QRA Geothermische boring HLH-GT-03

Aardwarmte project Ganzeweide Heerlen

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0480212.100
definitief revisie 00
27 oktober 2022

www.anteagroup.nl

QRA Geothermische boring HLH-GT-03

Aardwarmte project Heerlen

projectnummer 0480212.100
definitief revisie 00
27 oktober 2022

Auteurs

Jelte Janzen
Gré van der Veen
Jogchum Otten

Opdrachtgever

Mijnwater Energy B.V.
Spoorplein 45
6411 NZ HEERLEN

datum	beschrijving	vrijgave
27 oktober 2022	definitief	A. Kant

Inhoudsopgave

1. Inleiding 4

2. Externe Veiligheid 5
2.1 Inleiding 5
2.2 Plaatsgebonden risico 5
2.3 Groepsrisico 5
2.4 Invloedsgebied 5
2.5 Juridisch kader van Geothermische booractiviteiten 5
2.6 Barmm 7
2.7 Normstelling 7
2.8 Berekeningswijze 8

3. Boring HLH-GT-03 9
3.1 Omgeving 9
3.2 Procesbeschrijving 9
3.3 Voorkomende gevaarlijke stoffen 10

4. Kwantitatieve risicoanalyse 11
4.1 Scenario's 11
4.2 Risicoberekeningen 13
4.2.1 Plaatsgebonden risico 13
4.2.2 Invloedsgebied 14
4.2.3 Groepsrisico 15

5. Conclusie 16

Bijlage 1 Hydrocarbon Risk Assessment

Bijlage 2 Onderbouwing Blow-Out Rate

1. Inleiding

Mijnwater Energy B.V. exploiteert een aantal met elkaar verbonden putten waarbij water kan worden opgepompt voor verwarming (eventueel met tussenkomst van warmtepompen) en teruggepompt kan worden voor koeling. Het te benutten water is afkomstig uit oude mijngangen en mijngalerijen gelegen onder Heerlen. Het onderwerp van deze studie is een nieuw te boren put, HLH-GT-03, aan de Ganzeweide 175 te Heerlen die ook een dergelijke mijngang dient aan te boren. Het is de bedoeling dat de capaciteit van het systeem wordt uitgebreid door de nieuw te boren put aan de Ganzeweide.

Er is al veel bekend over de geologie van de ondergrond. Dit als gevolg van de mijnbouwactiviteiten die in het verleden hebben plaatsgevonden. Zo zijn er gedetailleerde kaarten waarop onder andere is ingetekend waar steenkool is gewonnen, waar de schachten lopen en waar de galerijen lopen. Onderzoek naar het gasgehalte van het water afkomstig uit de mijn heeft reeds aangetoond dat er vrijwel geen gas in het water is opgelost. Dit duidt op een situatie waarin het gas dat mogelijk beschikbaar is om uit de gesteenten te treden, in het verleden (toen steenkoolwinning plaatsvond) al vrijwel geheel is weg geventileerd. De kans op aanwezigheid van gas is bepaald door WEP in haar Hydrocarbon Risk Assessment (rapport bijgevoegd in bijlage 1).

Met betrekking tot booractiviteiten verlangt de Mijnbouwwet dat een zogenaamde kwantitatieve risicoanalyse (QRA) wordt uitgevoerd. In deze QRA worden plaatsgebonden risicocontouren en het bijbehorende groepsrisico berekend. Deze grootheden (plaatsgebonden risico en groepsrisico) dienen ter toetsing te worden voorgelegd aan het bevoegd gezag. Het centrale uitgangspunt bij een QRA van een geothermische boring is dat er een onbedoelde gasontsnapping kan plaatsvinden. Deze onbedoelde gasontsnapping leidt bij ontsteking tot een fakkel welke warmtestraling in de omgeving veroorzaakt. Het is deze warmtestraling die mogelijk sterfte in de omgeving kan veroorzaken.

Het is gebruikelijk om bij het opstellen van een QRA voor boringen voor geothermie een benadering te gebruiken overeenkomstig een boring naar aardgas. Dit vanwege het feit dat er geen specifieke rekenmethodiek is voor geothermische boringen. Bij een boring naar aardgas is het de bedoeling dat er aardgas wordt aangetroffen. Faalfrequenties zijn daarop afgestemd. Bij geothermische boringen is het juist de bedoeling geen gas aan te treffen. Het is waarschijnlijk dat de faalfrequenties van een aardgasboring toegepast op een geothermische boring een aanzienlijke overschatting van de risico's te zien zal geven. Door het ontbreken van casuïstiek van geothermische boringen kan daar echter geen harde uitspraak over worden gedaan.

Versie beheer

Versie	Beschrijving	Filenaam
1.0	Concept	20221019-480212-QRA-Spidron Weco- Geothermische boring Ganzeweide Heerlen.docx
00	Definitief	20221027-480212-QRA-Spidron Weco- Geothermische boring Ganzeweide Heerlen.docx

Leeswijzer

Deze rapportage betreft een verslag van de risicoanalyse. Hoofdstuk 2 beschrijft 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 voor een gewijzigde of nieuwe situatie, zoals die hier aan de orde is, 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). Voor het groepsrisico is er geen onderscheid tussen bestaande en nieuwe situaties. De oriëntatiewaarde van het groepsrisico voor bedrijven is $10^{-3}/N^2$ met N het aantal slachtoffers.

2.4 Invloedsgebied

Het invloedsgebied is de 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 op het beleidsterrein externe veiligheid. Het invloedsgebied is 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 begrippen in deze zijn:
- Het Bevi;
- Een mijnbouwinstallatie;
- Een gevaarlijke stof.

Het Bevi (Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen)
Wanneer het Bevi/Revi[1] 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.

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

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

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.

[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) inrichting zoals onderhavige situatie aan de orde is, is het Bevi het aangewezen besluit om aan te toetsen.

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 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 concluderen we dat een geothermische boring geen boring is naar een gevaarlijke stof.

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.

De conclusie is dat het Bevi/Revi niet van toepassing is.

2.6 Barmm

In voorgaande paragrafen is aangetoond dat het Bevi niet rechtstreeks van toepassing is. In het Barmm (Besluit algemene regels milieu mijnbouw) is de grondslag te vinden voor een verplichte toetsing aan de 10^{-6}/jaar contour en een verwijzing naar het Bevi. Artikel 7-1e van het Barmm stelt onder andere dat 4 weken voor aanvang van de boring een veiligheidscontour (10^{-6}/jaar plaatsgebonden risicocontour) 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.
Er vindt via het Barmm een verwijzing plaats naar het Bevi, maar het Bevi is daarmee nog niet in zijn geheel van toepassing.

2.7 Normstelling

De normstelling van een boring is opgenomen in het Barmm (zie paragraaf hiervoor). Zie onderstaande tabel 2.1 voor een overzicht. Deze normstelling betreft het plaatsgebonden risico. Ten aanzien van het groepsrisico is in het Barmm geen toetsgrond aangewezen.

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 als niet kwetsbaar. Deze kwalificatie heeft niet alleen betrekking op de objecten die in werkelijkheid gerealiseerd zijn, maar ook op objecten die volgens het vigerende bestemmingsplan zijn toegestaan.
In Tabel 2.2 is een overzicht gegeven van een aantal soorten objecten waarvan de kwetsbaarheid is vastgelegd.

Tabel 2.1 PR-toetsingscriteria voor kwetsbare objecten volgens Barmm

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

Tabel 2.2 Kwetsbare en niet kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten	**Niet kwetsbare objecten (waaronder 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
	Bedrijfsgebouwen (geen kantoren met > 1.500 m^2

2.8 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 tevens 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 2010.
De effectmodellering en risicoberekeningen zijn uitgevoerd met het programma SAFETI-NL 8.5.

3. Boring HLH-GT-03

3.1 Omgeving

De geplande boorlocatie is gelegen aan de Ganzeweide 175 in Heerlen. In de directe omgeving van deze locatie is van toepassing het bestemmingsplan Heerlerheide West (2009-09-04). De volgende bestemmingen zijn aanwezig op de locatie en in de directe omgeving van de locatie:

- B: Bedrijven
- Ws(b): Waterstaatsvoorziening (bufferbassin)
- Ws(bz): Waterstaatsvoorziening bufferzone
- Ws(w): Waterstaatvoorziening (watergang)
- M: Maatschappelijk
- G: Groen

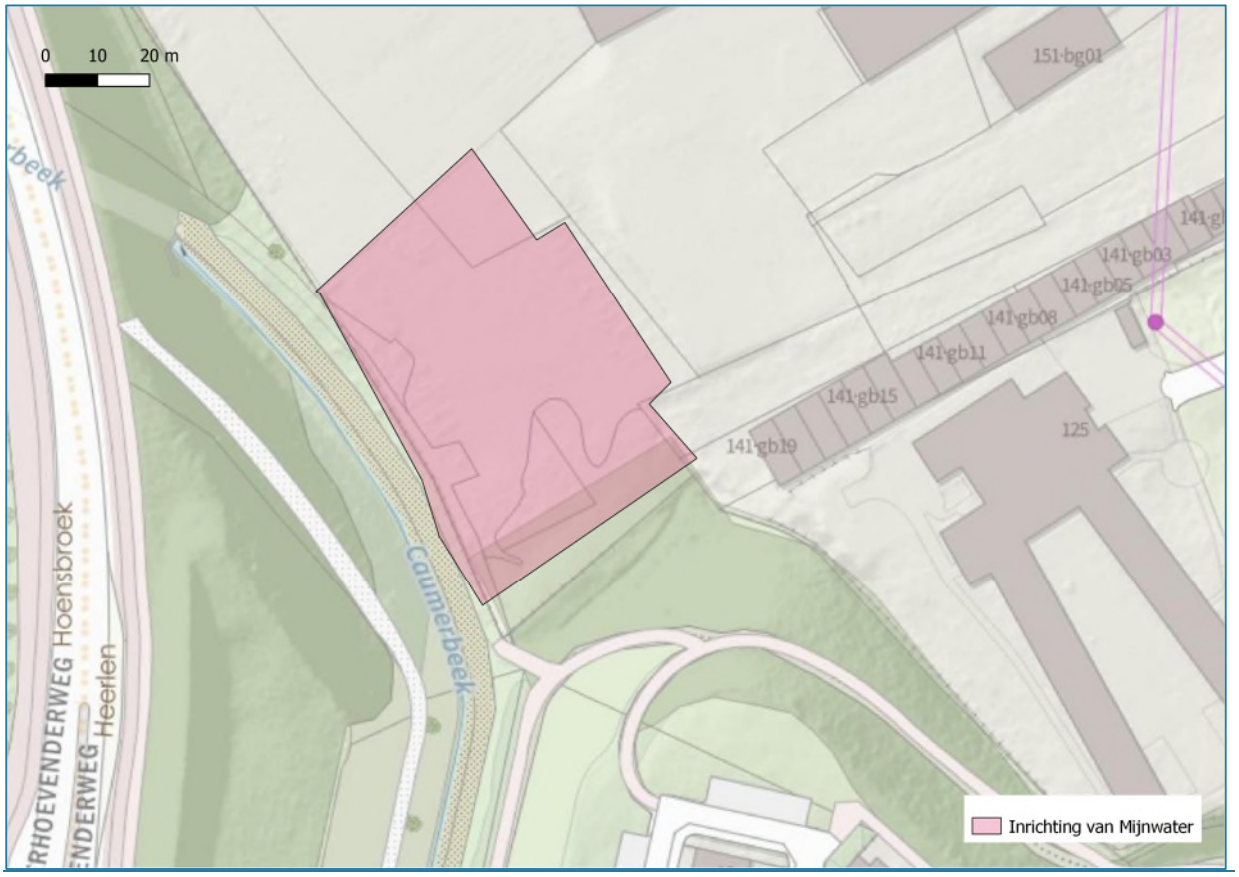
Op grotere afstand is gelegen:

- W: Wonen.

3.2 Procesbeschrijving

Ter plaatse van de boorkelder wordt een boortoren geplaatst. Vanuit deze boortoren wordt een put geboord. In de putkelder wordt een lange stalen buis (conductor) geheid of geboord voorafgaand aan (of eventueel na) de plaatsing van de boorkelder. Deze conductor dient 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.

De boring zal een aantal weken in beslag nemen. In figuur 3.1 is de tijdelijke locatie weergegeven.



Figuur 3.1: Ligging boorlocatie.

Figuur 3.2: Ligging boorlocatie in de omgeving (met boorlocatie: blauwe punt).

3.3 Voorkomende gevaarlijke stoffen

Het aantal in de aardlagen voorkomende gevaarlijke stoffen is gelimiteerd. Het betreft mogelijk aardgas (voornamelijk bestaande uit methaan met mogelijk hogere alkanen zoals ethaan, propaan, butaan, etc. in geringe concentraties en kooldioxide en stikstof). Daarnaast zijn op de boorlocatie hulpstoffen aanwezig ten behoeve van de boring, waaronder diesel, smeerolie en boorvloeistof. De hulpstoffen hebben een vlampunt dat hoger is dan 60°C; ze zijn tevens niet toxisch. Daarmee zijn deze stoffen (behalve aardgas) niet relevant voor de QRA.
Gezien de geologie is het niet waarschijnlijk dat er een hoog gehalte aan waterstofsulfide wordt aangetroffen in één of meer aardlagen. Dientengevolge zijn toxische scenario's als gevolg van waterstofsulfide niet gemodelleerd.
De conclusie is dat er slechts één gevaarlijke stof relevant is: aardgas.

4. Kwantitatieve risicoanalyse

4.1 Scenario's

Het belangrijkste scenario (blow out) betreft een 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 gashoudende reservoir of gashoudende volume;
- 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. Een 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 deel van de (statische) druk wordt benut voor het voortstuwen 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 (verdunning) de concentratie gas uiteindelijk onder de grens komt waarbij een gas-/luchtmengsel nog kan worden ontstoken.

De effecten (warmtestraling, wolkbrand, explosieoverdruk) en de daarmee verbonden risico's voor de omgeving (plaatsgebonden risicocontouren en groepsrisico) als gevolg van het vrijkomen van gas (dat wel of niet ontsteekt), worden door de rekenprogrammatuur bepaald.

De Interim Handleiding Risicoberekeningen Externe Veiligheid, Tijdelijke richtlijnen voor QRA berekeningen voor mijnbouwlocaties geeft aan, dat voor de risicoanalyse de volgende 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: Ongevalsscenario's tijdens boorwerkzaamheden gasputten

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

* 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.

We merken op dat bij deze boring geen blow out preventer zal worden gebruikt.

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

Scenario modellering van de boring
Spidron Weco is gevraagd om de specifieke uitgangspunten voor de QRA aan te leveren, zoals de blow out flow rate. Op basis van wat er bekend is van de geologische opbouw van de ondergrond en meetgegevens van het water uit de mijnschachten kwam Spidron Weco tot de conclusie dat de kans op het voorkomen van gas nihil is.

Spidron Weco heeft de vraag naar een blow out flow rate op de volgende wijze benadert: Als eerste moest het uitgangspunt zijn dat, ondanks alles wat bekend is van dit gebied, er toch een gasbel wordt aangetroffen bij het aanboren van de mijngallerij. Vervolgens heeft Spidron Weco zich de vraag gesteld wat dan een mechanisme zou kunnen zijn dat dit gas heeft geproduceerd. En in welke hoeveelheden zou het dan aangetroffen kunnen worden? Hiervoor heeft Spidron Weco een worst-case scenario gedefinieerd.

Spidron Weco heeft een berekening opgezet om tot een blow out flow rate te komen. De onderbouwing van het voorgaande is in bijlage 2 opgenomen. De resultaten van deze berekening zijn als volgt:
- Blow out rate: 1,28 kg/s;
- Volume: 7,5 m^3 bij een druk van 70 barg en een temperatuur van 27 °C. Dit komt overeen met 518 Nm^3.

Daarnaast zijn de volgende gegevens bekend van de geplande boring:
- Stof: aardgas;
- Diepte (boorgat lengte): 678 m;
- Leidingdiameter in onderste sectie overeenkomstig de diameter van de boor: 8,5” (215,9 mm);
- Temperatuur: 27°C;
- Maximale debiet: 1,28 kg/s (blow out flow rate) (door opdrachtgever berekend);
- Initiële druk: 70 bar.

Rekenmodel
Voor het blow out scenario is het *long pipeline point* model gebruikt in SAFETI-NL. Dit long pipeline model met de toevoeging point geeft de mogelijkheid om een scenario te definiëren waarbij de breuk op een specifiek punt van deze leiding is gepositioneerd.

In het long pipeline model point zijn de volgende waarden gebruikt:
- Als modelstof is gebruikt: 100% methaan; in werkelijkheid zal de concentratie methaan lager zijn dan 100%: 100% methaan als modelstof is dan ook een worst case uitgangspunt;
- Uitstroomrichting: verticaal;
- Hoogte waarop uitstroming plaatsvindt: 1 m (standaard uitstroomhoogte bij risicoberekeningen);
- Time varying release: rate between two times (0 s en 20 s);
- Gehele leidinglengte: 678 m overeenkomend met along hole length (boorgatlengte);
- Leidingdiameter in onderste sectie: 215,9 mm (8,5”);
- Temperatuur: 27 ^{o}C;

- Pumped inflow: 1,28 kg/s (er wordt een evenwichtssituatie beschouwd waarbij de uitstroom aan de putmond gelijk is aan de toestroming uit het reservoir naar de boorschacht. De hier genoemde pumped inflow (1,28 kg/s) is de toestroming uit het reservoir naar de boorschacht. Dit leidt er toe dat er aanzienlijk meer dan 7,5 m^3 bij 70 barg aan aardgas is verondersteld in de berekening.
- Maximale uitstroomhoeveelheid aan de putmond: 1,28 kg/s (blowout flow rate) (door opdrachtgever berekend);
- Druk aan het begin van de leiding: iteratief bepaald: 0,36 bar(g). Bij deze druk aan het begin van de leiding ontstaat er aan het eind van de leiding een uitstroom die gelijk wordt aan de eerder gespecificeerde 1,28 kg/s.

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

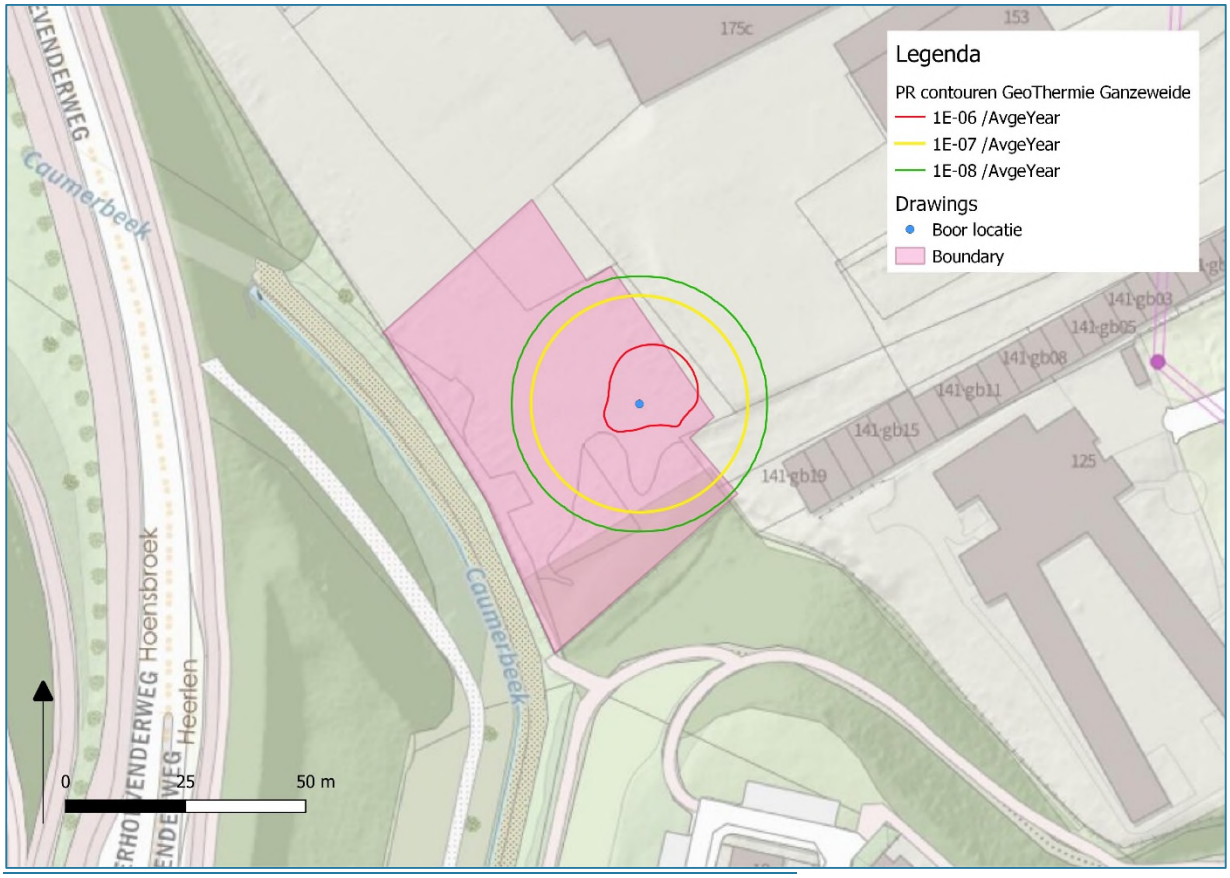
- Modelstof: 100% methaan (zie eerdere opmerking over methaan);
- Leidingdiameter: 215,9 mm, dus leak diameter is 21,59 mm (10%);
- Temperatuur: 27°C;
- Druk afgerond: 70 bar;
- Uitstroomrichting: verticaal en horizontaal (betreft 2 scenario's);
- Hoogte waarop uitstroming plaats vindt: 1 m.

4.2 Risicoberekeningen

De risicoberekeningen voor de scenario's uit tabel 4.1 zijn uitgevoerd met SAFETI-NL, versie 8.5. Voor de verdeling van de windsnelheid en weersklasse zijn de gegevens van het meest nabijgelegen weerstation gehanteerd, te weten Beek. Als ruwheidslengte voor de omgeving is de ruwheidslengte afgelezen uit het document dat de Rijksoverheid hiervoor beschikbaar heeft gesteld: 810 mm. Voor het overige zijn de standaardinstellingen van SAFETI-NL ongewijzigd gelaten.

4.2.1 Plaatsgebonden risico

Het berekende plaatsgebonden risico is gegeven in figuur 4.1.



Figuur 4.1: Plaatsgebonden risicocontouren voor de boring Geothermie in Heerlen

De plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6}/jaar ligt voor het grootste gedeelte binnen de inrichtingsgrens van de mijnbouwlocatie, in figuur 4.1 met roze aangeduid. Een klein deel van de 10^{-6}/jaar contour ligt buiten de inrichtingsgrens.

Toetsing 10^{-6}/jaar contour aan objecten aanwezig binnen deze contour
Het deel van de 10^{-6}/jaar plaatsgebonden risicocontour dat is gelegen binnen de eigen inrichtingsgrenzen is niet relevant voor de toetsing aan de norm. Het deel dat buiten de eigen inrichtingsgrens is gelegen, is wel relevant voor toetsing aan de norm. Binnen dit deel van de contour valt een stukje bedrijventerrein (bestemming B). Op dit moment is er op de locatie waar de 10^{-6}/jaar contour buiten de eigen inrichtingsgrens komt geen object aanwezig. We gaan er vanuit dat tot en met de geplande boring ook geen object gerealiseerd gaat worden binnen deze contour. In dat geval is voldaan aan de normwaarde van het Barmm (namelijk: binnen de 10^{-6}/jaar mag geen kwetsbaar object aanwezig zijn).

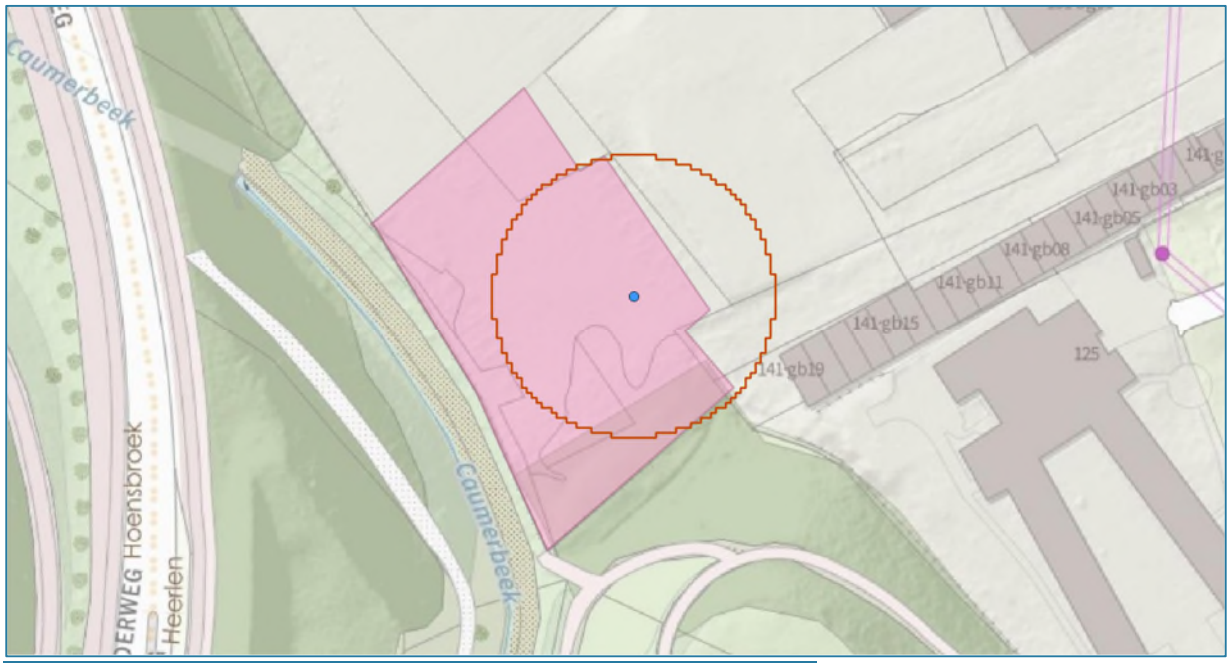
4.2.2 Invloedsgebied

Het invloedsgebied wordt bepaald door de grootste afstand tot de 1% letaliteitsgrens van de weerklassen D5 of F1,5. Voor een worst case inschatting is voor deze situatie gekeken naar de grootste afstand van alle weerklassen. Het blijkt dat het grootste invloedsgebied niet afhankelijk is van de weersklasse (is bij alle weerklassen gelijk): het invloedsgebied bedraagt 28 m.

Het scenario waarbij dit grootste invloedsgebied wordt berekend betreft het horizontal leak scenario. Deze afstand is gebaseerd op de warmtestraling van een horizontaal brandende fakkel met een 1%-letaliteitcriterium van 10 kW/m^2 voor 20 seconden.

Het blow out scenario heeft voor weersgesteldheid D9 een 1% letaliteitsafstand van 18 m. Deze is gebaseerd op een verticaal brandende fakkel met een 1% letaliteitscriterium van 10 kW/m^2 voor 20 s.

In figuur 4.2 is het invloedsgebied op kaart weergegeven.



Figuur 4.2: Indicatie van het invloedsgebied voor de boring Geothermie Ganzeweide

4.2.3 Groepsrisico

Voor de berekening van het groepsrisico moet het aantal aanwezigen in het invloedsgebied worden bepaald. Bevolking die behoort tot de inrichting nemen we niet op in de groepsrisico- berekening.

In dit geval ligt er een gedeelte van het bedrijventerrein in het invloedsgebied. Er zijn geen objecten aanwezig binnen het invloedsgebied.

Bovenstaande leidt tot de conclusie dat de groepsrisicografiek leeg blijft: er zijn geen slachtoffers in de omgeving. Daarnaast merken we op dat het groepsrisico voor het Barmm geen item betreft dat invulling behoeft.

5. Conclusie

Antea Group heeft in opdracht van Mijnwater Energy B.V. een risicoanalyse (QRA) uitgevoerd voor boring HLH-GT-03 naar aardwarmte op de mijnbouwlocatie Ganzeweide in Heerlen in het kader van het Mijnwater project.

Ondanks dat er met grote waarschijnlijkheid kan worden gesteld dat er geen aardgas zal worden aangeboord tijdens de boring, is er voor de volledigheid toch een QRA uitgevoerd zoals die ook uitgevoerd wordt voor boringen naar aardgas.

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

Plaatsgebonden risico contour
De risicoanalyse heeft aangetoond dat:
- De risicocontour (10^{-6}/jaar) geen kwetsbare objecten omvat;

Hiermee wordt voldaan aan de normwaarde uit het Barmm.

Groepsrisico
- Binnen het invloedsgebied bevinden zich geen objecten met mensen.
  Daarom is er geen sprake van een groepsrisico: binnen het invloedsgebied bevinden zich geen mensen: de groepsrisico grafiek blijft leeg. Overigens stelt het Barmm geen eisen aan het groepsrisico.

Invloedsgebied
Het invloedsgebied, gedefinieerd als het gebied waar nog net 1% van de mensen om het leven kan komen, bedraagt maximaal 28 m gerekend vanaf de boorlocatie.

Antea Group
Oktober 2022

Bijlage 1 Hydrocarbon Risk Assessment

Bijlage 1 Hydrocarbon Risk Assessment

HydroCarbon Risk Assessment

Heerlerheide productieput

HLH-GT-03

PREPARED FOR

Mijnwater B.V.
Valkenburgerweg 177
6419 AT Heerlen
www.mijnwater.com

MINE WATER, A BASIS FOR SUSTAINABLE ENERGY
WWW.MIJNWATER.COM

Author:	Floris Degener
Publication date:	13-05-2020
Version:	1.0
Reviewed by:	Julien Smeulders
Approved by:	Geertjan van Og

PREPARED BY

Well Engineering Partners
Toldijk 17-19
7900 AP Hoogeveen
Tel: +31 (0) 528 227710
www.wellengineering.com

WEP Well Engineering Partners

Contents

Revision change notice 3
Authorized Signatures 3
1 Introduction 4
2 Previous studies 4
3 HH3 well 5
4 Previous drilling operations 5
5 Available production data 6
6 Conclusion 6
Reference Documents 6

REVISION CHANGE NOTICE

Version	Date	Brief description of Change	Author
0.1	13-05-2020	Initial version	FD
0.2	18-05-2020	Reviewed document	GvO
0.3	03-06-2020	Reviewed document	JS
1.0	04-06-2020	Authorised document	

AUTHORIZED SIGNATURES

Title	Name	Date	Signature
CTO	Geertjan van Og	04-06-2020	

1 INTRODUCTION

Mijnwater BV has the intention to increase the output from their heat network in Heerlen used for residential heating. They planned to realize this with a new production/injection well, HLH-GT-03 (HH3). This well will also tap into the former Oranje-Nassau (ON) flooded mine network that functions as a heat and cold storage network.

For this project, the risk for influx or production of hydrocarbons needs to be evaluated for several reasons:

- To establish the necessity for utilizing well control equipment during drilling;
- To evaluate kick tolerance requirements and burst, collapse load cases in well design;
- For a Quantitative Risk Assessment, determining a 10^{-6} contour for the drilling location.

A qualitative assessment of the presence of hydrocarbons, in particular in gas form, is provided in this document.

2 PREVIOUS STUDIES

The Mijnwater wells, including the planned HH3 well, are not standard wells from a hydrocarbon risk point of view: the wells are drilled into the galleries of an underground coal mine. A great deal of detailed knowledge and data is available about the local geology, pore fluids and the extent of the mine excavations. This knowledge and data allows to evaluate the risk of a hydrocarbon influx with much more certainty than for a regular well.

A study from VITO was attached in the Drilling Program Heerlerheide #2 (reference 1), for the drilling of the existing well HH2. This study clarifies the chance of encountering gas while drilling. An abstract of this study is given in the following paragraphs.

The chance to encounter accumulations of methane gas should be considered nil in the area. Methane is a gas formed as part of the process of coal formation. When coal is mined, methane is released from the coal seam and the surrounding disturbed rock strata. The thick layers of Westphalian coals beneath the drilling area are already mined and the escaping gas was able to migrate upwards along the mine galleries and into the atmosphere.
The remaining thin layers of coal do not contain dangerous quantities of methane.

A similar explanation is applicable to Coalbed Methane (CBM) gas, also known as ‘sweet gas’ because of its lack of hydrogen sulfide. This is a natural gas that is stored (‘adsorbed’) in deeply buried coal seams. During geological periods of lower pressure or when the coal was mined, these coal beds have released this gas (‘desorbing’). This gas however, cannot have accumulated due to the absence of both a good sealing caprock and a structural or stratigraphic trap. Coals in the area have also a relatively low adsorbed gas content.

During mining activities, CBM escaped from the coal. Most of this gas was ventilated out during mining operations and when mining stopped, the mine flooded and the resulting pressure increase stopped the generation of CBM.
In the period between the stopped ventilation and flooding, some CBM will have formed and migrated upward through the mine shafts and fissures in the rock before escaping to the atmosphere. Nevertheless, some gas may have accumulated in closed-off mine galleries, longwall panels or other mined seams but quantities are expected to be minimal.

The existing wells HH1 and HH2 produce from the deepest parts of the mine. These parts were the first to be flooded and therefore desorption stopped relatively soon after ventilation had ceased.

HH1 was drilled into a gallery which ascends towards shallower galleries and the main shaft, preventing any gas accumulation. HH2 was drilled into a gallery far from the mined panels and so little gas was present.

The general conclusion of the VITO report is that on both locations HH1 and HH2 no gas accumulations of any real significance could be expected.

3 HH3 WELL

The well HH3 is positioned between HH1 and HH2 (see figure 1). The extraction of HH3 is from the deepest gallery (or tunnel) of the mine. This gallery is connected to the above galleries by updip sloping corridors. In turn, these galleries are connected with corridors to other galleries, preventing an accumulation of gas.

At HH3, there will be two mined coal seams along the trajectory before entering the target gallery. The first one is at a depth of 300m below groundlevel (GL) and the second will be at a depth of 407m below GL. Any gas present in these seams will have been able to migrate updip towards other galleries or tunnels.

In addition, the report “Geologische rapportage bij SDE+ aanvraag voor put HH3a van het Mijnwater project te Heerlen” (reference 2) highlights that the caprock at the HH wells is littered with cracks caused by the mining activities. These cracks form natural pathways which enable gas to escape to the atmosphere.

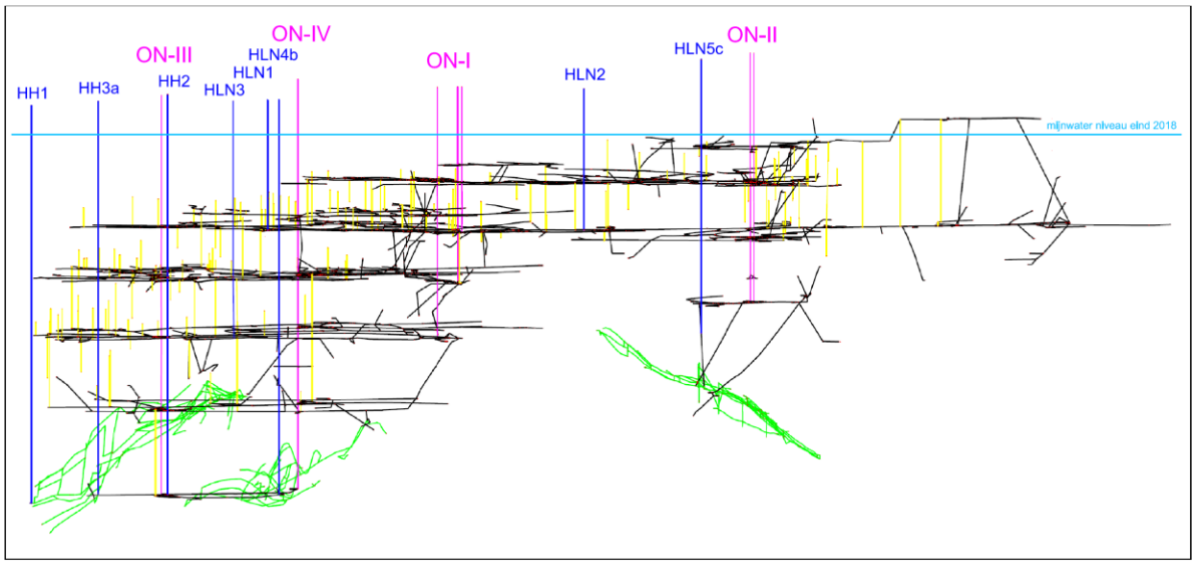


Figure 1: Static model of the former ON-mine in 3D viewed from SW. Galleries in green, tunnels in black, risers in yellow, shafts in magenta and wells in blue. Vertical exaggeration x5. Note that the HH3 well is named HH3A in the figure. Origin: VITO (reference 3)

4 PREVIOUS DRILLING OPERATIONS

The above mentioned VITO study was written prior to the drilling operation of the existing Mijnwater wells, which were drilled without BOP. During the drilling operations of HH1 and HH2, gas measurement systems were in place which continuously measured concentrations of

(hydrocarbon) gas coming from the drilling fluid. No (hydrocarbon) gas was detected, which was specifically mentioned in the End of Well report (reference 4).

Water samples taken during the initial well testing in 2006 and 2008 of wells HH1 and HH2 showed very low levels of dissolved methane in the mine water: 240 – 290µg/l (source: VITO (reference 2)). These levels are significantly lower than the average methane content of ground water in the Netherlands, estimated at 12,000 µg/l. Ground water destined as drinking water in the Netherlands contains up to 10,000 µg/l methane in the north-eastern part of the Netherlands (H2O, reference 6). So, the methane content in the 'mijnwater' is relatively low. VITO also made a calculation for SODM for the maximum possible theoretical concentration of methane that can de-gas from the mine water and which could potentially accumulate in wells in case these are not ventilated (which they are). This amount of 1.3% is far below the lower explosive level (LEL) of 4.4%.

5 AVAILABLE PRODUCTION DATA

Since the start of the Mijnwater operation, large volumes of water have been circulated through the mine in the already existing Mijnwater wells. Production and injection in the period between 2013 to 2018 amounted over 2,500,000 m^3 water, whilst no gas has ever been witnessed.

6 CONCLUSION

Based on the provided arguments, experiences and measurements, the chance to come across any accumulated quantity of gas or oil while drilling or during production, can be excluded.

A Quantitative Risk Assessment (QRA) is therefore not possible to execute and no BOP is required while drilling HH3.

REFERENCE DOCUMENTS

Below is a list of documents that were consulted, used as a data source and/or used for reference information reported in this document.

External Documents

1. PGMi (2006): Drilling Program Heerlerheide 2, PGMi, March 2006.
2. VITO (2019): Geologische rapportage bij SDE+ aanvraag voor put HH3a van het Mijnwater project te Heerlen. Johan Matthijs, Ben Laenen, Virginie Harcouët-Menou. VITO, March 2019.
3. VITO (2019): Heerlen Mijnwater nieuwe putlocaties. Johan Matthijs, Ben Laenen, Virginie Harcouët-Menou. VITO, December 2019.
4. PGMi (2007): End of Well Report Heerlerheide #1 & Heerlerheide #2, PGMi, July 2006.
5. VITO (2019): Winningsplan aardwarmte 2019, 2019.
6. H2O (1994): Magazine #17, KNW Waternetwerk, 1994.

Bijlage 2 Onderbouwing Blow-Out Rate

Bijlage 2 Onderbouwing Blow-Out Rate

Gas scenarios for QRA

MINE WATER, A BASIS FOR SUSTAINABLE ENERGY

WWW.MIJNWATER.COM

SPIDRON WECO

Well Engineers & Consultants

Task	Name	Position	Signed	Date
Prepared by	Mohammed Abdelgadir	Drilling Engineer		
Reviewed by	Robert te Gussinklo Ohmann	Project Manager		

Table of Contents

1 Introduction 2
2 Mijnwater wells 2
3 HLH-GT-03 3
3.1 Gas or hydrocarbon above the target 3
3.2 Gas in the target gallery 3
4 Data for the QRA simulation 6
4.1 Time for the gas production 6
4.2 Gas composition 6
4.3 HLH-GT-03 surface location 6

1 Introduction

Mijnwater BV intends to increase the output from their heat network in Heerlen used for residential heating. Therefore, they plan to drill a new production/injection well, HLH-GT-03 (HH03a). This well will also tap into the former Oranje-Nassau (ON) flooded mine network that functions as a heat and cold storage network.

For this project, the risk for influx or production of hydrocarbons needs to be evaluated for a Quantitative Risk Assessment for the drilling location.

In this document we investigate the presence of gas (or hydrocarbon) in the well path or the target mine gallery.

2 Mijnwater wells

Mijnwater has currently 5 wells operating 3 shallow (HLN1, HLN2, HLN3) and two deep HH1 and HH2. The wells are shown in the figure below.

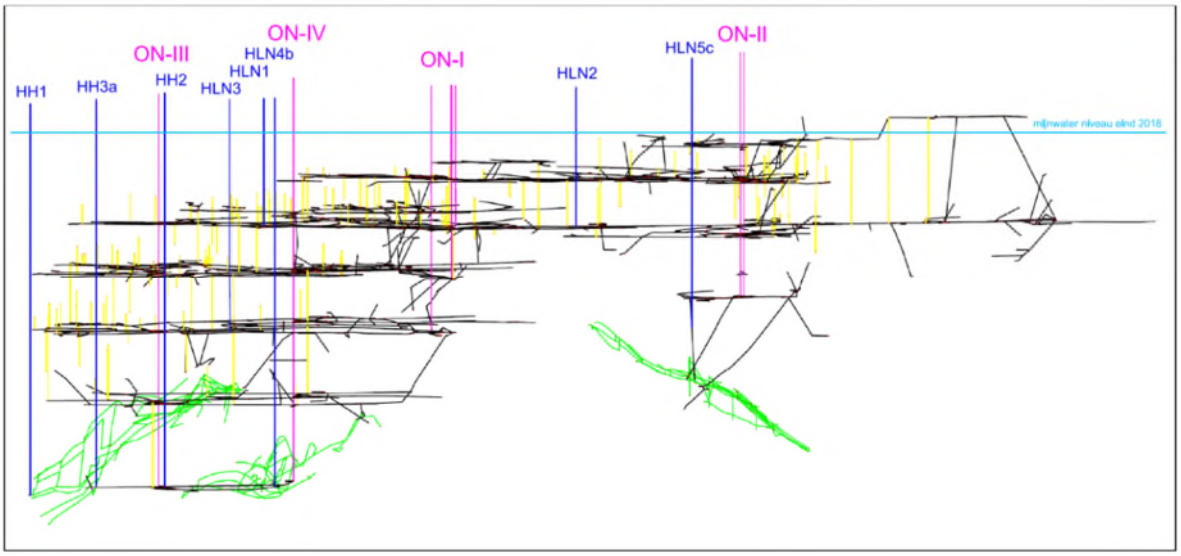


Figure 2-1: Static model of the former ON-mine in 3D viewed from SW. Galleries in green, tunnels in black, risers in yellow, shafts in magenta and wells in blue. Vertical exaggeration x5. Note that the HLH-GT-03 well is named HH03a in the figure.(reference Hydrocarbon Risk Assessment HLH-GT-03 v1.0 by WEP)

3 HLH-GT-03

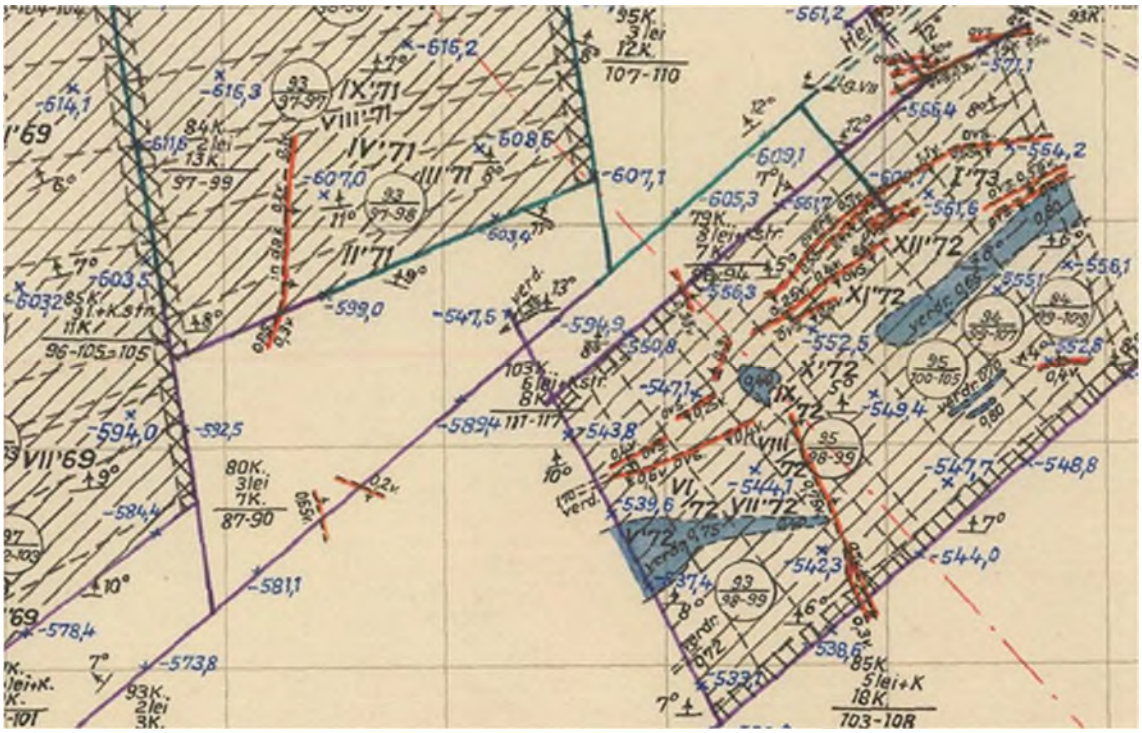
3.1 Gas or hydrocarbon above the target

The well HLH-GT-03 is positioned between HH1 and HH2 (see figure 1). During drilling HLH-GT-03, there will be two mined coal seams along the trajectory before entering the target gallery. The first one is at a depth of 290 below ground level (GL) and the second will be at a depth of 631 below GL. It is not expected to find gas accumulation in these galleries as any gas present in these seams will have been able to migrate up dip towards other galleries or tunnels (see Hydrocarbon Risk Assessment HLH-GT-03 v1.0 by WEP). Both HH1 and HH2 were drilled without any well control equipment and no gas or hydrocarbon was detected during drilling.

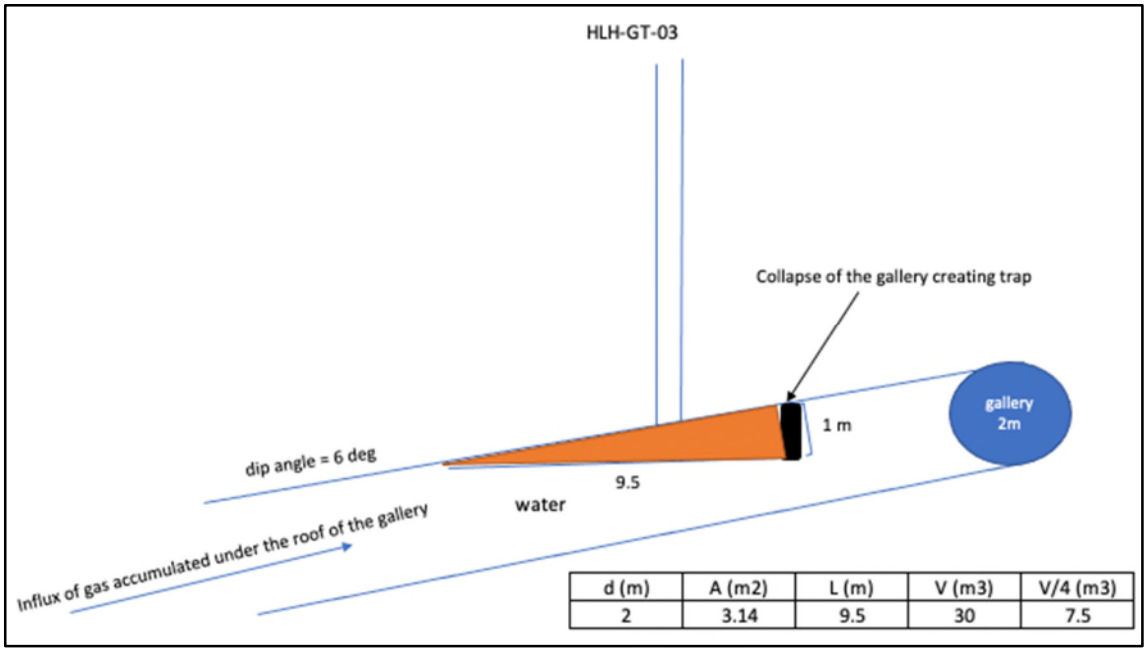
3.2 Gas in the target gallery

The extraction of HLH-GT-03 is from the deepest gallery (or tunnel) of the mine. This gallery plane layer has a dip angle of 5.75-degree deepening northeast (as can be seen below). Therefore, a worst case of gas accumulation would be an influx of gas from the northeast accumulated under the roof of the gallery. From the production operation of

Mijnwater system and a geological study conducted by Vito, the system (including HH1 and HH2) in strong communication and works as a closed network. Moreover, the mining is full of water. Therefore, one would not expect significant amount of gas accumulation if any present in the mining gallery of HLH-GT-03



For the worst-case scenario and QRA study, we assume that gas liberated from the coal layer at the base of the HLH-GT-03 gallery is trapped under the roof of the mining gallery of HLH-GT-03 as shown in Figure 3-1. We assume that half of the mine gallery in the southwest has collapsed with 1m creating the trap. This 1m height is extended to 9.5 m towards northeast (= 1m/ (sin(6deg) = 9.5m). If we take 2m as diameter of the gallery we can calculate the amount of accumulated gas as 7.5 m3 (quarter of a cylinder volume 3.14/4*2^2 * 9.5 /4= 7.5 m3). This amount of gas will be found under the roof of gallery at hydrostatic pressure of 69bar (0.0981*1.0 (s.g) * 700 m = 69 bar)



d (m)	A (m2)	L (m)	V (m3)	V/4 (m3)
2	3.14	9.5	30	7.5

Figure 3-1: trapped gas volume – worst case scenario

Using Boyle equation, this 7.5 m3 reservoir volume of gas is equivalent to ~ 518 Sm3 surface gas volume (P1x V1 = P2 x V2 → V2 = 7.5 x 69 /1 = 518 Sm3).

During drilling when the roof of the gallery is drilled the gas will enter the well. We assume that the mud circulation will stop, the liquid hydrostatic column is in equilibrium with the gas at reservoir depth and the gas will migrate through the liquid column up the well with a slug flow regime. There will be already 9 5/8” x 16” casing installed and cemented to above the gallery and the gallery is drilled with 8 ½” drillbit. We assume 8.5” all the way to surface.

The drilling fluid density in use (water) will be 1.05 s.g and we neglect the gas density. The gas slip velocity can be calculated using Taylor bubble flow equation:

S = 0.35*(0.0981*0.2159*(1000-0)/1000))^0.5 = 0.51 m/s). The gas is assumed ideal and has a density of 69 kg/m3 at reservoir condition (calculated using a simplified density model P/100,000 (P - pressure in Pa), at P = 69bar , density of gas = 69 kg/m3). If the gas assumed to rise with an inlet velocity equal to the slip velocity of 0.51m/s this will be equivalent to 1.28 kg/s (0.51 m/s * 0.036m2 * 69 kg/m3 = 1.28 kg/s). It is assumed that the gas will not unload the wellbore.

4 Data for the QRA simulation

4.1 Time for the gas production

Total estimated gas mass = 7.5m3 * 69 kg/m3 = 517.5 kg

Mass rate = 1.28 kg/s → time of exposure = 517.5/1.28 = 7.0 mins

4.2 Gas composition

	HH1	HH2	HLN1	HLN2
pCO_2	-0,24	-0,74	-1,34	-1,39
O2	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l	< 1,0 mg/l	< 1,0 mg/l
CH_4	290 µg/l	240 µg/l	40 µg/l	150 µg/l
H_2S	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l

4.3 HLH-GT-03 surface location

Figure 4: Overview of surface location and downhole mining galleries

NR	RD-X-gem	RD-Y-gem
1	194334,98	325296,29
2	194376,02	325331,53
3	194417,05	325366,77
4	194458,08	325402,01
5	194499,11	325437,25

Table 2: Coordinates of stone drift 709 interpolated by VITO

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, sensoring 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 70 jaar.

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV Heerenveen
Postbus 24
8440 AA Heerenveen
E. save@Anteagroup.nl

Copyright © 2022
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.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct een melding te maken bij security@antegroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontlenen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

INOGEN® ALLIANCE

www.anteagroup.nl