RAPPORT

OPDRACHTGEVER: EBN B.V. / Kennisagenda
Daalsesingel 1
3511 SV Utrecht

ADVIESBUREAU: AAB Nederland
Horti Business Center
Jupiter 420
2675 LX HONSELERSDIJK
+31 174 63 76 37
info@aabnl.nl
www.aabnl.nl

BEHANDELD DOOR: ing. K.N. Rodenburg
k.rodenburg@aabnl.nl

PLAATS EN DATUM: Honselersdijk, 20 januari 2020
Definitieve versie: 27 februari 2020
Revisie: 5 januari 2021

PROJECTCODE: **20105**

DOCUMENTNAAM: 233700-210105-KR-Restgas in bovengrondse installaties aardwarmte-D2.docx

INHOUDSOPGAVE

1. SAMENVATTING 1
2. INLEIDING 2
2.1. AANLEIDING 2
2.2. DOEL 2
2.3. WERKWIJZE 2
2.4. BETROKKEN PARTIJEN 3
2.5. RESULTATEN 3
2.6. LEESWIJZER 3
3. PROEFOPZET 4
3.1. LOCATIES 4
3.2. TESTOPSTELLING 5
3.3. UITVOERING 8
3.4. ANALYSE 9
4. RESULTATEN 10
4.1. ANALYSES 10
4.2. BEREKENINGEN 10
4.3. BESPREKING RESULTATEN 12
4.4. NAUWKEURIGHEDEN 13
5. EXPLOSIEVEILIGHEID 13
5.1. NPR 7910-1:2010+C1:2012 13
5.2. VOORBEELDBEREKENING 14
6. SYSTEEMONTWERP EN -INSTELLINGEN 14
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 15
7.1. CONCLUSIES 15
7.2. AANBEVELINGEN 17
8. Disclaimer 18
9. Literatuurlijst 19
Bijlage 1: Schematische opstelling 1
Bijlage 2: Hazop monstername 1
Bijlage 3: Samenvatting testresultaten 1

1. SAMENVATTING

Bij nagenoeg elk geothermieproject in Nederland is er sprake van opgelost (aard)gas in het formatiewater dat naar de oppervlakte wordt gepompt.
Het is gebruikelijk dat dit gas door middel van een ontgassertank van het water wordt gescheiden en nuttig wordt ingezet voor de productie van extra warmte door middel van verbranding in een ketel of wkk.

De voorliggende studie richt zich op de vraag of er sprake is van een fractie gas die niet door de ontgasser wordt gescheiden en wat de impact hiervan is, of kan zijn op met name de bovengrondse installatie.

Bij een viertal geothermie installaties zijn monsters genomen van het geothermische water, waarbij het in druk wordt teruggebracht tot atmosferische omstandigheden. Het gas dat uittreed is hierbij verzameld en in een laboratorium geanalyseerd op samenstelling.

Vastgesteld is dat er inderdaad nog sprake is van achtergebleven gas in het water na de ontgasser en dat de hoeveelheid en de samenstelling varieert met de druk in het systeem en de locatie binnen de installatie.

Het na de ontgasser nog in het proceswater aanwezige gas bevat methaan. De hoeveelheden zullen echter naar verwachting bij geothermische installaties te gering zijn om een ATEX zone-indeling zinvol te maken. Individueel zal dit gecontroleerd dienen te worden.

2. INLEIDING

2.1. AANLEIDING

Bij diverse projecten hebben zich integriteitsproblemen voorgedaan in de bovengrondse installaties en dan met name in de warmtewisselaars (corrosie). De oorzaak hiervan is op dit moment nog niet achterhaald. Een van de mogelijke bijdragen aan deze corrosie wordt veroorzaakt door verdere ontgassing van geogas in de installatie na de ontgasser. Op dit moment is er onvoldoende kennis over de hoeveelheden en samenstelling hiervan bij de verschillende projecten. Dit heeft tevens invloed op mogelijke explosie- en gezondheidsrisico's binnen de pompruimtes.

2.2. DOEL

Het doel van het onderzoek bestond in eerste instantie uit het middels een proefopstelling bepalen of er zich gas in het water bevindt direct na de ontgasser. Wanneer gas aanwezig was, is dit gas vervolgens op twee locaties in het systeem bemonsterd en geanalyseerd om de hoeveelheid en samenstelling te bepalen.
Daarnaast is bepaald wat de invloed is van systeemparameters zoals ontgasserdruk op de resultaten.

Op basis van de resultaten zijn vervolgens de veiligheidsaspecten beoordeeld, zodat dit waar nodig in de VG systemen van de operators kan worden verwerkt.
Als laatste volgt een beschouwing van mogelijke maatregelen die eventuele negatieve effecten kunnen verminderen in relatie tot de integriteit en/of veiligheid van de installatie.

2.3. WERKWIJZE

Er is gekozen voor het uitvoeren van de monsternames bij een 4-tal projecten met specifieke condities. Met name de verschillende geologische lagen waaruit gewonnen wordt, was hierbij een belangrijk keuzecriterium. De projecten winnen respectievelijk uit de Trias, de Delft Zandsteen, de Alblasserdam en de Berkel formaties. Een tweede verschil tussen de projecten is dat er met en zonder boosterpompen in het systeem wordt gewonnen. Alle onderzoekslocaties zijn verder voorzien van een ontgassertank en is sprake van een grotendeels identieke installatie-opzet.

In de rapportage is er overigens voor gekozen de betreffende projecten niet bij naam te noemen.

Door middel van een proefopstelling is de hoeveelheid gas per m^3 water bepaald op twee plekken in het systeem, namelijk direct na de ontgasser en direct voor de injectiepompen. Dit om te bepalen of er sprake is van restontgassing in de installatie na de ontgasser en in welke mate dit plaatsvindt.
Het gas wat bij deze bepaling is opgevangen is vervolgens bemonsterd en geanalyseerd door het gespecialiseerd laboratorium (Saybolt). Tijdens de uitvoering van de proef zijn de diverse systeemparameters zoals druk geregistreerd om de invloed hiervan te kunnen beoordelen.
Een meer gedetailleerde omschrijving van de werkwijze is opgenomen in hoofdstuk 4.

2.4. BETROKKEN PARTIJEN

Het onderzoek is uitgevoerd door AAB waarbij Energie Beheer Nederland optreedt als opdrachtgever namens Kennisagenda Aardwarmte, een initiatief van de ministeries van LNV en EZK, Glastuinbouw Nederland en het programma Kas als Energiebron. Er is een begeleidingscommissie aangesteld in de personen van dhr. R. Vorage, dhr. D. Verbiest en dhr. A. de Blok.
Saybolt is uitgekozen als laboratorium, vanwege hun ruime ervaring in gasanalyses in onder andere de olie- en gasindustrie. Met hen is tevens uitgebreid gesproken over de problematieken, de monsternames en de analysemethoden.

2.5. RESULTATEN

Opsomming van de hoeveelheden gas in het geowater.
Weergave van de samenstelling van dat gas.
Beschouwing (explosie)veiligheid in bedrijfsruimtes binnen de geothermie.
Beschouwing van mogelijke systeemmaatregelen die getroffen kunnen worden.

2.6. LEESWIJZER

In de navolgende hoofdstukken zal allereerst in hoofdstuk 4 een toelichting worden gegeven op de opzet van de proeven inclusief testopstelling. In hoofdstuk 5 wordt een samenvatting van de resultaten gegeven inclusief een bespreking van deze resultaten. In hoofdstuk 6 komen de veiligheidseffecten van de resultaten aan bod, gevolgd door een beschouwing van het systeemontwerp met bijbehorende instellingen in hoofdstuk 7.
Het rapport wordt afgesloten in hoofdstuk 8 met de antwoorden op de onderzoeksvragen in de conclusies en de bijbehorende aanbevelingen.

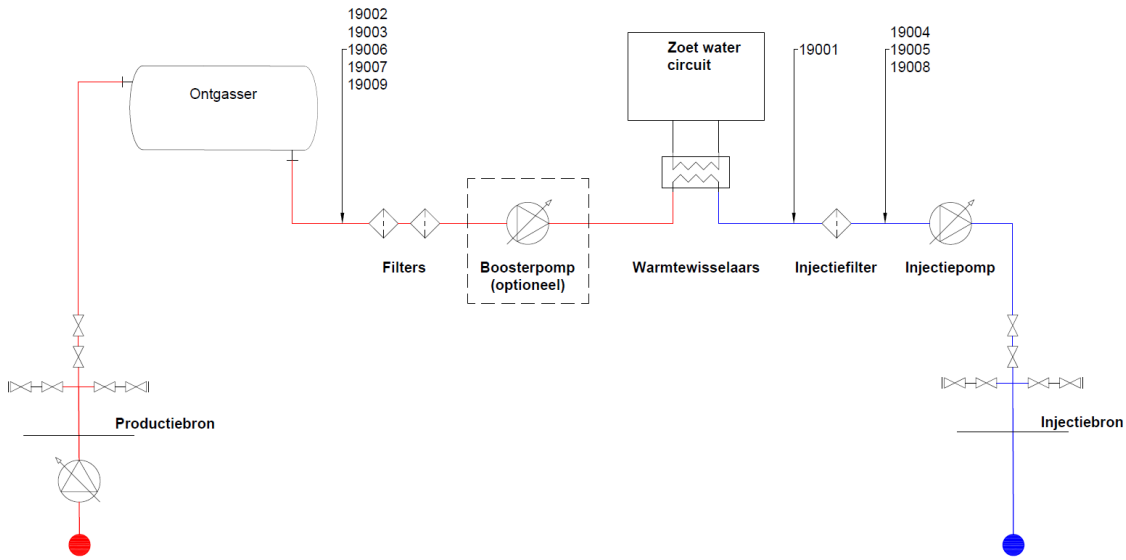
3. PROEFOPZET

3.1. LOCATIES

Om een goed beeld te krijgen van de testresultaten, zijn de testen op meerdere geothermie locaties uitgevoerd. Deze locaties zijn weergegeven in tabel met de geologische laag waaruit geothermie daar gewonnen wordt.

Monster ID	Locatie	Geologische laag	Positie monster
19001	Project site 1	Delft Zandsteen	Voor injectiefilter
19002	Project site 1	Delft Zandsteen	Na ontgasser
19003	Project site 2	Alblasserdam	Na ontgasser
19004	Project site 2	Alblasserdam	Na injectiefilter
19005	Project site 3	Berkel	Voor injectiepompen
19006	Project site 3	Berkel	Na ontgasser
19007	Project site 4	Trias	Na ontgasser
19008	Project site 4	Trias	Voor injectiepompen
19009	Project site 3	Berkel	Na ontgasser

Tabel 1 onderzoekslocaties



Figuur 1 Sample locaties

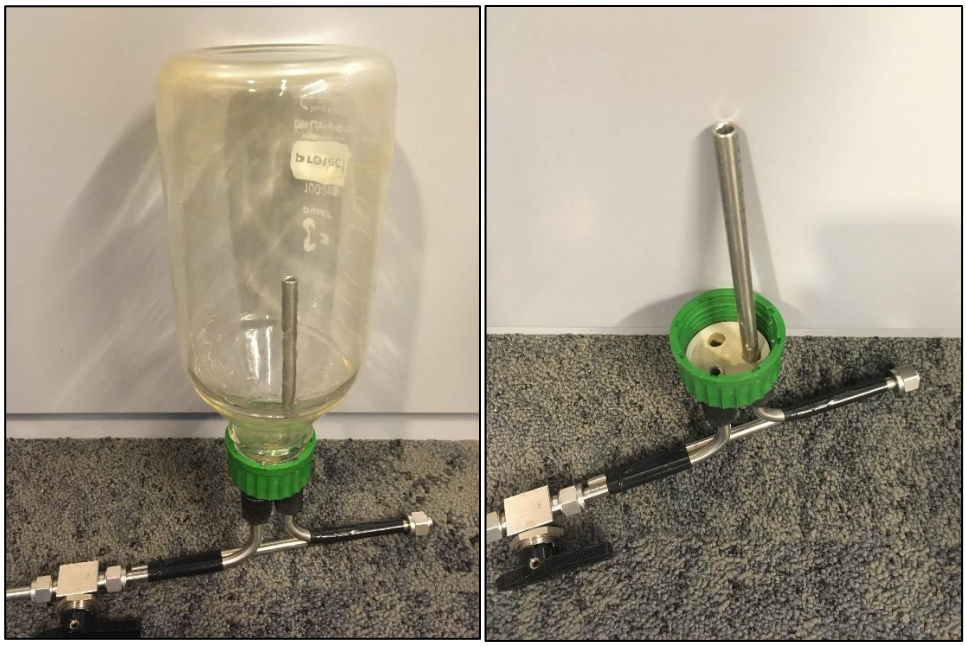
Om te kunnen vaststellen of er verschil zit in de hoeveelheden opgelost gas op verschillende plekken binnen de installaties, zijn er monsters genomen vlak na de ontgassertank, waarbij deze altijd vóór eventuele boosterpompen is genomen, en op een positie net voor de injectiepompen.

Bij de monstername is gebruik gemaakt van een monsterpunt op het leidingwerk van het geothermie systeem, aan de zijkant van de leiding om er zeker van te zijn dat het monster uit de vloeistofstroom is genomen. Monsterpunten in zogenaamde dode leidingen of aan de

bovenzijde van doorgaande leidingen geven een niet representatief beeld en zijn daarom vermeden.

3.2. TESTOPSTELLING

Het oorspronkelijke plan was om de monstername te verrichten met een gascylinder die rechtstreeks gevuld zou worden vanuit het systeem. In overleg met het laboratorium is echter besloten om hiervan af te stappen aangezien het samplevolume te klein zou zijn om de fractie gas die daarin aanwezig zou zijn met voldoende nauwkeurigheid te kunnen analyseren. Zeker als het gaat om het vaststellen van de hoeveelheid. Om wel voldoende gas te kunnen verzamelen voor een correcte analyse, is daarom een opstelling ontworpen op basis van waterverplaatsing. Hierbij is het geothermische water in een op een gaswasser lijkende opstelling via de hoge inlaat toegevoerd (figuur 1), waarna het door de drukval naar een atmosferische druk maximaal zal ontgassen. Door de lage uitlaat (figuur 1) is vervolgens het water afgevoerd naar een emmer met schaalverdeling en blijft het gas boven in de fles achter.

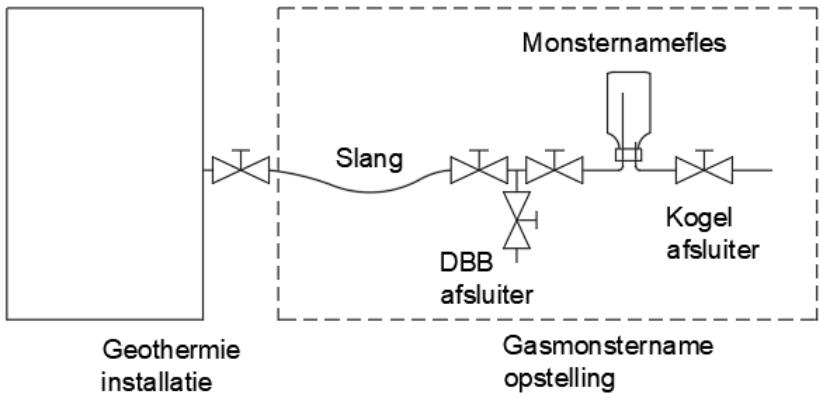


Figuur 2 hoge inlaat en lage uitlaat monsterfles

De doorzichtige fles maakt het mogelijk om de vloeistofstroom zo te regelen dat rechtstreekse uitstroom van gas door de lage uitlaat wordt voorkomen. Dit gebeurt door de toestroom zo te regelen dat de belvorming niet aan de onderzijde van de fles komt (figuur 2). De schaalverdeling op de fles maakt het mogelijk de hoeveelheid verzameld gas af te lezen in relatie tot de hoeveelheid gepasseerd water.

Figuur 3 Belvorming

De gehele opstelling is in figuur 3 en in bijlage 1 schematisch weergegeven en wordt hieronder verder toegelicht.



Figuur 4 schematische weergave testopstelling

Om de testopstelling aan te sluiten op de geothermie installatie is een slang gekozen die geschikt is voor de ontwerpdruk van de installatie, de temperatuur van het proceswater en de stoffen die zich in het proceswater bevinden.
Deze slang is met een geschikt koppelstuk aangesloten op een van de monstername-punten in de installatie. Hiervoor wordt een aansluiting met afsluiter gekozen in de betreffende procesleiding. Van belang is dat elke aansluiting goed afdicht om enerzijds luchttoetreding te voorkomen en daarnaast lekkage van het proceswater in de bedrijfsruimte te voorkomen. Na elke monstername zijn de aansluitingen gecontroleerd.

De slang is aangesloten op een afsluiter waarmee de doorstroom van de procesvloeistof naar de monsternamefles nauwkeurig te regelen is. Hierbij wordt tevens de druk van de vloeistof teruggebracht tot atmosferisch.

Een instrumentatieklep (naaldafsluiter) leent zich voor deze toepassing, omdat deze zeer fijn regelbaar is, ook bij kleine volumestromen.
Om de functie van het regelen van de volumestroom te combineren met het spoelen van de aansluitslang is er gekozen om een zogenaamde Double Block and Bleed klep (DBB) toe te passen. Hierbij kan de slang gespoeld worden door de eerste afsluiter en de Bleed-poort. De tweede afsluiter voorkomt hierbij dat de vloeistof naar de fles stroomt. Dit wordt gedaan om de aanvoerslang volledig te vullen met proceswater en daarmee de aanwezige lucht zo maximaal mogelijk te verdrijven.

Als laatste zit er een handafsluiter die de vloeistofstroom uit de fles naar de buitenlucht kan afsluiten. Deze klep dient om bij het verplaatsen, verdraaien, of anderszins aanpassen van de testopstelling te voorkomen dat er proceswater ongecontroleerd vrijkomt.

Figuur 4 toont de opstelling zoals die in de praktijk was aangesloten.

Figuur 5 testopstelling in bedrijf

Omdat de monsterfles niet geschikt is als drukhoudend deel, is een duidelijke werkvolgorde nodig voor het bedienen van de afsluiters om te voorkomen dat de volledige procesdruk op de fles komt te staan. Daarnaast wordt de opstelling tijdens de monstername altijd visueel gecontroleerd.
Voordat de monsternames zijn gestart is er een mini-hazop uitgevoerd om de risico's in beeld te brengen en waar nodig de juiste maatregelen te nemen om het werken veilig te houden. Deze risicoanalyse is te vinden in bijlage 2.

Voor het opvangen van het verzamelde gas is gebruik gemaakt van gaszakken van het type Flexfoil en Flexfoil Plus (figuur 5). Deze zakken zijn zeer gasdicht voor alle verwachte componenten en voor niet verwachte componenten, zoals zwavelverbindingen.

Figuur 6 gaszakken

Vanwege de flexibele wanden van de gaszakken, hoeft er geen rekening gehouden te worden met opwarming, of afkoeling van het monster. Zolang de gaszak niet overmatig gevuld is, kan het volumeverschil ten gevolge van de temperatuursverandering worden opgevangen. Het gebruik van de gaszak is daarmee een veilige optie voor het vervoeren van het monster.

3.3. UITVOERING

Voor uitvoering van de proef zijn alle componenten aangesloten en gecontroleerd op lekdichtheid. Er is vervolgens gecontroleerd dat alle afsluiters van de testopstelling in de juiste stand staan, alvorens de afsluiter van de geothermie installatie wordt geopend.
Daarna is de slang doorgespoeld en wordt gecontroleerd dat er geen lucht meer aanwezig is in de slang.

Hierna is de fles, in omgekeerde opstelling, volledig gevuld met proceswater, zodat alle lucht uit de fles kan treden. Om lucht uit eventuele hoeken van de fles te laten, wordt de fles twee maal 180° gedraaid en vervolgens afgevuld met proceswater.

Wanneer er geen gas in de fles meer geconstateerd wordt kan de monstername beginnen nadat de stand van alle afsluiters in de opstelling nogmaals is gecontroleerd.

Er is een gecontroleerde vloeistofstroom op gang gebracht, door middel van de DBB afsluiter. Hierbij ontstaan zeer fijne bellen in het proceswater wat duidt op de aanwezigheid van restgas in het proceswater. De vloeistofstroom is zo aangepast dat de bellen (dus het gas) niet met het proceswater uit de fles worden gevoerd.

Wanneer er een gedefinieerde hoeveelheid water in de emmer is verzameld, is de vloeistofstroom gestopt en de bijbehorende hoeveelheid gas afgelezen.

Wanneer de hoeveelheden zijn genoteerd kan de opstelling gereed worden gemaakt om het gas vanuit de fles in de gaszak te brengen. Ook bij het overbrengen van het gas naar de gaszak is een duidelijke werkvolgorde noodzakelijk, om intreding van lucht in het monster te voorkomen. Hiervoor wordt eerst een kleine gasstroom op gang gebracht, waarna de gaszak op de opstelling is aangesloten. Hiermee wordt voorkomen dat er lucht in de aansluitingen zit, bij het bevestigen van de gaszak.

De monsternames hebben plaatsgevonden tussen juni 2019 en november 2019.

3.4. ANALYSE

Wanneer de gaszak voldoende gevuld is wordt deze gesloten en naar het laboratorium gebracht voor analyse. Het laboratorium dat gekozen is voor dit project is Saybolt in Vlaardingen. De zakken zijn aangeleverd en daar geanalyseerd.

Hier wordt een zogenaamde koude analyse uitgevoerd. De monsters worden hier dus bij kamertemperatuur geanalyseerd. Dit heeft geen invloed op de samenstelling van het gas, aangezien er puur gas wordt bemonsterd en de resultaten worden gegeven in mol%.

Het gas wordt met een drager (argon) uit de gaszak verdrongen en geanalyseerd in de gaschromatograaf. Hieruit komt zowel de samenstelling van het gasmengsel naar voren als de hoeveelheden per stof.

Het resultaat wordt vervolgens volgens ISO 6974 opgesteld en gerapporteerd.

4. RESULTATEN

4.1. ANALYSES

Alle monsters zijn geanalyseerd met behulp van een gaschromatograaf. In de onderstaande tabel 2 zijn de resultaten hiervan weergegeven. Hiernaast is het volume gas weergegeven dat is verzameld per liter proceswater.

Monster ID	$T_{monster}$ [°C]	$p_{monster}$ [barg]	Uitgetreden gasvolume [ml/l]	Mol% O_2	Mol% N_2	Mol% CH_4	Mol% CO_2
19001	34	6,2	81,7	2,1 %	8,0 %	73,8 %	14,5 %
19002	85,7	5,5	87,5	2,3 %	8,3 %	64,0 %	24,1 %
19003	93,4	5	150,0	4,8 %	17,3 %	46,1 %	30,8 %
19004	34,6	4,2	49,0	2,8 %	10,0 %	72,8 %	12,7 %
19005	37,9	5,5	55,6	2,8 %	10,2 %	80,5 %	5,6 %
19006	59,5	4,5	75,0	10,2 %	35,5 %	47,2 %	6,5 %
19007	83,2	3,3	50,0	6,5 %	23,2 %	63,3 %	5,7 %
19008	34,6	4	40,9	12,0 %	42,2 %	39,2 %	5,8 %
19009	60	4,5	75,0	1,9 %	7,3 %	80,7 %	9,2 %

Tabel 2 analyseresultaten

4.2. BEREKENINGEN

Bij de correctieberekening zijn we uitgegaan van het feit dat er geen of slechts een minimale hoeveelheid zuurstof in het oorspronkelijke formatiewater aanwezig was en er in de rest van de installatie dit ook niet is geïntroduceerd.
Uit de analyseresultaten van de monsters kan namelijk worden afgeleid dat een bepaalde hoeveelheid lucht aanwezig is geweest in het monster. Dit kan bijvoorbeeld zijn veroorzaakt doordat er bij een van de aansluitingen toch sprake is geweest van luchttoetreding. De laatste monstername (19009) is een herbemonstering van een eerder monster met daarbij extra aandacht voor de afdichting van alle aansluitingen. De resultaten hiervan laten zien dat dit inderdaad effect heeft gehad op de hoeveelheid lucht in het monster.
Om een correcter beeld te kunnen geven van de verhoudingen van de verschillende stoffen in het gasmengsel na de ontgasser dient gecorrigeerd te worden voor deze zuurstoftoetreding op basis van de verhouding zuurstof/ stikstof in de lucht. Dit is een gebruikelijke methode bij het beoordelen van gassamples.
Hierbij wordt de gemeten zuurstof-, of stikstofhoeveelheid toegeschreven aan luchtverontreiniging en wordt dit volume in luchtsamenstelling van het monster afgetrokken.
In tabel 3 zijn de resultaten opgenomen na correctie. In rood de analyses aan de warme zijde, in blauw aan de koude zijde.

Monster ID	$T_{monster}$ [°C]	$p_{monster}$ [barg]	Gas naar ketel [ml/l]	Uitgetreden gasvolume [ml/l]	Eff. Ont-gasser [%]	Mol% O_2	Mol% N_2	Mol% CH_4	Mol% CO_2
19001	34	6,2		73,4		0,0 %	0,2 %	82,3 %	16,2 %
19002	85,7	5,5	~ 985	78,2	92,6%	0,1 %	0,0 %	71,7 %	27,0 %
19003	93,4	5	~ 1000	117,0	89,5%	0,1 %	0,0 %	59,3 %	39,7 %
19004	34,6	4,2		42,7		0,1 %	0,0 %	83,8 %	14,6 %
19005	37,9	5,5		48,3		0,0 %	0,0 %	92,6 %	6,5 %
19006	59,5	4,5		-		0,7 %	0,3 %	87,3 %	12,1 %
19007	83,2	3,3	~ 950	35,2	96,4%	0,2 %	0,0 %	90,4 %	8,2 %
19008	34,6	4		18,8		0,6 %	0,0 %	86,4 %	12,7 %
19009	60	4,5	~ 1050	68,1	93,9%	0,0 %	0,2 %	89,0 %	10,1 %

Tabel 3 gecorrigeerde analyseresultaten

Vervolgens is het van belang om de hoeveelheid opgelost methaan te berekenen. Hierbij is gebruik gemaakt van de methode volgens Stuyfzand, Lüers en Reijnen (1994).

De oplosbaarheid van methaan (S_{ch4}) wordt hierbij als volgt berekend:

$$S_{CH_4} = 16{,}043 * \frac{P_{CH_4}}{KH_{CH_4}} \quad \text{[mg / l]}$$

waarbij

$$KH_{CH_4} = 1{,}8239 * e^{(16{,}6247 - \frac{1784{,}37}{T})} \quad \text{[Pa m}^3\text{ / mol]}$$

en

$$P_{CH_4} = Partiële\ druk\ methaan \quad \text{[Pa]}$$

Hierbij is enerzijds bepaald wat de hoeveelheid opgelost methaan is, nadat het monster drukloos is gemaakt. Anderzijds is bepaald wat de hoeveelheid opgelost methaan is in de leiding waaruit het monster is genomen.
Hierbij is voor de hoeveelheden gas in oplossing de correctiefactor meegenomen voor het zoutgehalte van het water bij de betreffende temperatuur.

Beide resultaten, samen met de fractie methaan in het opgevangen gas, zijn weergegeven in de onderstaande tabel 4. Alle hoeveelheden zijn hierbij omgerekend naar g/m^3 formatiewater.

Monster ID	Correctie-factor zout	Max oplossing CH_4 onder leidingdruk	CH_4 in gasfase atmosferisch	CH_4 in oplossing atmosferisch
19001	0,6	71 g/m³	42 g/m³	10 g/m³
19002	0,8	35 g/m³	34 g/m³	5 g/m³
19003	0,8	27 g/m³	47 g/m³	4 g/m³
19004	0,6	51 g/m³	26 g/m³	10 g/m³
19005	0,6	62 g/m³	32 g/m³	10 g/m³
19006	0,7	41 g/m³	38 g/m³	7 g/m³
19007	0,8	26 g/m³	25 g/m³	6 g/m³
19008	0,6	49 g/m³	22 g/m³	10 g/m³
19009	0,7	41 g/m³	39g/m³	8 g/m³

Tabel 4 rekenresultaten methaan

4.3. BESPREKING RESULTATEN

Uit zowel de monsters, als uit de berekeningen blijkt dat er gas aanwezig is in het proceswater, nadat het de ontgasser verlaat. De metingen laten per locatie verschillen zien in de samenstelling van het gas en de hoeveelheid restgas die nog uit het proceswater uittreedt. Aangezien de projecten allen uit een andere geologische laag onttrekken, is daar een groot deel van de verklaring in te vinden.
Deze hoeveelheden restgas variëren, maar liggen gemiddeld rond 75 ml per liter net na de ontgasser en de 45 ml per liter net voor de injectiepompen. Voor alle onderzochte projecten geldt overigens dat in het opgepompte formatiewater circa 1 m³ gas per m³ water is opgelost, waardoor de effectiviteit van de ontgasser gemiddeld rond de 92% ligt. Waarbij de effectiviteit van de ontgasser, conform verwachting, toeneemt bij een lagere systeemdruk.

In de warme leiding blijkt meer methaan aanwezig, dan dat er in oplossing kan zitten onder de betreffende omstandigheden. Dit kan duiden op vrij gas in de leidingen. Aan de koude zijde is dat niet aan de orde.

De analyseresultaten laten zien dat de hoeveelheid gas in oplossing afhankelijk is van de druk. Bij installaties met een lagere ontgasserdruk is de hoeveelheid gas lager.

Er zijn bij de analyses verder geen onverwachte stoffen aangetroffen.

4.4. NAUWKEURIGHEDEN

Om de uitkomsten op waarde te kunnen schatten is een beschouwing van de nauwkeurigheid hiervan van belang. Allereerst is er sprake van een zekere onnauwkeurigheid bij het aflezen van de hoeveelheden water en gas tijdens de proeven. Daarnaast is er bij het analyseren van de monsters ook sprake van een bepaalde onnauwkeurigheid.

Navraag bij het laboratorium leert dat voor het analyseren van de gasmonsters conform de gebruikte analysemethode ISO 6974 uitgegaan moet worden van een meetnauwkeurigheid van +/- 0,15%.

Daarnaast worden er tijdens de monstername op twee plaatsen niveaus afgelezen. Enerzijds het gasniveau middels de verdeling op de fles, anderzijds de gepasseerde waterhoeveelheid. Op basis van de schaalverdeling is de hoeveelheid gas af te lezen met een nauwkeurigheid van +/- 10 ml. De hoeveelheid gepasseerd water met een nauwkeurigheid van +/- 25 ml.

5. EXPLOSIEVEILIGHEID

Aangezien er bij nagenoeg alle geothermieprojecten geogas mee wordt geproduceerd met het formatiewater, is explosieveiligheid een belangrijk onderdeel van de risicobeoordelingen en wordt veel aandacht besteed aan het veilig uitvoeren van de installaties die gas kunnen bevatten. Nu vastgesteld is dat er ook na de ontgasser nog sprake is van een zekere hoeveelheid restgas in het systeem, is een beschouwing van de risico's daarvan van belang.

5.1. NPR 7910-1:2010+C1:2012

De NPR7910 is een Nederlandse praktijkrichtlijn die handvatten geeft voor het omgaan met explosiegevaar en is met name gericht op het opstellen van een gevarenzone-indeling binnen een inrichting om uiteindelijk brand en explosie te voorkomen.

Daarbij zijn gevarenbronnen van belang, ofwel plaatsen waar gas kan vrijkomen zo dat een explosieve gasatmosfeer zou kunnen worden gevormd. Binnen de geothermie betreffen dit zone 2 aanduidingen van gasvoerende installaties buiten de bedrijfsruimtes waarbij een explosieve gasatmosfeer bij normaal bedrijf onwaarschijnlijk is.

Of een gevarenzone-indeling binnen de gebouwen zinvol is (indelingsplicht), is afhankelijk van de aanwezigheid van een brandbare stof en de mate waarin deze stof aanwezig is.
Het aanwezige geogas bestaat grotendeels uit methaan en is derhalve een brandbare stof. Bij het beantwoorden van de vraag of er sprake is van een gevaarlijke hoeveelheid van deze brandbare stof, is in de NPR als hulpmiddel een tabel met minimale hoeveelheden opgenomen. Voor brandbare gassen wordt daarbij een richtwaarde aangehouden van 5 kg in een gesloten gebouw. Per geothermie inrichting (mijnbouwwerk) zal bepaald kunnen worden of onder deze richtwaarde wordt gebleven.

5.2. VOORBEELDBEREKENING

Voor de bepaling of het noodzakelijk is om ook binnen in de bedrijfsruimtes ATEX (ATmospherès EXplosives)-zones te definiëren, is het, zoals hierboven omschreven, van belang welke hoeveelheden gas er in het systeem aanwezig kunnen zijn binnen de muren van het gesloten gebouw.

DN300 leidingwerk:	0,082 m³ per meter
Wisselaar:	2300 liter per stuk
Filterhuizen:	750 liter per stuk

Uitgaande van 8 filterhuizen, 4 wisselaars en 250 meter leidingwerk, bevindt zich minder dan 36 m³ proceswater in het systeem. De maximaal gemeten hoeveelheid gas in het water betrof 47 g/m³, zodat er zich niet meer dan 1,7 kg gas in het systeem bevindt tussen de muren van het gebouw. Bij dit voorbeeldsysteem is deze hoeveelheid daarmee dermate gering en ruim minder dan de richtwaarde van 5 kg, dat zonering als niet zinvol kan worden gekwalificeerd.

6. SYSTEEMONTWERP EN -INSTELLINGEN

Het geothermiesysteem is bij de meeste projecten zo ontworpen dat het geogas wordt gescheiden van het water voordat het het systeem (filters, wisselaars, pompen) in gaat. Er is een aantal redenen aan te geven waarom hiervoor is gekozen.
Enerzijds zal er door drukval in het systeem (waaronder de filters) veel gas uit het water treden wat onder andere problemen zal geven voor de werking van de (injectie)pompen en de wisselaars.
Daarnaast levert dit gas extra warmte aan het secundaire warmtenet door het te verbranden. Bij een aantal projecten wordt hiermee zelfs de eigen benodigde stroom opgewekt door middel van een wkk. De aanwezigheid van grote hoeveelheden gas kan echter leiden tot verhoogde explosierisico's in de bedrijfsruimtes.

Nu blijkt dat het ontgassen zoals dat op dit moment plaats vindt binnen de projecten niet volledig gebeurd. Deels wordt dit veroorzaakt door de oplosbaarheid van met name methaan in water bij lage drukken en temperaturen, mogelijk deels door de relatief korte standtijd van het water in de ontgassertank bij hoge productiecapaciteiten.

Bij geothermie-installaties is de ontgasserdruk geen vast ingestelde waarde, maar kan deze naar gelang de omstandigheden worden aangepast binnen bepaalde bandbreedtes. Enerzijds dient deze voldoende hoog te zijn om de weerstand in het systeem te kunnen overbruggen van onder andere de wisselaars en filters (indien geen boosterpompen zijn geïnstalleerd) en de kans op scaling te verminderen, anderzijds dient deze niet te hoog te zijn om bijvoorbeeld corrosie tot een minimum te beperken. De bandbreedte waarbinnen gevarieerd kan worden, zal per project verschillen. In het Kennisagenda Aardwarmte rapport "Optimal choice of Well Materials" (te Gussinklo Ohmann, 2016) wordt verder ingegaan op de effecten van scaling en corrosie op materialen in en rondom de (geothermie)bronnen.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1. CONCLUSIES

Gashoeveelheid

Vastgesteld is dat er na de ontgasser gas aanwezig is in het proceswater. Zowel uit de theoretische oplosbaarheid van methaan bij een bepaalde druk, als uit de metingen blijkt dat er nog een hoeveelheid opgelost gas in het proceswater zit, zodra dit de ontgasser verlaat. De opgeloste hoeveelheid gas is hierbij onder andere afhankelijk van de druk en de temperatuur van het proceswater. De metingen laten zien dat de hoeveelheid opgelost gas en de samenstelling hiervan bovendien per installatie verschilt. Gemiddeld is minder dan 7 % van de oorspronkelijke hoeveelheid die in het formatiewater opgelost zat na de ontgasser nog in het proceswater aanwezig. Direct na de ontgasser gaat het om gemiddeld 75 ml gas per liter water. Bij de projecten waar boosterpompen zijn geïnstalleerd zien we een kleiner verschil tussen de hoeveelheden gas net na de ontgasser en net voor de injectiepompen. Dit duidt op minder ontgassing in het systeem zelf, wat conform verwachting is.

Gassamenstelling

De samenstelling van het gas vertoont overal dezelfde stoffen als grootste fractie, methaan, en CO_2, maar vertoont wel een verschil in verhouding. Dit verschil is zichtbaar tussen de projecten onderling, de verschillende punten van monstername en ten opzichte van de gasanalyses die in de pVT rapporten tijdens de well testen zijn opgesteld.

Drukinvloed

De drukinstelling van de ontgasser heeft invloed op de hoeveelheid gas die opgelost blijft in het proceswater. Ondanks het beperkte aantal samples blijkt er sprake te zijn van een lagere hoeveelheid restgas wanneer de installatie draait met een lagere ontgasserdruk.

De drukval over het leidingwerk en de componenten van de geothermie-installatie, tenminste tot aan de warmtewisselaars, zorgt verder voor uittreding van een deel van het opgeloste gas. Daarnaast zal ook het hoogteverschil van het leidingwerk extra invloed hebben op uittreding van het opgeloste gas.
Aan de warme zijde blijkt de hoeveelheid gas groter te zijn dan theoretisch in het proceswater bij de betreffende condities kan zijn opgelost. Dit kan duiden op de aanwezigheid van vrij gas in de leidingen tot aan de warmtewisselaar.
Een van de mogelijke oorzaken hiervan kan de stroming door de ontgasser zijn. Wanneer het formatiewater te snel door de ontgasser stroomt, of het stromingsprofiel dusdanig is dat gas wordt meegenomen, kan er vrij gas in de leidingen worden meegenomen.
Aan de koude zijde blijkt de hoeveelheid gas kleiner dat het proceswater theoretisch kan opslaan en zal daarmee volledig in oplossing zijn bij de betreffende systeemdruk.
De totale hoeveelheid gas in het monster aan de koude zijde is lager dan dat aan de warme zijde.

Veiligheid

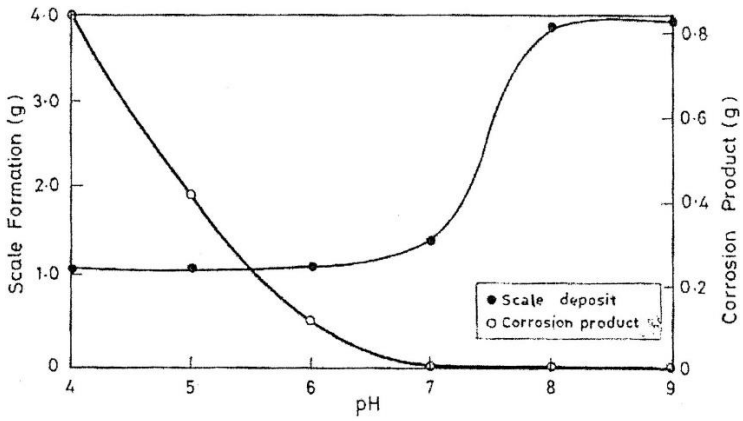
De veiligheid binnen de bedrijfsruimtes heeft met name betrekking op explosieveiligheid vanwege de aanwezigheid van methaan in het proceswater. Vanuit de praktijkrichtlijn wordt een bepaalde zonering voorgeschreven rondom installatieonderdelen waarin zich gas bevindt en met name waaruit dit vrij kan komen.
Er wordt echter beschreven dat beneden een bepaalde totale hoeveelheid aanwezig gas (< 5 kg) het “niet zinvol” *(NPR 7910)* is om een zonering aan te brengen.
Op basis van een voorbeeldberekening is aannemelijk dat de totale hoeveelheid methaan in geothermie-installaties na de ontgasser beneden deze grenswaarde blijft. Een zone-indeling binnen is dan ook waarschijnlijk niet verplicht, maar dit zal individueel getoetst moeten worden.

Integriteitseffecten

Afhankelijk van het type staal dat gebruikt wordt en de diverse overige omstandigheden zoals druk, chloridegehalte en temperatuur geldt dat bij lagere pH waarden van het proceswater de corrosiesnelheid sterk toeneemt. Het omslagpunt hierin is situatieafhankelijk maar ligt grofweg rond pH waardes van 4 à 5 voor staal. De pH van formatiewater ligt bij de meeste projecten al relatief laag, zodat een geringe afname voor extra corrosieproblemen kan zorgen.

Naast corrosie is scaling (neerslag) een potentieel probleem wat met name optreedt bij hogere pH waarden. Hierdoor ontstaan afzettingen op de materialen met onder andere kans op verstoppingen tot gevolg.
De zuurgraad heeft daarmee niet alleen impact op de integriteit van het systeem bovengronds maar potentieel ook ondergronds (injectiebron). Een balans zal daarbij gevonden moeten worden tussen een te hoge pH met kans op scaling en een te lage pH met kans op versnelde corrosie.

Figuur 6 (Alamad, 2003) laat een principegrafiek zien waarin zowel scaling als corrosie in een zout milieu staat weergegeven.



Figuur 7 principegrafiek corrosiesnelheid en scaling staal zout water

Het bepalen van de pH van het formatiewater op basis van de analyses van het water is van veel factoren afhankelijk, waaronder temperatuur, druk, zoutgehalte, zoutsamenstelling, opgeloste hoeveelheid CO2 en methaan. Te veel factoren spelen een rol om tijdens bedrijf zonder meting te kunnen bepalen of berekenen wat de pH op verschillende punten in het systeem zal zijn.
Vastgesteld is wel dat er meerdere veranderingen optreden in de gassamenstelling en daarmee hoogstwaarschijnlijk in de zuurgraad van het water tussen het moment van oppompen en het moment van injecteren.

7.2. AANBEVELINGEN

Aangezien er sterke aanwijzingen zijn dat met name aan de warme zijde van het systeem vrij gas in onder andere de leidingen aanwezig is, dient het aanbeveling om hier bij het openen van de installatie rekening mee te houden. Bijvoorbeeld bij het wisselen van de filter en het daartoe openen van de behuizingen. Bij veel installaties wordt dit overigens opgevangen door het leegdrukken van de filterbehuizingen met stikstof. Het verdient aanbeveling een zogenaamde purge-procedure op te nemen in het VG systeem.

Gebleken is dat er restontgassing plaats vindt binnen de bovengrondse installaties na de ontgassertank. Dit betreft naast een grote fractie methaan ook een significante fractie CO2. Met name die laatste heeft impact op de pH waarde van het water en daarmee rechtstreeks invloed op de corrosiesnelheid in het systeem. Het verdient aanbeveling om te onderzoeken of het plaatsen/monteren van extra pH meters op diverse plaatsen in het systeem uitvoerbaar is. Dit maakt het mogelijk om de integriteit beter te monitoren en met mogelijkerwijs bij te sturen door bijvoorbeeld het aanpassen van de systeemsettings (druk).

Een waargenomen trend is dat de hoogte van de ontgasserdruk en daarmee de systeemdruk van invloed is op de hoeveelheid gas die achter blijft in het water door de bovengrondse installaties wordt gevoerd. Het verdient aanbeveling voor een operator om voor de eigen installatie vast te stellen hoeveel gas er in het systeem aanwezig is en of het noodzakelijk is naar aanleiding van de resultaten de ontgasserdruk aan te passen om de verplichting tot zonering te voorkomen.

We hebben als laatste geconstateerd dat er aanwijzingen zijn dat er enige vorm van zuurstof (lage concentratie) in het systeem aanwezig kán zijn. Het verdient aanbeveling om dit niet alleen in de exploitatiefase regelmatig te analyseren, maar met name voor nieuwe projecten ook zuurstofanalyses mee te nemen in de pVT rapporten tijdens de puttesten. Op deze manier kan uitgesloten worden dat er zuurstof in het formatiewater aanwezig is, of wordt ingebracht door het systeem. Wellicht kan in specifieke gevallen zelfs gebruik gemaakt worden van een inline zuurstofsensor om dit continu te monitoren.

Als aanvullende maatregelen om de veiligheid verder te vergroten, kan het aanbrengen van gasdetectie (methaan) in de nok van de pomphuizen overwogen worden. Nut en noodzaak van een dergelijke maatregel zal per locatie beoordeeld moeten worden.

8. Disclaimer

De resultaten uit dit rapport zijn specifiek voor de in dit rapport beschreven monsters. Elke operator dient voor elke doublet zijn eigen (nieuwe) analyse uit te voeren.

Aan dit rapport kunnen geen juridische rechten worden ontleent.
De operator is zelf verantwoordelijk voor zijn explosieveiligheidsdocumenten en ATEX zonering.

9. Literatuurlijst

1) Stuyfzand P.J., Lüers F. en Reijnen G.K.; 1994; Geohydrochemische aspecten van methaan in grondwater in Nederland; H_2O nr. 17

2) Cirkel G., Hartog N., Gonzales B. en Stuyfzand P.; 2015; Methaan in ondiep Nederlands grondwater: Verbinding met de diepe ondergrondH_2O-Online 17 september 2015

3) Blount C.W.en Price L.C.;1982; Solubility of methane in water under natural conditions: a laboratory study; U.S. Department of Energy June 1982

4) Fish D.J.; 1997; Practical considerations of gas sampling; Pipeline and gas journal july 1997

5) Coleman D.D. en Coleman T.M.; 2013; Collecting water samples for the determination of dissolved gas concentrations; GWCP Annual forum september 2013

6) Coyne L., Kuhlman C. en Zovack N.; 2011; The Stability of Sulfur Compounds, Low Molecular Weight Gases, and VOCs in Four Air Sample Bag Materials; SKC Inc. Publication 1805 Rev 1510, 25 january 2011

7) Hangx S.J.T.; 2005; Behaviour of the CO2-H2O system and preliminary mineralisation model and experiments; CATO Workpackage 4.1-3-05

8) NPR 7910-1+C1:2012

9) pVT rapporten projectlocaties

10) https://www.alurvs.nl/roestvast-staal/artikellijst/7560/; 01-2020

11) te Gussinklo Ohmann R.H.; 2016; Eindrapportage_-_Optimal_Choice_of_Well-Materials; Kennisagenda Aardwarmte, 27 oktober 2016.

12) Alamad, M; 2003; Experimental Study of Scale Formation in Sea Water Environment, 7 april 2003

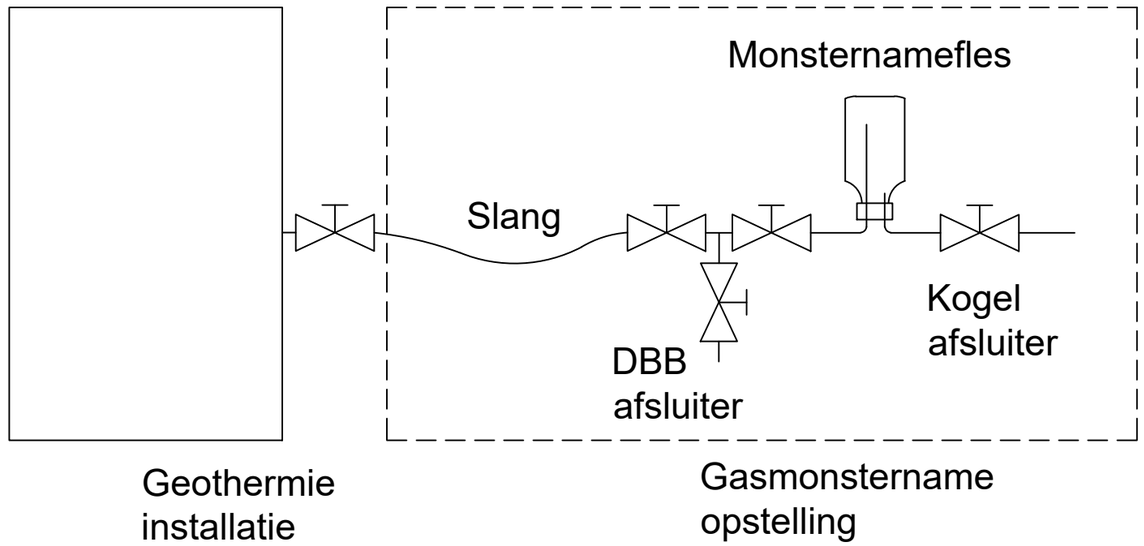
BIJLAGEN

Bijlage 1: Schematische opstelling

Bijlage 2: Hazop monstername

Bijlage 3: Samenvatting testresultaten

BIJLAGE 1



Onderdeel opstelling	Pdesign	Tdesign
	barg	°C
Koppelingen NPT/BSP	63	100
Slang met wapening	16	100
Swagelok tubing	297,6	204
Instrumentatie klep DBB	338	121
Fles borosilicaat glas PU coating	-	100
Kogelkraan	182	121

Opdrachtgever
EBN

Klantnr.	**Datum (jjmmdd)**	**Tekenaar**
233700-A	200117	MdD

Omschrijving
Gasmonstername opstelling

Bladnr. - Benaming
01-Principe

Schaal **n.v.t.** Papier formaat **A3**

AAB Nederland
Jupiter 420 (2e verdieping HBC)
2675 LX Honselersdijk
+31 (0) 174 637 637
info@aabnl.nl
www.AABnl.nl

ISO 9001

Auteursrechten voorbehouden. Deze tekening is niet geschikt voor de uitvoering. Deze tekening is eigendom van AAB Nederland bv en mag zonder onze toestemming niet worden gekopiëerd of aan derden ter inzage gegeven worden.

Tekeningnummer:233700-A-200117-MDD-Gasmonstername opstelling-01-Principe

BIJLAGE 2

Hazop Gasmonstername opstelling

#	Event	Consequentie	Scores					Genomen/Geplande acties	Success (%)	Residual Risk (R)		Aanvullende actie nodig	Verantwoordelijk	deadline
			Cons (C)	Expo (E)	Like (L)	Risk (R)								
1. Deelaspect: Stroming (flow)														
1.1	Geen stroming naar monstername set	• Geen gasmonstername	1,7	1,6	2,5	6,8	Minor	• Controle stand afsluiter, openzetten • Controle stand afsluiter (dbb), openzetten	90%	0,7	Minor			
1.2	Geen productie dus geen stroming installatie	• Geen monstername mogelijk	1,7	1,6	1,2	3,3	Minor	• Contact operator over testmoment	75%	0,8	Minor			
1.3	Hogere flow dan systeeminstelling	• Hoge flow naar monstername set	3	6,3	1,2	22,7	Moderate	• Gebruik van kleine afsluiters voor aansluiting monstername set waardoor beperking in de flow ontstaat • Gebruik van instrumentatieklep (dbb) in monstername set verzorgt lage flow	85%	3,4	Minor			
2. Deelaspect: Lekkage														
2.1	Lekkage slangaansluitingen door onvoldoende aandraaimoment	• Heet, zout bronwater komt vrij • Kans op brandwonden • Zuurstof intreding • Meting onbetrouwbaar	3	3,1	2,5	23,3	Moderate	• Aandraaien aansluitingen (bronaanpak) • Toepassen van PBM's (overall, handschoenen PVC lang, bril, helm)	80%	4,7	Minor			
2.2	Wegvloeien water uit monstername set	• Heet, zout bronwater komt vrij • Kans op brandwonden	3	3,1	5	46,5	High	• Gebruik van emmers om wegvloeiend water op te vangen • Toepassen van PBM's (overall, handschoenen PVC lang, bril, helm)	90%	4,7	Minor			
3. Deelaspect: Druk														
3.1	Wegvallende druk van installatie	• Geen gasmonstername • Meting onbetrouwbaar	1,7	1,6	2,5	6,8	Minor	• Controle stand afsluiter, openzetten	80%	1,4	Minor			
3.2	Geen druk door instrumentieafsluiter (dbb)	• Geen gasmonstername	1,7	0,8	2,5	3,4	Minor	• Controle stand dbb afsluiter, openzetten	80%	0,7	Minor			
3.3	Hoge druk door incident	• (Zeer) hoge druk wordt overgebracht op monstername set (drukvrije delen)	3	3,1	2,5	23,3	Moderate	• Slangen en afsluiters geschikt voor 16 bar designdruk • DBB afsluiter kan druk tot 338 barg aan	75%	5,8	Minor			
3.4	Druk op monstername fles door operator fout	• Door verkeerde procedure wordt druk in de monsternamefles opgebouwd	3	3,1	2,5	23,3	Moderate	• Controle stand afsluiters voor bedienen instrumentatieklep (dbb) • Fles voorzien van PU coating waardoor geen losse scherven ontstaan	50%	11,6	Minor			
4. Deelaspect: Schade aan opstelling														
4.1	Vallen van gereedschap op opstelling	• Schade aan monsternamefles • kans op snijwonden • Meting onbetrouwbaar • Heet, zout bronwater komt vrij • Kans op brandwonden	1,7	0,8	2,5	3,4	Minor	• Fles voorzien van PU coating waardoor geen losse scherven ontstaan	80%	0,7	Minor			
4.2	Omvallen van opstelling	• Schade aan monsternamefles • kans op snijwonden • Losraken koppelingen, mogelijk lekkage • Meting onbetrouwbaar • Heet, zout bronwater komt vrij • Kans op brandwonden	1,7	0,8	2,5	3,4	Minor	• Fles voorzien van PU coating waardoor geen losse scherven ontstaan • Opstelling voorzien van stevige houder (vierpoot)	80%	0,7	Minor			

2D RISK ASSESSMENT MATRIX

EXPOSURE (E)									
Accident Scenario Frequency (1/year)		$< 10^{-6}$	10^{-6} to 10^{-5}	10^{-5} to 10^{-4}	10^{-4} to 10^{-3}	10^{-3} to 10^{-2}	10^{-2} to 10^{-1}	10^{-1} to 1	1 to 100
Value		0,4	0,8	1,6	3,1	6,3	12,5	25	100
Area of assessment	Specific sector of activity at global level	Unheard of	It has not happend	It has happend before	It has happend in the last five years	It happens on an annual basis	It happens on a monthly basis		
	Specific sector of activity in Operations					It has happend before	It has happend in the last five years	It happens on an annual basis	It happens on a monthly basis
	According to the area of the business/activity						It has happend before	It has happend in the last five years	It happens on an annual basis

CONSEQUENCES (C)													
Level of consequences	Personal Injuries	Damage to property and loss of profits Enviromental remediation costs (€)	Environment damage	Level of difussion; reputation	Value								
Low	Incident without lost time	€ 5 k - € 100 k	Non-significant enviromental incident in an area without guaranteed containment, causing local environmental damage within the limits of the property	No dissemination	1,7								
Moderate	Up to 30 days of lost time. <1% probability of 1 death	€ 100 k - € 1 M	Relevant environmental damage that exceeds the levels of reference for environmental quality or is capable of generating legal action and does not have permanent effects	Green level crisis	3								
Serious	Over 30 days of lost time. <10% probability of 1 death	€ 1 M - € 10 M	Serious environmental damage that could affect the property's environment, which exceeds in large areas the reference levels for environmental quality and could affect third parties	Yellow level crisis	7								
Very Serious	Could cause a death or permanent injuries	€ 10 M - € 100 M	Very serious environmental damage. The company is required to provide correction and/or significant compensation measures, in large areas it esceeds the reference levels for environmental quality; high probability of permanent residual damage	Red level crisis	16								
Disastrous	Could cause between 2 and 9 deaths	€ 100 M - € 1000 M	Catastrophic environmental damage; loss of environmental resources and services. Permanent damage	Temporary international affectation	40								
Catastrophic	Could cause 10 deaths or more	> € 1000 M	Catastrophic and widespread environmental damage; extensive loss of environmental resources and services. Permanent damage	Permanent international affectation	100								

LIKELIHOOD (L)		VALUE
Almost impossible	10^{-6}	0,3
Highly unlikely	10^{-4}	0,6
Remotely possible	10^{-3}	1,2
Unusual	10^{-2}	2,5
possible	10^{-1}	5
Almost definetely	10^{-0}	10

Notes:

1.- The likelihood should be studied independently for each consequence.

RISK (R)		
Type	**R = E x L x C**	**Neccesary actions**
Minor risk	**R ≤ 14**	Assess the need for correct measures with the objective of providing continuous improvement. Measures that involve a low level of investment will be implemented.
Moderate risk	**14 < R ≤ 35**	Normal priority corrective measures (can be implemented after startup). All measures with a benefit that outweighs the cost must be implemented. **Lower authorisation level**
High risk	**35 < R ≤ 82**	High priority corrective measures (must be implemented before startup). Pre-startup review. The risk reduction measures required to reduce the risk to at least a moderate level must be assessed, recorded and implemented wherever reasonably possible. The risk must be re-assessed after the prevention and/or mitigation measures have been implemented. **Higher authorisation level**
Urgent risk	**82 < R ≤ 350**	Inmediate priority corrective measures. The risk reduction measure required to reduce the risk to a lower risk level must be assessed, recorded and implemented. Said measures must be recorded and verified to ensure they are implemented in a suitable manner and within the required timescales. The **autorisation of the Business Committee** is required in order to continue with an activity with this level of risk
Extreme risk	**R > 350**	Assess whether to suspend the activity if measures to reduce the level of risk are not taken. **The authorisation of the Managment Committee is required in order to continue with an activity with this level of risk.**

RISK (R) = EXPOSURE (E) x LIKELIHOOD (L) x CONSEQUENCE (C)

BIJLAGE 3

Samenvatting metingen

Geothermie monsternames

Monster ID	Project	Locatie	Positie monster Kenmerk 1	Positie monster Kenmerk 1	T monster [°C]	p monster [barg]	ml/l	P1 [barg]	P2 [barg]	T1 [°C]	T2 [°C]	Q [m3/hr]	ph	Mol% O2	Mol% N2	Mol% CH4	Mol% CO2	Sample zak	Date analysis
19001	233700	Project site 1	Voor injectiefilter		34	6,2	81,7	7,1	6,2	86	34		5,39	2,097	7,986	73,839	14,527	Flexfoil	20-jun-19
19002	233700	Project site 1	Na ontgasser		85,7	5,5	87,5	5,5	4,6	85,7	36,3	211	5,62	2,294	8,291	63,965	24,128	Flexfoil	24-jul-19
19003	233700	Project site 2	Na ontgasser		93,4	5	150,0	5	4,3	93,4	34,9	165,6	4,4	4,758	17,25	46,109	30,845	Flexfoil	23-jul-19
19004	233700	Project site 2	Na injectiefilter		34,6	4,2	49,0	5	4,2	91,3	34,6	156	4,4	2,84	10,03	72,804	12,704	Flexfoil	3-sep-19
19005	233700	Project site 3	Voor injectiepompen		37,9	5,5	55,6	4,5	5,5	59,5	37,9	195,8	6,3	2,761	10,237	80,466	5,636	SKC Flexfoil+	8-okt-19
19006	233700	Project site 3	Na ontgasser	Direct voor boosterpomp	59,5	4,5	75,0	4,5	5,5	59,5	37,9	195,8	6,3	10,214	35,486	47,173	6,515	SKC Flexfoil+	9-okt-19
19007	233700	Project site 4	Na ontgasser	Voor boosterpomp	83,2	3,3	50,0	3,3	4	83,2	34,6	279	-	6,453	23,177	63,271	5,742	SKC Flexfoil+	10-okt-19
19008	233700	Project site 4	Voor injectiepompen		34,6	4	40,9	3,3	4	83,2	34,6	279	-	11,967	42,116	39,198	5,762	SKC Flexfoil+	11-okt-19
19009	233700	Project site 3	Na ontgasser	Direct voor boosterpomp	60	4,5	75,0	4,5	4,5	60	31,5	289,5	6,2	1,915	7,3	80,692	9,19	SKC Flexfoil+	21-nov-19