



Winningsplan TWL-01 NLW-GT-01/02

Datum: 31 maart 2020 – versie 2.0
Geschreven door: 
Gecontroleerd door: 

Inhoudsopgave

0	Inleiding	4
0.1	Wettelijk kader	4
0.2	Verantwoorde winning – veilig voor mens en milieu	5
0.2.1	Veiligheidsbeheersing en milieuzorg	5
0.2.2	Veiligheid- en Gezondheidsdocument	6
0.2.3	Risicomanagement	7
0.2.4	Noodplan	7
0.2.5	Integriteit van de putten (WIMS)	8
0.2.6	Integriteit van de bovengrondse installatie	8
0.3	Procedure en Publiekscommunicatie	8
1	Locatie en beschrijving van het geothermisch systeem	10
1.1	Locatie en beschrijving van het geothermisch systeem	10
1.2	Beschrijving van geothermisch systeem	11
1.2.1	Werking van de mijnbouwinstallatie	11
2	Beschikbare en gebruikte putten en seismische data	13
2.1	Keuze van de referentieputten en putinformatie	13
2.2	Seismische gegevens	15
2.3	Coördinatensysteem	16
2.4	Beschrijving van de putten	17
2.4.1	Injectieput NLW-GT-01	17
2.4.2	Productieput NLW-GT-02-S1	20
2.5	Aquifer karakteristiek	22
2.5.1	Diepte, structuur en dikte	22
2.5.2	Beschrijving van breuken	23
2.5.3	Correlatiediagram	24
2.5.4	Seismische secties	27
2.5.5	Aquifer karakteristieken	29
2.6	Formatiewater karakteristiek	35
2.7	Reservoir modellering	36
2.7.1	Doublet Calc	36
2.7.2	Eclipse model	38
3	Wijze van winning	42
3.1	Beschrijving winning	42
3.1.1	Metingen bovengrondse installatie	42
3.1.2	Productieprognose	43
3.2	Duur van winning	44
3.3	Toekomstige ontwikkeling	44
3.4	Interferentie	45
3.4.1	Olie- & gaswinning	45
3.4.2	Geothermie	46
4	Bodembeweging	48
4.1	Bodemdaling	48
4.2	Bodemtrilling	48

4.2.1	Monitoring van bodemtrillingen	48
4.3	Inventarisatie van gevaar op bodemtrillingen- Quick-Scan	50
4.4	Locatie specifiek Seismisch Gevaar Analyse (SHA)	53
4.5	Locatie specifiek Seismisch Risico Analyse (SRA)	53
4.6	Nadelige gevolgen	53
5	Appendices	54
5.1	Appendix 1: Samenstelling reservoir water NLW-GT-02-S1	54
5.2	Appendix 2: Maximale injectiedruk	55
5.3	Appendix 3: Doublet Calc 2D input parameters	58
5.4	Appendix 4: Details dynamisch model	59
5.5	Appendix 5: SHA quickscan	60
5.5.1	Level 1A	60
5.5.2	Level 1B – Quick Scan scoring tabel	61
5.5.3	Level 1C	67
5.6	Bijlage 6: TWL-02 geologisch rapport	67
5.7	Bijlage 7: SHA rapport	67

0 Inleiding

Trias Westland B.V. (TWL) heeft in Naaldwijk een geothermie project gerealiseerd waarbij aardlagen van de Schieland Groep (Delft en Alblasserdam) in dit glastuinbouwgebied geschikt zijn gebleken voor de productie van aardwarmte. Op basis van productietesten van het eerste doublet is een warmtenet aangelegd dat aardwarmte gaat leveren aan een collectief van minimaal 26 en maximaal 32 glastuinbouwbedrijven. Momenteel wordt er geproduceerd op basis van het uitvoeren een langdurige ingebruikname test (vanaf 15 juli 2019).

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.

De winningsvergunningsaanvraag voor het eerste geothermiedoublet van Trias Westland (TWL-01: NLW-GT-01/02) is ingediend op 16 november 2018. De winningsvergunning is verleend op 19 december 2019. Dit winningsplan wordt in navolging van de winningsvergunningsaanvraag ingediend in het kader van Artikel 34 van de Mijnbouwwet door TWL. In het winningsplan wordt onder meer aangegeven wat de voorgenomen jaarlijkse winning is gedurende de looptijd van het plan (Artikel 35 van de Mijnbouwwet) voor dit eerste geothermiedoublet. De versie die nu voorligt is een update van het winningsplan wat eerder is ingediend op 12 april 2019. Omdat het winningsplan voor TWL-01 zal worden behandeld in combinatie met een aantal eveneens in 2019 ingediende winningsplannen van omliggende aardwarmteprojecten, zal behandeling vanaf het tweede kwartaal 2020 plaatsvinden. Dit biedt de mogelijkheid om de nadere inzichten vanuit de langdurige ingebruikname test en tevens de resultaten van de inmiddels uitgevoerde Seismic Hazard Assessment level 2 (SHA-L2) in deze update mee te nemen.

Momenteel worden de voorbereidingen getroffen voor de realisatie van het tweede doublet vanaf dezelfde mijnbouwlocatie (TWL-02; NLW-GT-03/04) in dezelfde geologische formatie (Schieland Groep). De verwachting op dit moment is dat de putten van TWL-02 vanaf het tweede kwartaal 2020 geboord gaan worden. Deze twee doubletten zullen deel uitmaken van één geothermisch systeem zoals geschetst in de winningsvergunningaanvraag onder paragraaf 2.5 'Mogelijke toekomstige ontwikkelingen'. Deze update van het winningsplan wordt ingediend voor de volledige winningsperiode die op basis van alleen het eerste doublet wordt voorzien. Daarnaast wordt er, vooral op gebied van reservoir modelling, een doorkijk gegeven naar het systeem zoals het er uiteindelijk uit komt te zien op basis van beide doubletten. Onder het tijdelijk beleidskader vooruitlopend op de nieuwe mijnbouwwetgeving voor aardwarmtewinning is voor het tweede doublet een zogenaamde pre-drill winningsvergunningaanvraag en een pre-drill winningsplan ingediend. Deze hebben een beperkte geldigheidsduur bij verlening en instemming (2 jaar met maximaal 1 jaar verlenging). Bij van kracht worden van de nieuwe mijnbouwwetgeving zal onder overgangsrecht vanuit de bestaande wetgeving en het tijdelijk beleidskader moeten worden vastgesteld hoe het tweede doublet middels actualisatie van dit winningsplan voor het eerste doublet wordt samengevoegd tot een winningsplan voor één geothermisch systeem bestaande uit twee doubletten voor de langdurige winningsfase.

0.1 Wettelijk kader

Het winnen van delfstoffen en aardwarmte vanuit een voorkomen geschiedt ex artikel 34, eerste lid, van de Mijnbouwwet overeenkomstig een winningsplan, dat bij het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat wordt ingediend. Daarbij hoort de volgende omschrijving:

De vergunninghouder wordt verplicht een winningsplan op te stellen. In dat plan zal hij moeten aangeven op welke wijze en in welk tempo hij de aardwarmte wil winnen. Dit winningsplan is van belang om te kunnen bezien of de hoeveelheid te winnen aardwarmte, de wijze en het tempo van winning in lijn zijn met efficiënt planmatig beheer. Tevens kan het plan worden bezien in het licht van een zorgvuldige winning met het oog op bodembewegingseffecten: bodemdaling en bodemtrilling.

De minister van EZK kan zijn instemming met het opgestelde winningsplan slechts geheel of gedeeltelijk weigeren (art 36 Mbw):

- a) indien het in het winningsplan aangeduide gebied door Onze Minister niet geschikt wordt geacht voor de in het winningsplan vermelde activiteit om reden van het belang van de veiligheid voor omwonenden of het voorkomen van schade aan gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan,
- b) in het belang van het planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen,
- c) indien nadelige gevolgen voor het milieu ontstaan, of
- d) indien nadelige gevolgen voor de natuur worden veroorzaakt.

In het winningsplan wordt onder meer aangegeven welke de voorgenomen jaarlijkse winning is gedurende de looptijd van het plan (art 35 Mbw). Als een voorgesteld winningsplan de instemming van de Minister van Economische Zaken en Klimaat heeft gekregen, zal de winning overeenkomstig het plan plaats moeten vinden. Het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) houdt hier toezicht op.

Als bodembeweging (bodemdaling of bodemtrillingen) te verwachten is zal het winningsplan een beschrijving moeten bevatten van eventuele nadelige gevolgen voor natuur en milieu en veiligheid van omwonenden en de (voorgenomen) maatregelen om deze gevolgen op te vangen. 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.

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 vergunning regime van de WABO.

Op de voorbereiding van dit 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.

0.2 Verantwoorde winning – veilig voor mens en milieu

0.2.1 Veiligheidsbeheersing en milieuzorg

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

TWL is een zelfstandige entiteit en stelt eigen doelstellingen op. Voor het opstellen van het topdocument en de diverse onderdelen van het managementsysteem is gebruik gemaakt van de bestaande systemen van Westland Infra die gecertificeerd zijn voor ISO 9001, ISO 14001, ISO 55001 en VCA**. Westland Infra is de regionaal netbeheerder in het afnemersgebied en onderdeel van N.V. Juva, moederbedrijf van aandeelhouder in TWL Capturam.

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.

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 niveau te worden beheerst. Met een transparant systeem van veiligheidsbeheersing en milieuzorg kan aan de stakeholders worden aangetoond dat TWL in control is.

0.2.2 Veiligheid- en Gezondheidsdocument

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

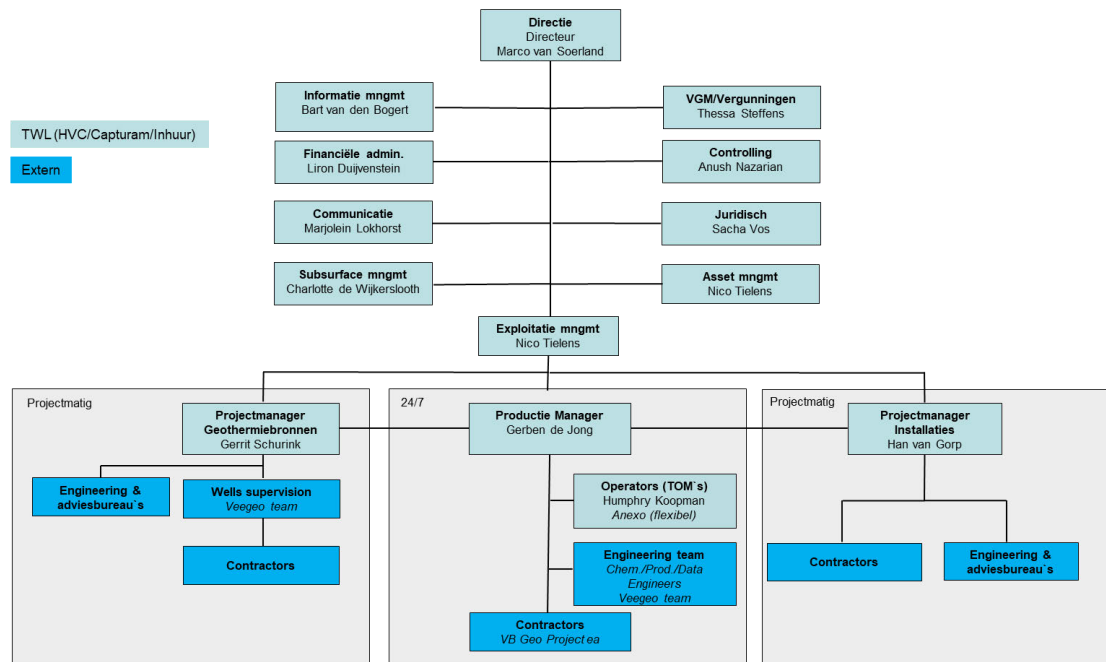
In deze documenten zal beschreven zijn:

- 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.

Het VG document gedetailleerd ontwerp, opstarten en gebruik is op 25 februari 2019 ingediend bij Staatstoezicht op de Mijnen. 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.

Ten opzichte van de aanvraag winningsvergunning (ingediend in november 2018) is in het VG document en het plan voor de initiële periode van ingebruiknametest een aangepaste uitvoering aangegeven voor de overgang van de constructiefase naar de exploitatiefase wat betreft het invullen van de benodigde competenties voor de langdurige exploitatiefase. In de aanvraag winningsvergunning werd er van uitgegaan dat de projectmanager voor de constructiefase (Leon Blokland) mee zou gaan als productie manager naar de exploitatiefase om continuïteit te verkrijgen. Gezien het niet permanent/exclusief beschikbaar zijn van Leon Blokland is vanaf de start van de bouw van de bovengrondse installaties (oktober 2018) gekozen voor een permanente invulling van de functie van supervisor/beheerder (Gerben de Jong) onder de overall projectmanager van alle constructieactiviteiten op de mijnbouwlocatie die via de commissioning & inbedrijfstelling overgaat in de exploitatiefase als senior technisch operationeel medewerker. In voorbereiding op de constructiefase is vanaf november 2018 de functie van productie manager gefaseerd ingevuld (Bart van den Bogert) onder begeleiding van Leon Blokland. De technische ondersteuning (engineering team) voor de exploitatiefase is ondergebracht bij Veegeo B.V., waarvan de medewerkers in de gehele realisatiefase van het project betrokken zijn geweest bij ontwerp, aanleg en beheeraspecten van het geothermisch systeem. Zie weergegeven in het organisatieschema voor de exploitatiefase.

MS 06.01.03 Organogram Exploitatiefase



0.2.3 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.

0.2.4 Noodplan

In overeenstemming met Nederlandse arbeidswetgeving, voorschriften en vereisten uit het Mijnbouwbesluit, heeft TWL een Noodplan ontwikkeld 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 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.

0.2.5 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;
- liner-hangers;
- 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 liners zijn na installatie gemeten (nulmeting) met een casing wanddikte meting en er is een cement bond log uitgevoerd.

Ter bescherming van deze primaire casing is gekozen voor een binnenbuis van Glass Reinforced Epoxy (GRE). Deze binnenbuis zorgt ervoor dat het corrosieve water niet in contact komt met het staal van de casing. Deze binnenbuis creëert een B-annulus tussen de stalen casing en de GRE binnenbuis, welke continu gemonitord wordt met bijbehorende beveiligingsprotocollen. Bij geen afwijkingen van de druk in de annulus kan een logging frequentie van 15 jaar worden aangehouden. Indien er toch afwijkingen zijn, zal er een wireline onderzoek gestart worden. Het resultaat hiervan bepaalt de vorm van adequate handeling (reparatie/vervanging) en daarmee de bescherming van de primaire barrière.

0.2.6 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 er zal een conformiteitsverklaring worden afgegeven.

De doelstellingen zijn:

- het bereiken van een ongeval vrije werkplek;
- het elimineren 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.

0.3 Procedure en Publiekscommunicatie

TWL heeft regelmatig persoonlijk contact met de direct omwonenden en overige belanghebbenden. Met voldoende, tijdige, duidelijke en eerlijke communicatie behouden we draagvlak bij omwonenden. Tijdens keukentafelgesprekken zijn direct omwonenden vooraf goed geïnformeerd over de werkzaamheden, de impact en eventuele risico's.

Voorafgaand aan en gedurende de opsporings- en boorfase van TWL zijn er meerdere bewonersavonden georganiseerd waarbij het hebben van persoonlijk contact en het onderhouden van de onderlinge relatie het doel

is. Betrouwbaar handelen naar de omgeving is daarbij het uitgangspunt (en vormt tevens de basis voor nieuwe op te zetten projecten in het Westland en daarbuiten).

Tijdens de contracteringsfase zijn afspraken met de aannemende partijen gemaakt over (preventieve) beschermingsmaatregelen met als doel zorgvuldig omgaan met de gerechtvaardigde belangen van omwonenden. Waar mogelijk zijn maatregelen ondernomen om de overlast te minimaliseren. Praktische voorbeelden zijn: maatregelen op maat in woningen van omwonenden, plaatsing van containers om de geluidsoverlast te dempen, aanpassen van verlichting op het terrein. Ook zijn de omwonenden actief om feedback gevraagd over de werkzaamheden en de mate waarin zij overlast hebben ervaren.

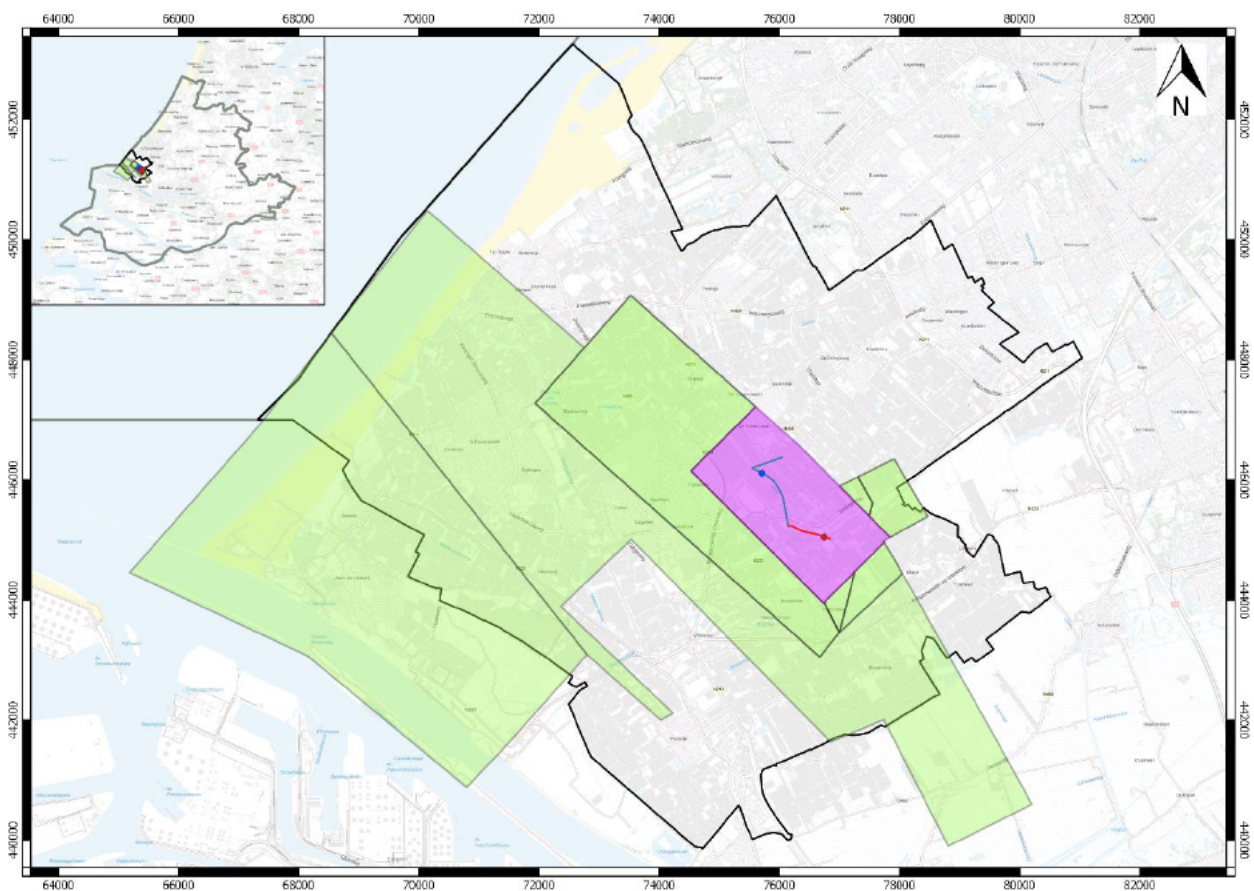
Gedurende het project zijn diverse communicatiemiddelen ingezet: de website van TWL, digitale nieuwsbrief met ontwikkelingen, omwonenden-appgroep voor direct contact. Voorafgaand aan de exploitatiefase worden de omwonenden uitgenodigd voor een bezoek op de geothermielocatie en een rondleiding door het pomphuis. Middels een persbericht aan de lokale media, in de nieuwsbrief en op de website van TWL wordt een breder publiek geïnformeerd over de inbedrijfstelling en het winningsplan. Tijdens de exploitatiefase is een vast contactpersoon beschikbaar voor vragen en meldingen en op vaste momenten zal navraag worden gedaan naar de beleving van de direct omwonenden.

1 Locatie en beschrijving van het geothermisch systeem

1.1 Locatie en beschrijving van het geothermisch systeem

De putten NLW-GT-01 en NLW-GT-02-S1 vormen samen het doublet TWL-01. Dit doublet is in 2018 gerealiseerd in Naaldwijk, adres Lange Broekweg 70B.

De locatie van het geothermisch systeem TWL-01 is gegeven in Figuur 1. Hierin is het bereik van de provincie Zuid Holland aangegeven (zie inzet), de gemeente Westland (zwarte kaderlijnen) en de opsporingsvergunningen (groene vlakken) die betrekking hebben op TWL-01 (Tabel 1). Ook is het gebied van de aangevraagde winningsvergunning (blauwe stippellijnen) weergegeven in relatie tot de putpaden en de mid-reservoir punten in de ondergrond.



Figuur 1 Locatie geothermisch systeem TWL-01

Tabel 1 Opsporingsvergunningen, verleend en in aanvraag

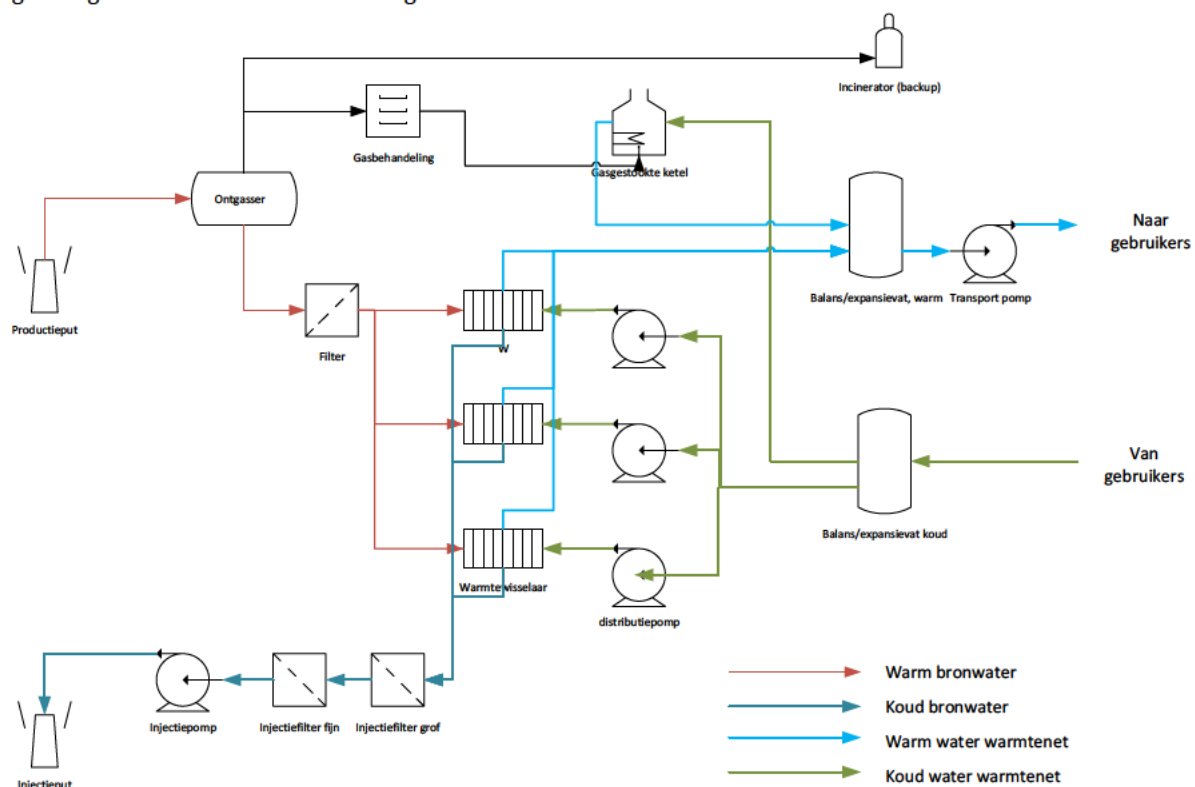
Vergunning	Vergunninghouder	Oppervlakte (km ²)	Verleend/verlengd	In werking
Naaldwijk (winningsvergunning)	Trias Westland B.V.	8.45	Verleend	19-12-2019
Naaldwijk 3	Trias Westland B.V.	10.07	Verlengd	18-01-2018
De Lier IV	Trias Westland B.V.	1.96	Verlengd	18-01-2018
De Lier V	Trias Westland B.V.	1.64	Verleend	08-03-2019
Westland Zuidwest*	Energie Transitie Partners B.V.	52.29	Verleend	28-02-2019

1.2 Beschrijving van geothermisch systeem

1.2.1 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 weer in de diepe ondergrond terug gebracht. De installatie is ontworpen voor een maximaal debiet van 430 m³/h bronwater met een maximale temperatuur 88 °C en maximale operationele druk van 16 bar. De retourtemperatuur zal ongeveer 35 °C bedragen.

Figuur 2 geeft een schematische weergave van de installatie weer.



Figuur 2 Schematische weergave van de mijnbouwinstallatie

Het bronwater wordt met behulp van een bronpomp (ESP) opgepompt en in een ontgasser ontdaan van uittredend opgelost aardgas. Per m³ bronwater wordt een productie van ~1 Nm³ gas verwacht. In een filter wordt het bronwater ontdaan van meegesleurde vaste bestanddelen om vervolgens door middel van drie parallelle warmtewisselaars (twee in bedrijf, een in stand-by) de warmte over te dragen aan het secundaire distributienetwerk. Het afgekoelde bronwater (met daarin uitgekristalliseerd zout) wordt gefilterd door twee filters - een grof en een fijn filter - in druk verhoogd door een injectiepomp en opnieuw via de injectieput in de oorspronkelijke formatie in de diepe ondergrond gebracht.

Het aan het bronwater opgewarmde water in het warmtedistributienetwerk wordt in druk verhoogd met een transportpomp 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. Daar wordt het water via drie distributiepompen over de drie warmtewisselaars verdeeld om wederom in temperatuur verhoogd te worden.

Het geproduceerde gas wat wordt afgescheiden van het bronwater in de ontgasser wordt na conditionering verbrand in een gasgestookte ketel (boiler). De warmte die daarbij vrijkomt wordt gebruikt om een gedeelte van het retourwater uit het warmtedistributienetwerk op te warmen en wordt, tezamen met het water dat reeds is opgewarmd in de warmtewisselaars, naar de verbruikers getransporteerd. Indien onverhoopt de ketel uitvalt wordt het gas verbrand in een incinerator. Deze incinerator, de gasverbrander, is een back-up installatie en is normaliter niet in bedrijf.

De lay-out en foto van de mijnbouwlocatie zijn weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3 Lay-out en foto van de mijnbouwlocatie

2 Beschikbare en gebruikte putten en seismische data

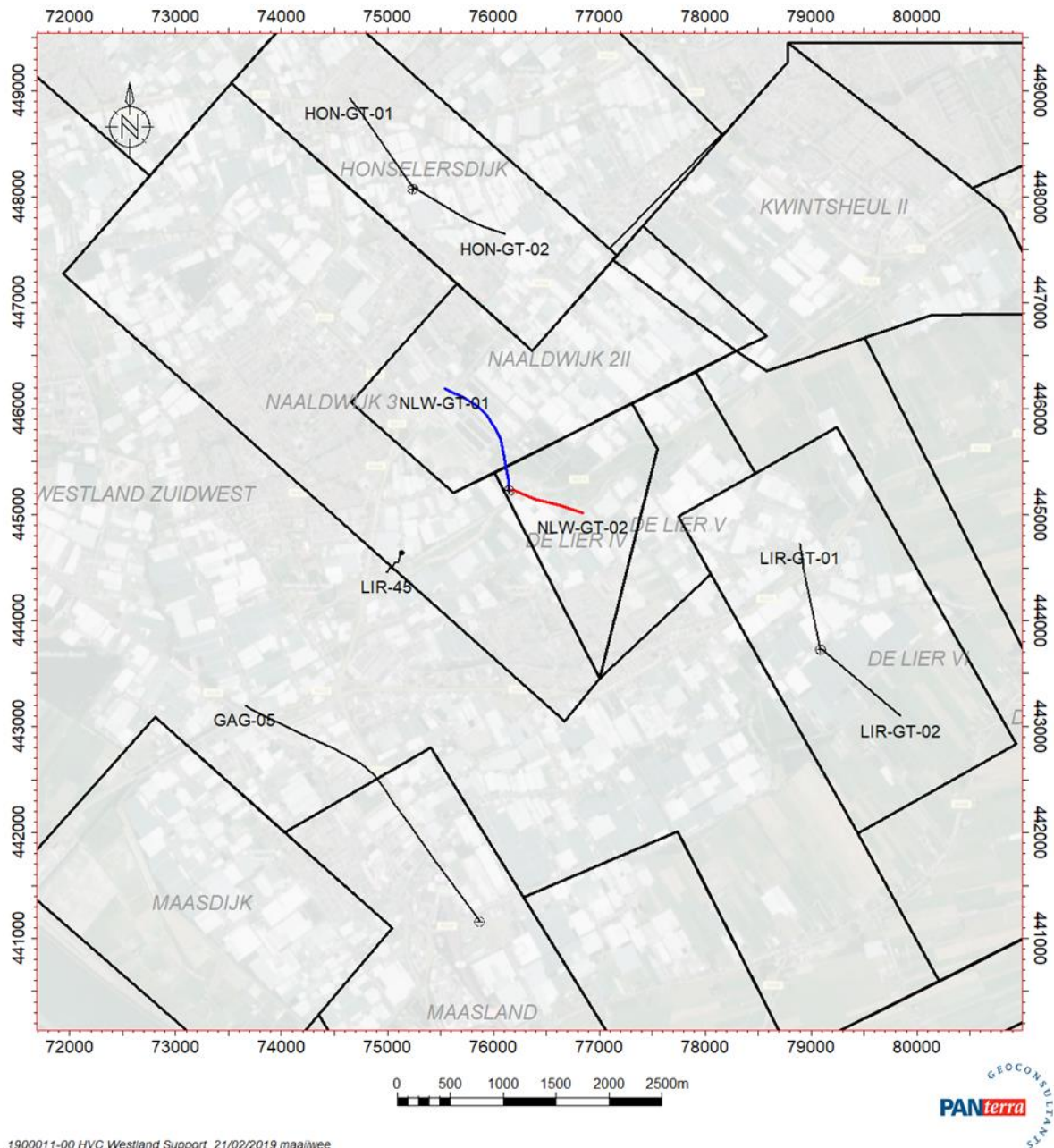
2.1 Keuze van de referentieputten en putinformatie

In deze paragraaf wordt beschreven welke boringen zijn gebruikt voor de seismische interpretatie, de aquifer karakterisering en de waterevaluatie. De referentieputten zijn weergegeven in Tabel 2 en Figuur 4. Deze selectie van putten is gemaakt op basis van nabijheid, data beschikbaarheid en kwaliteit en reservoir karakteristieken. Zoals te zien in Figuur 4 is er een grote data dichtheid rond NLW-GT-01 en NLW-GT-02-S1.

Tabel 2 Boringen die zijn gebruikt voor de seismische interpretatie, aquifer karakterisering en waterevaluatie

Put	Jaartal	Seismiek (correlatie of QC snelheidsmodel)	Petrofysica	Correlatie	Notities
GAG-05	1998	Ja	Ja*	Ja	
HON-GT-01	2012	Ja	Ja	Ja	
HON-GT-02	2012	Ja	Ja	Ja	
LIR-45	1982	Ja	Ja	Ja	
LIR-GT-01	2014	Ja	Ja		Geen publieke log data
LIR-GT-02	2014	Ja	Ja		Geen publieke log data
MON-02	1982		Ja*		
MON-03	1990		Ja*		
NLW-GT-01	2018	Ja	Ja	Ja	
NLW-GT-02	2018	Ja	Ja	Ja	

* Petrofysische interpretatie is uitgevoerd door TNO in 2013 (www.nlog.nl)



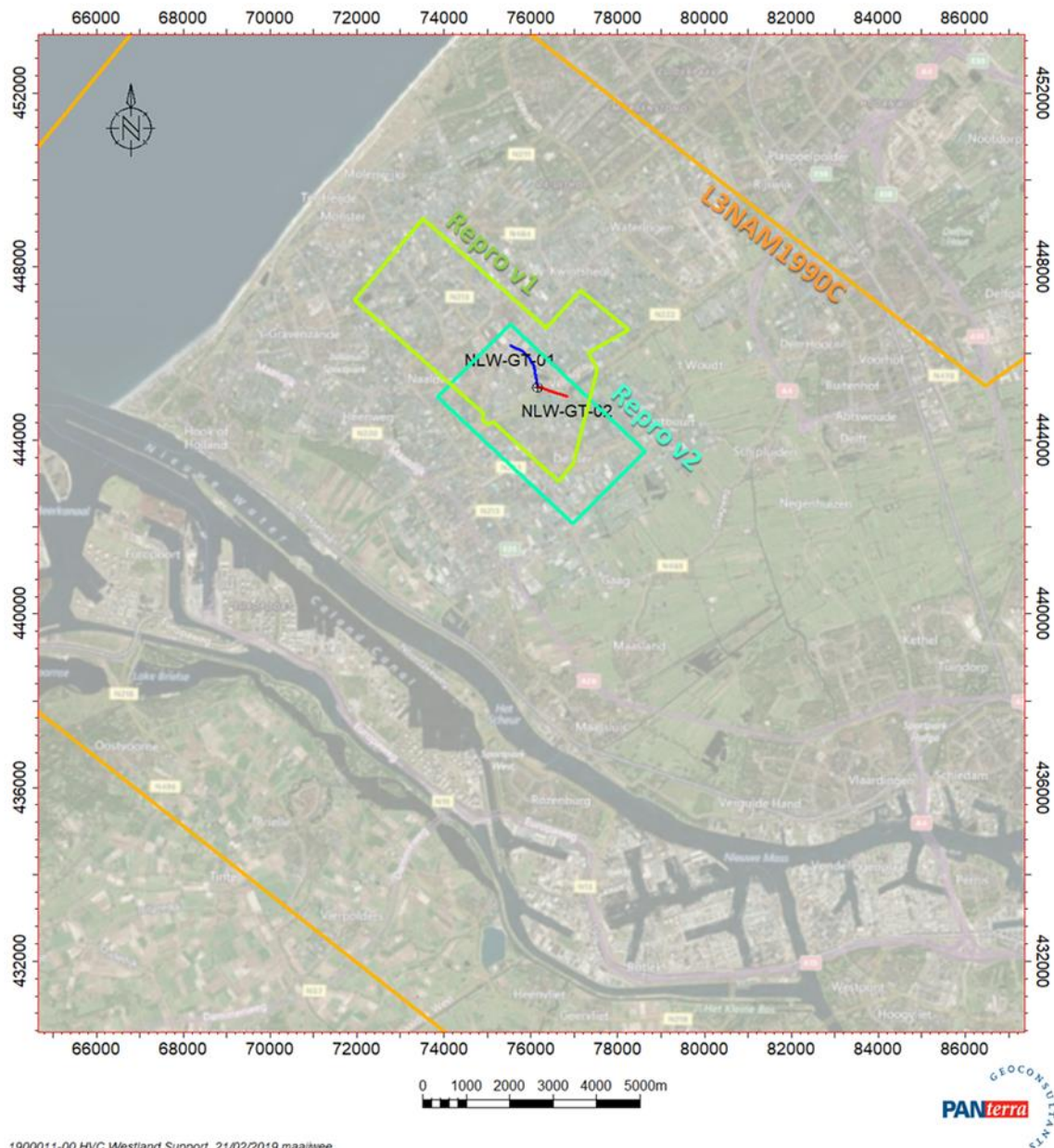
1900011-00 HVC Westland Support 21/02/2019 maa/jw/ee

Figuur 4 Geografische verspreiding referentieputten

2.2 Seismische gegevens

Voor de seismische interpretatie zijn verschillende seismische surveys gebruikt:

- L3NAM1990C
- NAM reprocessing op L3NAM1990C- v1 (2015)
- NAM reprocessing op L3NAM1990C - v2 (2015)



1900011-00 HVC Westland Support 21/02/2019 maaijwee

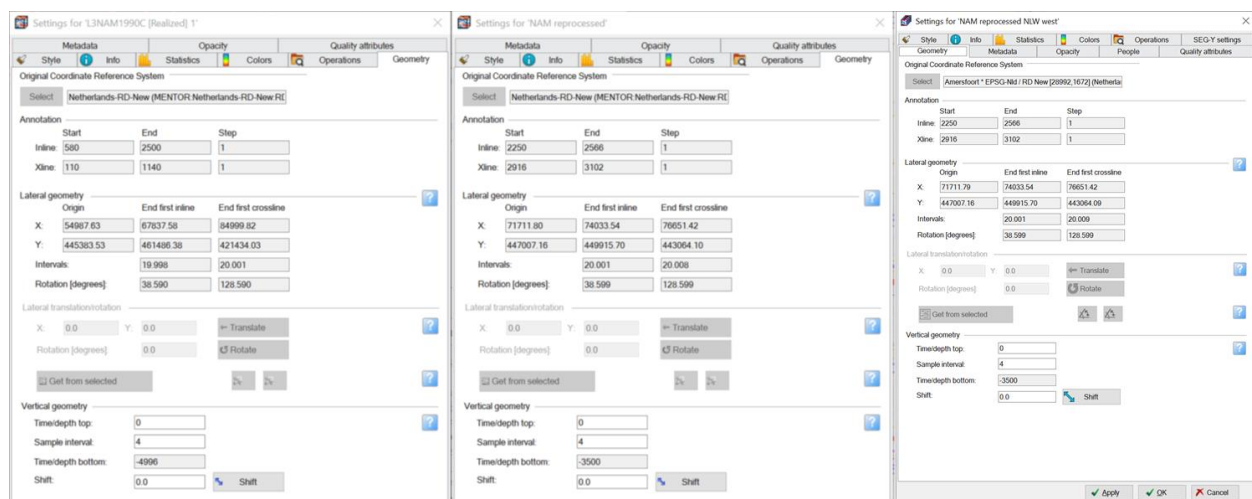
Figuur 5 Bereik van seismische surveys

Rondom de putten van TWL-01 is een reprocessing seismische dataset uit 2015 (in tijd) beschikbaar gesteld door de NAM. De reprocessing heeft plaatsgevonden op de originele dataset L3NAM1990c die een groter bereik beslaat, buiten het bereik van de reprocessing is deze dataset gebruikt voor de seismische interpretatie. De correlatie tussen de twee seismische datasets is goed, er waren geen correcties nodig. De reprocessing is van betere kwaliteit met continue reflecties, ruis reductie en betere breukdefinitie. Het bereik van beide surveys is weergegeven in Figuur 5. Beide surveys zijn “zero phase” zoals aangegeven in de koptekst en opgenomen in SEG formaat. Voor alle figuren in dit rapport is een trog een toename in impedantie (hard-kick) en een negatieve amplitude.

Definitie van de kwaliteit van seismiek kan in vier categorieën worden opgedeeld:

1. **Slecht.** De resolutie van het seismisch survey is onvoldoende om de top en basis van het reservoir (of nabije reflector) te identificeren. Ook kan de positie en/of aanwezigheid van breuken niet worden bepaald.
2. **Beperkt.** De top en basis van het geothermisch reservoir, een nabije reflector van de top en basis van het reservoir en/of de aanwezigheid van breuken kunnen worden geïnterpreteerd met een hoge mate van onzekerheid op basis van de beschikbare seismiek.
3. **Redelijk.** De top en basis van het reservoir, een nabije reflector en/of de aanwezigheid van breuken kunnen met redelijke zekerheid worden geïnterpreteerd op basis van de beschikbare seismiek.
4. **Goed.** De top en basis van het reservoir, een nabije reflector en/of de aanwezigheid van breuken kunnen met gedetailleerd en met een kleine onzekerheidsmarge worden geïnterpreteerd op basis van de beschikbare seismiek.

De kwaliteit van L3NAM1990C is **redelijk**, maar kan op sommige plekken **slecht** zijn op reservoirniveau. Beide reprocessed surveys zijn van **goede** kwaliteit en zijn **redelijk** op reservoir niveau.



Figuur 6 Geometrie van L3NAM1990C (links) en de twee reprocessings (midden en rechts).

2.3 Coördinatensysteem

Het gebruikte coördinaatsysteem is het Rijksdriehoekstelsel. Geografische coördinaten gerelateerd aan een ander projectie systeem zijn geconverteerd naar het Rijksdriehoekstelsel.

Name:	Rijksdriehoekstelsel new
Type:	Double Stereographic
Central Meridian:	5.387638889
Origin Latitude:	52.156160556
Scale Factor:	0.999907900
False Northing:	463000.000000
False Easting:	155000.000000
Units:	Meters
Datum:	Netherlands
Ellipsoid:	Bessel 1841
Prime Meridian:	Greenwich
Transform Method:	Molodensky
Delta x (m):	593
Delta y (m):	26
Delta z (m):	478

De eenheden in dit rapport zijn weergegeven in Internationale Stelsel van Eenheden (Frans: Système international d'unités). Afstanden zijn uitgedrukt in meters of kilometers en temperaturen in graden Celsius.

2.4 Beschrijving van de putten

Op de mijnbouwlocatie bevinden zich twee putten. De injectieput NLW-GT-01 en de productieput NLW-GT-02-S1. De put ligging, lengte, diameter, verbuizing en gecementeerde intervallen staan weergegeven in de volgende tabellen en figuren.

Tabel 3 Algemene put informatie.

Putnaam	NLW-GT-01	NLW-GT-02-S1
Type put	Injectie	Productie
Spuddatum	09-11-2017	10-03-2018
Compleetie datum	05-03-2018	02-05-2018
X (RD) oppervlaktelocatie	76147	76154
Y (RD) oppervlaktelocatie	445237	445230
X (RD) einddiepte	75907	76845
Y (RD) einddiepte	446349	445016
Einddiepte (m AH)	4447	2680
Eind diepte (mTVD)	4021	2525

2.4.1 Injectieput NLW-GT-01

De onderstaande tabellen en figuren geven het schema van verbuizing, de gecementeerde intervallen en de schematische putconfiguratie van TWL-GT-01 weer.

Tabel 4 Schema verbuizing NLW-GT-01

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Roughness (")	Weight (ppf #)	Staalsoort	Type koppelingen
Conductor	0	124	0	124	30	29		0.5"WT	S355	Welded
Surface casing	0	1234	0	1149	20	18.73		133	NT95	BTC
Intermediate Liner	1091	2417	1014	2159	13 5/8	12.375		88.2	L80	VAM21
9 5/8 GRE tubing	0	2259	-	-	11.85 8.98	7.84	0.05	22 kg/m	GRE	
Liner	2427	4113	2168	3763	9 5/8	8.535		53.5	L80	VAM21
7" GRE tubing	2259	2545	-	-	8.10 7.11	6.21	0.05	12.1 kg/m		
Perforations	2595 2728	2688 2743	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 5 Gecementeerde intervallen NLW-GT-01

Item	TOC (m MD)	Lead Slurry Volume (m³)	Lead Slurry Weight (sg)	Tail Slurry Volume (m³)	Tail Slurry Weight (sg)	Type
20" casing	Surface	150	1.57	43	1.67	PozzoCemoil
13 5/8" Liner	Liner Top	107	1.67	21	1.9	PozzoCemoil/ Class G Silica

9 5/8" Liner	Liner Top	62.5	1.7	9	1.9	PozooCemoil/Class G Silica
Trias Abandonment	4018m	Bottom plug 11 m ³	1.92	Top plug 9m ³	1.92	Dyck G with Silica flour

Well Name: NLW-GT-01-I		Revision Date:		planned GRE installed		
Well Schematic	Depth		Items	OD	ID	Drift
	m AHGL	m TVDGL		In	In	In
	0	0	7-1/16" Swab valve 2x 7-1/16 + 5000PSI Gate Valves 13-5/8" 10k spool + 7" Eccentric Tubing hanger + 2 x 2-1/16" - 5000PSI Gate Valve <i>Ground Level</i>			5.94
	1.77		21-1/4" 10k wellhead spool + 13-5/8" casing hanger 1x 2-1/16" - 5000PSI Ball Valve + blind flange 13-5/8" Pupjoint Bottom Cellar			
	60	60	13 5/8" casing X/O to 9 5/8" GRE 6-5/8" 24# VAGT L80 Tubing	6.625	5.921	5.796
	93	93	Static Fluid Level			
	124	124	30" 0.5" WT S355 Welded Conductor	30.000	29.000	29.000
	300	300	KOP			
	1091		20" x 16" Liner Hanger with 16" PBR on top			13.523
	1234	1149	X/O to 13-5/8" (TOL) + 13-5/8" Lower PBR Surface Casing: 20" 133ppf NT95DE ERW BTC	20.000	18.730	18.542
	2258		9-5/8" GRE Tubing (Nominal Box OD = 11.85") 9-5/8" GRE X/O to 7" GRE + GRE/SS seal stem in PBR	9.150	7.840	7.750
	2309		13-5/8" x 9-5/8" Liner Hanger. Slips & Packer (TOL)			8.617
	2417	2159	7" GRE Tubing (Nominal Box OD = 8.10") Intermediate Liner: 13-5/8" 88.2ppf L80 VAM 21	6.970	6.210	6.110
	2482		Seal Stack (Internally coated)	13.625	12.375	12.250
	2487		7" Packer + 30ft PBR (mid Packer)		5.940	
	2595	2305	Perforation Interval 1: 2595 - 2688m AHGL			
	2728		Perforation Interval 2: 2728 - 2743m AHGL			
	3546		Cement Plug (TOC)			
	3686		Bridge Plug with 10 ft cement bailed on top (TOC)			
	4008		1.90 sg Top of Cement plug #2			
	4113	3763	Production liner: 9-5/8" 53.5ppf L80 VAM 21	9.625	8.535	8.500
	4195		1.90 sg Top of Cement plug #1			
4437	4012	8-1/2" Open Hole TD (Plugged & Abandoned)				

Figuur 7 Schematische put configuratie NLW-GT-01

2.4.2 Productieput NLW-GT-02-S1

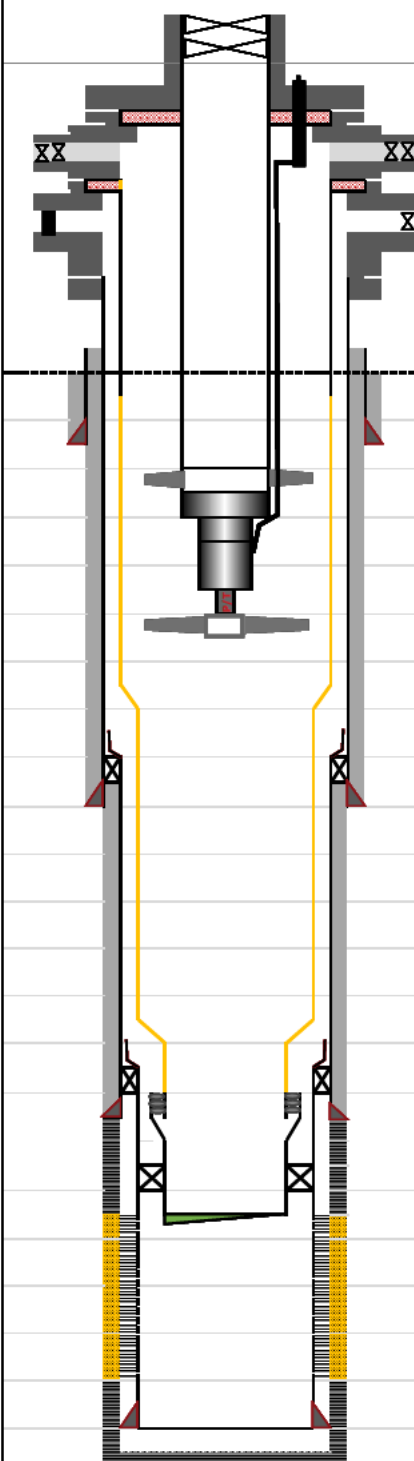
De onderstaande tabellen en figuren geven het schema van verbuizing, de gecementeerde intervallen en de schematische putconfiguratie van TWL-GT-02-S1 weer.

Tabel 6 Schema verbuizing NLW-GT-02-S1

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Roughness (")	Weight (ppf#)	Staalsoort	Type koppelingen
Conductor	0	134	0	134	30	29	0.3	0.5" WT	S355	Welded
Conductor	0	1102	0	1085	20	18.73	0.3	133	NT95	BTC
Production tubing	0	700	0	700	8 5/8	7.921		32	L80	
13 3/8 GRE	0	942	-	-	17.75	11.97	0.05	54.6 kg/m	GRE	
Intermediate liner	992	2367	976	2297	13 5/8	12.375	0.3	88.2	L80	VAM21
9 5/8 GRE	942	2275	-	-	11.85	7.84	0.05	22 kg/m	GRE	
WSS liner	2325	2642	2254	2499	9 5/8	8.535	0.3	53.5	L80	VAM21
Screen / Productie-interval	2460	2578	2365	2453	-	-	-	-	-	-

Tabel 7 Gecementeerde intervallen NLW-GT-02-S1

Item	TOC (m MD)	Lead Slurry Volume (m³)	Lead Slurry Weight (sg)	Tail Slurry Volume (m³)	Tail Slurry Weight (sg)	Type
20" casing	Surface	153	1.57	38	1.67	PozzoCemoil w/ Cement fibres
13 5/8" Liner	Liner Top	107	1.67	21	1.88	PozzoCemoil/ Class G tail

Well Name: NLW-GT-02-S1-P		Revision Date: May 7, 2019		GRE Tapered String
Well Schematic	Depth		Items	
	m AHGL	m TVDGL		
	0	0	WELLHEAD Hartmann 5k psi 2x 7-1/16 + 5000PSI Gate Valves Ground Level	
			Flange + Tubing hanger (BPV threadprotector installed) + Penetrator 2 x 2-1/16" - 5000PSI Gate Valve 1x 2-1/16" - 5000PSI Ball Valve + blind flange Slip on Wellhead 13-5/8" Pupjoint Bottom Cellar	
	1 58		13-5/8" casing X/O to 13-3/8" GRE	
	93	93	Static Fluid Level 8 5/8" 32ppf L80 Tubing	
	635	tbd	18 stages pump intake	
	639		Seal bottom	
	660		Motor bottom	
	661	tbd	Pressure temperature gauge (bottom)	
	899		13-3/8" GRE Tubing (Nominal Box OD = 17.75") 13-3/8" GRE X/O to 9-5/8" GRE	
	983	967	20" x 16" Liner Hanger. Slips & Packer X/O to 13-5/8" (TOL)	
	1093	1076	Surface Casing: 20" 133ppf NT95DE ERW BTC	
	2252		9-5/8" GRE Tubing (Nominal Box OD = 11.85") 9-5/8" GRE X/O to 7" GRE	
	2316	2254	13-5/8" x 9-5/8" Liner Hanger. Slips & Packer (TOL)	
	2366	2287	Intermediate Liner: 13-5/8" 88.2ppf L80 VAM 21 7" GRE Tubing (Nominal Box OD = 8.10")	
	2410		Top PBR	
	2413		Self aligning muleshoe of tie back seal stem. Seal stack (Mule shoe) Internally coated	
	2420		Wireline entry guide	
	2451	2356	Top Screens	
			7" GRE Tubing (Nominal Box OD = 8.10")	
	2569	2444	Bottom screens	
	2633	2490	Production liner: 9-5/8" 53 5ppf L80 VAM 21 WWS	
	2671	2633	TD	

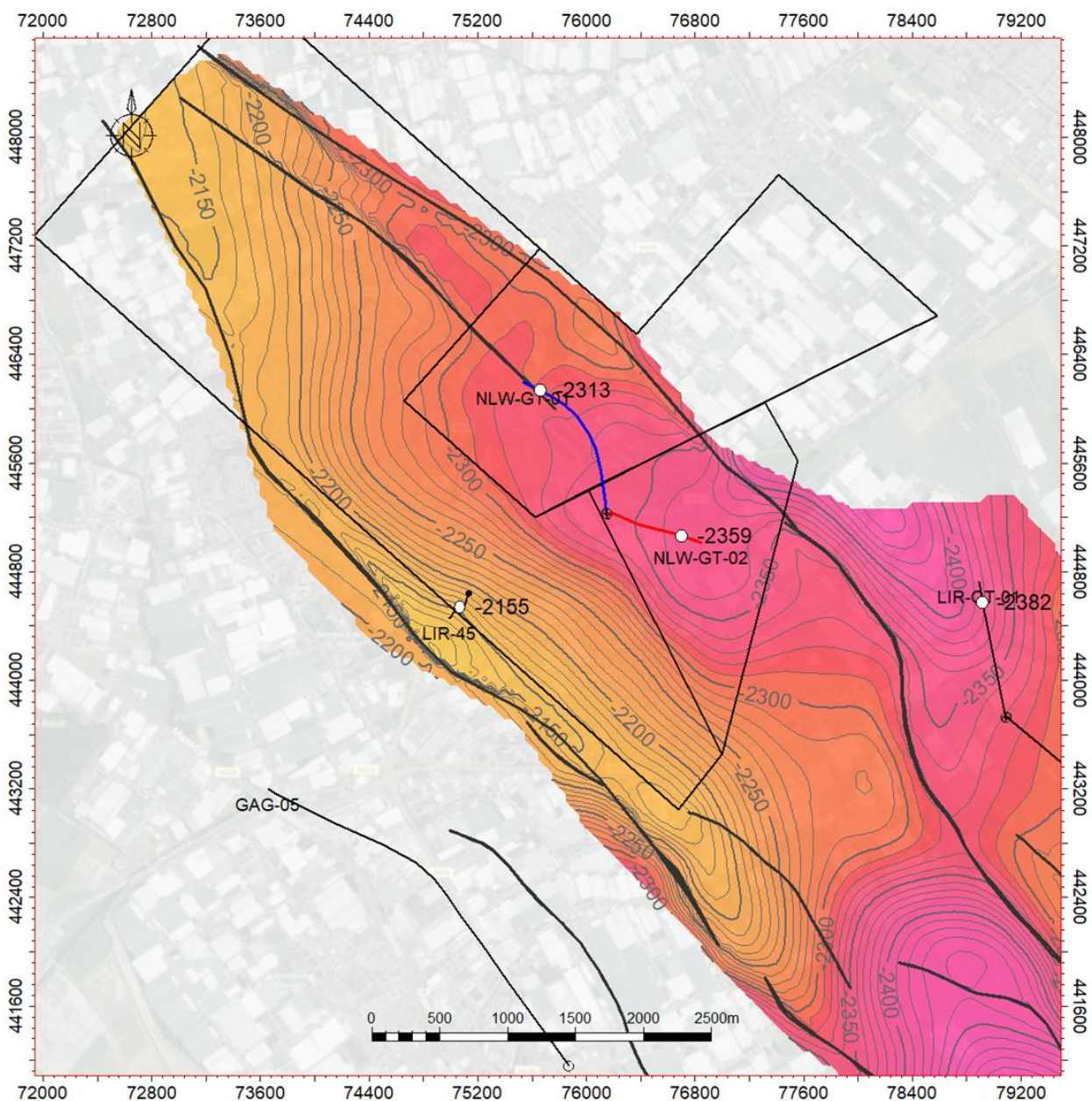
Figuur 8 Schematische put configuratie NLW-GT-02-S1

2.5 Aquifer karakteristiek

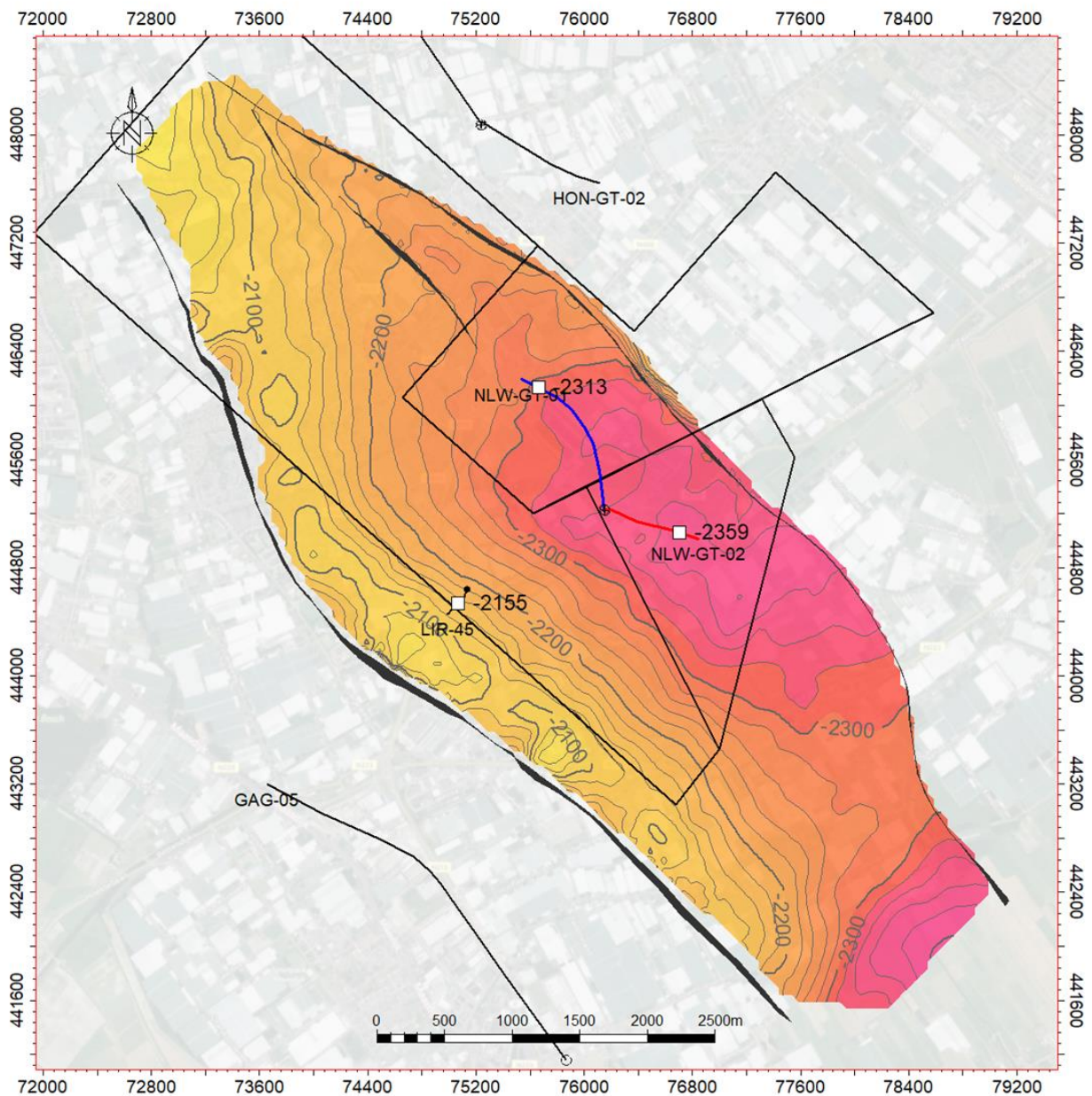
In deze paragraaf worden de eigenschappen van het geothermisch reservoir middels een serie figuren inzichtelijk gemaakt.

2.5.1 Diepte, structuur en dikte

Figuur 9 geeft de dieptekaart van de top van de Delft Zandsteen weer op basis van het L3NAM1990C seismisch volume. In Figuur 10 is de diepte van de top van de Delft Zandsteen te zien op basis van de reprocessing uit 2015. De breuk die in de voorgaande versie dicht langs de NLW-GT-01 put is gekarteerd, is gebaseerd op een interpretatie van het oude L3NAM1990C seismisch volume. In dit volume zijn de reflectors (ter hoogte van het reservoir) vaak moeilijk te onderscheiden en is relatief veel verstoring te zien. Het nieuwere seismische volume, uit 2015 laat veel minder verstoring zien en rond de reservoir sectie van NLW-GT-01 zijn de reflectors ononderbroken. Doordat de basis van de Delft Sandstone een (angular) unconformity vormt, is de gerelateerde reflector op verschillende plekken beïnvloed door tuning-effecten waardoor het soms lijkt of er breuk aanwezig is. Dit komt goed tot uiting in de nieuwe processing. We gaan ervanuit dat de nieuwste kaart gemaakt op basis van de 2015 data het meest betrouwbaar is.



Figuur 9 Dieptekaart van de top van het reservoir (Delft zandsteen) op basis van het oude L3NAM1990C seismisch volume.



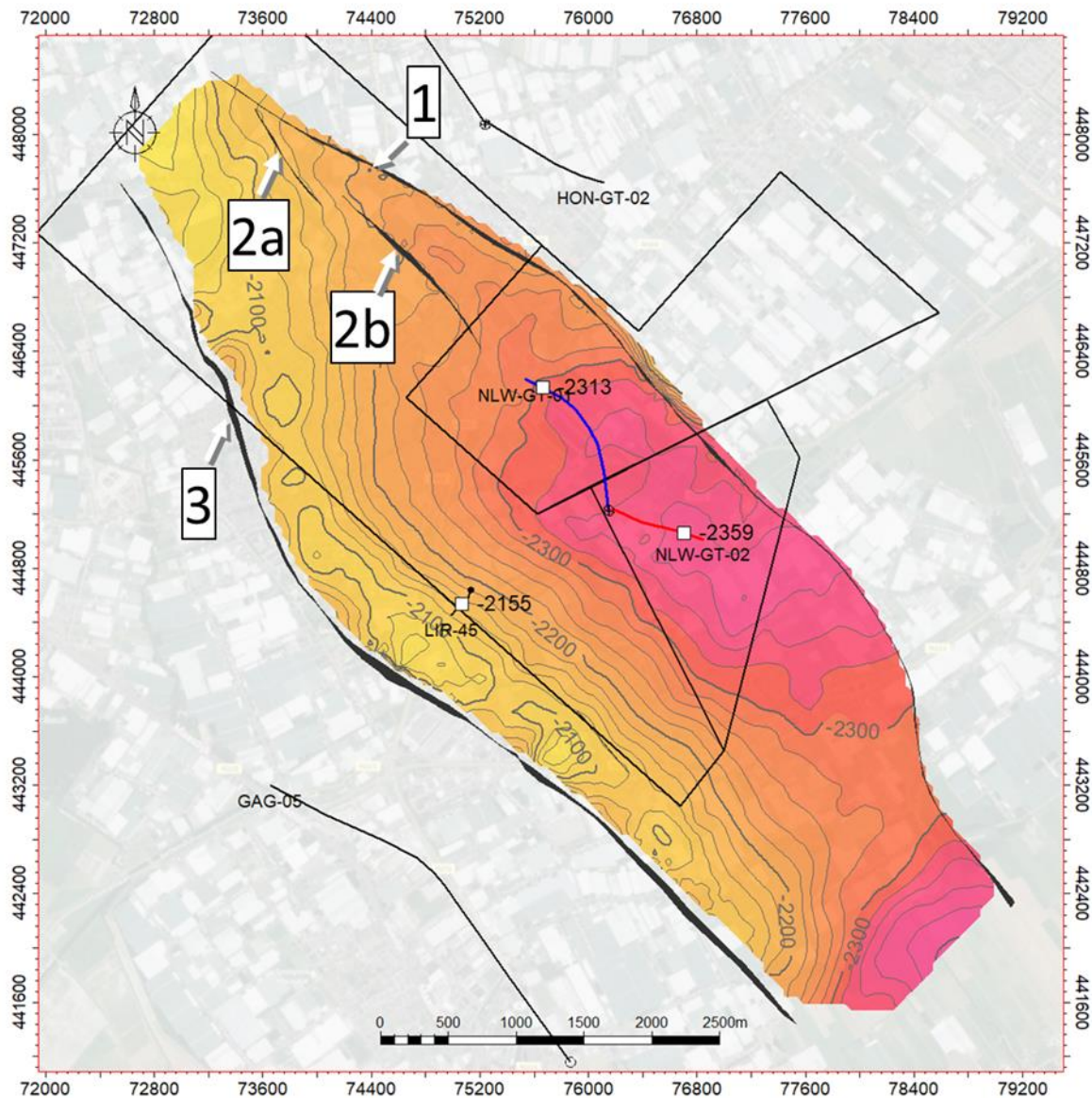
Figuur 10 Dieptekaart van de top van het reservoir (Delft zandsteen) op basis van de reprocessing uit 2015

2.5.2 Beschrijving van breuken

In Figuur 11 zijn de verschillende breuken weergegeven die zijn geïnterpreteerd. De noordelijk randbreuk (label 1), heeft een lengte van ongeveer 11 km en heeft een verzet van ongeveer 100m nabij de NLW-GT-01 put. Hierdoor is het zand van de Delft Zandsteen dat binnen het gekarteerde gebied valt naast de kleien van de Rodenrijs Claystone Member komen te liggen.

De zuidelijke randbreuk, (label 3), heeft een lengte van ongeveer 15 km en heeft een verzet van ongeveer 50 m nabij de LIR-45 put. Gezien het dikteverloop van de Delft Zandsteen ligt ook hier het gekarteerde reservoirzand naast de kleien van de Rodenrijs Claystone Member.

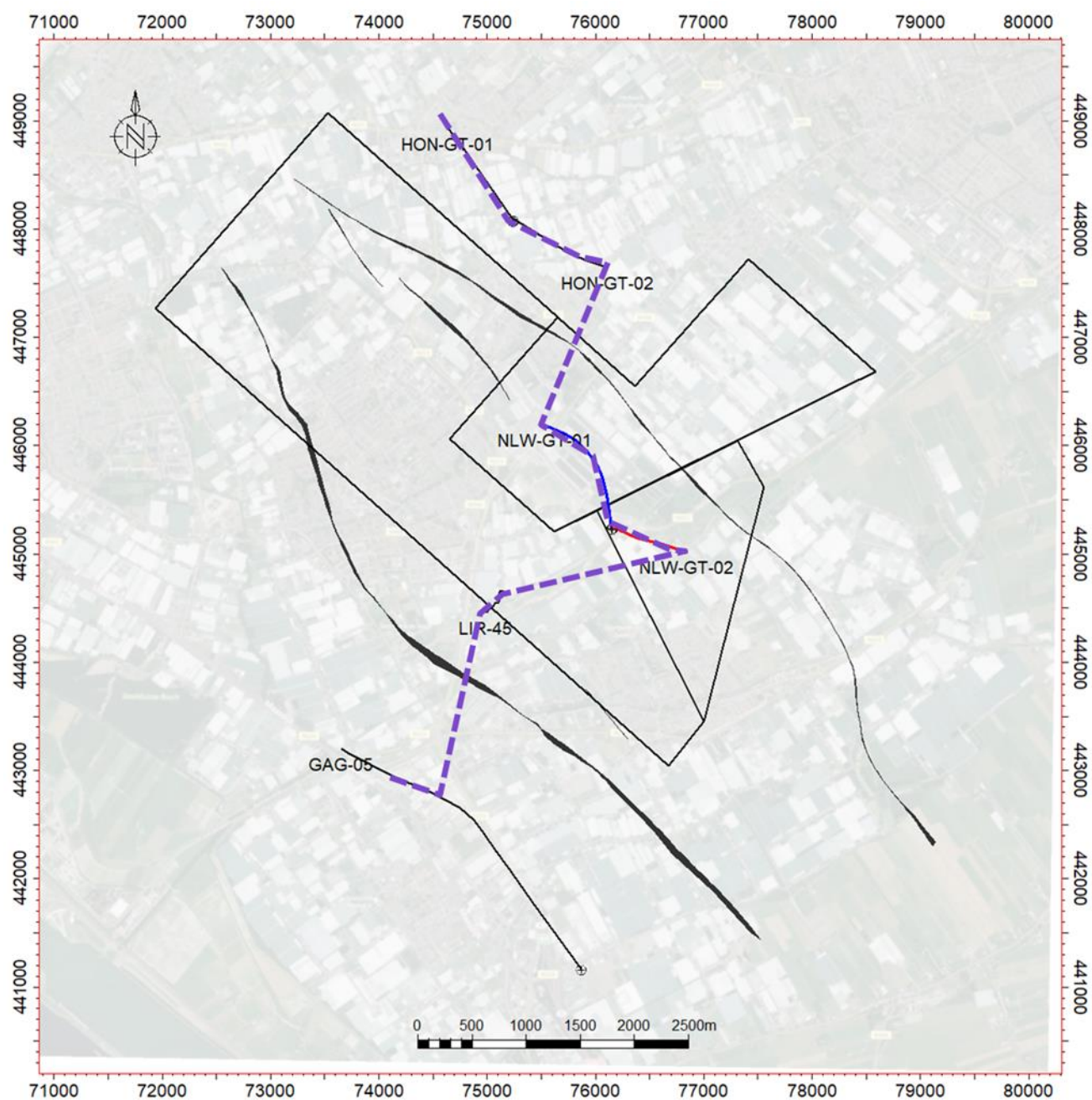
De kleinere breuken met labels 2a en 2b hebben een respectievelijke lengte van ongeveer 1 en 7 km. Het verzet van breuk 2a wordt geschat rond de 10 m en het verzet bij breuk 2b is ongeveer 30 m. Breuk 2b komt in de nieuwste interpretatie niet in contact met de noordelijke randbreuk. Gezien de dikte van het reservoir liggen hier aan beide zijden het merendeel van de Delft zandsteen nog tegen elkaar. Aan de noordkant van de kleine breuken is het reservoir gedeeltelijk naast de onderste kleien van de Alblasserdam Member gekomen. Aan de zuidkant van de breuken zijn de zanden voor een deel tegenover de kleien van de Rodenrijs Claystone Member gekomen.



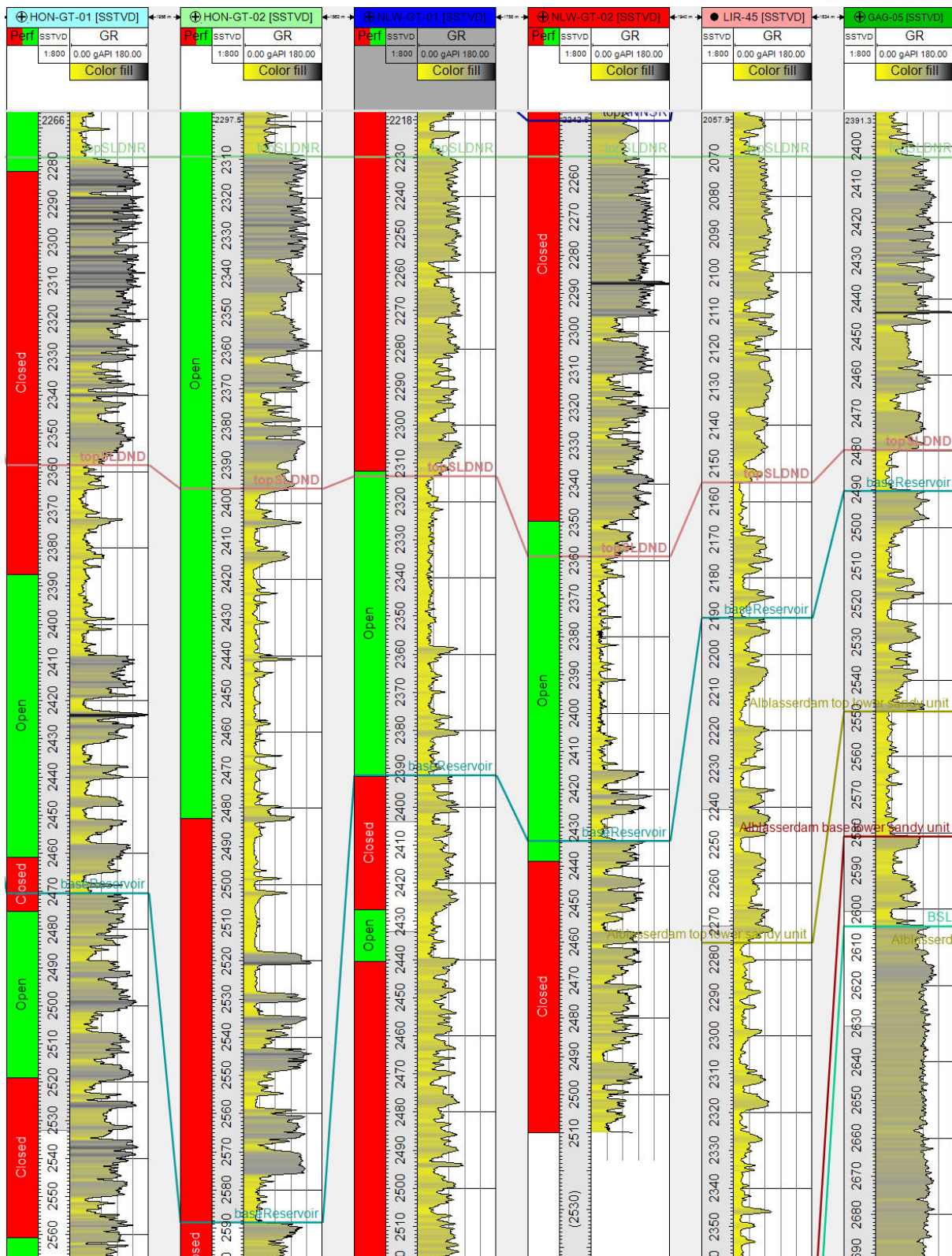
Figuur 11 Geïnterpreteerde breuken in nabijheid van NLW-01

2.5.3 Correlatiediagram

In Figuur 12 en Figuur 13 zijn zes putten weergegeven in een correlatiediagram. Dit diagram geeft per put de Gamma Ray (GR) log weer. Bij een GR log wordt de natuurlijke radioactiviteit gebruikt om een inschatting te maken van het type van een mineraal of gesteente. Schalie heeft over het algemeen een hogere GR uitslag dan bijvoorbeeld zandsteen.

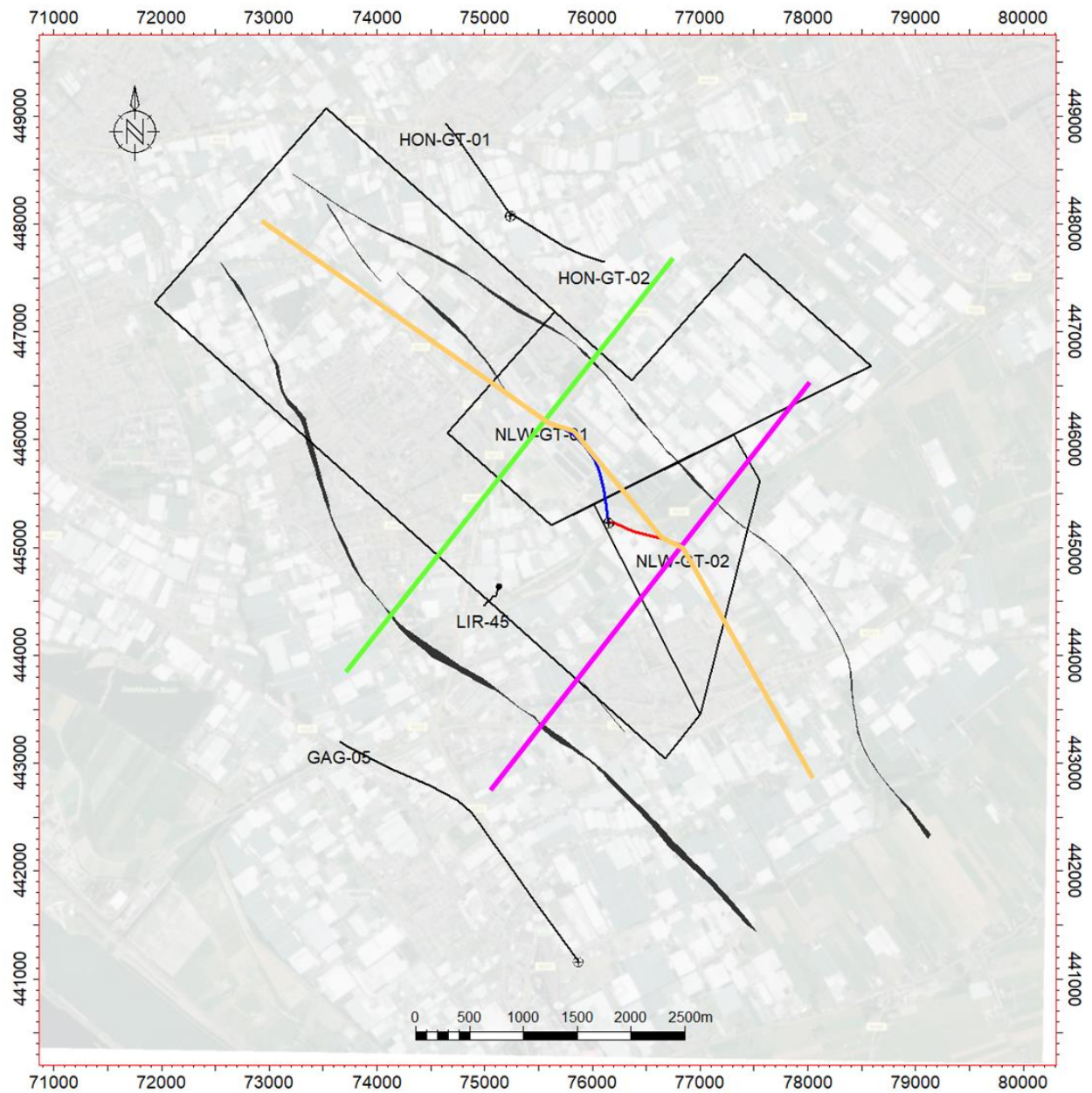


Figuur 12 Geografische locaties van de putten zoals weergegeven in het correlatiediagram (Figuur 13)

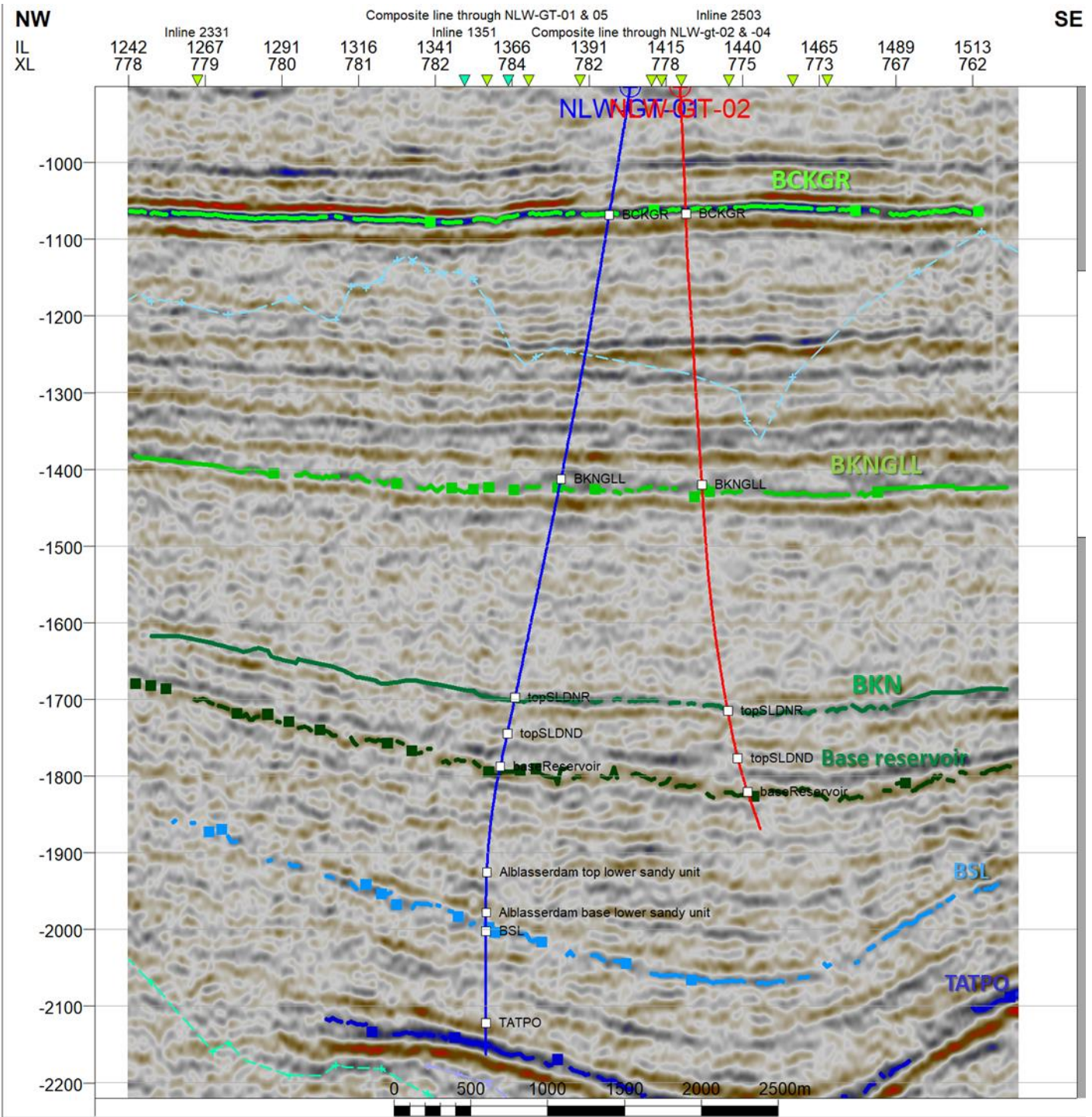


Figuur 13 Correlatiediagram van de putten HON-GT-01, HON-GT-02, NLW-GT-01, NLW-GT-02, LIR-45 en GAG-05.

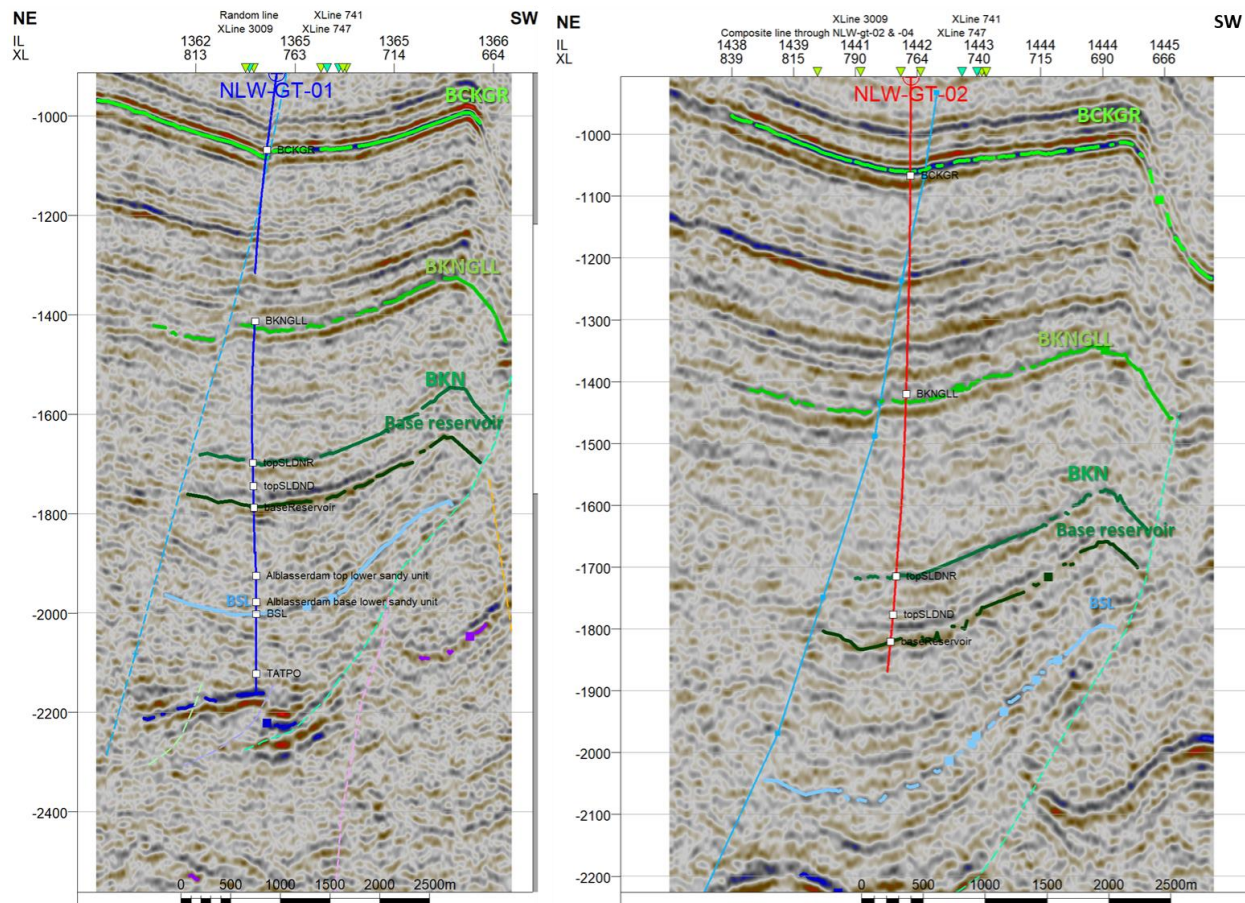
2.5.4 Seismische secties



Figuur 14 Overzicht van de drie seismische secties weergegeven in de volgende figuren



Figuur 15 NW-ZO seismische sectie langs het doublet van TWL (oranje lijn in Figuur 14)



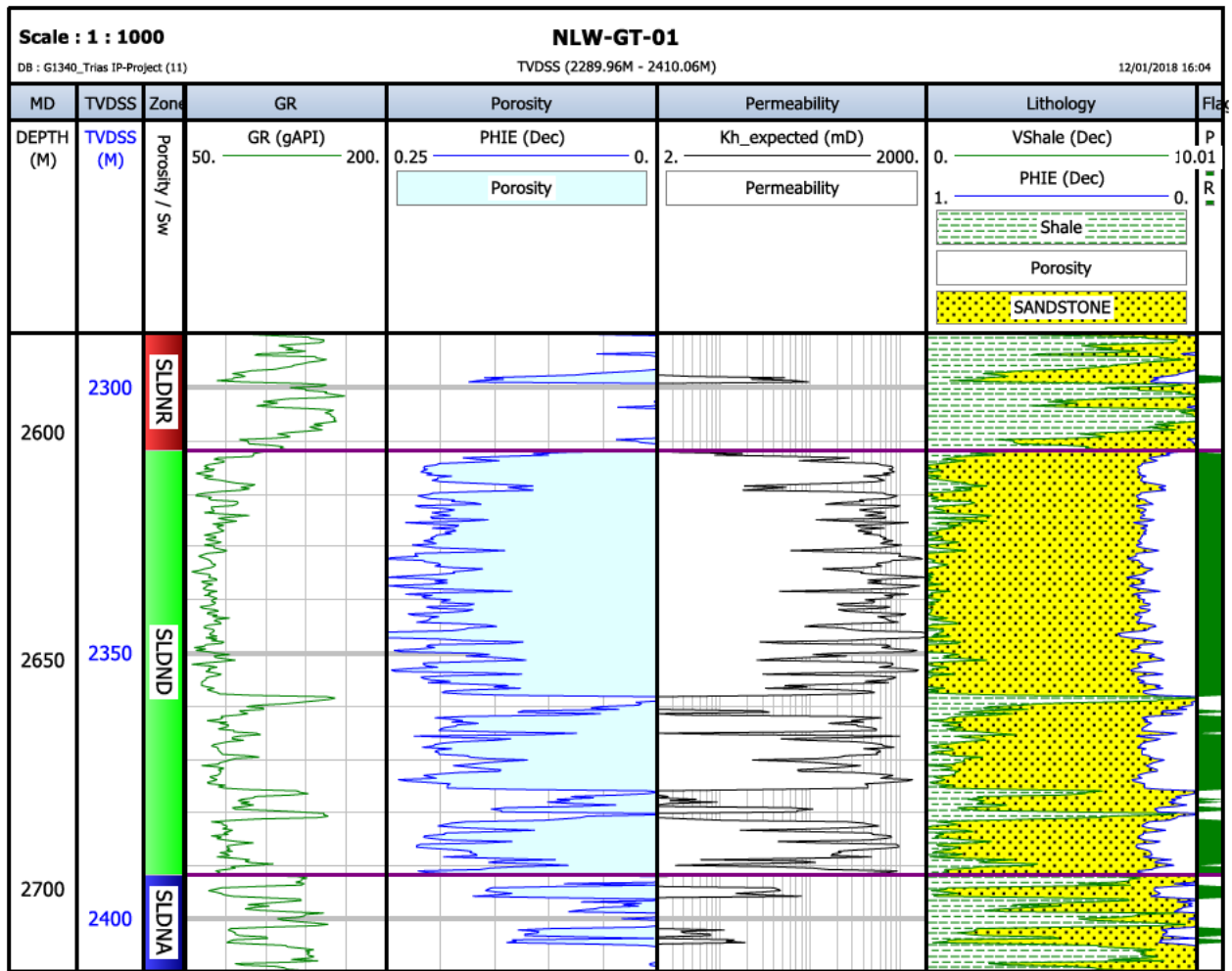
Figuur 16 NO-ZW sectie langs injectieput NLW-GT-01 (links, groene lijn in Figuur 14) en productieput NLW-GT-02 (rechts, roze lijn in Figuur 14)

2.5.5 Aquifer karakteristieken

Voor de put NLW-GT-01 is een petrofysische evaluatie uitgevoerd, de resultaten hiervan zijn te zien in Figuur 17. Een samenvatting van de aquifer karakteristieken per put is weergegeven in Tabel 8. Deze tabel is gebaseerd op een combinatie van seismische interpretatie, petrofysische analyse en de puttest resultaten.

Figuur 18 t/m Figuur 22 laten kaarten zien van de variatie van de reservoir eigenschappen op afstand van de putdata. Tabel 8 geeft de aquifer karakteristieken weer van de twee putten. Gezien de kwaliteit van de data en relatief geringe variaties wordt een onzekerheidsbandbreedte van 2% verwacht.

Gezien de zeer hoge natuurlijke permeabiliteit van het reservoir zullen geen stimulatie methodieken worden toegepast.

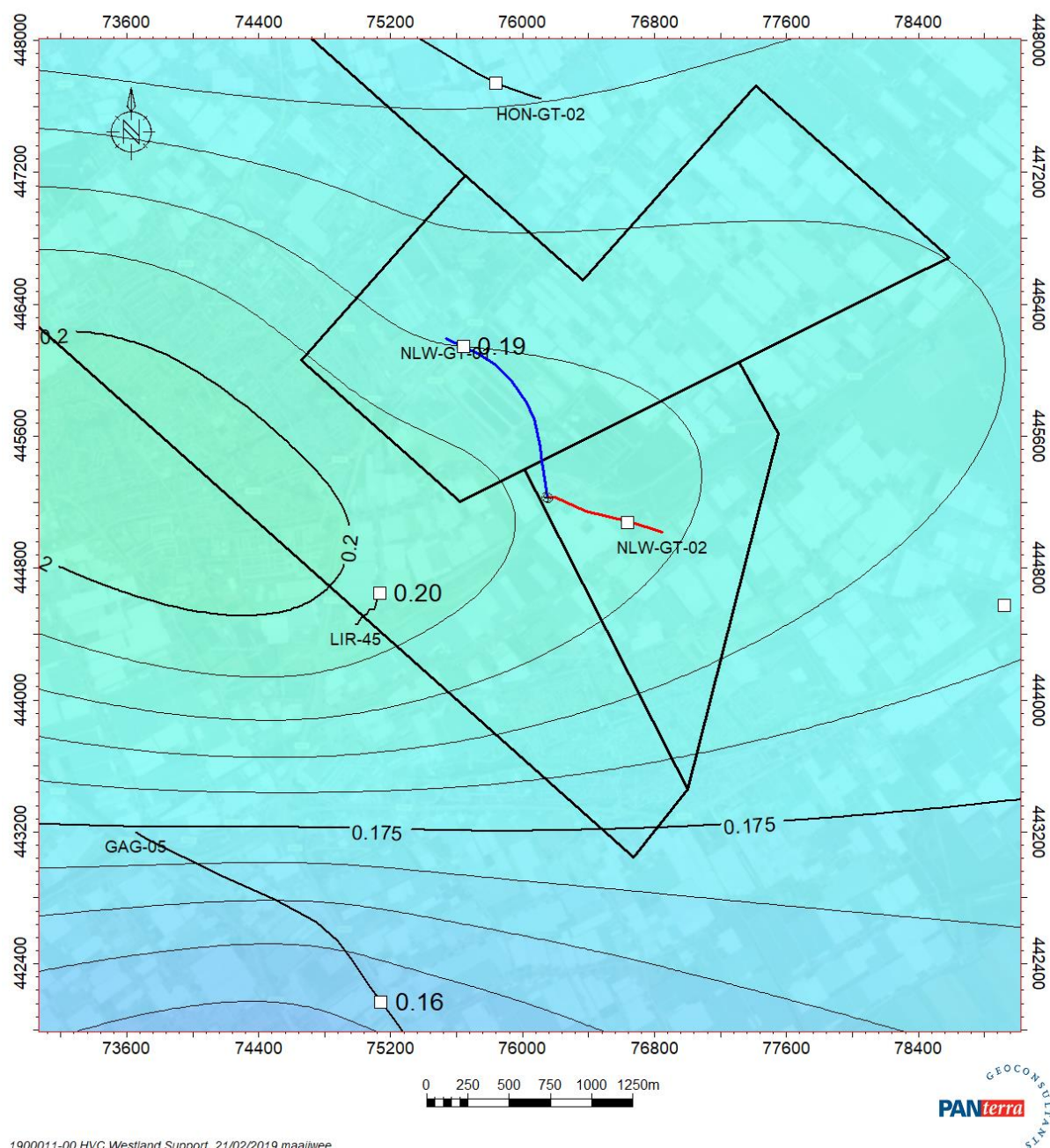


Figuur 17 Petrofysische analyse van de Gamma Ray, density, neutron en sonic wireline logs

Tabel 8 Aquifer karakteristieken

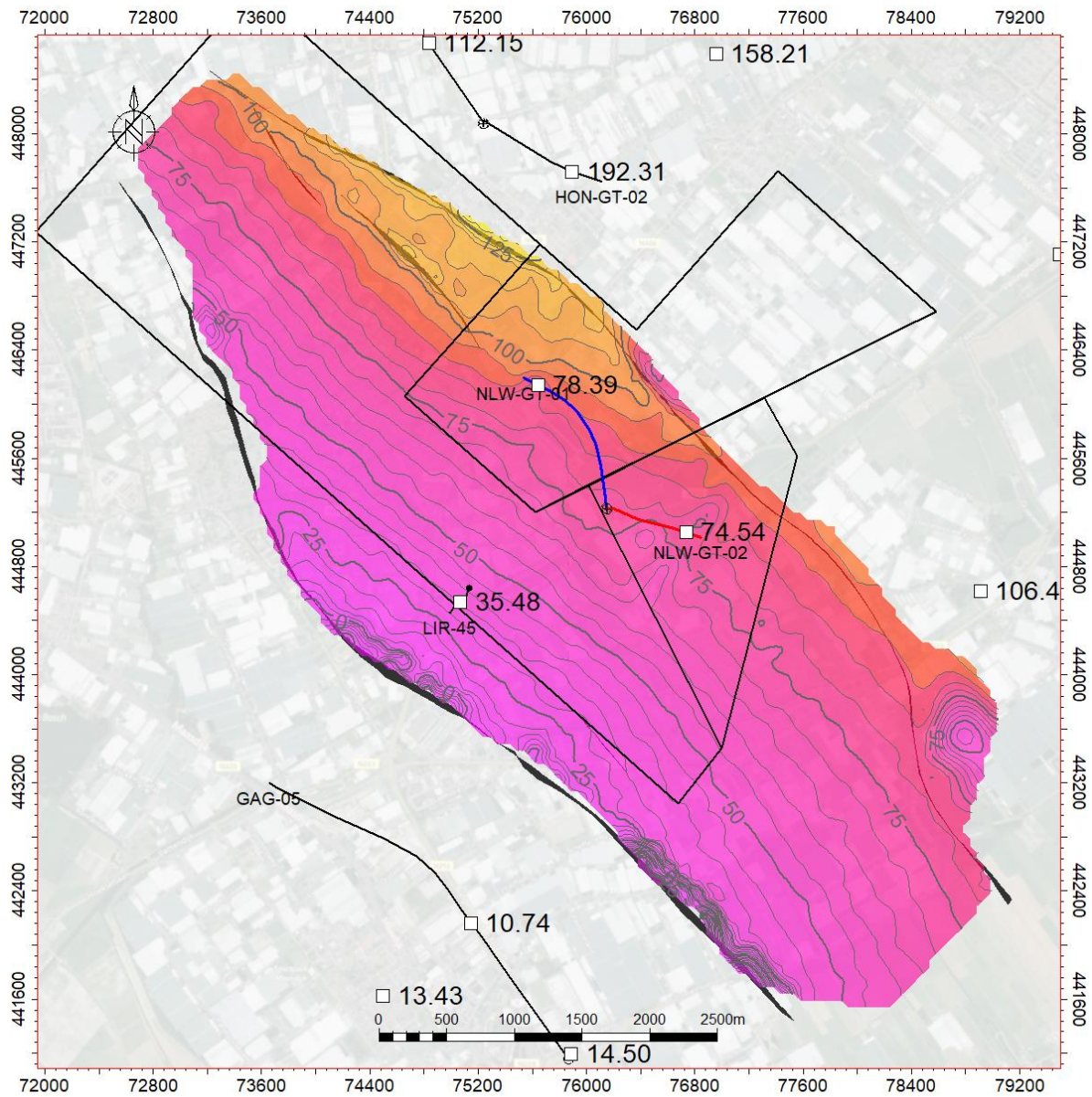
Parameter	NLW-GT-01	NLW-GT-02-S1
Aquifer stratigrafie	Delft & Alblasserdam Zandsteen	Delft & Alblasserdam Zandsteen
Diepte top aquifer (m MD)	2604	2460
Diepte top aquifer (m TVD)	2312	2365
Diepte basis aquifer (m MD)	2752	2578
Diepte basis aquifer (m TVD)	2440	2454
Bruto Dikte (m)	83,4	64
Netto-Bruto (%)*	89	89
Porositeit (%)	17,7	18,7
Permeabiliteit (mD) uit petrofysica	410	Geen logs
Permeabiliteitsdikte (Dm) uit puttest	58,1	45,6
Permeabiliteit (mD) uit puttest	700	800
Permeabiliteit uit interferentie test (mD)	1550	1550
Skin welltest (-)	1,4	0,48
Temperatuur mid-reservoir (°C)	87	87,5
Reservoir druk top aquifer (bar)	234	240,6

* N/G inclusief Alblasserdam zanden

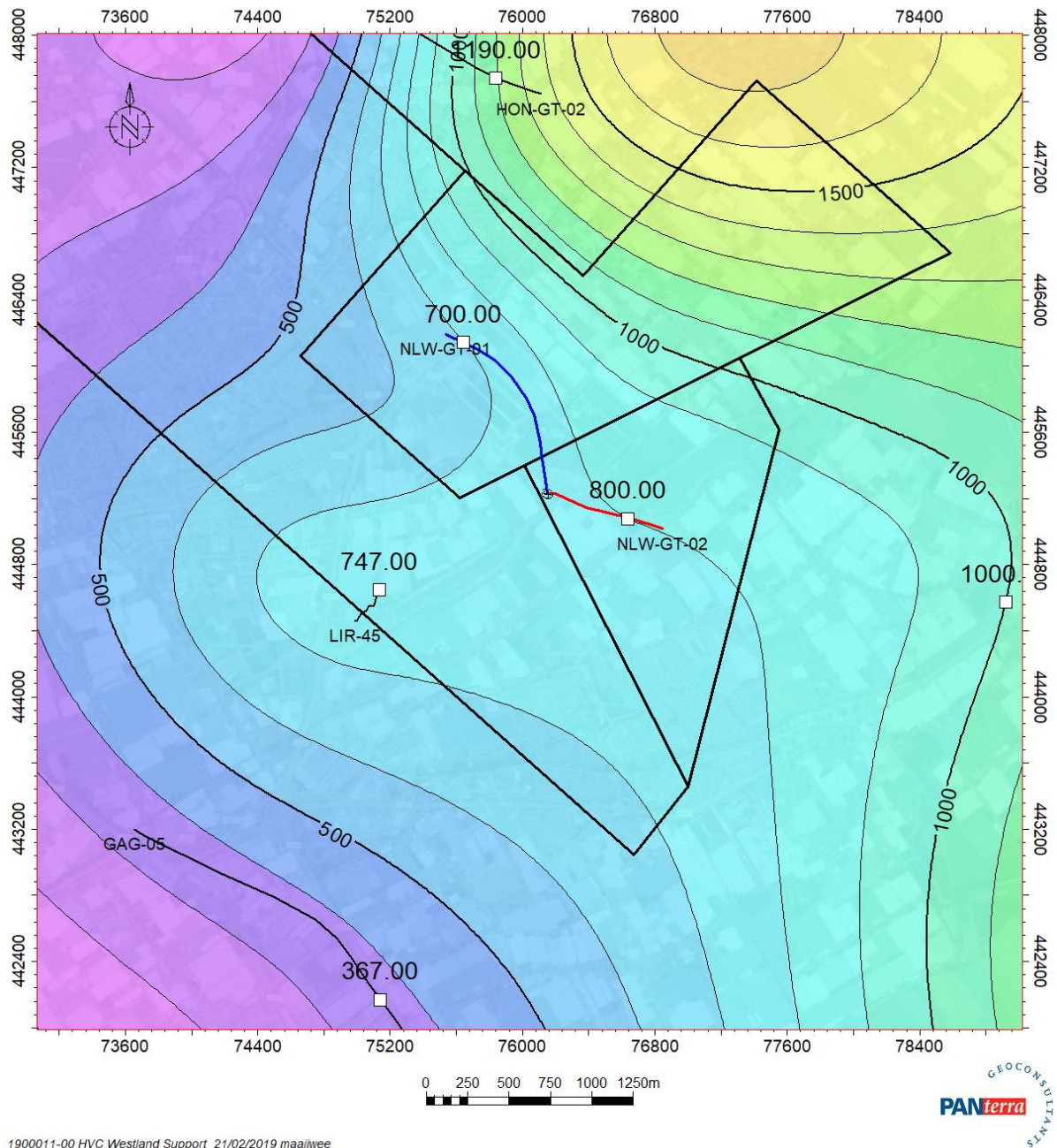


1900011-00 HVC Westland Support 21/02/2019 maaijwee

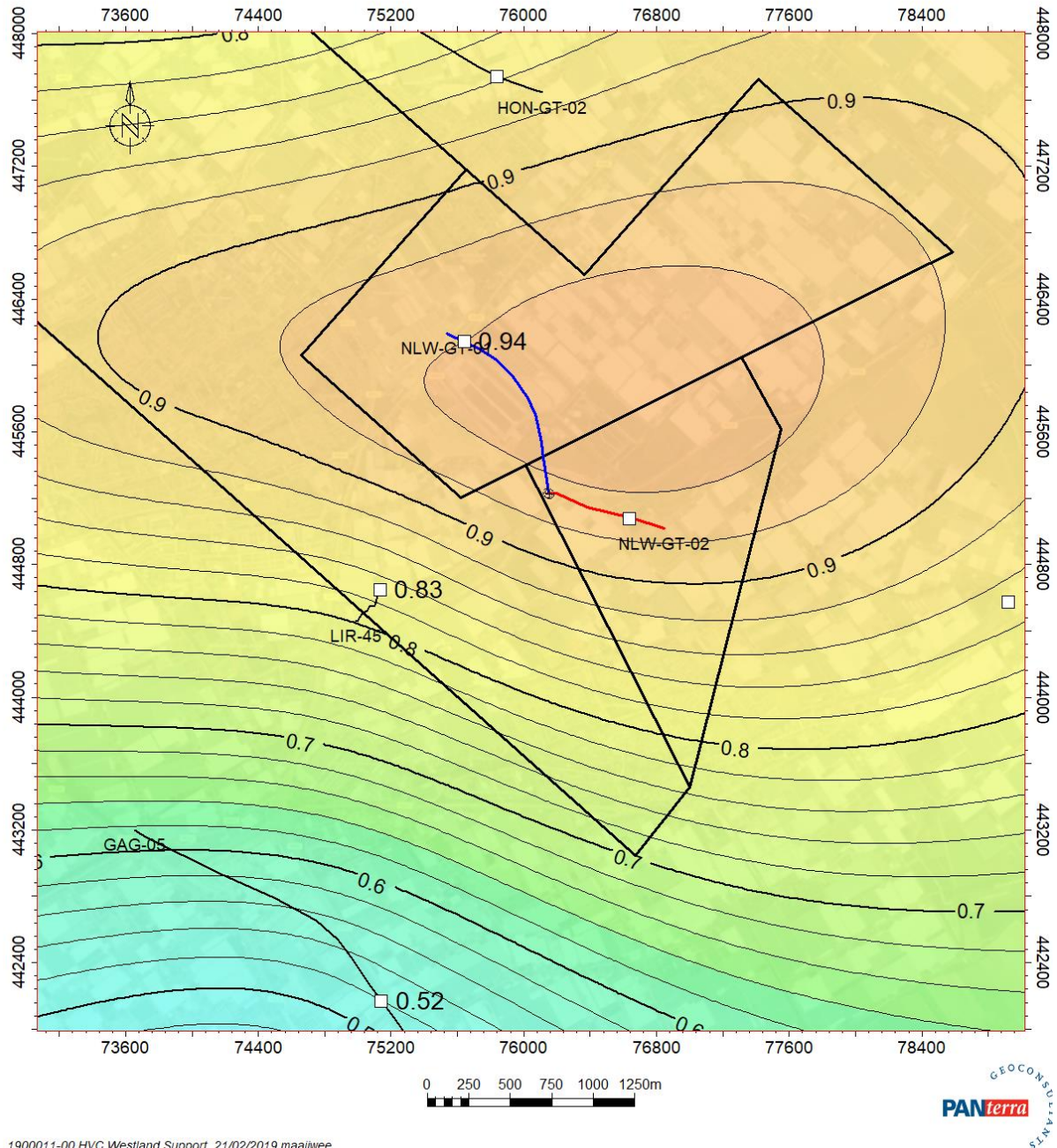
Figuur 18 Porositeitskaart



Figuur 19 Bruto diktekaart van de aquifer

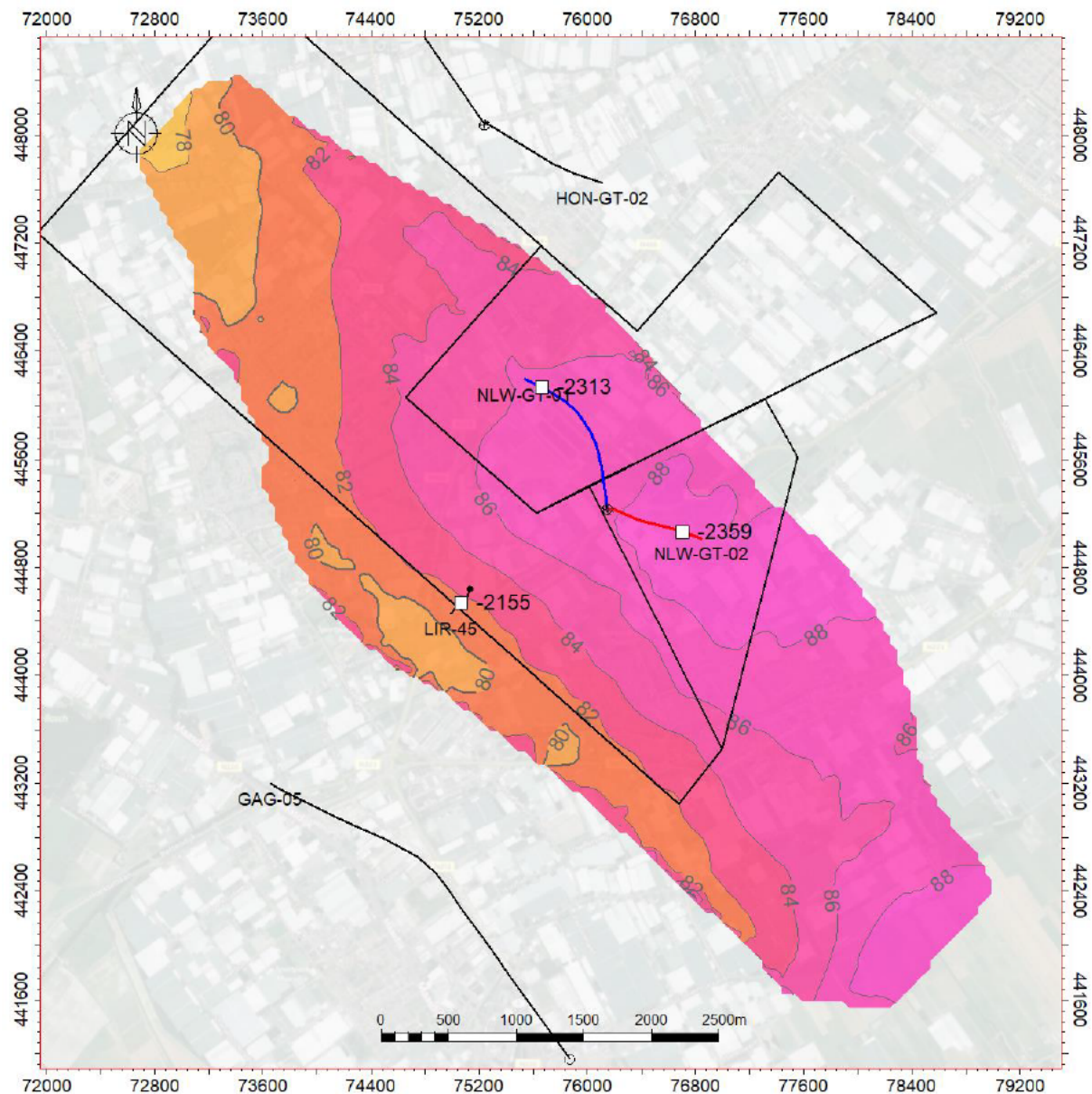


Figuur 20 Permeabiliteitskaart



1900011-00 HVC Westland Support 21/02/2019 maaijwee

Figuur 21 Netto-bruto kaart



Figuur 22 Temperatuurkaart

2.6 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 9, de volledige analyse is weergegeven in paragraaf 5.1, appendix 1.

Tabel 9 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 (Ωm)	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

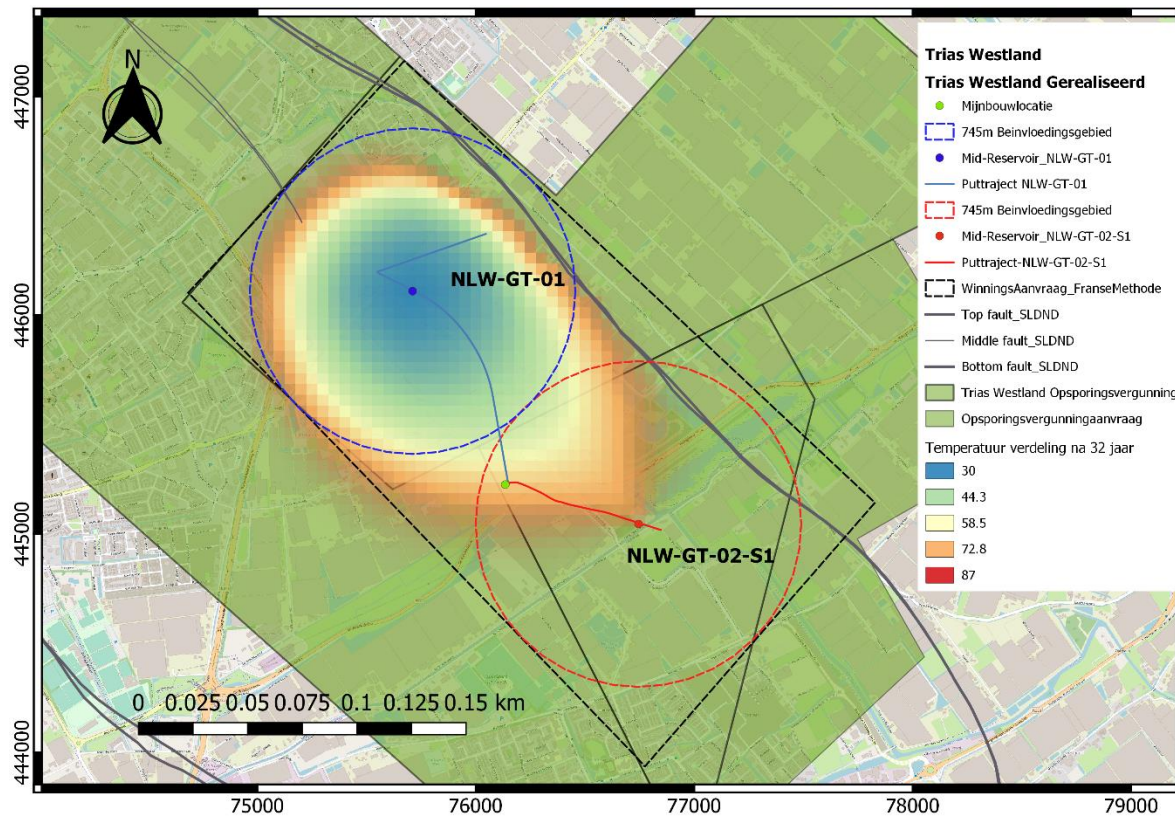
2.7 Reservoir modellering

De eerste versie van het winningsplan beschreef alleen een Doublet Calc model. Dit model is wordt in de onderstaande paragraaf toegelicht. Sindsdien is een uitgebreider model ontwikkeld waarin TWL-01 en het toekomstige doublet TWL-02 beiden zijn gemodelleerd. Voor de volledigheid worden ook de resultaten van model getoond als TWL-01 32 jaar, en TWL-02 30 jaar in productie zijn geweest.

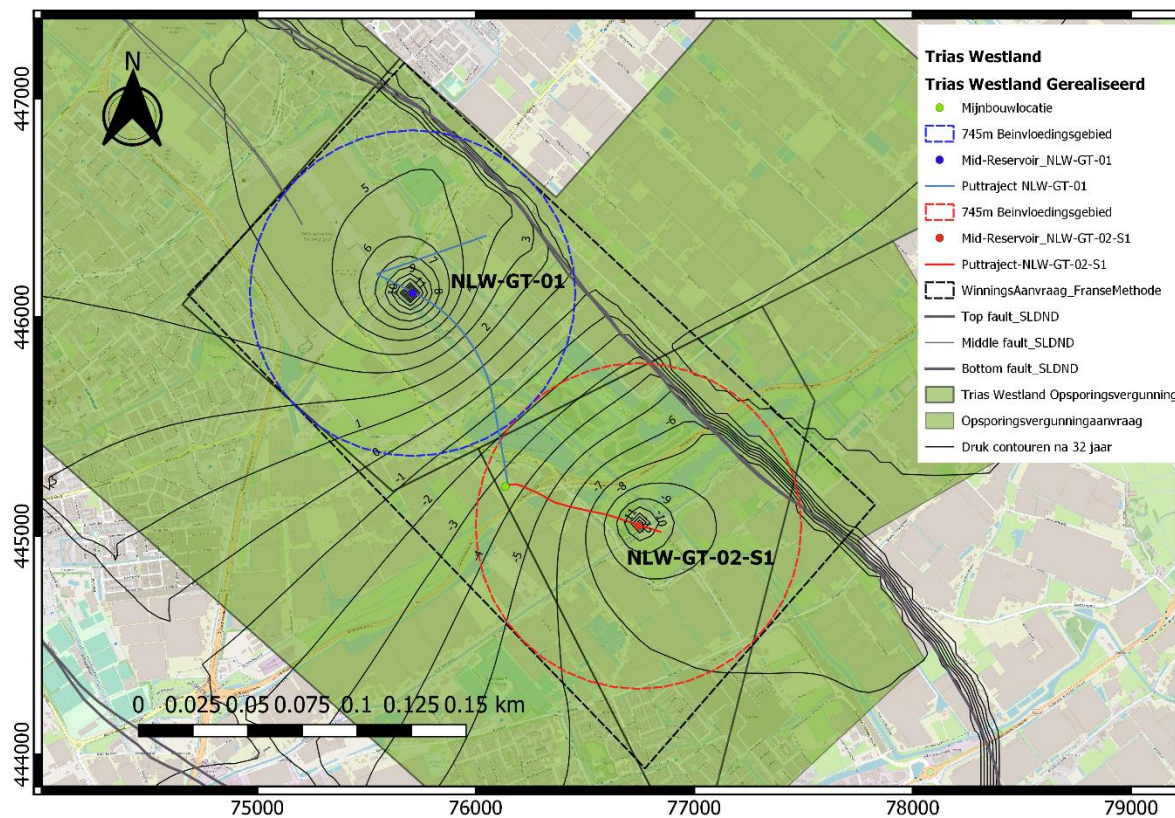
2.7.1 Doublet Calc

Op basis van de aquifer karakteristieken beschreven in voorgaande paragrafen is een reservoir model gemaakt met behulp van DoubletCalc2D. Op basis van 32 jaar met een waterproductie van 430 m³/h (maximale debiet dat het systeem aan kan). De input parameters zijn weergegeven in paragraaf 5.3, appendix 3.

Voor deze modellering is aangenomen dat de breuk ten noorden van het doublet volledig afgesloten is en als een barrière fungeert. Het effect hiervan is duidelijk te zien in de uitkomsten van het model – de afkoeling van het reservoir komt nooit bij de breuk terecht. Dit geeft een worst case scenario weer voor doorbraak tussen de putten.



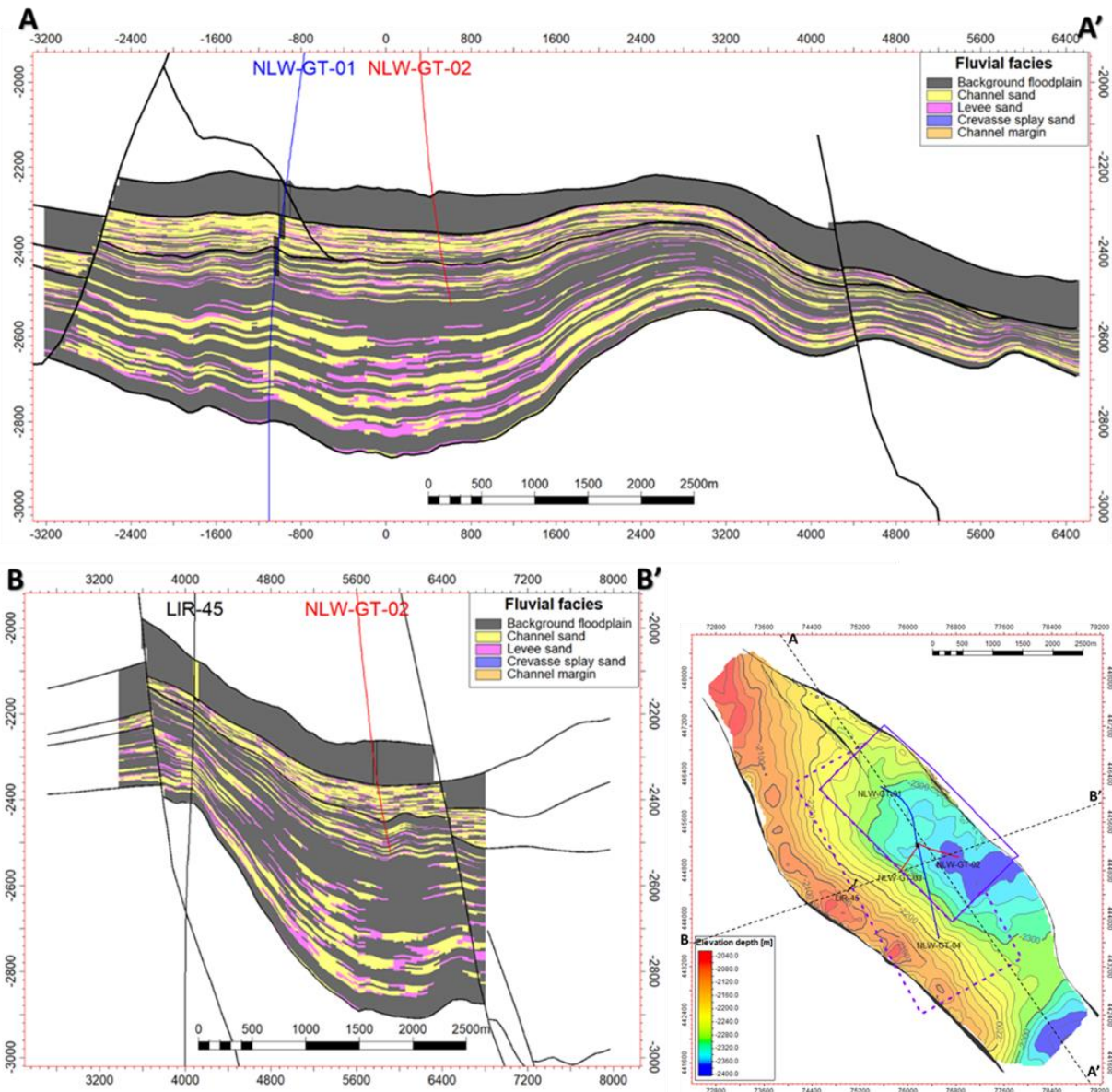
Figuur 23 Kaart met verwachte temperatuur verdeling na 32 jaar warmtewinning. Hierbij is de temperatuur van het productie water met 1°C gedaald van 87°C naar 86°C op de licentiegrans



Figuur 24 Kaart met de drukverdeling in de aquifer na 32 jaar.

2.7.2 Eclipse model

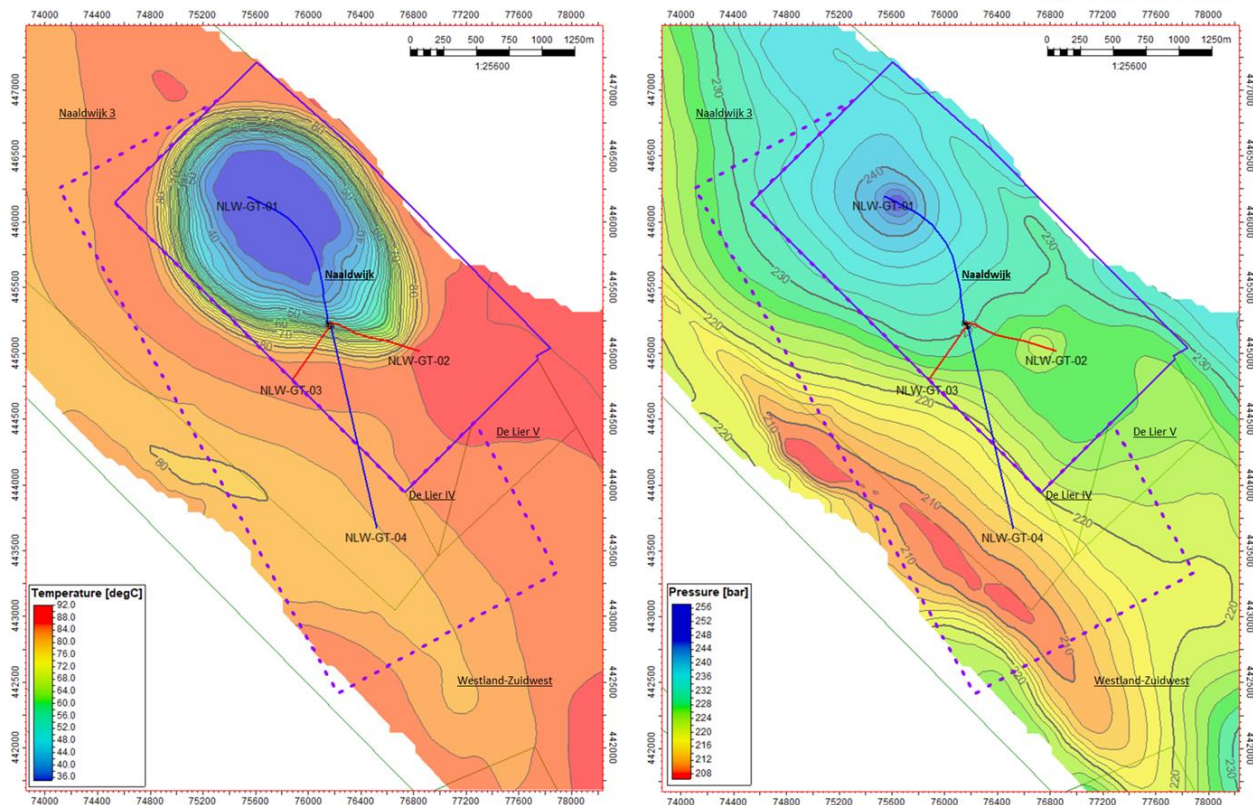
De temperatuur- en drukdistributie in het reservoir gedurende productie en injectie van TWL-01 en -2 is gesimuleerd middels een dynamisch (Eclipse) model. De basis van het model is een statisch (Petrel) model, gebaseerd op de geologische studie gedocumenteerd in het SDE+ rapport (5.6). Het statische model omvat het reservoir, de Delft Zandsteen Member. De lagen in de Delft Zandsteen Member zijn gemodelleerd als zijnde 1,5 meter dik en lopen parallel aan de top van het reservoir (discordantie tussen Alblasserdam en Delft Zandsteen Member). Celgrootte is 50m x 50m. Reservoir eigenschappen zijn gebaseerd op het SDE+ rapport en gedistribueerd middels een facies model. Dit facies model is een "channel facies" model (meanderende rivieren) en gemodelleerd middels "stochastic object modelling". De gemodelleerde rivieren bestaan uit "channel sands" en "levee sands" en zijn ruwweg parallel aan de breuken gedistribueerd. De overige cellen zijn "background floodplain", oftewel niet-reservoir (kleien). De verhoudingen tussen de verschillende facies zijn gebaseerd op de putten die in het model staan: NLW-GT-01, -02, LIR-GT-01, -02 en LIR-45. De geometrie van de rivieren is gebaseerd op relevante literatuur. Op basis van de putten in het model zijn porositeit-distributies toegekend aan de verschillende facies. Voor iedere cel in het model is vervolgens de porositeit berekend met de "Gaussian random function simulation (GRFS) algorithm". De permeabiliteit is berekend op basis van de porositeit en de P50 porositeit-permeabiliteit relatie voor de Delft Zandsteen Member (SDE+ rapport).



Figuur 25 Doorsneden statisch model met gemodelleerde facies

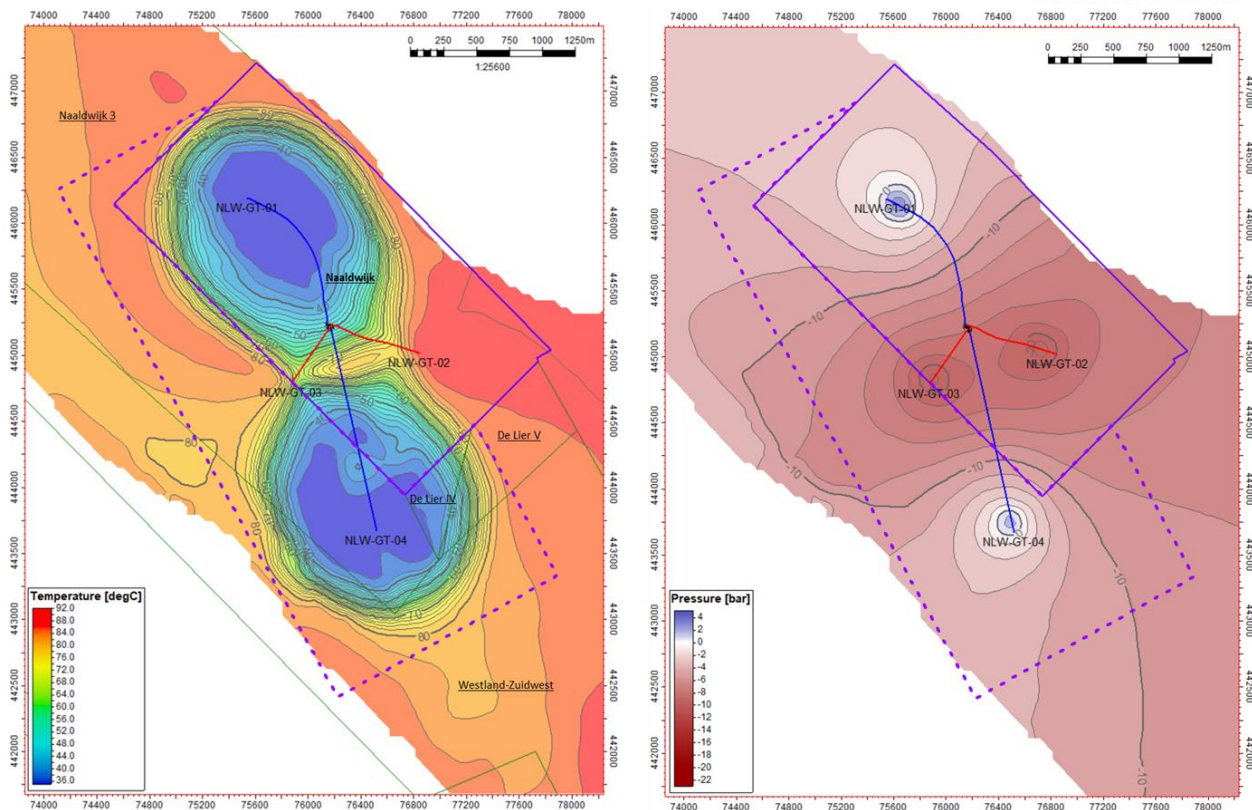
In het dynamische model zijn aan de hand van de historische productiedata van LIR-GT en verwachte productiedata van TWL-1 en -2 de temperatuur en druk in het reservoir gemodelleerd. Verwachte productiedata en details van het dynamisch model staan in Sectie 5.4. Op basis van het model blijkt dat er geen interferentie is tussen TWL-1/-2 en LIR-GT. Dit wordt bevestigd door de interferentietest tussen NLW-GT-01 en NLW-GT-02-S1 waarin tijdens de build-up geen communicatie met nabijgelegen geothermieputten is geregistreerd. De breuk tussen LIR-GT en TWL is hoogst waarschijnlijk afsluitend.

De temperatuur- en druk distributie in het reservoir na 32 jaar productie van TWL-1 is weergegeven in Figuur 26. In dit scenario ondervindt de productieput 1 °C afkoeling na 17 jaar en de afkoelingspluim, bereikt de reeds verleende winningsvergunning na 22 jaar.



Figuur 26 TWL-01. Verwachte temperatuurdistributie aan het eind van de winning. Bestaande opsporings- en winningsvergunningen zijn weergegeven in groen en paars, de Indicatieve begrenzing voor de TWL-2 winningsvergunning met gestippelde paars (links). Kaart met de drukdistributie in het reservoir na 32 jaar winning (rechts)

De temperatuur- en druk distributie in het reservoir na 32 jaar productie van TWL-01 en 30 jaar van TWL-02 is weergegeven in Figuur 27. Er is interferentie tussen TWL-01 en -02. TWL-02 heeft een positief effect op de doorbraaktijd in TWL-01; deze wordt met circa 2 jaar verlengd. Uit het dynamische model blijkt dat de koude injectiepluim van TWL-01 de licentiegrenzen van de Naaldwijk productie licentie na circa 22 jaar bereikt. Dit is sneller dan berekend met behulp van DoubletCalc2D ten tijde van aanvraag van de licentie. Het dynamische model is meer gedetailleerd dan DoubletCalc2D en omvat de verticale heterogeniteit van het reservoir. De resultaten van het dynamische Eclipse model zijn dan ook leidend. Voorgesteld wordt om de winningsvergunning van TWL-02 dusdanig te begrenzen dat de afkoelingspluimen van TWL-01 en -02 binnen de licentiegrenzen van TWL-01 en -02 vallen (Figuur 27); de temperatuurdaling op de grens van de vergunde gebieden is maximaal 1°C. De winningsvergunning van TWL-02 valt binnen de opsporingslicenties Naaldwijk 3, De Lier IV en De Lier V (Trias Westland B.V.) en Westland-Zuidwest (Energie Transitie Partners B.V.). Voor de langdurige winning zullen delen van de vergunning door houder ETP moeten worden overgedragen aan TWL. TWL heeft hierover reeds vooroverleg gevoerd met ETP waaruit blijkt dat dit voorsnog binnen de plannen van ETP in deze opsporingsvergunning zal passen.



Figuur 27 TWL-01 én TWL-02. Verwachte temperatuurdistributie aan het eind van de winning. Bestaande opsporings- en winningsvergunningen zijn weergegeven in groen en paars, de Indicatieve begrenzing voor de TWL-02 winningsvergunning met gestippelde paars (links). Kaart met de delta drukdistributie in het reservoir na 32 jaar (TWL-01 en 30 jaar (TWL-02) winning (rechts).

Geen van de bijliggende olie- of gasvelden (Figuur 30) produceert of heeft geproduceerd uit de Delft Zandsteen Member. Er is dan ook geen sprake van mogelijke interferentie.

3 Wijze van winning

3.1 Beschrijving winning

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 87 °C en wordt dit na afkoeling met ~35°C geïnjecteerd. Er wordt voor de winning uit dit eerste doublet nu een maximaal debiet van 430 m³/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^e filterstraat middels een injectiepomp en injectieput teruggepompt in de formatie. De operationele begrenzing van de putten ligt op 430 m³/hr vanwege de maximale drawdown in de producer die zorgt voor een collapse pressure op de GRE. Deze drawdown is 300 meter en dat correspondeert met een debiet van 430 m³/hr.

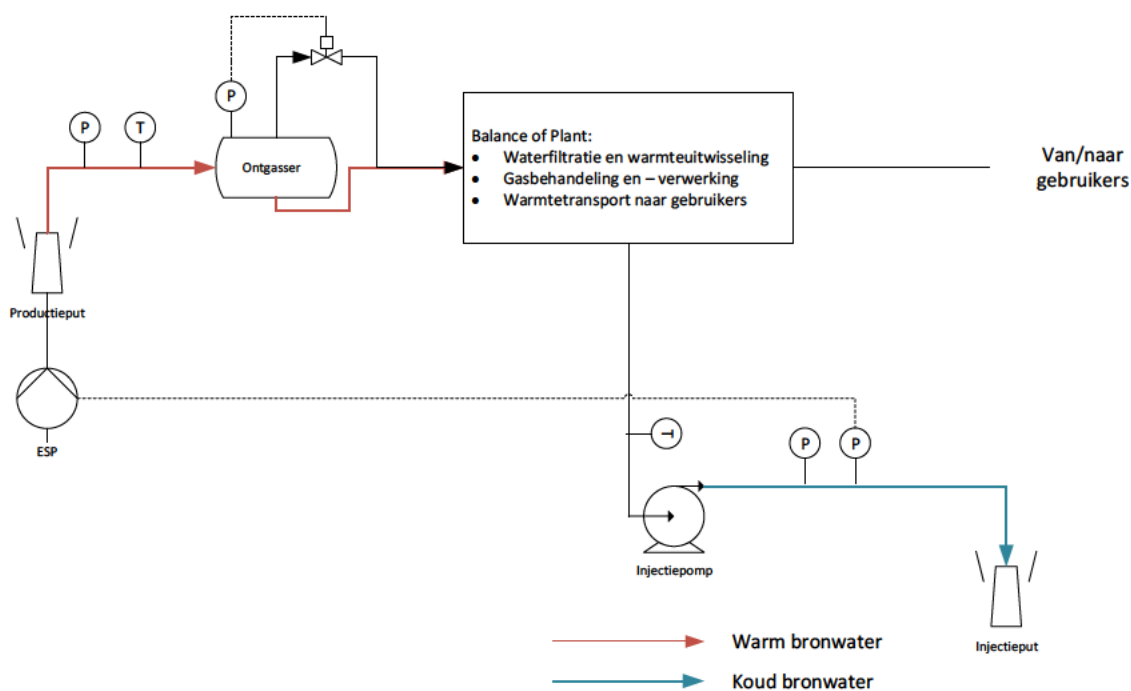
Het opgewarmde water aan de secundaire zijde van de bronwarmtewisselaars wordt door middel van een warmtenet bij de afnemers gebracht.

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 de ketel die het warmtenet verder verwarmt. Als back-up voor het verbranden van het vrijkomende gas is er een gesloten fakkelinstallatie aangesloten.

3.1.1 Metingen bovengrondse installatie

Op diverse punten in de bovengrondse installatie worden de temperaturen en drukken van het geproduceerde bronwater gemeten, zie Figuur 28.

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 28 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 CO₂ 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. In bedrijfscondities bedraagt de pompdruk ongeveer 45 bar; maximaal kan de injectiepomp 70 bar leveren tegen een gesloten uitlaat. Deze druk is zodanig gekozen dat de maximale toelaatbare putmondruk op de injectieput niet wordt overschreden.

3.1.2 Productieprognose

Tabel 10 geeft een overzicht van de verschillende operationele begrenzingen waar het systeem aan onderhevig is. De onderbouwing voor de maximale injectiedruk is weergegeven in paragraaf 5.2, Appendix 2: Maximale injectiedruk. De productieprognose is dat er productie van 430 m³/hr gedurende ~7.012 uur per jaar gerealiseerd gaat worden (80% uptime).

Tabel 10 Operationele begrenzingen

Operationele begrenzing	Waarde	Dimensie
Max injectiedruk WABO (obv diepe Trias target)	100	bar
Max debiet aangevraagd WABO	400	m ³ /h
Max injectiedruk SodM protocol	64,6	bar
Max injectiedruk obv verbuizingsterkte	89,2	bar (thp)
Max injectiedruk pompen	70	bar
Ontwerpdruk	100 bar	bar

Tabel 11 Prognose toekomstige productie

Put	Prognose waarde
Debiet geproduceerd water (m ³ /h)	430
Gemiddelde temperatuur van het productiewater, gewogen per volume, gemeten voor de warmtewisselaar (°C)	87
Gemiddelde druk direct onder de pomp in productieput (bar)	42
Laagste druk direct onder de pomp in productieput (bar).	30
Druk aan de putmond van de productieput (bar)	11
Verhouding hoeveelheid olie uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (mg/l)	0,14
Verhouding hoeveelheid gas uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Nm ³ / m ³)	1,1
Verhouding hoeveelheid condensaat uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (Sm ³)	-
Hoeveelheid in de productieput ingebrachte inhibitor (l/m ³)	0
Debiet geïnjecteerd water (m ³ /h)	430
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)	45
Gemiddelde operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)	275
Maximale druk van aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	83
Maximale operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)	290
Hoeveelheid in de injectieput ingebrachte inhibitor (l/m ³)	0
Aantal vollasturen per jaar (uur)	7.012
Prognose onttrokken warmte per jaar (PJ)	0,5
Hoeveelheid benodigde elektrische energie per jaar (kWh)	7.713.200
Geïnstalleerd vermogen installatie (MW _{th})	24

Tabel 12 Karakterisatie geothermisch systeem performance onder beoogde standaard operationele condities.

Jaar* Vanaf 15/07/2019	Prod. Temp. (°C)	Hoeveelheid water (mln m³)	Energie (GJ)	Gas (m³)	Olie (m³)	Aantal vullast uren (hrs)	Energie- consumptie (kWh)
1	87	1,51	252.931	1,66	0,15	3.506	3.856.600
2	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
3	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
4	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
5	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
6	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
7	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
8	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
9	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
10	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
11	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
12	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
13	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
14	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
15	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
16	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
17	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
18	87	3,02	505.862	3,32	0,30	7.012	7.713.200
19	86	3,02	496.134	3,32	0,30	7.012	7.713.200
20	86	3,02	496.134	3,32	0,30	7.012	7.713.200
21	86	3,02	496.134	3,32	0,30	7.012	7.713.200
22	86	3,02	496.134	3,32	0,30	7.012	7.713.200
23	85	3,02	496.134	3,32	0,30	7.012	7.713.200
24	85	3,02	496.134	3,32	0,30	7.012	7.713.200
25	84	3,02	476.677	3,32	0,30	7.012	7.713.200
26	84	3,02	476.677	3,32	0,30	7.012	7.713.200
27	83	3,02	466.949	3,32	0,30	7.012	7.713.200
28	83	3,02	466.949	3,32	0,30	7.012	7.713.200
29	82	3,02	457.221	3,32	0,30	7.012	7.713.200
30	81	3,02	447.493	3,32	0,30	7.012	7.713.200
31	80	3,02	437.765	3,32	0,30	7.012	7.713.200
32	80	3,02	437.765	3,32	0,30	7.012	7.713.200

In de tabel zijn 32 kalenderjaren weergegeven waarvan jaar 1 op 15 juli 2019 de start van eerste productie weergeeft. In de jaren 2 t/m 32 wordt rekening gehouden met een uptime van 80%.

3.2 Duur van winning

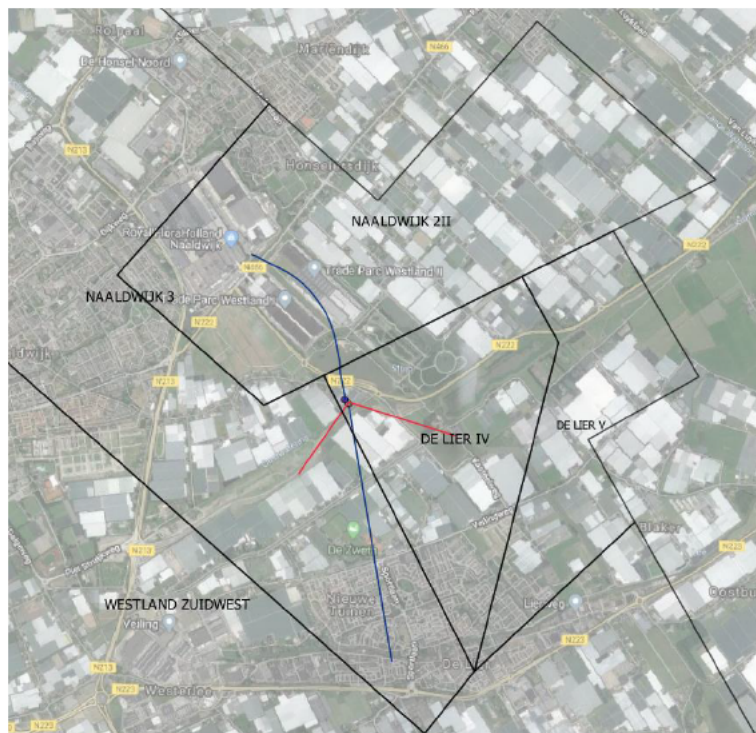
Voor TWL-01 wordt uitgegaan van een winningstermijn van 32 jaar, voor TWL-02 is dit 30 jaar.

3.3 Toekomstige ontwikkeling

TWL heeft de intentie een tweede doublet (TWL-02) te realiseren in 2020. TWL-02 wordt gerealiseerd in de Delft en Alblasserdam formaties op een diepte van ~2400 meter. De boringen worden gedaan vanaf dezelfde mijnbouwlocatie waar op dit moment ook TWL-01 wordt gerealiseerd.

De realisatie van TWL-02 staat niet op zichzelf. Het nieuwe project heeft invloed op, en zal beïnvloed worden door het eerste doublet. Er kan dan ook niet gesproken worden van twee aparte doubletten, maar van een geothermisch systeem van vier putten. Er wordt daarom rekening gehouden met het huidige doublet in geologische, technische en organisatorische zin. TWL is zich hier terdege van bewust en handelt hier dan ook naar. Naast uitdagingen heeft het boren van de nieuwe putten ook grote voordelen: naast optimalisatie van warmtewinning uit de ondergrond

speelt het delen van de mijnbouwlocatie, verbeteren van leveringszekerheid en het voor een deel kunnen gebruiken van het huidige warmtenet een rol.



Figuur 29 Schets van de configuratie van TWL-01 en het geplande doublet TWL-02 met de puttrajecten tot op Alblasterdam niveau.

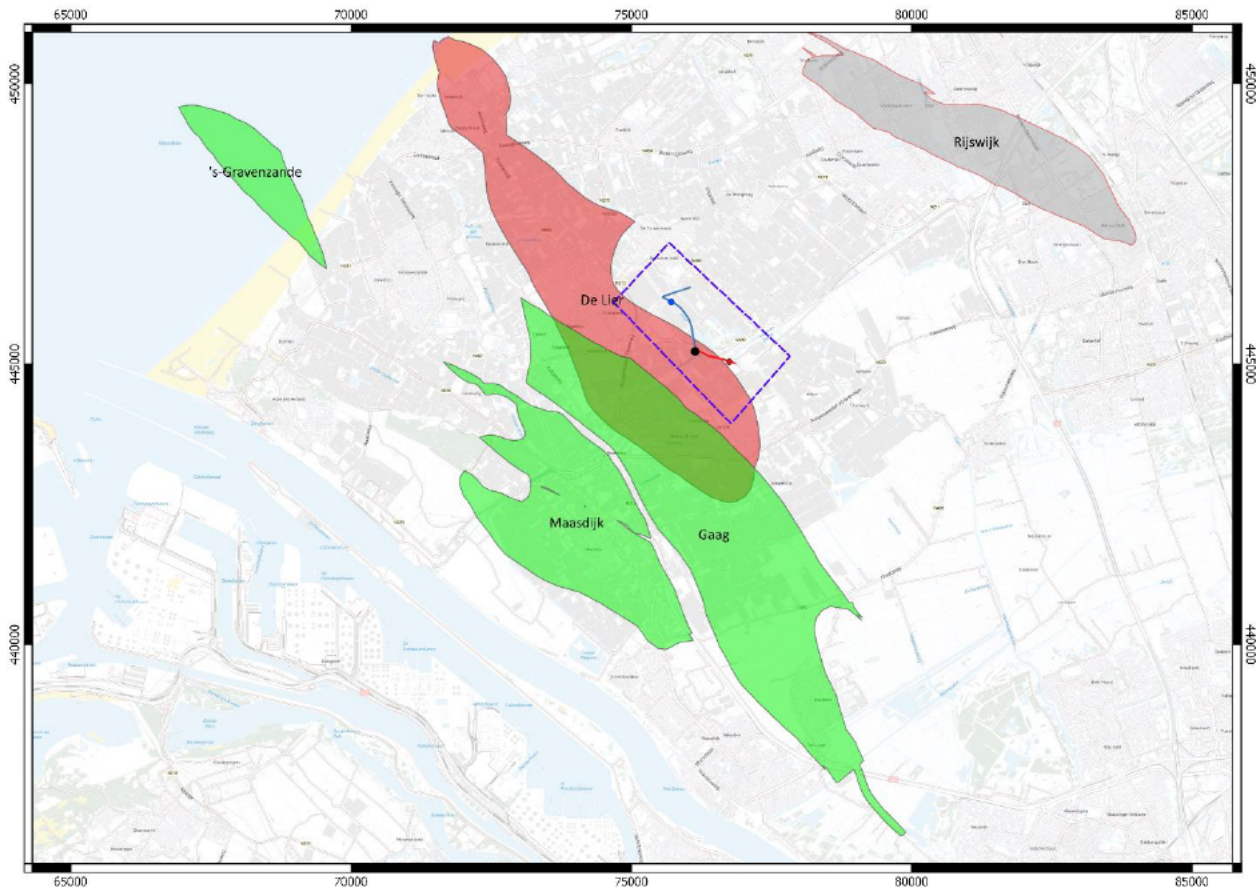
3.4 Interferentie

3.4.1 Olie- & gaswinning

Rond het project TWL-01 liggen verschillende olie- & gasvelden (Figuur 30). 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 13 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 30 Olie- & gas velden in nabijheid van de projectlocatie

3.4.2 Geothermie

In de omgeving van TWL-01 zijn twee andere aardwarmte-projecten reeds in bedrijf: De Lier Geothermie en Honselersdijk Geothermie. Deze aardwarmte-projecten produceren uit hetzelfde reservoir als TWL-01.

Tabel 14 Geothermie projecten nabij TWL-01

Veld	Delfstof	Productie sinds	Status	Reservoir
De Lier Geothermie	Water	11-2014	In productie	Delft & Alblasserdam
Honselersdijk Geothermie	Water	01-2014	In productie	Delft & Alblasserdam

In eerste instantie zijn voor het bepalen van de begrenzing van de winningsvergunning voor aardwarmte onder andere de volgende uitgangspunten van belang (Brief ref. AGE 14-10.050):

- Het te vergunnen gebied voor de winning van aardwarmte moet in zijn geheel binnen het bestaande opsporingsvergunningsgebied liggen;
- De voorkeur wordt gegeven aan een vergunning-polygoon die ruimer is opgezet dan minimaal noodzakelijk;
- Gedurende de looptijd van de winningsvergunning mag de (berekende) temperatuurdaling op de grens van het vergunde gebied maximaal 1°C zijn, om te vermijden dat productie van aardwarmte buiten de winningsvergunning plaatsvindt.

Hiervoor wordt gebruikelijk 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.

De middelpunten van de cirkels zijn 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'.

In alinea 2.7 worden de resultaten van het reservoirmodel gepresenteerd. Dit model laat zien dat de invloed op nabijgelegen geothermieprojecten niet wordt verwacht omdat de breuken zeer waarschijnlijk als een barrière fungeren. Tijdens de interferentietest tussen NLW-GT-01 en NLW-GT-02-S1 is tijdens de build-up geen communicatie met nabijgelegen geothermieputten geregistreerd.

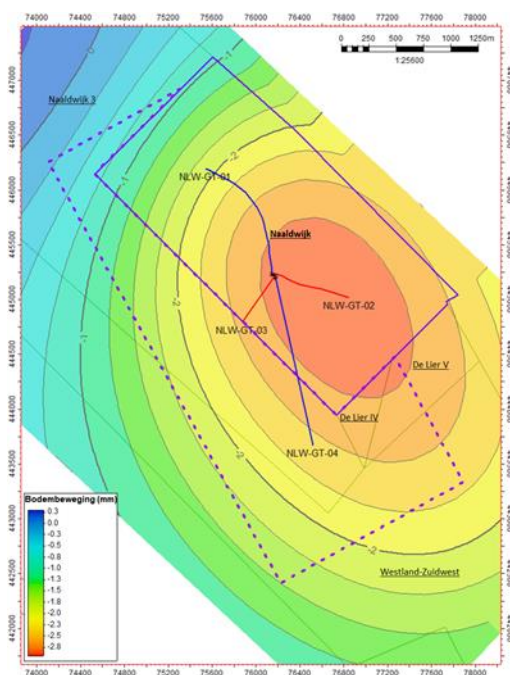
4 Bodembeweging

4.1 Bodemdaling

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 2015¹ 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 1-2 cm na een periode van 40 jaar winning. Op basis van het DoubletCalc2D model van de projectlocatie is de bodemdaling ten gevolge van de winning van geothermie enkele millimeters (Figuur 31).

In het gebied is ook sprake van een natuurlijke bodemdaling. De Klimaateffectatlas geeft een inschatting van de bodemdaling tussen 2016-2050. In de omgeving van Naaldwijk wordt deze natuurlijke bodemdaling momenteel ingeschat op 3-20 cm, maar dit kan plaatselijk verschillen (<http://www.klimaateffectatlas.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.



Figuur 31 Indicatie bodemdaling (mm) ten gevolge van 30 jaar winning.

4.2 Bodemtrilling

4.2.1 Monitoring van bodemtrillingen

Eventuele bodemtrillingen (aardbevingen) worden in Nederland gemonitord met behulp van het bestaande netwerk van KNMI (<https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/stations>). Het KNMI heeft een uitgebreid netwerk van

¹ Fokker et al. (2015). *Surface Movement Induced by a Geothermal Well Doublet*. *Proceedings, World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19-25 April 2015*

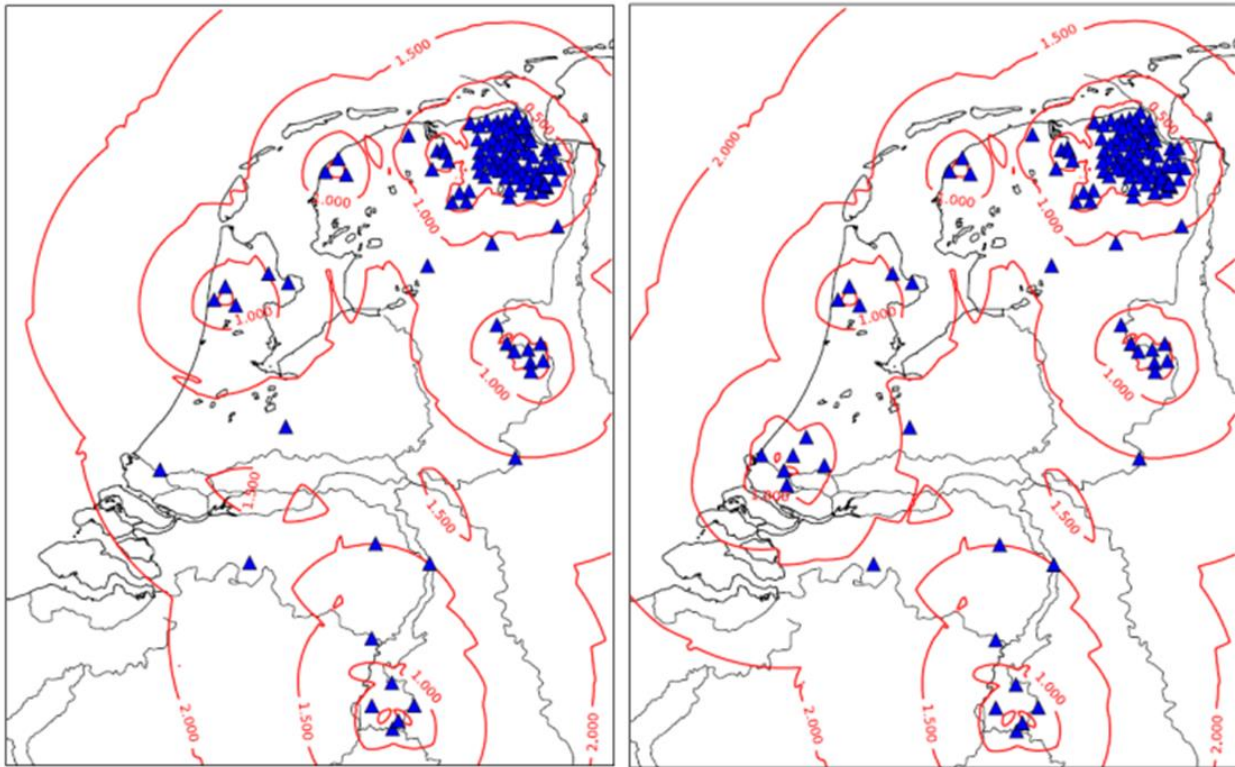
seismometers om de seismiciteit in en rondom Nederland te meten. Het netwerk bestaat uit geophones in boorgaten (boreholes tot 300m diepte), versnellingsmeters en "broadband" seismometers.

Geregistreerde aardbevingen worden automatisch vermeld op de website van het KNMI. Specialisten van het KNMI interpreteren de bevinggegevens en dit kan leiden tot kleine aanpassingen van de vastgestelde sterkte en/of locatie van de beving. Voor de locatiebepaling van een beving is de dichtheid en daarmee gevoeligheid van het netwerk van belang. De locatiedrempel is een maat voor de gevoeligheid van het netwerk. De drempel geeft de laagste magnitude (M_L) aan van een beving waarvan de locatie nog kan worden bepaald (deze is dan door tenminste door 3 monitoringstations waargenomen). In het Westland is recentelijk de dichtheid van het KNMI netwerk uitgebreid met vijf nieuwe monitoring stations die in het tweede kwartaal van 2020 operationeel zullen zijn (zie figuur 33 rechter plaatje). Hiermee is de locatiedrempel voor TWL-01 op 1,0 komen te liggen ($M_L=1,0$). Kleine bevingen kunnen dan worden geregistreerd en tevens met voldoende zekerheid worden gelokaliseerd.

De sterkte van een beving wordt weergegeven als magnitude volgens de schaal van Richter (M). Dit is een logaritmische schaal. Voor elke twee stappen in magnitude neemt de energie met drie logaritmische stappen toe. Een beving van $M=3$ heeft daarmee 1000 maal meer energie dan een beving van $M=1$. Meldingen waarbij geïnduceerde aardbevingen door mensen gevoeld zijn starten bij een magnitude vanaf $\sim M=1,5$. Alhoewel dit zeer laag is voor natuurlijke seismische activiteit, is de reden zeer waarschijnlijk dat de diepte van de geïnduceerde bevingen redelijk ondiep is (2-3 km).



Figuur 32 KNMI stations in de omgeving van het project, ZH-01 (blauw) is in 2019 geïnstalleerd en ZH-02-05 volgen in Q2 2020.



Figuur 33 Huidige "locatiedrempels" van het KNMI netwerk (links) en de verwachte situatie vanaf het tweede kwartaal 2020 (rechts)

4.3 Inventarisatie van gevaar op bodemtrillingen- Quick-Scan

Geïnduceerde seismiciteit wordt veroorzaakt door een verandering in de lokale stress-situatie. Deze stress-situatie wordt beïnvloed door poro-elastische en thermo-elastische effecten. De drukverandering gerelateerd aan de poro-elastische effecten treedt voornamelijk op nabij de productieput (drukafname) en de injectieput (druktoename), en neemt snel af naarmate de afstand tot de putten groter wordt. Na initiële productie treedt een nieuwe evenwichtssituatie (equilibrium) op omdat de geïnjecteerde en geproduceerde volumes gelijk zijn. Als tijdens de initiële periode geen seismiciteit optreedt, is het geassocieerde risico in langdurige winningsperiode zeer klein geworden.

De inventarisatie van gevaar op bodemtrillingen 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"). Het seismische risico dat wordt toegeschreven aan de afkoeling van het geothermisch reservoir wordt in de Quick-Scan niet behandeld.

Deze paragraaf beschrijft de richtlijn die is opgesteld en gebruikt kan worden voor het inschatten van de seismische dreiging. De beslisboom is weergegeven in Figuur 34. In deze beslisboom zijn drie levels weergegeven, waarbij level 3 de hoogste risico categorie weergeeft. In levels 1 en 2 ligt de nadruk op Seismic Hazard Analysis (SHA) en in level 3 op Seismic Risk Analysis (SRA). In dit hoofdstuk worden alle aspecten van level 1 beschreven en zal de beslisboom voor het eerste deel worden doorlopen. Dit zal worden ingedeeld in 3 onderdelen:

- De eerste vragen uit de beslisboom (Level 1A):
 - Distance to major fault zone < 100m?
 - Circulation through existing faults?
 - Project in tectonically active area of Roer Valley Graben?
 - Influenced by Groningen Field?

- QS scoring tabel (level 1B):
 - Has the injection location connection with the basement (<3 km distance)?
 - Distance to natural faults?
 - Fault orientation in stress field?
 - Distance to natural earthquakes?
 - Distance to induced seismicity?
 - Net injected volume?
 - Inter-well pressure communication?
 - Re-injection pressure?
 - Circulation rate?
- Laatste vragen uit de beslisboom (Level 1C)
 - Potential for induced seismicity?
 - Did previous seismicity (induced or natural) occur in geothermal project region?

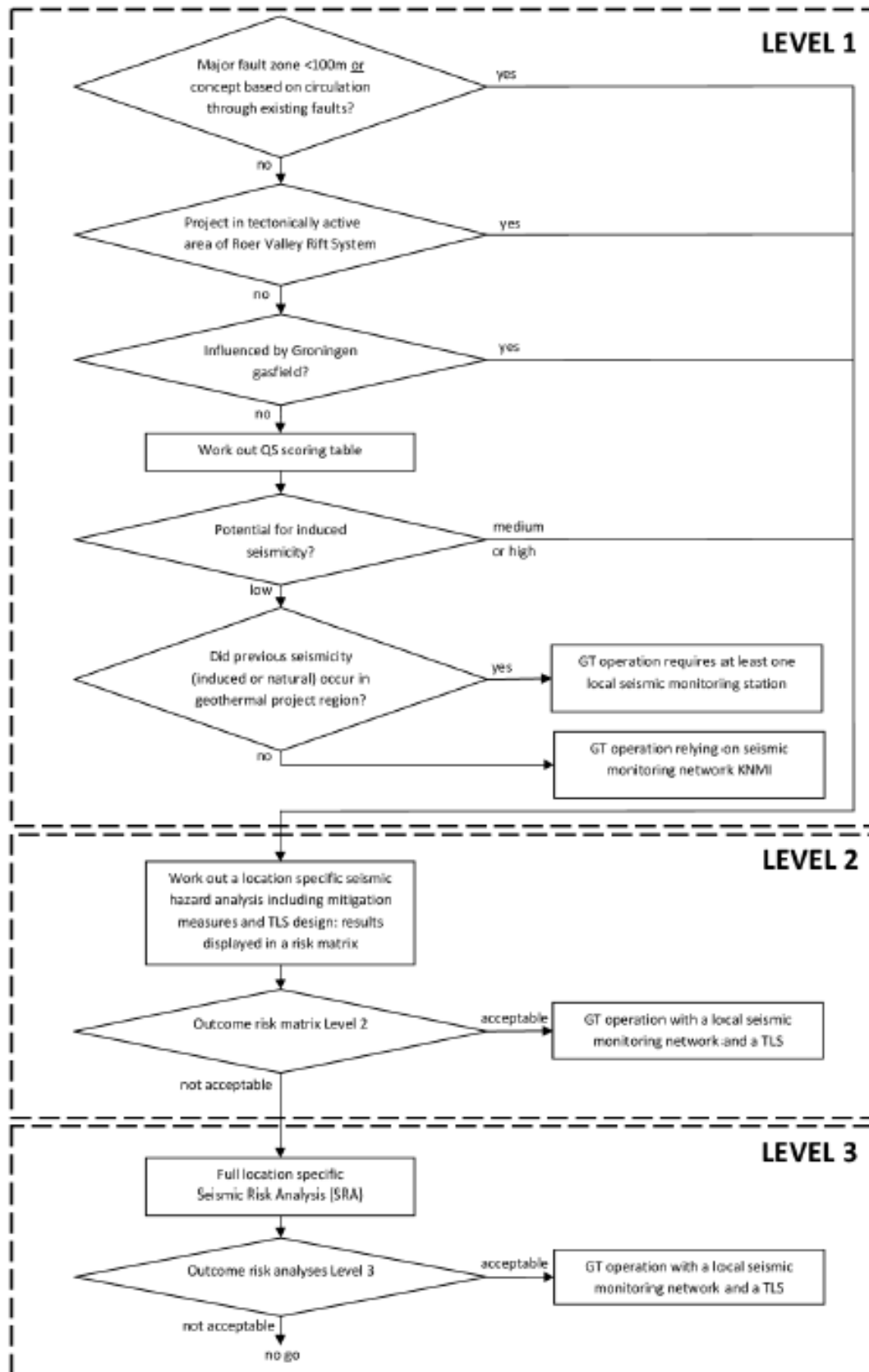
De antwoorden voor de vragen uit de beslisboom en de scores voor de verschillende parameters van de Quickscan worden in appendix 5.5 onderbouwd.

De totale score die volgt uit de QS scoring tabel wordt vervolgens gedeeld door de score die maximaal mogelijk is (totaal is 90 punten). Deze genormaliseerde score is een maat voor de potentie van geïnduceerde seismiciteit:

- Score < $\frac{1}{3}$ Potentie is laag
- Score $\frac{1}{3}$ - $\frac{2}{3}$ Potentie is matig
- Score > $\frac{2}{3}$ Potentie is hoog

Een lage potentie betekent dat geïnduceerde seismiciteit niet waarschijnlijk is.

De SHA-quickscan is uitgevoerd voor een debiet van 355 m³/h, wat een genormaliseerde score oplevert van 0,33. Een debiet hoger dan 360 m³/h resulteert in een genormaliseerde score van 0,37. Aangezien deze waarden zich in de matige potentie categorie bevinden, er een level 2 studie uitgevoerd.



Figuur 34 Beslisboom voor de inschatting van seismische dreiging

4.4 Locatie specifiek Seismisch Gevaar Analyse (SHA)

Op basis van de resultaten van de Quick-Scan bevindt TWL-01 zich in de matige categorie. Hierdoor, en met het oog op het op termijn optimaliseren van de winningsmogelijkheden tot een maximum debiet van het huidige systeem van 430 m³/hr in combinatie met de ontwikkeling van een tweede doublet heeft TWL een SHA level 2 uitgevoerd. Het rapport wordt als bijlage toegevoegd.

Deze studie is uitgevoerd met de aanname dat beide doubletten in de toekomst operationeel zullen zijn. De twee doubletten zullen worden aangesloten op dezelfde productie installatie en daarmee beschouwd worden als één systeem, dit is ook relevant omdat er naar verwachting uiteindelijk ondergronds interferentie zal plaatsvinden tussen de twee doubletten.

De belangrijkste mechanismes die in een geothermie reservoir seismiciteit kunnen veroorzaken zijn geanalyseerd op basis van een breukmodel. Dit breukmodel is opgesteld op basis van een reprocessing seismische dataset uit 2015 die beschikbaar is gesteld door de NAM, de dataset is van goede kwaliteit en representeert de momenteel best mogelijke inschatting van de structurele configuratie van de ondergrond in de regio van het project. Op basis van dit model is het "verwachte scenario" gesimuleerd, daarnaast zijn ook verschillende "extreme scenario's" in beschouwing genomen. De "extreme scenario's" kunnen realistisch ook voorkomen en zijn in die zin niet extreem, maar simpelweg geen onderdeel van de verwachte situatie. De "extreme scenario's" beschrijven onder andere breuk re-activatie op reservoirniveau, directe injectie in een breuk en onvoldoende communicatie tussen injectie- en productieput. In het beschreven "verwachte scenario" wordt een meetbare seismische response als onwaarschijnlijk geacht. In de "extreme scenario's" wordt de theoretische maximale bevingsmagnitude (M_{max}) gemodelleerd als er een beving zou plaatsvinden. Uit het model van extreme scenario's blijkt een graduele opbouw van M_{max} , in welk geval een 'Verkeerslicht Systeem' (VLS) kan worden gebuikt om de risico's te mitigeren.

4.5 Locatie specifiek Seismisch Risico Analyse (SRA)

Gezien de score die volgt uit de Quick-Scan is een SHA level 2 uitgevoerd en is er geen SRA nodig.

4.6 Nadelige gevolgen

Op basis van de resultaten uit de analyses met betrekking tot het optreden van bodembeweging, zoals beschreven in de voorgaande paragrafen (4.1 – 4.5), zijn er geen nadelige gevolgen van de aardwarmtewinning vanuit het eerste en tweede doublet te verwachten in het scenario van winning zoals dit met het beschikbare model van de ondergrond is gesimuleerd. Echter dient ook rekening te worden gehouden vanuit het voorzorgsprincipe met het kunnen optreden van extremere scenario's waarbij zich meetbare en mogelijke voelbare bodemtrillingen kunnen voordoen. Om die reden zal er in de winningsfase een seismisch risicobeheersplan worden gehanteerd waarin wordt aangegeven welke maatregelen worden genomen om de mogelijke consequenties van het onverhoopt toch optreden van bodemtrillingen (bevingen) te voorkomen of beperken.

In dit risicobeheersplan wordt vastgesteld wat er met seismische gegevens vanuit regionale KNMI netwerk wordt gedaan en welke situaties aanleiding geven tot het nemen van mitigerende maatregelen. Dit gebeurt via het zogenaamde 'Verkeerslicht Systeem'(VLS). Per kleur (groen, geel, oranje, rood) wordt aangegeven wat de mogelijke acties zijn en hoe intern binnen TWL en extern naar alle relevante partijen wordt gecommuniceerd.

Maatregelen tot beperking van productie/injectie zullen worden genomen in overleg met SodM.

5 Appendices

5.1 Appendix 1: Samenstelling reservoir water NLW-GT-02-S1

Parameter	Unit	Result			
Metals [According to ISO 17294-2] (A)			1,4-Dichlorobenzene	µg/l	<0.50
Nickel	µg/l	620	Monochlorobenzene	µg/l	<0.50
Uranium	µg/l	<1.0	1,1,1,2-Tetrachloroethane	µg/l	<0.50
Metals [According to NEN 6966 (EN-ISO 11885)] (A)			1,1,1-Trichloroethane	µg/l	<0.50
Aluminium	µg/l	130	1,1,2,2-Tetrachloroethane	µg/l	<0.50
Arsenic	µg/l	<10	1,1,2-Trichloroethane	µg/l	<0.50
Barium	µg/l	7200	1,1-Dichloroethane	µg/l	<0.50
Boron	µg/l	29000	1,1-Dichloroethene	µg/l	<0.50
Cadmium	µg/l	29	1,1-Dichloropropene	µg/l	<0.50
Calcium	µg/l	5900000	1,2,3-Trichloropropene	µg/l	<0.50
Copper	µg/l	230	1,2-Dichloroethane	µg/l	<0.50
Iron	µg/l	130000	1,2-Dichloropropane	µg/l	<0.50
Lead	µg/l	92	1,3-Dichloropropane	µg/l	<0.50
Lithium	µg/l	9100	2,2-Dichloropropane	µg/l	<0.50
Magnesium	µg/l	830000	Chloroethane	µg/l	<0.50
Manganese	µg/l	2500	Chloromethane	µg/l	<1.0
Potassium	µg/l	350000	Cis-1,3-dichloropropene	µg/l	<0.50
Selenium	µg/l	<20	Cis-1,2-Dichloroethene	µg/l	<0.50
Silicium	µg/l	14000	Dichloromethane	µg/l	8.5
Sodium	µg/l	39000000	Tetrachloroethene	µg/l	<0.50
Strontium	µg/l	370000	Tetrachloromethane	µg/l	<0.50
Zinc	µg/l	2200	Trans-1,3-Dichloropropene	µg/l	<0.50
Acidity/Alkalinity [According to WAC/III/A/006 (based on ISO 9963-1)]			trans-1,2-Dichloroethene	µg/l	<0.50
Alkalinity up to pH 4.5	mmol/l	2.0	Trichloroethene	µg/l	<0.50
Alkalinity up to pH 8.3	mmol/l	<0.050	Trichloromethane	µg/l	<0.50
Bicarbonate same as HCO ₃	mg/l	130	1,2-Dibromo-3-chloropropane	µg/l	<0.50
Carbonate same as CO ₃	mg/l	<2.5	1,2-Dibromoethane	µg/l	<0.50
Anionen [According to ISO 10304-1]			Bromobenzene	µg/l	<0.50
Bromide	mg/l	300	Bromochloromethane	µg/l	<1.0
Chloride	mg/l	88000	Bromodichloromethane	µg/l	<0.50
Nitrate as N	mg/l	<10 *	Bromomethane	µg/l	<1.0
Sulphate	mg/l	200	Dibromochloromethane	µg/l	<0.50
Fluoride	mg/l	<10 *	Dibromomethane	µg/l	<0.50
Discrete analyser [According to ISO 15923-1]			Dichlorodifluoromethane	µg/l	<1.0
Phosphate	mg/l	<0.050	Tribromomethane	µg/l	<0.50
Volatile compounds BTEX [According to ISO 11423-2]			Trichlorofluoromethane	µg/l	<1.0
Benzene	mg/l	0.083	Heptane	µg/l	<1.0
Toluene	mg/l	<0.040	Hexane	µg/l	<1.0
Ethylbenzene	mg/l	<0.040	Octane	µg/l	<1.0
m/p-Xylene	mg/l	<0.080	MTBE	µg/l	<0.50
o-Xylene	mg/l	<0.040	1,2,4-Trimethylbenzene	µg/l	<0.50
Sum BTEX	mg/l	<0.29	1,3,5-Trimethylbenzene	µg/l	<0.50
Mineral Oil Fractions [According to OSPAR 2005-15]			Butylbenzene	µg/l	<0.50
Gedispergeerde olie	mg/l	14	Isopropylbenzene	µg/l	<0.50
Hardness (Calculated)	mg CaCO ₃ /L	18024	p-Isopropyltoluene	µg/l	<0.50
pH [According to ISO 10523]			Propylbenzene	µg/l	<0.50
pH	-	6.0	sec-Butylbenzene	µg/l	<0.50
Temperature pH-measurement	°C	22.5	tert-Butylbenzene	µg/l	<0.50
Volatile compounds [According to WAC/IV/A/016]			Benzene	µg/l	4.6
1,2-Dichlorobenzene	µg/l	<0.50	Ethylbenzene	µg/l	<0.50
1,3-Dichlorobenzene	µg/l	<0.50	m- + p-Xylenes	µg/l	<0.30
			o-Xylene	µg/l	<0.15
			Styrene	µg/l	<0.50
			Toluene	µg/l	<0.50
			Vinylchloride	µg/l	<0.50
			2-Chlorotoluene	µg/l	<0.50
			4-Chlorotoluene	µg/l	<0.50
			Hexachlorobutadiene	µg/l	<0.50
			Naphtalene	µg/l	<0.50
			Hexachloroethane	µg/l	<1.0

5.2 Appendix 2: Maximale injectiedruk

Voor de berekening van de Maximale injectiedruk is onder andere het standaard SodM protocol gebruikt. Omdat er door het pompen van de injectievloeistof door de verbuizing dynamische drukverliezen optreden en hier geen rekening mee wordt gehouden in het SodM protocol, worden deze dynamische drukverliezen na de berekening volgens SodM protocol ook meegenomen in de bepaling van de uiteindelijke maximale injectiedruk.

De maximale Tubing Head Pressure van injectieput NLW-GT-01-I is berekend aan de hand van de statische en dynamische drukval en de maximaal toegestane Bottom Hole Pressure. De maximale injectiedruk wordt eerst bepaald volgens het SodM protocol, waarin de maximale Tubing Head Pressure wordt berekend aan de hand van enkel de statische drukval en de maximaal toegestane Bottom Hole Pressure. Vervolgens worden ook de dynamische drukverliezen berekend, waarmee de uiteindelijke maximale Tubing Head Pressure is bepaald.

De maximale injectiedruk wordt berekend op basis van de parameters in Tabel 15 Parameters berekening maximale injectiedruk.

	Parameter	Waarde	Beschrijving
Vloeistofeigenschappen	Zoutgehalte	120 g/L	Panterra Well test analysis
	Injectietemperatuur	35 C°	Verwachte injectietemperatuur NLW-GT-01
	Dichtheid	1.0917 kg/ltr	Panterra PVT analyse
	Viscositeit	0.00097 Pa.s	Berekend uit zoutgehalte en temperatuur
Puteigenschappen	Absolute ruwheid casing	0.3 mm	Beste fit op basis van ervaring
	Absolute ruwheid GRE	0.05 mm	Gegeven door future pipe industries.

Tabel 15 Parameters berekening maximale injectiedruk

Maximale injectiedruk volgens SodM protocol

De maximale injectiedruk volgens SodM protocol is als volgt berekend:

$$THP_{max} [bar] = \text{Depth top reservoir} \times (0.135 - [\text{gradient injection water}])$$

$$\text{Depth top reservoir (TVD)} = 2312m$$

$$\text{Gradient injection water} = 1.0917 \times 0.098 = 0.107 \text{ bar/m}$$

$$THP_{max} [bar] = 2312 \times (0.135 - [0.107]) = 64.6 \text{ bar}$$

Er is een Formation Strength Test (minimale gesteente sterkte) uitgevoerd tot 1.37 bar/10 m (1.4 s.g.). Deze ligt hoger dan de waarde van de in bovenstaande berekening gebruikte waarde van 1.35 bar/10m.

Dynamische drukval

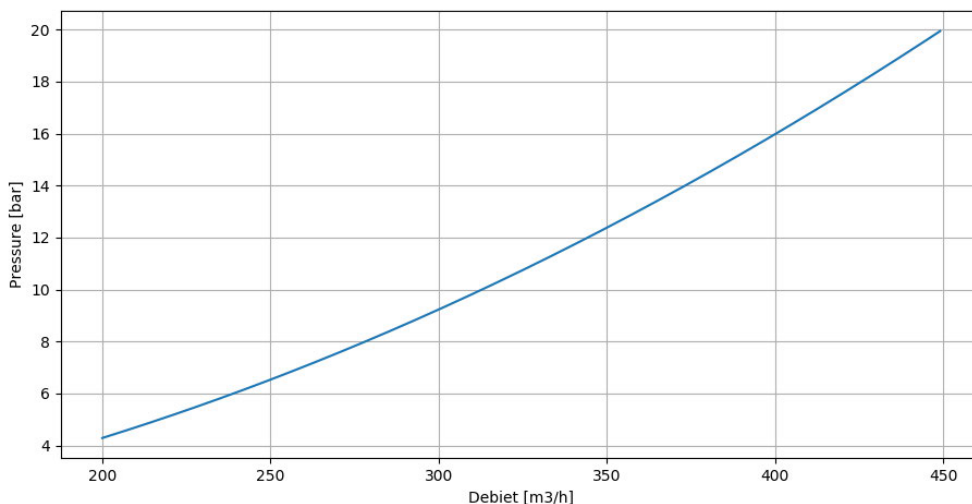
In het SodM protocol wordt rekening gehouden met statische drukverliezen aan de hand van de hydrostatische gradient, maar wordt geen rekening gehouden met de dynamische drukverliezen.

De dynamische drukverliezen zijn berekend aan de hand van de Darcy-Weisbach vergelijking. De frictiefactor die in deze vergelijking gebruikt wordt is berekend aan de hand van de Colebrook-White vergelijking. De uitkomst van de frictieberekening is te zien in Figuur 37. Bij de berekening zijn de parameters in tabel 19 en de Well schematics in Figuur 7 gebruikt.

Drukverlies als gevolg van frictie is berekend tussen de drukmeter en de top perforaties. Hiervoor zijn alleen de putonderdelen die goed kwantificeerbaar meegenomen. Slecht kwantificeerbare onderdelen zijn niet meegenomen. De berekende dynamische drukverliezen zijn daarom naar alle waarschijnlijkheid een onderschatting van de werkelijkheid.

Niet opgenomen putonderdelen zijn onder andere:

- Flowline tussen drukmeter wellhead (incl. bochtstukken)
- Wellhead (inclusief vernauwingen)
- Liner hangers (extra drukverlies door verandering van diameter)
- Packer profiel (extra drukverlies door verandering van diameter)
- Perforaties (extra drukverlies door oneffenheden van naar binnen staande bramen)



Figuur 35 Dynamische drukverliezen

Maximale THP

Wanneer de dynamische drukverliezen worden meegenomen in de berekening van de maximale Tubing Head Pressure, kunnen deze worden opgeteld bij de maximaal toegestane Tubing Head Pressure bepaald volgens SodM protocol.

Bijvoorbeeld:

Bij het maximale debiet van 400 m³/h, is de maximale tubing head pressure 64.6 + 16.0 = 80.6 bar.

De casing is succesvol getest tot 100 bar. Het functioneren van de well barriere envelope is daarom bewezen tot hogere drukken dan wat in deze memo wordt aangevraagd.

De variabele maximale Tubing Head Pressure uitgaande van het standaard protocol en berekende frictie is weergegeven in Tabel 16.

De maximale Tubing Head pressure voor de tijdelijke gereduceerde toegelaten druk (40 bar, exclusief frictieverliezen) is weergegeven in Tabel 17.

Debiet [m3/hr]	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
THPmax [Bar]	68.9	70	71.1	72.4	73.9	75.3	77	78.7	80.6	82.5	84.6

Tabel 16 Injectiedruk - Standaard protocol SodM inclusief frictieverliezen

Debiet [m3/hr]	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
THPmax [Bar]	44.3	45.4	46.5	47.8	49.3	50.7	52.4	54.1	56	57.9	60

Tabel 17 Injectiedruk - Standaard protocol SodM exclusief frictieverliezen

5.3 Appendix 3: Doublet Calc 2D input parameters

New 2D Project		Load Project		Save project		Calculate		View Grid		About	
Input Aquifer Advanced Settings Input Wells Well Results Grid Results											
REGION OF INTEREST											
xmin	72474.4453125	m	nx			171.0	-				
xmax	81024.4453125	m	ny			186.0	-				
ymin	439385.625	m									
ymax	448685.625	m									
grid geometry	Thickness Reservoir v2.1		use values	view							
AQUIFER PROPERTIES											
initial temperature	87.0	C	none			use grid	view				
aquifer depth	2473.0	m	none			use grid	view				
(cell) thickness	48.0	m	Thickness Reservoir v2.1			use value	view				
porosity	0.187	-	none			use grid	view				
net to gross	1.0	-	none			use grid	view				
actnum	1.0	-	none			use grid	view				
permeability in xdir	1550.0	mDarcy	abc.asc			use value	view				
permeability in ydir	410.0	mDarcy	abc.asc			use 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									

New 2D Project		Load Project		Save project		Calculate		View Grid		About	
Input Aquifer Advanced Settings Input Wells Well Results Grid Results											
ADVANCED AQUIFER PROPERTIES											
storage capacity	1.0E-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	SURFER										
output VTK (ParaView) fileformat	no										
write debug output grids	no										
CALCULATION SETTINGS											
cooling 3D	yes										
calculate subsidence	yes										
no flow boundary	no										

5.4 Appendix 4: Details dynamisch model

Flow rates:

- TWL1: Start production: July 2019, 355 m³/hr average, from September 2020 onwards: 350 m³/hr average
- TWL2: Start production: March 2020, 260 m³/hr average

Grid properties:

- Grid cells: 227x86x592
- I direction (NW-SE faults trend), J direction (NE-SW)
- Total number of grid cells: 982,809 active cells
- Average Xinc: 50m, Average Yinc: 50m, Average Zinc: 1.5 m
- Reservoir properties are included from the static model. The log interpretation of the effective porosity was used as input for stochastic porosity distribution. All available well data (Well logs, cores and well test) are honored

Rock and fluid properties:

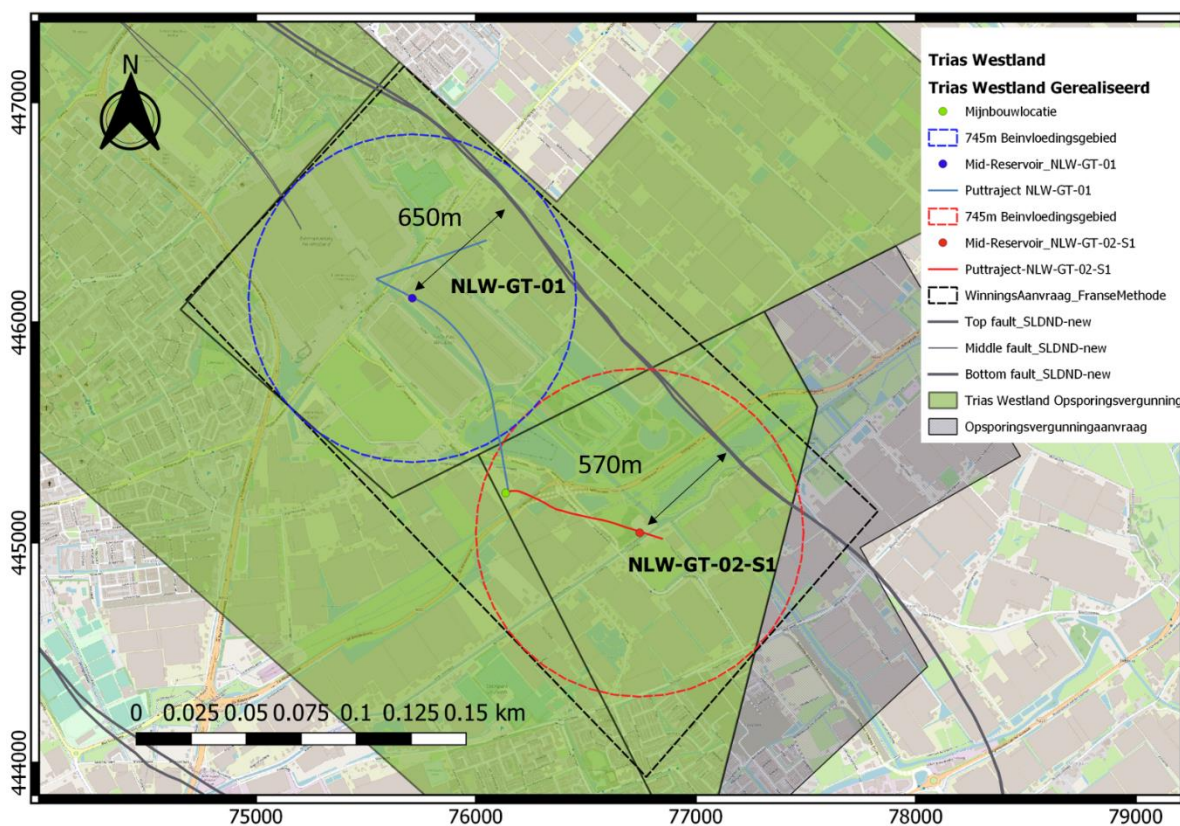
- Water properties are calculated based on the salinity and the gas content of the water
- $B_w=1.0326$ v/v, $\mu=0.431$ cP (water viscosity as a function of temperature), density=1058 kg/m³
- Water specific heat of 4.18 kJ/kg/K
- Rock specific heat of 2268 kJ/m³/K (as a function of temperature)
- Initial reservoir pressure of 240.6 bara @ datum depth of 2375 m TVD

5.5 Appendix 5: SHA quickscan

5.5.1 Level 1A

Afstand tot “major fault zone”

Zoals in eerdere paragrafen beschreven is het gebied rond Naaldwijk volledig gedekt door 3D seismiek, breuken kunnen daardoor met redelijke zekerheid worden geïnterpreteerd. Een criterium voor deze analyse is de afstand van de ondergrondse putlocaties tot een “major fault zone”. Een major fault zone wordt gekarakteriseerd als een breukengebied met een traceerbare lengte van minimaal 10km. De breuken ten noordoosten en zuidwesten van de projectlocatie hebben een traceerbare lengte langer dan 10km en kunnen dus gekarakteriseerd worden als een major fault zone. In Figuur 36 is te zien dat de afstand van de putten tot een major fault zone minimaal 570 meter bedraagt op reservoir niveau.



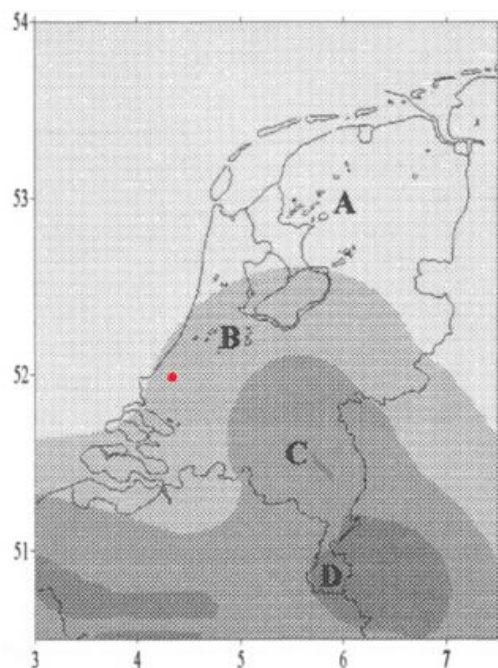
Figuur 36 Afstand van ondergrondse putlocaties tot major fault zone

Circulatie door bestaande breuken

Met “circulatie door bestaande breuken” wordt bedoeld dat de ondergrondse productie- en injectielocaties in een natuurlijke breuk gelegen zijn en dat de stroming tussen de putten parallel loopt aan de breuk. Bij de interpretatie van de seismiek (reprocessing) zijn er tussen de putten geen breuken gedetecteerd, ook zijn er tijdens de put- en interferentiestesten geen drukgolven waargenomen die een indicatie geven dat er een breuk bestaat tussen de twee putten.

Tektonisch actieve omgeving van Roer Valley Graben

De mijnbouwactiviteiten vallen niet in de actieve omgeving van het Roer Valley Graben (Figuur 37).



Figuur 37 Seismische zones in Nederland. Gebied C en D worden gezien als de actieve Roer Valley Graben (de Crook, 1996)

Invloed van Groningen gasveld

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

De afstand tussen het Groningen gasveld en Naaldwijk is 209 km. Daaruit kan geconcludeerd worden dat het geothermisch reservoir bij Naaldwijk niet beïnvloed wordt door het Groningen gasveld.

Conclusie deel 1A

Tabel 18: Samenvatting eerste set "decision tree" vragen.

Decision tree questions	Answer (Y/N)	Argumentation or Reference to relevant paragraph
Distance to major fault zone < 100m?	N	Paragraaf 5.5.1 'Afstand tot major fault zone'
Circulation through existing faults?	N	Paragraaf 5.5.1 'Circulatie door bestaande breuken'
Project in tectonically active area of Roer Valley Graben?	N	Paragraaf 5.5.1 'Project in tektonisch actieve omgeving van Roer Valley Graben'
Influenced by Groningen Field?	N	Paragraaf 5.5.1 'Invloed van Groningen gas veld'

Alle vragen uit de beslisboom zijn met "nee" beantwoord. De volgende stap is het invullen van de QS scoring tabel, dit zal in de volgende paragraaf nader worden besproken.

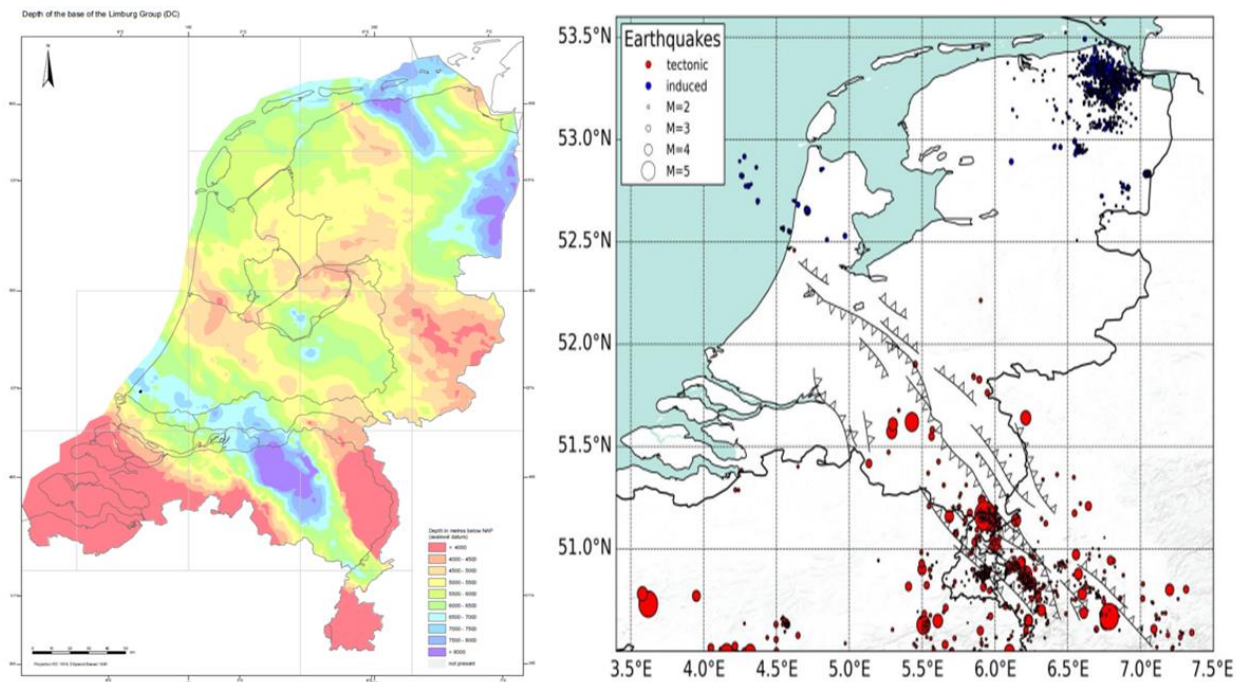
5.5.2 Level 1B – Quick Scan scoring tabel

In de Quick Scan wordt aan de hand van 9 parameters de potentie van geïnduceerde seismiteit afgeleid. De eerste drie parameters volgen uit de geologische omstandigheden, parameters 4 en 5 worden bepaald door de nabijheid van eerder waargenomen seismiteit en vraag 6 tot en met 9 volgen uit het ontwerp en de eigenschappen van het geothermische systeem.

Verbinding met kristallijne basis

De kristallijne basis is zeer hard gesteente en ligt in Nederland op grote diepte. Waterinjectie in kristallijn gesteente kan aanleiding zijn tot geïnduceerde seismiteit. De basis van het geothermisch reservoir waaruit geproduceerd

wordt is 2462 meter terwijl in Figuur 38 te zien is dat de kristallijnen basis op een diepte van 6500 meter ligt. De verticale scheiding tussen het geothermisch reservoir en de kristallijnen basis is dus meer dan 3000 meter. Dit rechtvaardigt een score van 0.



Figuur 38 Diepte kristallijnen basis (links) en geïnduceerde en tektonische aardbevingen (rechts) in Nederland

Afstand tot natuurlijke breuken

De breuken op reservoirniveau zijn beschreven in alinea 2.5.2. In de seismische interpretatie die is gebaseerd op de meest recente reprocessing van de seismiek is een verstoring in de seismiek te zien die op een breuk kan duiden die niet meer waarneembaar is op een afstand van ~375 m van de injectieput. Het kan zijn dat de verstoring sub-seismisch nog doorloopt.

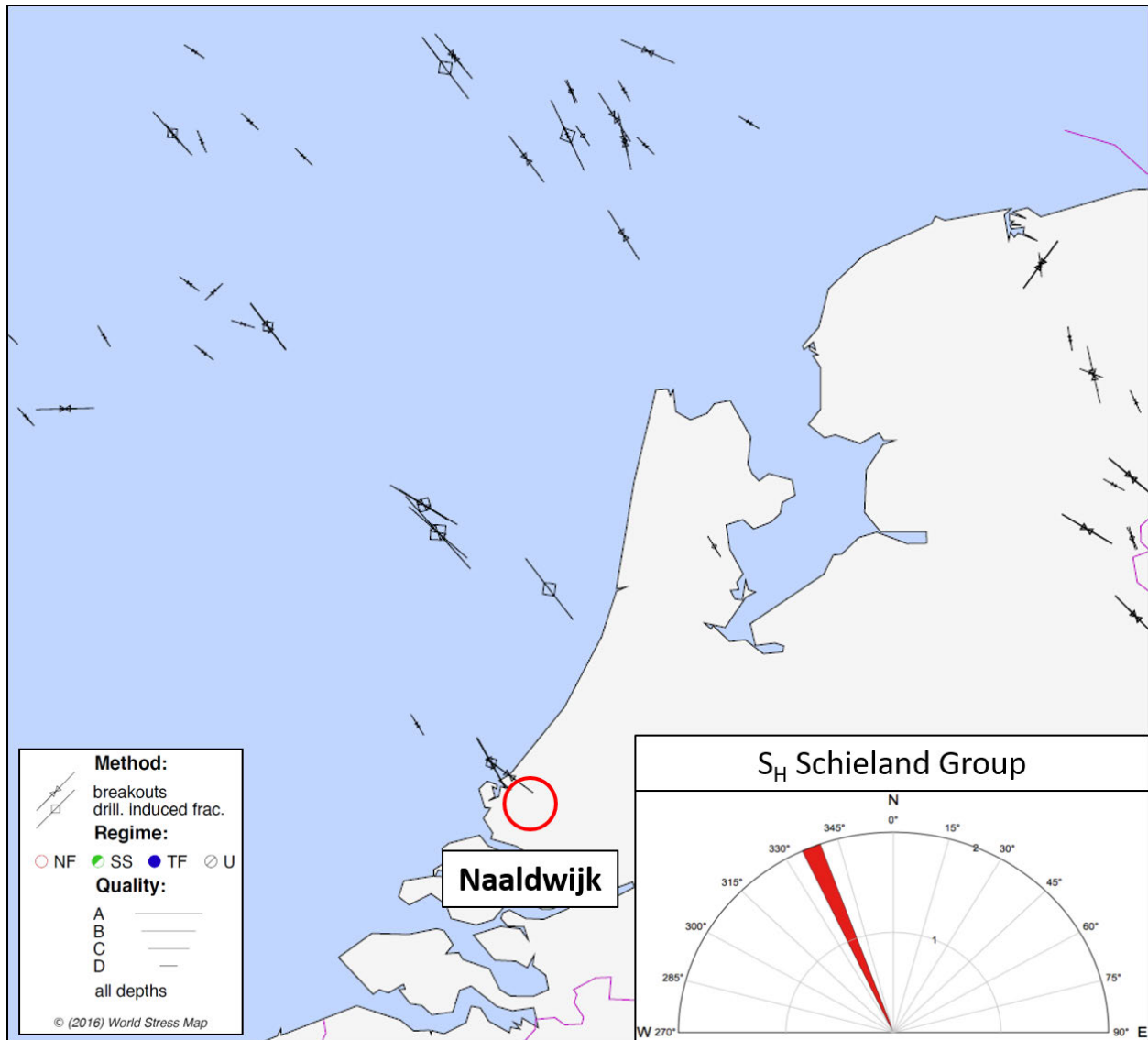
Bij het analyseren van de puttest van NLW-GT-01 zijn er barrières geconstateerd op 250 en 700 m afstand van de put in het reservoir. De barrière op 700 m correspondeert met de grote breuk ten noorden van de put zoals uit de seismiek geïnterpreteerd is (Figuur 11). De barrière op 250 m afstand is niet op de seismiek te zien, dit zou een breuk met een sub-seismisch verzet kunnen zijn of een verandering in reservoir kwaliteit (Lingen, Analysis of Well Test NLW-GT-01, Maart 2018). Bij NLW-GT-02-S1 is er een barrière waarneembaar op een afstand van 370 meter waarvoor het zelfde kan gelden als de breuk op 250 m van NLW-GT-01 (Lingen, Analysis of Well Test NLW-GT-02, Juni 2018).

Er bestaat een verschil in interpretatie tussen het L3NAM1990C seismisch volume en de reprocessing uit 2015. Omdat de kwaliteit van de reprocessing beter is op reservoir niveau en de puttest deze interpretatie lijkt te bevestigen is de meest realistische inschatting dat de dichtstbijzijnde breuk op een afstand van 375 meter ligt. Echter, gezien de oude interpretatie van de seismiek en een onzekerheidsmarge wordt voor dit onderdeel van de quickscan een score van 10 toegekend. Dit houdt in dat er rekening wordt gehouden met een afstand van minder dan 100m tot de breuk.

Oriëntatie van breuken in het heersende stress veld

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

Figuur 39 geeft een overzicht van het projectgebied in relatie tot diverse in-site stress metingen in Nederland. Deze metingen geven de maximale horizontale stress (SH max) weer en zijn geïnterpreteerd uit putdata voor een aantal geologische formaties.

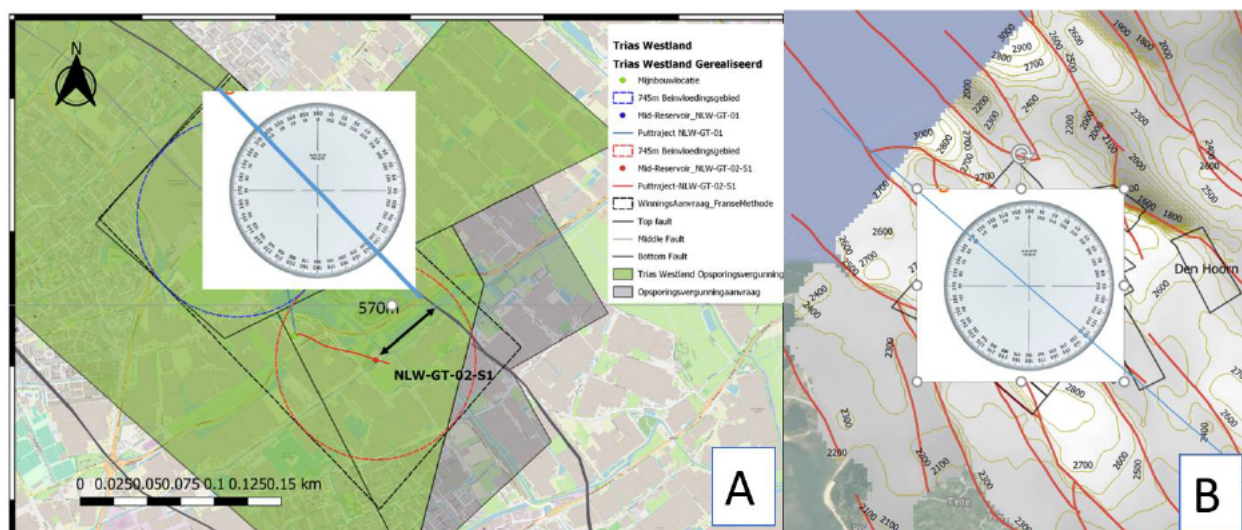


Figuur 39 Kaart met de data uit de "World Stress Map" en "rose diagram" van de Nederlandse kaart (Mechelse, 2017). Mechelse geeft een kleine afwijking in richting met betrekking tot de wereld stress kaart.

Uit de "World Stress Map" en vervolgonderzoek door Mechelse (2017)² kan worden afgeleid dat de maximale horizontale stress (Sh max) in de Scheiland Groep in Nederland een richting van **336,3** graden (NNE) laat zien met een standaard afwijking van 1,3 graden. De metingen dichtbij Naaldwijk laten een richting zien voor de SHmax van **335** graden. Dit is een kleine afwijking ten opzichte van de Nederlandse data, maar gezien de afstand tot de projectlocatie wordt dit laatste getal als meest waarschijnlijk geacht.

De richting van de breuken rondom Naaldwijk is variabel, maar een richting van **310-320** graden lijkt de prevalentie richting van de grote breuken, zie Figuur 40.

² Mechelse (2017). *The in-situ stress field in the Netherlands: Regional trends, local deviations and an analysis of the stress regimes in the northeast of the Netherlands*, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands, 4th of August 2017.



Figuur 40 Breukrichtingen rond Naaldwijk. Figuur 35-B is een regionale interpretatie van TNO.

	Richting van breuk ten opzichte van Sh max oriëntatie			
Hoek	0°-25°	25°-40°	40°-70°	70°-90°
Score	10	7	3	0

De richting van Shmax en de hoofdbreukrichting hebben een hoek van 25 tot 15°, volgens de richtlijnen van de quickscan krijgen breuken waarvan de hoek met 0-25° afwijkt van de Shmax een score van 10.

Afstand tot natuurlijke aardbevingen

In het zuiden van Nederland kunnen natuurlijke aardbevingen voorkomen als gevolg van een actief breukensysteem. Deze bevingen ontstaan door verschuivingen in het breuksysteem van de Alpen³. Als dicht bij het geothermiesysteem natuurlijke aardbevingen zijn opgetreden, dan kan een relatief kleine beïnvloeding al seismische activiteit veroorzaken en is dus sprake van een verhoogde potentie.

Figuur 38 geeft een overzicht van de natuurlijke en geïnduceerde bevingen in Nederland. De dichtstbijzijnde natuurlijke aardbeving bevindt zich in de buurt van Eindhoven. Dit is een afstand groter dan 10 km en dat rechtvaardigt de score 0.

Afstand tot geïnduceerde bevingen

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

De dichtstbijzijnde geïnduceerde aardbeving bevindt zich bij Alkmaar zoals te zien is in Figuur 38. Dit is een afstand groter dan 10 km en dat rechtvaardigt de score 0.

Netto geïnjecteerd volume

Bij TWL-01 is sprake van een gesloten massabalans, dit betekent dat het onttrokken water volledig wordt geïnjecteerd. Het volume dat afneemt door ontgassing is verwaarloosbaar. Dit rechtvaardigt de score 0.

³ KNMI (<https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/natuurlijke-aardbevingen>)

Druk communicatie tussen de putten

De drukveranderingen in de omgeving van het geothermie systeem zijn een optelsom van de drukverhogingen als gevolg van de injectie en de drukverlagingen als gevolg van de onttrekking.

Bij ontwerp en uitvoering is het streven om goede drukcommunicatie tussen de putten te waarborgen en daarmee lokale disbalans in druk te mitigeren. Aspecten die van belang zijn en communicatie tussen putten toestaan zijn:

- De putten hebben een onderlinge ondergrondse afstand van meer dan 1000m
- De “open hole” secties van de putten bevinden zich in hetzelfde reservoir
- De “open hole” secties van de putten verschillen verticaal niet meer dan 100m

Aan de bovenstaande punten is voldaan bij TWL-01. Drukcommunicatie kan getest worden door middel van een interferentie test. Deze interferentie test is uitgevoerd in juni 2018 door tijdens het puttesten van NLW-GT-02-S1 een druksensor in NLW-GT-01 te hangen. Uit deze test is duidelijke drukcommunicatie gebleken tussen beide putten. Deze drukcommunicatie rechtvaardigt een score van 0.

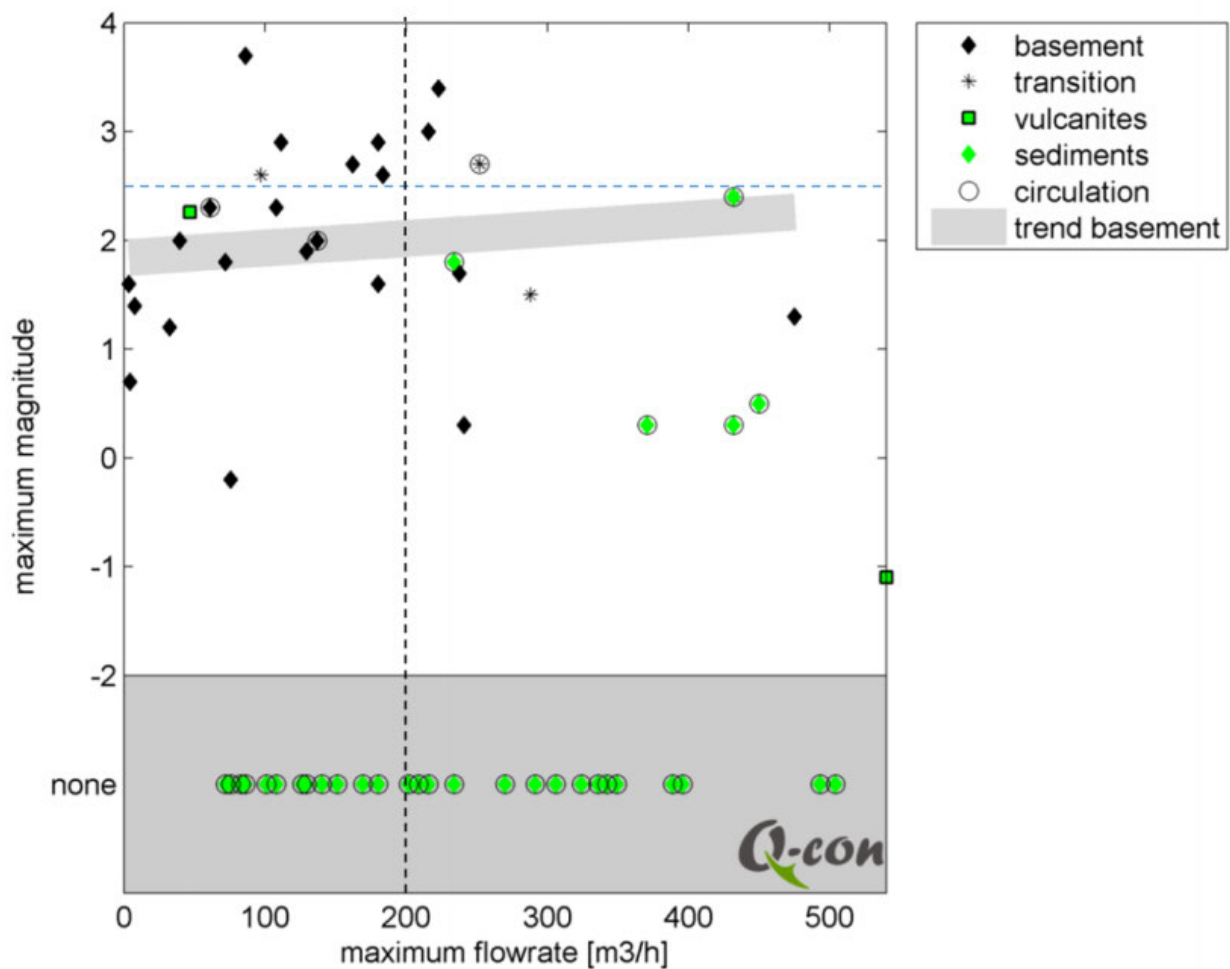
Injectiedruk

Bij een toename van de injectiedruk treden drukveranderingen op en groeit ook het gebied waarbinnen bepaalde drukveranderingen optreden. De maximum injectiedruk op reservoir niveau is volgens het SodM injectiedruk protocol is 64,6 bar (zie paragraaf 5.2, appendix 2). Op basis van de gegevens van de puttest wordt echter een injectiedruk van 29 bar verwacht. Dit rechtvaardigt een score van 3.

Systeemdebiet

In Figuur 41 is de plot te zien uit het IF/QCON document dat een relatie laat zien tussen debiet en bevingen met een bepaalde magnitude. Hierin is onderscheid gemaakt tussen geothermie projecten die gerealiseerd zijn in de kristallijne basis, vulkanische- en sedimentaire reservoirs. TWL-01 wordt gerealiseerd in een sedimentair reservoir. In Figuur 41 is te zien dat in de grote meerderheid van sedimentaire reservoirs opgenomen in deze studie nooit een beving heeft plaatsgevonden. De trendlijn die wordt gepresenteerd is gebaseerd op kristallijne basispunten, en slechts twee sedimentaire projecten plotten in de buurt van deze lijn. Zelfs dan vallen deze bevingen onder de drempel van 2,5 zoals gesteld door de richtlijn van SodM. Deze relatie van debiet en seismiciteit is dus vooral geënt op reservoirs in de kristallijne basis en wordt voor sedimentaire reservoirs niet als heel relevant geacht.

Ondanks dat de argumentatie voor dit criterium niet representatief lijkt te zijn, komt de score met een debiet van 355 m³/h op 7.



Figuur 41 Maximale grootte van geïnduceerde bevingen als een functie van maximaal debiet voor geothermie projecten. Het type gesteente en soort formatie is aangegeven in de legenda. Open symbolen geven productie weer en dichte symbolen injectie. Een trend lijn over de basement data punten is aangegeven in lichtgrijs, data zonder seismiteit is niet meegenomen in de trendlijn.

Conclusie deel 1B – Scoring tabel

Op basis van voorgaande paragrafen kan de Quick-Scan scoring tabel worden ingevuld (Tabel 19). De totale score op basis van de besproken parameters komt op 30, dit resulteert in een genormaliseerde score van 0,33 (Tabel 18).

Tabel 19 QS-scoring tabel

score	basement connected	inter-well pressure communication	re-injection pressure [MPa]	circulation rate [m³/h]	epicentral distance to natural earth- quakes [km]	epicentral distance to induced seismicity [km]	distance to fault [km]	orientation of fault in current stress field	net injected volume [1000 m³]	Sum of column scores
10	yes	no	> 7	> 360	< 1	< 1	< 0.1	favorable	> 20	
7	possible	unlikely	4 - 7	180-360	1 - 5	1 - 5	0.1 - 0.5	shearing possible	5 - 20	
3	unlikely	likely	1 - 4	50-180	5 - 10	5 - 10	0.5 – 1.5	shearing unlikely	0.1 - 5	
0	no	yes	< 1	< 50	> 10	> 10	> 1.5	locked	< 0.1	
Column score	0	0	3	7	0	0	10	10	0	Σ30
										90

Tabel 20: Resultaat Q- scoring.

	Normalised score	Seismicity potential	Hazard level and risk assessment procedure
TWL-01	0,33	Laag	QuickScan

5.5.3 Level 1C

Met een genormaliseerde score van 0,33 (1/3^e van de totale score van 90) wordt de potentie voor seismiteit voor TWL-01 onder de huidige productieparameters ingeschat op **laag**. Ook heeft er geen (geïnduceerde) beving plaatsgevonden in de buurt van de projectlocatie.

Volgens de beslisboom zoals weergeven in Figuur 34 kan TWL-01 gebruik maken van het KNMI netwerk om seismische activiteit te meten. Alinea 4.2.1 beschrijft dat het huidige KNMI netwerk op de projectlocatie van TWL-01 momenteel een beving van ML=1,5 kan registreren en een beving van ML=2,0 kan lokaliseren.

5.6 Bijlage 6: TWL-02 geologisch rapport

Als aparte bijlage toegevoegd.

5.7 Bijlage 7: SHA rapport

Als aparte bijlage toegevoegd.