



QRA Geothermische boringen

Aardwarmte project "GeoThermie Delft" (GTD)

projectnummer 0452318.100
definitief revisie 06
3 september 2021

QRA Geothermische boringen

Aardwarmte project "GeoThermie Delft" (GTD)

projectnummer 0452318.100

definitief revisie 06
3 september 2021

Auteur

J. Janzen
E. Koomen

Opdrachtgever

Hydreco Geomec B.V.
Postbus 3238
4800 DE BREDA

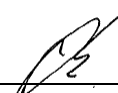


datum vrijgave
03-09-2021

beschrijving revisie 06
definitief

gecontroleerd
E. Koomen

vrijgave
A. Kant



Inhoudsopgave

	Blz.	
1	Inleiding	1
2	Externe Veiligheid	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Plaatsgebonden risico	3
2.3	Groepsrisico	3
2.4	Invloedsgebied	3
2.5	Juridisch kader van geothermische booractiviteiten	4
2.6	Normstelling	6
2.7	Berekeningswijze	7
3	Boringen GeoThermie Delft	8
3.1	Omgeving	8
3.2	Procesbeschrijving	9
3.3	Voorkomende gevaarlijke stoffen	9
4	Kwantitatieve risicoanalyse	10
4.1	Scenario's	10
4.2	Risicoberekeningen	12
4.2.1	Plaatsgebonden risico	13
4.2.2	Maximale-effectafstand	15
4.2.3	Groepsrisico	15
5	Conclusie	17

Bijlage 1: Uitgangspunten QRA

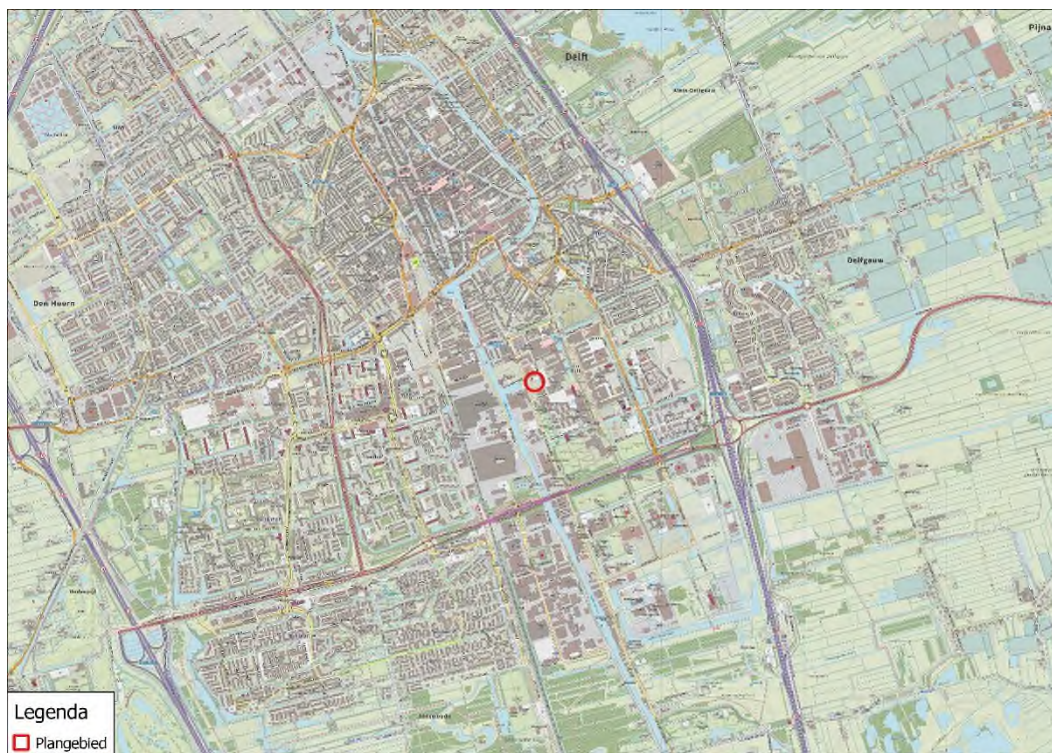
1 Inleiding

GeoThermie Delft B.V. (GTD) heeft het voornemen om op het campusterrein van de TU Delft (TUD) naast de warmtekrachtcentrale (WKC) en deels in een daarvoor afgescheiden deel van deze WKC een productielocatie in te richten om aardwarmte te winnen.

Eén van de consortiumleden van GeoThermie Delft B.V. is Hydreco Geomec B.V., vergunninghouder van de vigerende opsporingsvergunning en beoogd uitvoerder in het kader van de Mijnbouwwet. Hydreco Geomec is, gezien die hoedanigheid, aanvrager van de voor het project noodzakelijke vergunningen en instemmingen. De overige toekomstige consortiumleden zijn TU Delft Services B.V., EBN Aardwarmte B.V. en Shell Geothermal B.V.

Uit één geboorde put zal warm water opgepompt worden vanuit de diepe ondergrond en vervolgens ontgast en gefilterd worden. Het water wordt vervolgens naar de warmtewisselaars geleid waar de warmte wordt overgedragen aan een secundair warmtenet. Het afgekoelde water wordt vervolgens middels injectiepompen weer in de ondergrond gebracht (injectieput). Het secundaire warmtenet levert de warmte aan een warmtepompcentrale. De warmtepompcentrale levert de warmte vervolgens aan gebouwen en studentenwoningen op de TUD campus en woningcorporaties in de wijken Voorhof en Buitenhof in Delft.

De locatie is gesitueerd tussen de Leeghwaterstraat en de Rotterdamseweg op de TUD campus.



Figuur 1.1 Ligging plangebied

Het voornemen is om de twee boringen uit te (laten) voeren naar een aquifer op een diepte van ruim 2 km met het doel de temperatuur van het water (naar verwachting bijna 80 °C) te benutten voor warmteafnemers in de omgeving. De boringen zullen door diverse aardlagen gaan. Hoewel het niet de bedoeling is aardgas in hoge druk aan te treffen in enige aardlaag, en op basis van voorgaand onderzoek het ook niet waarschijnlijk is dat aardgas onder hoge druk zal worden aangetroffen, kan het ook niet worden uitgesloten. Dit betekent dat expliciet rekening wordt gehouden met een situatie waarin aardgas onder hoge druk wordt aangetroffen.

Met betrekking tot een booractiviteit verlangt de Mijnbouwwet dat de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar en het bijbehorende groepsrisico ter toetsing wordt voorgelegd aan het bevoegd gezag. Deze informatie is tevens gewenst voor de aanmeldingsnotitie voor de m.e.r.-beoordeling.

De plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar wordt berekend door de uitvoering van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA). Zoals hierboven reeds benoemd, beschouwen we deze boringen als boringen naar het voorkomen van aardgas. Dit betekent dat ook voor het uitvoeren van deze geothermische boringen door Hydreco Geomec een QRA met daarin een plaatsgebonden risicocontour dient te worden opgesteld.

Met een dergelijke analyse (QRA) wordt inzicht verschaft in de risico's van het uitvoeren van de boringen voor de omgeving. Deze risico's worden aangeduid als externe veiligheidsrisico's. De berekende risicocontour wordt vervolgens getoetst aan de normstelling zoals die in Nederland voor externe veiligheid van toepassing is.

Dit betreft revisie 6 van het rapport. In dit rapport is ten opzichte van de vorige versies commentaar van de omgevingsdienst verwerkt. De belangrijkste wijzigingen betreffen onder andere de berekening; deze is nu uitgevoerd met Safeti-NL 8.3. Tevens is gebruik gemaakt (voor zover van toepassing) van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi versie 4.3 van 1 januari 2021.

Leeswijzer

Deze rapportage betreft een verslag van de risicoanalyse. Hoofdstuk 2 beschrijft de externe veiligheid en de gehanteerde methodiek met normstelling en berekeningswijze.

Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de voorgenomen bedrijfsactiviteiten.

De kwantitatieve risicoanalyse staat in hoofdstuk 4 beschreven alsmede de toetsing aan de normstelling.

Hoofdstuk 5 geeft de conclusies van het onderzoek weer.

2 Externe Veiligheid

2.1 Inleiding

Met externe veiligheid wordt in het algemeen bedoeld de grootte van het overlijdensrisico voor personen als gevolg van activiteiten met gevaarlijke stoffen. Branden, explosies, brandbare wolken en giftige wolken zijn doorgaans de ongewenste gebeurtenissen die dit risico bepalen. De mate van externe veiligheid wordt bepaald door de grootte van te berekenen grootheden: het plaatsgebonden risico, het groepsrisico en de maximale-effectafstand. Deze variabelen tezamen geven inzicht in het overlijdensrisico van personen in de omgeving van de activiteiten met gevaarlijke stoffen.

2.2 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico presenteert de overlijdenskans van een persoon in de vorm van contouren op een plattegrond rondom de beschouwde activiteit. Het risico wordt berekend door te stellen, dat een persoon zich permanent en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt. Door middel van risicocontouren op een plattegrond wordt aangegeven tot waar de risico's van een bepaald niveau reiken. De grootte van het plaatsgebonden risico is onafhankelijk van de feitelijke omgeving en zegt niets over het aantal personen dat bij een ongeval getroffen kan worden. De plaatsgebonden risicocontouren zijn eigenlijk een hoogtekaart van overlijdenskans.

Voor het plaatsgebonden risico zijn normen vastgesteld. De norm luidt dat zich binnen de risicocontour, die een overlijdenskans van 10^{-6} per jaar (eens in de miljoen jaar) weergeeft, geen kwetsbare objecten mogen bevinden en bij voorkeur geen beperkt kwetsbare objecten. Deze normen zijn in paragraaf 2.6 nader uitgelegd.

2.3 Groepsrisico

Het groepsrisico is in feite een vertaling van het plaatsgebonden risico. Het groepsrisico houdt rekening met de daadwerkelijke aanwezigheid van personen en geeft de kans dat een bepaalde groep personen tegelijkertijd het slachtoffer zou kunnen worden. Het voor een situatie berekende groepsrisico wordt in een grafiek weergegeven, waarin op de horizontale as het berekende aantal slachtoffers en op de verticale as de cumulatieve frequentie daarvan is weergegeven.

De normstelling met betrekking tot het groepsrisico wordt aangeduid als oriëntatiewaarde en heeft de status van een inspanningsverplichting. Dit betekent dat het bevoegd gezag de verantwoording neemt voor de grootte van het groepsrisico (verantwoordingsplicht). De oriëntatiewaarde van het groepsrisico voor bedrijven is $10^{-3}/N^2$ met N het aantal slachtoffers.

2.4 Invloedsgebied

Het invloedsgebied is de grootste afstand waarop de overlijdenskans bij maximaal 30 minuten blootstelling is gedaald tot 1%. Deze afstand speelt geen rol in de toetsing van bedrijfsactiviteiten aan de normstelling (te weten: de plaatsgebonden contour 10^{-6} /jaar). Wel speelt het invloedsgebied een rol in de berekening van het groepsrisico: het invloedsgebied geeft aan tot waar bevolking in het rekenmodel dient te worden gemodelleerd. Daarnaast is het invloedsgebied van belang voor de voorbereiding op de rampenbestrijding.

2.5 Juridisch kader van geothermische booractiviteiten

Zoals in de inleiding reeds genoemd wordt een geothermische boring opgevat als een boring naar aardgas. Voor deze activiteit is een rekenmethodiek beschikbaar en een toetsingskader. De vraag is echter of juridisch gezien een geothermische boring gelijkgesteld kan worden aan een boring naar aardgas.

Belangrijke aspecten in deze zijn:

- Het Bevi;
- Een mijnbouwinstallatie;
- Een gevaarlijke stof;
- Het Besluit algemene regels milieu mijnbouw (Barmm).

Het Bevi (Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen)

Wanneer het Bevi/Revi¹ van toepassing is, is een rekenmethodiek voorgeschreven en is er een toetsingskader met normen waaraan voldaan moet worden: de resultaten van de QRA hebben in dat geval juridische status en kunnen daardoor juridische gevolgen hebben.

Wanneer het Bevi niet van toepassing is, is er geen rekenmethodiek voorgeschreven. De QRA heeft in dat geval geen juridische status. Het is dus belangrijk te onderzoeken of een QRA uitgevoerd voor een geothermische boring een juridische status heeft en juridische gevolgen kan hebben.

Het Bevi/Revi geeft aan dat ze mede van toepassing is op een mijnbouwwerk (als bedoeld in artikel 1, onderdeel n, van de Mijnbouwwet), bestemd voor de winning, opslag, bewerking of het gereedmaken voor transport van gevaarlijke stoffen.

De vraag is dus: is een boring naar geothermische warmte een mijnbouwwerk zoals bedoeld in de Mijnbouwwet en is de boring bestemd voor de winning, opslag, bewerking of het gereedmaken voor transport van gevaarlijke stoffen.

Mijnbouwwerk

Artikel 1 lid b onder i van de Revi (Regeling externe veiligheid inrichtingen) waarin de inrichtingen staan opgesomd die onder het Bevi vallen, luidt:

- i. inrichtingen die een mijnbouwwerk zijn als bedoeld in [artikel 1, onderdeel n, van de Mijnbouwwet](#), bestemd voor de winning, opslag, bewerking of het gereedmaken voor transport van gevaarlijke stoffen, met uitzondering van:
- 1° mijnbouwinstallaties als bedoeld in [artikel 1, onderdeel o, van de Mijnbouwwet](#), en
 - 2° inrichtingen als bedoeld in [artikel 2, eerste lid, onderdeel a, van het besluit](#).

¹. Formeel gezien zijn er nog twee wettelijke documenten (Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen en Besluit Externe Veiligheid Transport) waarin normen voor externe veiligheid zijn opgenomen. Voor een (tijdelijke) activiteit zoals onderhavige situatie aan de orde is, is het Bevi het aangewezen besluit om aan te toetsen.

Artikel 1, onderdeel n van de Mijnbouwwet omvat de volgende inrichtingen:

- | |
|--|
| <p>n. mijnbouwwerk: een werk dat behoort tot een bij algemene maatregel van bestuur aangewezen categorie van werken:</p> <p>1°. ten behoeve van het opsporen of het winnen van delfstoffen of aardwarmte;</p> <p>2°. ten behoeve van het opslaan van stoffen;</p> <p>3°. die samenhangen met de in de onderdelen 1° en 2° bedoelde werken;</p> |
|--|

Uit bovenstaande kan het volgende worden geconcludeerd:

- Een boring naar aardwarmte kan worden aangemerkt als een mijnbouwwerk.
- De vraag is echter of er wordt geboord naar een gevaarlijke stof.

Een gevaarlijk stof

Het begrip gevaarlijke stof wordt gedefinieerd in artikel 1, eerste lid, onderdeel g, van het Bevi als:

- (a) een stof of preparaat dat bij of krachtens het Besluit verpakking en aanduiding milieugevaarlijke stoffen en preparaten is ingedeeld in een categorie als bedoeld in artikel 9.2.3.1, tweede lid, van de Wet milieubeheer, of
- (b) een gevaarlijke stof als bedoeld in artikel 1, eerste lid, van de Wet vervoer gevaarlijke stoffen.

Deze omschrijving omvat meer dan alleen delfstoffen, die, langs natuurlijke weg ontstane concentraties of afzettingen, in de ondergrond aanwezig zijn. Onder de inrichtingen, bedoeld in artikel 1, onderdeel i, vallen ook mijnbouwwerken voor opslag van stikstof en kooldioxide. Doordat wordt aangesloten bij de begripsomschrijving van gevaarlijke stoffen uit het Bevi wordt een aantal typen inrichtingen **niet** onder de werking van het Bevi gebracht. Dit zijn bijvoorbeeld inrichtingen voor het winnen van aardwarmte of zout, aangezien dat geen gevaarlijke stoffen zijn.

In de praktijk bestaat de mogelijkheid dat bij het boren naar of winnen van aardwarmte aardgas of aardolie meekomt. Wanneer voornamelijk aardgas of aardolie gewonnen wordt en gesproken kan worden van een inrichting bestemd voor het winnen van aardolie of aardgas, is sprake van een inrichting waarop het Bevi wel van toepassing is.

Uit bovenstaande wordt geconcludeerd dat een geothermische boring geen boring is naar een gevaarlijke stof.

Besluit algemene regels milieu mijnbouw (Barmm)

Hoewel reeds is vermeld dat het Bevi niet rechtstreeks van toepassing is, is in het Barmm de grondslag te vinden voor een verplichte toetsing aan de 10^{-6} /jaar contour en een verwijzing naar het Bevi. Artikel 7, lid 1, stelt onder andere dat vier weken voor aanvang van de boring een veiligheidscontour (10^{-6} /jaar plaatsgebonden risico contour) wordt verstrekt aan Onze Minister. Deze veiligheidscontour dient te worden berekend overeenkomstig het in artikel 44 genoemde Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen. In artikel 45 staat dat wanneer zich binnen de genoemde contour een kwetsbaar object bevindt, deze boring niet is toegestaan.

Samengevat

Voorgaande drie punten samengevat komen we tot de volgende conclusie:

- Het Bevi/Revi is van toepassing op een mijnbouwwerk dat gericht is op een gevaarlijke stof;
- Een geothermische boring is een mijnbouwwerk;
- Een geothermische boring is niet gericht op een gevaarlijke stof;
- Het Barmm stelt de eis dat voor een boring het plaatsgebonden risico dient te worden bepaald voorafgaand aan de boring, overeenkomstig het Bevi.

De conclusie is dat het Bevi/Revi formeel niet direct van toepassing is, maar dat het Barmm voorschrijft om het plaatsgebonden risico te bepalen overeenkomstig het Bevi. Op basis hiervan is de voorliggende QRA uitgevoerd.

2.6 Normstelling

Het Besluit algemene regels milieu mijnbouw geeft aan dat het boren en afwerken van een put niet zijn toegestaan indien zich een kwetsbare bestemming binnen de 10^{-6} /jaar van de volgens het Bevi berekende waarde van het plaatsgebonden risico bevindt.

Daarnaast is ook de normstelling van het Bevi zelf van belang, hoewel formeel niet direct van toepassing. De toetsingscriteria ten aanzien van het plaatsgebonden risico (PR) zijn gekoppeld aan het risiconiveau van 10^{-6} per jaar. Tabel 2.1 geeft aan dat de acceptatiegrenzen afhankelijk zijn van het feit of de omliggende objecten worden gekwalificeerd als kwetsbaar of beperkt kwetsbaar. Deze kwalificatie heeft niet alleen betrekking op de objecten die in werkelijkheid gerealiseerd zijn, maar ook op objecten die volgens het vigerende bestemmingsplan zouden mogen staan.

In Tabel 2.2 is een overzicht gegeven van een aantal soorten objecten waarvan de kwetsbaarheid is vastgelegd.

Tabel 2.1: PR-toetsingscriteria voor (beperkt) kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten		
Plaatsgebonden risico (PR)	PR hoger dan 10^{-6} /jaar	PR lager dan 10^{-6} /jaar
Norm	Niet toegestaan	Toegestaan
Beperkt kwetsbare objecten		
PR	PR hoger dan 10^{-6} /jaar	PR lager dan 10^{-6} /jaar
Norm	Toegestaan, mits onderbouwd	Toegestaan

Tabel 2.2: Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten	Beperkt kwetsbare objecten
Woningen	Verspreid liggende woningen (< 2/ha)
Ziekenhuizen, verpleeghuizen	Dienst-/bedrijfswoningen
Bejaardenhuizen	Objecten met infrastructurele waarde
Scholen	Sporthal/zwembad
Kantoren/hotels met bvo > 1.500 m ²	Kantoren/hotels bvo < 1.500 m ²
Winkelcomplexen, winkels > 2.000 m ²	Overige winkels
Kampeer/recreatie > 50 personen	Sportterreinen

De Bevi-benadering met betrekking tot het groepsrisico heeft de status van een motiveringsverplichting, waarbij het bevoegd gezag de plicht heeft om het berekende groepsrisico te verantwoorden (verantwoordingsplicht).

2.7 Berekeningswijze

De QRA is uitgevoerd op basis van de RIVM Handleiding Risicoberekeningen Bevi versie 4.3 van 1 januari 2021. In deze handleiding zijn specifieke scenario's opgenomen die betrekking hebben op mijnbouwactiviteiten. Echter, omdat de activiteit (proef)boren niet in deze Handleiding is opgenomen, is gebruik gemaakt van de in 2010 uitgegeven Interim Handleiding Risicoberekeningen Externe Veiligheid, Tijdelijke richtlijnen voor QRA-berekeningen voor mijnbouwlocaties, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), versie 1.0 van 24 juni 2010². De effectmodellering en risicoberekeningen zijn uitgevoerd met het programma SAFETI-NL 8.3.

² De interim handleiding uit 2010 geeft aan welke scenario's beschouwd moeten worden met welke frequentie. De overige uitgangspunten van de QRA zijn afkomstig uit de handleiding Risicoberekeningen versie 4.3 van 1 januari 2021.

3 Boringen GeoThermie Delft

3.1 Omgeving

De boorlocatie is gelegen op het terrein van de TU Delft: het terrein kan worden omschreven als een universiteitscomplex. In de omgeving van de boorlocatie zijn 2 bestemmingsplannen van toepassing:

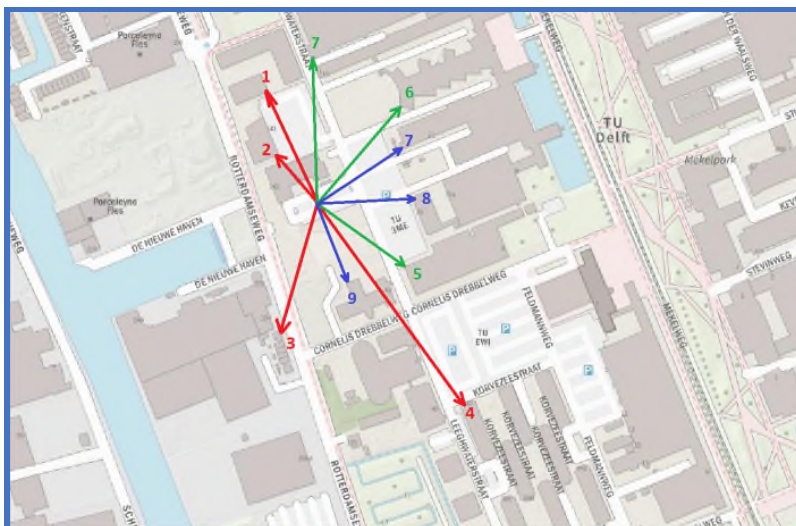
- TU-Midden en Noord (vastgesteld 25-04-2013);
- Schieovers (vastgesteld 28-03-2013).

Kwetsbare objecten

Deze bestemmingsplannen maken de volgende kwetsbare objecten mogelijk in de omgeving van de boorlocatie (zie ook figuur 3.1):

1. Studentenhuisvesting: aan de Rotterdamseweg: kwetsbaar object (bestemming Wonen): gelegen op circa 129 m van de boorputten (nr. 1);
2. inHolland: Hogeschool: kwetsbaar object (bestemming Maatschappelijk): gelegen op circa 71 m van de boorputten (nr. 2);
3. Een aantal woningen: kwetsbaar object (bestemming Wonen): gelegen op circa 115 m ten zuiden van de boorputten: aan de Rotterdamseweg 256 t/m 266 (nr. 3);
4. Studentenhuisvesting gelegen aan de Leeghwaterstraat (bestemming Wonen): gelegen op circa 235 m ten zuidoosten van de boorputten (nr. 4).
5. Diverse Collegezalen van de TU Delft (aangeduid in groen) gelegen op circa 106 m (nr. 5), 125 m (nr. 6) en 145 m (nr. 7).
6. Diverse andere gebouwen van de TU Delft die mogelijk de qualificatie kwetsbaar kunnen hebben (aangeduid in blauw), afhankelijk van de specifieke gebruiksfunctie op 94 m (nr. 7), 93 m (nr. 8) en 70 m (nr. 9).

In de onderstaande Figuur 3.1 is de omgeving van de voorgenomen boorlocatie (start pijlen) weergegeven.

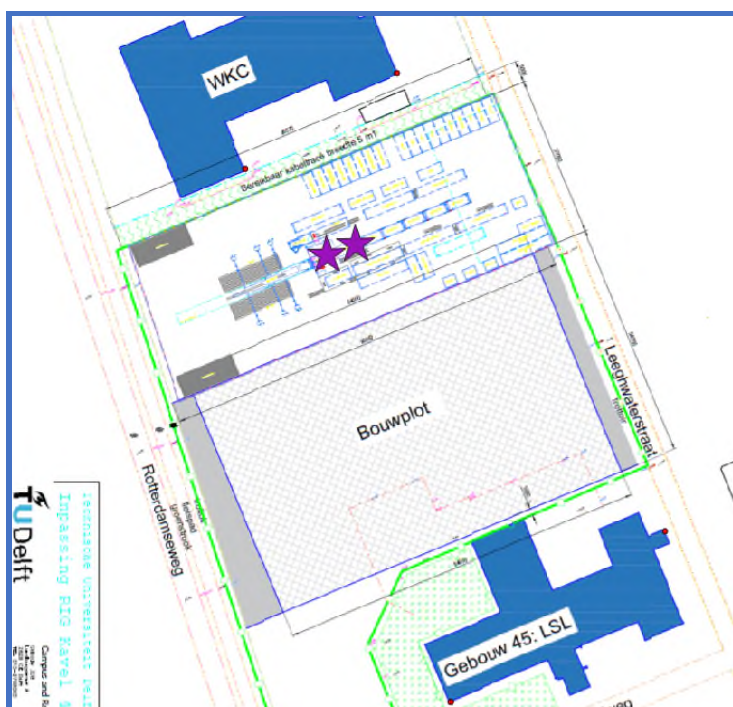


Figuur 3.1: Omgeving van de boorlocatie (bron: Globespotter, centrum pijlen: boorlocatie).

3.2 Procesbeschrijving

Ter plaatse van de boorkelder wordt een boortoren geplaatst waar vervolgens twee putten worden geboord: één voor de productie van warm water en één voor herinjectie van afgekoeld water terug in de formatie. In de putkelder zijn twee lange stalen buizen (conductors) aanwezig die zijn geheel of geboord voorafgaand aan (of eventueel na) de plaatsing van de boorkelder. Deze conductors dienen ter bescherming van onder meer het ondiepe grondwater en voor de stabiliteit van het te maken boorgat. De feitelijke boring vindt binnen deze conductor plaats. Op het boorgat worden afsluiters geplaatst, die kunnen worden gesloten in geval van een ongewenste uitstroming (blow-out preventer).

De boringen zullen naar verwachting circa 5 maanden in beslag nemen. In figuur 3.2 is de voorlopige inrichting van de boorlocatie weergegeven.



Figuur 3.2: Voorlopige inrichting boorlocatie (paarse sterren: locatie boringen)

3.3 Voorkomende gevaarlijke stoffen

Het aantal voorkomende gevaarlijke stoffen is gelimiteerd. Het betreft mogelijk aardgas (methaan) en hulpstoffen ten behoeve van de boring, waaronder diesel, smeerolie en boorvloeistof. De hulpstoffen hebben een vlampunt dat hoger is dan 60 graden Celsius en zijn niet toxisch. Daarmee zijn deze stoffen (behalve methaan) niet relevant voor de QRA. Er wordt voorzien dat er niet door H₂S rijke lagen wordt geboord.

4 Kwantitatieve risicoanalyse

4.1 Scenario's

Het belangrijkste beschouwde scenario (blow out) betreft een worst-case situatie waarbij tijdens het boren onverhoopt aardgas onder hoge druk wordt aangetroffen en de installatie en gebruikte materialen door niet nader gespecificeerde oorzaak, niet in staat zijn deze druk te weerstaan.

In geval van een blow-out stroomt aardgas uit het boorgat met een debiet dat door een aantal parameters wordt bepaald:

- De druk en temperatuur in het aangeboorde reservoir;
- De permeabiliteit van het gashoudende reservoir;
- De waterverzadiging van het gashoudende reservoir;
- De lengte van het boorgat in het gashoudende reservoir;
- De diameter van het boorgat in het gashoudende reservoir;
- De totale lengte van het boorgat;
- De diameter van het boorgat over de gehele lengte.

In feite spelen hier twee mechanismen waarbij de (in eerste instantie statische) reservoirdruk wordt verdeeld:

- Het gas ondervindt een weerstand tijdens het stromen in het reservoir. Het grootste deel van de (statische) druk wordt gebruikt om een gasstroom op gang te brengen en te houden in het reservoir. Dit leidt uiteindelijk tot een toestroming van aardgas uit het reservoir naar de boorschacht die in het reservoir steekt, en
- Het gas ondervindt een weerstand tijdens het stromen in de boorschacht naar boven. Een relatief klein deel van de (statische) druk wordt benut voor het voortstuwende van het gas in de boorschacht.

Het resultaat van beide processen is dat aan de putmond een hoeveelheid gas beschikbaar komt die met hoge snelheid verticaal gericht vrijkomt in de atmosfeer.

Bij ontsteking van deze hoeveelheid aardgas ontstaat een fakkel die de directe omgeving blootstelt aan een hoge warmtestralingsintensiteit. Het is deze warmtestraling die de letale effecten veroorzaakt.

De kans is aanwezig dat de vrijkomende hoeveelheid aardgas niet ontsteekt: er ontstaat dan een drijvende gaswolk op aanzienlijke hoogte, die of op een later tijdstip ontsteekt (wolkbrand) of in het geheel niet ontsteekt wanneer door dispersie (verdunding) de concentratie gas uiteindelijk onder de grens komt waarbij een gas/luchtmengsel brandbaar is.

De grootte van de wolk alsmede de daaruit volgende risico's voor de omgeving (onder andere fakkel) worden door de rekenprogrammatuur bepaald.

De Interim Handleiding Risicoberekeningen Externe Veiligheid, Tijdelijke richtlijnen voor QRA berekeningen voor mijnbouwlocaties geeft aan, dat voor de risicoanalyse als scenario's moeten worden beschouwd:

1. Een blow-out met een verticale uitstroming,
2. Een horizontaal gerichte lekkage en
3. Een verticaal gerichte lekkage.

Tabel 3 van de genoemde handleiding geeft hiervoor de bijbehorende frequenties per boring, die in tabel 4.1 zijn opgenomen.

Tabel 4.1: Ongevalscenario's tijdens boorwerkzaamheden gasputten

Scenario	Frequentie (per put)
Blow-out*	$3,91 \cdot 10^{-4}$
Lekkage** (verticaal)	$1,43 \cdot 10^{-4}$
Lekkage** (horizontaal)	$5,93 \cdot 10^{-5}$

* Blow-out: uitstroming uit een gat ter grootte van de diameter van de casing.

** Lekkage: uitstroming uit een gat ter grootte van 0,1*diameter van de casing.

Na afronding van de boorwerkzaamheden wordt de boorinstallatie verwijderd en de put, indien water van voldoende warmte wordt aangetroffen, gereed gemaakt voor winning van dit water.

Scenario modellering van de boring

Voor het blow-out-scenario is het long pipeline model gebruikt in Safeti-NL.

Door Hydreco Geomec zijn op basis van de geologie en het putontwerp de uitgangspunten voor de QRA samengevat in het document 'Geothermie Delft (GTD): uitgangspunten QRA, Hydreco Geomec van 10 april 2019' revisie 01. Dit rapport is aan bijlage 1 toegevoegd.

Op basis hiervan zijn de volgende kenmerken van de leiding gebruikt:

- Stof: methaan;
- Diepte 2.907 m along hole (boorgat lengte);
- Leidingdiameter in onderste sectie: 12,25" (311,15 mm);
- Temperatuur: 77 °C;
- De door de opdrachtgever berekende maximale uitstroom hoeveelheid 25,1 kg/s (Absolute Open Flow: AOF);
- Initiële druk: 242 barg.

Iteratief is bepaald bij welke druk (bij een diameter van 12,25") een uitstroming ontstaat aan de putmond van 25,1 kg/s. Het bleek dat dit bij 14,3985 barg optreedt. Vervolgens is deze druk gebruikt in de berekening voor het blow-out scenario.

Nadere gegevens van het scenario (modelleringsaspecten) zijn:

- Uitstroomrichting: verticaal;
- Hoogte waarop uitstroming plaats vindt: 1 m (standaard uitstroomhoogte bij risicoberekeningen);
- Model: long pipeline, location specific breach: breach na 2.907 m;
- Pumped inflow: deze is gelijkgesteld aan de maximum open flow: 25,1 kg/s.

Zoals in de Interim Handleiding Risicoberekeningen Externe Veiligheid mijnbouwrichtingen aangegeven, is de initiële druk aan de putmond nihil. Verondersteld wordt dat er een geleidelijk aanzwellende gasstroom ontstaat die een evenwichtssituatie bereikt wanneer er een uitstroming van 25,1 kg/s is bereikt. Gedurende langere tijd wordt dit debiet vervolgens gerealiseerd aan de putmond.

De lekscenario's zijn gemodelleerd door gebruik te maken van het scenario 'leak'. De volgende kenmerken van de leak (leiding) zijn gebruikt:

- Stof: methaan;
- Leidingdiameter: 311,15 mm, dus leak diameter is 31,115 mm (10%);
- Temperatuur: 77 °C;
- Druk afgerond: 242 barg;
- Uitstroomrichting: verticaal en horizontaal (betreft 2 scenario's);
- Hoogte waarop uitstroming plaats vindt: 1 m.

Boundary

Er zijn geen richtlijnen voor het bepalen van de inrichtingsgrens bij een tijdelijke activiteit. Gekozen kan worden voor de gehele Inrichting Universiteit Delft of een kleinere inrichtingsgrens, die alleen het gebied omvat waar de boringen worden uitgevoerd. Aangezien een kleinere inrichtingsgrens leidt tot grotere plaatsgebonden risico contouren is in dit geval het verharde oppervlak ten zuiden van de WKC opgevat als oppervlak waar omheen de inrichtingsgrens ligt. Dit is een worst-case benadering van het plaatsgebonden risico.

4.2 Risicoberekeningen

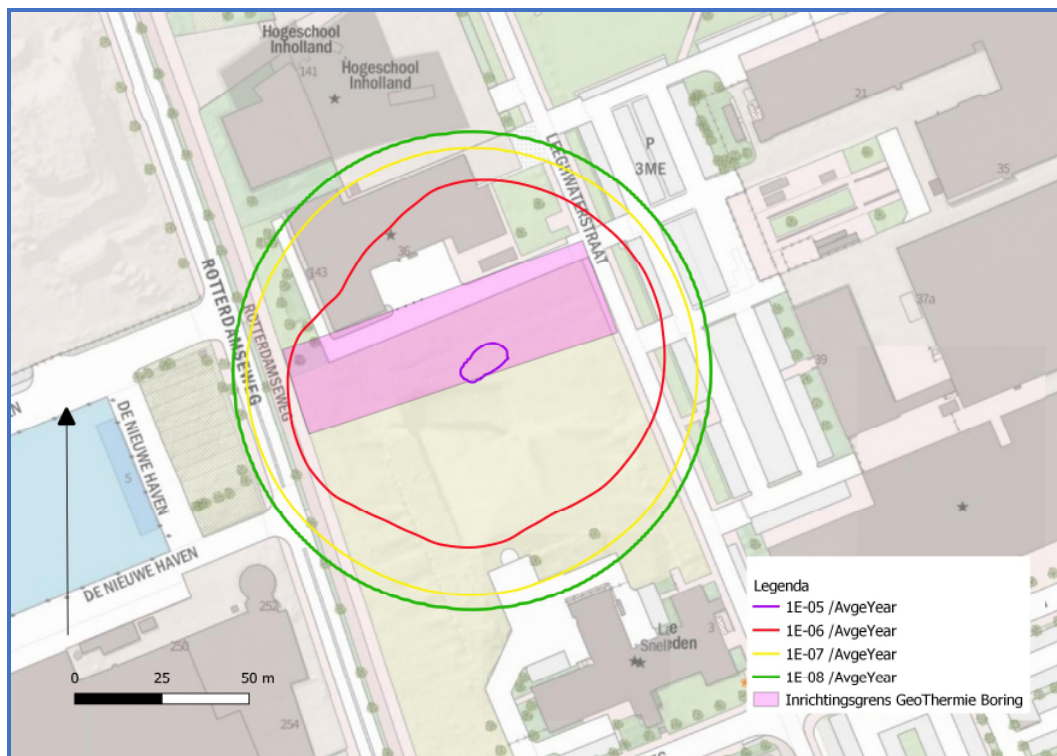
De risicoberekeningen voor de scenario's uit Tabel 4.1 zijn uitgevoerd met SAFETI-NL, versie 8.3. Voor de verdeling van de windsnelheid en weersklasse zijn de gegevens van het meest nabijgelegen weerstation gehanteerd, te weten Rotterdam. Voor het bepalen van de oppervlakteruwheid is de tool gebruikt zoals die door de overheid beschikbaar is gesteld. Van een 6-tal coördinaten in de omgeving van het plangebied is de gerapporteerde oppervlakteruwheid gemiddeld. Dit leidde tot een oppervlakteruwheid te gebruiken in de berekening van 1.118 mm, zie tabel 4.2. Voor het overige zijn de standaardinstellingen van SAFETI-NL ongewijzigd gelaten.

Tabel 4.2: Oppervlakteruwheid op 6 punten in de omgeving van het plangebied.

Nr	X-coördinaat	Y-coördinaat	Oppervlakte ruwheid [mm]
1	84.000	446.000	1.336
2	84.000	447.000	1.397
3	85.000	446.000	1.557
4	85.000	447.000	1.103
5	86.000	446.000	630
6	86.000	447.000	689
		Gemiddelde	1.118

4.2.1 Plaatsgebonden risico

Het berekende plaatsgebonden risico is gegeven in figuur 4.1.



Figuur 4.1: Plaatsgebonden risico voor de boringen GTD.

De plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} /jaar ligt voor een deel buiten het eigen bedrijfsterrein (mijnbouwlocatie).

Toetsing 10^{-6} /jaar contour aan objecten aanwezig binnen deze contour

Buiten de eigen inrichtingsgrenzen maar binnen de 10^{-6} /jaar contour bevindt zich de bestemming:

- Maatschappelijk (WKC-gebouw, braakliggend terrein, parkeerplaatsen).

Beschouwde situatie

Formeel kunnen op basis van een bestemming 'Maatschappelijk' objecten worden gerealiseerd die een kwalificatie kwetsbaar hebben. Denk aan onderwijsgebouwen/college zalen of grote kantoren. Gezien de huidige situatie (WKC-gebouw, braakliggend terrein en parkeerplaatsen) en de in aanbouw zijnde parkeergarage (direct ten zuiden naast de boorlocatie), beschouwen we de ruimtelijke situatie inclusief aanwezigheid van de parkeergarage.

Binnen de 10^{-6} /jaar contour van de boring zijn aanwezig het WKC-gebouw en de toekomstige parkeergarage (ten tijde van onderhavige rapportage in aanbouw). Het WKC-gebouw is een gebouw met een industriële functie waarin een gering aantal mensen aanwezig is (minder dan 50 personen). We beschouwen dit gebouw als beperkt kwetsbaar. Het is tevens nodig om de parkeergarage te waarderen in termen van kwetsbaar of beperkt kwetsbaar. In onderstaande is dit uitgewerkt.

Het Bevi definieert kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten. Richtlijn daarbij is de vraag of er langdurig meer of minder dan 50 personen aanwezig kunnen zijn in het object.

Volgens opgave van de TU Delft zullen er 670 parkeerplaatsen worden gerealiseerd in deze parkeergarage. De vraag is hoeveel mensen op enig moment aanwezig kunnen zijn in deze parkeergarage.

We gebruiken hiervoor de volgende aannames om een gemiddeld aantal mensen aanwezig in de parkeergarage te berekenen:

- Aantal personen in een auto: 1,5 (aanname);
- Tijdsduur aanwezig in de parkeergarage: 2 x 7,5 minuut = 15 minuten per auto (aanname);
- Bezettingsgraad: 90% (aanname);
- Verdeling aanwezigheid: homogeen over de dag (aanname);

Dit leidt tot een gemiddelde aanwezigheid van 9,4 persoon in de parkeergarage.

Op piekmomenten nemen we aan dat dit met een factor 2 tot 4 kan toenemen: maximaal kunnen dat op enig moment worden aangetroffen in de parkeergarage $4 \times 9,4 = 37,7$ personen.

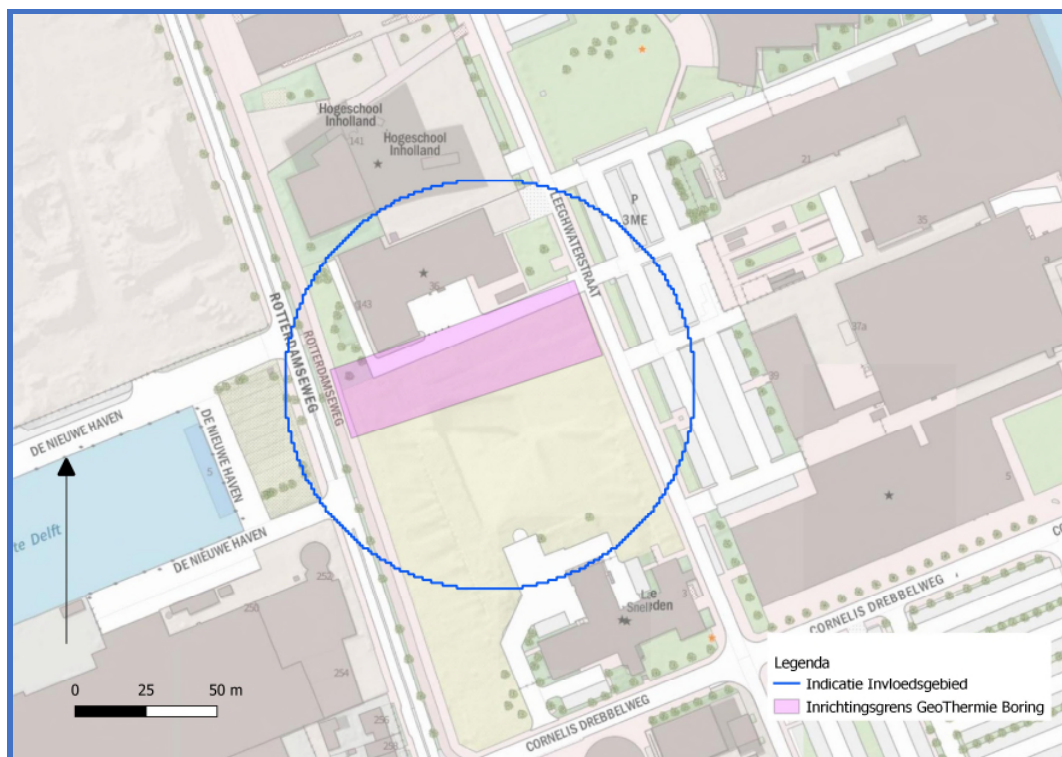
Dit is lager dan 50 personen en bovendien een piekmoment (niet langdurig). We concluderen daarom dat een parkeergarage zoals voorzien is op het terrein van de TU Delft niet als een kwetsbaar object hoeft te worden beschouwd. Wel is deze parkeergarage dan een beperkt kwetsbaar object.

Toetsing

Binnen de 10^{-6} /jaar contour zijn twee beperkt kwetsbare objecten aanwezig. Daarmee is niet voldaan aan de *richtwaarde* van het Bevi: met de juiste onderbouwing kan dit worden vergund; gemotiveerd afwijken van de richtwaarden is toegestaan en is hier ook te rechtvaardigen vanwege de tijdelijkheid van de boringen. We merken op dat de boring door de meest risicovolle gesteente lagen slechts enkele dagen zullen duren en dat de blootstelling aan een extern veiligheidsrisico daarom uiterst beperkt in de tijd zal zijn.

4.2.2 Maximale-effectafstand

De maximale-effectafstand (invloedsgebied) geeft de afstand weer waar de overlijdenskans is gedaald tot 1%. Deze afstand is door SAFETI-NL berekend en bedraagt 71 m bij weerconditie D9 voor het scenario Leak horizontale uitstroming. Deze afstand is gebaseerd op de warmtestraling van een brandende fakkel met een 1%-letaliteitscriterium van 10 kW/m² voor 20 seconden.



Figuur 4.2: Indicatie van het invloedsgebied voor de boringen GTD.

4.2.3 Groepsrisico

Voor de berekening van het groepsrisico moet het aantal aanwezigen in het invloedsgebied worden bepaald. We sluiten daarbij aan bij de eerder gedefinieerde situatie met de aanwezigheid van de parkeergarage die ten tijde van onderhavige rapportage in aanbouw is.

Het invloedsgebied omvat de volgende objecten met de bestemming Maatschappelijk:

- WKC-gebouw: we veronderstellen 5 personen aanwezig, 100% van de tijd zowel dag als nacht.
- De parkeergarage is gemodelleerd als een bevolkingsvlak met 37,7 personen aanwezig in de dag en 9,4 personen in de nacht. Dit leidt tot een worst-case schatting van het groepsrisico.
- Bestaand gebouw ten zuiden van boorlocatie: de contour van het invloedsgebied schampt dit gebouw. Het is niet nodig personen in dit gebouw in de berekening te brengen.
- Een (klein) deel van Hogeschool inHolland bevindt zich binnen het invloedsgebied. Conform PGS1 deel 6 hebben we voor het gehele bevolkingsvlak de volgende getallen gehanteerd: aantal personen 1.000 (opgevat als grote school), aanwezigheid in de dag 79% en in de nacht 15%.

Resultaat groepsrisico berekening:

Er is geen sprake van groepsrisico: er zijn minder dan 10 slachtoffers, waarmee formeel het groepsrisico niet aanwezig is. Op basis van deze berekening kan gesteld worden dat het groepsrisico onder de oriëntatiewaarde blijft.

De oorspronkelijke situatie (zonder booractiviteiten) heeft geen groepsrisico (want er is geen risico). De beschouwde situatie (met booractiviteiten) heeft eveneens geen groepsrisico (want: minder dan 10 slachtoffers). Juridisch gezien is daarmee niet aangetoond dat er een toename van het groepsrisico is als gevolg van de boringen³.

Wanneer voor de realisatie van de boringen een ruimtelijke procedure nodig is, is de Verantwoordingsplicht Groepsrisico van toepassing.

³ Rekentechnisch is er wel een toename: Safeti-NL 8.3 laat de groepsrisico grafiek namelijk beginnen bij 1 slachtoffer. Voor toetsing en beoordeling dient te worden uitgegaan van de juridische werkelijkheid: geen toename.

5 Conclusie

Antea Group heeft in opdracht van Hydreco Geomec een risicoanalyse (QRA) uitgevoerd voor de boring(en) naar aardwarmte op de mijnbouwlocatie GTD op het terrein van de Technische Universiteit Delft.

Aangezien diverse aardlagen aangeboord moeten worden waarvan niet op voorhand met 100% zekerheid uitgesloten is dat er zich aardgas onder hoge druk in bevindt, is een QRA uitgevoerd zoals die ook uitgevoerd wordt voor boringen naar aardgas: er is een niet verwaarloosbare kans dat aardgas onder hoge druk wordt aangetroffen.

De op deze wijze uitgevoerde QRA heeft de volgende resultaten opgeleverd:

Plaatsgebonden risico contour

De risicoanalyse heeft aangetoond dat:

- Zich geen kwetsbare objecten bevinden binnen de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} /jaar;
- Zich ten zuiden en ten noorden van de boorlocatie beperkt kwetsbare objecten bevinden binnen de plaatsgebonden risico contour van 10^{-6} /jaar (namelijk: WKC-gebouw en een ten tijde van onderhavige rapportage in aanbouw zijnde parkeergarage).
Indien voor de realisatie van dit project een ruimtelijke procedure moet worden doorlopen, is de Verantwoordingsplicht Groepsrisico van toepassing.

Groepsrisico

- Het groepsrisico is lager of gelijk aan 10 slachtoffers. Dit betekent dat er geen groepsrisico is. Dit groepsrisico is lager dan de oriëntatiewaarde.

De activiteit kan worden vergund op basis van de navolgende overwegingen:

- Zoals genoemd, is het Bevi formeel niet van toepassing (maar indirect wel via het Barmm). De "Handleiding Risicoberekeningen Bevi" (Versie 3.3 1 juli 2015) zegt over boringen het volgende:

10.2.5 Boringen

De risico's van boringen en van 'completion' van de put worden niet meegenomen. Dit zijn eenmalige activiteiten waarvoor het afwegingskader van Bevi niet geschikt is. Bij de aanvraag voor een boorvergunning wordt afgewogen of de risico's voor de omgeving acceptabel zijn.

- Gemotiveerd afwijken van de richtwaarden is toegestaan en is hier ook te rechtvaardigen vanwege de tijdelijkheid van de boringen die bovendien daarna permanent opwekken van duurzame energie mogelijk maken.
- De situatie voldoet aan de in het Barmm genoemde normen.

Antea Group
September 2021

Bijlage 1: Uitgangspunten QRA

Bijlage 1: Uitgangspunten QRA

Coördinaten boringen

Well head	X	Y
	EPSG:28992 - Amersfoort / RD New	EPSG:28992 - Amersfoort / RD New
1	85103.0	446164.0
2	85109.5	446166.5

Temperatuur in formatie

Berekend door Hydreco Geomec:

Temperatuur in doubletcalc P50 is 77,77 °C bij de producer en 76,8 °C boven bij warmtewisselaar.

GeoThermie Delft (GTD)

Uitgangspunten QRA

HydrecoGeoMec
10 april 2019
Revisie 01
K. Huijsmans

1. Putontwerp

1.1 Productieput

Producer	Casing	Depth	Casing OD	Wellbore diameter
	Conductor	250 mTVD	26"	"waterwell rig"
	Surface	850 mTVD	20 "	24"
	Intermediate	10m above reservoir	13 3/8"	17 1/2"
	Reservoir	20m belowtop Alblasserdam	8 5/8 " + 9 5/8 OD WWS	12 1/4"

Item Description	DAP-GT-01		Depth GL	
	Producer: (Internal) fiber optic installation		m tvd	m ah
26"			100	100
Control line 8.625" tubing ESP (10" OD @ pump) KOP			600	600
			620	620
20"			750	751
			850	854
EOB 45°			1131	1190
Lines to reservoir - gauges - FO				
Tubing Tapered Steel/GRE combi DuoLine 13-3/8" DuoLine 10-3/4" 6.625" 13Cr slotted tubing 3.5" 13Cr tubing				
Feedthrough (Swell)packer 13-3/8" High Collapse			2100	2560
internal FO (DPS/ DTS) over reservoir - outside of tubing 8-5/8" Basepipe w/ WWS			2285	2823

De 30" stovepipe wordt geplaatst(geheid) voor het plaatsen van de boorkelder en maakt geen onderdeel uit van de productieputboring.

1.2 Injectieput

Injector	Casing	Depth	Casing OD	Wellbore diameter
	Conductor	250 mTVD	24"	Water well rig
	Surface	850 mTVD	13 3/8"	17 1/2 "
	Intermediate	10m above reservoir	9 5/8"	12 1/4 "
	Reservoir	20m below top Alblasterdam	9 5/8"	12 1/4 "

Item Description	DAP-GT-02 Injector: (External) fiber optic installation	Depth GL	
		m tvd	m ah
24"		100	100
	KOP	610	610
	EOB	778	780
	KOP	837	840
13-3/8"		850	855
	EOB	959	970
	KOP	1004	1020
	EOB (52.5°)	1265	1360
	GRE Lining		
	Steel/GRE combi DuoLine 9-5/8"		
	External FO (DAS) @ 9.5/8" shoe		
9.5/8" perf - 13Cr CRA low section		2227	2907

De 30" stovepipe wordt geplaatst(geheid) voor het plaatsen van de boorkelder en maakt geen onderdeel uit van de injectieputboring.

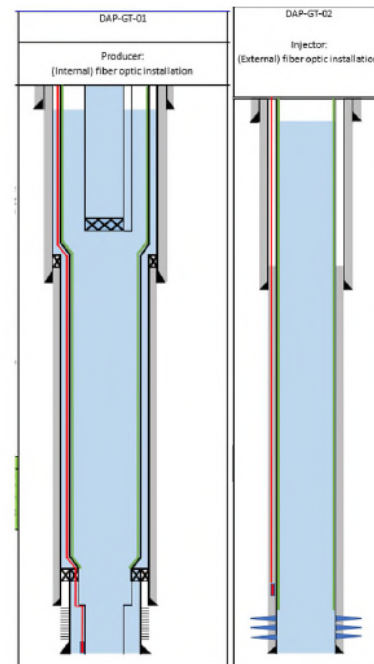
1.3 Totaal overzicht well design

GTD well design

dd 09-04-2019

Producer	Casing	Depth	Casing OD	Wellbore diameter
	Conductor	250 mTVD	26"	Water well rig
	Surface	850 mTVD	20"	24"
	Intermediate	10m above reservoir	13 3/8"	17 1/2 "
	Reservoir	20m below top Alblasserdam	8 5/8 + 9 5/8 OD WWS	12 1/4 "

Injector	Casing	Depth	Casing OD	Wellbore diameter
	Conductor	250 mTVD	24"	Water well rig
	Surface	850 mTVD	13 3/8"	17 1/2 "
	Intermediate	10m above reservoir	9 5/8"	12 1/4 "
	Reservoir	20m below top Alblasserdam	9 5/8"	12 1/4 "



2. Risico

2.1 Risico Blow Out

Aangenomen wordt dat de geologische lagen boven het reservoir geen blow-out potentie hebben.

Aangenomen wordt dat het hele doelreservoir dat een dikte heeft van 150 meter gevuld is met gas; de standaard benadering hierbij is dat het reservoir maar een gas-cap heeft van 20 m. Zoals aangegeven in onderstaande tabel.

Blow-out potentie berekening:

Draw down calculation					
Reservoir parameters					
Depth	D	2109	m(TVD)	2,11E+03	m
Reservoir thickness	h	20	m(TVD)	2,00E+01	m
P reservoir	P	242	bar	2,42E+07	Pa
p well	Pw	1	bar	1,00E+05	Pa
Reservoir permeability	k	600	mD	5,92E-13	m2
Wellbore radius	rw	12,25	inch	3,11E-01	m
Viscosity	mu	1,25E-02	cp	1,25E-05	Pa s
B		0,9028		9,03E-01	
Drainage radius	re	100	m	1,00E+02	m
Gas flow	Qg	3,01E+01	m3/s	2,60E+06	m3/day
		2,51E+01	kg/s		

Blow-out potentie van het GTD project is bij benadering 2,60 MMNm³/dag, dat komt overeen met 25,1 kg/s

2.2 Geologische onderbouwing

Risk of encountering hydrocarbons

The GTD study area is in a basin with a mature oil and gas source, the Posidonia Formation (De Jager et al. 1996) that has generated and still is generating large quantities of oil and gas. Many oil and gas fields are present in proximity to the proposed doublet. Hydrocarbons can be present in two forms: 1) oil and gas accumulations or 2) gas dissolved in formation water and oil dispersed in formation water.

Traps with accumulations of free oil and/or gas

The Rijswijk Member is an oil productive reservoir in the Rijswijk and Pijnacker Fields near the town of Delft. The Berkel Member is productive in the Berkel field. In Oude Leede gas is present in the argillaceous sandstones of the De Lier Member. The De Lier Member has produced some oil and gas in the former Delft field. DEL-07 drilled in 1955 and abandoned probably in 1968 is located close to the project. It was perforated and tested in the De Lier Member. DEL-08 drilled in 1994 has oil shows in the De Lier Member and minor shows in the Rijswijk Member. *Table 1* and *Figure 1* show the fields and the producing reservoirs. Near the doublet there is no apparent significant trap for hydrocarbons.

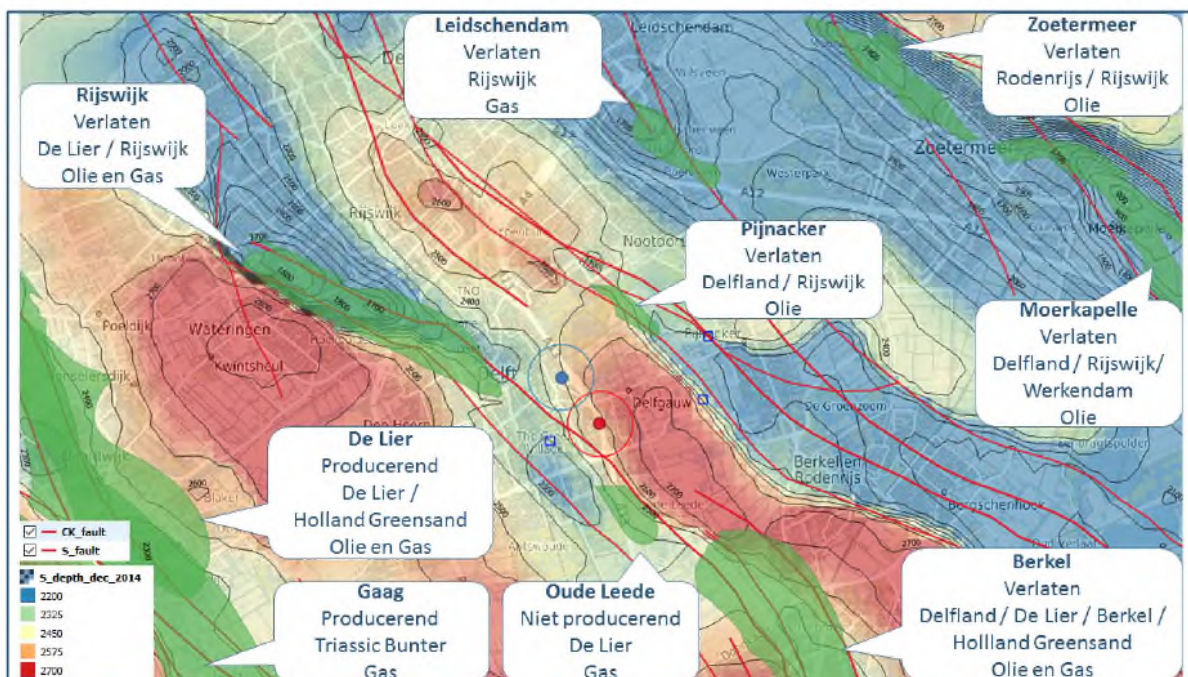


Figure 1: Location of planned doublet (blue&red dots) with respect to oil and gas fields.

Table 1: Oil and gas fields near the GTD geothermal project

Field	Content	Status	Reservoir
Oude Leede	Gas	Not producing	De Lier mbr
De Lier	Oil & Gas	Producing	Holland Greensand
Pijnacker	Oil & Gas	Not producing	Rijswijk sst
Berkel	Oil & Gas	Not producing	Delfland grp & De Lier mbr & Berkel sst & Holland Greensand
Rijswijk	Oil & Gas	Not producing	Rijswijk sst & Delfland grp
Gaag	Gas	Producing	Triassic Bunter sst
Moerkapelle	Oil	Not producing	Rijswijk sst & Delfland grp
Zoetermeer	Oil & Gas	Not producing	Rijswijk sst & Delfland grp
Leidschendam	Gas	Not producing	Rijswijk sst

Hydrocarbons dissolved dispersed in formation water

In most surrounding geothermal wells, oil and/or gas is present in the produced formation water from both the Rijswijk and the Delft Sandstone reservoirs. Apparently the sandstones of the Delft and Rijswijk Members can be carrier beds for migrating hydrocarbons. Four out of the six doublets (listed in *Table 2*) coproduce gas in quantities between 1 and 1.5 Nm³ for each produced m³ of formation water. One of the six had oil. After the completion of PNA-GT-01/02, production was halted temporarily in 2011 because of the presence of small amounts of oil in the production fluids (~7m³ in three weeks). In agreement with SodM, the well heads and production facilities were adapted and geothermal production could resume. Although the GTD doublet is planned away from the abandoned Pijnacker oil field there is still a risk of producing oil, but the volumes are expected to be very minor.

Table 2: Hydrocarbon observations in nearby geothermal doublets. Data from Bakker (2011)

Geothermal Doublet	Normalized volume of gas per volume of produced water (Nm ³ /m ³)
HAL-GT-01/02	1.5
PNA-GT-01/02	0.5 + small amount of oil
PNA-GT-03/04	1.0

VDB-GT-01/02/03/04	Traces
HON-GT-01/02	1 – 1.5

Shallow Gas

Four overburden sequences have been identified as potentially containing hydrocarbon-bearing reservoirs and thus posing a potential risk in (the drilling of) the GTD geothermal wells (Figure 2, Figure 3):

1. The Breda Formation in the lower parts of the Tertiary;
2. The Chalk Group of Upper Cretaceous age;
3. The Holland Formation of Lower Cretaceous age (Holland Greensand);
4. The Vlieland Formation of Lower Cretaceous age (De Lier member, Berkel sandstone, Rijswijk member)

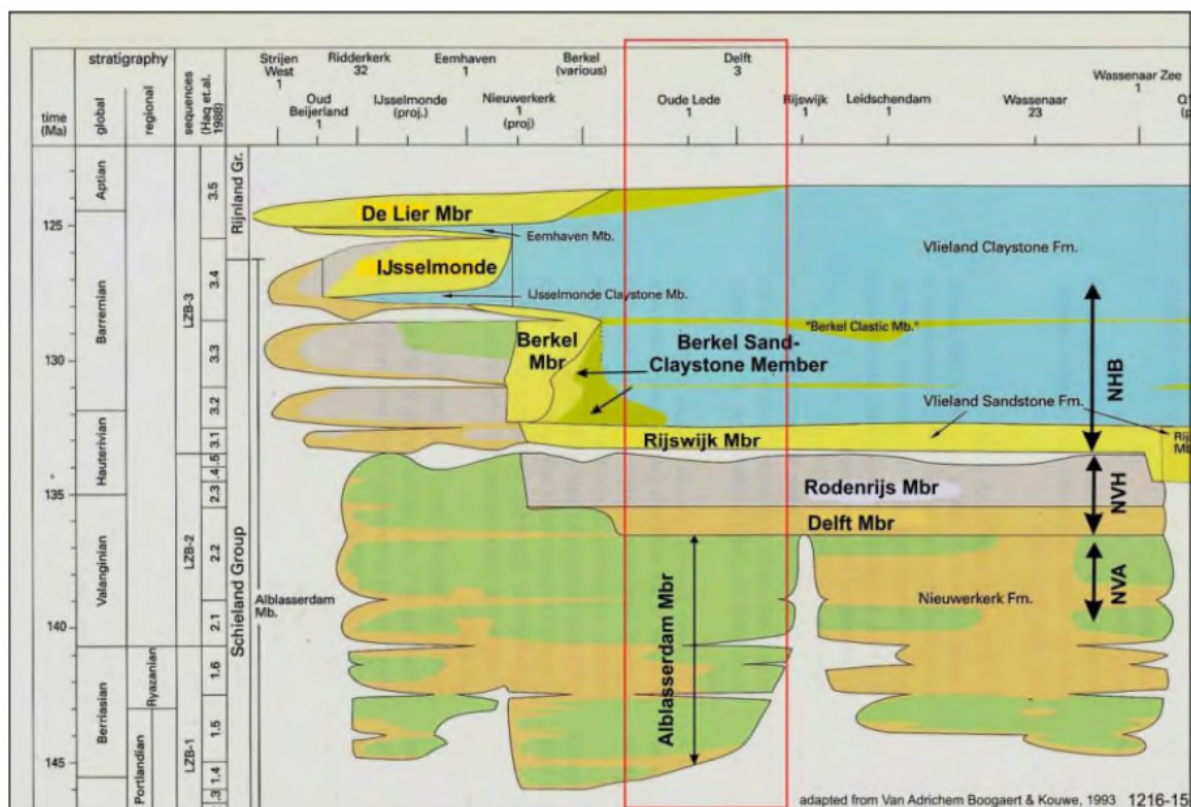


Figure 2: Stratigraphic scheme through the West Netherlands basin showing the members important for the area under discussion. The wells on which this scheme has been based are in the previous figure, exceptions are the IJsselmonde and Nieuwerkerk boreholes which are projected on the line of section of this scheme. The Delft area is indicated with a red box. Marine claystones are blue, marine sandstones are bright yellow, non-marine claystones are in green, non-marine sandstones are ochre. (Adapted from Adrichem Boogaert & Kouwe, 1993)

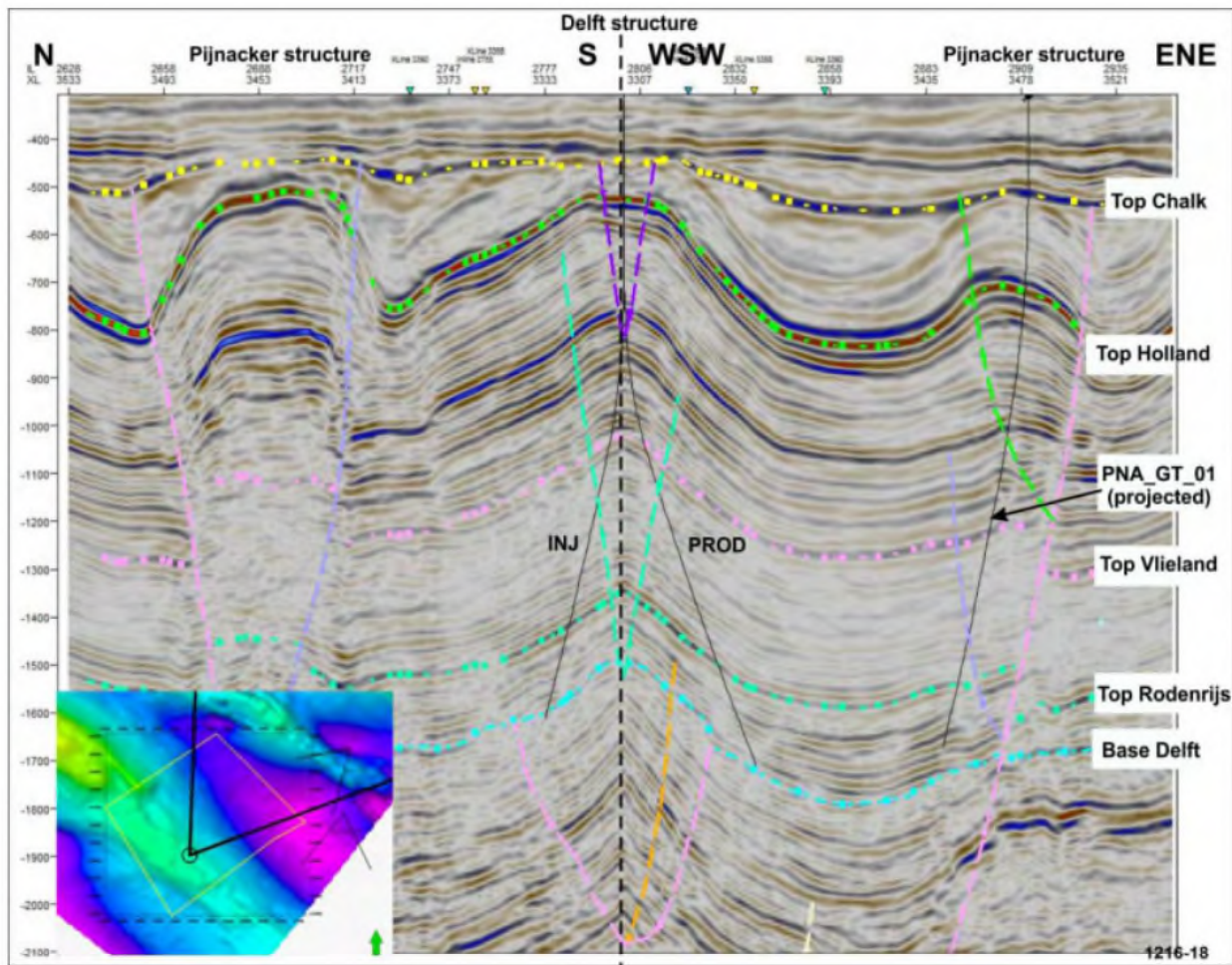


Figure 3: Screenshot of composite seismic line in the planes of the planned producer and injector.

Breda Formation

- Risk of drilling in a structurally closed, undrilled position: nil
- Risk of encountering a stratigraphic trap: small
- Risk of encountering hydrocarbons: cannot be excluded

The conductor of the GTD geothermal wells is located close to NAM well DEL-08, 500 m away, which did not encounter hydrocarbon shows in this formation. Thin sands are known to exist at Base Tertiary levels. Tertiary reflections are visibly onlapping onto Base Tertiary Unconformity at location of the conductor of the GTD geothermal wells – however such geometries are no direct indication of the presence of sands. Gas accumulations are known to occur in the West Netherlands Basin, caused by both natural gas migration or leakage along wells from deeper reservoirs. None of the wells in the vicinity reported shallow gas in this formation. **Seismic data do not exhibit amplitude anomalies, thereby excluding the possibility of an appreciable gas-filled reservoir.**

Chalk Group

- Risk of drilling in a structurally closed undrilled position: nil.
- Risk of encountering a stratigraphic trap: small.
- Risk of encountering live hydrocarbons: cannot be excluded but very small.

NAM well DEL-08 did not report any reservoirs in the thin Chalk Group sequence it penetrated. The GTD geothermal wells will penetrate an even thinner section of the Chalk Group compared with the DEL-08 well. The Chalk group can exhibit irregular porosity distribution, hence the fact that no reservoirs were encountered in the partial penetration of DEL-08, does not mean that reservoirs are absent. Porous beds have been encountered in the deeper parts of the Chalk Group. Hydrocarbon, i.e. oil shows have been recorded in some West Netherlands wells in this group, accumulations have both been found of live oil and/or gas. **It is also noted that presence of a leaking formation above the unconformity, severely downgrades the possibility of live hydrocarbons.**

Holland Formation

- Risk of drilling in a structurally closed position: nil.
- Risk of encountering a stratigraphic trap: small, but present.
- Risk of encountering live hydrocarbons: present.

The GTD wells will penetrate the Holland Formation substantially down-dip from well DEL-08, which did not encounter any hydrocarbons in this formation. Lower Cretaceous deposits have a general sedimentary strike conformable to the present-day structures. In view of their environment of deposition, lower coastal plain, it is therefore probable that the up-dip formation differs from its down-dip equivalent. The viability of a stratigraphic trap does however also depend on boundaries in the form of closure and/or lithology changes in the strike direction. The Holland Formation reservoirs have been charged with hydrocarbons –gas and light oil– mostly in southern parts of the West Netherlands Basin. Various wells in the vicinity of Delft have observed hydrocarbon shows, apparently proof of an active kitchen and an efficient migration path. **However, all recorded shows concerned residual oil, rather than gas, hence the probability of encountering a gas accumulation must be regarded small.**

Vlieland Formation

- Risk of drilling in a structurally closed position: nil.
- Risk of encountering a stratigraphic trap: present
- Risk of encountering live hydrocarbons: present

The GTD geothermal wells will penetrate the Vlieland Formation. The GTD wells will do this substantially down-dip from well DEL-08. Hydrocarbon shows in this formation have been reported in well DEL-08. All recorded shows concerned residual oil rather than gas, hence **the probability of encountering a gas accumulation must be regarded small. Furthermore is the reservoir quality of the layers in this formation is very poor.**

Maximum reservoir pressure analysis

For a geothermal project it is important to have the best available information on reservoir pressures. This is essential information for pump designs, limitations of the doublet configuration and the basis for risk management calculations like the Quantitative Risk Analysis (QRA). *Table 3* uses three sources of information to determine the maximum and expected pressures. A database of relevant offshore data was used (*Table 4*) and a combination of maximum overpressure of 2.5MPa (*Figure 4*) in relation with the expected hydrostatic pressure (*Figure 5*). The depths for DEL-GT-01 and DEL-GT-02 are the top reservoir depths as provided in the latest revision of the conceptual well design.

Table 3: Analysis of expected pressure Nieuwerkerk reservoir

Cases	Gradient (bar/10m)	Well	TVD (m)	Max. reservoir pressure (bar)
WNB Hydrostatic pressure	1,03	DEL-GT-01	2108	242
add the max 2.5MPa	1,03	DEL-GT-02	2076	239
Average gradient	1,036	DEL-GT-01	2108	218
	1,036	DEL-GT-02	2076	215
Maximum gradient	1,078	DEL-GT-01	2108	227
	1,078	DEL-GT-02	2076	224

Table 4: Fluid pressures offshore database with Calculation of gradients (data from NLOG, calculations by Hydreco GM)

UWI	Well_name	X	Y	Z (TVDSS)	Pressure (MPa)	Strat_Ui	Fluid typ	Data_tyr	Reliabilit	Remarks	Gradient (bar/10m)
7452	P15-RJUN-A-02	555766	5793848	2025,50	21,00	SLDN	O	DST	most reliable	assumed 0.008 Mpa/m oil grad = 1.160 psi/m	1,037
7522	Q14-01	591406	5791989	1439,71	14,54	SLDN	W	WLT	reliable		1,010
7702	Q13-05	573585	5789881	2119,96	22,81	SLDN	O	WLT	low reliable	single point; assuming oil	1,076
7768	P15-09-E-01	559439	5780711	2406,87	24,54	SLDN	W	WLT	reliable		1,019
7963	Q13-07	576043	5784429	3137,22	33,16	SLDN	G	WLT	moderate reliable	single point based on reported gas	1,057
7650	Q13-04	583704	5781007	1489,96	14,94	SLDNA	W	WLT	reliable		1,003
7650	Q13-04	583704	5781007	1972,23	20,67	SLDNA	W	WLT	reliable	? overpressure related to reverse fault ?	1,048
8176	Q13-09	578562	5781295	1873,39	18,98	SLDND	W	WLT	most reliable	water from gradient	1,013
7505	Q13-01	577752	5783619	1832,75	19,75	SLDNR	W	WLT	reliable	single point; assumed w water	1,078
8176	Q13-09	578562	5781295	1797,12	18,38	SLDNR	O	WLT	most reliable	oil from gradient	1,022
										Maximum gradient	1,078
										Average gradient	1,036

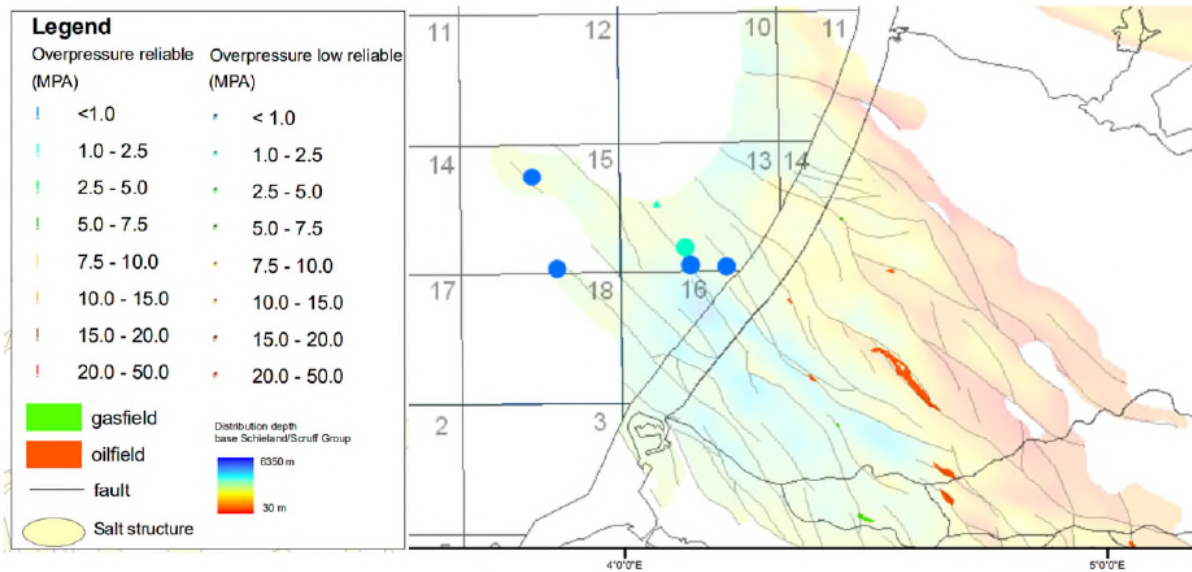


Figure 4: All fluid overpressures Schieland group (source nlog.nl). The light blue and blue rounds indicate a maximum overpressure of 2.5MPa or 25 bars.

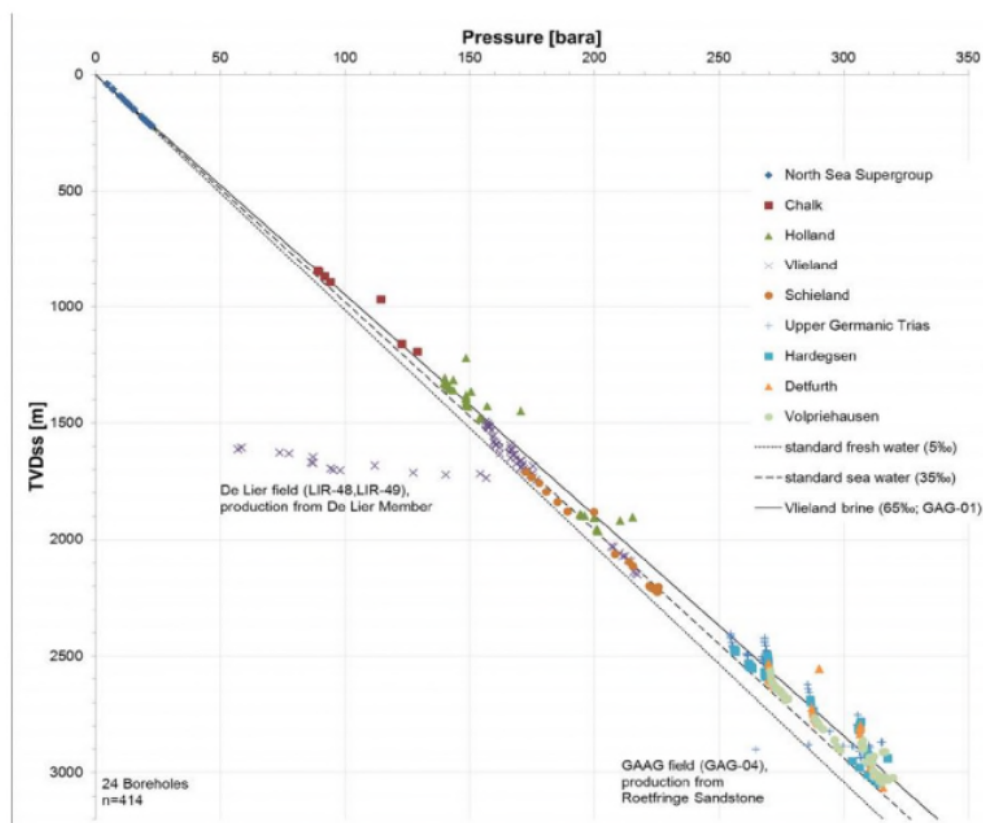


Figure 5: Hydrostatic pressures West Netherlands Basin (source: Panterra – Aardwarmte Vierpolders geothermal report). Hydrostatic gradient of 1.03 bar/10m gives the best fit for the virgin reservoir data.

Blow-out potential calculation and geotechnical information

Draw down calculation					
Reservoir parameters					
Depth	D	2109	m(TVD)	2,11E+03	m
Reservoir thickness	h	20	m(TVD)	2,00E+01	m
P reservoir	P	242	bar	2,42E+07	Pa
p well	Pw	1	bar	1,00E+05	Pa
Reservoir permeability	k	600	mD	5,92E-13	m ²
Wellbore radius	rw	12,25	inch	3,11E-01	m
Viscosity	mu	1,25E-02	cp	1,25E-05	Pa s
B		0,9028		9,03E-01	
Drainage radius	re	100	m	1,00E+02	m
Gas flow	Qg	3,01E+01	m ³ /s	2,60E+06	m ³ /day
		2,51E+01	kg/s		

Table 5: Drawdown

calculation

The blow out potential of the GTD project is approximately 2.60 MMNm³/d, which is about 25,1kg/s

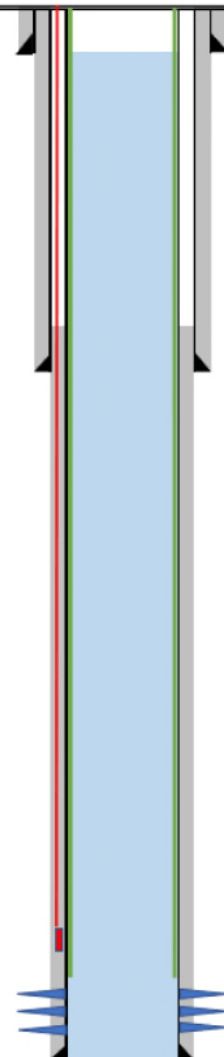
References

Bakker, T, 2011, Onvermijdelijk meegekomen gas en olie bij geothermal projecten. Unpublished presentation for Platform Geothermie

De Jager, M.A., M.A. Doyle, P.J. Graham & J.E. Mabillard, 1996, Hydrocarbon habitat of the West Netherlands basin. In: Rondeel, H.E., Batjes, D.A.J. & Nieuwenhuijs, W.H. (eds): Geology of gas and oil under the Netherlands. Kluwer Academic Publishers (Dordrecht): 191-210.

Van Adrichem Boogaert, H.A. & W.F.P. Kouwe, 1993, Stratigraphic Nomenclature of the Netherlands, Meded.

Einde Update Blow Out Potential berekeningen en geologische onderbouwing.

Item Description	DAP-GT-02 Injector: (External) fiber optic installation	Depth GL		Hole ID	Pipe OD	Collar OD	Pipe ID	Pipe ID	Lithology top (mTVD)	
		m tvd	m ah	in	in	in (nom)	in	in (drift)		
24"		100	100		24 welded		22	22	Quaternary	
									Oosterhout 300	
									Rupel 400	
									Chalk 420	
									J. Holland Marl 524	
13-3/8"		KOP EOB KOP	610 778 837 850	610 780 840 855						M. Holland Claystone
		EOB KOP	959 1004	970 1020	17.5	13.375	14.236	12.347	12.25	Holland Greensand L. Holland Marl
		EOB (52.3°)	1265	1360						De Lier Sandstone 1172
GRE Lining										Vlieland Claystone
Steel/GRE combi DuoLine 9-5/8"						9.625	10.4	8.26	8.078	
					*Dimensions based on DuoLine specifications.				Berkel Sandstone	
									Berkel Sand/claystone	
									Rijswijk Sandstone	
									Rodenrijs claystone 1747	
External FO (DAS) @ 9.5/8" shoe									Delft Sandstone 2076	
9.5/8" perf - 13Cr CRA lower section		2227	2907	12.25	9.625	10.4	8.681	8.306	Alblasserdam 2208	
				TD						

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al bijna 70 jaar.

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV HEERENVEEN
Postbus 24
8440 AA HEERENVEEN
T. 0513-63 45 67
E. info@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2021

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.