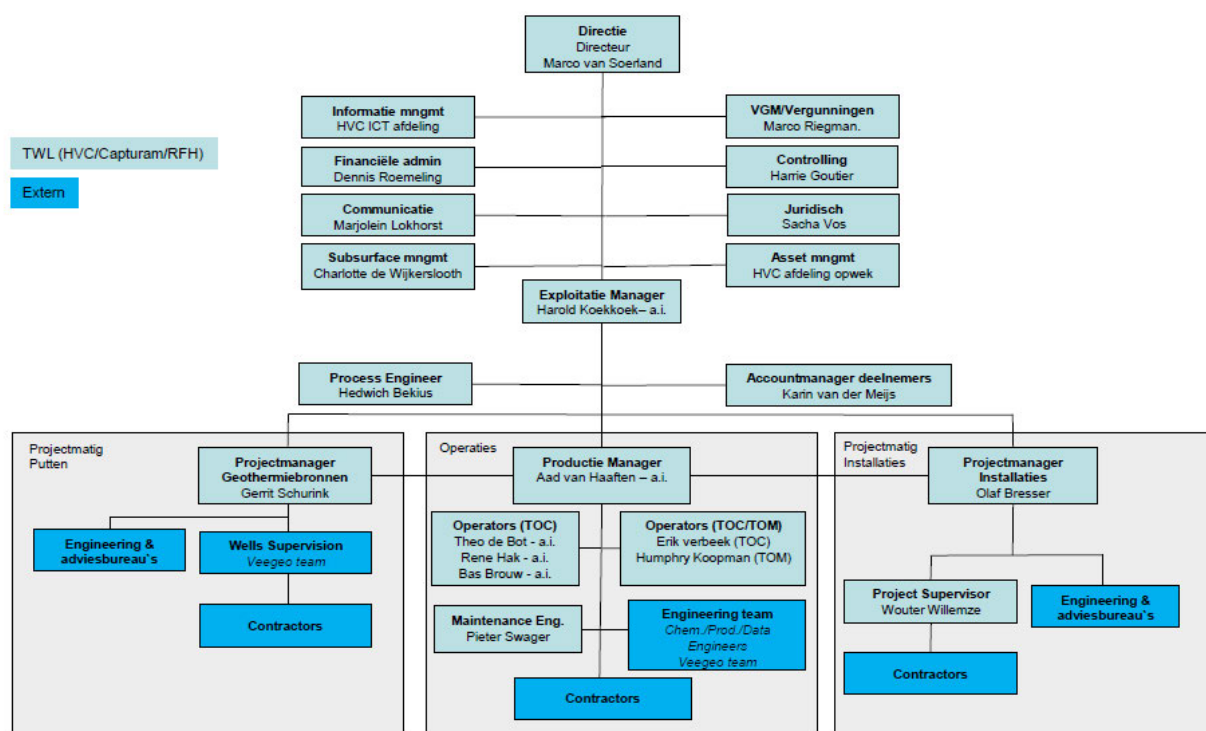
- De opbouw van de organisatie, wie de werkgevers zijn en hoe er wordt samengewerkt;
- De geïdentificeerde risico's, de evaluatie en de beheersing hiervan;
- De taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden;
- Hoe de coördinatie en communicatie plaatsvindt;
- Beschrijving van de calamiteiten en hoe die worden beheerst in het noodplan.

De risico's die aanwezig zijn op de aardwarmte installatie van TWL en de bijbehorende risico's waaraan personeel en bezoekers als gevolg daarvan kunnen worden blootgesteld, zijn zorgvuldig door het management van TWL in overweging genomen. Deze overwegingen worden weerspiegeld in het VG document.

Het VG document gedetailleerd ontwerp, opstarten en gebruik voor Naaldwijk I - TWL-01 is op 25 februari 2019 ingediend bij Staatstoezicht op de Mijnen. Met de uitbreiding van Naaldwijk II – TWL-02 is op 16 april 2021 een VG document addendum gebruik (vervroegd) ingediend om de volledige gecombineerde exploitatie van Naaldwijk I en II in een enkelvoudig VG document onder te brengen.

In de huidige exploitatiefase van TWL is het organisatieschema als volgt:

## MS 06.01.03 Organogram Exploitatiefase – rev14 – jan 2023



Figuur 1 Organisationschema voor de exploitatiefase TWL

### 0.3.3 Risicomanagement

TWL heeft een systematiek voor risicomanagement dat tot doel heeft om risico's met betrekking tot veiligheid, milieu, kosten en prestaties tot een acceptabel niveau terug te dringen. De geïdentificeerde risico's worden opgenomen in een risicoregister en van een gewicht/waarde (weging) voorzien. De kans dat een risico optreedt en de impact, bepalen de prioriteit en de te nemen beheersmaatregelen. Per risico wordt een risico-eigenaar toegewezen die verantwoordelijk is voor het identificeren en bijhouden van risico's en het nemen van maatregelen. Daarnaast is er een risicomanager toegewezen die het geheel van het risicomanagement bewaakt. Risico's worden ingedeeld volgens de RISMAN indeling.

De behandeling van de geconstateerde en geregistreerde risico's vindt plaats tijdens periodieke overleggen. De status van deze risico's wordt gerapporteerd en toprisico's qua effect worden besproken in deze periodieke overleggen. Hierin worden de beslissingen genomen over de status van de risico's op dat moment en wordt een standpunt ingenomen over de weging. De acties die voortvloeien uit de beslissingen worden, nadat ze zijn uitgevoerd en het resultaat van het restrisico bekend is, teruggekoppeld in de overleggen.

### 0.3.4 Noodplan

In overeenstemming met Nederlandse arbeidswetgeving, voorschriften en vereisten uit het Mijnbouwbesluit, heeft TWL een Noodplan in place (onderdeel van het VGM Zorgsysteem) om de leden van het Crisis Team de informatie te geven die nodig is om te reageren op incidenten in een veilige, snelle, effectieve en efficiënte manier.

Voor de toepassing van dit plan worden incidenten gedefinieerd als gebeurtenissen die plaatsvinden op een mijnbouwlocatie (hier locatie Naaldwijk aan de Lange Broekweg 70B te Naaldwijk) en die onaanvaardbare effecten hebben op mensen, het milieu of eigendommen en die noodmaatregelen vereisen.

Mogelijke noodsituaties zijn afgeleid van de risicobeoordeling in de vorm van scenario's met grote gevaren. Afgezien van de grote gevaren, zijn sommige scenario's gebaseerd op andere noodsituaties, b.v. ziekte of letsel en acties van kwaadwillige intentie.

De volgende scenario's zijn van toepassing op de aardwarmte installatie Naaldwijk:

- Brand met eventuele ontruiming (inclusief brandbare wolk en gasexplosie) in de warmtecentrale;
- Grote lekkage van geothermiewater;
- Incident met persoonlijk letsel;
- Onbeheerst vrijkomen gas uit putten.

### 0.3.5 Integriteit van het reservoir

Het uitgangspunt met betrekking tot reservoir integriteit is dat het circuleren van water door het beoogde reservoir geen nadelige invloed mag hebben op mens en milieu. Om dit te borgen zal gebruikt worden gemaakt van een reservoir integriteit managementsysteem. Hierin worden de gevaren geïdentificeerd, beoordeeld en vervolgens wordt zeker gesteld dat de voorkomende maatregelen zijn geborgd tijdens de constructie-, exploitatie- en opruimfase van het project.

De twee belangrijkste onderwerpen in het reservoir managementsysteem zijn:

Risico 1: Verlies integriteit van afsluitende lagen

Risico 2: Geïnduceerde seismiciteit.

Bovenstaande onderwerpen worden in onderstaande sub paragrafen behandeld, waarbij de volgende sub-onderwerpen worden aangehaald.

1. Beschrijving risico
2. Evaluatie van risico
3. Beschrijving mitigerende maatregelen en monitoring

#### Risico 1: Verlies integriteit van afsluitende lagen

##### Beschrijving risico

Aantasting van de afsluitende laag kan mogelijk gevolg hebben dat er lekkage van formatiewater naar een andere formatie plaatsvindt, en dat er op termijn lekkage kan plaatsvinden naar het grondwater. Dit risico moet worden vermeden en de ondergrondse injectiedruk en temperatuur moeten worden afgestemd op de sterkte van de afsluitende laag.

##### Evaluatie van risico

Circulatie van water vindt plaats in de zanden van de Delft Member en Alblasterdam Formatie, die aan de top worden begrensd door de Rodenrijs Claystone en aan de basis door de Altena Groep. Er zijn twee mogelijke mechanismes waardoor formatievloeistof weg kan lekken uit de beoogde reservoirs door injectie van afgekoeld water onder hoge druk; verlies van de integriteit van de afsluitende laag als gevolg van scheurvorming of het weglekken via een breuk

##### 1. Scheurvorming

De operator verwacht dat tijdens de levensduur van het project injectie onder scheurcondities in het reservoir zal gaan plaatsvinden. De vorming hiervan wordt veroorzaakt door de thermische krimp van in combinatie met de druk die uitgeoefend wordt om het water in het gesteente te persen. Vooral de laatste zal bij injectie onder matrix



condities altijd oplopen door de cumulatieve ophoping van deeltjes die ondanks het zeer zorgvuldig filteren, aanwezig zijn in het injectiewater.

Het uitgangspunt is dat verlies van integriteit van de afsluitende lagen volledig uitgesloten moet zijn en de kans op scheurgroei in de 'waste zone' moet worden geminimaliseerd. Om vast te stellen onder welke omstandigheden dit kan worden gegarandeerd wordt gebruik gemaakt van een modelgebaseerde werkwijze.

Als onderdeel van dit winningsplan is op basis van de beschikbare data door Panterra een studie gedaan naar de veilige parameters waaronder geïnjecteerd kan worden (appendix 8.2). Uit dit onderzoek blijkt dat de afsluitende laag slechts zeer beperkt wordt afgekoeld en is de verwachting dat de in-situ spanning in deze laag nauwelijks zal afnemen ten opzichte van de aanwezige 0,158 bar/m en dat daardoor scheurvorming in deze laag niet zal optreden zolang de injectiedruk lager blijft dan 0,158 bar/m. De maximale veilige injectiedruk gradiënt is 0,158 bar/m met een daggemiddelde injectietemperatuur van 25°C en een maximaal debiet van 355 m<sup>3</sup>/hr als geldigheidsgrens. Om een veilige situatie te garanderen wordt een veiligheidsfactor van 1,1 toegepast. Daarom wordt 0,143 bar/m als veilige injectiedruk gradiënt aangehouden. Deze waarde is ook terug te vinden in sectie 3.6.1- Operationele begrenzingen.

## 2. Weglekken via een breuk

Water kan eventueel weglekken via een lekpad als gevolg van niet-afsluitende breuken. In het geval van het Trias Westland project zijn er een aantal breuken waarneembaar op de seismiek binnen de concessie. Op basis van gegevens in de West-Nederland bekken wordt verwacht dat deze breuken niet of deels doorlatend zijn. Injectieputten zijn gepland midden in het horstblok. Doordat druk logaritmisch afneemt als functie van afstand van de put is verandering van de hydraulische aard van de breuk door druk en temperatuur invloed niet aannemelijk.

### Ad: Scheurvorming in waste zone

De Rodenrijs Formatie bevat zones met een hoog percentage klei, de zogenaamde "waste zones". Deze zones worden niet geperforeerd en staan daarom niet in direct contact met het boorgat. In het geval van scheurvorming kunnen deze zones alsnog hydraulisch worden verbonden met het boorgat. Dit kan in het uiterste geval tot drukverhoging in geïsoleerde (dunne) zandlagen in de waste zone. Dit zou kunnen leiden tot extra krachten op natuurlijke breuken in het reservoir. Dit risico is apart onderzocht als onderdeel van de seismische hazard analyse. Conclusie is dat voor dit project het risico laag is.

### **Mitigerende maatregelen**

Om het risico op integriteitsbreuk te minimaliseren worden gepaste mitigerende maatregelen genomen. Een overzicht hiervan is hieronder aangegeven:

- Puttesten om de juiste parameters van het gesteente vast te stellen
- Primaire monitoring:
  - Putmondruk
  - Debiet
  - Daggemiddelde injectietemperatuur
  - Injectiviteit trend (hall plot)
- Monitoring van de grootte van de scheur door middel van fall-off test
- Diepte-Temperatuur log (opwarming log)

## **Risico 2: Bodemtrillingen**

De kans op bodemtrillingen en mitigerende maatregelen worden in meer detail behandeld in sectie 6.

### **Beschrijving risico's**

Spanningsveranderingen in de ondergrond als gevolg van afkoeling en druk kunnen ervoor zorgen dat kritisch gespannen breuken gaan bewegen; dit kan bodemtrillingen veroorzaken wat schade aan gebouwen als gevolg kan hebben. Ondanks de kleine kans moet een beving die kan leiden tot schade nadrukkelijk vermeden worden.

## Evaluatie van risico's

Als onderdeel van de evaluatie van de risico's is er een locatie specifieke seismische dreigingsanalyse (SHA Level 2) uitgevoerd.

## Beschrijving mitigerende maatregelen en monitoring

Om het risico op integriteitbreuk te minimaliseren worden gepaste mitigerende maatregelen genomen. Een overzicht hiervan is hieronder aangegeven.

- Interferentietest om drukcommunicatie tussen de putten aan te tonen
- Monitoring seismiciteit
- Seismisch risico beheersplan met verkeerslicht systeem

### 0.3.6 Integriteit van de putten (WIMS)

Het put integriteit beleid beschrijft de verplichting om gezondheid, veiligheid, milieu en reputatie te beschermen. Het "Well Integrity Management System" (WIMS) is het systeem dat borgt dat de integriteit van de put wordt gehandhaafd gedurende de gehele levenscyclus van de geothermische putten door de toepassing van technische, operationele en organisatorische processen.

De primaire barrière bestaat uit:

- putmond en spuitkruis;
- casings en liners;
- cement achter de casings en liners.

De fabricage certificaten van deze onderdelen zijn aanwezig en de geplaatste onderdelen zijn na installatie hydrostatisch getest. De casings en/of liners zijn na installatie worden gemeten voor wanddikte (nulmeting) er is een cement bond log uitgevoerd.

Ter bescherming van de primaire casings en/of liners die in contact komen met het formatiewater is voor TWL-02 gekozen om de binnenzijde te voorzien van Glass Reinforced Epoxy (GRE). Dit materiaal zorgt ervoor dat het corrosieve water niet in contact komt met het staal van de casing. Bij de definitieve afwerking van de put in het kader van het dubbelwandig putontwerp, is de casing met binnenliner van GRE die in contact staat met formatiewater, aangebracht vanaf het reservoir helemaal terug tot aan de oppervlakte. Ter hoogte van de schoen van de geplaatste surface casing is met behulp van swell packers een afsluitende seal gecreëerd. Hierdoor is tussen de surface casing en de casing met de GRE binnenliner een afgesloten annulaire ruimte aanwezig waarvan de druk continue wordt gemonitored met bijbehorende veiligheidsprotocollen.

### 0.3.7 Integriteit van de bovengrondse installatie

Het maintenance managementproces is zo ingericht dat de integriteit van de bovengrondse installatie met hoge betrouwbaarheid kan worden gegarandeerd. De bouw van de bovengrondse installatie wordt beoordeeld door een certificerende instantie en hiervoor is een conformiteitsverklaring afgegeven.

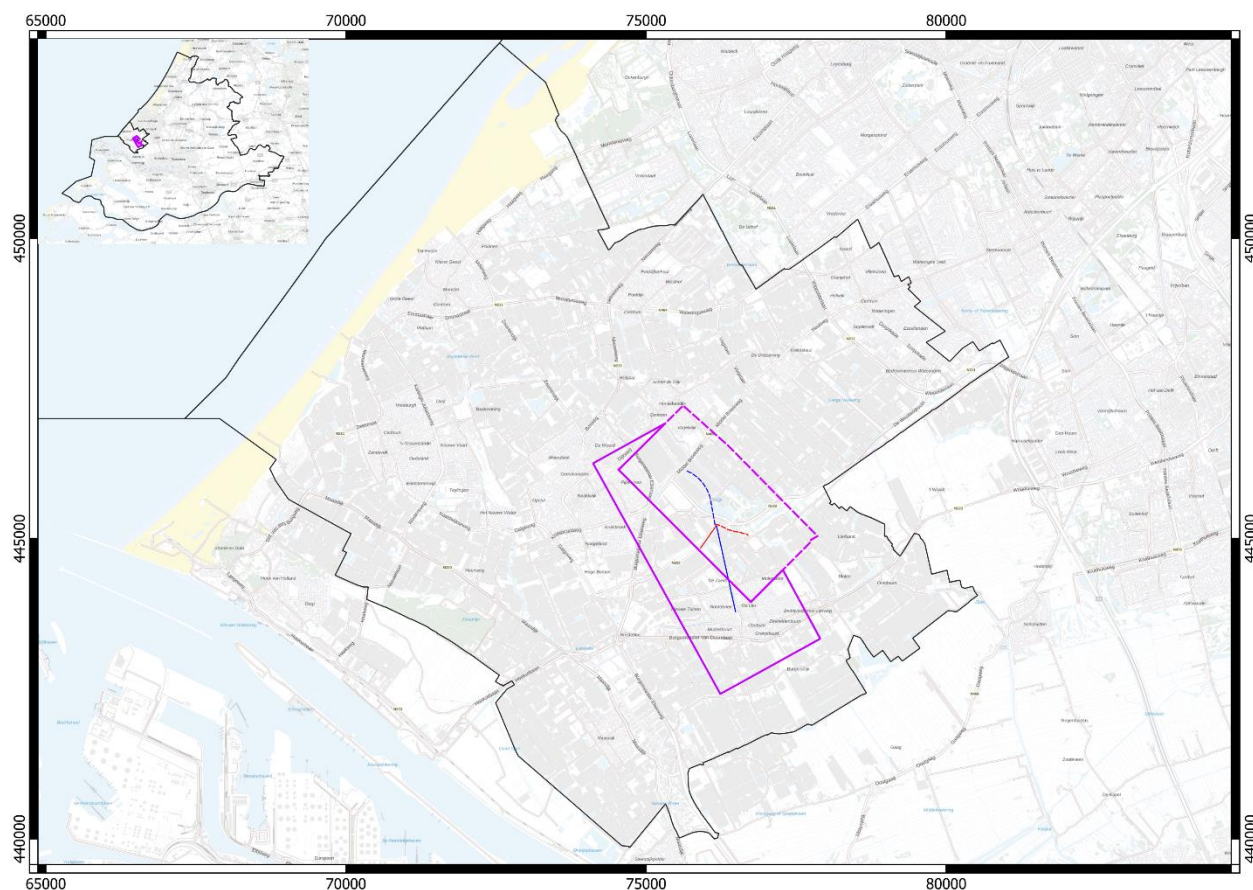
De doelstellingen zijn:

- het bereiken van een ongevalsvrije werkplek;
- het elimineren/minimaliseren van morsen en milieu-incidenten.
- Identificeren en mitigeren van belangrijke milieurisico's;
- het leveren van een hoge betrouwbaarheid waardoor productieverlies wordt verminderd en de levering van energie wordt gemaximeerd.

## 1 Locatie en beschrijving van het beoogde geothermisch systeem

De putten NLW-GT-03 en NLW-GT-04 vormen samen het doublet TWL-02. Dit doublet is in 2020 gerealiseerd in Naaldwijk, adres Lange Broekweg 70B.

De locatie van het geothermisch systeem TWL-02 is gegeven in Figuur 2. Hierin is het bereik van de provincie Zuid Holland aangegeven (zie inzet), de gemeente Westland (zwarte kaderlijnen) en de pre-drill winningsvergunning (paarse omlijning) die betrekking hebben op TWL-02.



Figuur 2 Locatie geothermisch systeem TWL-02, winningsvergunning Naaldwijk (TWL-01 in stippellijnen).

## 2 Ondergrond

Het geologisch rapport waarop de SDE+ beschikking (5 juni 2018) is gebaseerd is bijgevoegd in appendix **Fout!** **Verwijzingsbron niet gevonden.**, dit rapport beschrijft de geologische situatie in detail. Sinds de afronding van dit rapport is er meer data beschikbaar gekomen, zoals de exacte locatie en puttest van NLW-GT-02. De reservoir eigenschappen op basis van deze informatie zijn geüpdatet in dit pre-drill winningsplan. Omdat deze versie nog steeds een pre-drill winningsplan betreft zijn er verder geen aanpassingen gedaan, de post-drill situatie zal worden weergegeven in de aanvraag voor de Vervolgvergunning.

### 2.1 Algemene beschrijving ondergrond

Zoals beschreven in sectie 1 bevindt het project zich in Westland, wat structureel geologisch deel uitmaakt van het West Netherlands Basin. Dit bekken bevat een opeenvolging van sedimenten die sinds het Jura zijn afgezet op een basis van oudere formaties zoals het Trias. De sedimenten bestaan voornamelijk uit zand, klei en kalk. Het Boven Jura en Onder Krijt wordt gekenmerkt door de continentaal afgezette sedimenten van de Formatie van Nieuwerkerk. Deze formatie is het beoogde reservoir voor dit project en bestaat uit het Delft Zandsteen Laagpakket en het

Alblasserdam Laagpakket. Figuur 3 geeft een schematisch overzicht van de stratigrafie in het West Netherlands Basin, en Figuur 4 geeft de verwachte stratigrafie weer op de projectlocatie.

Het Delft Zandsteen Laagpakket heeft in dit gebied over het algemeen goede reservoir eigenschappen. Deze formatie wordt gekenmerkt als een opeenstapeling van fluviatiele sedimenten die dicht bij de kust werden afgezet en hebben geresulteerd in een dik laagpakket van zanden. De zanden zijn fijn- tot grofkorrelig, de grove lagen zijn soms grindhoudend en tussen de zandlagen kunnen kleistenen voorkomen. De formatie is deel van de Nieuwerkerk Formatie (Schieland Groep) en ligt tussen de Alblasserdam Member en de Rodenrijs Claystone Member. Het reservoir heeft naar verwachting een dikte van circa 60 m en zeer goede reservoir eigenschappen.

De informatie uit NLW-GT-01 en NLW-GT-02 geeft goede offset informatie over het Delft Zandsteen Laagpakket en het Alblasserdam Laagpakket in dit breukblok.

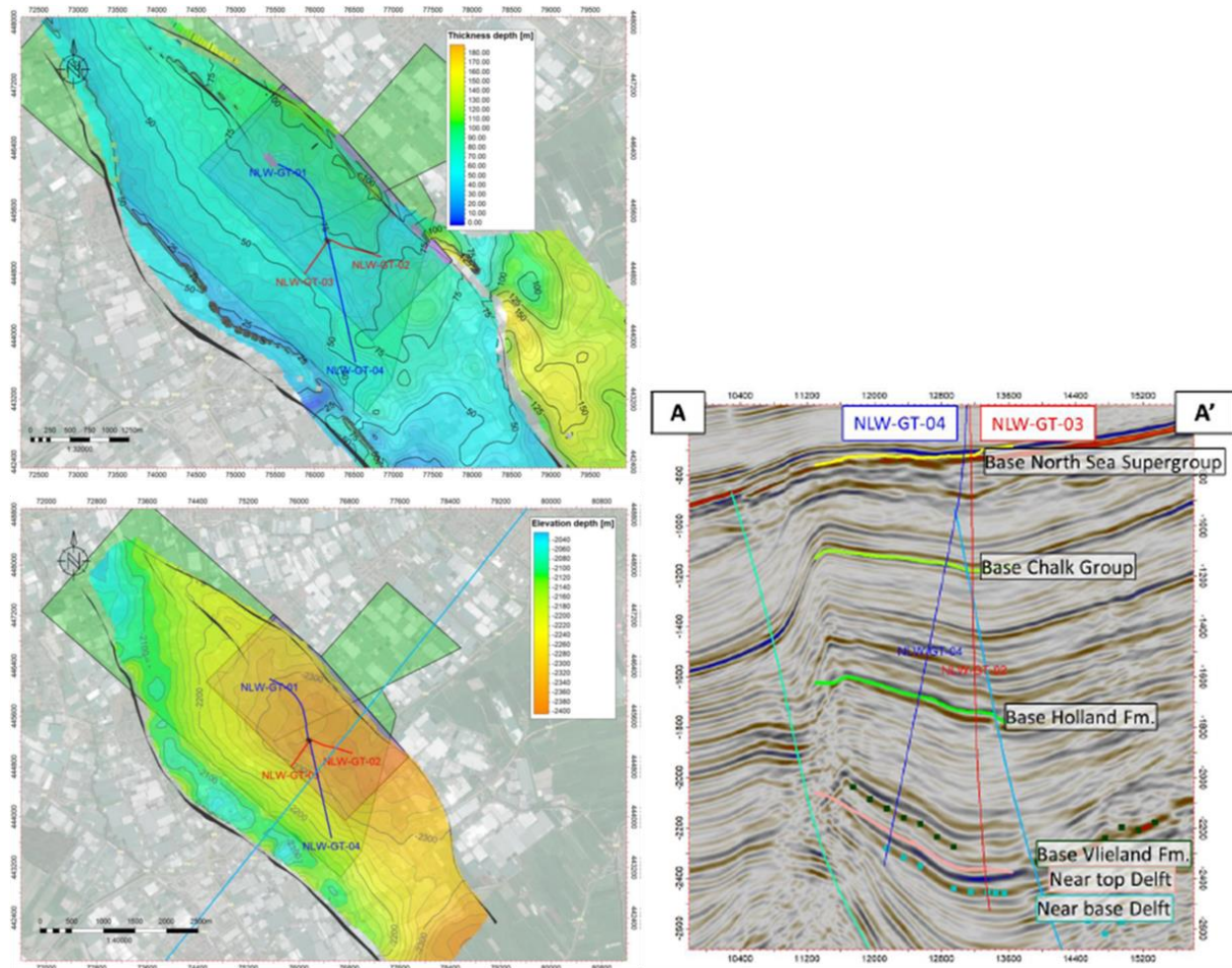
13



|  |                        | Lithostratigraphic Column <b>Trias Westland</b> |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                       | NLW-GT-04                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                  |      |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|
| Era                                                                               | Group                  | Period                                          | Formation                                     | Epoch (Age)                                                                                                                                                                                                                                     | Member                                                                                                                                                                                                                     | Lithology                                                                                                                                                                                             | TV-RT<br>Depth (m)                                                                                                                                                                                         | AH-RT<br>Depth (m)                                                                               |      |     |
| Cenozoïcum                                                                        | Upper North Sea<br>NU  | Quaternary                                      | "Diverse"                                     | Holocene-Pleistocene                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                            | Diverse continental deposits, mostly fluvial sands and silts intercalated by some thin layers of grey or greenish-grey, silty clays.                                                                  | 8,7                                                                                                                                                                                                        | 8,7                                                                                              |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 | Maassluis<br>NUMS                             | Early Pleistocene                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                            | Coastal sands, very fine to medium coarse, calcareous, shell bearing, mica rich. Silty to sandy, grey to dark grey clay containing shells and mica.                                                   | 113                                                                                                                                                                                                        | 113                                                                                              |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 | Oosterhout<br>NUOT                            | Pliocene                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                            | Deposits of shallow marine greenish clays, sandy clays, silts and coastal sands.                                                                                                                      | 330                                                                                                                                                                                                        | 330                                                                                              |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 | Breda<br>NUBA                                 | Miocene                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                            | Sequence of marine, glauconitic sands, silty to sandy clays and clayey silts. In many places a glauconite-rich layer occurs at the base.                                                              | 400                                                                                                                                                                                                        | 400                                                                                              |      |     |
|                                                                                   | Middle North Sea<br>NM | Tertiary                                        | Rupel<br>NMRF                                 | Oligocene/Eocene<br>Rupelian to Chattian                                                                                                                                                                                                        | Rupel Clay<br>NMRFC                                                                                                                                                                                                        | Marine clays that become more silty towards base and top. It is rich in pyrite, contains hardly any glauconite & CaCO3 tends to be concentrated in the septaria layers.                               | 484                                                                                                                                                                                                        | 484                                                                                              |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               | Präbionian - Rupelian                                                                                                                                                                                                                           | Vessem<br>NMRFV                                                                                                                                                                                                            | Silty to clayey sands with a low glauconite content, flint pebbles or phosphorite nodules commonly occur at the base.                                                                                 | 495                                                                                                                                                                                                        | 495                                                                                              |      |     |
|                                                                                   | Lower North Sea<br>NL  |                                                 | Dongen<br>NLFF                                | Middle to Late Eocene<br>Lutetian to Bartonian                                                                                                                                                                                                  | Asse<br>NLFFB                                                                                                                                                                                                              | Marine dark greenish-grey and blue-grey, plastic clays. The unit locally shows indications of bioturbation, and may be glauconitic and micaceous.                                                     | 497                                                                                                                                                                                                        | 497                                                                                              |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                 | Early to Middle Eocene<br>Ypresian to Lutetian                                                                                                                                                                             | Brussels Marl<br>NLFFM                                                                                                                                                                                | Greenish to brownish grey, silty and sandy, calcareous clay to marl. The unit is the distal equivalent of the Brussels Sandstone Member.                                                                   | 509                                                                                              | 509  |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                            | Early Eocene<br>Ypresian                                                                                                                                                                              | Ieper<br>NLFFI                                                                                                                                                                                             | Soft, tough and sticky to hardened and friable clay.                                             | 559  | 560 |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                       | Basal Dongen Tuffite<br>NLFFT                                                                                                                                                                              | Tuffaceous clays, blue to violet-grey in colour, alternating with dark-grey and red-brown clays. | 688  | 693 |
| Mesozoïcum                                                                        | Chalk<br>CK            | Cretaceous                                      | Landen<br>NLFF                                | Late Paleocene<br>Thanetian                                                                                                                                                                                                                     | Landen Clay<br>NLFFC                                                                                                                                                                                                       | Generally dark-green, hard, flaky clay, somewhat silty, containing glauconite, pyrite and mica.                                                                                                       | 700                                                                                                                                                                                                        | 706                                                                                              |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 | Ekofisk<br>CKEK                               | Late Paleocene<br>Danian                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                            | White, chalky limestones containing rare white and grey nodular and bedded chert layers, and thin, grey to green (glauconitic) clay laminae.                                                          | 722                                                                                                                                                                                                        | 730                                                                                              |      |     |
|                                                                                   | Ommelanden<br>CKGR     |                                                 | Upper Cretaceous<br>Turonian to Maastrichtian |                                                                                                                                                                                                                                                 | Succession of white, yellowish-white or light-grey, fine grained, dense limestones, in places argillaceous. Thick intervals of chert are present. Tongues of sandstone occur in the middle section (eg. 870m to 890m TVD). | 755<br><i>Fault at ± 922m</i>                                                                                                                                                                         | 766<br><i>Fault at ± 963m</i>                                                                                                                                                                              |                                                                                                  |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               | Texel<br>CKTX                                                                                                                                                                                                                                   | Cenomanian                                                                                                                                                                                                                 | Plenus Marl<br>CKTXP                                                                                                                                                                                  | Dark-grey, partly black, calcareous, laminated claystone.                                                                                                                                                  | 1159                                                                                             | 1292 |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                            | Texel Marlstone<br>CKTXM                                                                                                                                                                              | Interval of white to light grey chalks, chalky marls and limestones. Increasingly marly with depth.                                                                                                        | 1161                                                                                             | 1294 |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                            | Texel Greensand<br>CKTXG                                                                                                                                                                              | Greenish, glauconitic, calcareous sandstones with intercalated marls.                                                                                                                                      | 1163                                                                                             | 1297 |     |
|                                                                                   | Rijnland<br>KN         | Holland<br>KNGL                                 | Lower Cretaceous<br>Late Albian               | Upper Holland Marl<br>KNGLU                                                                                                                                                                                                                     | Grey and red-brown (argillaceous) marls, carbonate content gradually increases towards the top. Very fine mica and glauconite, pyrite, Inoceramidae, Foraminifera.                                                         | 1166                                                                                                                                                                                                  | 1300                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                  |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               | Late Aptian to Early Albian                                                                                                                                                                                                                     | Middle Holland Claystone<br>KNGLM                                                                                                                                                                                          | Grey and/or red-brown calcareous shaly claystone with a distinctly lower lime content than the under- and overlying members.                                                                          | 1384                                                                                                                                                                                                       | 1605                                                                                             |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                 | Early Albian                                                                                                                                                                                                               | Holland Greensand<br>KNGLG                                                                                                                                                                            | Alternation of greenish grey, very glauconitic, very fine- to fine-grained, argillaceous sandstones, locally siltstones with calcareous or sideritic cement, and olive-grey claystones or grey marlstones. | 1457                                                                                             | 1708 |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                 | Early Aptian                                                                                                                                                                                                               | Lower Holland Marl<br>KNGLL                                                                                                                                                                           | Fossiliferous, glauconitic and intensely bioturbated, greenish grey, silty to very silty or sandy, glauconitic (grey + red-brown) marls and fissile claystones.                                            | 1581                                                                                             | 1881 |     |
| Vlieland Sandstone<br>KNNS                                                        |                        |                                                 | Late Barremian to Early Aptian                | De Lier Sandstone<br>KNNSL                                                                                                                                                                                                                      | Alternation of thin-bedded, (very) fine-grained argillaceous sandstones, glauconitic and lignitic, and sandy claystones with shell fragments and frequent bioturbation. Siderite concretions are common.                   | 1690                                                                                                                                                                                                  | 2033                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                  |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               | Late Barremian                                                                                                                                                                                                                                  | Vlieland Clay<br>KNVCM                                                                                                                                                                                                     | Dark brownish-grey to grey claystone. Mica and very fine lignitic matter are common. The formation can be very silty to sandy. It's also slightly calcareous.                                         | 1859                                                                                                                                                                                                       | 2269                                                                                             |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               | Late Hauterivian to Mid Barremian                                                                                                                                                                                                               | Berkel Clastics<br>KNNSC                                                                                                                                                                                                   | Sandstone, light-grey, very fine- to coarse-grained, locally gravelly, lignitic, locally glauconitic or with sideritic concretions. Especially in the upper part calcareous cemented beds are common. | 2104                                                                                                                                                                                                       | 2611                                                                                             |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                               | Hauterivian                                                                                                                                                                                                                                     | Rijswijk Sandstone<br>KNNSR                                                                                                                                                                                                | Light- to medium-grey sandstones with a very fine to medium and locally gravelly grain size; mica, lignitic matter and siderite concretions are common.                                               | 2136                                                                                                                                                                                                       | 2656                                                                                             |      |     |
| Schieland<br>SL                                                                   | Nieuwerkerk<br>SLDN    | Late Valanginian to Early Hauterivian           | Rodenrijs Claystone<br>SLDNR                  | Medium- to dark-grey and dark brown, silty to sandy lignitic claystones with laminated or contorted bedding, and lignite/coal beds. The lower half has more and thicker layers of coal and sand. Traces of mollusc shells, pyrite and siderite. | 2150                                                                                                                                                                                                                       | 2675                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                  |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 | Valanginian                                   | Delft Sandstone<br>SLDND                                                                                                                                                                                                                        | Light-grey massive sandstone sequence, fine to coarse-gravelly, fining upward, lignitic. Shale/claystone intercalations.                                                                                                   | 2237                                                                                                                                                                                                  | 2798                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                  |      |     |
|                                                                                   |                        |                                                 | Ryazanian to Valanginian                      | Alblasserdam<br>SLDNA                                                                                                                                                                                                                           | A succession of red and dark to light (brownish) grey clay(stones) and siltstones, fine to medium grained sandstones and massive, thick-bedded, coarse grained sandstones. Coal & lignite beds.                            | 2291                                                                                                                                                                                                  | 2873                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                  |      |     |

RT to NAP = 7,8m; RT-GL = 8,7; GL-NAP = 0,9m; GL = 0,9m below NAP

Figuur 4 Verwachte lithostratigrafische kolom NLW-GT-04



Figuur 5 Verwachte dikte, diepte van het reservoir en een noordwest zuidwest doorsnede met de putlocaties geprojecteerd

In 2018 is de ondergrond van de projectlocatie onderzocht, resultaten zijn gedocumenteerd in een SDE+ rapport (8.5). Het onderzoek omvat onder andere seismische interpretatie en reservoir karakterisatie. De verwachte reservoir eigenschappen op de projectlocatie zijn recentelijk bijgesteld n.a.v. test resultaten van putten NLW-GT-01 en -02. Tevens is een level-1 Seismic Hazard Analysis (SHA) uitgevoerd, zie bijlage 8.4.

## 2.2 Resultaten reservoir karakterisatie

De verwachte geologische eigenschappen van het reservoir op de projectlocatie zijn opgesomd in Tabel 1. Deze zijn gebaseerd op het geologisch rapport dat is ingediend voor de aanvraag van de SDE+ (8.5) en de puttest en interferentietest resultaten van putten NLW-GT-01 en -02. Ten opzichte van het geologisch rapport zijn de TD-locaties van beide putten aangepast. De reservoirdieptes en -diktes in Tabel 1 zijn gebaseerd op de nieuwe TD-locaties. Ten tijde van de rapportage van het geologische rapport was put NLW-GT-02 nog niet geboord. De permeabiliteit op de projectlocatie was dan ook gebaseerd op de puttest van NLW-GT-01, aangevuld met petrofysische gegevens en puttest resultaten van andere doubletten in de omgeving.

De huidige permeabiliteitsdataset is groter en omvat onder andere de puttest resultaten van NLW-GT-01 en -02 en de interferentietest. Beide puttesten zijn indicatief voor een radiale permeabiliteit van circa 800 mD, de interferentietest geeft een directionele permeabiliteit van circa 1550 mD. Dit grote permeabiliteitsverschil wordt gewijd aan anisotropie van de permeabiliteit en is vaker geobserveerd in geothermische doubletten. Het is de verwachting dat deze (anisotrope) permeabiliteit representatief is voor de projectlocatie. De lage permeabiliteitsinschatting is in lijn met de meest recente petrofysica van LIR-45, de hoge inschatting met de interferentietest van LIR-GT-01/-02.



Tabel 1 Geologische eigenschappen van het doelreservoir

| Aquifer                        | Lage waarde | Midden waarde | Hoge waarde |
|--------------------------------|-------------|---------------|-------------|
| Diepte top reservoir (m TVD)   | -10% (2037) | 2263          | +10% (2489) |
| Diepte basis reservoir (m TVD) | -10% (2080) | 2311          | +10% (2542) |
| Bruto dikte (m)                | 45          | 58            | 70          |
| Netto / bruto (%)              | 0.87        | 0.92          | 0.96        |
| Gemiddelde porositeit (-)      | 0.17        | 0.19          | 0.21        |
| Gemiddelde permeabiliteit (mD) | 550         | 1500          | 2000        |
| Saliniteit (ppm)               | 120,000     | 140,000       | 160,000     |
| $K_h/K_v$                      | n.v.t.      | 5             | n.v.t.      |
| Geothermische gradiënt (C/km)  | -10% (2.97) | 3.3           | +10% (3.63) |

### 2.2.1 Verwachte formatiewater karakteristiek

Voor NLW-GT-02-S1 is een "Pressure-Volume-Temperature" (PVT) analyse uitgevoerd op monsters verkregen op reservoirniveau. In deze analyse zijn voor beide putten de water- en gascomposities geanalyseerd. De fysieke eigenschappen zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Fysieke eigenschappen van PVT monsters in NLW-GT-02-S1

| Parameter                    | NLW-GT-02-S1 – PT15K085 | NLW-GT-02-S1 – PT15K082 |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| pH                           | 6,52                    | 6,47                    |
| Resistiviteit ( $\Omega m$ ) | 0,058                   | 0,058                   |
| Density (g/l)                | 1091,7                  | 1092,3                  |
| Bubblepoint pressure (bar)   | 96,5                    | 96,1                    |
| GWR (Scm/cm)                 | 1,32                    | 1,36                    |

## 3 Beoogde wijze van winning

### 3.1 Putintegriteit

De putintegriteit wordt geborgd door afstemming van het putontwerp op het te produceren medium (corrosief formatiewater) en de verwachte wincondities. Bij het putontwerp voor het TWL-02 doublet zijn de eerste gegevens en ervaringen van de langdurige ingebruikname testperiode van het TWL-01 doublet gebruikt als input voor het optimaliseren van het putontwerp op de vereiste putintegriteit. De basis is de keuze voor het winnen van aardwarmte zonder gebruik te maken van het injecteren van corrosieremmende middelen, zoals ook reeds toegepast bij het TWL-01 doublet, waardoor alle gebruikte materialen voor de constructie van de putten daar waar deze in contact komen met het corrosieve formatiewater voldoende corrosiebestendig moeten zijn voor langdurig gebruik.

De aangelegde putten zijn geboord binnen een conductor die zorgt voor een strikte scheiding tussen de ondiepe watervoerende pakketten en het boorproces voor de diepboringen met de daarbij te gebruiken hulpstoffen zoals boorvloeistoffen etc. De conductors zijn geplaatst door middel van de zuigboormethode tot een diepte van 125 meter NAP. De diepte van 125 meter is gebaseerd op de opbouw van de ondiepe grondlagen en de daarin aanwezige waterlagen. Op een diepte van 20 – 37 meter bevindt zich de zoetwater voerende Kreftenheye formatie. Op 52 – 106 meter bevindt zich een tweede watervoerende zone in de Peize en Waalre formatie en de top van de Maasluis formatie. Vanaf 106 meter loopt de Maasluis formatie door tot 220+ meter en is in die zone sealing. De conductors zijn na op diepte te zijn gebracht aan de buitenzijde over de gehele lengte tot aan de oppervlakte gecementeerd en daarmee zijn beide waterlagen afgesloten. De volgende verbuizing (de eerste verbuizing van de diepboring ofwel surface casing) is in beide putten geplaatst in de kalk formatie op ~ 800 meter en is tevens aan de buitenzijde over de gehele lengte tot aan de oppervlakte gecementeerd. Daarna zijn de putten naar de einddiepte geboord van ~ 2.400 meter en voorzien van een verbuizing die is aangebracht vanaf het reservoir helemaal terug tot aan de oppervlakte. Ter hoogte van de schoen van de geplaatste surface casing is met behulp van swell packers een



afsluitende seal gecreëerd op ~ 800 meter waarbij de verbuizing eerst aan de buitenzijde tot aan de swell packers is gecementeerd. Hierboven is tussen de surface casing en de verbuizing naar het reservoir een afgesloten annulaire ruimte aanwezig waarvan de druk continue wordt gemonitored met bijbehorende veiligheidsprotocollen. Ter bescherming van de primaire casings en/of liners die in contact komen met het formatiewater is voor TWL-02 gekozen om de binnenzijde te voorzien van Glass Reinforced Epoxy (GRE). Dit materiaal zorgt ervoor dat het corrosieve water niet in contact komt met het staal van de casing.

### 3.1.1 Productieput NLW-GT-03

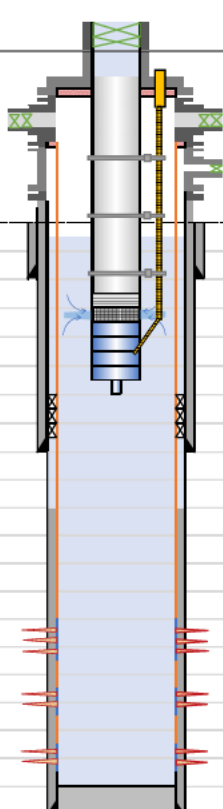
De onderstaande tabellen en figuren geven het schema van verbuizing, de gecementeerde intervallen en de schematische putconfiguratie van NLW-GT-03-S1 weer.

Tabel 3 Verbuizingsschema NLW-GT-03-S1

| Item                        | Top (m MDRT) | Bottom (m MDRT) | Weight   | Grade         | Connection |
|-----------------------------|--------------|-----------------|----------|---------------|------------|
| 26" Conductor               | 0            | 133             | 0.39" WT | S235          | Welded     |
| 20" Casing                  | 0            | 904             | 133 ppf  | K55 & NT95DE  | BTC        |
| 13 3/8" mixed string casing | 0            | 2372            | 78.7 ppf | L80 GRE-lined | VAMTOP     |
|                             | 2372         | 2467            | 68 ppf   | 13Cr L80      | VAMTOP     |
|                             | 2467         | 2492            | 78.7 ppf | L80 GRE-lined | VAMTOP     |
|                             | 2492         | 2528            | 68 ppf   | 13Cr L80      | VAMTOP     |
|                             | 2528         | 2549            | 78.7 ppf | L80 GRE-lined | VAMTOP     |
|                             | 2549         | 2573            | 68 ppf   | 13Cr L80      | VAMTOP     |
|                             | 2573         | 2596            | 68 ppf   | L80           | BTC        |

Tabel 4 Gecementeerde intervallen NLW-GT-03-S1

| Item           | TOC (m MDRT)               | Lead Slurry Volume (m³) | Lead Slurry Weight (s.g.) | Tail Slurry Volume (m³) | Tail Slurry Weight (s.g.) | Type                               |
|----------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 20" Casing     | Surface                    | 166                     | 1.40                      | 29                      | 1.90                      | Light weight lead and Class G tail |
| 13 3/8" Casing | 1272mMD (based on RBT log) | 80.39                   | 1.35                      | 16.41                   | 1.46                      | Lightweight lead / HMR+ tail       |

| Producer |          | Well Name: NLW-GT-03-S1-P |                                                                                    | Revision Date: 22-6-2021 |         | Drawing is not to scale!                                                                                      |                                          |          |             |        |                                  |
|----------|----------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------|-------------|--------|----------------------------------|
| Depth    |          | Geology                   | Well Schematic                                                                     | Depth                    |         | Items                                                                                                         | OD<br>In                                 | ID<br>In | Drift<br>In | Notes  |                                  |
| m AHGL   | m TVD GL |                           |                                                                                    | m AHGL                   | m TVDGL |                                                                                                               |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |  | 8,7                      | 8,7     | Rotary table (RT)                                                                                             |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    | 0                        | 0       | WELLHEAD: Pressure rating: 3k psi<br>7 1/16" 3K Master valve (ball valve, soft seats, gear box hand operated) |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    | -0,9                     | -0,9    | Ground Level                                                                                                  |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | NAP                                                                                                           |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | 13 5/8" 3K x 7 1/16" 3K Tubing Head adapter                                                                   |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | 13 5/8" tubing hanger: Bottom: 7 5/8" New VAM box, Top: 7 5/8" BTC landing joint                              |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | 4 x 2-1/16" - SOV's (Gate Valve)                                                                              |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | 13 5/8" x 9 5/8" Casing Hanger (VAMTOP box x box)                                                             |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | 20 3/4" x 13 5/8" Tubing head spool                                                                           |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | 20 3/4" Casing Hanger (13 3/8" VAMTOP box x box)                                                              |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | 2- 1/16" SOV's (Gate Valve)                                                                                   |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | Bottom Casing                                                                                                 |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         | Static Fluid Level                                                                                            |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 124     | 124                                                                                                           | 26" 10mm WT 5235 Conductor               | 26       | 25,2        |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 690     | 690                                                                                                           | 57 x Cr13 29.78 tubing Trs-BLUE dopeless | 7,625    | 6,875       |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 690     | 690                                                                                                           | Pup-joint + x-over to 7 5/8"             | 7 5/8    |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 693     | 693                                                                                                           | Pump intake 9-WJ1200A pump stages        |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 696     | 696                                                                                                           | UT seal                                  |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 698     | 698                                                                                                           | LT Seal                                  |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 700     | 700                                                                                                           | Motor                                    |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 711     | 711                                                                                                           | Bulnose                                  |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 712     | 712                                                                                                           | Bottom ESP P/T sensor on                 |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          |         |                                                                                                               | KOP                                      |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 791     | 791                                                                                                           | 3x swell packers                         |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 895     | 895                                                                                                           | 20" 133# NT950E & K55 ERW BTC Casing     | 20       | 18,73       | 18,542 |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 898     | 898                                                                                                           | Section TD                               |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    |                          | 1263    |                                                                                                               | TOC, confirmed by RBT log                |          |             |        | Expro CBL & RBL log (11/09/2021) |
| 2368     | 2280     | Top Delft Sandstone       |                                                                                    |                          | 2363    | 2276                                                                                                          | 13 3/8" 69# L80 VAMTOP GRE-Lined Liner   | 13,375   | 11,75       | 11,625 |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    | 2363                     | 2276    | 13 3/8" 69# L80 VAMTOP Cr13                                                                                   | 13,375                                   | 12,42    | 12,259      |        |                                  |
| 2447     | 2354     | Top Alblasserdam          |                                                                                    | 2458                     | 2364    | 13 3/8" 69# L80 VAMTOP GRE-Lined Liner                                                                        | 13,375                                   | 11,75    | 11,625      |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    | 2483                     | 2386    | 13 3/8" 69# L80 VAMTOP Cr13                                                                                   | 13,375                                   | 12,42    | 12,259      |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    | 2527                     | 2428    | 13 3/8" 69# L80 VAMTOP GRE-Lined Liner                                                                        | 13,375                                   | 11,75    | 11,625      |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    | 2540                     | 2439    | 13 3/8" 69# L80 VAMTOP Cr13                                                                                   | 13,375                                   | 12,42    | 12,259      |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    | 2564                     | 2461    | Top Float collar                                                                                              |                                          |          |             |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    | 2587                     | 2481    | 13 3/8" 69# L80 BTC shoetrack                                                                                 | 13,375                                   | 12,42    | 12,259      |        |                                  |
|          |          |                           |                                                                                    | 2591                     | 2485    | Section TD                                                                                                    |                                          |          |             |        |                                  |

Figuur 6 Schematische put configuratie NLW-GT-03-S1

### 3.1.2 Injectieput NLW-GT-04

De onderstaande tabellen en figuren geven het schema van verbuizing, de gecementeerde intervallen en de schematische putconfiguratie van NLW-GT-04 weer.



- Well operating limits
- Corrosion and erosion mechanisms
- Corrosion monitoring
- Annulus pressure management
- Risk assessment of well failure and its management

De gevaren voor de putintegriteit gedurende de levenscyclus van de put worden in de risk assessment geïdentificeerd en de risico's die hieraan verbonden zijn in kaart gebracht. Het risico wordt bepaald door de waarschijnlijkheid van het optreden van een gebeurtenis en de gevolgen indien de gebeurtenis zich voordoet. Hiervoor zijn acceptatieniveaus bepaald voor waarschijnlijkheid en consequenties. De gevaren, risico's en bijbehorende acceptatieniveaus zijn verwerkt in een RAM (Risk Assessment Matrix) die is opgenomen in het Well Integrity Management System (WIMS). Daarnaast bevat het WIMS ook een Risico Register waar de volgende elementen in zijn verwerkt: risico, oorzaak, consequentie, bestaande safe-guards, inschatting risico voor mitigatie, mitigatie maatregelen en controle mechanisme, inschatting risico na mitigatie.

Well operating limits worden opgesteld om ervoor te zorgen dat de put binnen zijn ontwerplimieten en prestatienorm opereert om de integriteit van de put gedurende de gehele levenscyclus te behouden. Drempelinstellingen worden vastgesteld op basis van de actuele putstatus en de production engineering controleert of deze limieten gerespecteerd worden. Om het operationele team hierin te ondersteunen en de veiligheid te borgen, zijn de desbetreffende onderdelen en meters in het besturingssysteem voorzien van (voor)alarmen. Deze gaan af indien de gemeten waarde de drempelinstelling nadert. Minimum en maximum drempelinstellingen zijn in het WIMS vastgesteld voor temperatuur, druk, ESP frequentie, debieten van formatiewater en gas, zuurgraad (pH), reservoirdruk, annulaire drukken en instelling van de PSV's.

Zoals beschreven in paragraaf 0.3.5 en 3.1 wordt gehele verbuizing van de put die in contact komt met het te produceren en injecteren formatiewater wordt aan de binnenzijde voorzien van corrosiebestendig Glassfiber Reinforced Epoxy (GRE), als permanente bescherming tegen corrosie van de stalen verbuizing. Daar waar nog contact met staal aanwezig is, het onderste deel van de verbuizing in de zandsteenformatie waar de winning uit plaatsvindt, wordt een corrosiebestendige staalsoort toegepast. Daarmee wordt bewerkstelligd dat geen gebruik hoeft te worden gemaakt van permanente injectie van corrosieremmende middelen. De dimensionering van de putten in relatie tot de benodigde maximum drempelinstellingen voor de debieten is zodanig dat op basis van de stroomsnelheden geen erosie kan worden verwacht.

Wandikteverlies door corrosie en/of er erosie wordt op basis van bovenstaande op nul geschat. Voordat de putten in gebruik zijn genomen is als nulmeting een ultrasone wanddiktemeting gedaan (USIT logging). Dit is de startreferentie voor toekomstige periodieke controles. Bij geen afwijkingen kan een frequentie van de wanddikte van 15 jaar worden aangehouden. Indien er in eerder stadium afwijkingen worden geconstateerd, zal er een wireline onderzoek worden uitgevoerd. Het resultaat hiervan bepaalt de vorm van adequate handeling (reparatie/vervanging) om daarmee de bescherming van de primaire barrières te borgen.

Bij de definitieve afwerking van de putten in het kader van het dubbelwandig putontwerp, is de casing met binnenliner van GRE die in contact staat met formatiewater, aangebracht vanaf het reservoir helemaal terug tot aan de oppervlakte. Ter hoogte van de schoen van de geplaatste surface casing is met behulp van swell packers een afsluitende seal gecreëerd. Hierdoor is tussen de surface casing en de casing met de GRE binnenliner een afgesloten annulaire ruimte aanwezig waarvan de druk continue wordt gemonitord met bijbehorende veiligheidsprotocollen.

In het WIMS is een 'Put Barrière tab' opgenomen waarin de volgende elementen zijn opgenomen:

- de type barrières
- barrière functie
- barrière faal karakteristiek
- effect van het falen van de barrière
- consequentie van het falen van de barrière

Daarnaast is er ook een 'Integriteitsregister tab' waarin de barrières worden beschreven op basis van functie, faalmodus, effect, consequentie, methode van monitoring, standaard of performance en monitoringsinterval. Hiermee vindt proactieve monitoring en management van de putintegriteit plaats

### **3.3 Beoogde installatie**

De warmte wordt primair gewonnen uit geproduceerd formatiewater. Het systeem produceert en injecteert in de Delft en Alblasserdam zandstenen op een diepte van ongeveer 2300 meter. Hierbij is de temperatuur van het geproduceerde water ongeveer  $\sim 86^{\circ}\text{C}$  en wordt dit na afkoeling met een minimum van  $25^{\circ}\text{C}$  geïnjecteerd. Er wordt voor de winning uit dit tweede doublet een nominaal debiet van 300 m<sup>3</sup>/h en een maximaal debiet van 355 m<sup>3</sup>/hr aangehouden.

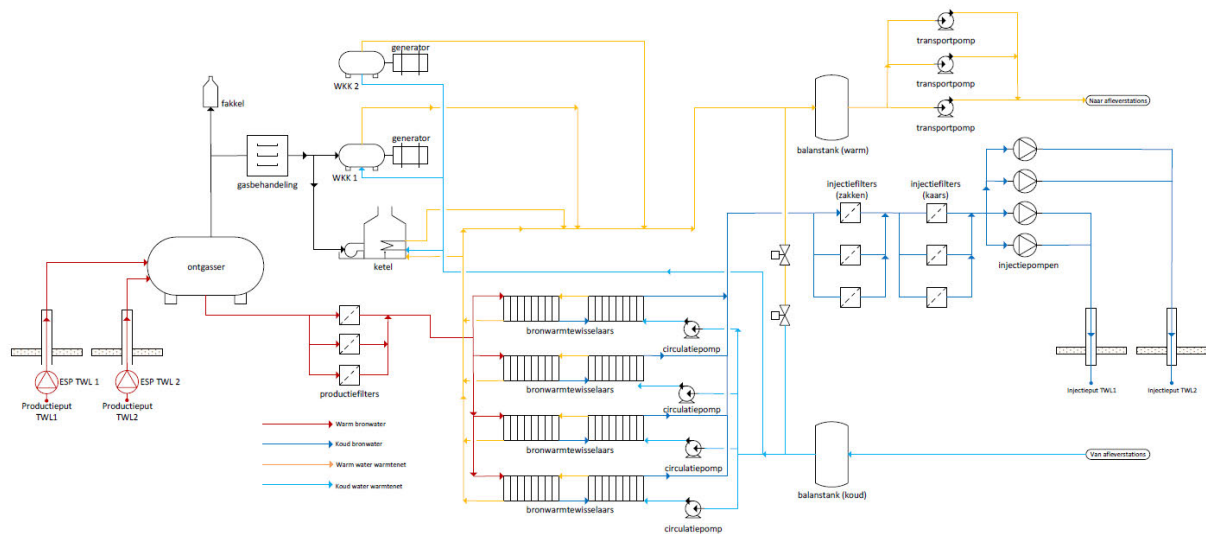
Het water in de productieput wordt omhoog gepompt middels een ESP. Vervolgens wordt het water ontgast in de ontgassingsinstallatie en ontdaan van vaste deeltjes in de filters. Na deze stap wordt de warmte afgegeven aan het secundaire warmtenet door middel van warmtewisselaars. Het afgekoelde water wordt na een 2<sup>e</sup> filterstraat middels een injectiepomp en injectieput teruggepompt in de formatie. Het opgewarmde water aan de secundaire zijde van de bronwarmtewisselaars wordt door middel van een warmtenet bij de afnemers gebracht.

In het productiewater komt opgelost gas vrij door drukafname. Dit gas wordt afgevangen in de gasscheider. Vanaf de gasscheider wordt het gas naar het gasdroog- en koelsysteem geleid om vervolgens gebruikt te worden in WKK's die worden gebruikt om de eigen benodigde elektriciteit op te wekken. Als back up voor de WKK's zijn een gas gestookte ketel en een gesloten fakkelinstallatie aanwezig.

#### **3.3.1 Werking van de mijnbouwinstallatie**

De mijnbouwinstallatie is ontworpen om warmte te onttrekken uit bronwater (formatiewater uit de Delft Member en Alblasserdam Formatie). De warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtedistributienetwerk waarmee de warmte bij de verbruikers wordt gebracht. Het afgekoelde retourwater uit het distributienetwerk wordt in de mijnbouwinstallatie wederom opgewarmd aan het warme bronwater. Het aldus afgekoelde bronwater wordt in de diepe ondergrond teruggebracht. De installatie die hiervoor nodig is, is geïntegreerd met de installatie die reeds eerder was opgericht ten behoeve van de productie van het eerste doublet, TWL-01. Op verschillende plaatsen is extra apparatuur toegevoegd waardoor de integrale verwerkingscapaciteit is vergroot met behoud van de functionaliteit van de installatie. Hierdoor is het mogelijk om het gecombineerde bronwaterdebiet van beide doubletten, maximaal 730 m<sup>3</sup>/h, te verwerken. De installatie is ontworpen voor bronwater met een maximale temperatuur  $88^{\circ}\text{C}$  en maximale operationele druk van 16 bar. De retourtemperatuur bedraagt minimaal  $25^{\circ}\text{C}$ .

Figuur 8 geeft een schematische weergave van de installatie weer.



Figuur 8 Schematische weergave van de mijnbouwinstallatie

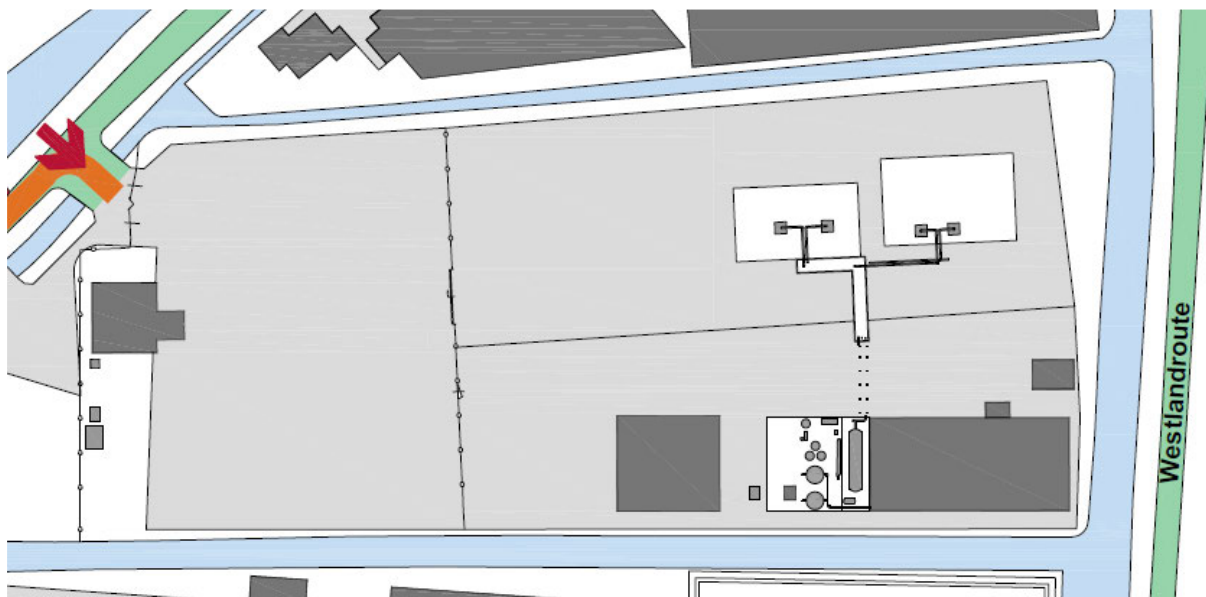
Het bronwater wordt met behulp van bronpompen (ESP's) opgepompt en in een ontgasser gecombineerd en ontdaan van uittredend opgelost aardgas. Per m<sup>3</sup> bronwater wordt ~1 Nm<sup>3</sup> gas meegeproduceerd. In een filter wordt het bronwater ontdaan van meegesleurde vaste bestanddelen. Vervolgens wordt met vier parallel geplaatste warmtewisselaarstraten de warmte overgedragen aan het secundaire distributienetwerk. Het afgekoelde bronwater (met daarin uitgekristalliseerd zout) wordt gefilterd door twee in serie geplaatste filters - een type zakken filter en daarna een type kaarsfilter – en door injectiepompen in druk verhoogd. Na de injectiepompen wordt het water naar ratio van de productiedebieten verdeeld over de twee injectieputten om opnieuw in de oorspronkelijke formatie in de diepe ondergrond gebracht te worden.

Het aan het bronwater opgewarmde water in het warmteditributienetwerk wordt in druk verhoogd met transportpompen om vervolgens via een wijd vertakt distributienetwerk naar de gebruikers gebracht te worden. Daar wordt de warmte onttrokken via warmteoverdrachtinstallaties en het koude retourwater wordt teruggevoerd naar de mijnbouwinstallatie. In de mijnbouwinstallatie wordt het water via vier circulatiepompen over de vier warmtewisselaars verdeeld om wederom in temperatuur verhoogd te worden.

Het geproduceerde gas wat wordt afgescheiden van het bronwater in de ontgasser wordt na conditionering grotendeels in elektriciteit omgezet door twee warmtekrachtkoppeling (WKK) installaties. De elektriciteit wordt voornamelijk ter plaatse gebruikt voor de energievoorziening van met name de ESP's en de injectiepompen. Eventuele surplus elektriciteit wordt aan het openbare net geleverd. Het bijproduct van de WKK's, warmte, wordt gebruikt om het water dat naar de afnemers wordt getransporteerd zoveel mogelijk in temperatuur te verhogen. Indien onverhoopt de WKK's uitvallen, kan het gas worden verwerkt in de gasgestookte ketel en ultiem, mocht de ketel ook uitvallen, wordt het gas verbrand in een gesloten fakkelininstallatie. Zowel de ketel als de gesloten fakkelininstallaties zijn back-up installaties en zijn normaliter niet in bedrijf.

De lay-out en foto van de mijnbouwlocatie zijn weergegeven in Figuur 9 Lay-out en foto van de mijnbouwlocatie



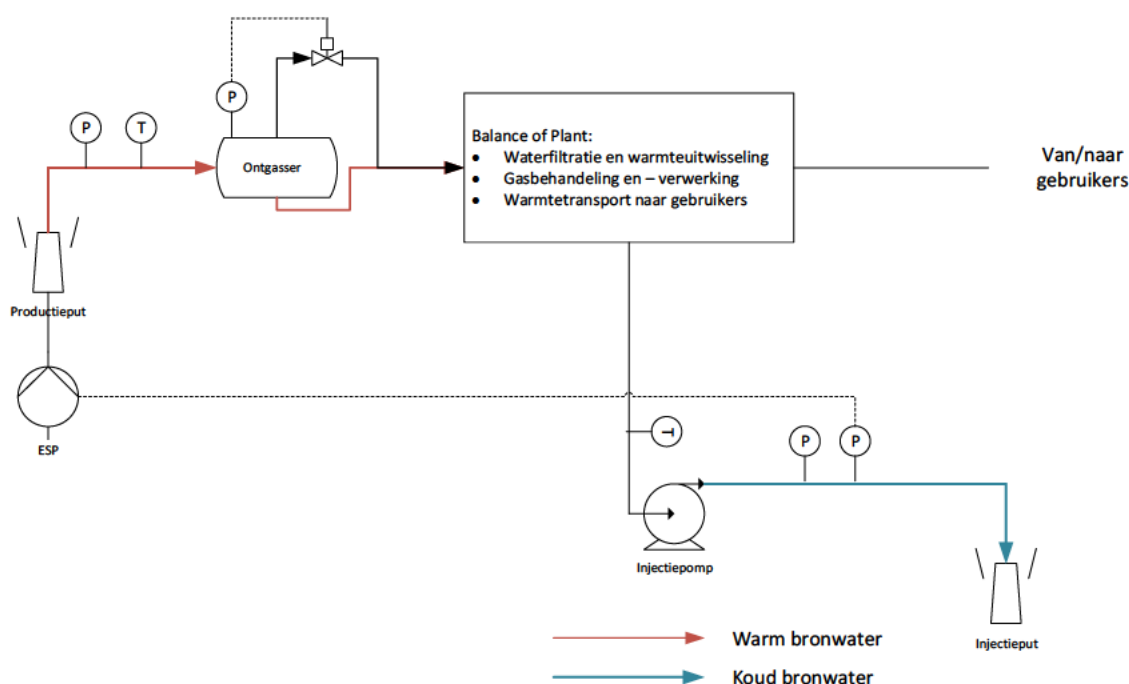


Figuur 9 Lay-out en foto van de mijnbouwlocatie

### 3.3.2 Metingen bovengrondse installatie

Op diverse punten in de bovengrondse installatie worden de temperaturen en drukken van het geproduceerde bronwater gemeten, zie Figuur 10 Schematische weergave van meetpunten. De meeste meetpunten zijn ter verificatie dat het proces goed verloopt, maar enkele meetpunten worden specifiek gebruikt voor de sturing van het

proces. Het gaat daarbij om de volgende meetpunten:



Figuur 10 Schematische weergave van meetpunten

De druk en temperatuur van het geproduceerde bronwater wordt gemeten voor de ontgasser (de instrumenten aangegeven met P voor drukmetingen en T voor temperatuurmeting). De bedrijfsdruk van de ontgasser, welke belangrijk is voor de instelling van het CO<sub>2</sub> evenwicht tussen het bronwater en het vrijgekomen gas, wordt door een drukmeting op de ontgasser (wederom aangegeven met het symbool P) ingesteld. Dit instrument controleert de gas reduceerklep waarmee de bedrijfsdruk wordt gehandhaafd. Na verwerking en warmteoverdracht van het bronwater wordt dit water door de injectiepomp op druk gebracht. De temperatuur van het afgekoelde bronwater wordt vóór de injectiepomp gemeten. De druk van het injectiewater wordt na de pomp gemeten. Bij een oplopende injectiedruk – gemeten met een separate drukmeting – wordt de ESP teruggeregeld. Op de drukmeting na de injectiepompen zijn in het besturingssysteem alarmeringen ingesteld er voor zorgen dat de maximale toelaatbare putmondruk op de injectieput niet wordt overschreden.

### 3.3.3 Hulpstoffen

Tijdens de exploitatie fase kan het gebruik van hulpstoffen nodig zijn om warmte effectief te winnen. De volgende hulpstoffen kunnen worden toegepast. Onderstaande gegevens zijn een maximum, het is mogelijk dat er niets of nauwelijks gebruikt gemaakt van wordt.

| Hulpstof            | Maximale dosering [ppm] | Frequentie | Maximaal volume per jaar [m <sup>3</sup> ] |
|---------------------|-------------------------|------------|--------------------------------------------|
| Corrosion Inhibitor | 15                      | Continue   | 46                                         |
| Biocide             | ntb                     | Periodiek  | 17                                         |
| Scaling Inhibitor   | 15                      | Continue   | 46                                         |

#### Corrosion inhibitor

- Doel: Het voorkomen van corroderen van staal dat in aanraking komt met geo-water.
- Waar: Tussen de laatste filters voor injectie en de injectiepompen.
- Maximaal volume: op basis van 365 dagen per jaar op 15 ppm bij 350 m<sup>3</sup>/h.

#### Scaling Inhibitie

- Doel: Het voorkomen van precipitatie in de putten waardoor deze verstopt raken
- Waar: Tussen de laatste filters voor injectie en de injectiepompen.
- Maximaal volume: op basis van 365 dagen per jaar op 15 ppm bij 350 m<sup>3</sup>/h.

#### Biocide

- Doel: Het stoppen en oplossen van bacteriegroei in de injector om geïnduceerde corrosie tegen te gaan en het voorkomen van het ontstaan van Waterstofsulfide tijdens injectie.
- Waar: Via de inhibitor string in de productieput of in het bovengronds systeem.
- Maximaal volume: Op basis van 4x24h treatment per jaar op basis van 350 m<sup>3</sup>/h en 500 ppm treatment.

Bovenstaande hulpstoffen zijn niet met naam en leverancier beschreven. Indien er een type wordt gekozen zal deze met minimaal 2 weken notificatie worden aangemeld bij het Staatstoezicht op de Mijnen, inclusief de veiligheidsbladen, conformiteit aan de wet en regelgeving welke daarbij van toepassing is (bijv. WGGA, Zeer Zorgwekkende Stoffen, Reach,). Tevens zullen nieuwe installaties worden uitgevoerd conform de geldende Management of Change procedure.

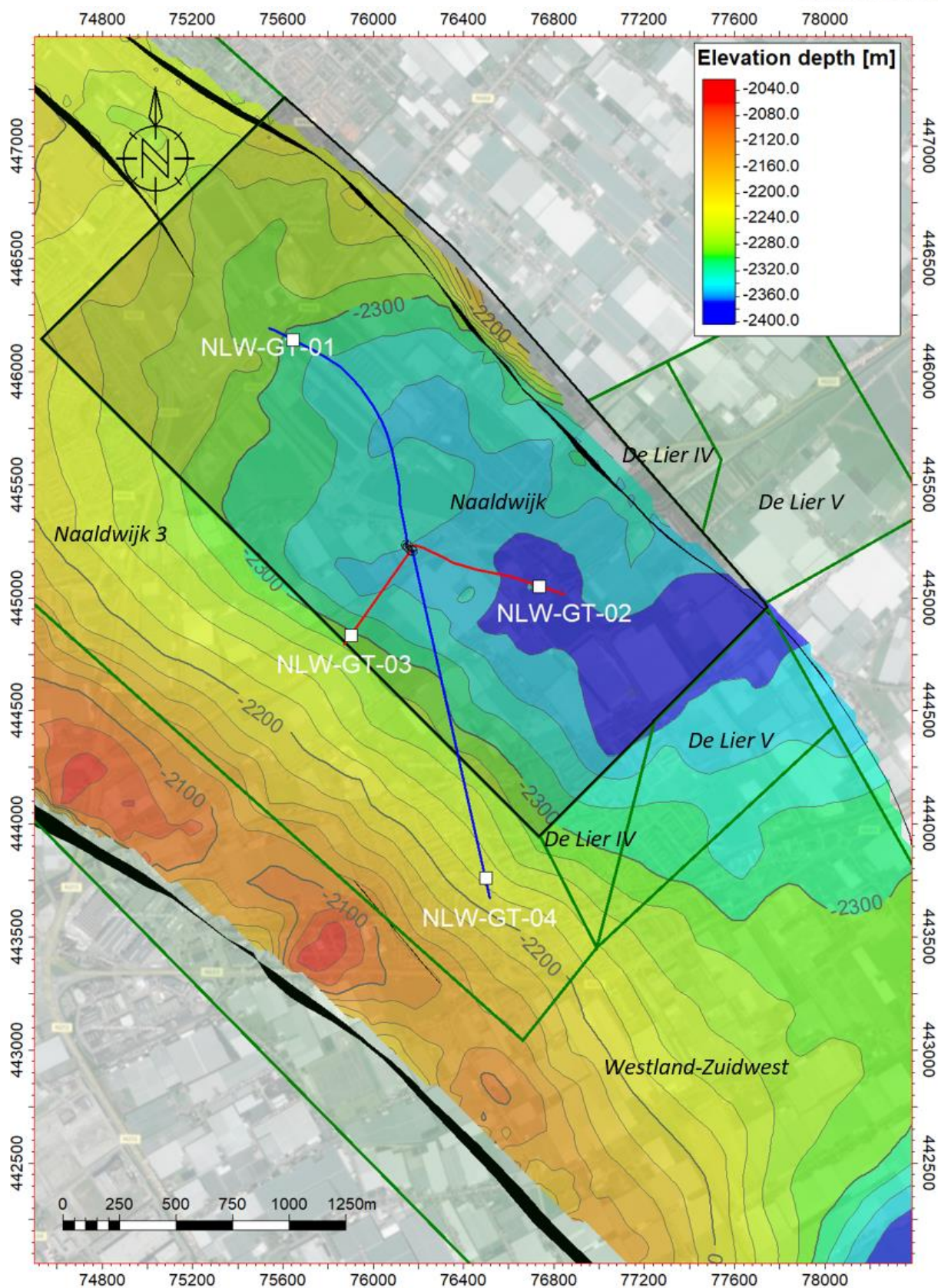
### 3.4 Beoogde systeemconfiguratie

TWL-02 bestaat uit een tweetal putten, de productieput NLW-GT-03 en de injectieput NLW-GT-04. De geplande posities van putten in het reservoir is aangegeven in de volgende tabel en figuren.

Tabel 7 Algemene put informatie.

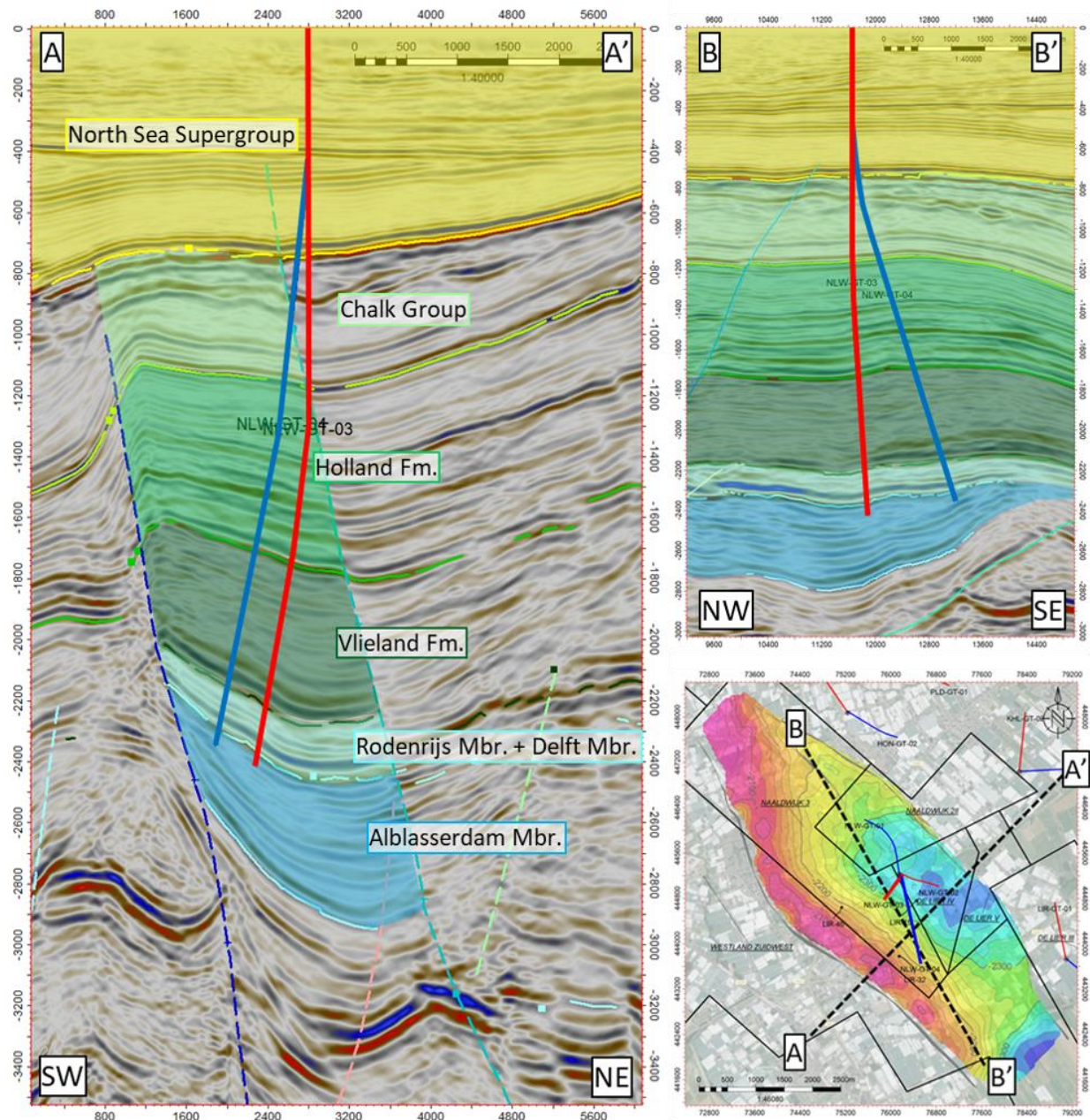
| Putnaam                         | NLW-GT-03 | NLW-GT-04 |
|---------------------------------|-----------|-----------|
| Type put                        | Productie | Injectie  |
| X (RD) oppervlaktelocatie       | 76169     | 76174     |
| Y (RD) oppervlaktelocatie       | 445215    | 445210    |
| X (RD) top doorprikpunt aquifer | 75908     | 76492     |
| Y (RD) top doorprikpunt aquifer | 444843    | 443786    |
| X (RD) einddiepte               | 75872     | 76518     |
| Y (RD) einddiepte               | 444792    | 443671    |
| Einddiepte (m AH)               | 2540      | 2967      |
| Einddiepte (mTVD)               | 2426      | 2359      |





Figuur 11 Top van het reservoir met doorprijkpunten





Figuur 12 Het beoogde doublet geprojecteerd op de seismische sectie

### 3.5 Reservoir modellering

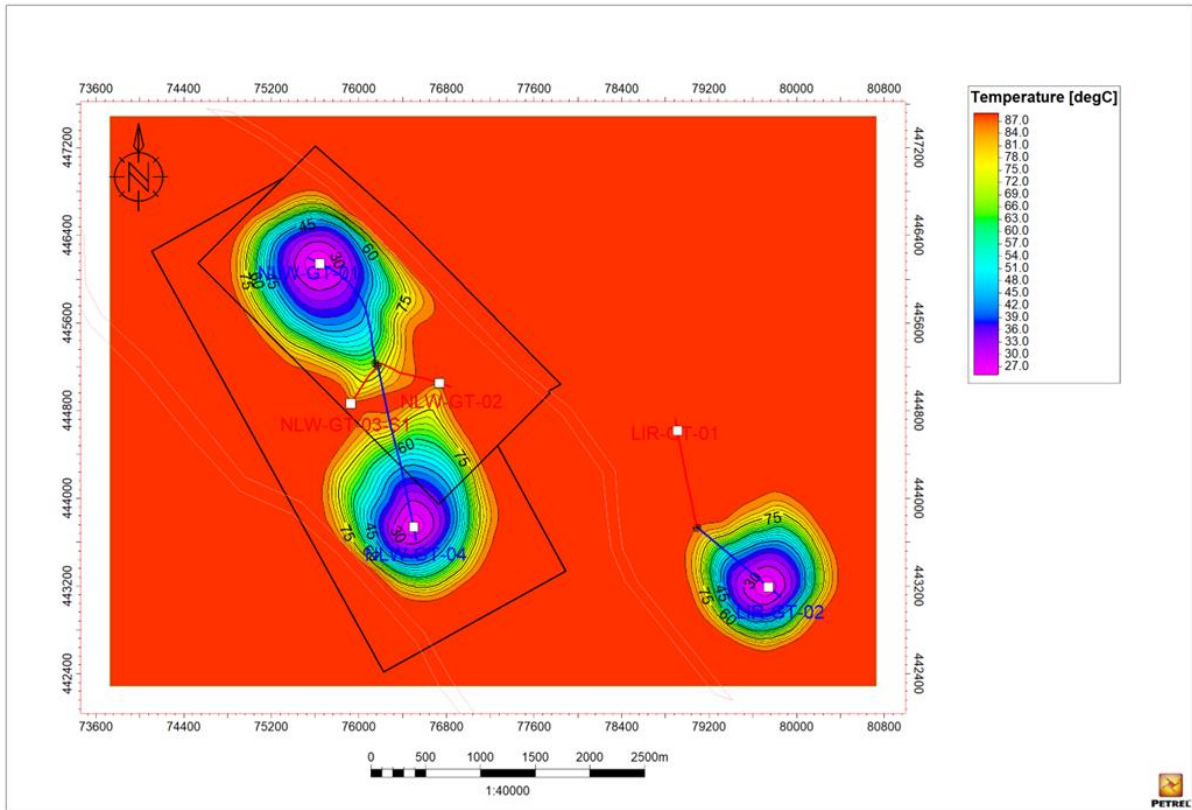
Om de invloed van de grotere breuken op temperatuur- en drukontwikkeling in het reservoir gedurende de winningsperiode te beoordelen is een model gebouwd in DoubletCalc2D (TNO, 2015).

De input parameters zijn weergegeven appendix 8.7. Er is een model gemaakt voor het gecombineerde Delft/Alblasterdam reservoir. Diepte, celdikte, en de reservoir eigenschappen net to gross, porositeit en permeabiliteit zijn als grid ingevoerd, de overige parameters als constanten. Breuken met een verzet groter dan de reservoir dikte zijn als niet doorlatend beschouwd en ingebouwd in het permeabiliteitsgrid.

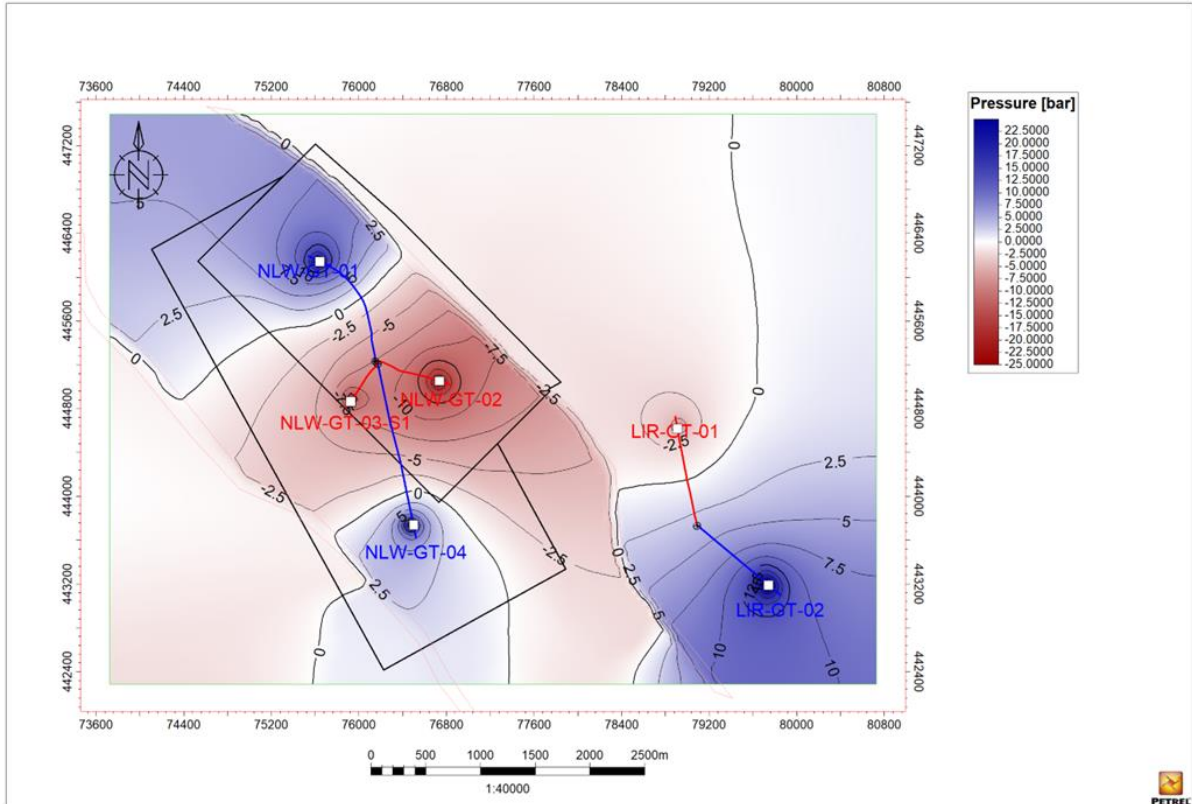
Op basis van de hoeveelheden klei aanwezig in de boven- en onderliggende gesteentelagen (resp. Rodenrijs kleisteen en onder-Alblasserdam) is het aannemelijk dat de Shale Gouge Ratio (SGR) in de breuken die het Trias-Westland breukblok begrenzen zodanig hoog is dat deze niet-doorlaatbaar zijn. Zelfs met de geïnterpreteerde breukverzetten van groter dan 100 meter, waar de Delft en boven-Alblasserdam zanden volledig verzet zouden zijn en potentieel in verbinding zouden staan met de nog verder bovenliggende zandstenen van de Vlieland formatie.

Ondanks dat dit winningsplan alleen TWL-02 beslaat is voor de volledigheid voor de reservoirmodellering beide doubletten beschouwd, ook het nabijgelegen De Lier doublet is opgenomen. Het debiet dat is gebruikt voor de modellering van TWL-01 is 430 m<sup>3</sup>/uur en van TWL-02 300 m<sup>3</sup>/uur. De retourtemperatuur is in beide gevallen gemiddeld 25 °C. De verwachting is dat het volledige debiet in het gecombineerde Delft en Upper Alblasserdam reservoir geïnjecteerd wordt. Gemodelleerde temperatuur- en drukkaarten van de reservoirs zijn weergegeven in Figuur 13 en Figuur 14. Na 30 jaar aardwarmtewinning is er in beide reservoirs een koudepluim ontstaan die de productieput minimaal beïnvloedt. Als gevolg van de productie en injectie van Trias Westland 1 en 2 ontstaat er een drukverschil in het reservoir. Het drukverschil beperkt zich tot circa 30 bar.



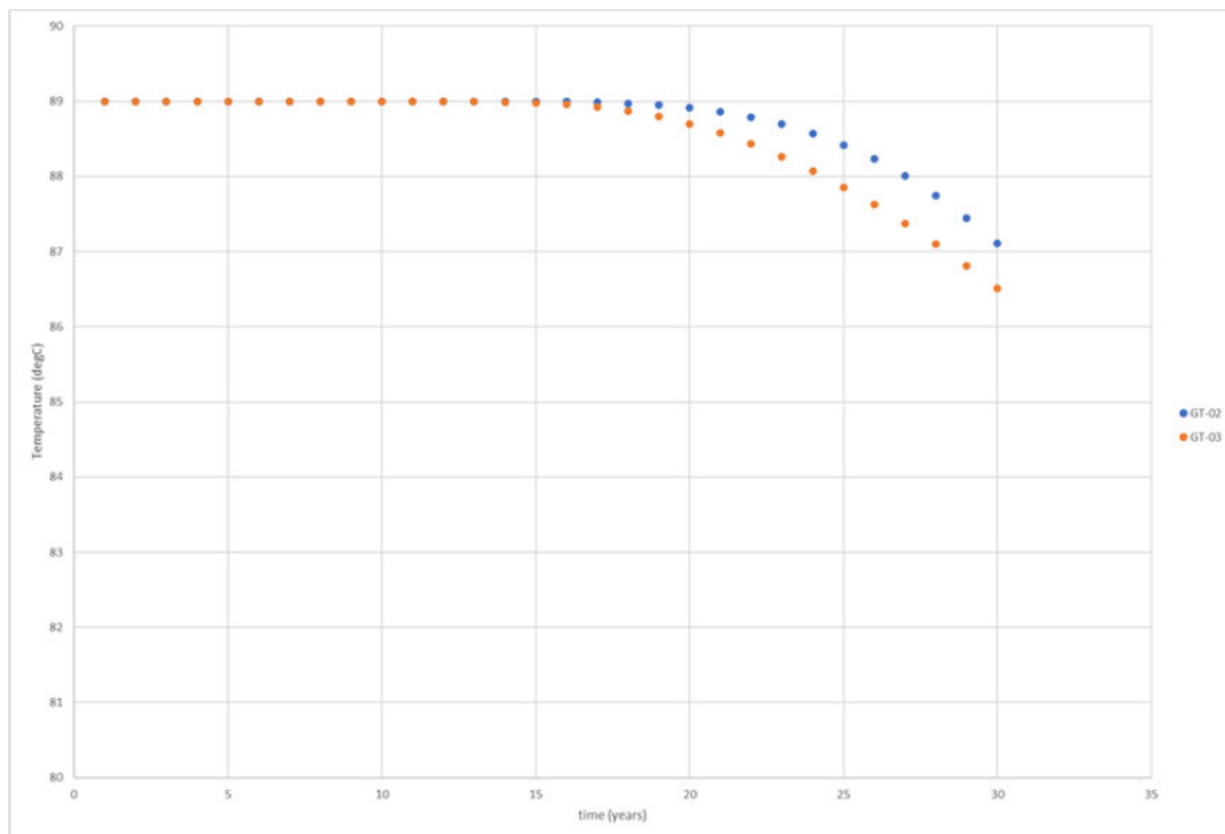


Figuur 13 Temperatuurkaart na 30 jaar productie, uitgaande van niet doorlatende breuken



Figuur 14 Drukaart na 30 jaar productie, uitgaande van niet doorlatende breuken

De gemodelleerde temperatuur van het productiewater gedurende de winningsperiode is weergegeven in Figuur 3. Afkoeling van meer dan 1°C wordt na 25 jaar bereikt in doublet 1 en na 28 jaar in doublet 2. In de productieput is er dus de eerste 25 jaar geen doorbraak (< 1°C afkoeling ten opzichte van initiële temperatuur). Het effect op het vermogen blijft laag, na 30 jaar is de productietemperatuur met maximaal 2.5°C afgekoeld zodat er nog meerdere jaren warmte geproduceerd kan worden.



Figuur 15 Temperatuurontwikkeling gedurende 30 jaar productie in de twee productieputten, NLW-GT-02 en NLW-GT-03

### 3.6 Productieprognose en operationele instellingen

#### 3.6.1 Operationele begrenzingen

Tabel 8 geeft een overzicht van de verschillende operationele begrenzingen waar het systeem aan onderhevig is.

Tabel 8 Operationele begrenzingen

| Operationele begrenzing                            | Waarde | Dimensie |
|----------------------------------------------------|--------|----------|
| Max injectiedruk reservoir                         | 91.2   | bar      |
| Max injectiedruk verbruizing + puthoofd/spuitkruis | 206.8  | bar      |

| Q       | [m3/hr] | 0    | 50   | 100  | 150  | 200  | 250  | 300  | 355  |
|---------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Max THP | Bar     | 82.1 | 82.3 | 82.9 | 83.8 | 85.1 | 86.8 | 88.7 | 91.2 |

#### 3.6.2 Productieprognose

Onderstaande data zijn **geen** operationele **begrenzingen**. De begrenzingen zijn bepaald in paragraaf 3.6.1.

Tabel 9 Prognose toekomstige productie

| Put                                                                                                                 | Prognose waarde      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Debiet geproduceerd water (m³/h)                                                                                    | Max. 355<br>Gem. 300 |
| Gemiddelde temperatuur van het productiewater, gewogen per volume, gemeten voor de warmtewisselaar (°C)             | 86                   |
| Gemiddelde druk direct onder de pomp in productieput (bar)                                                          | 56                   |
| Laagste druk direct onder de pomp in productieput (bar).                                                            | 53                   |
| Druk aan de putmond van de productieput (bar)                                                                       | 11                   |
| Verhouding hoeveelheid olie uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (mg/l)                                | 0                    |
| Verhouding hoeveelheid gas uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Nm³/ m³)                              | 1,1                  |
| Verhouding hoeveelheid condensaat uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Sm³)                           | -                    |
| Hoeveelheid in de productieput ingebrachte inhibitor (l/m³)                                                         | 0                    |
| Debiet geïnjecteerd water (m³/h)                                                                                    | 300                  |
| 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)                                                    | 43                   |
| Gemiddelde operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)                                                      | 277                  |
| Maximale druk van aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)                                                  | 91.2                 |
| Maximale operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)                                                        | 322.2                |
| Hoeveelheid in de injectieput ingebrachte inhibitor (l/m³)                                                          | 0.0015               |
| Aantal vollasturen per jaar (uur)                                                                                   | 8.000                |
| Prognose onttrokken warmte per jaar (PJ)                                                                            | 0,51                 |
| Hoeveelheid benodigde elektrische energie per jaar (GWh)                                                            | 10                   |
| Geïnstalleerd vermogen installatie (MW <sub>th</sub> )                                                              | 18                   |

Tabel 10 Karakterisatie geothermisch systeem performance onder beoogde standaard operationele condities.

| Jaar | Jaartal | Vollast uren | Hoeveelheid formatiewater | Gemiddelde temperatuur productie | Gemiddelde temperatuur injectie | Warmte productie | Gas      | Olie     | Energie consumptie |
|------|---------|--------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------|----------|----------|--------------------|
|      |         |              | (mln m3)                  | (°C)                             | (°C)                            | (GJ)             | (mln m3) | (mln m3) | (MWh)              |
| 1    | 2021    | 1752         | 0,54                      | 83,5                             | 38,3                            | 88.883           | 0,52     | 0,00     | 170 <sup>1</sup>   |
| 2    | 2022    | 8287         | 2,05                      | 84                               | 36                              | 397.480          | 1,97     | 0,00     | 155                |
| 3    | 2023    | 7012         | 2,10                      | 84                               | 25                              | 369.633          | 2,31     | 0,21     | 6.845              |
| 4    | 2024    | 7012         | 2,10                      | 84                               | 25                              | 369.633          | 2,31     | 0,21     | 6.845              |
| 5    | 2025    | 7012         | 2,10                      | 84                               | 25                              | 369.633          | 2,31     | 0,21     | 6.845              |
| 6    | 2026    | 7012         | 2,10                      | 84                               | 25                              | 369.633          | 2,31     | 0,21     | 6.845              |
| 7    | 2027    | 7012         | 2,10                      | 84                               | 25                              | 369.633          | 2,31     | 0,21     | 6.845              |
| 8    | 2028    | 7012         | 2,10                      | 84                               | 25                              | 369.633          | 2,31     | 0,21     | 6.845              |
| 9    | 2029    | 7012         | 2,10                      | 84                               | 25                              | 369.633          | 2,31     | 0,21     | 6.845              |
| 10   | 2030    | 7012         | 2,10                      | 83                               | 25                              | 363.368          | 2,31     | 0,21     | 6.729              |
| 11   | 2031    | 7012         | 2,10                      | 83                               | 25                              | 363.368          | 2,31     | 0,21     | 6.729              |
| 12   | 2032    | 7012         | 2,10                      | 83                               | 25                              | 363.368          | 2,31     | 0,21     | 6.729              |

<sup>1</sup> Energieconsumptie in 2021 en 2022 geeft het netto verbruik weer (inkoop – WKK), in opeenvolgende jaren is de energieconsumptie ingeschat op basis van een COP van 15

|    |      |      |      |    |    |         |      |      |       |
|----|------|------|------|----|----|---------|------|------|-------|
| 13 | 2033 | 7012 | 2,10 | 83 | 25 | 363.368 | 2,31 | 0,21 | 6.729 |
| 14 | 2034 | 7012 | 2,10 | 83 | 25 | 363.368 | 2,31 | 0,21 | 6.729 |
| 15 | 2035 | 7012 | 2,10 | 83 | 25 | 363.368 | 2,31 | 0,21 | 6.729 |
| 16 | 2036 | 7012 | 2,10 | 82 | 25 | 357.104 | 2,31 | 0,21 | 6.613 |
| 17 | 2037 | 7012 | 2,10 | 82 | 25 | 357.104 | 2,31 | 0,21 | 6.613 |
| 18 | 2038 | 7012 | 2,10 | 81 | 25 | 350.839 | 2,31 | 0,21 | 6.497 |
| 19 | 2039 | 7012 | 2,10 | 81 | 25 | 350.839 | 2,31 | 0,21 | 6.497 |
| 20 | 2040 | 7012 | 2,10 | 80 | 25 | 344.574 | 2,31 | 0,21 | 6.381 |
| 21 | 2041 | 7012 | 2,10 | 79 | 25 | 338.309 | 2,31 | 0,21 | 6.265 |
| 22 | 2042 | 7012 | 2,10 | 78 | 25 | 332.044 | 2,31 | 0,21 | 6.149 |
| 23 | 2043 | 7012 | 2,10 | 77 | 25 | 325.779 | 2,31 | 0,21 | 6.033 |
| 24 | 2044 | 7012 | 2,10 | 76 | 25 | 319.514 | 2,31 | 0,21 | 5.917 |
| 25 | 2045 | 7012 | 2,10 | 75 | 25 | 313.249 | 2,31 | 0,21 | 5.801 |
| 26 | 2046 | 7012 | 2,10 | 74 | 25 | 306.984 | 2,31 | 0,21 | 5.685 |
| 27 | 2047 | 7012 | 2,10 | 73 | 25 | 300.719 | 2,31 | 0,21 | 5.569 |
| 28 | 2048 | 7012 | 2,10 | 72 | 25 | 294.454 | 2,31 | 0,21 | 5.453 |
| 29 | 2049 | 7012 | 2,10 | 71 | 25 | 288.189 | 2,31 | 0,21 | 5.337 |
| 30 | 2050 | 7012 | 2,10 | 70 | 25 | 281.924 | 2,31 | 0,21 | 5.221 |

## 4 Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond

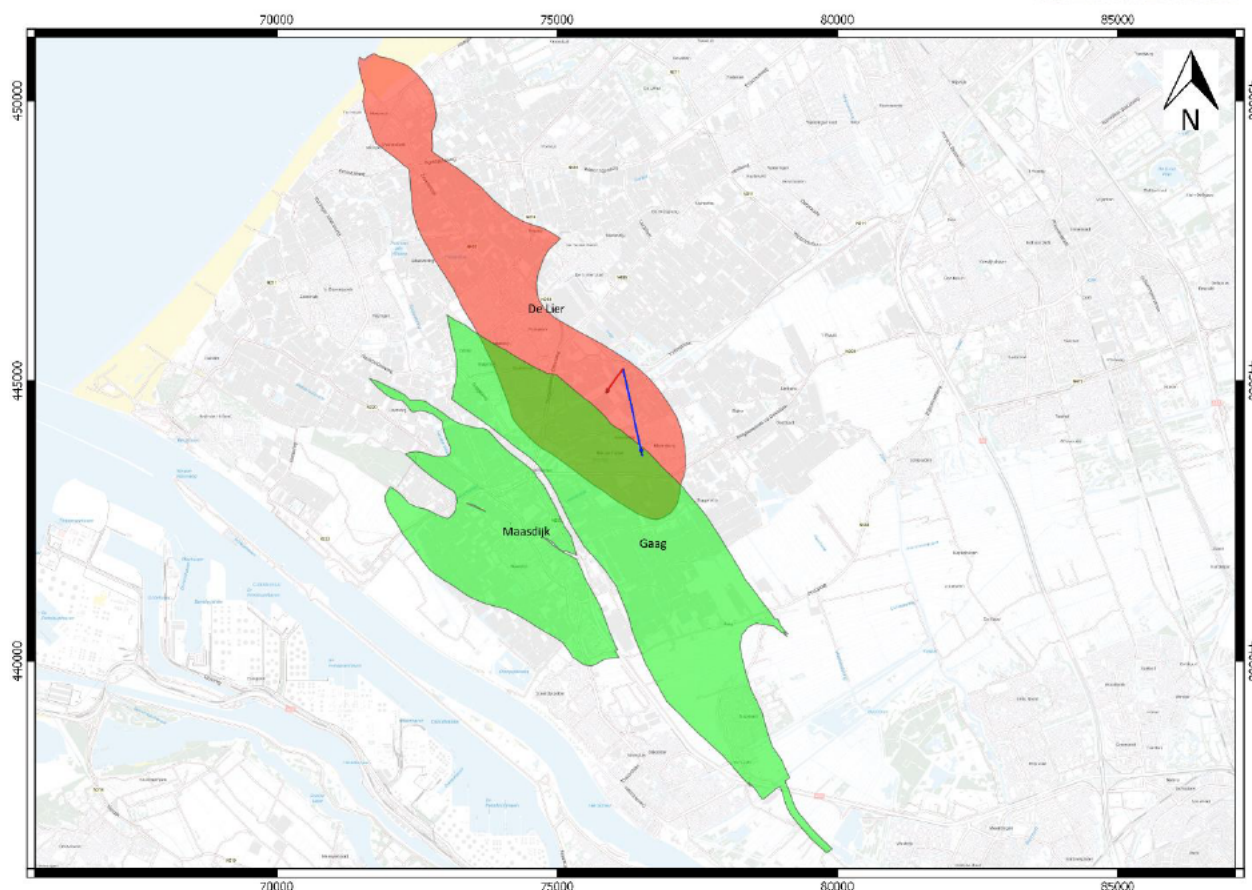
### 4.1.1 Olie- & gaswinning

Rond het project TWL-02 liggen verschillende olie- & gasvelden (Figuur 16). De velden Gaag en Maasdijk produceren gas uit de Trias Bundsandstein, het De Lier veld produceert olie uit het Krijt De Lier Member. Geen van deze velden produceren uit de beoogde productieve reservoirsecties van TWL.

Tabel 11 Olie- & gas velden nabij TWL-01

| Veld     | Delfstof   | Productie sinds | Status       | Reservoir                               |
|----------|------------|-----------------|--------------|-----------------------------------------|
| De Lier  | Olie & gas | 01-1957         | In productie | De Lier Member/Holland Greensand Member |
| Gaag     | Gas        | 01-2000         | In productie | Bunter                                  |
| Maasdijk | Gas        | 01-2000         | In productie | Bunter                                  |





Figuur 16 Olie- & gas velden in nabijheid van de projectlocatie

#### 4.1.2 Geothermie

In de omgeving van TWL-02 zijn drie andere aardwarmte-projecten reeds in bedrijf: Naaldwijk Geothermie (TWL-01), De Lier Geothermie en Honselersdijk Geothermie. Deze aardwarmte-projecten produceren uit hetzelfde reservoir als TWL-02.

Tabel 12 Geothermie projecten nabij TWL-02

| Veld                          | Delfstof | Productie sinds | Status       | Reservoir            |
|-------------------------------|----------|-----------------|--------------|----------------------|
| Naaldwijk Geothermie (TWL-01) | Water    | 07-2019         | In productie | Delft & Alblasserdam |
| De Lier Geothermie            | Water    | 11-2014         | In productie | Delft & Alblasserdam |
| Honselersdijk Geothermie      | Water    | 01-2014         | In productie | Delft & Alblasserdam |

Voor de bepaling van de winningsvergunning wordt normaliter de 'Franse methode' toegepast, welke het beïnvloedingsgebied van een doublet definieert door een rechthoek met twee cirkels. Het middelpunt van deze cirkels zijn de coördinaten van de diepteligging van de productieput en injectieput in het (verticale) midden van het aquifer. Voor TWL-01 zijn de middelpunten van de cirkels voor het geothermie project in Naaldwijk bepaald aan de hand van de geometrische en geologische put-gegevens. De resulterende beïnvloedingsgebieden zijn verwerkt tot een winningsaanvraag conform de 'Franse methode'. Het bereik van de TWL-01 winningsvergunning is te zien in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

Met behulp van DoubletCalc2D is de warmte- en drukdistributie in het reservoir van de projectlocatie gemodelleerd. Hierbij is uitgegaan van een gemiddeld debiet van 300 m<sup>3</sup>/uur. Om een zo realistisch mogelijk resultaat te krijgen is het model gebouwd met behulp van de diepte-, dikte-, en temperatuurgrids van het reservoir. Tevens zijn de breuken meegenomen waarbij is uitgegaan dat deze vrijwel geheel afsluitend zijn. De productie en injectie van



naburig doublet NLW-GT-01 en -02 is tevens meegenomen in het model (gemiddeld debiet van 355 m<sup>3</sup>/uur). Kaarten van de temperatuur- en drukdistributie aan het eind van de winningsperiode zijn weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** De interferentie die te zien is tussen TWL-01 en TWL-02 ligt in de lijn der verwachtingen, deze twee doubletten zullen deel uit gaan maken van hetzelfde geothermiesysteem en worden geëxploiteerd door dezelfde operator.

Tijdens de interferentietest tussen NLW-GT-01 en NLW-GT-02-S1 is tijdens de build-up geen communicatie met nabijgelegen geothermieputten geregistreerd. De breuk tussen LIR-GT en TWL is hoogst waarschijnlijk afsluitend. Er wordt dan ook geen interferentie verwacht met LIR-GT.

## 5 Natuur en milieu

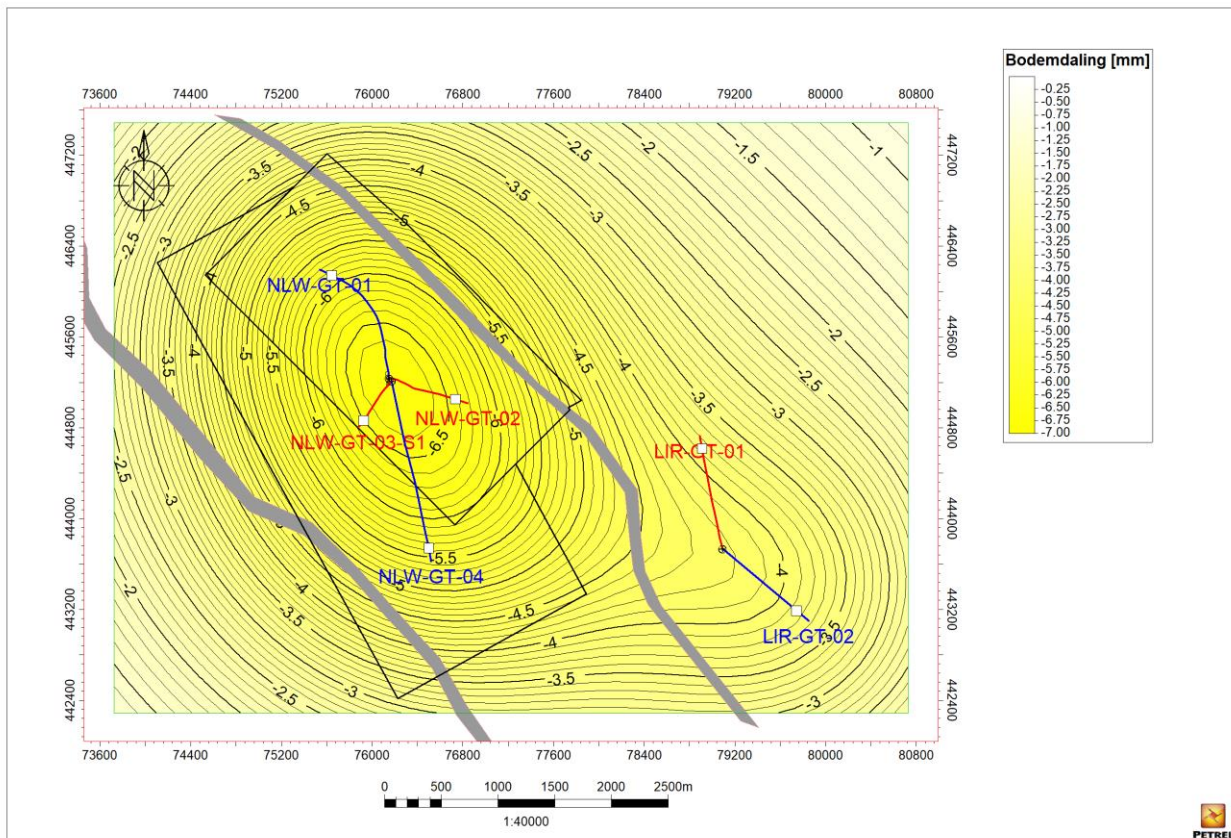
### 5.1 Bodemdaling of -stijging

Bij de aardwarmtewinning in TWL-01 wordt warm water inclusief opgelost gas uit het reservoir onttrokken en afgekoeld water weer in dezelfde bodemlaag teruggebracht. Op deze manier vindt er geen netto onttrekking plaats waardoor de druk in het reservoir ook niet significant zal afnemen. Wel zal er rondom de productie- en injectieput respectievelijk een plaatselijke drukdaling en drukopbouw kunnen plaatsvinden.

In 2015<sup>2</sup> heeft TNO een artikel gepubliceerd waarin potentieel mogelijke bodemdaling door aardwarmtewinning is geëvalueerd. Uit de analyse blijkt dat het grootst mogelijke aandeel van bodembeweging kan worden veroorzaakt door afkoeling van het reservoir. De absolute waarde van de verwachte bodemdaling is zeer gering en wordt ingeschat op maximaal 2-3 mm na een periode van 30 jaar winning. DoubletCalc2D is ook in staat om een inschatting te geven van de te verwachten bodemdaling als gevolg van de aardwarmtewinning. Het resultaat van deze simulatie is weergegeven in figuur 4, de verwachte bodemdaling na 30 jaar productie is maximaal ongeveer 7 mm.

---

<sup>2</sup> Fokker et al. (2015). *Surface Movement Induced by a Geothermal Well Doublet*. *Proceedings, World Geothermal Congress 2015* Melbourne, Australia, 19-25 April 2015



Figuur 17 Indicatie bodemdaling (in mm) ten gevolge van 30 jaar winning als gevolg van aardwarmtewinning bij TWL-01, TWK-02 en De Lier. Breuken op reservoirniveau zijn aangegeven in grijs. De winningsvergunning is aangegeven met zwarte lijnen.

In het gebied is ook sprake van een natuurlijke bodemdaling. De Klimateffectatlas geeft een inschatting van de bodemdaling tussen 2016-2050. In de omgeving van Naaldwijk wordt deze natuurlijke bodemdaling momenteel ingeschat op 3-10 cm, maar zeer plaatselijk zijn er uitschieters naar maximaal 60 cm (<http://www.klimateffectatlas.nl/nl/>).

Een bodemdaling/stijging als gevolg van deze aardwarmtewinning in dit gebied is daarmee niet of nauwelijks meetbaar aan het maaiveld en is dermate gering dat het niet zou kunnen resulteren in schade aan gebouwen en infrastructuur, noch nadelige gevolgen voor natuur en milieu zou kunnen veroorzaken.

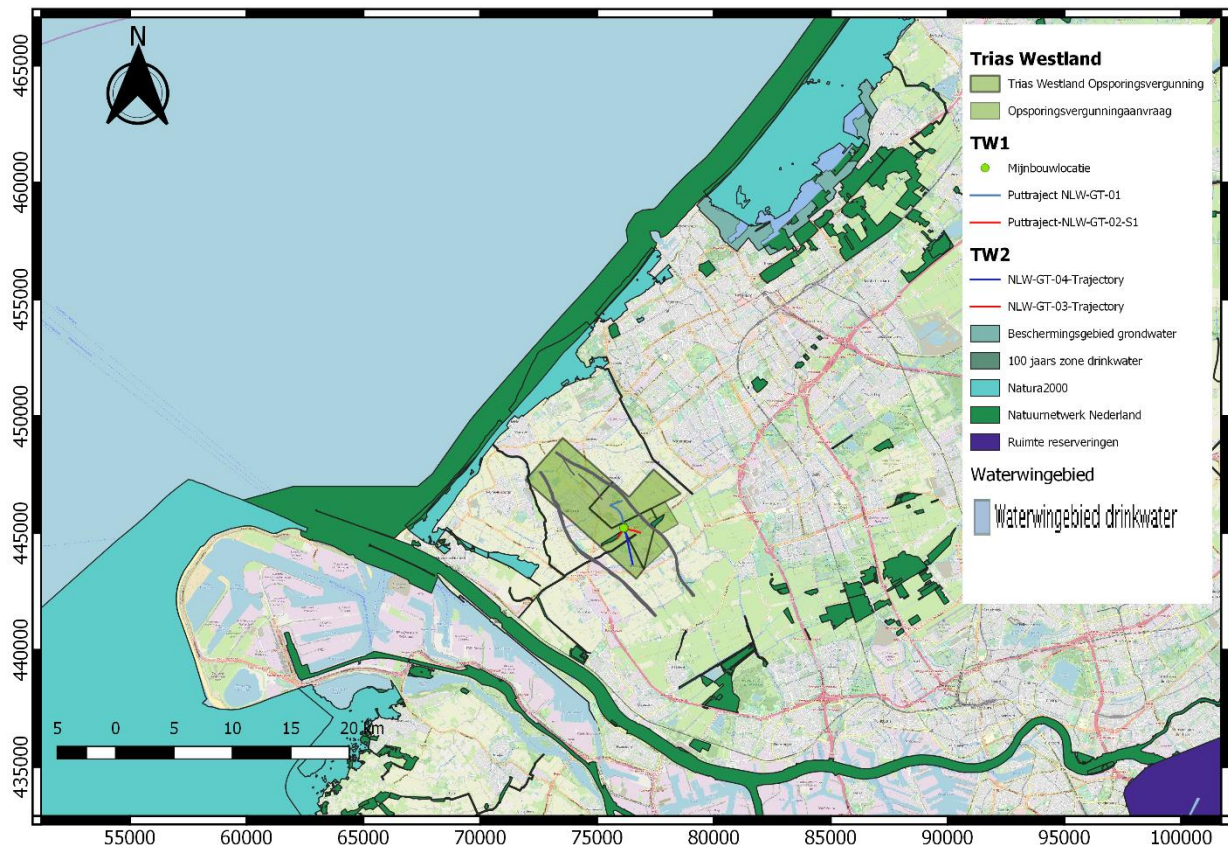
## 5.2 Beschermde gebieden

Figuur 18 geeft een overzicht van een variatie aan kwetsbare gebieden in de buurt van de projectlocatie. De volgende kaarten zijn hierin opgenomen:

- Natura2000
- Natuur Netwerk Nederland
- Grondwaterbeschermingsgebieden
- 100 jaar zone drinkwater
- Waterwingebied drinkwater
- Ruimte reserveringen

Zoals te zien is in Figuur 18 is het dichtst bijgelegen kwetsbare gebied Natura 2000 en betreft “Solleveld en Kapittelduinen” (Staelduinse Bos) op een afstand van ongeveer 4 kilometer. Tussengelegen is er sprake van glastuinbouw, bedrijventerreinen en infrastructuur.

Ter voorbereiding van de boring is een M.e.r. aanmeldnotitie uitgevoerd, waarvan het besluit is gepubliceerd op 05 februari 2020. Naar aanleiding van de PAS uitspraak op 29 mei is een aangepast programma uitgewerkt van de Aerius calculator. De berekening laat zien dat de depositiebijdrage 0,00 mol/ha/jr. bedraagt en dat er geen significante effecten zijn die leiden tot verslechtering of verstooring van de Natura 2000 gebieden.



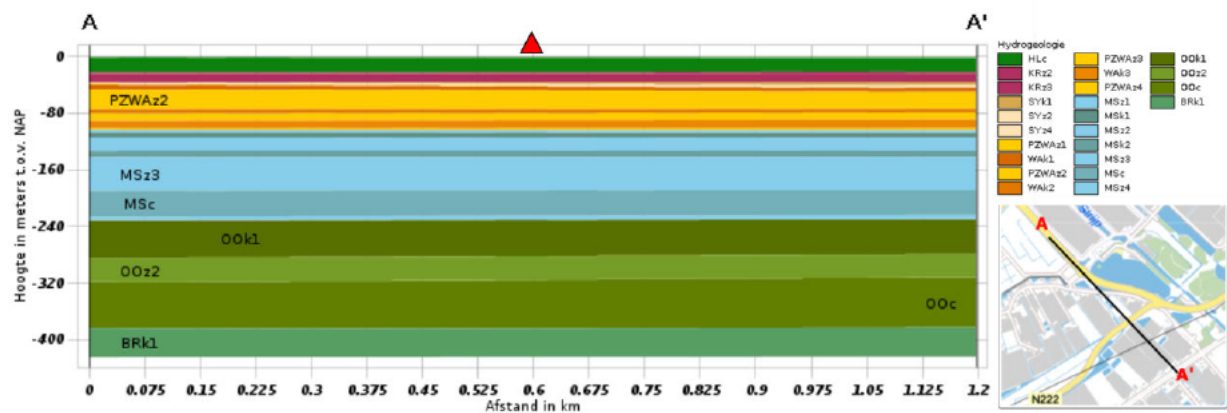
Figuur 18 Kwetsbare gebieden rondom de projectlocatie

### 5.3 Grondwater

Voor de M.e.r. aanmeldnotitie is een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. De onderzoekslocatie ligt in de Vlietpolder van Naaldwijk. Het maaiveld in dit deel van de polder ligt circa ter hoogte van het NAP. Hierin wordt de dikte en de deklaag als volgt beschreven. Het duinpakket heeft een dikte van circa 10 meter en bestaat uit slibhoudende fijne tot matige grove zanden. De slecht doorlatende deklaag heeft een dikte van circa 10 tot 15 meter en bestaat uit kleiige sedimenten. Het 1e watervoerend pakket heeft een dikte van circa 30 meter en bestaat uit matig fijne tot matig grove zanden. Ter illustratie is een doorsnede van het hydrogeologische model REGIS II weergegeven, de hydrogeologische pakketten tot een diepte van 200 m zijn weergegeven in tabel Tabel 13.

Figuur 20 laat de zoet-brak en brak-zout kaarten zien zoals geïnterpreteerd door de Geologische Dienst Nederland, die de databestanden beheert en interpreteert over het voorkomen en de dynamiek van het zoete grondwatersysteem. Op de project locatie ligt het zoet-brak grensvlak op een diepte van minder dan 100 m en het brak-zout grensvlak op een diepte van minder dan 50 meter. Bij TWL-02 zijn de conductors geplaatst tot een diepte

van 125m. Dit zijn geboorde conductors die aan de buitenzijde gecementeerd zijn. Deze cement bond buiten de conductor voorkomt interferentie tussen deze lagen.

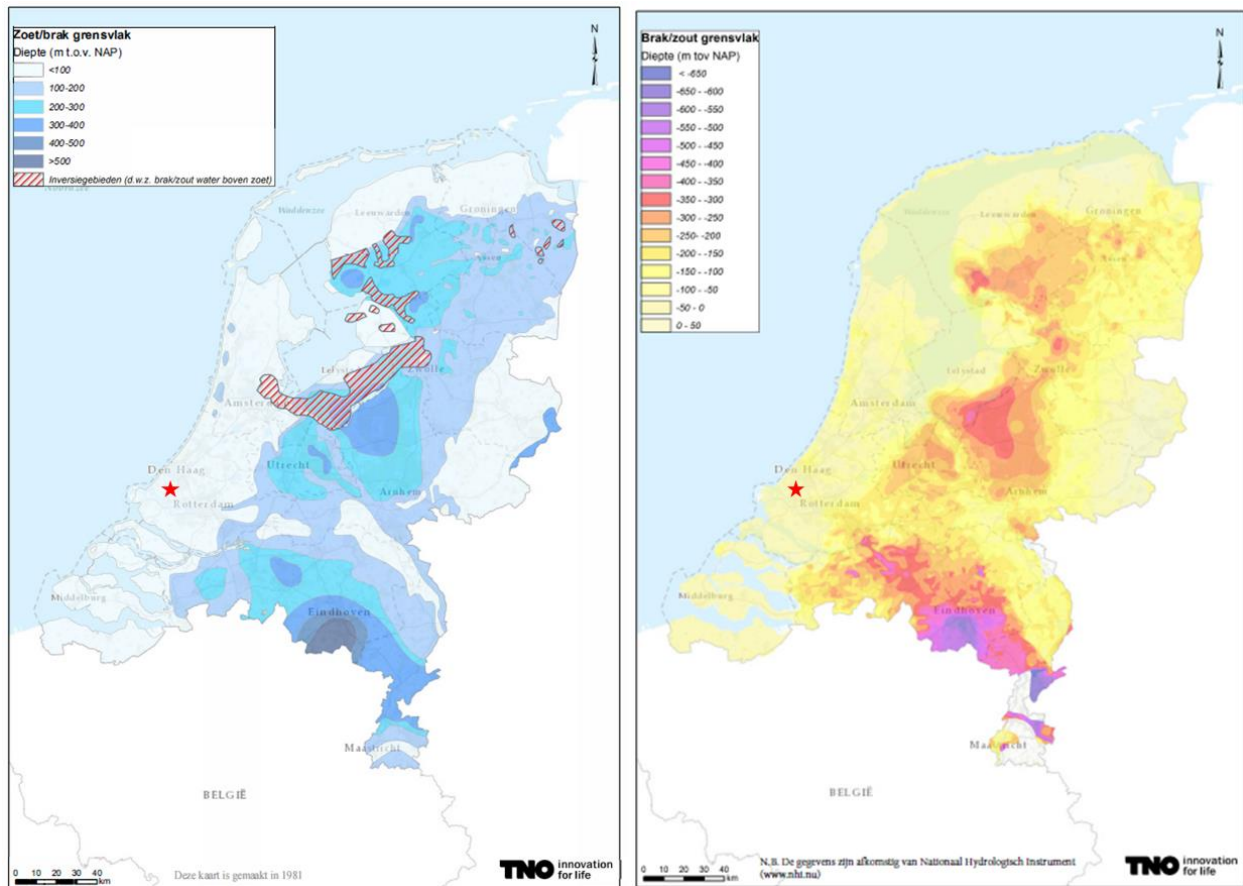


Figuur 19 Doorsnede uit BRO REGIS II v2.2 op de projectlocatie

Tabel 13 Beschrijving van geohydrologische pakketten tot een diepte van 200m

| Afkorting | Beschrijving                                        |
|-----------|-----------------------------------------------------|
| HLc       | Holocene afzettingen, complexe eenheid              |
| KRz2      | Formatie van Kreftenheye, tweede zandige eenheid    |
| KRz3      | Formatie van Kreftenheye, derde zandige eenheid     |
| SYk1      | Formatie van Stramproy, eerste kleiige eenheid      |
| SYz2      | Formatie van Stramproy, tweede zandige eenheid      |
| SYz4      | Formatie van Stramproy, vierde zandige eenheid      |
| PZWAz1    | Formatie van Peize & Waalre, eerste zandige eenheid |
| Wak1      | Formatie van Waalre, eerste kleiige eenheid         |
| PZWAz2    | Formatie van Peize & Waalre, tweede zandige eenheid |
| Wak2      | Formatie van Waalre, tweede kleiige eenheid         |
| PZWAz3    | Formatie van Peize & Waalre, derde zandige eenheid  |
| Wak3      | Formatie van Waalre, derde kleiige eenheid          |
| PZWAz4    | Formatie van Peize & Waalre, vierde zandige eenheid |
| MSz1      | Formatie van Maassluis, eerste kleiige eenheid      |
| MSk1      | Formatie van Maassluis, eerste kleiige eenheid      |
| MSz2      | Formatie van Maassluis, tweede kleiige eenheid      |
| MSk2      | Formatie van Maassluis, tweede kleiige eenheid      |
| MSz3      | Formatie van Maassluis, derde kleiige eenheid       |
| MSc       | Formatie van Maassluis, complexe eenheid            |





Figuur 20 Zoet/brak grensvlak (links) en brak/zout grensvlak (rechts), de project locatie is aangegeven met een rode ster

## 6 Bodemtrilling

Bodemtrillingen ontstaan in de ondergrond als gevolg van een plotselinge beweging in de aardkorst waarbij veel energie vrijkomt. Deze energie plant zich in een golfbeweging voort. De meeste bodemtrillingen vinden natuurlijk plaats in gebieden waar aardplaten aan elkaar grenzen of waar extensie van de aardkorst plaats vindt. Geïnduceerde trillingen vinden plaats door menselijk toedoen en kunnen optreden bij winning van delfstoffen. Geïnduceerde seismiciteit wordt veroorzaakt door een verandering in de lokale stress (druk) situatie. Deze stresssituatie wordt beïnvloed door poro-elastische en thermo-elastische effecten.

Voor TWL-02 is een Level-1 (Quick-Scan of QS) Seismic Hazard Analysis (SHA) uitgevoerd waarin de risico's op seismiciteit bij geothermische exploratie worden omschreven en gekwantificeerd. Dit wordt gedaan op basis van het protocol ontwikkeld door IF Technology B.V. en Q-con GmbH ("Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects 5 V0.1") en de leidraad opgesteld door SodM in 2016 ("Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning, tijdelijke leidraad voor adressering"). Dit document is bijgevoegd als bijlage 8.1. Naast de quickscan is ook een Level 2 Seismic Hazard Analyse uitgevoerd door QCON. Omdat in deze studie het effect van afkoeling is meegenomen en kennisontwikkeling op dit vlak aan geeft dat ook afkoeling een effect kan hebben op de spanningen in de ondergrond is er ook nog een vervolg studie gedaan waarin dit effect is gemodelleerd.

Het project Trias Westland gaat uit van exploitatie uit de Delft Zandsteen en Alblasserdam Formatie. De studie zoals uitgevoerd door PanTerra voor het bepalen van de breukstabiliteit gebruikt twee geomechanische modellen; een analytisch 2D-model om de slipneiging (SCU) langs een breukvlak te berekenen, en een Stochastisch model (1D) gebaseerd op het Mohr-Coulombcriterium voor het berekenen van breukstabiliteit op meest kritisch-gespannen punt op het breukvlak dat volgt uit de SCU. De SCU is een model om te slipneiging langs een breukvlak te berekenen;



het geeft een indicatie van de neiging van een breuk om te gaan bewegen onder de opgelegde temperatuurveranderingen. De slipneiging is geen directe indicatie van seismiteit.

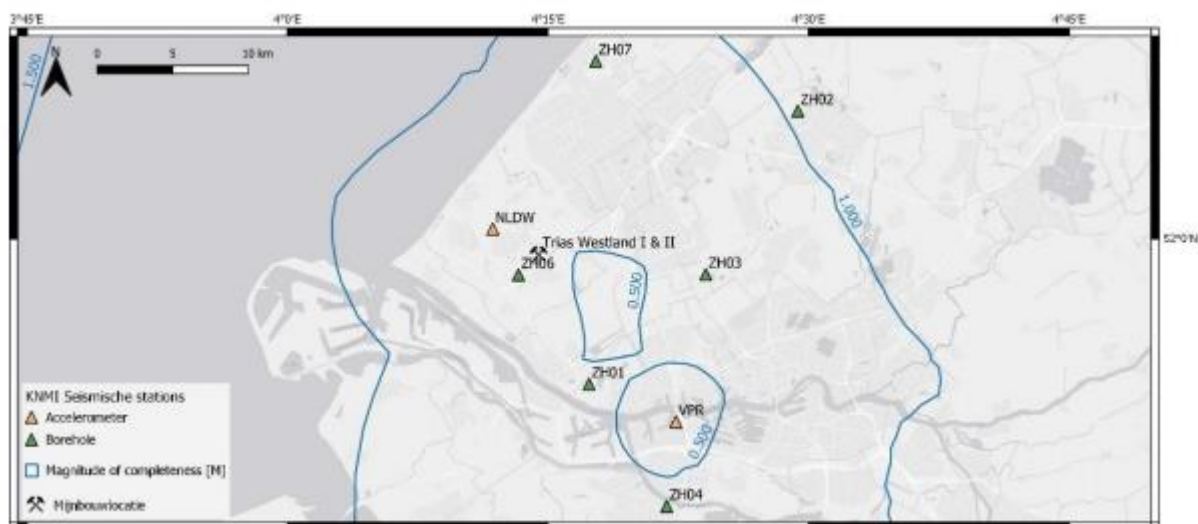
De conclusie van deze studie is dat voor gemiddeld 25°C water injectie in het reservoir bij een debiet van 430 m<sup>3</sup> /hr @ 80% uptime gedurende 30 jaar de kans op reactivatie van breuk 1 “laag” tot “midden” is voor doublet 1 (~10-20% > 1.0 SCU, afhankelijk van de doorlatendheid van de breuk), en de kans op reactivatie van breuk 3 “laag” (~10% > 1.0 SCU) is. Voor doublet 2 is voor 25°C water injectie in het reservoir bij een debiet van 300 m<sup>3</sup>/hr @ 80% uptime gedurende 30 jaar het risico op reactivatie van breuk 2 “midden” (~20-30% > 1.0 SCU, afhankelijk van de doorlatendheid van de breuk). Aangezien slipneiging niet direct te vertalen is naar seismiteit geeft dit geen percentage van seismisch risico weer.

Omdat niet kan worden uitgesloten dat nabijgelegen breukvlakken door afkoeling kritisch gespannen kunnen raken is er een Seismisch Risico Beheersplan opgesteld dat als appendix wordt toegevoegd.

Ondanks dat dit winningsplan alleen Naaldwijk I betreft zijn de studies uitgevoerd voor Naaldwijk I en II, dit geeft een betere weergave van de realiteit en sorteert voor op de beoogde samenvoeging.

### 6.1.1 Monitoring seismiteit

Het seismisch meetnetwerk van het KNMI<sup>3</sup> in en nabij Westland bestaat momenteel uit vijf boorgatstations en twee versnellingsmeters aan het oppervlak (Figuur 21). Hiermee ligt de magnitude of completeness voor de mijnbouwlocatie Trias Westland tussen M0,5-1,0.



Figuur 21 Mijnbouwlocatie, de huidige distributie van KNMI seismisch meetstations, en de magnitude of completeness nabij Westland

Om een beeld te krijgen van de situatie voor de start van boren en exploitatie wordt voor het project “Trias Westland” sinds juni 2020 de seismische activiteit die is gemeten bij de regionale meetstations verwerkt. Hierbij gaat het met name om de data van de oppervlaktometers en de diepste boorgatsensoren (~200 m diepte). Per meetsensor wordt de gemeten seismische activiteit voor de drie channels (meetrichting) geanalyseerd. Deze data worden ook bekeken door de tijd voor trendanalyse en naast de putactiviteitsdata gelegd voor potentiële correlatie. Daarnaast worden network coincidence triggers (waarbij op een kort interval, bij verschillende meetstations hoge waarden gemeten worden) gekarakteriseerd, en geëvalueerd of deze eventueel gerelateerd zijn aan activiteit nabij de mijnbouwlocatie.

De bevindingen worden maandelijks gesommeerd in het Seismisch Monitoring Dashboard. Deze gaat gepaard met een toelichting waar de data en analyses in detail gerapporteerd en gedocumenteerd worden.

<sup>3</sup> <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/stations>

## 7 Voorziene kosten van winning

Onderstaand is het meerjarenprogramma aangegeven met jaarlijkse productie, investeringen per jaar en lopende kosten per jaar gegeven, zoals deze in dit stadium worden voorzien en onderdeel zijn van de business case die tot financial close heeft geleid.

| Jaar | Investering  | Productie [GJ] | Opbrengsten | Kosten      |
|------|--------------|----------------|-------------|-------------|
| 0    | € 43.830.518 |                |             |             |
| 1    |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 2    |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 3    |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 4    |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 5    | € 800.000    | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 6    |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 7    |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 8    |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 9    |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 10   | € 800.000    | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 11   |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 12   |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 13   |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 14   |              | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 15   | € 800.000    | 427.680        | € 6.652.800 | € 4.939.061 |
| 16   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 17   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 18   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 19   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 20   | € 800.000    | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 21   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 22   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 23   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 24   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 25   | € 800.000    | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 26   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 27   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 28   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 29   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |
| 30   |              | 427.680        | € 1.905.900 | € 1.414.946 |

Het eigen vermogen van het project wordt ingebracht door N.V. Juva (moederbedrijf van Capturam B.V.), N.V. HVC en Royal FloraHolland B.V.

De investering is gebaseerd op de totale investering in het geothermiesysteem bestaande uit het geothermiedoublet en de uitbreiding van de bovengrondse installaties, het warmtenet en de afleverstations in aanvulling op de TWL-exploitatie vanuit het TWL-01 project. De herinvesteringen zijn nominaal ingeschat op 0,8 miljoen per 5 jaar voor vervanging van de ESP en grootonderhoud aan het geothermiesysteem.

De productie is gebaseerd op een aanvoertemperatuur van 87 graden Celsius, retourtemperatuur van 35 graden Celsius en een debiet van 300 m<sup>3</sup>/uur met 8000 vollasturen per jaar. Warmteproductie uit gasbijvangsten zijn buiten beschouwing gelaten.

De opbrengsten bestaan uit SDE+ subsidie en capaciteitsvergoedingen betaald door deelnemers. De SDE+ subsidie heeft een looptijd van 15 jaar en in die periode worden de kapitaalslasten gedragen. Tijdens de eerste periode van 15 jaar wordt de winst uitgekeerd als rendement voor de aandeelhouders. Na 15 jaar zijn de kapitaalverstrekkers terugbetaald en wordt het project met een reserve van €2,5 mln. overgedragen aan de coöperatie van deelnemers. De reserve van €2,5 mln. is nodig voor het opvangen van onverwachte kosten / calamiteiten en dient tevens als reservering voor abandonneren. De winst in de periode na 15 jaar kan worden gebruikt om de reserve aan te vullen of de capaciteitsvergoedingen te verlagen, waarbij de minimale reserve voldoende groot moet zijn om calamiteiten op te vangen en het geothermiesysteem te abandonneren.

Het overzicht is gebaseerd op de situatie in 2020, indexering van kosten is achterwege gelaten alsmede de ontwikkeling van de gasprijs.

In combinatie met de SDE+ subsidie die meebeweegt met de gasprijzen is sprake van een rendabele exploitatie. Voor de periode na 15 jaar is verdere rendabele exploitatie afhankelijk van de prijs van alternatieve energiebronnen.

## 8 Appendices

- 8.1 Seismic Hazard Analysis Trias Westland (Panterra, 2023)**
- 8.2 Fracture Containment Trias Westland (Panterra, 2023)**
- 8.3 Seismic Hazard Analysis Trias Westland (QCON, 2019)**
- 8.4 QuickScan Seismic Hazard Trias Westland (Panterra, 2019)**
- 8.5 Geological Report Trias Westland 2 (Panterra, 2018)**

## 8.6

### Appendix 3: Puttest resultaten eerste doublet

| Gegevens test interpretatie                      | NLW-GT-01                | NLW-GT-02-S1                   | Gemiddelde beide putten | Eenheid       |
|--------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------|
| Top aquifer                                      | 2604                     | 2460                           |                         | mAH           |
| "                                                | 2312                     | 2365                           |                         | mTVD          |
| Basis aquifer                                    | 2752                     | 2578                           |                         | mAH           |
| "                                                | 2440                     | 2454                           |                         | mTVD          |
| Netto dikte aquifer                              | 83.4                     | 57                             |                         | mTVD          |
| Netto/bruto aquifer                              | 89                       | 64                             |                         | %             |
| Gemiddelde porositeit aquifer                    | 18.7                     | 18.7                           |                         | %             |
| Zoutgehalte formatiewater uit gradient           | 120                      | 130                            |                         | Gr/L NaCl/ppm |
| Zoutgehalte formatiewater uit sample             |                          |                                |                         | ppm           |
| Verwachte max. temperatuur geproduceerd          | 85.7                     | 87.5                           |                         | °C            |
| Casing 20"                                       | 1158                     | 1076                           |                         | m tv          |
| Casing 13 5/8"                                   | 2168                     | 2295                           |                         | m tv          |
| Casing 9 5/8"                                    |                          | 2516                           |                         | m tv          |
| Diameter boorgat bij aquifer                     | 13 5/8                   | 9 5/8                          |                         | inch          |
| Top productie interval                           | 2604                     | 2451                           |                         | mAH           |
| '                                                | 2312                     | 2358                           |                         | mTVD          |
| Basis productie interval                         | 2752                     | 2569                           |                         | mAH           |
| '                                                | 2440.4                   | 2444                           |                         | mTVD          |
| Locatie pomp                                     | 752                      | 721.7                          |                         | mTVD en mAH   |
| Locatie meetsonde voor druk                      | 752                      | 737.1                          |                         | mTVD en mAH   |
| locatie diepe wireline gauge                     | 2600                     | 2259.8                         |                         | mAH           |
| '                                                | 2317                     | 2197.1                         |                         | mTVD          |
| <b>Clean up gegevens</b>                         |                          |                                |                         |               |
| Debiet vs. Tijd                                  |                          |                                |                         |               |
| fase 1                                           | 215 m3/1 uur/64.4 bar    | 219 m3/0:35 uur/62.9 bar       |                         |               |
| fase 2                                           | 327 m3/1 uur/61.1 bar    | 288 m3/0:30 uur/60.9 bar       |                         |               |
| fase 3                                           | 428 m3/2 uur/57.1 bar    | 388 m3/0:16 uur/55.9 bar       |                         |               |
| fase 4                                           | 226 m3/2 uur/64.7 bar    | 450 m3/1 uur/53.3 bar          |                         |               |
| fase 5                                           | 427 m3/3:30 uur/56.4 bar | 215 m3/2:20 uur/61.5 bar       |                         |               |
| fase 6                                           | x                        | 281 m3/1 uur/59.7 bar          |                         |               |
| fase 7                                           | x                        | 252 m3/3:50 uur/55.6 bar       |                         |               |
| fase 8                                           | 0/20:30 uur/70.65 bar    | 0/9:30 uur/68.9 bar            |                         |               |
| Duur                                             | 30 uur                   | 33 uur                         |                         |               |
| <b>Uitkomsten test interpretatie en analyses</b> |                          |                                |                         |               |
| skin                                             | 1.4                      | 0.48-0.81                      |                         | [-]           |
| Hnett                                            | 80                       | 57                             | 68.5                    | m             |
| k                                                | 700                      | 800                            | 750                     | mD*m          |
| kH                                               | 58.1                     | 45.6                           | 51.85                   | mD*m          |
| PI                                               | 25                       | 21                             | 23                      | m3/h/bar      |
| <b>Deviatie NLW-GT-01</b>                        |                          |                                |                         |               |
| Diepte langs boorgat                             | Diepte                   | East                           | North                   |               |
| 0                                                | 0                        | 76147                          | 445237                  |               |
| 2604                                             | 2312                     |                                |                         |               |
| mid reservoir ~2670                              | 2376                     |                                |                         |               |
| 2752                                             | 2440                     |                                |                         |               |
| <b>Deviatie NLW-GT-02-S1</b>                     |                          |                                |                         |               |
| Diepte langs boorgat                             | Diepte                   | East                           | North                   |               |
| 0                                                | 0                        | 76154                          | 445230                  |               |
|                                                  | 2365                     | 551                            | -169                    |               |
| mid reservoir                                    | 2390                     | 576                            | -176                    |               |
|                                                  | 2454                     | 623                            | -191                    |               |
|                                                  |                          | Doublet spacing mid reservoir: |                         | 1448          |

## 8.7 Appendix 4: Doublet Calc 2D input parameters

| REGION OF INTEREST |                                                                                                       |   |    |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|
| xmin               | 174000.0                                                                                              | m | nx |
| xmax               | 78000.0                                                                                               | m | ny |
| ymin               | 442500.0                                                                                              | m |    |
| ymax               | 447000.0                                                                                              | m |    |
| grid geometry      | Top Delft from model_DC2D <input type="button" value="use grid"/> <input type="button" value="view"/> |   |    |

| AQUIFER PROPERTIES   |          |        |                                                                                                        |
|----------------------|----------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| initial temperature  | 86.0     | C      | Temperature_DC2D <input type="button" value="use value"/> <input type="button" value="view"/>          |
| aquifer depth        | 2250.0   | m      | Top Delft from model_DC2D <input type="button" value="use value"/> <input type="button" value="view"/> |
| (cell) thickness     | 58.0     | m      | Thickness from model <input type="button" value="use value"/> <input type="button" value="view"/>      |
| porosity             | 0.188    | -      | none <input type="button" value="use grid"/> <input type="button" value="view"/>                       |
| net to gross         | 0.92     | -      | none <input type="button" value="use grid"/> <input type="button" value="view"/>                       |
| actnum               | 1.0      | -      | none <input type="button" value="use grid"/> <input type="button" value="view"/>                       |
| permeability in xdir | 800.0    | mDarcy | Perm <input type="button" value="use value"/> <input type="button" value="view"/>                      |
| permeability in ydir | 800.0    | mDarcy | Perm <input type="button" value="use value"/> <input type="button" value="view"/>                      |
| water salinity       | 140000.0 | ppm    |                                                                                                        |

| CALCULATION SETTINGS                         |      |     |  |
|----------------------------------------------|------|-----|--|
| time end production                          | 30.0 | yrs |  |
| time end analysis                            | 30.0 | yrs |  |
| output interval                              | 1.0  | yrs |  |
| output/calculation interval after production | 60.0 | yrs |  |

| ADVANCED AQUIFER PROPERTIES     |         |           |  |
|---------------------------------|---------|-----------|--|
| storage capacity                | 11.0E-9 | m3 Pa-1   |  |
| water conductivity              | 0.6     | W K-1 m-1 |  |
| temperature dependent viscosity | yes     |           |  |
| viscosity                       | 0.001   | Pa s      |  |
| temperature dependent density   | yes     |           |  |

| ADVANCED ROCK PROPERTIES       |        |            |  |
|--------------------------------|--------|------------|--|
| rock conductivity              | 4.0    | W K-1 m-1  |  |
| heat capacity                  | 1000.0 | J kg-1 K-1 |  |
| rock density                   | 2700.0 | kg m-3     |  |
| Young's modulus                | 9.0E9  | Pa         |  |
| Poisson's ratio                | 0.35   |            |  |
| compaction coefficient         | 1.0E-5 | bar-1      |  |
| thermal compaction coefficient | 2.0E-5 | C-1        |  |

| OUTPUT SETTINGS                  |       |  |  |
|----------------------------------|-------|--|--|
| output fileformat                | ZYCOR |  |  |
| output VTK (ParaView) fileformat | no    |  |  |
| write debug output grids         | no    |  |  |

| CALCULATION SETTINGS |     |  |  |
|----------------------|-----|--|--|
| cooling 3D           | yes |  |  |
| calculate subsidence | yes |  |  |
| no flow boundary     | no  |  |  |

|                        | Well 0     | Well 1    | Well 2     | Well 3     |      |
|------------------------|------------|-----------|------------|------------|------|
| name                   |            |           |            |            |      |
| x                      | 75643.695  | 76735.535 | 75902.21   | 76497.85   | m    |
| y                      | 446142.655 | 445051.67 | 444834.155 | 443760.645 | m    |
| well diameter          | 9.5        | 9.5       | 9.5        | 9.5        | inch |
| well skin              | 0.0        | 0.0       | 0.0        | 0.0        | -    |
| well excess pressure   | 30.0       | 30.0      | 30.0       | 30.0       | bar  |
| well (inj) temperature | 31.0       | -1.0      | -1.0       | 31.0       | C    |
| well flow rate         | 355.0      | -355.0    | -300.0     | 300.0      | m3/h |
| pressure constraint    | no         |           |            |            |      |



## 8.8 THP Berekening

Om putbodemdruk (BHP) te vertalen naar putmonddruk maakt HVC gebruik van THP-BHP bepaling zoals vastgelegd in een eigen procedure. De procedure maakt gebruik van industriestandaard methodes en kan op verzoek gedeeld worden.

In deze bijlage wordt de input en output gedeeld specifiek voor NLW-GT-04.

### Input

|                        | Parameter                    | Waarde       | Beschrijving                                                             |
|------------------------|------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Vloeistofeigenschappen | Zoutgehalte                  | 130 g/L      | Zoutgehalte TW                                                           |
|                        | Dichtheid                    | 1.086 kg/ltr | Berekend uit zoutgehalte en temperatuur (Batzle & Wang, 1992).           |
|                        | Viscositeit                  | 0.994 mPa.s  | Berekend uit zoutgehalte en temperatuur (Batzle & Wang, 1992).           |
| Puteigenschappen       | Absolute ruwheid 13Cr casing | 0.05 mm      | Gemeten waarden absolute ruwheid van 13 CR pijp. (Farshad & Rieke, 2006) |
|                        | Absolute ruwheid GRE         | 0.04 mm      | Gegeven door(Farshad & Rieke, 2006)                                      |

### Output NLW-GT-04

| Q                    | $\Delta P_{fric}$ | $\Delta P_{stat}$ | $\Delta P_{BHP-THP}$ |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| [m <sup>3</sup> /hr] | [bar]             | [bar]             | [bar]                |
| 0                    | 0.0               | 240.1             | 240.1                |
| 50                   | 0.2               | 240.1             | 239.9                |
| 100                  | 0.8               | 240.1             | 239.3                |
| 150                  | 1.8               | 240.1             | 238.3                |
| 200                  | 3.1               | 240.1             | 237.0                |
| 250                  | 4.7               | 240.1             | 235.4                |
| 300                  | 6.7               | 240.1             | 233.5                |
| 355                  | 9.2               | 240.1             | 230.9                |
| 400                  | 11.6              | 240.1             | 228.6                |
| 450                  | 14.5              | 240.1             | 225.6                |