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

Datum: 13 februari 2020 – versie 1.0
Geschreven door: [redacted]
Gecontroleerd door: [redacted]

Inhoudsopgave

0	**Inleiding**	**4**
0.1	**Wettelijk kader**	**4**
0.2	**Verantwoorde winning – veilig voor mens en milieu**	**6**
0.2.1	Veiligheidsbeheersing en milieuzorg	6
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 beoogde geothermisch systeem**	**10**
2	**Ondergrond**	**11**
2.1	**Algemene beschrijving ondergrond**	**11**
2.2	**Resultaten reservoir karakterisatie**	**14**
2.2.1	Verwachte formatiewater karakteristiek	15
3	**Beoogde wijze van winning**	**16**
3.1	**Putintegriteit**	**16**
3.1.1	Productieput NLW-GT-03	17
3.2	**Putintegriteitsmonitoring**	**19**
3.3	**Beoogde installatie**	**21**
3.3.1	Werking van de mijnbouwinstallatie	21
3.3.2	Metingen bovengrondse installatie	23
3.4	**Beoogde systeemconfiguratie**	**24**
3.5	**Reservoir integriteit**	**26**
3.6	**Beoogde operationele instellingen**	**28**
4	**Prognose winning**	**29**
4.1	**Doublet Calc 1D**	**29**
4.2	**Doublet Calc 2D**	**30**
5	**Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond**	**34**
5.1.1	Olie- & gaswinning	34
5.1.2	Geothermie	34
6	**Natuur en milieu**	**37**
6.1	**Bodemdaling of -stijging**	**37**
6.2	**Beschermde gebieden**	**38**
6.3	**Grondwater**	**39**
7	**Bodemtrilling**	**42**
8	**Voorziene kosten van winning**	**46**

9	**Appendices**	**48**
9.1	**Appendix 1: Geologisch rapport TW OK II (maart 2018)**	**48**
9.2	**Appendix 2: Seismic Hazard Analysis Trias Westland Onder-Krijt II (januari 2020)**	**49**
9.3	**Appendix 3: Puttest resultaten eerste doublet**	**50**
9.4	**Appendix 4: Doublet Calc 2D input parameters**	**51**

0 Inleiding

Trias Westland B.V. (hierna te noemen TWL) heeft in Naaldwijk een geothermie project gerealiseerd (Trias Westland I – TWL-01) waarbij aardlagen van de Schieland Groep (Delft en Alblasserdam) in dit glastuinbouwgebied geschikt zijn gebleken voor de productie van aardwarmte. Het project is sinds juli 2019 operationeel.

Momenteel worden de voorbereidingen getroffen voor de ontwikkeling van een tweede doublet vanaf dezelfde mijnbouwlocatie aan de lange Broekweg 70B (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 mei 2019 geboord gaan worden. De bovengrondse installaties van het huidige doublet zullen worden aangepast om het extra vermogen te kunnen verwerken.

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 en de winningsvergunning is verleend op 19 december 2019. Het winningsplan van TWL-01 is ingediend op 12 april 2019. Op het moment van indienen van dit pre-drill winningsplan voor TWL-02 is hierop nog geen reactie/instemming ontvangen van het bevoegd gezag. Op basis van het vastgestelde tijdelijke beleidskader voor aardwarmte, vooruitlopend op de gewijzigde mijnbouwwetgeving voor geothermie, wordt dit pre-drill winningsplan voor TWL-02 ingediend tezamen met de aanvraag van de pre-drill winningsvergunning. Er is hierbij op dit moment nog geen combinatie gezocht met het bovengenoemd ingediend winningsplan voor TWL-01.

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.

Bovenstaand wettelijk kader wordt voor het winnen van aardwarmte gewijzigd om daarmee beter aan te sluiten bij de specifieke kenmerken van het winnen van aardwarmte ten opzichte van het winnen van delfstoffen. De wijziging van de Mijnbouwwetgeving is in voorbereiding en zal op z'n vroegst van kracht worden per 1 januari 2021. Om het in te dienen winningsplan voor projecten vooruitlopend op de nieuwe wetgeving zoveel als mogelijk hierbij reeds te laten aansluiten is een tijdelijk beleidskader vastgesteld door het Ministerie van EZK en aan TWL kenbaar gemaakt in november 2019 (ref: brief Ministerie EZK dd 14 november 2019 kenmerk DGKE/19265357).

Op hoofdlijnen houdt het tijdelijk beleidskader tav het in te dienen winningsplan in dat gelijktijdig met de aanvraag van een (tijdelijke) winningsvergunning ook een aanvraag voor een (tijdelijk) winningsplan wordt opgesteld. Dit vindt plaats voordat het betreffende doublet wordt gerealiseerd, zogenaamd 'pre-drill'. Dit winningsplan heeft derhalve de prefix 'pre-drill' om aan te duiden dat het hier gaat om een tijdelijk winningsplan waar voor een periode van 2 jaar mee zal worden ingestemd (eventueel te verlengen met één jaar indien nodig). Na instemming door de minister van EZK met dit pre-drill winningsplan kan de winning van aardwarmte worden opgestart zodat de productie kan worden geoptimaliseerd en aanvullende gegevens kunnen worden verzameld ten behoeve van het aanvragen van een vervolgvergunning voor langdurige winning. Het huidige wettelijk kader zoals hierboven beschreven blijft van toepassing op het pre-drill winningsplan met de volgende aanpassingen:

- In samenwerking met TNO-AGE is een aangepast format gespecificeerd voor opstellen van het pre-drill winningsplan, met name wat betreft de rapportagevereisten voor de geologische onderbouwing. Omdat nog niet is geboord kan worden uitgegaan van de specificaties die zijn gebruikt voor de aanvraag Garantieregeling-Aardwarmte en SDE+.
- Wat betreft het tijdstip van indienen wordt gevraagd dit te doen tegelijkertijd met het indienen van de aanvraag voor de Wabo-vergunning (oprichten en inwerking hebben van een installatie), of als deze reeds is ingediend 30 weken voorafgaand aan de boring.

Het tijdelijk beleidskader zoals vastgesteld en gecommuniceerd aan TWL in november kruist de reeds in gang zijnde realisatie fase van het TWL-02 project. Om die reden wordt in dit geval niet voldaan aan de indienen van het pre-drill winningsplan tegelijkertijd met het aanvragen van de omgevingsvergunning, noch 30 weken voorafgaand aan de start van de boring. Start van de boring is op dit moment voorzien voor medio mei 2020. Echter de planning voor het na de boringen aanpassen en inwerking stellen van de installatie leidt tot start van de winning op z'n vroegst in het eerste kwartaal van 2021. Hierdoor wordt ruimschoots voldaan aan de wettelijke doorlooptijd op basis van de uniforme openbare voorbereidingsprocedure.

0.2 Verantwoorde winning – veilig voor mens en milieu

0.2.1 Veiligheidsbeheersing en milieuzorg

Het topdocument van het managementsysteem van 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 Capturam in TWL.

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 (as low as reasonably practicable) niveau te worden beheerst. Met een transparant systeem van veiligheidsbeheersing en milieuzorg kan aan de stakeholders worden aangetoond dat TWL in control is.

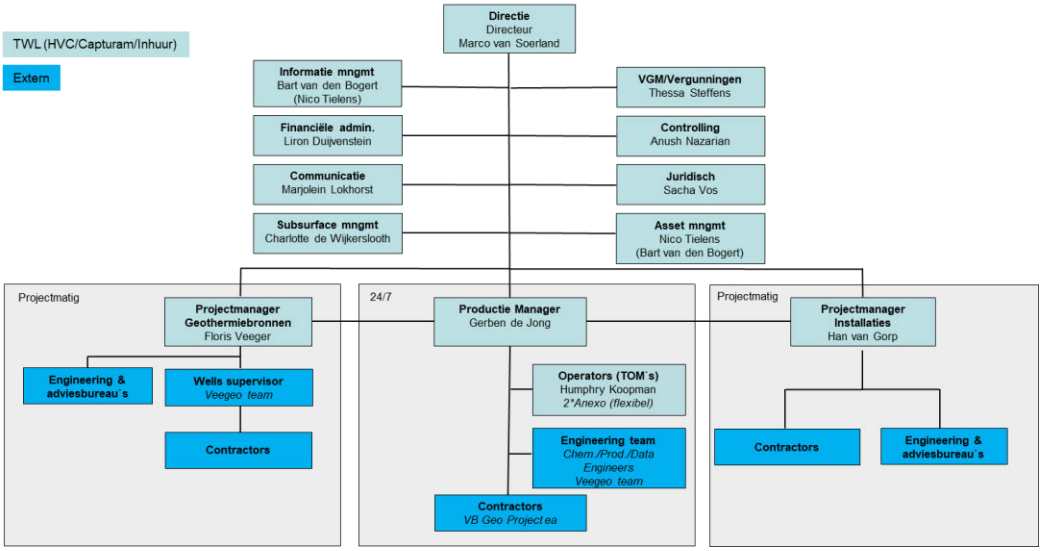
0.2.2 Veiligheid- en Gezondheidsdocument

Stakeholders die belang hebben bij een goed werkend systeem voor veiligheidsbeheersing en milieuzorg zijn omwonenden en de toezichthoudende/vergunningverlenende partijen. 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. In de huidige exploitatiefase van TWL-01 is het organisatieschema als volgt:



Figuur 1 Organisatieschema voor de exploitatiefase TWL-02

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 Lange Broekweg 70B te Naaldwijk) en die onaanvaardbare effecten hebben op mensen, het milieu of eigendommen en die noodmaatregelen vereisen.

Mogelijke noodsituaties zijn afgeleid van de risicobeoordeling in de vorm van scenario's met grote gevaren. Afgezien van de grote gevaren, zijn sommige scenario's gebaseerd op andere noodsituaties, b.v. ziekte of letsel en acties met 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 worden na installatie hydrostatisch getest. De casings en liners zullen na installatie worden gemeten (nulmeting) met een casing wanddikte meting en zal er is een cement bond log worden uitgevoerd.

Ter bescherming van de primaire casings en liners die in contact komen met het formatiewater is voor TWL-02 gekozen om de binnenzijde te voorzien van Glass Reinforced Epoxy (GRE). Dit materiaal zorgt ervoor dat het corrosieve water niet in contact komt met het staal van de casing. Bij de definitieve afwerking van de put in het kader van het dubbelwandig putontwerp wordt binnenin de eerste verbuizing een tie-back string geplaatst, onderaan voorzien van een permanent afsluitende packer op 800 meter diepte. Hierdoor ontstaat een afgesloten annulaire ruimte tussen de oppervlakte en de packer op 800 meter diepte die door middel van het aanbrengen van een kleine overdruk, continue gemonitord wordt met bijbehorende beveiligingsprotocollen.

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

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 worden direct omwonenden vooraf goed geïnformeerd over de werkzaamheden, de impact en eventuele risico’s. Deze succesvolle communicatieaanpak van TWL-01 wordt gecontinueerd voor TWL-02.

Voorafgaand aan en gedurende de boorfase van TWL-02 worden 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 genomen om de overlast te minimaliseren, in lijn met de aanpak van TWL-01. Praktische voorbeelden zijn: plaatsing van containers om de geluidsoverlast te dempen, aanpassen van verlichting op het terrein. Ook worden de omwonenden actief om feedback gevraagd over de werkzaamheden en de mate waarin zij overlast ervaren.

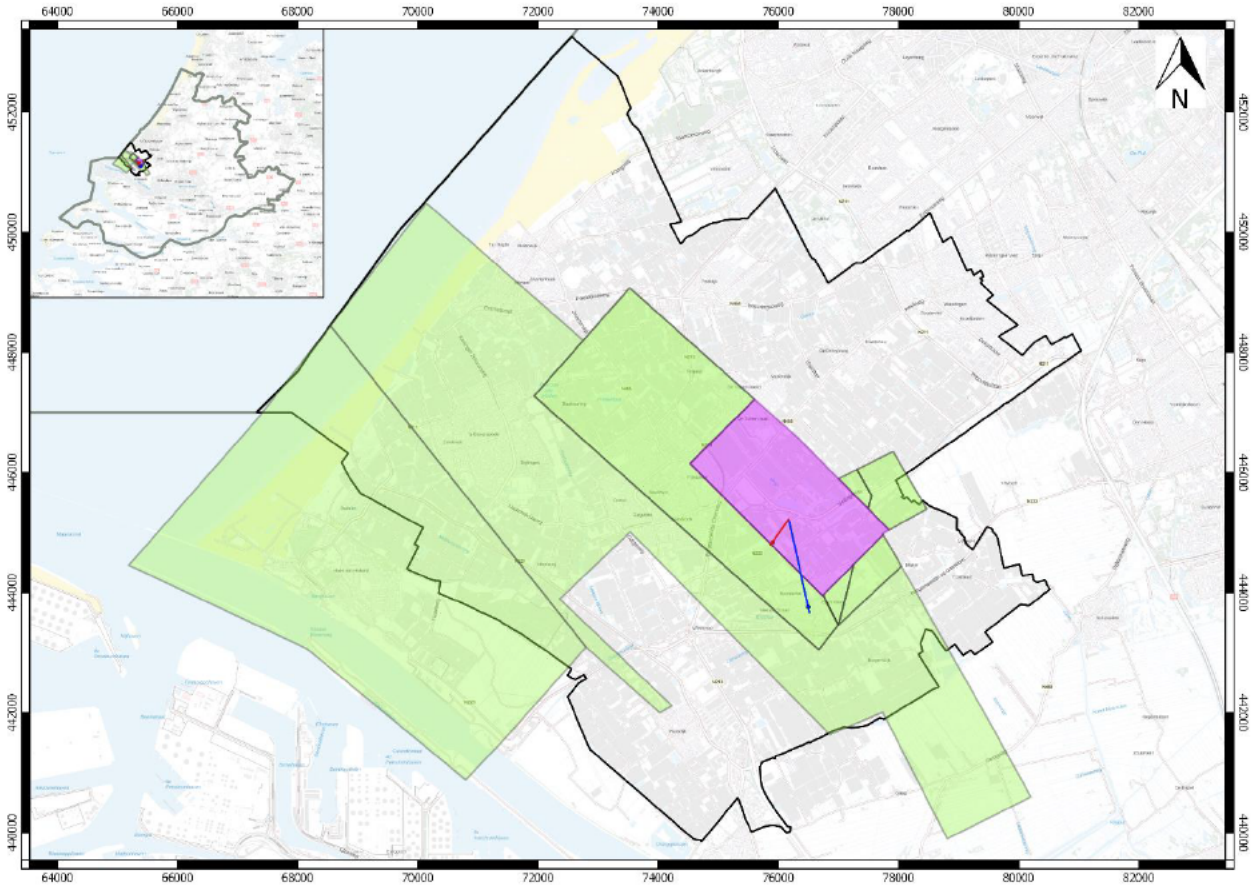
Gedurende het project worden diverse communicatiemiddelen ingezet zoals: de website van TWL, de digitale nieuwsbrief met ontwikkelingen, een omwonenden-appgroep voor direct contact. Voorafgaand aan de exploitatiefase worden de omwonenden uitgenodigd voor een bezoek op de geothermielocatie en een rondleiding 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 vaste contactpersoon beschikbaar voor vragen en meldingen en op vaste momenten zal navraag worden gedaan naar de beleving van de direct omwonenden.

TWL onderschrijft de DAGO gedragscode omgevingsbetrokkenheid die in november 2019 is gelanceerd en werkt actief mee aan het verder uitwerken van deze gedragscode in een DAGO leidraad omgevingsbetrokkenheid.

1 Locatie en beschrijving van het beoogde geothermisch systeem

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

De locatie van het geothermisch systeem TWL-02 is gegeven in Figuur 2. Hierin is het bereik van de provincie Zuid Holland aangegeven (zie inzet), de gemeente Westland (zwarte kaderlijnen) en de opsporingsvergunningen (groene vlakken) die betrekking hebben op TWL-02 (Tabel 1), de winningsvergunning is aangegeven in het paars.



Figuur 2 Locatie geothermisch systeem TWL-02, winningsvergunning Naaldwijk (TWL-01 in paars), resterende opsporingsvergunningen TWL Naaldwijk 3, De Lier IV en De Lier V in groen) en opsporingsvergunning ETP (Westland Zuidwest in groen)

Tabel 1 Vergunningen die betrekking hebben op TWL-02

Vergunning	Vergunninghouder	Oppervlakte (km²)	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

2 Ondergrond

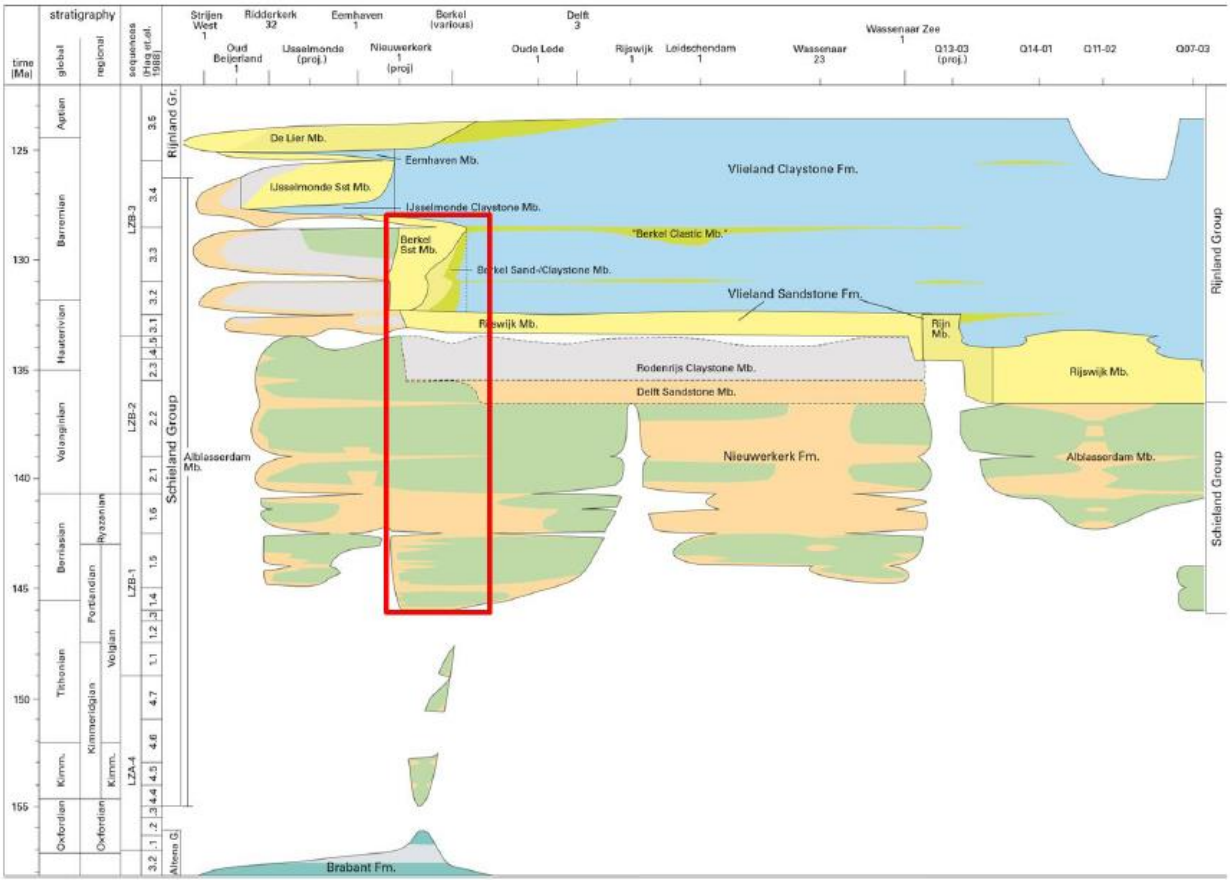
Het geologisch rapport waarop de SDE+ beschikking (5 juni 2018) is gebaseerd is bijgevoegd in appendix 9.1, dit rapport beschrijft de geologische situatie in detail. Sinds de afronding van dit rapport is er meer data beschikbaar gekomen, zoals de exacte locatie en puttest van NLW-GT-02. De reservoireigenschappen op basis van deze informatie zijn geüpdatet in dit pre-drill winningsplan.

2.1 Algemene beschrijving ondergrond

Zoals beschreven in sectie 1 bevindt het project zich in Westland, wat structureel geologisch deel uitmaakt van het West Netherlands Basin. Dit bekken bevat een opeenvolging van sedimenten die sinds het Jura zijn afgezet op een basis van oudere formaties zoals het Trias. De sedimenten bestaan voornamelijk uit zand, klei en kalk. Het Boven Jura en Onder Krijt wordt gekenmerkt door de continentaal afgezette sedimenten van de Formatie van Nieuwerkerk. Deze formatie is het beoogde reservoir voor dit project en bestaat uit het Delft Zandsteen Laagpakket en het Alblasserdam Laagpakket. Figuur 3 geeft een schematisch overzicht van de stratigrafie in het West Netherlands Basin, en Figuur 4 geeft de verwachte stratigrafie weer op de projectlocatie.

Het Delft Zandsteen Laagpakket heeft in dit gebied over het algemeen goede reservoireigenschappen. Deze formatie wordt gekenmerkt als een opeenstapeling van fluviatiele sedimenten die dicht bij de kust werden afgezet en hebben geresulteerd in een dik laagpakket van zanden. De zanden zijn fijn- tot grofkorrelig, de grove lagen zijn soms grindhoudend en tussen de zandlagen kunnen kleistenen voorkonen. De formatie is deel van de Nieuwerkerk Formatie (Schieland Groep) en ligt tussen de Alblasserdam Member en de Rodenrijs Claystone Member. Het reservoir heeft naar verwachting een dikte van circa 60 m en zeer goede reservoireigenschappen. Meer details zijn te vinden in bijlage 9.1.

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



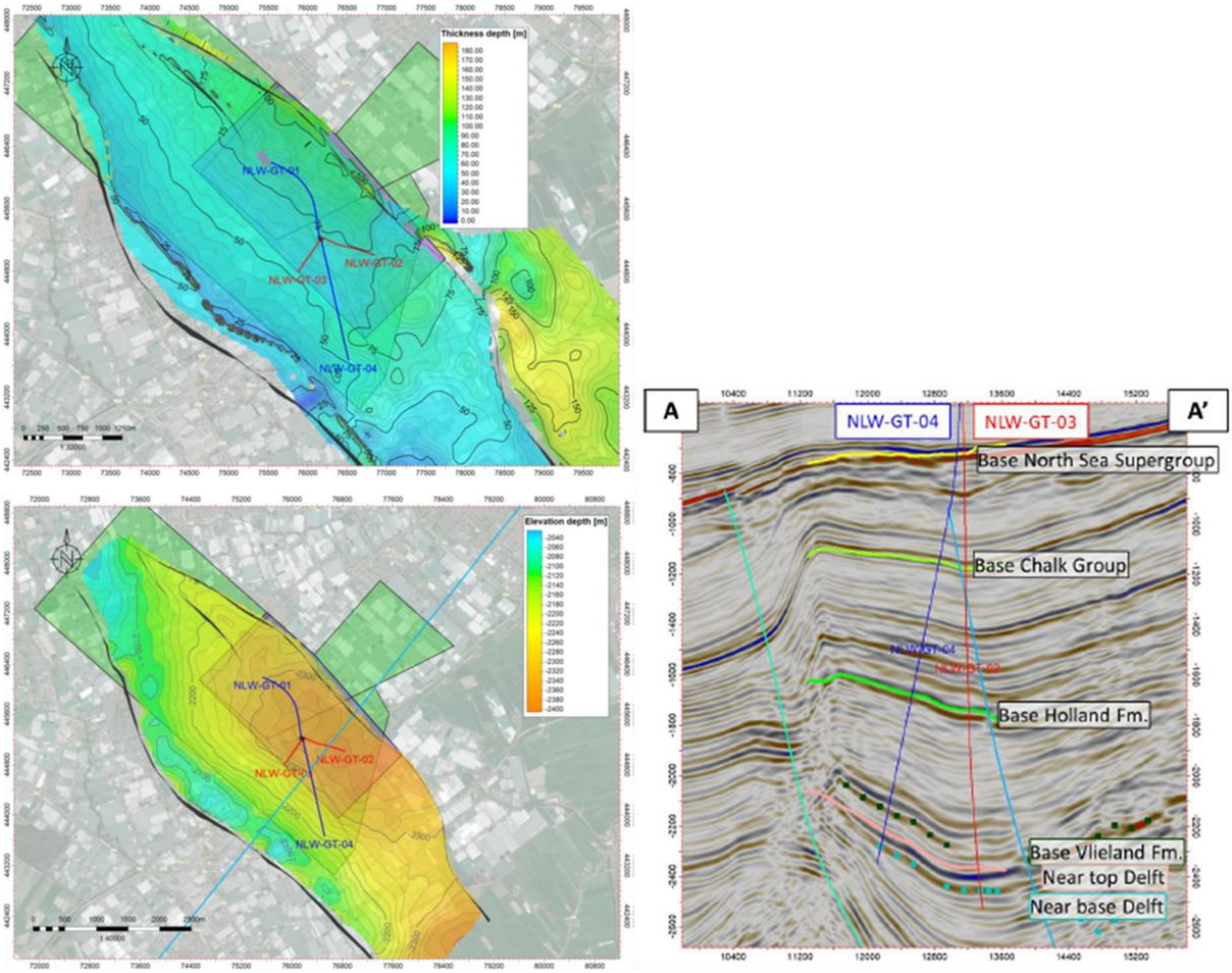
Figuur 3 Stratigrafie van het West Netherlands Basin, het bereik van de rode rechthoek geeft een schematische weergave van de ondergrond van de projectlocatie.

Lithostratigraphic Column Trias Westland — **NLW-GT-04**

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

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

Figuur 4 Verwachte lithostratigrafische kolom NLW-GT-04



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

In 2018 is de ondergrond van de projectlocatie onderzocht, resultaten zijn gedocumenteerd in een SDE+ rapport (9.1). Het onderzoek omvat onder andere seismische interpretatie en reservoir karakterisatie. De verwachte reservoireigenschappen op de projectlocatie zijn recentelijk bijgesteld n.a.v. test resultaten van putten NLW-GT-01 en -02. Tevens is een level-1 Seismic Hazard Analysis (SHA) uitgevoerd, zie bijlage 9.2.

2.2 Resultaten reservoir karakterisatie

De verwachte geologische eigenschappen van het reservoir op de projectlocatie zijn opgesomd in Tabel 1. Deze zijn gebaseerd op het geologisch rapport dat is ingediend voor de aanvraag van de SDE+ (9.1) en de puttest en interferentietest resultaten van putten NLW-GT-01 en -02. Ten opzichte van het geologisch rapport zijn de TD-locaties van beide putten aangepast. De reservoirdieptes en -diktes in Tabel 1 zijn gebaseerd op de nieuwe TD locaties. Ten tijde van de rapportage van het geologische rapport was put NLW-GT-02 nog niet geboord. De permeabiliteit op de projectlocatie was dan ook gebaseerd op de puttest van NLW-GT-01, aangevuld met petrofysische gegevens en puttest resultaten van andere doubletten in de omgeving.

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

Tabel 2 Geologische eigenschappen van het doelreservoir

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

2.2.1 Verwachte formatiewater karakteristiek

Voor NLW-GT-02-S1 is een "Pressure-Volume-Temperature" (PVT) analyse uitgevoerd op monsters verkregen op reservoirniveau. In deze analyse zijn voor beide putten de water- en gascomposities geanalyseerd. De fysieke eigenschappen zijn weergeven in Tabel 3.

Tabel 3 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

3 Beoogde wijze van winning

3.1 Putintegriteit

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

De aan te leggen putten worden geboord binnen een conductor die zorgt voor een strikte scheiding tussen de ondiepe watervoerende pakketten en het boorproces voor de diepboringen met de daarbij te gebruiken hulpstoffen zoals boorvloeistoffen etc. De conductors worden geplaatst door middel van de zuigboormethode tot een diepte van 125 meter NAP. De diepte van 125 meter is gebaseerd de opbouw van de ondiepe grondlagen en de daarin aanwezige waterlagen. Op een diepte van 20 – 37 meter bevindt zich de zoetwater voerende Kreftenheye formatie. Op 52 – 106 meter bevindt zich een tweede watervoerende zone in de Peize en Waalre formatie en de top van de Maassluis formatie. Vanaf 106 meter loopt de Maasluis formatie door tot 220+ meter en is in die zone sealing. Als de conductor op diepte is gebracht wordt deze aan de buitenzijde over de gehele lengte tot aan de oppervlakte gecementeerde en sluit daarmee beide waterlagen af. Vervolgens wordt de volgende verbuizing (de eerste verbuizing van de diepboring), welke geplaatst wordt in de kalk formatie op ~ 800 meter, tevens aan de buitenzijde over de gehele lengte tot aan de oppervlakte gecementeerd. Daarna wordt de put naar de einddiepte geboord van ~ 2.400 meter en voorzien van een verbuizing die met een permanent afsluitende linerhanger in de eerdere verbuizing op 800 meter wordt afgehangen nadat ook deze verbuizing aan de buitenzijde tot aan de linerhanger is gecementeerd. Hiermee is de gehele putconstructie aan de buitenzijde van een cementlaag voorzien die voorkomt dat er interferentie kan plaatsvinden tussen de stoffen die zich in de verschillende aardlagen bevinden. De kwaliteit van de cementlaag aan de buitenzijde van deze verbuizing alsmede de nulmeting van de wanddikte van deze verbuizing worden met behulp van ultrasone logging tools (USIT) vastgesteld. Op de wanddikte van de verbuizing wordt een periodieke controlemeting toegepast.

Bij de definitieve afwerking van de put, in het kader van dubbelwandig putontwerp, wordt binnenin de eerste verbuizing van de diepboring een zogenaamde tie-back liner geplaatst. Deze is aan de onderzijde voorzien van een permanent afsluitende packer die in de bovenzijde van de linerhanger op ~ 800 meter diepte wordt verankerd. Hierdoor ontstaat een afgesloten annulaire ruimte tussen de eerste verbuizing en de tie-back liner die door middel van het toebrengen van een kleine overdruk, continue geobserveerd wordt. Dit is de onderdeel van het Well Integrity Management Systeem waarmee proactieve monitoring op de putintegriteit plaatsvindt in de eerste 800 meter van de put die voorkomt dat lekkage naar de ondergrond kan plaatsvinden tijdens de winning (ook beschreven in paragraaf 0.2.5 en paragraaf 3.2).

De gehele verbuizing van de put die in contact komt met het te produceren en injecteren formatiewater wordt aan de binnenzijde voorzien van corrosiebestendig Glassfiber Reinforced Epoxy (GRE), als permanente bescherming tegen corrosie van de stalen verbuizing. Daar waar nog contact met staal aanwezig is (de liner hanger/packer op 800 meter en het onderste deel van de verbuizing in de zandsteenformatie waar de winning uit plaatsvindt) wordt een corrosiebestendige staalsoort toegepast.

3.1.1 Productieput NLW-GT-03

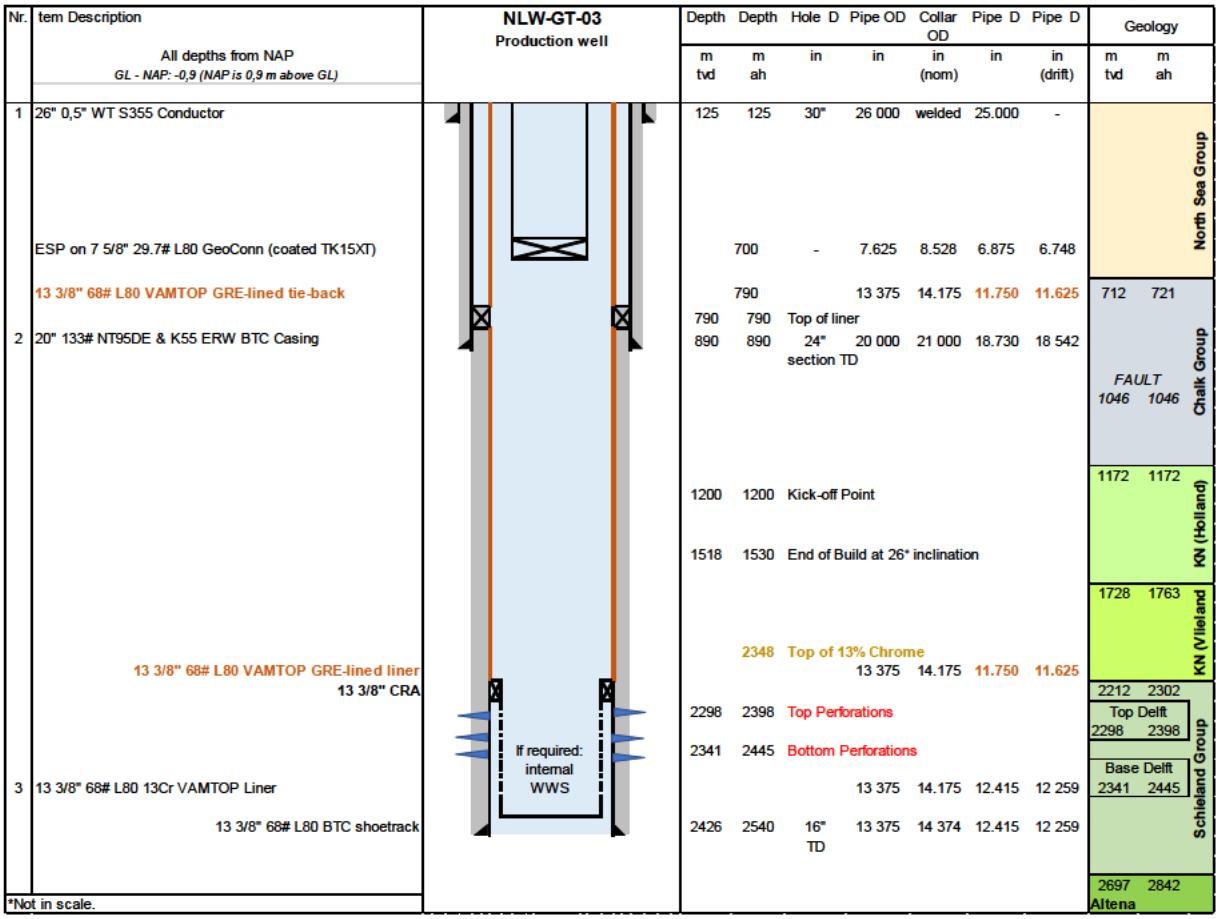
De onderstaande tabellen en figuren geven het voorgenomen schema van verbuizing, de gecementeerde intervallen en de schematische putconfiguratie van NLW-GT-03 weer.

Tabel 4 Voorgenomen verbuizingsschema NLW-GT-03

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Roughness (")	Weight (ppf#)	Staalsoort	Type koppelingen
26"Conductor	0	125	0	125	26	25		0.5'' WT	S355	Welded
20"Surfacecasing	0	890	0	890	20	18.73		133	K55	BTC
13-3/8 GRE lined liner	790	2348	790	2249	13,375	11,75	0.05	68 + 9	L80	VAMTOP
13 3/8 GRE lined tie back	0	790	0	790	13,375	11.75	0.05	68 + 9	L80	VAMTOP
13 3/8 13% Cr liner across formation	2348	2540	2249	2426	13,375	12.415	0.3	68	L80 13%Cr	VAMTOP
Perforations	2398	2445	2298	2341						

Tabel 5 Voorgenomen gecementeerde intervallen NLW-GT-03

Item	TOC (m MD)	Lead Slurry Volume (m^3)	Lead Slurry Weight (sg)	Tail Slurry Volume (m^3)	Tail Slurry Weight (sg)	Type
26" Conductor	0	20	1.57			Class G
20" Casing	0	65	1.6	15	1.9	Class G
13 3/8 GRE lined liner	840	55	1.35	11	1.88	Lead, Leightweight. Tail, HMR+



Figuur 6 Voorgenomen schematische put configuratie NLW-GT-03

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

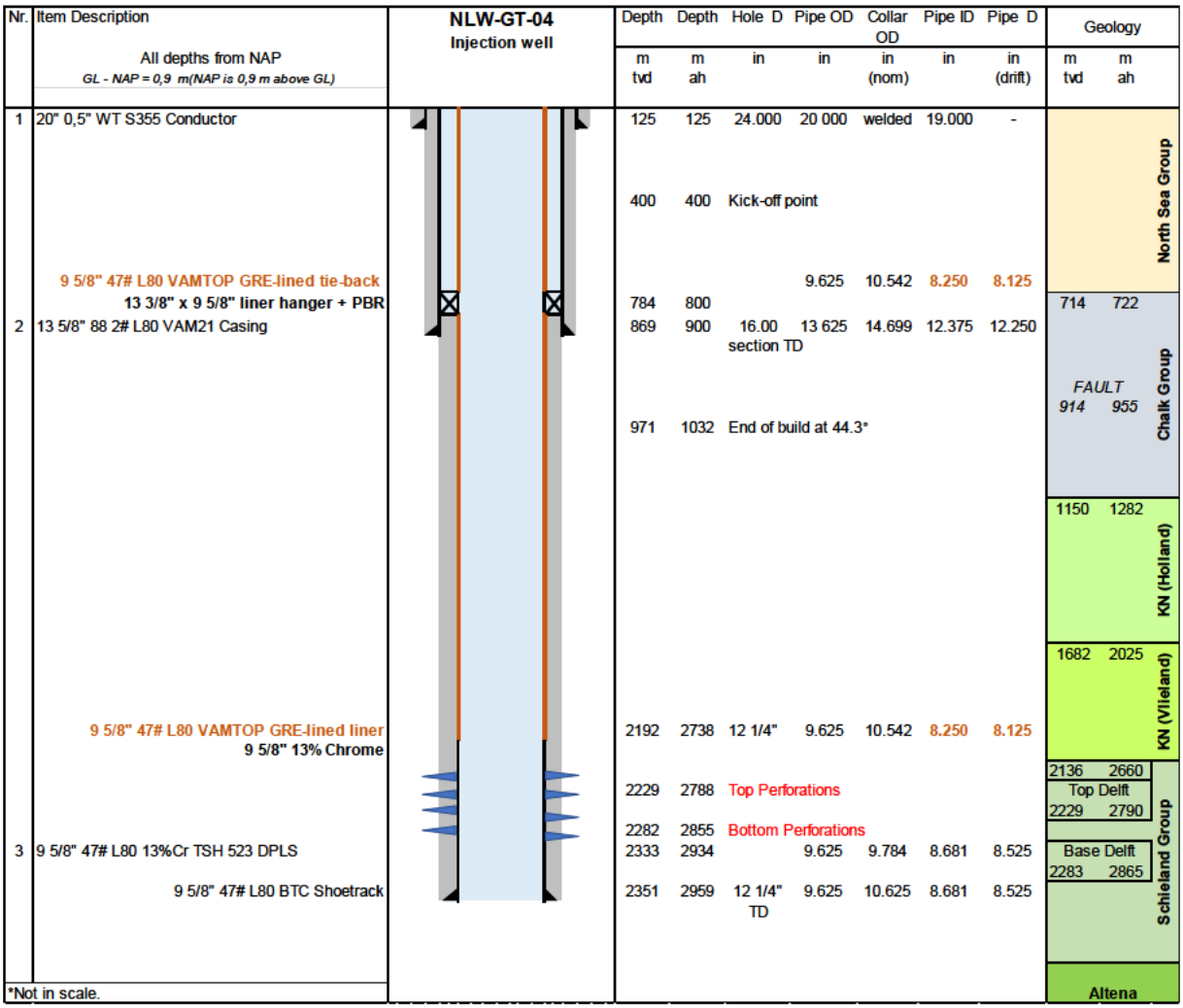
Tabel 6 Voorgenomen verbuizingsschema NLW-GT-04

Element naam	Top (MD)	Base (MD)	Top (TVD)	Base (TVD)	OD (")	ID (")	Roughness (")	Weight (ppf #)	Staalsoort	Type koppelingen
20"Conductor	0	125	0	125	20	19		0.5''WT	S355	Welded
13-5/8 Surfacecasing	0	900	0	869	135/8	12.375		88.2	L80	VAM21
9-5/8 GRE lined liner	800	2738	784	2192	9 5/8	8.25	0.05	47 + 9	L80	VAMTOP
9-5/8 GRE lined tie-back	0	800	0	784	9 5/8	8.25	0.05	47 + 9	L80	VAMTOP
9-5/8 13%Cr liner across formation	2738	2959	2192	2351	9 5/8	8.681		47	L80 13%Cr	TSH
Perforations	2788	2855	2229	2282	-	-	-	-	-	-

Tabel 7 Voorgenomen gecementeerde intervallen NLW-GT-04

Item	TOC (m MD)	Lead Slurry Volume (m^3)	Lead Slurry Weight (sg)	Tail Slurry Volume (m^3)	Tail Slurry Weight (sg)	Type

20” Conductor	0	16	1.57	-	-	Class G
13 5/8’’ Casing	0	5	1.6	55	1.9	Class G
9 5/8” GRE lined Liner	850	79.5	1.35	10	1.88	Lead, Lightweight. Tail, HMR+



Figuur 7 Voorgenomen schematische put configuratie NLW-GT-04

3.2 Putintegriteitsmonitoring

TWL hanteert een Well Integrity Management System (WIMS), opgesteld aan de hand van ISO 16530. Hierbij wordt de nadruk gelegd op de volgende elementen die onder de opsomming nader worden beschreven:

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

De gevaren voor de putintegriteit gedurende de levenscyclus van de put worden in de risk assessment geïdentificeerd en de risico’s die hieraan verbonden zijn in kaart gebracht. Het risico wordt bepaald door de waarschijnlijkheid van het optreden van een gebeurtenis en de gevolgen indien de gebeurtenis zich voordoet.

Hiervoor zijn acceptatieniveaus bepaald voor waarschijnlijkheid en consequenties. De gevaren, risico's en bijbehorende acceptatieniveaus zijn verwerkt in een RAM (Risk Assesment Matrix) die is opgenomen in het Well Integrity Management System (WIMS) Daarnaast bevat het WIMS ook een Risico Register waar de volgende elementen in zijn verwerkt: risico, oorzaak, consequentie, bestaande safe-guards, inschatting risico voor mitigatie, mitigatie maatregelen en controle mechanisme, inschatting risico na mitigatie.

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

Zoals beschreven in paragraaf 0.2.5 en 3.1 wordt gehele verbuizing van de put die in contact komt met het te produceren en injecteren formatiewater wordt aan de binnenzijde voorzien van corrosiebestendig Glassfiber Reinforced Epoxy (GRE), als permanente bescherming tegen corrosie van de stalen verbuizing. Daar waar nog contact met staal aanwezig is (de liner hanger/packer op 800 meter en het onderste deel van de verbuizing in de zandsteenformatie waar de winning uit plaatsvindt) wordt een corrosiebestendige staalsoort toegepast. Daarmee wordt bewerkstelligd dat geen gebruik hoeft te worden gemaakt van permanente injectie van corrossieremmende middelen. De dimensionering van de putten in relatie tot de benodigde maximum drempelinstellingen voor de debieten is zodanig dat op basis van de stroomsnelheden geen erosie kan worden verwacht.

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

In het kader van dubbelwandig putontwerp, wordt binnenin de eerste verbuizing van de diepboring een tie-back liner geplaatst. Deze is aan de onderzijde voorzien van een permanent afsluitende packer die in de bovenzijde van de linerhanger op ~ 800 meter diepte wordt verankerd. Hierdoor ontstaat een afgesloten annulaire ruimte tussen de eerste verbuizing en de tie-back liner, de zogenaamde B-annulus. Deze speelt een belangrijke rol in het monitoringsproces voor afwijkingen. Zowel de A-annulus als de B-annulus zijn voorzien van digitale drukmeting waarmee de drukken continue online worden gemeten zodat afwijkingen in een vroeg stadium naar voren komen (ook onderdeel van wekelijkse data analyse in verband met trending). Daarnaast heeft de B-annulus tevens een secundaire beveiliging in de vorm van een mechanische druk aflaatsysteem (PSV).

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

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

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

3.3 Beoogde installatie

De warmte wordt primair gewonnen uit geproduceerd formatiewater. Het systeem zal gaan produceren en injecteren in de Delft en Alblasserdam zandstenen op een diepte van ongeveer 2300 meter. Hierbij is de temperatuur van het geproduceerde water ongeveer ~86 °C en wordt dit na afkoeling met ~35°C geïnjecteerd. Er wordt voor de winning uit dit tweede doublet nu een nominaal debiet van 300 m3/h en een maximaal debiet van 355 m3/hr aangehouden.

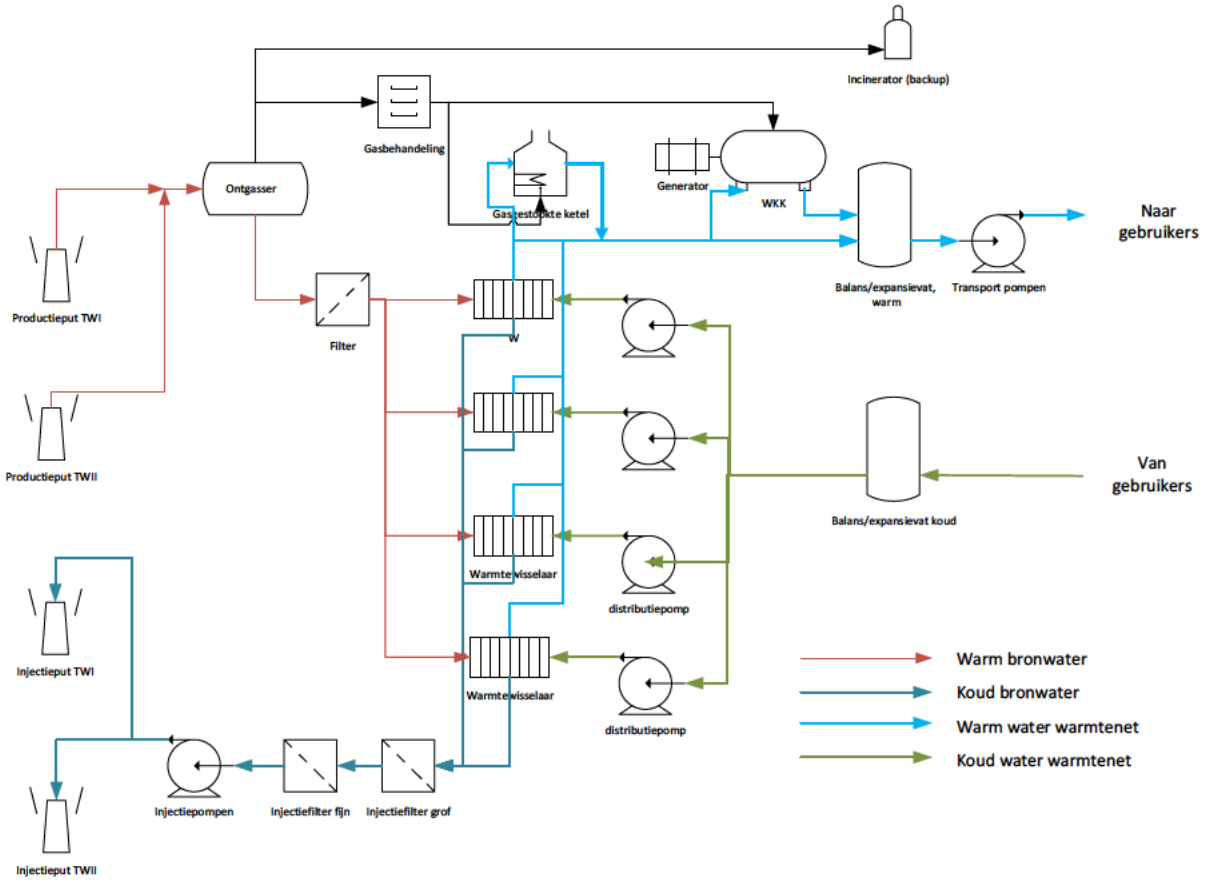
Het water in de productieput wordt omhoog gepompt middels een ESP. Vervolgens wordt het water ontgast in de ontgassingsinstallatie en ontdaan van vaste deeltjes in de filters. Na deze stap wordt de warmte afgegeven aan het secundaire warmtenet door middel van warmtewisselaars. Het afgekoelde water wordt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

In het productiewater komt opgelost gas vrij door drukafname. Dit gas wordt afgevangen in de gasscheider. Vanaf de gasscheider wordt het gas naar het gasdroog- en koelsysteem geleid om vervolgens gebruikt te worden in WKK's die worden gebruikt om de eigen benodigde elektriciteit op te wekken dan wel in een gasgestookte ketel die het warmtenet verder verwarmt. Als finale back-up voor het verbranden van het vrijkomende gas is er een gesloten fakkelinstallatie aangesloten.

3.3.1 Werking van de mijnbouwinstallatie

De mijnbouwinstallatie is ontworpen om warmte te onttrekken uit bronwater (formatiewater uit de Delft Member en Alblasserdam Formatie). De warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtedistributienetwerk waarmee de warmte bij de verbruikers wordt gebracht. Het afgekoelde retourwater uit het distributienetwerk wordt in de mijnbouwinstallatie wederom opgewarmd aan het warme bronwater. Het aldus afgekoelde bronwater wordt in de diepe ondergrond teruggebracht. De installatie die hiervoor nodig is wordt geïntegreerd met de installatie die reeds eerder is opgericht ten behoeve van de productie van het eerste doublet, TWI-01. De integratie wordt bewerkstelligt door op verschillende plaatsen extra apparatuur bij te plaatsen waardoor de integrale verwerkingscapaciteit wordt vergroot met behoud van de functionaliteit van de installatie. Hierdoor is het mogelijk om het gecombineerde bronwaterdebiet van beide doubletten, maximaal 730 m3/h, te verwerken. De installatie is ontworpen voor bronwater met een maximale temperatuur 88 ^{o}C en maximale operationele druk van 16 bar. De retourtemperatuur zal ongeveer 35 ^{o}C bedragen.

Figuur 8 geeft een schematische weergave van de installatie weer.



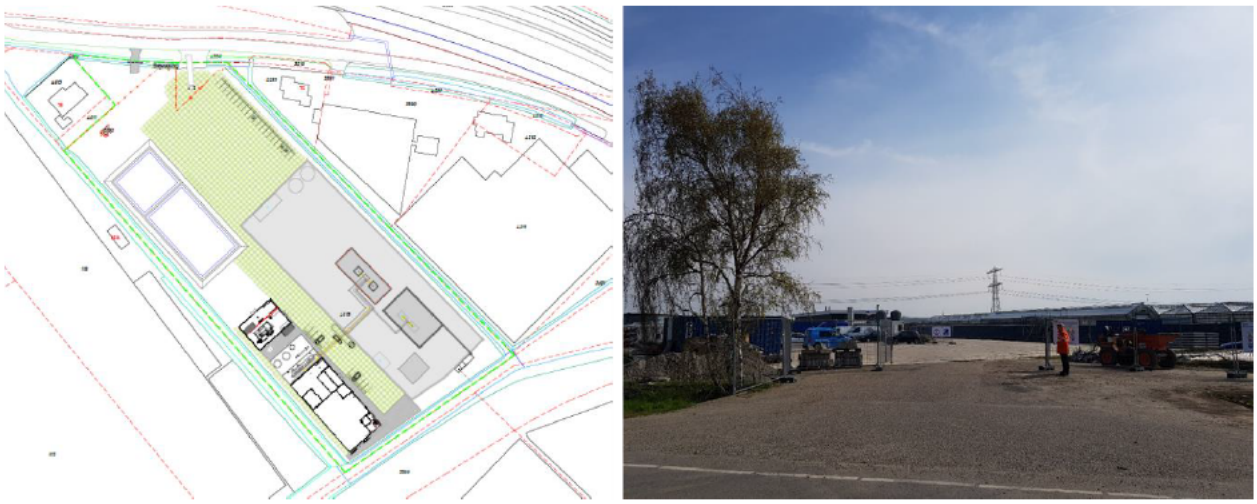
Figuur 8 Schematische weergave van de mijnbouwinstallatie

Het bronwater wordt met behulp van bronpompen (ESP's) opgepompt en in een ontgasser gecombineerd en ontdaan van uittredend opgelost aardgas. Per m³ bronwater wordt een productie van ~1 Nm3 gas verwacht. In een filter wordt het bronwater ontdaan van meegesleurde vaste bestanddelen. Vervolgens wordt met vier parallel geplaatste warmtewisselaars de warmte overgedragen aan het secundaire distributienetwerk. Het afgekoelde bronwater (met daarin uitgekristalliseerd zout) wordt gefilterd door twee in serie geplaatste filters - een type zakken filter en daarna een type kaarsfilter – en door injectiepompen in druk verhoogd. Na de injectiepompen wordt het water naar ratio van de productiedebieten verdeeld over de twee injectieputten om opnieuw in de oorspronkelijke formatie in de diepe ondergrond gebracht te worden.

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

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

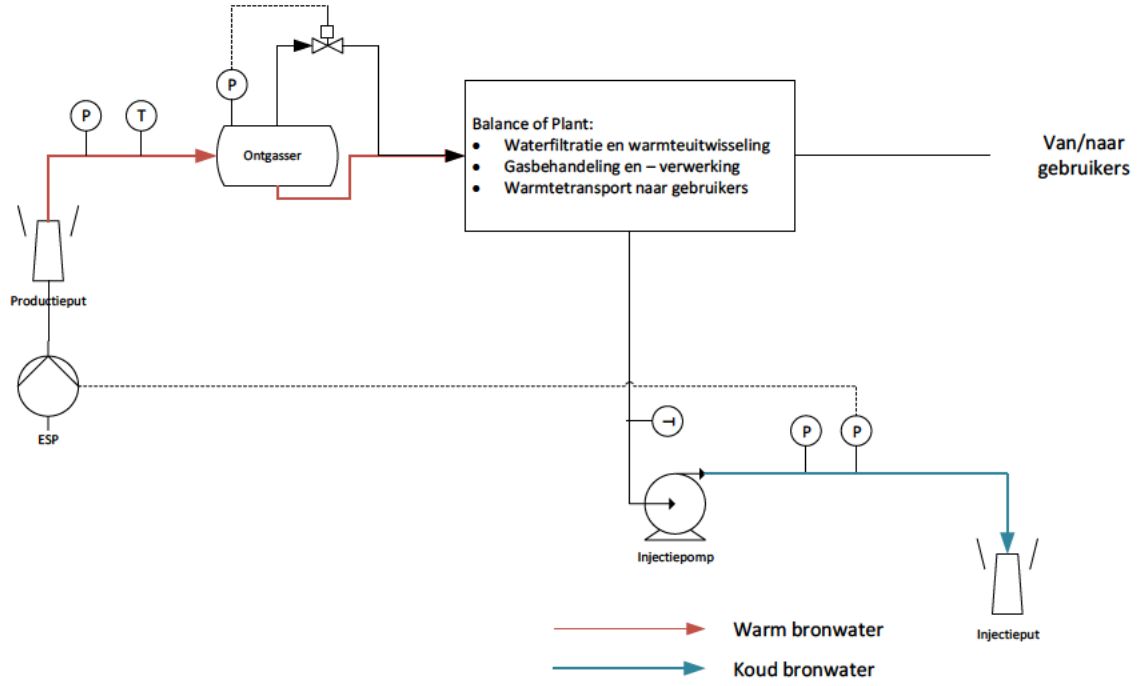
De lay-out en foto van de mijnbouwlocatie zijn weergegeven in Figuur 8.



Figuur 9 Lay-out en foto van de mijnbouwlocatie

3.3.2 Metingen bovengrondse installatie

Op diverse punten in de bovengrondse installatie worden de temperaturen en drukken van het geproduceerde bronwater gemeten, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. De meeste meetpunten zijn ter verificatie dat het p roces goed verloopt, maar enkele meetpunten worden specifiek gebruikt voor de sturing van het proces. Het gaat daarbij om de volgende meetpunten:



Figuur 10 Schematische weergave van meetpunten

De druk en temperatuur van het geproduceerde bronwater wordt gemeten voor de ontgasser (de instrumenten aangegeven met P voor drukmetingen en T voor temperatuurmeting). De bedrijfsdruk van de ontgasser, welke belangrijk is voor de instelling van het 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

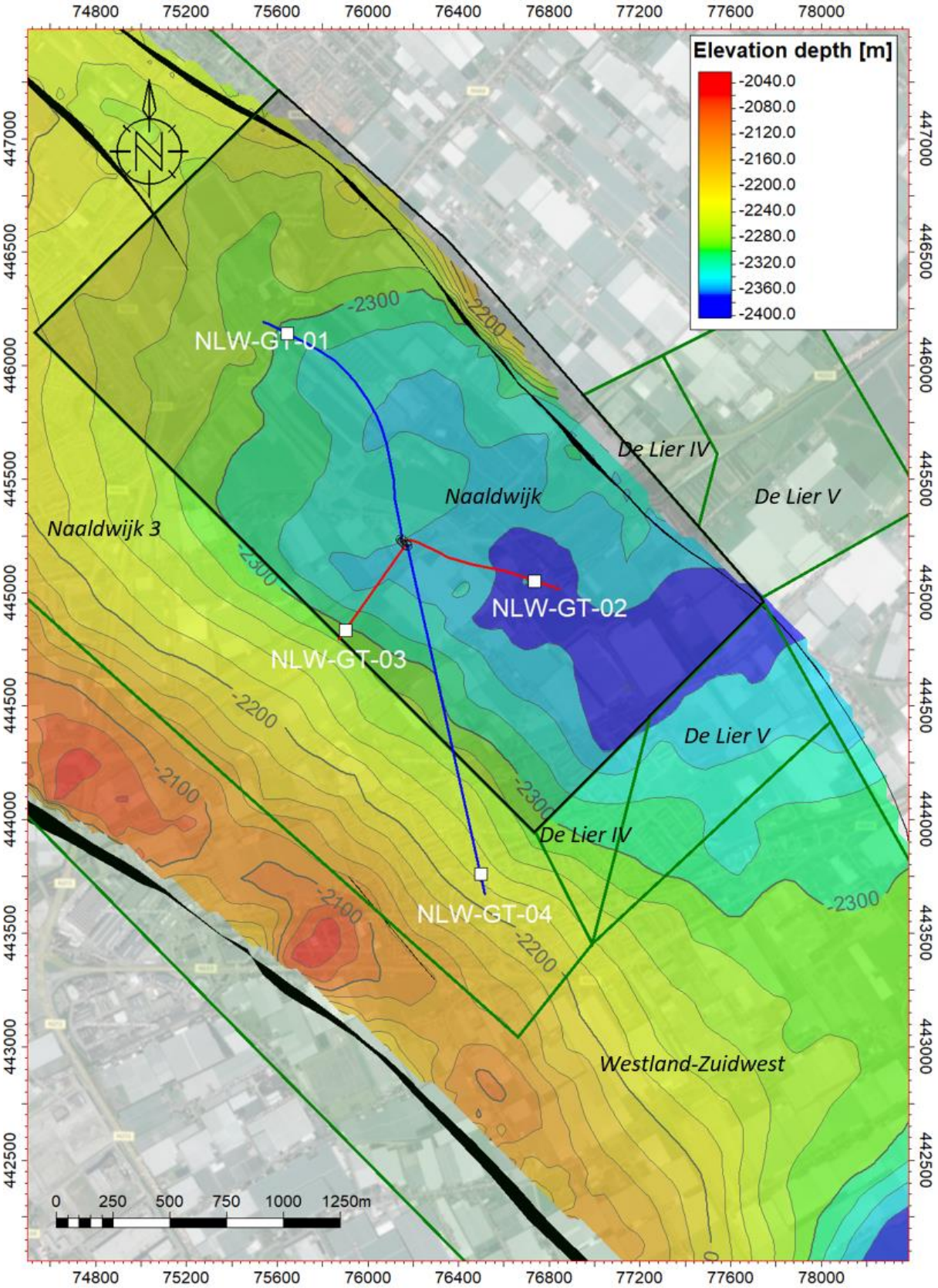
de injectiepomp gemeten. De druk van het injectiewater wordt na de pomp gemeten. Bij een oplopende injectiedruk – gemeten met een separate drukmeting - wordt de ESP teruggeregeld. In bedrijfscondities bedraagt de pompdruk ongeveer 45 bar; maximaal kan de injectiepomp ~70 bar leveren tegen een gesloten uitlaat. Op de drukmeting na de injectiepompen zijn in het besturingssysteem alarmeringen ingesteld er voor zorgen dat de maximale toelaatbare putmonddruk op de injectieput niet wordt overschreden.

3.4 Beoogde systeemconfiguratie

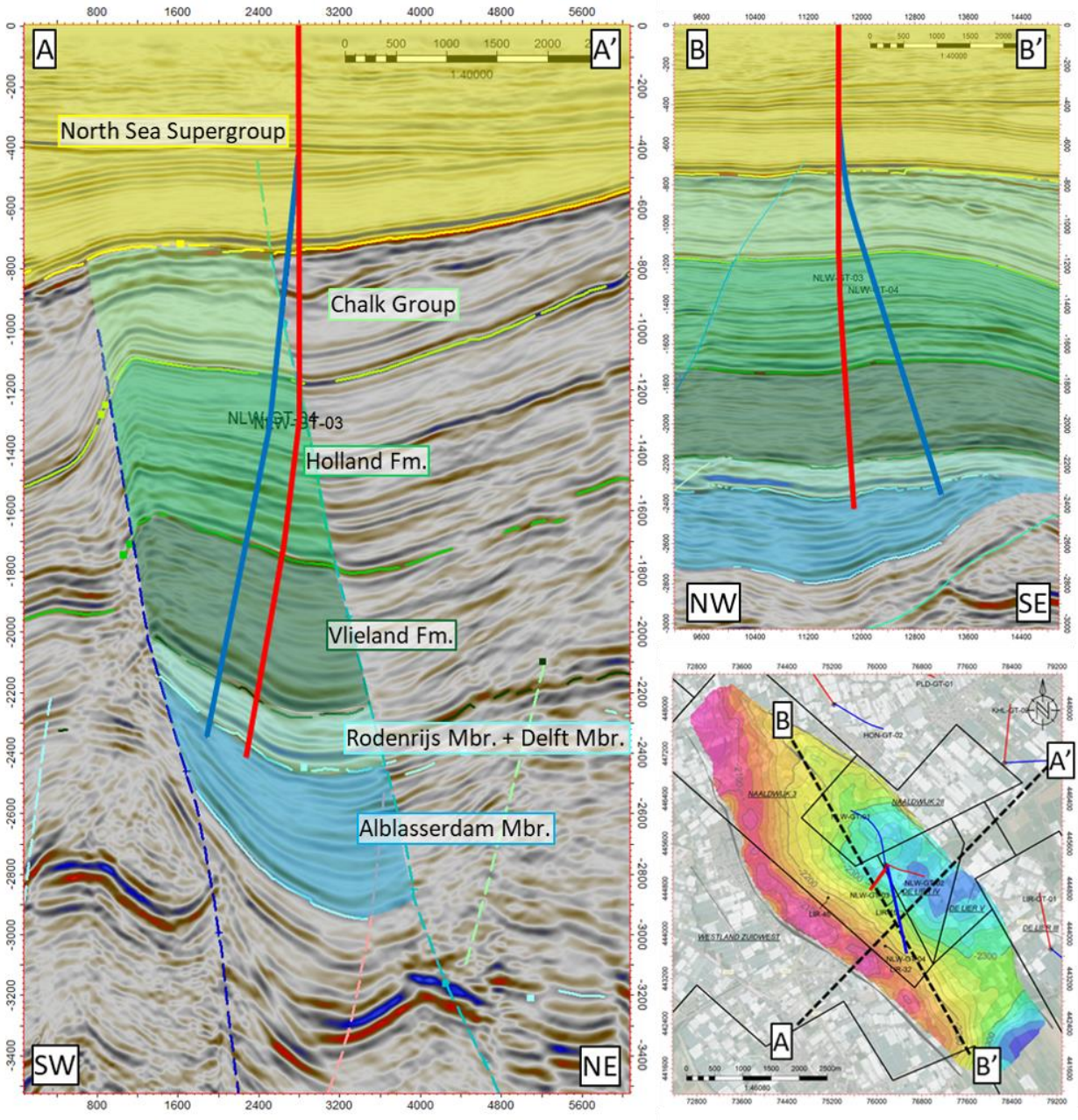
TWL-02 zal bestaan uit een tweetal putten, de productieput NLW-GT-03 en de injectieput NLW-GT-04. De geplande posities van putten in het reservoir is aangegeven in de volgende tabel en figuren.

Tabel 8 Algemene put informatie.

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



Figuur 11 Top van het reservoir met doorprikpunten



Figuur 12 Het beoogde doublet geprojecteerd op de seismische sectie

3.5 Reservoir integriteit

Het beoogde reservoir van het project is de Delft Zandsteen. Daar overheen ligt een opeenvolging van ruim 1000 meter aan klei en zandsteen pakketten van de Rijnland Groep. Deze afdichtende lagen zorgen ervoor dat het formatiewater in het reservoir blijft en niet daarbuiten kan treden en in ondiepere lagen terecht kan komen. Een doorbraak van deze afsluitende lagen kan veroorzaakt worden door een (te) hoge injectiedruk. Door TNO-AGE is een geomechanische tool voor breukactivatie en fracken bij aardwarmtewinning ontwikkeld, waarmee op een eenvoudige en transparante wijze een inschatting kan worden gemaakt van de maximaal toelaatbare injectiedrukken.

Uit het de tool blijkt dat de maximaal toegestane tubing head pressure op 58 bar ligt en de maximaal toegestane verschildruk in de injectieput aan de top van het reservoir op 73 bar. Het ingevulde sheet is te zien in Figuur 13.

Invoer parameters	waarde	Default	eenheid
Diepte top aquifer in productieput	-2298	x	m
Diepte top aquifer in injectieput	-2229	x	m
Gemiddelde diepte top aquifer	-2264	x	m
Diepte pomp	-700	-500	m
Aquiferdruk Productieput	236	x	bar
Aquiferdruk Injectieput	228	x	bar
Bottom hole pressure Productieput	227	x	bar
Bottom hole pressure Injectieput	245	x	bar
Drukverschil over put-aquifer interface in productieput	9	x	bar
Drukverschil over put-aquifer interface in injectieput	16	x	bar
hydrostatische gradient in injectieput	0,109	0,106	bar/m
lithostatische gradient	0,225	0,225	bar/m
minimale horizontale spanningsgradient (bar/m)	0,16	0,16	bar/m
Injectietemperatuur	35	x	°C
Aquifer temperatuur @ productieput	87	x	°C
Aquifer temperatuur @ injectieput	86	x	°C
Delta temperatuur @ injectieput	51	x	°C
Temperatuurgradient	0,033	0,032	°C/m
Gemiddelde oppervlaktetemperatuur	10	10	°C
Youngs modulus	10000	10000	Mpa
Poisson's ratio	0,25	0,25	frac
Arching coefficient	0,4	0,4	
Biot coefficient	0,75	0,75	
Linear thermal expansion coefficient (°C-1)	1,00E-05	1,00E-05	$°C^{-1}$
Cohesie	0	0	bar
Hoek van inwendige wrijving	33	33	°
Invloed thermische stress	Ja		

Uitvoer	Waarde	Validatie
Tubing Head Pressure toegestaan volgens SodM protocol	58	JA
Maximale verschildruk injectieput top reservoir	73	JA
Fracking		NEE
Kans op breukreactivatie		JA

Figuur 13 GeoMech sheet voor TWL-02

3.6 Beoogde operationele instellingen

Tabel 9 geeft een overzicht van de verschillende operationele begrenzingen waar het systeem aan onderhevig is.

De maximale injectiedruk volgens SodM protocol is als volgt berekend:

- THP_{max} [bar] = Depth top reservoir x (0,135 – [gradient injection water])
- Depth top reservoir (TVD) injectieput = 2.229 m
- Gradient injection water = 1,0917 x 0,098 = 0,107 bar/m

THPmax [bar] = 2.229 x (0,135 – [0,107]) = 62,4 bar

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 berekening van de dynamische drukval zal worden ingediend als de putten gerealiseerd en getest zijn op basis van de werkelijke situatie.

De productieprognose is dat er na een ramp-up periode van minimaal 4 weken een lange termijn productie van 300 m3/hr gedurende ~8.000 uur per jaar gerealiseerd gaat worden. In de situatie dat TWL-01 uit valt zal TWL-02 ambiëren tijdelijk meer te produceren zolang dit veilig kan gebeuren en binnen de parameters van huidige score van de SHA quickscan.

Tabel 9 Operationele begrenzingen

Operationele begrenzing	Waarde	Dimensie
Max injectiedruk reservoir	~62,4*	bar
Max injectiedruk verbuizing	~100-190*	bar

**Nader te bepalen*

Tabel 10 Prognose toekomstige productie

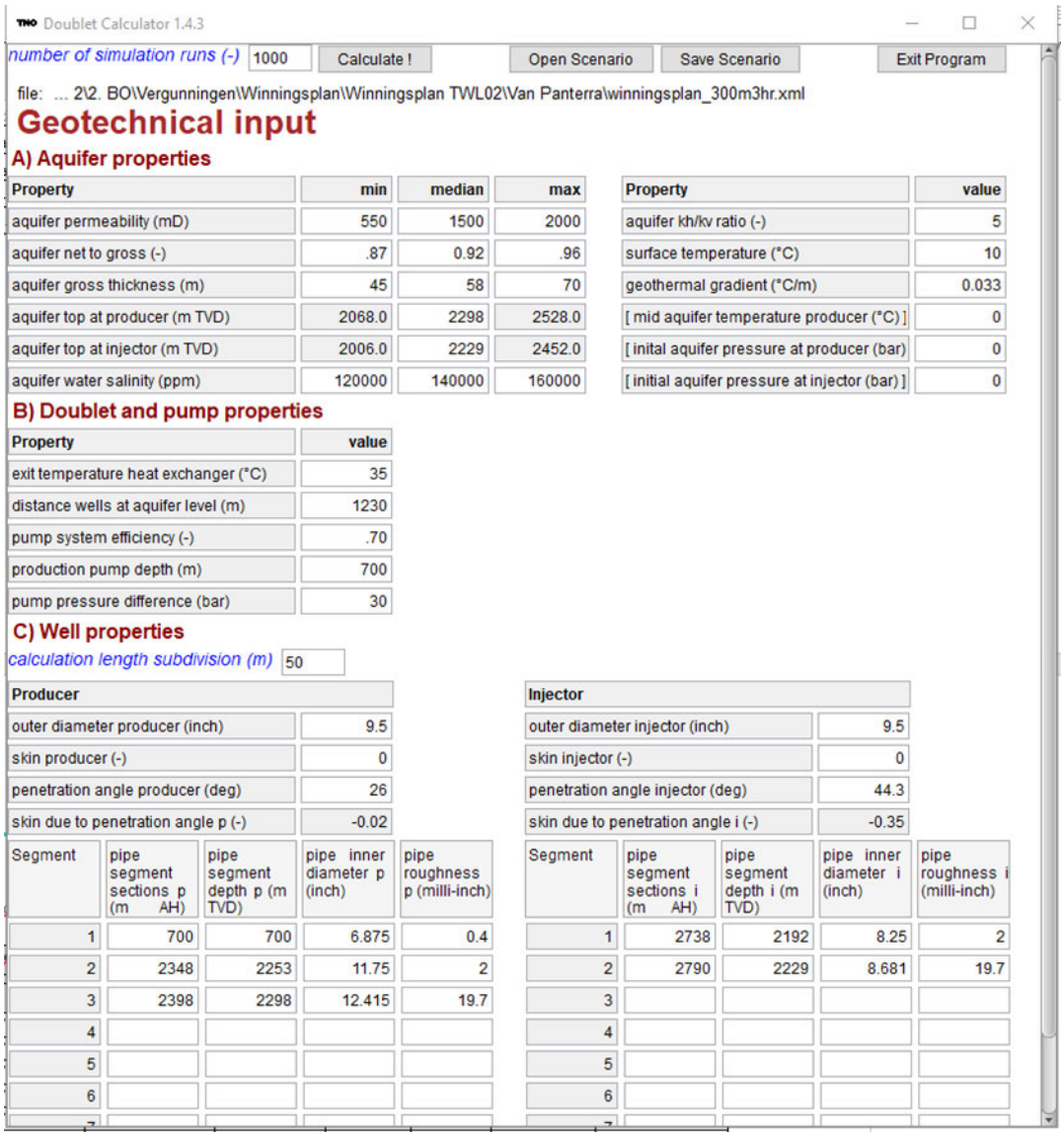
Put	Prognose waarde
Debiet geproduceerd water (m^3/h)	300
Gemiddelde temperatuur van het productiewater, gewogen per volume, gemeten voor de warmtewisselaar (°C)	86
Gemiddelde druk direct onder de pomp in productieput (bar)	35
Laagste druk direct onder de pomp in productieput (bar).	25
Druk aan de putmond van de productieput (bar)	11
Verhouding hoeveelheid olie uit productieput indien onttrokken uit de aquifer (mg/l)	0,1
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)	300
Gemiddelde temperatuur van het injectiewater, gewogen per volume, gemeten tussen warmtewisselaar en de putmond (°C)	35
Gemiddelde druk aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	15-40*
Gemiddelde operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)	260
Maximale druk van aan de injectieputkant van de injectiepomp (bar)	62,4
Maximale operationele injectiedruk op reservoir niveau (bar)	300
Hoeveelheid in de injectieput ingebrachte inhibitor (l/m^3)	0
Aantal vollasturen per jaar (uur)	8.000
Prognose onttrokken warmte per jaar (PJ)	0,51
Hoeveelheid benodigde elektrische energie per jaar (GWh)	5
Geïnstalleerd vermogen installatie (MW_{th})	18

** Druk aan de injectiekant is sterk afhankelijk van de skin, dit is pas bekend als de putten zijn geboord en getest*

4 Prognose winning

Op basis van de verschillende geologische onderzoeken en het putontwerp zijn DoubletCalc 1D en 2D ingevuld en gerund, het invoer- en uitvoerscherm zijn weergegeven in onderstaande figuren.

4.1 Doublet Calc 1D



Doublet Calculator 1.4.3

number of simulation runs (-) 1000 | Calculate ! | Open Scenario | Save Scenario | Exit Program

file: ... 2\2. BO\Vergunningen\Winningsplan\Winningsplan TWL02\Van Panterra\winningsplan_300m3hr.xml

Geotechnical input

A) Aquifer properties

Property	min	median	max
aquifer permeability (mD)	550	1500	2000
aquifer net to gross (-)	.87	0.92	.96
aquifer gross thickness (m)	45	58	70
aquifer top at producer (m TVD)	2068.0	2298	2528.0
aquifer top at injector (m TVD)	2006.0	2229	2452.0
aquifer water salinity (ppm)	120000	140000	160000

Property	value
aquifer kh/kv ratio (-)	5
surface temperature (°C)	10
geothermal gradient (°C/m)	0.033
[mid aquifer temperature producer (°C)]	0
[inital aquifer pressure at producer (bar)	0
[initial aquifer pressure at injector (bar)]	0

B) Doublet and pump properties

Property	value
exit temperature heat exchanger (°C)	35
distance wells at aquifer level (m)	1230
pump system efficiency (-)	.70
production pump depth (m)	700
pump pressure difference (bar)	30

C) Well properties

calculation length subdivision (m) 50

Producer	
outer diameter producer (inch)	9.5
skin producer (-)	0
penetration angle producer (deg)	26
skin due to penetration angle p (-)	-0.02

Injector	
outer diameter injector (inch)	9.5
skin injector (-)	0
penetration angle injector (deg)	44.3
skin due to penetration angle i (-)	-0.35

Segment	pipe segment sections p (m AH)	pipe segment depth p (m TVD)	pipe inner diameter p (inch)	pipe roughness p (milli-inch)
1	700	700	6.875	0.4
2	2348	2253	11.75	2
3	2398	2298	12.415	19.7
4				
5				
6				

Segment	pipe segment sections i (m AH)	pipe segment depth i (m TVD)	pipe inner diameter i (inch)	pipe roughness i (milli-inch)
1	2738	2192	8.25	2
2	2790	2229	8.681	19.7
3				
4				
5				
6				

Doublet Calculator 1.4.3 Result Table

probabilistic plots | fingerprinting | export base case details

file: ... 2\2. BO\Vergunningen\Winningsplan\Winningsplan TWL02\Van Panterra\winningsplan_300m3hr.xml

Geotechnics (Input)

Property	min	median	max
aquifer permeability (mD)	550.0	1500.0	2000.0
aquifer net to gross (-)	0.87	0.92	0.96
aquifer gross thickness (m)	45.0	58.0	70.0
aquifer top at producer (m TVD)	2068.0	2298.0	2528.0
aquifer top at injector (m TVD)	2006.0	2229.0	2452.0
aquifer water salinity (ppm)	120000.0	140000.0	160000.0

Property	value
number of simulation runs (-)	1000.0
aquifer kh/kv ratio (-)	5.0
surface temperature (°C)	10.0
geothermal gradient (°C/m)	0.033
[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0
inital aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
[initial aquifer pressure at injector (bar)]	0.0
exit temperature heat exchanger (°C)	35.0
distance wells at aquifer level (m)	1230.0
pump system efficiency (-)	0.7
production pump depth (m)	700.0
pump pressure difference (bar)	30.0
outer diameter producer (inch)	9.5
skin producer (-)	0.0
skin due to penetration angle p (-)	-0.02
pipe segment sections p (m AH)	700.0,2348.0,2398.0
pipe segment depth p (m TVD)	700.0,2253.0,2298.0
pipe inner diameter p (inch)	6.87,11.75,12.41
pipe roughness p (milli-inch)	0.4,2.0,19.7
outer diameter injector (inch)	9.5
skin injector (-)	0.0
skin due to penetration angle i (-)	-0.35
pipe segment sections i (m AH)	2738.0,2790.0
pipe segment depth i (m TVD)	2192.0,2229.0

Geotechnics (Output)

Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer kH net (Dm)	51.09	77.23	96.86
mass flow (kg/s)	72.07	92.54	103.7
pump volume flow (m³/h)	241.4	310.6	349.1
required pump power (kW)	287.4	369.8	415.6
geothermal power (MW)	12.94	16.54	19.42
COP (kW/kW)	41.8	45.3	49.1
aquifer pressure at producer (bar)	220.96	235.63	241.38
aquifer pressure at injector (bar)	214.3	228.22	232.81
pressure difference at producer (bar)	7.77	8.72	10.22
pressure difference at injector (bar)	14.01	15.7	18.5
aquifer temperature at producer * (°C)	82.59	86.79	91.0
temperature at heat exchanger (°C)	81.49	85.49	89.69

base case (median value inputs)	value
aquifer kH net (Dm)	80.04
mass flow (kg/s)	94.28
pump volume flow (m³/h)	316.3
required pump power (kW)	376.6
geothermal power (MW)	17.11
COP (kW/kW)	45.4
aquifer pressure at producer (bar)	235.62
aquifer pressure at injector (bar)	228.33
pressure difference at producer (bar)	8.57
pressure difference at injector (bar)	15.42
aquifer temperature at producer * (°C)	86.79
temperature at heat exchanger (°C)	85.61
pressure at heat exchanger (bar)	10.66

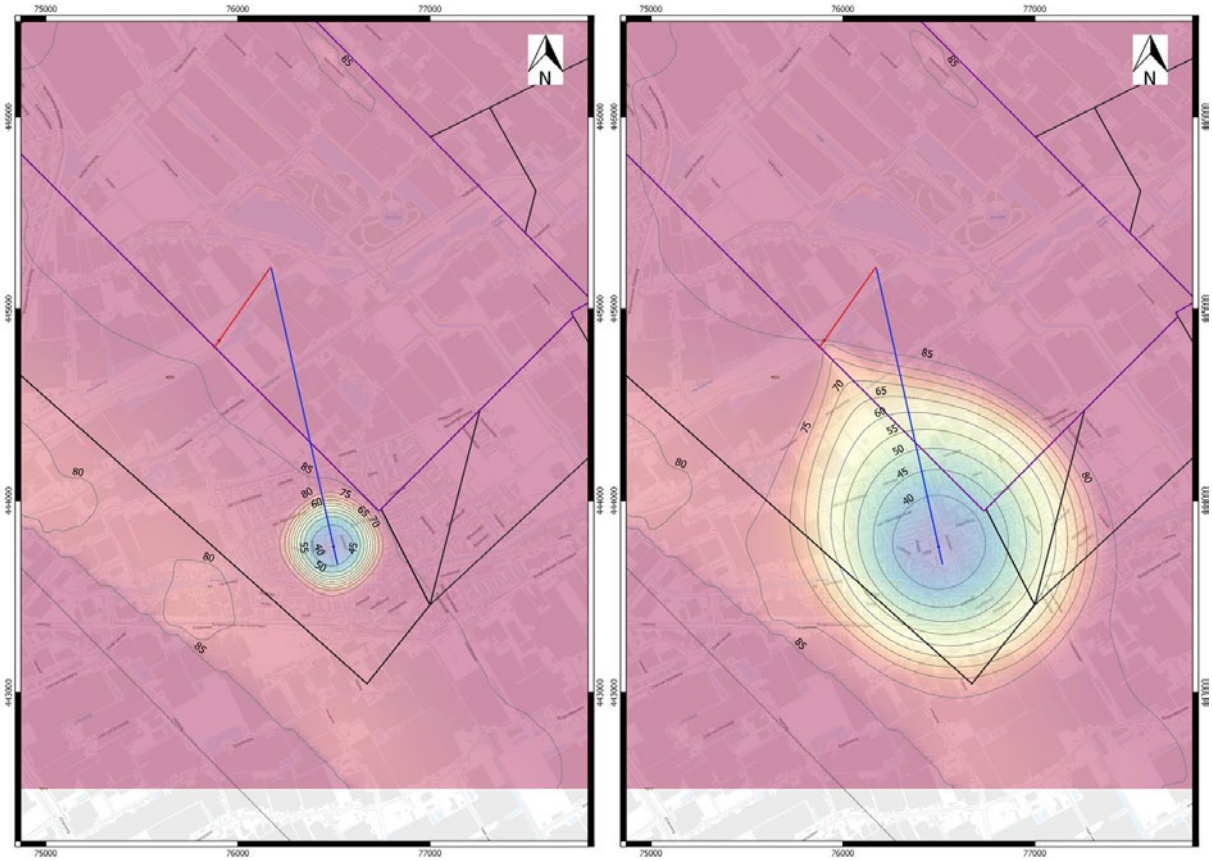
* @ mid aquifer depth

Figuur 14 Uitvoerscherm DoubletCalc 1.4.3

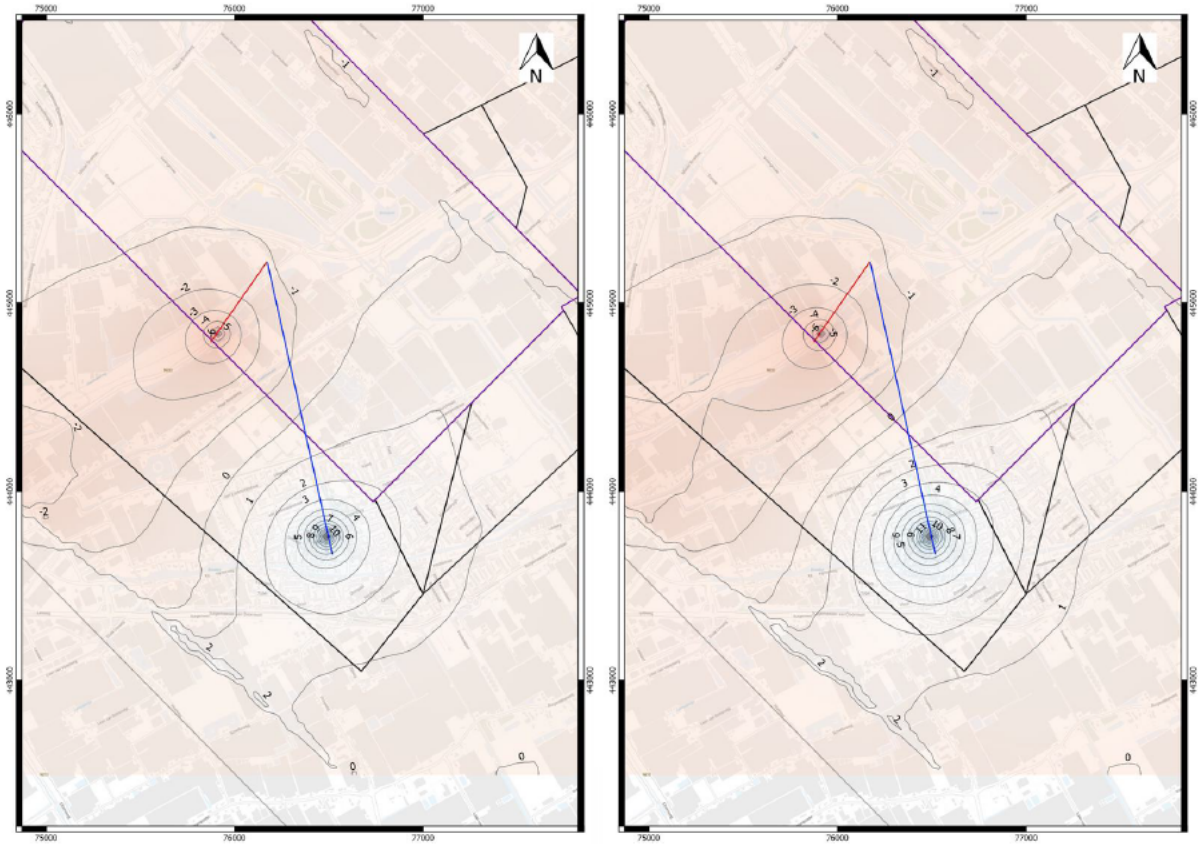
4.2 Doublet Calc 2D

Om een inschatting te krijgen van de temperatuur- en drukverdeling in het reservoir is ook een DoubletCalc 2D model gerund voor TWL-02. Hiervoor is gekeken naar een periode van 3 jaar (werkingsduur 2 jaar met mogelijk 1 jaar verlenging = maximaal 3 jaar) en 30 jaar (verwachte termijn van productie).

In Figuur 15 is te zien dat de beïnvloeding van de temperatuur na 3 jaar binnen de vergunningen van Trias Westland blijft. Na 30 jaar valt de beïnvloeding deels in de Westland Zuidwest vergunning van ETP. Voor de aan te vragen vervolgvergunning voor langdurige winning (30 jaar) zal derhalve een klein deel van de Westland Zuidwest opsporingsvergunning door houder ETP moeten worden overgedragen aan TWL. TWL heeft hierover reeds vooroverleg gevoerd met ETP waaruit blijkt dat dit vooralsnog binnen de plannen van ETP in deze opsporingsvergunning zal passen.



Figuur 15 Temperatuurverloop na 3 jaar (links) en na 30 jaar (rechts)



Figuur 16 Drukverloop na 3 jaar (links) en na 30 jaar (rechts)

Tabel 11 Karakterisatie geothermisch systeem performance onder beoogde standaard operationele condities.

Jaar* Vanaf 2021	Prod. Temp. (°C)	Hoeveelheid water (mln m³)	Energie (GJ)	Gas (m³)	Olie (m³)	Aantal vollast uren (hrs)	Energie-consumptie (kWh)*
1	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
2	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
3	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
4	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
5	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
6	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
7	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
8	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
9	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
10	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
11	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
12	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
13	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
14	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
15	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
16	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
17	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
18	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
19	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
20	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
21	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
22	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
23	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
24	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000

25	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
26	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
27	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
28	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
29	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000
30	86	2,4	460.800	2.640.00	240.000	8.000	7.200.000

* Verwachte energieconsumptie van het gehele systeem inclusief onder andere de injectiepompen en het warmtenet

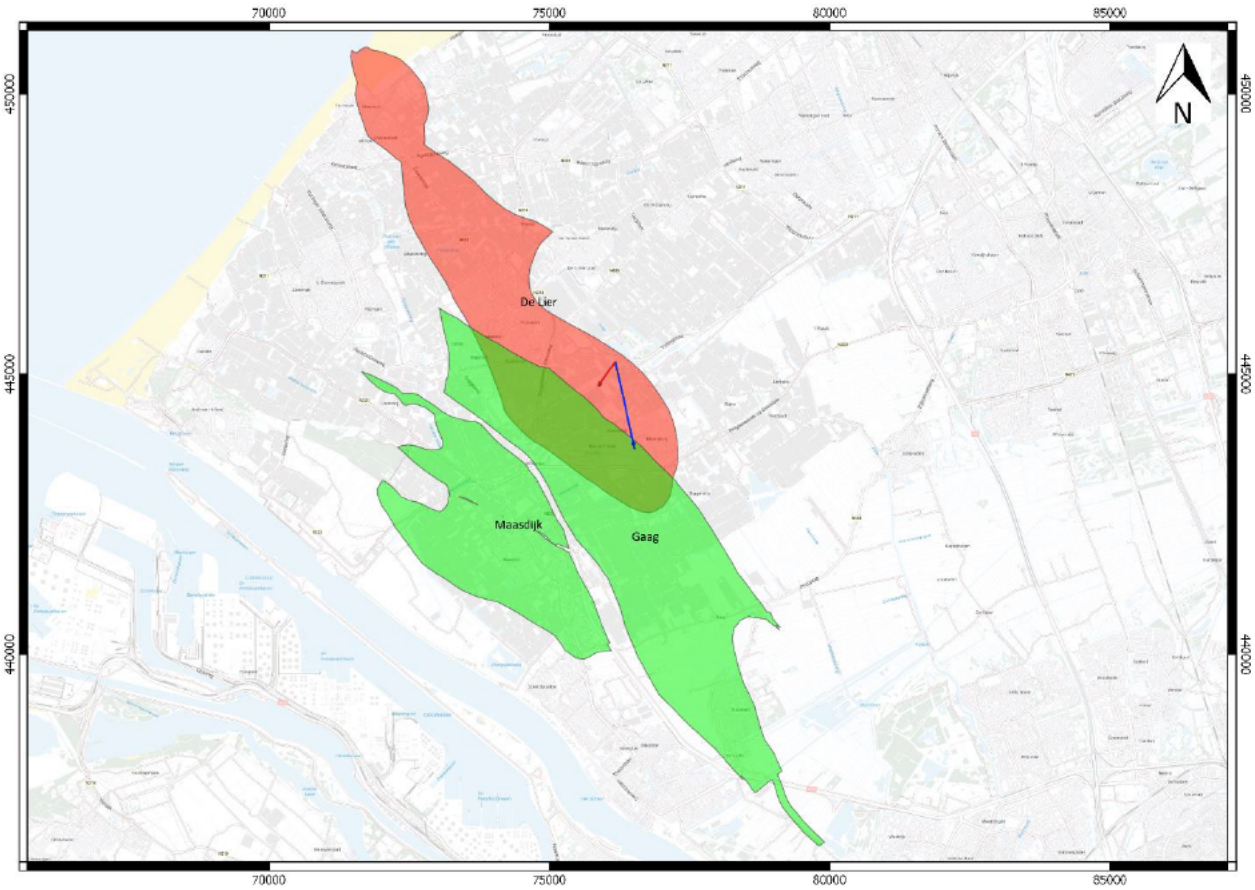
5 Interferentie met ander gebruik (diepe) ondergrond

5.1.1 Olie- & gaswinning

Rond het project TWL-02 liggen verschillende olie- & gasvelden (Figuur 17). 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 12 Olie- & gas velden nabij TWL-01

Veld	Delfstof	Prductie 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 17 Olie- & gas velden in nabijheid van de projectlocatie

5.1.2 Geothermie

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

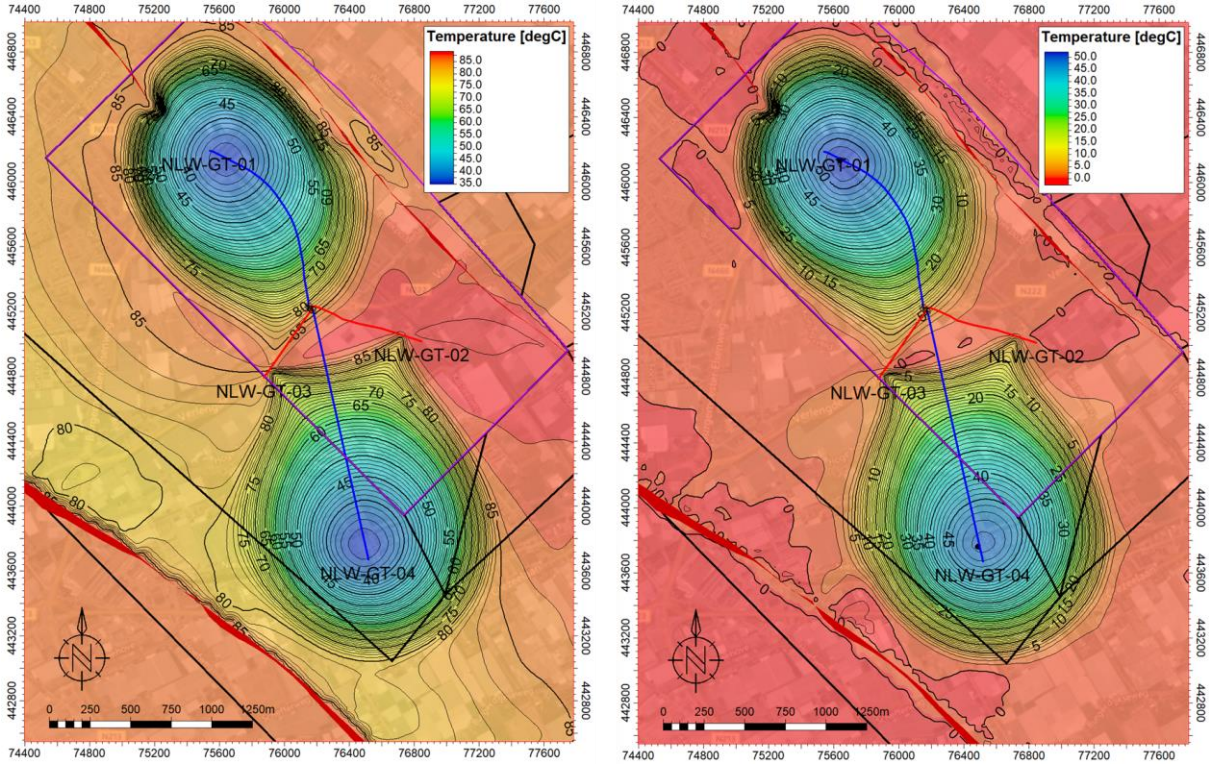
Tabel 13 Geothermie projecten nabij TWL-02

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

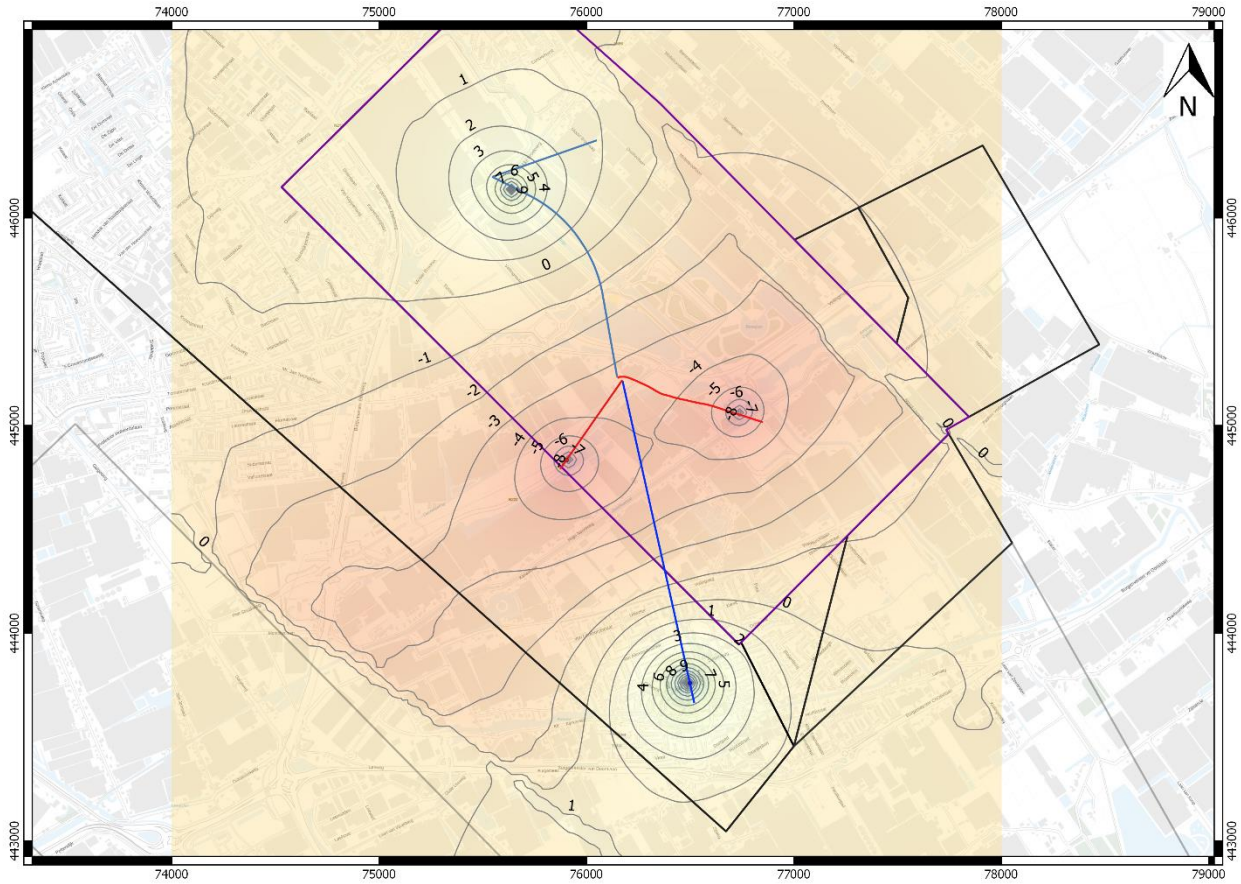
Voor de bepaling van de winningsvergunning wordt normaliter de 'Franse methode' toegepast, welke het beïnvloedingsgebied van een doublet definieert door een rechthoek met twee cirkels. Het middelpunt van deze cirkels zijn de coördinaten van de diepteligging van de productieput en injectieput in het (verticale) midden van het aquifer. Voor TWL-01 zijn de middelpunten van de cirkels 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'. Het bereik van de TWL-01 winningsvergunning is te zien in Figuur 18.

Met behulp van DoubletCalc2D is de warmte- en drukdistributie in het reservoir van de projectlocatie gemodelleerd. Hierbij is uitgegaan van een gemiddeld debiet van 300 m^3/uur. Om een zo realistisch mogelijk resultaat te krijgen is het model gebouwd met behulp van de diepte-, dikte-, en temperatuurgrids van het reservoir. Tevens zijn de breuken meegenomen waarbij is uitgegaan dat deze vrijwel geheel afsluitend zijn. De productie en injectie van naburig doublet NLW-GT-01 en -02 is tevens meegenomen in het model (gemiddeld debiet van 355 m^3/uur). Kaarten van de temperatuur- en drukdistributie aan het eind van de winningsperiode zijn weergegeven in Figuur 18 en Figuur 19. De interferentie die te zien is tussen TWL-01 en TWL-02 ligt in de lijn der verwachtingen, deze twee doubletten zullen deel uit gaan maken van hetzelfde geothermiesysteem en worden geëxploiteerd door dezelfde operator.

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



Figuur 18: Verwachte temperatuur in het reservoir na 30 jaar (links) en verwachte afkoeling na 30 jaar (rechts) bij TWL-01 en TWL-02 aan het eind van de winning



Figuur 19: Kaart met de (delta) drukdistributie in het reservoir na 30 jaar winning.

6 Natuur en milieu

6.1 Bodemdaling of -stijging

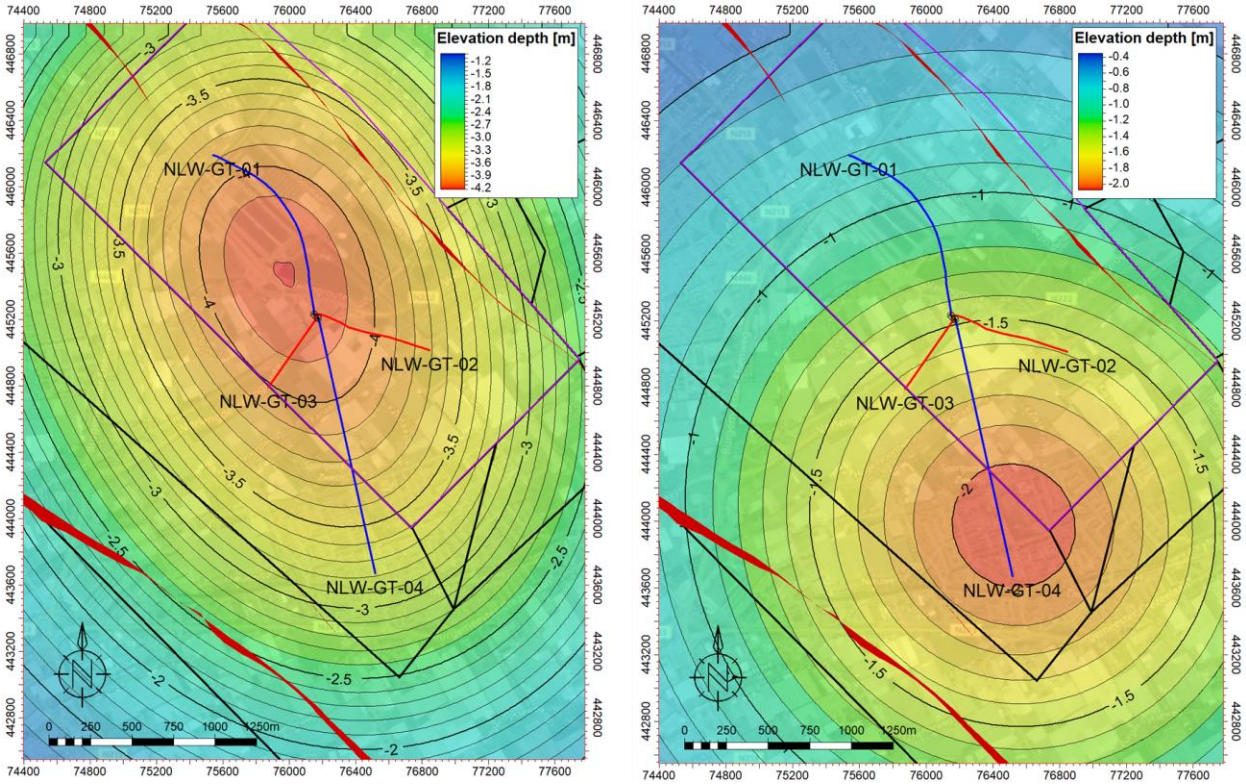
Bij de aardwarmtewinning in TWL-02 wordt warm water inclusief opgelost gas uit het reservoir onttrokken en afgekoeld water weer in dezelfde bodemlaag teruggebracht. Op deze manier vindt er geen netto onttrekking plaats waardoor de druk in het reservoir ook niet significant zal afnemen. Wel zal er rondom de productie- en injectieput respectievelijk een plaatselijke drukdaling en drukopbouw kunnen plaatsvinden.

In 2015[1] 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. Er is ook gekeken naar de potentiele bodemdaling op de projectlocatie. Op basis van het DoubletCalc2D model van de projectlocatie is de bodemdaling ten gevolge van de winning van geothermie enkele millimeters (Figuur 20). Hierbij zijn zowel NLW-GT-03/-04 als NLW-GT-01/-02 meegenomen.

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.

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



Figuur 20: Indicatie bodemdaling (mm) ten gevolge van 30 jaar winning. Links de situatie als TWL-01 en TWL-02 beiden aan staan, rechts alleen TWL-01.

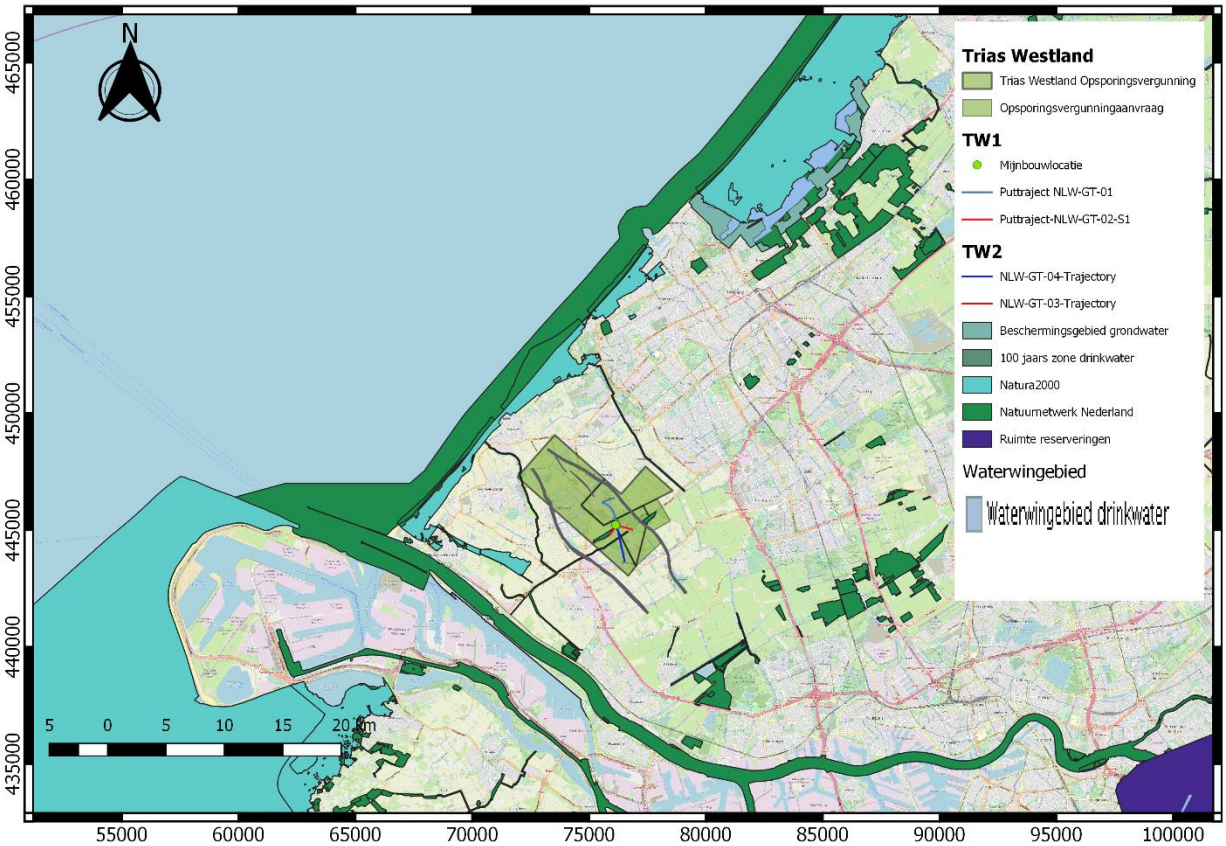
6.2 Beschermde gebieden

Figuur 21 geeft een overzicht van een variatie aan kwetsbare gebieden in de buurt van de projectlocatie. De volgende kaarten zijn hierin opgenomen:

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

Zoals te zien is in Figuur 21 is het dichtst bijgelegen kwetsbare gebied Natura 2000 en betreft “Solleveld en Kapittelduinen” (Staelduinse Bos) op een afstand van ongeveer 4 kilometer. Tussenliggend is er sprake van glastuinbouw, bedrijventerreinen en infrastructuur.

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

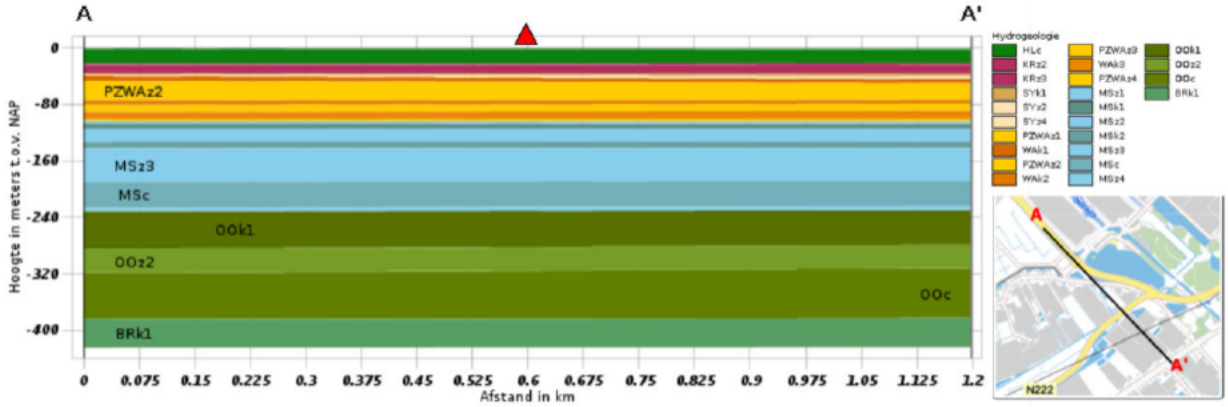


Figuur 21 Kwetsbare gebieden rondom de projectlocatie

6.3 Grondwater

Voor de M.e.r. aanmeldnotitie is een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. De onderzoekslocatie ligt in de Vlietpolder van Naaldwijk. Het maaiveld in dit deel van de polder ligt circa ter hoogte van het NAP. Hierin wordt de dikte en de deklaag als volgt beschreven. Het duinpakket heeft een dikte van circa 10 meter en bestaat uit slibhoudende fijne tot matige grove zanden. De slecht doorlatende deklaag heeft een dikte van circa 10 tot 15 meter en bestaat uit kleiige sedimenten. Het 1e watervoerend pakket heeft een dikte van circa 30 meter en bestaat uit matig fijne tot matig grove zanden. Ter illustratie is een doorsnede van het hydrogeologische model REGIS II weergegeven, de hydrogeologische pakketten tot een diepte van 200 m zijn weergegeven in tabel Tabel 14.

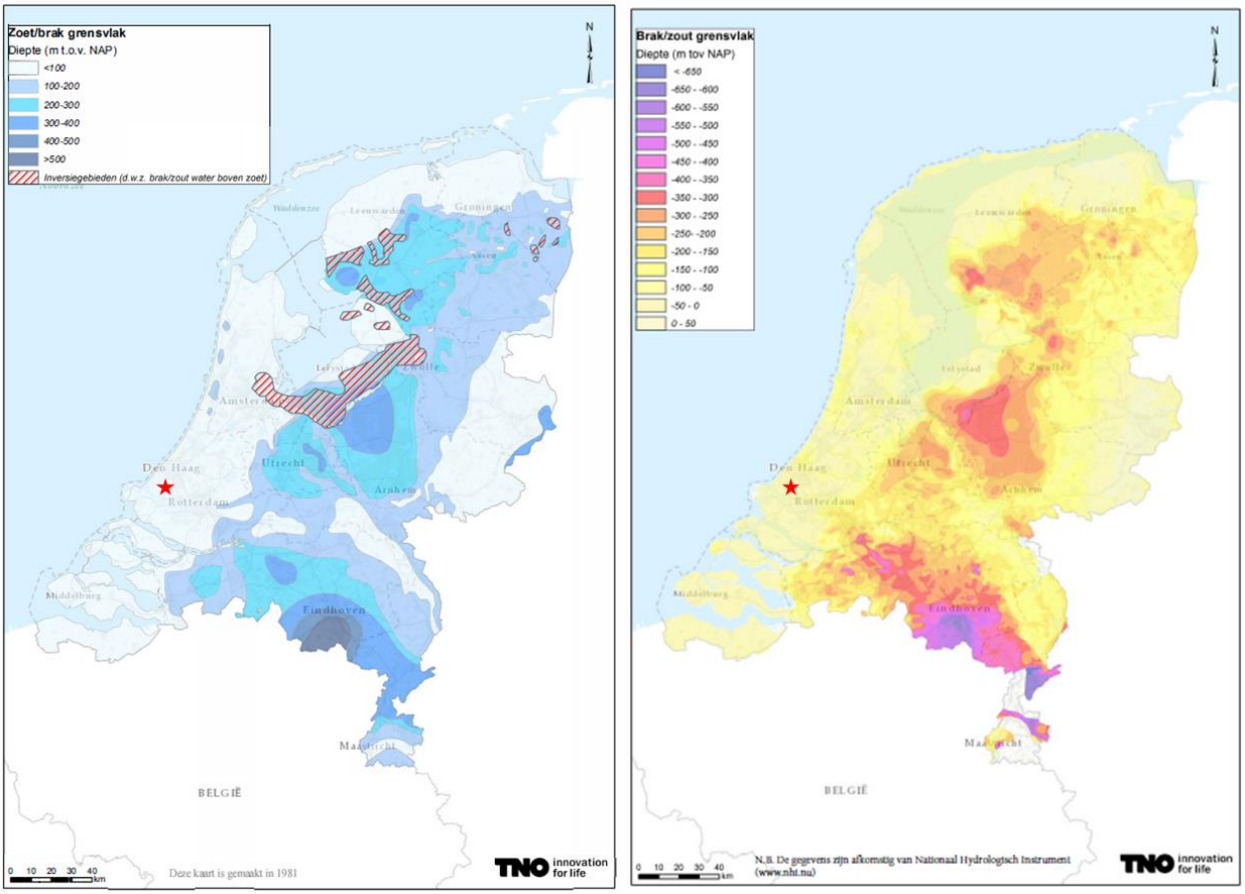
Figuur 23 laat de zoet-brak en brak-zout kaarten zien zoals geïnterpreteerd door de Geologische Dienst Nederland, die de databestanden beheert en interpreteert over het voorkomen en de dynamiek van het zoete grondwatersysteem. Op de project locatie ligt het zoet-brak grensvlak op een diepte van minder dan 100 m en het brak-zout grensvlak op een diepte van minder dan 50 meter. Bij TWL-02 worden de conductors geplaatst tot een diepte van 125m. Dit zijn geboorde conductors die gecementeerd worden, deze cement bond buiten de conductor voorkomt interferentie tussen deze lagen.



Figuur 22 Doorsnede uit BRO REGIS II v2.2 op de projectlocatie

Tabel 14 Beschrijving van geohydrologische pakketten tot een diepte van 200m

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



Figuur 23 Zoet/brak grensvlak (links) en brak/zout grensvlak (rechts), de project locatie is aangegeven met een rode ster

7 Bodemtrilling

Bodemtrillingen ontstaan in de ondergrond als gevolg van een plotselinge beweging in de aardkorst waarbij veel energie vrij komt. Deze energie plant zich in een golfbeweging voort. De meeste bodemtrillingen vinden natuurlijk plaats in gebieden waar aardplaten aan elkaar grenzen of waar extensie van de aardkorst plaatsvindt. Geïnduceerde trillingen vinden plaats door menselijk toedoen en kunnen plaatsvinden bij winning van delfstoffen. Geïnduceerde seismiciteit wordt veroorzaakt door een verandering in de lokale stress (druk) situatie. Deze stresssituatie wordt beïnvloed door poro-elastische en thermo-elastische effecten. 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 equilibrium op omdat de geïnjecteerde en geproduceerde volumes gelijk zijn. Als tijdens deze initiële periode geen seismiciteit optreedt, is het geassocieerde risico zeer klein geworden.

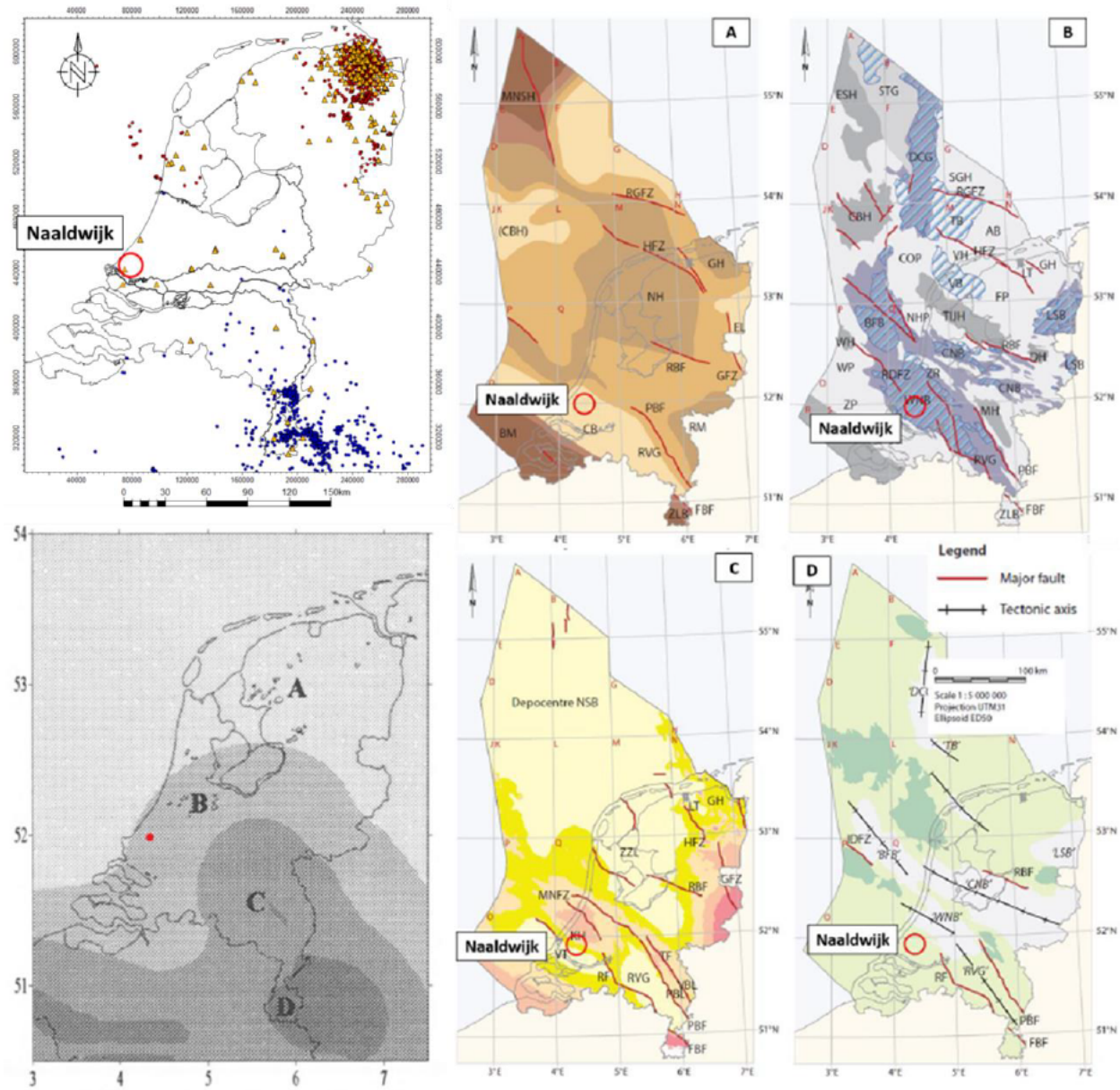
Voor TWL-02 is een Level-1 (Quick-Scan of QS) Seismic Hazard Analysis (SHA) uitgevoerd waarin de risico's op seismiciteit bij geothermische exploratie worden omschreven en gekwantificeerd. Dit wordt gedaan op basis van het protocol ontwikkeld door IF Technology B.V. en Q-con GmbH ("Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects 5 V0.1") en de leidraad opgesteld door SodM in 2016 ("Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning, tijdelijke leidraad voor adressering"). Dit document is bijgevoegd als bijlage 9.2.

Voor het doublet TWL-02 moeten de boringen nog plaatsvinden, maar bij productie binnen de gestelde productierichtlijnen van SodM, worden geen problemen verwacht. De effecten van de afkoeling van het reservoir, de thermo-elastische effecten zoals compactie, zijn niet meegenomen in de methodieken van IF/QCON en SodM en als zodanig niet onderzocht in deze studie.

Enkele onderdelen uit bijlage 9.2 worden hieronder beschreven.

Tabel 15 Eerste set beslisboom vragen

Decision tree questions	Answer (Y/N)	Argumentation or Reference to relevant paragraph
Distance to major fault zone < 100m or circulation through existing faults?*	N	Figuur 24 en voor beschrijving zie bijlage 7.2
Project in tectonically active area of Roer Valley Graben?*	N	Figuur 24 en voor beschrijving zie bijlage 7.2
Influenced by Groningen Field?*	N	Figuur 24 en voor beschrijving zie bijlage 7.2



Figuur 24 Linksboven – natuurlijke (blauw), geinduceerde (rood) bevingen en meetstations KNMI. Linksonder – locatie van Roer Valley Graben ten opzichte van de projectlocatie. Rechts – locatie van major fault zones ten opzichte van projectlocatie.

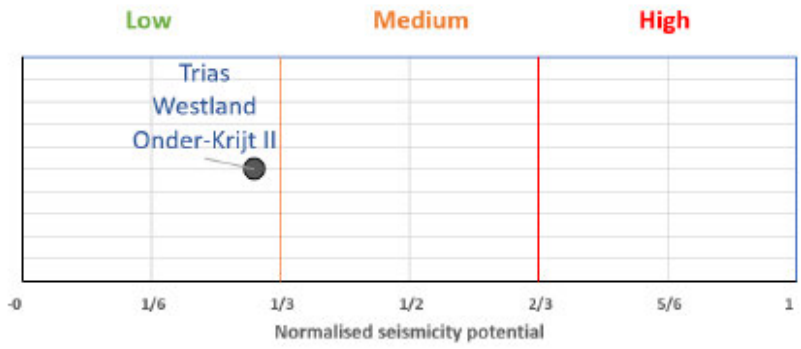
Tabel 16 Quickscan resultaten voor TWL-02

Decision tree questions	Answer / Value	Argumentation or reference to relevant paragraph of this report
Basement connected: • separation reservoir <=> X-line basement	>4,500 - 0	Voor beschrijving zie bijlage 7.2
inter-well pressure communication: • lateral separation • vertical separation	Likely	Voor beschrijving zie bijlage 7.2
re-injection pressure [Mpa]	1-4 MPa - 3	Voor beschrijving zie bijlage 7.2
circulation rate [m^3/h]	300 m^3/h - 7	Voor beschrijving zie bijlage 7.2
epicentral distance to natural earth-quakes [km]*	~50 km - 0	Voor beschrijving zie bijlage 7.2

epicentral distance to induced seismicity [km]*	~50 km - 0	Voor beschrijving zie bijlage 7.2
distance to natural fault [km] • quality of seismic data	~500m - 7	Voor beschrijving zie bijlage 7.2
Orientation of fault in current stress field • Orientation stress field • Orientation strike of fault	7	Voor beschrijving zie bijlage 7.2
net injected volume [x1000 m3]	0	Voor beschrijving zie bijlage 7.2

Score	Basement Connected	Inter-well pressure communication	Re-inection pressure [Mpa]	Circulation rate [m3/h]	Epicentral distance to natural earthquakes [km]	Epicentral distance to induced seismicity [km]	Distance to fault [km]	Orientation of fault in current stress field	Net injected volume [1000 m3]	Sum of column scores	Normalized Score
10	yes	no	>7	>360	<1	<1	<0,1	favourabl e	>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 - 160	4 - 7	4 - 7	0,5 - 1,5	shearing unlikely	0,1 - 5		
0	no	yes	<1	<50	>10	>10	>1,5	locked	<0,1		
Column score	0	3	3	7	0	0	7	7	0	**27**	**0,300**

Figuur 25 Scoringstabel quickscan

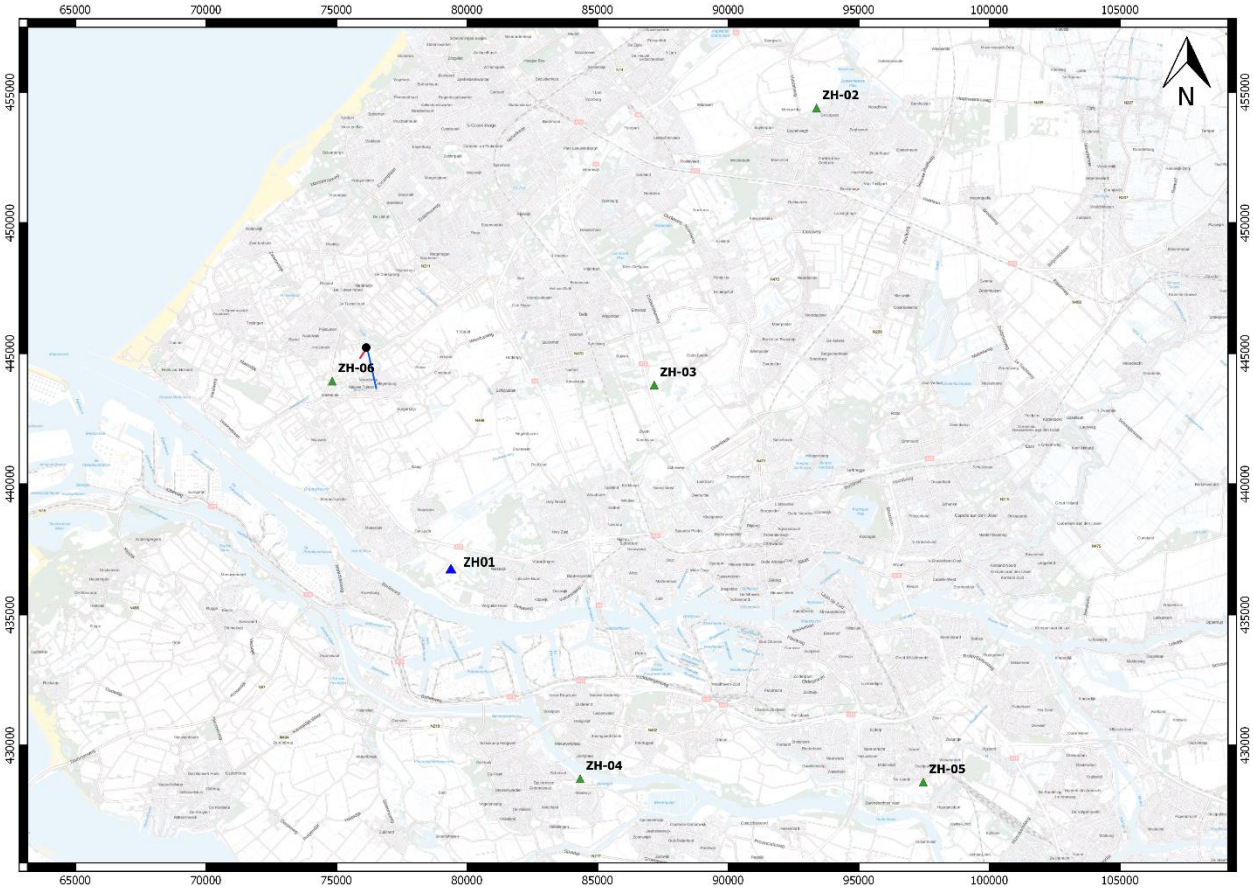


Figuur 26 Resultaat van de quickscan

Ondanks dat de boringen nog plaats moeten vinden laat de quickscan zien dat voor het doublet TWL-02, binnen de gestelde productierichtlijnen van SodM, geen problemen worden verwacht. De effecten van de afkoeling van het

reservoir, de thermo-elastische effecten zoals compactie, zijn niet meegenomen in de methodieken van IF/QCON en SodM en als zodanig niet onderzocht in deze studie.

Voor Naaldwijk is het noodzakelijk de massabalans (gelijke injectie en productie) te handhaven en om het doublet seismisch te monitoren gedurende productie. Hiervoor is momenteel nog geen infrastructuur aanwezig. KNMI is momenteel bezig met het plaatsen van additionele monitoring stations in de regio van het project, zie Figuur 27. De verwachting is dat deze stations Q1 operationeel kunnen zijn. Voor de combinatie van TWL-01 en TWL-02 is een Level 2 SHA uitgevoerd, deze zal worden geüpdatet en ingediend zodra de detectiegrenzen van het KNMI netwerk bekend zijn.



Figuur 27 Momenteel operationele (blauw) en te installeren (groen) KNMI monitoring stations

8 Voorziene kosten van winning

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

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

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

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

De productie is gebaseerd op een aanvoertemperatuur van 87 graden Celsius, retourtemperatuur van 35 graden Celsius en een debiet van 300 m3/uur met 8000 vollasturen per jaar. Warmteproductie uit gasbijvangsten zijn buiten beschouwing gelaten.

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

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

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

9 Appendices

9.1 Appendix 1: Geologisch rapport TW OK II (maart 2018)

Als aparte bijlage toegevoegd

9.2 Appendix 2: Seismic Hazard Analysis Trias Westland Onder-Krijt II (januari 2020)

Als aparte bijlage toegevoegd.

9.3 Appendix 3: Puttest resultaten eerste doublet

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

9.4 Appendix 4: Doublet Calc 2D input parameters

REGION OF INTEREST				
xmin	74000.0	m	nx	160.0 -
xmax	78000.0	m	ny	180.0 -
ymin	442500.0	m		
ymax	447000.0	m		
grid geometry	Top Delft from model_DC2D	use grid	view	

AQUIFER PROPERTIES					
initial temperature	86.0	C	Temperature_DC2D	use value	view
aquifer depth	2250.0	m	Top Delft from model_DC2D	use value	view
(cell) thickness	58.0	m	Thickness from model	use value	view
porosity	0.188	-	none	use grid	view
net to gross	0.92	-	none	use grid	view
actnum	1.0	-	none	use grid	view
permeability in xdir	800.0	mDarcy	Perm	use value	view
permeability in ydir	800.0	mDarcy	Perm	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

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	

remove well | add well

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

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

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

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