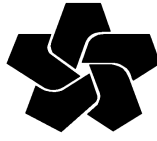


November 2016



Report: EP201611205806

NAM

Nederlandse Aardolie Maatschappij

Overkoepelende Risico Analyse Injectie van Schoonebeek Productiewater in Drenthe

This document is the property of Nederlandse Aardolie Maatschappij, and the copyright therein is vested in Nederlandse Aardolie Maatschappij. All rights reserved. Neither the whole nor any part of this document may be disclosed to others or reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form by any means (electronic, mechanical, reprographic recording or otherwise) without prior written consent of the copyright owner.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
1. Introductie	5
2. Vrijkomen van injectiewater als gevolg van zoutoplossing	6
3. Geïnduceerde bevingen als gevolg van waterinjectie	10
4. Reservoir integriteit	12
5. Putlekkage bij waterinjectie	14
6. Transportleiding lekkage bij waterinjectie.....	17
7. Conclusies	19
8. Referenties.....	20
9. Appendices	21

Samenvatting

In dit rapport wordt een analyse gepresenteerd van de belangrijkste risico's die geassocieerd zijn met mogelijke waterinjectie in oude (leeggeproduceerde) gasvelden Coevorden, Schoonebeek gas en Oosterhesselen in Drenthe.

Het productiewater dat vrijkomt bij de oliewinning in Schoonebeek wordt geïnjecteerd in de diepe ondergrond in een drietal leeggeproduceerde gasvelden in Twente (Tubbergen-Mander, Tubbergen en Rossum-Weerselo). De injectie is begonnen in januari 2011. Injectie in de Zechstein carbonaat reservoirs verloopt conform verwachting, maar het Carboon zandsteen reservoir blijkt niet geschikt voor injectie. Daardoor is de opslag capaciteit van de Twente injectie velden ontoereikend om de verwachte Schoonebeek water productie te kunnen accommoderen. Een studie naar uitbreidingsmogelijkheden van de waterinjectie capaciteit wees uit dat de Zechstein Carbonaat velden in Drenthe hiervoor in aanmerking komen. Daarbij zijn de Coevorden, Schoonebeek gas en Oosterhesselen velden het meest geschikt.

Voor Twente water injectie zijn ondergrondse risico's onderzocht en is een ondergrondse risico analyse opgesteld. Daarin wordt aandacht besteed aan de twee hoofd risico's die betrekking hebben op de diepe ondergrond:

- [1] het mogelijk oplossen van de afdekkende steenzoutlaag indien deze laag in aanraking zou komen met het injectiewater wat zou kunnen leiden tot het vrijkomen van injectie water en/of bodemdaling.
- [2] effecten van bodembewegingen (daling en trillingen) indien water geïnjecteerd wordt.

In deze risico analyse van de Drenthe velden worden de zelfde risico's behandeld. Daarbij worden de overeenkomsten en verschillen met de Twente velden aangegeven. Om een integraal overzicht te verkrijgen van alle risico's van verspreiding van stoffen, zijn in dit rapport voor de Drenthe velden tevens de risico's van put lekkage en transportleiding lekkage meegenomen. Om op een overzichtelijke wijze de risico analyse te presenteren is gebruik gemaakt van de "bow-tie" methodiek.

De risicoanalyse rond het mogelijk oplossen van de afdekkende zoutlagen bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden mits de juiste beheersmaatregelen worden geïmplementeerd. De geologische opbouw van de Drenthe velden verschilt licht van die van Twente, maar leidt tot een zelfde risico bepaling. Dit houdt in dat preventie van grondwatervervuiling door het in de ondergrond ongecontroleerd vrijkomen van injectiewater alsmede lokale/regionale bodemdaling als gevolg van zoutoplossing op een goede manier preventief geborgd kunnen worden. Eveneens kunnen er verschillende beheersmaatregelen geïmplementeerd worden die vroegtijdige detectie van eventuele problemen ten doel hebben en de mogelijkheid van verdere escalatie beogen te minimaliseren.

Ook de risicoanalyse rond de effecten van een door waterinjectie geïnduceerde aardbeving bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden mits de juiste beheersmaatregelen worden geïmplementeerd. In Drenthe is het seismisch risico iets hoger dan in Twente omdat er voelbare aardbevingen geweest zijn tijdens gas productie (Emmen en Dalen). Op basis van historische aardbevingsgegevens zijn de Coevorden, Schoonebeek Gas en Oosterhesselen velden het meest geschikt voor water injectie. In deze velden zijn geen of slechts kleine, niet voelbare bevingen gedurende gas productie geregistreerd. In de velden Coevorden en Schoonebeek Gas heeft gedurende meer dan 10 jaar ook al waterinjectie plaatsgevonden waarbij geen aardbevingen geregistreerd zijn.

De analyse van het risico van geochemische incompatibiliteit bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden, mits de relevante preventieve en reactieve beheersmaatregelen geïmplementeerd worden in een water injectie management plan.

De analyse van het risico van put lekkage bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden mits de juiste preventieve en reactieve beheersmaatregelen worden geïmplementeerd. Het feit dat alle putten moeten voldoen aan het dubbele barrière concept maakt dat het uiterst onwaarschijnlijk is dat injectiewater uit een put kan lekken.

Ook de analyse van het risico van transportleiding lekkage bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden. Er is een spectrum aan preventieve maatregelen geïdentificeerd. In het geval dat er toch een lekkage optreedt, zal er direct gereageerd worden om de lekkage zo veel mogelijk te beperken. Ook wordt de verontreinigde bodem dan onverwijld gesaneerd, zodat de

verontreiniging opgeruimd wordt. Het effect van een lekkage is hiermee tijdelijk van aard en herstelbaar.

In een recente brief aan de Tweede Kamer (Injectie van productiewater bij olie- en gaswinning, Kamerbrief Minister van Economische Zaken, DGETM-EM / 15020314) heeft de Minister van Economische Zaken bevestigd dat zowel op het vlak van injectiewaterlekkage, bevingen en bodemdaling er een uitgebreid en afdoende monitoringsprogramma is geïmplementeerd dat door toezicht van SodM binnen het vergunningskader voldoende waarborgen geeft voor Veiligheid en Milieu.

1. Inleiding

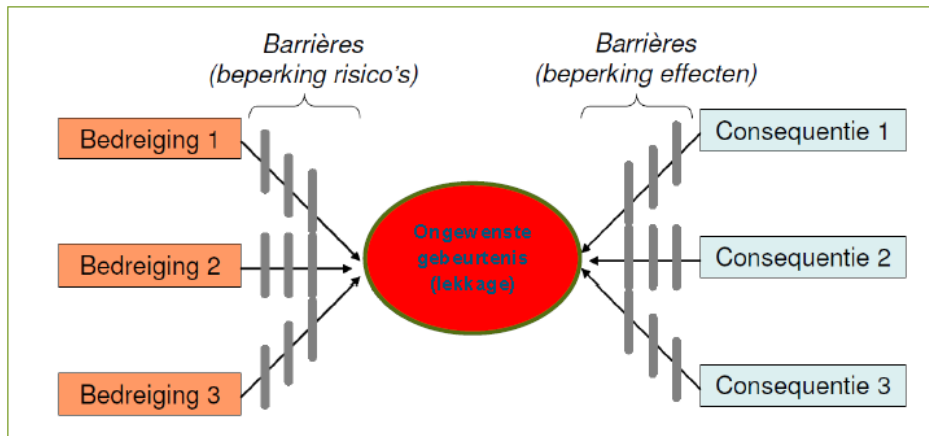
Het productiewater dat vrijkomt bij de oliewinning in Schoonebeek wordt geïnjecteerd in de diepe ondergrond in een drietal leeggeproduceerde gasvelden in Twente (Tubbergen-Mander, Tubbergen en Rossum-Weerselo). De injectie is begonnen in januari 2011. Injectie in de Zechstein carbonaat reservoirs verloopt conform verwachting, maar het Carboon zandsteen reservoir blijkt niet geschikt voor injectie (Ref 11). Daardoor is de opslag capaciteit van de Twente injectie velden ontoereikend om de verwachte Schoonebeek water productie te kunnen accommoderen. Een studie naar uitbreidingsmogelijkheden van de waterinjectie capaciteit wees uit dat de Zechstein Carbonaat velden in Drenthe hiervoor in aanmerking komen. Daarbij zijn de Coevorden, Schoonebeek gas en Oosterhesselen velden het meest geschikt (Ref 11).

Voor Twente water injectie zijn ondergrondse risico's onderzocht (Ref 1-4) en is een ondergrondse risico analyse opgesteld (Ref 17). Daarin wordt aandacht besteed aan de twee hoofd risico's die betrekking hebben op de diepe ondergrond:

- [1] het mogelijk oplossen van de afdekkende steenzoutlaag indien deze laag in aanraking zou komen met het injectiewater wat zou kunnen leiden tot het vrijkomen van injectie water en/of bodemdaling.
- [2] effecten van bodembewegingen (daling en trillingen) indien water geïnjecteerd wordt.

In deze risico analyse van de Drenthe velden worden de zelfde risico's behandeld. Daarbij worden de overeenkomsten en verschillen met de Twente velden aangegeven. Om een integraal overzicht te verkrijgen van de risico's van verspreiding van stoffen, zijn in dit rapport voor de Drenthe velden tevens de risico's van put lekkage en transportleiding lekkage meegenomen.

Om op een overzichtelijke wijze de risico analyse te presenteren is gebruik gemaakt van de "bow-tie" methodiek (Figuur 1). Hierbij is een ongewenste gebeurtenis geïdentificeerd (midden), met de mogelijke bedreigingen die de gebeurtenissen kunnen veroorzaken (links) en de mogelijke consequenties van de gebeurtenissen (rechts). De barrières moeten voorkomen dat een bedreiging echt plaatsvindt door middel van preventieve maatregelen (links), en dat de gevolgen van een gebeurtenis zoveel mogelijk beperkt worden door middel van reactieve maatregelen (rechts).



Figuur 1: Bow tie methodiek voor risico analyse

2. Vrijkomen van injectiewater als gevolg van zoutoplossing

Het reservoir van de injectie velden bestaat uit kalksteen. Daar overheen ligt een laag ondoordringbaar anhydriet, gevolgd door een dik pakket ondoordringbaar steenzout. Daarna volgen nog zo'n 1000 meter (Twente) tot 3000 meter (Drenthe) aan klei en zandsteen pakketten. De anhydriet laag en het steenzout vormen de afdichtende laag die gedurende miljoenen jaren het gas tegengehouden hebben. Deze afdichtende lagen zorgen er ook voor dat het injectiewater goed opgeborgen blijft en niet naar boven kan komen.

Het injectiewater is zout, maar niet verzadigd met zout. Het oplossen van de afdichtende steenzout laag is een risico dat zou kunnen leiden tot de verspreiding van het injectiewater. Appendix 1 laat een bow-tie analyse zien van de mogelijke oorzaken en gevolgen die op zouden kunnen treden mocht oplossing van steenzout plaatsvinden. Daarnaast zijn de barrières en beschermende maatregelen genoemd die zowel in het voortraject (voor aanvang van waterinjectie) als ook naderhand genomen zijn dan wel uitgevoerd zouden kunnen worden mocht lekkage geconstateerd worden. De bow-tie analyse is primair ontwikkeld voor Tubbergen-Mander, Tubbergen en Rossum-Weerselo, maar is ook toepasbaar op Zechstein carbonaat velden in Drenthe. Daar waar er verschillen zijn tussen de situatie in Twente en Drenthe is dat aangegeven. Om te beginnen is in Twente sprake van operationele installaties, leidingen en putten met gedetailleerde monitoring activiteiten verankerd in verleende vergunningen. In Drenthe is dat niet het geval, maar zou een soortgelijk systeem geïmplementeerd worden indien water injectie daadwerkelijk plaats zou gaan vinden.

De mogelijke risico's linksboven in de bow-tie analyse (appendix 1) zijn geassocieerd met mogelijke oplossing van zout ter hoogte van het reservoir, direct bij de injectieputten. De mogelijke risico's linksonder zijn geassocieerd met mogelijke oplossing van zout in het reservoir verder van de injectieput vandaan.

Op basis van uitgebreide modelleringen is aangetoond dat zoutoplossing alleen waarschijnlijk is als tegelijkertijd aan twee zeer specifieke condities voldaan wordt (Ref 1):

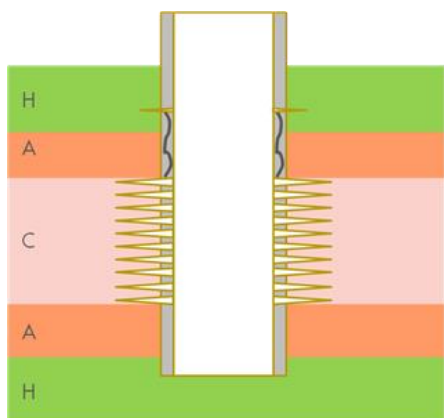
- [1] het (niet zout verzadigde) injectiewater moet in direct contact kunnen komen met het steenzout
- [2] het injectiewater moet in voldoende mate langs het steenzout kunnen doorstromen om steeds weer "vers" (niet zout verzadigd) water aan te voeren.

Volledig met zout verzadigd water heeft een zoutgehalte van ongeveer 300 g/l. Het zoutgehalte van het injectiewater is veel lager. Het injectiewater is afkomstig uit Schoonebeek waar het als productiewater vrijkomt bij de oliewinning. In Schoonebeek wordt stoom geïnjecteerd om de stroperige olie te verwarmen en zo de winning te bevorderen. De stoom condenseert in het olie reservoir waar het zich mengt met het aanwezige zoute formatiewater. Dit watermengsel komt mee naar boven met de oliewinning als productiewater. Doordat er steeds meer gecondenseerd stoom bij komt, neemt het zoutgehalte in het productiewater in de loop der tijd af. Het zoutgehalte was bij aanvang ongeveer 90 g/l. In 2015 was het water ongeveer even zout als zeewater (ongeveer 34 g/l). De verwachting is dat het zoutgehalte verder zal afnemen naar ongeveer 10 g/l. Het Schoonebeek productiewater gaat in Twente de diepe ondergrond in als injectiewater. Het zoutgehalte van het injectiewater is bepalend voor het vermogen van het water om zout op te lossen. In de modelleringen (Ref 1) is de conservatieve aanname gedaan dat het injectiewater altijd een zoutgehalte heeft van 1 g/l. Derhalve is de afname van het zoutgehalte en de toenemende capaciteit van het injectiewater om zout op te lossen al meegenomen in de analyse.

Uit een beschouwing van de putten, waarin het water wordt geïnjecteerd, in samenhang met de geologie van de injectiereservoirs (carbonaatlagen) en afdichtende lagen (anhydriet en steenzout lagen) in de diepe ondergrond (Ref 1, 2), zijn slechts een paar scenarios geïdentificeerd, waarbij in theorie injectiewater langs het zout zou kunnen stromen:

1. Dichtbij de put ('near-wellbore') (risico's linksboven in de bow-tie van Appendix 1 en Figuur 2) Direct rondom een put zou injectiewater dat op diepte van de carbonaatlaag (C) wordt geïnjecteerd via mogelijke scheurtjes in het cement (als deze van een slechte kwaliteit is) rondom de verbuizing naar de onder- of bovenliggende steenzoutlaag (H) kunnen stromen. Daarnaast kan het injectiewater ook in contact komen met het zout als er een lek in de ondergrondse verbuizing is ontstaan. (zie figuur 2). Elk afzonderlijk kunnen deze situaties niet tot duidelijke zoutoplossing leiden, omdat het niet verzadigde injectiewater niet rond kan stromen. Het water raakt daardoor snel verzadigd en kan niet

nog meer zout oplossen. Slechts een combinatie van deze twee situaties kan een continu stromingspad opleveren wat mogelijk wel tot aantasting van de zoutlaag zou kunnen leiden.



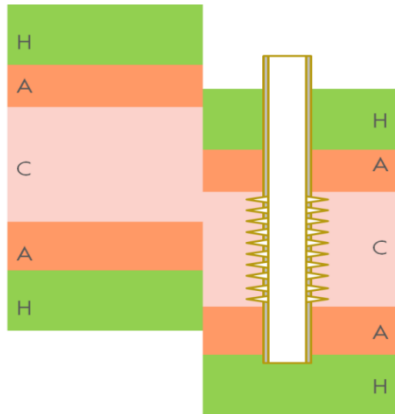
Figuur 2: Schematische weergave van een theoretisch scenario waarbij dichtbij de put injectie water in contact zou kunnen komen met het Steenzout of Halië (H): via injectie in het Carbonaat (C), waarna het via mogelijke scheurtjes (blauwe lijntjes) in slechte kwaliteit cement rondom de verbuizing langs de Anhydrietlaag (A) en het Halië stroomt, dan wel via een lek in de verbuizing op diepte van het Halië (rode spitse punten in laag H), waarna het weglekt naar het Carbonaat

Een primaire barrière is het controleren van de druk waarmee het water in het reservoir gepompt wordt. Hiervoor is in de Waterinjectievergunning voor iedere injectieput een maximale pompdruk tijdens injectie afgesproken waarbij wordt voorkomen dat de kans op mogelijke scheurvorming in de onder en bovenliggende afdichtende anhydrietlagen sterk gereduceerd wordt. Bovendien wordt ervoor gezorgd dat de gemiddelde druk in het reservoir niet boven de oorspronkelijke reservoirdruk uitkomt. Aanvullende beschermende maatregelen zijn een goede en regelmatige inspectie van de injectieputten zelf. Deze inspectie is gericht op zowel de kwaliteit van de stalen verbuizingen in de put, als ook de kwaliteit van de cementlaag waarmee de verbuizing is vastgezet in het gesteente. Dergelijke inspecties (calliper, temperatuur en CBL logs) zijn een integraal onderdeel van het Waterinjectie Management Plan voor de injectievelden (Ref 5). De resultaten van de inspectieprogramma's moeten op jaarlijkse basis gedeeld worden met het bevoegd gezag en de toezichthouder (Staatstoezicht van de Mijnen).

Mocht er onverhoopt toch injectiewater onder druk langs de verbuizing naar boven komen, dan zal dit niet direct in contact komen met grondwater. Tussen het injectiereservoir en het grondwaterniveau zit een gesteentepakket van 800-3000 meter dik waarin zich meerdere goed afdichtende kleisteenlagen bevinden die elk op zich het omhoog stromen zullen tegengaan.

2. Op afstand van de put ('far-field') (risico's linksonder in de bow-tie van Appendix 1 en Figuur 3)

Op basis van vele boorputgegevens kan worden aangetoond dat de lege carbonaat gasreservoirs in Twente overal zowel aan de boven- als onderzijde gescheiden worden van het steenzout door een onoplosbare anhydrietlaag (Ref 2). In de Drenthe velden zijn deze anhydrietlagen ook overal aanwezig, maar er bevindt zich geen steenzout onder het reservoir. De bovenste anhydrietlaag vormt een perfecte afsluiting (barrière) die er ook gedurende vele miljoenen jaren voor gezorgd heeft dat het gas in deze reservoirs opgesloten is gebleven. Als er in het gesteente geen breuken aanwezig zijn, dan kan op afstand van de put door de aanwezigheid van onoplosbare anhydrietlagen tussen het carbonaat en het steenzout geen contact ontstaan tussen het injectiewater en het steenzout. Alleen in de buurt van breuken is een situatie denkbaar waarbij het injectiewater in contact zou kunnen komen met het steenzout (zie Figuur 3) doordat de verschillende lagen aan weerszijde van en langs de breuk in diepte zijn verschoven. Om stroming van injectiewater langs breuken te beperken dient er voldoende afstand te zijn tussen injectieputten en breuken. Putten die te dicht bij breuken staan worden daarom niet gebruikt voor water injectie. Gedetailleerde simulatie modellen (Ref 1) laten zien dat met een, niet realistische, injectiesnelheid van 2500 m³/d gedurende 20 jaar (cumulatief geïnjecteerd volume van 15 mln m³) een afstand van 140 meter tussen put en breuk voldoende is om het risico van zout oplossing langs breuken te beperken. Omdat de verwachte injectiesnelheden en volumes gemiddeld een factor 2 tot 3 lager liggen wordt de conservatieve afstand van 100 meter aangenomen.



Figuur 3: Als de carbonaat laag (C) op afstand van de put door verschuiving langs de breuk in diepte overlapt met het haliet (H) zou injectiewater in direct contact met het Haliet kunnen komen.

NB: in Drenthe bevindt er zich geen haliet onder het reservoir

Na verloop van tijd is het injectie reservoir vol. Dit kan enkele jaren tot enkele tientallen jaren duren. Daarna worden de putten opgeruimd en stopt de stroming in het reservoir. De primaire barriere tussen het opgeslagen injectiewater en het haliet is de tussenliggende onoplosbare anhydriet laag. Indien er toch ergens contact is tussen het stilstaande injectiewater en het haliet (bijvoorbeeld bij een breuk), dan kan dit haliet in eerste instantie alleen oplossen door diffusie, wat een zeer traag proces is. Model berekeningen laten zien dat het tienduizenden jaren duurt voordat er voldoende haliet opgelost kan zijn om een convectie stroom op gang te brengen (Ref 1).

Mocht er, ondanks alle preventieve omstandigheden en maatregelen, toch zoutoplossing plaatsvinden, bijvoorbeeld bij een put of bij een breuk, dan is het praktisch onmogelijk dat er een holte or “caverne” kan ontstaan. Op de diepte van de injectiereservoirs is het steenzout plastisch. De druk in het plastische zout is altijd hoger dan de druk in het injectiewater. Indien er een holte zou ontstaan zou deze snel gevuld worden door zout kruip. Dit effect is het sterkst in de Drenthe velden omdat de snelheid van zout kruip hoger is op grotere diepte. Door het plastische gedrag kan zout toestromen uit een uitgestrekt gebied, waardoor er geen lokale verzakkingen verwacht worden en de afdekkende werking van het zout intact blijft. Om de mogelijke gevolgen in het geval van extreme zoutoplossing te testen zijn model berekeningen verricht aan een van de Twente reservoirs (Tubbergen) waarbij een maximale (niet realistische) zoutoplossings situatie nagebootst wordt (Ref 3). Die studies laten zien dat in het meest extreme geval op een termijn van duizenden jaren zoutoplossing zou kunnen optreden. Hierbij wordt minder dan 1% van het totale volume van de zoutlaag boven het reservoir opgelost, wat inhoudt dat zelfs in dit extreme scenario de integriteit van de afdekkende zoutlaag gegarandeerd blijft. De studie laat ook zien dat deze bodemdaling zich zal manifesteren aan het oppervlak als een geleidelijke komvormige verzakking met een diameter van ongeveer 5 kilometer die op zijn diepste punt een diepte heeft van ca. 12-14 cm. Dit toont ook aan dat er als gevolg van waterinjectie in Twente en Drenthe geen sprake zal zijn van zeer lokale, dicht aan het oppervlakte veroorzaakte, verzakkingen.

De NAM rapporten over zout oplossing risico in Twente (Ref 1-3) zijn door SodM onderworpen aan onafhankelijke reviews door de universiteiten van Clausthal en Parijs (ParisTech) (Ref 10):

Conclusie review prof. Hou, Clausthal m.b.t. de zoutrapporten:

“Based on my review of all three reports, it can be concluded that the study assumptions are conservative or even too conservative; modelling approaches and conclusions are logic, realistic and acceptable; the long term stability of the halite seal (e.g. cavern development, breach of confinement) due to the halite dissolution in the low salt-saturated injection water is confirmed; and the reported large scale volumes of fresh water injection in the Zechstein carbonate reservoirs (ZEZ2C & ZEZ3C) can be a sustainable safe operation in the long-term (more than 1,000 years).”

Conclusies review team Dr Bruel, Parijs m.b.t. de zoutrapporten:

“Our feeling is that the safety of the long-term storage is not questioned”

“A common survey consisting in (of) water wells monitoring combined with time series of satellite-based measurements of the surface deformation will be sufficient in the early phase to ensure that the storage behaves as expected.”

Als beschermende maatregel wordt het gebied boven de injectievelden regelmatig op bodembeweging gecontroleerd. Als er door waterinjectie al bodemdaling zou optreden zijn dit bewegingen die gelijkmatig en zeer geleidelijk plaatsvinden en geen aanleiding geven tot schade aan infrastructuur of bebouwing. Direct bij de waterinjectieputten zullen de regelmatige metingen een vroegtijdige indicatie geven van mogelijke onregelmatigheden. Onverwachte drukken, veranderingen in de wanddikte van de ondergrondse verbuizing, temperatuur variaties in de putten zijn allemaal signalen die aangeven dat er mogelijk iets aan de hand is. In dat geval zal in eerste instantie de waterinjectie in de put terug genomen of zelfs helemaal gestopt worden. Vervolgens wordt een uitgebreide inspectie uitgevoerd die mogelijk zou kunnen leiden tot reparatie of, in een extreem geval, het permanent insluiten en abandoneren van de put.

In een recente brief naar de Tweede Kamer heeft de Minister van Economische Zaken (Ref 6, Appendix 5) bevestigd dat er in Twente, zowel op het vlak van injectiewaterlekkage als ook bodemdaling, een uitgebreid en afdoende monitoring programma is geïmplementeerd dat door toezicht van SodM binnen het vergunningskader voldoende waarborgen geeft voor Veiligheid en Milieu. Een gelijkwaardige monitoring zou voor Drenthe gelijke waarborgen voor Veiligheid en Milieu geven.

3. Geïnduceerde bevingen als gevolg van waterinjectie

Aardbevingen of trillingen kunnen ontstaan door spanningsveranderingen door productie of injectie in de diepe ondergrond. Vooral nabij bestaande breukzones kunnen er toe leiden, dat gesteentelagen ten opzichte van elkaar bewegen, wat wordt aangeduid als re-activatie van de breukzone. De bewegende gesteentelagen kunnen trillingen of aardbevingen veroorzaken.

Appendix 2 laat een bow-tie analyse zien van de mogelijke oorzaken en gevolgen die ten grondslag liggen aan een onverwachte beving als gevolg van waterinjectie. De meest extreme uitkomst zou kunnen zijn dat er schade aan gebouwen en infrastructuur op zou kunnen treden.

Wereldwijd is gebleken dat waterinjectie slechts in incidentele gevallen aardbevingen veroorzaakt. Uit een door TNO uitgevoerde vergelijking van velden waar door waterinjectie wel bodemtrillingen zijn voorgekomen, blijkt dat in nagenoeg al deze gevallen de druk in het reservoir gedurende de injectie was toegenomen tot niveaus die boven de oorspronkelijke druk van het veld liggen (Ref 8). Bij de waterinjectie in Nederland schrijven de verleende vergunningen voor dat de gemiddelde reservoirdruk onder de oorspronkelijke reservoirdruk dient te blijven. Deze vergunningsvoorwaarde en de monitoring die op basis hiervan bijvoorbeeld in Twente plaatsvindt (Ref 5 en 7) zijn belangrijke voorzorgsmaatregelen om dit risico te beperken en te monitoren.

Een andere factor die bijdraagt aan het risico voor aardbevingen is als direct in of in de directe nabijheid van grote en tektonisch actieve breuken geïnjecteerd wordt. In de weide omgeving van Zuidoost Drenthe is nog nooit een natuurlijke aardbeving geregistreerd. Breuken in de diepe ondergrond zijn niet herkenbaar in de topografie aan het maaiveld. Omgekeerd zijn duidelijke langgerekte hoogteverschillen zoals de Hondsrug niet gerelateerd aan breuken (Ref 18)

Als onderdeel van het Tussenrapport (Ref 11) is een kwalitatieve analyse gemaakt van de seismische dreiging (Ref 14). In Drenthe is de seismische dreiging iets hoger dan in Twente omdat er voelbare aardbevingen geweest zijn tijdens gas productie (Emmen en Dalen), het temperatuurverschil tussen het reservoir gesteente en het injectiewater hoger is en de breuken in de Drenthe velden groter zijn. Echter, de impact van mogelijke bevingen op de bovengrond zal voor de Drenthe velden minder zijn vanwege de diepere ligging van de velden. In het rapport wordt onderscheid gemaakt tussen velden met voelbare bevingen gedurende de gas productie fase (Emmen en Dalen) en velden met geen of kleine, niet voelbare bevingen gedurende gas productie (Coevorden, Schoonebeek gas, Oosterhesselen). In de velden Coevorden en Schoonebeek Gas heeft ook al gedurende meer dan 10 jaar waterinjectie plaatsgevonden. Hierbij zijn geen aardbevingen geregistreerd. Op basis van deze historische aardbevingsgegevens zijn de Coevorden, Schoonebeek Gas en Oosterhesselen velden het meest geschikt voor water injectie.

Deltares (Ref 12) heeft de aanbeveling gemaakt om op deze velden een seismische risico analyse uit te voeren volgens de leidraad van SodM (Ref 15). Deze aanbeveling is opgevolgd en beschreven in Ref 16. De analyse wijst uit dat Schoonebeek ZE en Oosterhesselen ZE in de laagste risico categorie zitten (cat. I) en dat Coevorden ZE net in een hogere categorie (cat. II) valt. Voor Coevorden ZE betekent dit dat een beving met de maximaal mogelijke magnitude schade zou kunnen veroorzaken. Echter, een beving met de maximaal mogelijke magnitude heeft niet het vermogen om dusdanige schade aan te richten aan industrie en speciale gebouwen om daarmee andere risico's te escaleren, zoals het doorbreken van dijken of buisleidingen. Dit betekent dat het veiligheidsrisico verwaarloosbaar is.

Voor de bovengenoemde velden geldt dat tot nu toe geen enkele beving gevoeld is door personen. Ook op basis van alle observaties bij water- en gasinjectie in Nederland lijkt het risico op schade door aardbevingen zeer beperkt. Aangezien dat nog niet wil zeggen dat het seismisch risico geheel kan worden uitgesloten en ook vanwege de schaal van de waterinjectie zullen voor alle velden de maatregelen geïmplementeerd worden die gegeven zijn in de leidraad voor categorie II velden. Het huidige KNMI geofon netwerk voldoet al aan de minimale cataloguscompleteit in de omgeving van het veld van magnitude 1,5. Wel zal aanvullend monitoring door middel van accelerometers uitgebreid worden. In de regio rond Emmen is het bestaande geofon netwerk al aangevuld met accelerometers in publieke gebouwen. NAM zal in overleg met KNMI bepalen of het realiseren van een accelerometer netwerk het beste gerealiseerd kan worden door middel van het uitrusten van de bestaande geofonstations met accelerometers (conform Twente) of, zoals bij Emmen, door middel van het plaatsen van accelerometers in publieke gebouwen. Bovenstaande monitoring vormt de onderbouwing voor het effectief implementeren van een risicomangement protocol zoals ook

opgesteld voor de Twente velden (Ref. 5 en 9). Dit risico management plan koppelt mogelijke observaties (lees: geregistreerde bevingen) aan acties (Fig 5).

Code Groen	$M \leq 1,5$	Injectie wordt voortgezet volgens plan
Code Geel	$1,5 < M \leq 2,5$	<p>Injectie wordt voortgezet volgens plan. De door de geofoons en accelerometers gemeten seismiciteit wordt geanalyseerd en vergeleken met de op dat moment beschikbare 'Ground Motion Prediction Equations (GMPE)'.</p> <p>Indien nodig wordt de GMPE aangepast, waarna met SodM wordt besproken of de magnitudes die de grenswaarden vormen voor deze categorie kunnen worden verhoogd. Mogelijk volgt hieruit dat ook de magnitudes die de grenswaarde vormen van code oranje en code rood worden verhoogd.</p>
Code Oranje	$2,5 < M \leq 3,0$	<p>De put die het dichtst bij de locatie ligt waar de activiteit is waargenomen wordt ingesloten. De gegevens worden geanalyseerd en gedeeld met SodM.</p> <p>In overleg met SodM wordt besloten of de water injectie in de put die het dichtst bij de locatie ligt waar de activiteit is waargenomen moet worden verminderd.</p>
Code Rood	$M > 3,0$	<p>De put die het dichtst bij de locatie ligt waar de activiteit is waargenomen wordt ingesloten.</p> <p>Te nemen maatregelen, zoals bijv. het controleren van de put integriteit en de proces installatie, worden besproken met SodM.</p>

Figuur 5: Seismisch risico en respons protocol voor Twente Waterinjectie

4. Reservoir integriteit

Reservoir integriteit gaat over de manier waarop en mate waarin water injectie kan leiden tot veranderingen in het reservoir gesteente en de mogelijke gevolgen van deze veranderingen. Hieronder wordt verstaan aantasting door:

- Chemische reacties
- Mechanische veranderingen
- Temperatuur

Deze risico analyse heeft betrekking op de integriteit van het Zechstein kalksteen reservoir. De risico analyse omtrent de integriteit van de afdekkende zoutlagen staat omschreven in hoofdstuk 1.

Chemische reacties

Wanneer het injectiewater of de mijnbouwhulpstoffen daarin chemisch niet compatibel zijn met het reservoir gesteente of het daarin aanwezige formatiewater, dan kunnen er ongewenste chemische reacties optreden. Dit kan leiden tot het verstopt raken van het reservoir waardoor injectie bemoeilijkt wordt, of –in theorie– tot het oplossen van mineralen waaruit het reservoir gesteente is opgebouwd. In dit hoofdstuk worden de oorzaken en gevolgen van mogelijke geochemische incompatibiliteit weergegeven. Verder wordt er ingegaan op preventieve maatregelen om de kans op incompatibiliteit te verkleinen, alsmede reactieve maatregelen om de mogelijke gevolgen te beperken.

NAM heeft een lange ervaring met het injecteren van water in zowel zandsteen als kalksteenformaties en eventuele daarmee geassocieerde geochemische reacties. Tot dusver is het bij de NAM (en de olie-industrie wereldwijd) nog niet voorgekomen dat een reservoir "oplost". De mineralen waaruit de reservoirs bestaan, zijn niet of nauwelijks oplosbaar in het te injecteren water. Aanslagvorming wat kan leiden tot verstopping komt wel voor, en daar richt de risico analyse zich dan ook meestal op (Ref 19).

Het productiewater uit het Schoonebeek olie veld dat wordt geïnjecteerd in de Zechstein reservoirs heeft een met het Zechstein formatiewater overeenkomstige samenstelling, waardoor er geen gevaar bestaat voor reacties met het Zechstein reservoir gesteente (Ref 19). Ook de pH van het injectiewater is zodanig hoog dat het Zechstein reservoir gesteente niet zal oplossen.

Incompatibiliteit van productiewater met het Zechstein formatiewater zou kunnen leiden tot het neerslaan van onoplosbare zouten. Dit verschijnsel kan plaatsvinden wanneer twee waterstromen worden gemengd en/of verandering van condities zoals bijvoorbeeld pH, druk en/of temperatuur optreedt. Mogelijk gevormde neerslag kan leiden tot verminderde injectiviteit doordat gesteente poriën verstopt kunnen raken. Doordat deze neerslagvorming gebaseerd is op fysische en chemische eigenschappen, kunnen deze door thermodynamische modellen worden voorspeld. Deze laten zien dat het risico van neerslagvorming in het Zechstein reservoir laag is (Ref 19). Mogelijkerwijs kunnen kleine hoeveelheden bariumsulfaat neergeslagen worden. Dit is te voorkomen door een antibarium-sulfaataanslagmoeistof toe te passen.

Tevens zijn de in het injectiewater voorkomende mijnbouwhulpstoffen onderzocht met betrekking tot chemische interactie met het Zechstein reservoir gesteente en formatiewater (Ref 19). De mijnbouwhulpstoffen zijn bedrijfsmatig ontwikkeld, waarbij alleen de leverancier de precieze samenstelling kent. Hoewel NAM de precieze samenstelling niet kent moet het wel duidelijk zijn dat de stoffen niet gevaarlijk zijn voor het gebruik. Aan de hand van risico-kaarten beschrijft de leverancier de veiligheidsaspecten. Dit is volgens wettelijke voorschriften, waarbij SodM toezicht en controle houdt. Daarbij krijgt SodM inzage in additionele gegevens van de leverancier. Het is zodoende niet mogelijk voor de NAM om de precieze samenstelling van de mijnbouwhulpstoffen te benoemen, maar wel de mate waarin de stoffen gevaarlijk of schadelijk kunnen zijn.

De mijnbouwhulpstoffen zijn in de toegepaste concentraties compatibel met het Zechstein reservoir gesteente en formatie water. De meeste mijnbouwhulpstoffen zijn niet reactief. Ze hechten zich bijvoorbeeld aan materialen en zorgen zodoende voor een beschermende laag. De H₂S binder is wel reactief met H₂S, maar de reactie producten die in het injectiewater voorkomen zijn niet reactief. De zuurstof binder kan aanslag vormen met componenten in het formatie water, maar het hoeveelheden zijn dusdanig klein dat het verwachte effect verwaarloosbaar is. De mijnbouwhulpstoffen hebben geen impact op het Zechstein reservoir gesteente zoals oplossing of chemische reacties met mineralen. Degradatie van mijnbouwhulpstoffen wordt niet verwacht, want dat zou tevens de functionaliteit van de stoffen verminderen, wat aan het licht zou zijn gekomen in het chemicaliën selectie proces.

Mochten er toch onverwachte reacties plaatsvinden, dan zal dat merkbaar zijn door veranderingen in de injectiviteit. Het verstopt raken van poriën zal gepaard gaan met toenemende injectiedruk. Injectiedrukken moeten regelmatig geëvalueerd worden, zoals dat in Twente gebeurt conform het waterinjectie management plan (Ref 5). Op basis daarvan kan de dosering van aanslagremmer aangepast worden. Indien de injectie druk onverwacht zo hoog oploopt dat de mechanische integriteit van de afdekkende lagen in het geding komt, dan zal vanuit de controle kamer de injectie stop gezet worden. In het onwaarschijnlijke geval dat er niet ingegrepen wordt, zal een beveiliging in het pompsysteem ervoor zorgen dat de pomp automatisch afslaat mocht de maximale injectiedruk overschreden worden (zie ook hoofdstuk 4).

De analyse van het risico van geochemische incompatibiliteit bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden, mits de relevante preventieve en reactieve beheersmaatregelen geïmplementeerd worden in een water injectie management plan.

Mechanische veranderingen

Bij waterinjectie kan de injectiviteit van een reservoir worden verbeterd door een hogere injectiedruk toe te passen, waarmee scheuren in het reservoir ontstaan. Dankzij de scheuren kan het water beter het reservoir instromen. Deze manier van werken wordt aangeduid als injectie onder “fracture conditions”. In de Twente waterinjectie vergunningen is voorzien in de mogelijkheid om met deze methode water te injecteren. Echter, de ervaring leert dat het reservoir snel water kan opnemen door de scheuren die van nature al aanwezig zijn in het Zechstein kalksteen reservoir (Ref 7). Het is de verwachting dat injectie onder fracture condities in de Twente en Drenthe Zechstein velden niet nodig zal zijn.

Mocht injectie onder fracture conditions toch plaatsvinden, dan moet de scheurvorming beperkt blijven tot de kalksteen. De onder en bovenliggende anhydriet en zout lagen hebben een hogere minimale horizontale spanning, waardoor scheurvorming daar alleen kan optreden bij een nog hogere druk. Om de integriteit van de afsluitende lagen te garanderen is daarom een druk limit gesteld op de injectie pompen (zie hoofdstuk 1). Tevens wordt niet geïnjecteerd in of dichtbij breuken om het risico op aardbevingen te minimaliseren (zie hoofdstuk 2).

Temperatuur

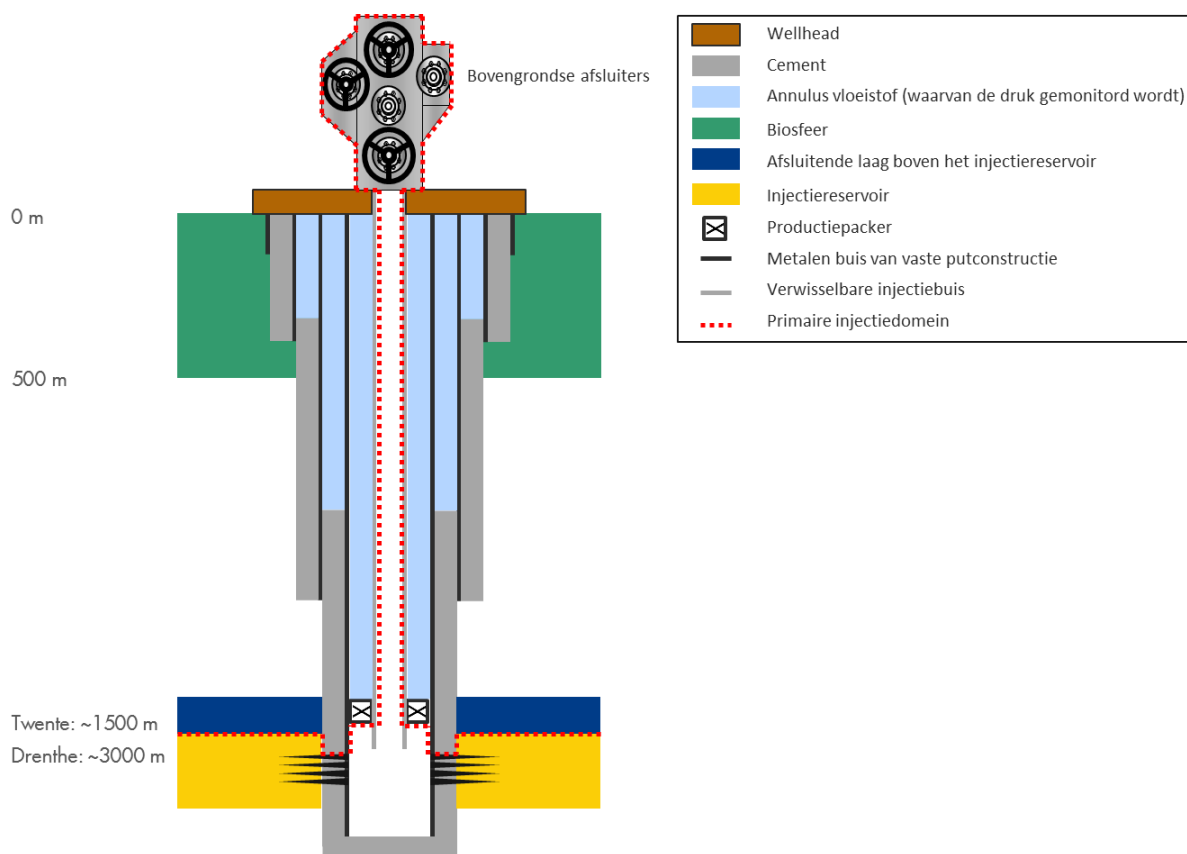
Het is een bekend gegeven in de literatuur, dat injecteren van koud water in warme reservoirs kan leiden tot thermische scheuren van het reservoir gesteente. Injectie onder “fracture condities” zoals hierboven beschreven vindt dan plaats op een lagere injectiedruk dan normaal verwacht zou worden. In het geval van de waterinjectie in de Zechstein kalksteen velden kan dit effect optreden op momenten van hoge injectiesnelheid. Zoals boven beschreven is het niet de verwachting dat injectie onder “fracture condities” plaats zal vinden. Desalniettemin zijn de relevante beheersmaatregelen in Twente geïmplementeerd en zullen deze in Drenthe ook geïmplementeerd worden.

5. Putlekkage bij waterinjectie

Bij waterinjectie van productiewater wordt veelal gebruik gemaakt van bestaande putten. Om het risico van putlekkage in kaart te brengen is er een bow-tie analyse gedaan. Appendix 3 laat de bow-tie analyse zien van de mogelijke oorzaken en gevolgen die van toepassing kunnen zijn bij een scenario met putlekkage tijdens waterinjectie. De oorzaken en gevolgen die specifiek betrekking hebben op het oplossen van steenzout ten gevolge van een putlekkage zijn in deze analyse buiten beschouwing gelaten omdat deze risico's in een aparte analyse beschouwd zijn (Hoofdstuk 2 en Appendix 1). Naast de mogelijke oorzaken en gevolgen zijn de barrières en beschermende maatregelen beschreven waardoor de risico's van putlekkage tijdens waterinjectie geminimaliseerd worden. De bow-tie analyse is primair ontwikkeld voor de Drenthe velden Coevorden, Schoonebeek gas en Oosterhesselen, maar is ook toepasbaar op de Twente Zechstein carbonaat velden.

Putconstructie

Waterinjectie geschiedt via putten die zijn opgebouwd uit meerdere metalen buizen die door cement op hun plaats worden gehouden. Binnen deze vaste putconstructie bevindt zich een vervangbare injectiebuis waardoor het water daadwerkelijk geïnjecteerd wordt. Aan de onderkant van de injectiebuis verzorgt de productiepacker een afdichting tussen de injectiebuis en de vaste putconstructie. De productiepacker bevindt zich vlak boven het injectiereservoir. Door het injectiereservoir zit typisch 1 metalen buis die eveneens door cement op zijn plaats wordt gehouden. In deze buis zijn gaten geschoten (perforaties) om verbinding met het injectiereservoir te krijgen. Door de putconstructie zoals hierboven beschreven wordt het grondwater in de ondiepe ondergrond door 3 of 4 metalen buiswanden gescheiden van het injectiewater. Figuur 5 toont een schematische weergave van een typische putconfiguratie voor een kandidaat put voor waterinjectie.



Figuur 5 - Schematische weergave van een typische putconstructie

Risicoanalyse voor waterinjectie

Het converteren van een gasproductieput naar een waterinjectieput heeft geen grote invloed op het soort risico's en daaraan verbonden beheersmaatregelen. De beheersingsmaatregelen voor deze risico's zijn daarom veelal hetzelfde als voor NAM's bestaande productie- en injectieputten. Alle (waterinjectie)putten zijn geconstrueerd volgens interne standaarden en worden geopereerd zodat de

putintegriteit gewaarborgd wordt. De door NAM gehanteerde standaarden zijn consistent met en in vele gevallen zelfs strenger dan de geldende wettelijke voorschriften en richtlijnen.

De conversie van gasproductieput naar waterinjectieput houdt in dat de materialen blootgesteld worden aan andere vloeistoffen en operationele condities. Dit heeft met name consequenties voor risico's die gerelateerd zijn aan corrosie. Om de kans op corrosie te minimaliseren zullen maatregelen getroffen moeten worden om het intreden van zuurstof zo veel mogelijk te voorkomen (zoals bijvoorbeeld het gebruik van injectiekleppen). Daarnaast is het monitoren van corrosie een belangrijke maatregel die helpt om de risico's op putlekkage verder te beperken.

Risico's

In de bow-tie analyse zijn de initiële risico's gedefinieerd als een lekkage van een van de onderdelen in het primaire injectiedomein (rode stippellijn in Figuur 5.). Van boven tot onder wordt er onderscheid gemaakt in lekkages van afsluiters, de wellhead, de productiebuiscasing, de productiepacker, de vaste putconstructie onder de productiepacker en de afsluitende laag van het injectiereservoir. Deze risico's zijn beschreven in de meest linker column in het bow-tie diagram.

Barrières

Bovengrondse lekkages bij de put worden voorkomen door regelmatige inspecties en onderhoud aan de afsluiters en aan de wellhead. Daarbij het ontwerp zodanig dat er altijd meerdere barrières bestaan (bijvoorbeeld dubbele afdichtingen) zodat het falen van 1 afdichting niet kan leiden tot een externe lekkage.

Ondergrondse putlekkage wordt voorkomen door het minimaliseren van de kans op corrosie (bijvoorbeeld door het beperken van het binnendringen van zuurstof). Ook door regelmatige inspecties van de injectiebuiscasing en de productiepacker onder de productiepacker wordt de kans op een ondergrondse lekkage geminimaliseerd. Als er onverhoopt toch een lekkage van de injectiebuiscasing optreedt, dan wordt een lekkage van productiewater naar de ondergrond voorkomen door de meerwandige constructie van de put. Pas als er meerdere barrières tegelijkertijd falen kan dit leiden tot een externe putlekkage.

Lekkage door scheurvorming in het afsluitende gesteente van het injectiereservoir wordt voorkomen door met een gecontroleerde dynamische injectiedruk rond de put in het reservoir te werken. De druk waarbij mogelijke scheurvorming in de afsluitende laag boven het reservoir kan optreden wordt berekend aan de hand van geomechanische eigenschappen van het gesteente. Op basis daarvan wordt de maximale dynamische injectiedruk berekend. Om veilige operaties te garanderen wordt een lagere maximaal toegestane druk bepaald door een ruime veiligheidsmarge aan te nemen. Deze maximale ondergrondse injectiedruk wordt vervolgens vertaald naar een maximale bovengrondse injectiedruk. Een beveiliging in het pompsysteem zal ervoor zorgen dat de pomp automatisch afslaat mocht deze maximale injectiedruk overschreden worden.

Mitigerende maatregelen

Als er een externe putlekkage optreedt, dat wil zeggen een lekkage door de buitenste barrière, kan er injectiewater in de ondergrond komen of op de injectielocatie. Er wordt hierbij onderscheid gemaakt tussen verontreiniging van oppervlaktewater, verontreiniging van de biosfeer (<500 meter diep) en lekkage in de diepe ondergrond.

Verontreiniging van oppervlaktewater kan optreden door een lekkage aan het oppervlak. Zoals eerder beschreven, wordt een bovengrondse lekkage bij de put door meerdere barrières voorkomen. Mocht er onverhoopt toch een lekkage ontstaan, dan wordt deze in eerste instantie opgevangen door de putkelder, en vervolgens in een gesloten systeem van afwateringsgoten die uitkomen op een verzamel reservoir (de hoekbak) op locatie. De locatie vloer is vloeistofkerend wat lekkage door de vloer heen voorkomt. Door frequente locatie bezoeken van operators kunnen bovengrondse lekkages tijdig worden opgemerkt, voordat verontreiniging van de omgeving buiten de locatie kan optreden.

Voor ondergrondse lekkages geldt dat door de dubbelwandige constructie van de put, waarbij de druk tussen de verschillende verbuizingen (de annuli) gemonitord wordt, interne lekkages vroegtijdig opgemerkt kunnen worden. Alle annulaire drukken worden gemonitord. Als een interne lekkage opgemerkt wordt zal de waterinjectie van de betreffende put tijdelijk of permanent gestopt worden.

Mogelijke lekkages beneden de productiepacker, kunnen niet opgemerkt worden door middel van veranderende annulaire drukken. Daarom worden voor alle putten inspectieprogramma's vastgesteld die er in voorzien dat de conditie van de ondergrondse verbuizingen regelmatig gecontroleerd worden.

Hierdoor wordt de mogelijke afname van de kwaliteit en conditie van de diepe verbuizingen vroegtijdig vastgesteld en kunnen lekkage voorkomen worden..

De maximale gemiddelde reservoirdruk zal beperkt worden tot de initiële reservoirdruk van het gasreservoir of tot de hydrostatische druk op reservoirdiepte als de oorspronkelijke reservoirdruk hoger is dan hydrostatisch. De statische reservoirdruk wordt frequent gemonitord, zodat injectie op tijd gestopt kan worden, voordat de maximale reservoirdruk bereikt wordt. Hierdoor wordt de kans op een lekkage van productiewater uit het reservoir naar ondiepere lagen (grondwater) geminimaliseerd.

Monitoring

De frequentie van het monitoring activiteiten zal in detail beschreven worden in een apart monitoring plan voor waterinjectie in Drenthe. Dit document zal in een later stadium geschreven worden als onderdeel van de milieu effect rapportage.

Selectie van putten

Bij de selectie van injectieputten zal putintegriteit meegenomen worden als criterium. Voor de start van waterinjectie zal de operating envelop van de put opnieuw bepaald worden voor de nieuwe injectiecondities. Als een put een (beheerst) integriteitsprobleem heeft, zal het risico onder de nieuwe omstandigheden (injectie) opnieuw in kaart gebracht moeten worden, voordat de waterinjectie gestart wordt.

6. Transportleiding lekkage bij waterinjectie

In Nederland liggen veel verschillende buisleidingen. Informatie over risicovolle buisleidingen is publiekelijk toegankelijk via www.risicokaart.nl. Door de overheid is bepaald welke informatie wel en welke niet op de risicokaart wordt getoond. Bij risicovolle buisleidingen kan gedacht worden aan (hogedruk) transport van aardgas, maar ook van olie, benzine, kerosine, chemische producten en industriële gassen. Deze stoffen kunnen giftig, licht ontvlambaar, of brandbaar zijn. De injectiewater transport leidingen komen niet voor op de Risicokaart. Het injectiewater dat door de leidingen getransporteerd wordt bestaat voor 99,97% uit zout water (Ref 11). De samenstelling moet aan vergunningseisen voldoen en wordt frequent gemonitord en jaarlijks gerapporteerd aan SodM. Op basis van toetsing aan de Europese Verordening voor de classificatie van stoffen, de CLP Verordening (1272/2008/EG) wordt het injectiewater geclassificeerd als 'niet gevaarlijk' (Ref 11). Dat betekent dat NAM medewerkers met het water kunnen werken zonder beschermende maatregelen te hoeven nemen tegen het inademen van dampen. Indien men in aanraking komt met het water dan wordt aangeraden om te spoelen. Het water smaakt zout, waardoor inname via de mond door mens en dier niet waarschijnlijk is omdat men dit van nature uitspuugt. Mocht men zich desondanks onwel voelen, dan wordt aangeraden om een arts te raadplegen. Het water is niet gevaarlijk, echter, planten kunnen wel schade ondervinden door het hoge zout gehalte.

Appendix 4 laat de bow-tie analyse zien van de mogelijke oorzaken en gevolgen die van toepassing kunnen zijn bij een scenario met buisleiding lekkage tijdens waterinjectie. De bow-tie analyse is primair ontwikkeld voor de Drenthe velden Coevorden, Schoonebeek gas en Oosterhesselen, maar is ook toepasbaar op de Twente Zechstein carbonaat velden.

Er worden vijf oorzaken van water buisleidingen lekkage geïdentificeerd:

- Onveilig Ontwerp en Aanleg, bijvoorbeeld verkeerde materialen of slecht laswerk.
- Interne Corrosie en Erosie
- Externe Corrosie
- Inbreuk door Derden, bijvoorbeeld door landbouw of graafwerkzaamheden.
- Onveilig Opereren, bijvoorbeeld op te hoge druk

Statistieken van de industrie laten zien dat de twee hoofdredenen van het falen van buisleidingen in Europa zijn: inbreuk (externe schade veroorzaakt) door derden en interne en/of externe corrosie.

De preventieve maatregelen (barrières) zijn ontworpen om lekkage te voorkomen. Mocht er onverhoopt toch een lekkage optreden, dan kan dit leiden tot een volume uitgestroomd water, lokale bodemverontreiniging en, in het uiterste geval, besmetting van drinkwater. Er zijn mitigerende maatregelen geïmplementeerd om de impact van een mogelijke lekkage te beperken.

Preventieve maatregelen

Om een onveilig ontwerp en aanleg risico zo laag mogelijk te houden, worden in het ontwerp standaarden van NAM, Shell en NEN gebruikt en een veilige tracé en diepteligging gekozen. Bijvoorbeeld kan nabij kwetsbare gebieden zoals natuur- en waterwingebieden voor een aangepaste route voor de transportleiding gekozen worden. Bij transport van injectiewater wordt veelal gebruik gemaakt van bestaande gastransportleidingen. Voor ingebruikname als injectiewater transportleiding worden volgens de standaarden ook tests en inspecties uitgevoerd en wordt het geheel door een onafhankelijke deskundige getoetst.

Bescherming van de transportleiding tegen aantasting van binnenuit vindt plaats door de materiaalkeuze van de leiding en indien nodig de toevoeging van anti-corrosiemiddel en biocide alsmede het schoonhouden (pigging) van de leiding. Bescherming tegen aantasting van buiten vindt plaats door het gebruik van coatings, cathodische protectie, en inspecties of deze preventieve maatregelen goed functioneren. Het risico op buisdegradatie wordt frequent beoordeeld. Als buisdegradatie niet uitgesloten kan worden zullen inwendige en uitwendige buisinspecties uitgevoerd worden om de integriteit van de transportleiding in kaart te brengen. Indien nodig kunnen er maatregelen getroffen worden (drukverlaging of reparaties) of kan het transport van injectiewater tijdelijk of permanent gestopt worden.

Om schade door graafwerkzaamheden door derden te voorkomen zijn er standaard regels voor graafwerkzaamheden nabij buisleidingen. Door management van de GEO-data (route en diepteligging) en opvolging van de WION wetgeving (KLIC) wordt de kans op ongecontroleerde graafwerkzaamheden en daaruit voortkomende schade door inbreuk door derden geminimaliseerd. Bovendien kan door

middel van markeringen de kans op schade door derden nog verder worden teruggebracht. Door het uitvoeren van loopinspecties worden risicoverhogende veranderingen in de leidingstroom geconstateerd (vb verminderde afdekkende bodemlaag), zodat maatregelen getroffen kunnen worden voordat er schade aangericht wordt.

Door het hanteren van interne operationele procedures wordt de kans op buisschade door onveilig opereren geminimaliseerd. Door continue monitoring en automatische beveiliging worden onveilige situaties voorkomen (maximale druk, temperatuur).

Impact reducerende maatregelen

Het leidingtraject wordt, afhankelijk van risico, periodiek geïnspecteerd en lokaal zijn terreinbeheerders en landbouwers op de hoogte van de ligging van de leiding, zodat lekkages kunnen worden opgemerkt. Als er een lekkage geconstateerd wordt zal het transport van injectiewater gestopt worden. Door constante monitoring van de druk in de transportleiding kunnen (grotere) lekkages snel gedetecteerd worden. In geval van een lekkage zal er direct gereageerd worden om de lekkage zo veel mogelijk te beperken. (bijv. inblokken en druk vrij maken en het bepalen van de leklocatie). Ook wordt de verontreinigde bodem gesaneerd, zodat de verontreiniging opgeruimd wordt. Het effect van een lekkage is hiermee tijdelijk van aard en herstelbaar.

Er wordt nog opgemerkt dat NAM buisleidingen voldoen aan de eisen uit:

- NEN3650: Deze norm geeft veiligheidseisen die met betrekking tot veiligheidsaspecten voor mens, milieu en goederen aan het ontwerp, de aanleg, de bedrijfsvoering en de bedrijfsbeëindiging van buisleidingsystemen worden gesteld.
- NEN3651: Deze norm geeft in aanvulling op de NEN 3650-reeks veiligheidseisen voor buisleidingen te land en gelegen in of nabij belangrijke waterstaatswerken.
- NEN3655: Veiligheidsbeheersysteem (VBS) voor buisleidingsystemen voor het transport van gevaarlijke stoffen, waarbinnen het Pipeline Integrity Management System (PIMS) toe ziet op de beheersing van de buisleidingintegriteit tijdens de bedrijfsvoering fase. Deze standaard is met name van toepassing, wanneer een transportleiding wordt gebruikt voor aardgas/aardolie.

Op 16 april 2015 is bij Hardenberg in de injectiewater transportleiding een lekkage geconstateerd. Het gebied waar de lekkage plaats vond is afgegraven en weer aangevuld met nieuwe grond zodanig dat na afronding van de sanering het gebied weer volledig bruikbaar als landbouwgrond. Hiermee is het effect van de lekkage tijdelijk en herstelbaar is geweest. De locatie is 3 weken na de lekkage (op 8 mei 2015) weer overgedragen aan de eigenaar en door hem direct weer in gebruik genomen (Ref 11).

7. Conclusies

In dit rapport wordt een analyse gepresenteerd van de belangrijkste risico's die geassocieerd zijn met mogelijke waterinjectie in oude (leeggeproduceerde) gasvelden Coevorden, Schoonebeek gas en Oosterhesselen in Drenthe.

De volgende risico's worden behandeld:

- [1] het mogelijk oplossen van de afdekkende steenzoutlaag indien deze laag in aanraking zou komen met het injectiewater wat zou kunnen leiden tot het vrijkomen van injectie water en/of bodemdaling.
- [2] effecten van bodembewegingen (daling en trillingen) indien water geïnjecteerd wordt.
- [3] het risico van put lekkage bij water injectie
- [4] het risico van transportleiding lekkage bij water injectie

Daarbij worden de overeenkomsten en verschillen met de Twente velden aangegeven. De gevolgde methode is hetzelfde als die voor de Twente ondergrondse risico analyse (Ref 17). Om op een overzichtelijke wijze de risico analyse te presenteren is gebruik gemaakt van de "bow-tie" methodiek.

De risicoanalyse rond het mogelijk oplossen van de afdekkende zoutlagen bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden mits de juiste beheersmaatregelen worden geïmplementeerd. De geologische opbouw van de Drenthe velden verschilt licht van die van Twente, maar leidt tot een zelfde integrale risico bepaling. Dit houdt in dat preventie van grondwatervervuiling door het in de ondergrond ongecontroleerd vrijkomen van injectiewater alsmede lokale/regionale bodemdaling als gevolg van zoutoplossing op een goede manier preventief geborgd kunnen worden. Eveneens kunnen er verschillende beheersmaatregelen geïmplementeerd worden die vroegtijdige detectie van eventuele problemen ten doel hebben en de mogelijkheid van verdere escalatie beogen te minimaliseren.

Ook de risicoanalyse rond de effecten van een door waterinjectie geïnduceerde aardbeving bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden mits de juiste beheersmaatregelen worden geïmplementeerd. In Drenthe is het seismisch risico iets hoger dan in Twente omdat er voelbare aardbevingen geweest zijn tijdens gas productie (Emmen en Dalen). Op basis van historische aardbevingsgegevens zijn de Coevorden, Schoonebeek Gas en Oosterhesselen velden het meest geschikt voor water injectie. In deze velden zijn geen of slechts kleine, niet voelbare bevingen geregistreerd ten tijde van de gas productie. In de velden Coevorden en Schoonebeek Gas heeft ook meer dan 10 jaar al waterinjectie plaatsgevonden waarbij geen aardbevingen geregistreerd zijn.

De analyse van het risico van geochemische incompatibiliteit bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden, mits de relevante preventieve en reactieve beheersmaatregelen geïmplementeerd worden in een water injectie management plan.

De analyse van het risico van put lekkage bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden mits de juiste beheersmaatregelen worden geïmplementeerd. Het feit dat alle putten moeten voldoen aan het dubbele barrière concept maakt dat het onwaarschijnlijk is dat injectiewater uit een put kan lekken.

Ook de analyse van het risico van transportleiding lekkage bevestigt dat water injectie veilig en verantwoord kan plaatsvinden. Er is een spectrum aan preventieve maatregelen geïdentificeerd. In het geval dat er toch een lekkage optreedt zal er direct gereageerd worden om de lekkage zo veel mogelijk te beperken. Ook wordt de verontreinigde bodem gesaneerd, zodat de verontreiniging opgeruimd wordt. Het effect van een lekkage is hiermee tijdelijk van aard en herstelbaar.

In een recente brief aan de Tweede Kamer (Ref 6, Appendix 5) heeft de Minister van Economische Zaken bevestigd dat zowel op het vlak van injectiewaterlekkage, bevingen en bodem-daling er een uitgebreid en afdoende monitoringsprogramma is geïmplementeerd dat door toezicht van SodM binnen het vergunningskader voldoende waarborgen geeft voor Veiligheid en Milieu.

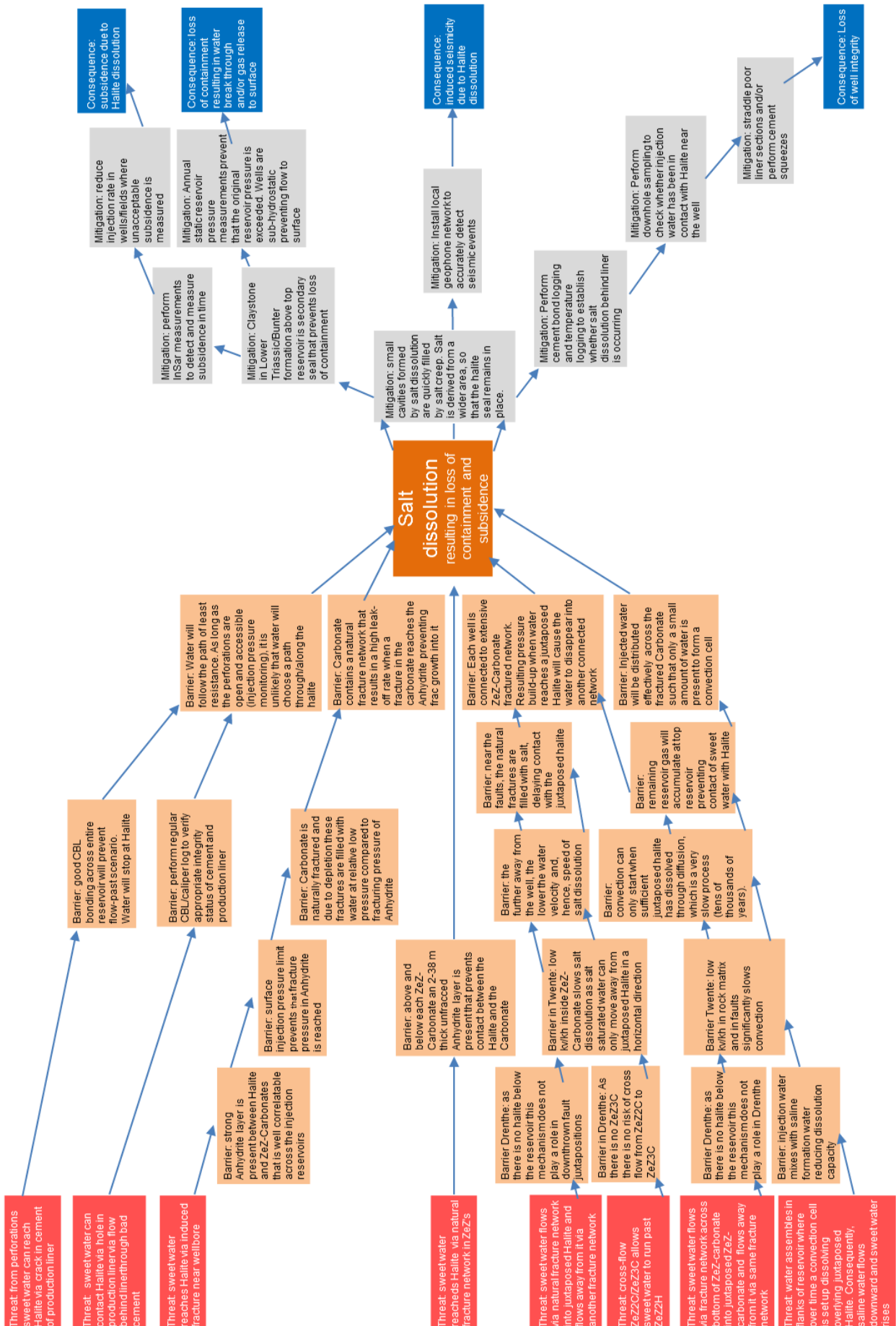
8. Referenties

1. Halite dissolution modelling of water injection into Carbonate gas reservoirs with a Halite seal. Report EP201310203080, NAM 2014 (2016 revisie).
2. Geology description of Twente Gas Fields: Tubbergen, Tubbergen-Mander and Rossum-Weerselo. Report EP201310201845, NAM 2014 (2016 revisie)
3. Subsidence caused by Halite dissolution due to water injection into depleted Carbonate gas reservoirs encased in Halite. Report: EP201310204177, NAM 2014 (2016 revisie).
4. Threat assessment for induced seismicity in the Twente water disposal fields, Report: EP201502207168, NAM 2015 (2016 revisie).
5. Waterinjectie Management Plan, Report: EP201308203212, NAM
6. Injectie van productiewater bij olie- en gaswinning, Kamerbrief Minister van Economische Zaken, DGETM-EM / 15020314, Maart 27 2015
7. Technical evaluation of Twente water injection wells ROW3, ROW4, ROW7, ROW9, TUB7 and TUB10 3 years after start of injection EP201410210164, NAM 2015
8. Literature review on Injection-Related Induced Seismicity and its relevance to Nitrogen Injection. Report TNO 2014 R11761. TNO 2014
9. Protocol seismische activiteit door waterinjectie - Addendum Waterinjectie Management Plan, Report: EP201502216336, NAM 2015.
10. Reviews NAM rapporten m.b.t. 'Risico's zoutoplossing' en 'Seismic threat analysis'. SodM, juni 2016. <https://www.sodm.nl/documenten/publicaties/2016/06/23/7-evaluatie-reviews-waterinjectie>
11. Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek, Tussenrapport alternatievenafweging. Royal Haskoning DHV. Juni 2016. Referentie: I&BBD9591-100-100R001F02. <http://www.nam.nl/techniek-en-innovatie/waterinjectie-in-twente/evaluatie-onderzoek.html>
12. Toetsing Tussenrapport Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek, Notitie Deltares aug. 2016.
13. Evaluatie verwerking productiewater Schoonebeek, Advies over het Tussenrapport alternatievenafweging. Commissie voor de MER. September 2016 / projectnummer 3093. http://api.commissiemer.nl/docs/mer/p30/p3093/a3093_tts.pdf
14. Note for file: seismic threat assessment for the potential injection and storage of produced water in the Drenthe Zechstein Carbonate reservoirs. NAM, November 2016. EP201611202382
15. SodM, state supervision of the mines (2016) methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning. Tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2
16. Seismisch risico volgens de SRA methode voor de voorkomens Schoonebeek ZE, Oosterhesselen ZE en Coevorden ZE. NAM, November 2016. EP20161021051
17. Overkoepelende Analyse Ondergrondse Risico's Waterinjectie Twente. NAM, November 2016. Report: EP201503228132
18. Balen, R.T. van, Houtgast, R.F. & Cloetingh, S.A.P.L. (2005). Neotectonics of the Netherlands. Quaternary Science Reviews, 24, 439-454. doi: 10.1016/j.quascirev.2004.01.011
19. Geochemical compatibility Of Schoonebeek oil field production water with Zechstein reservoirs. NAM, Dec 2016. EP201611200959

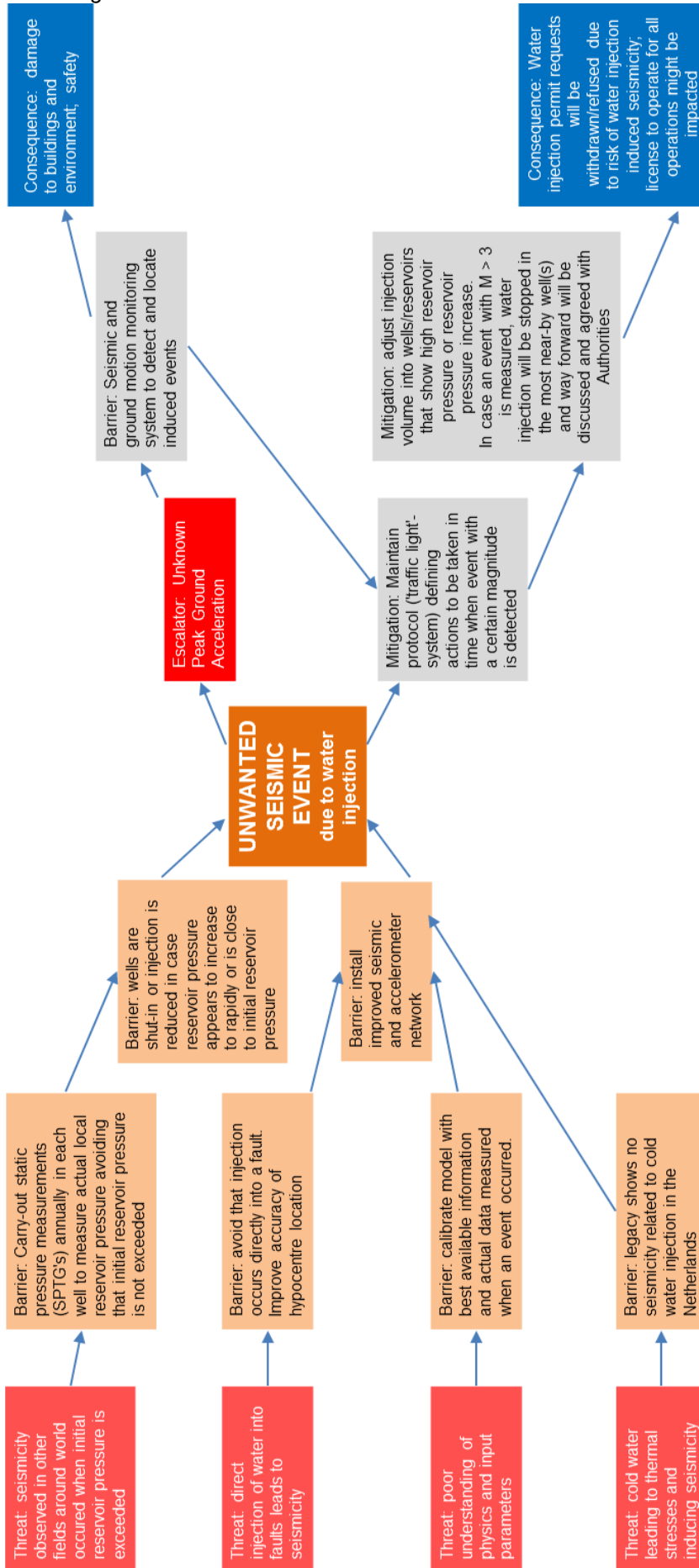
Deze en andere relevante NAM rapporten over water injectie in Twente zijn in te zien op de NAM website: <http://www.nam.nl/techniek-en-innovatie/waterinjectie-in-twente/downloads-waterinjectie-twente.html>

9. Appendices

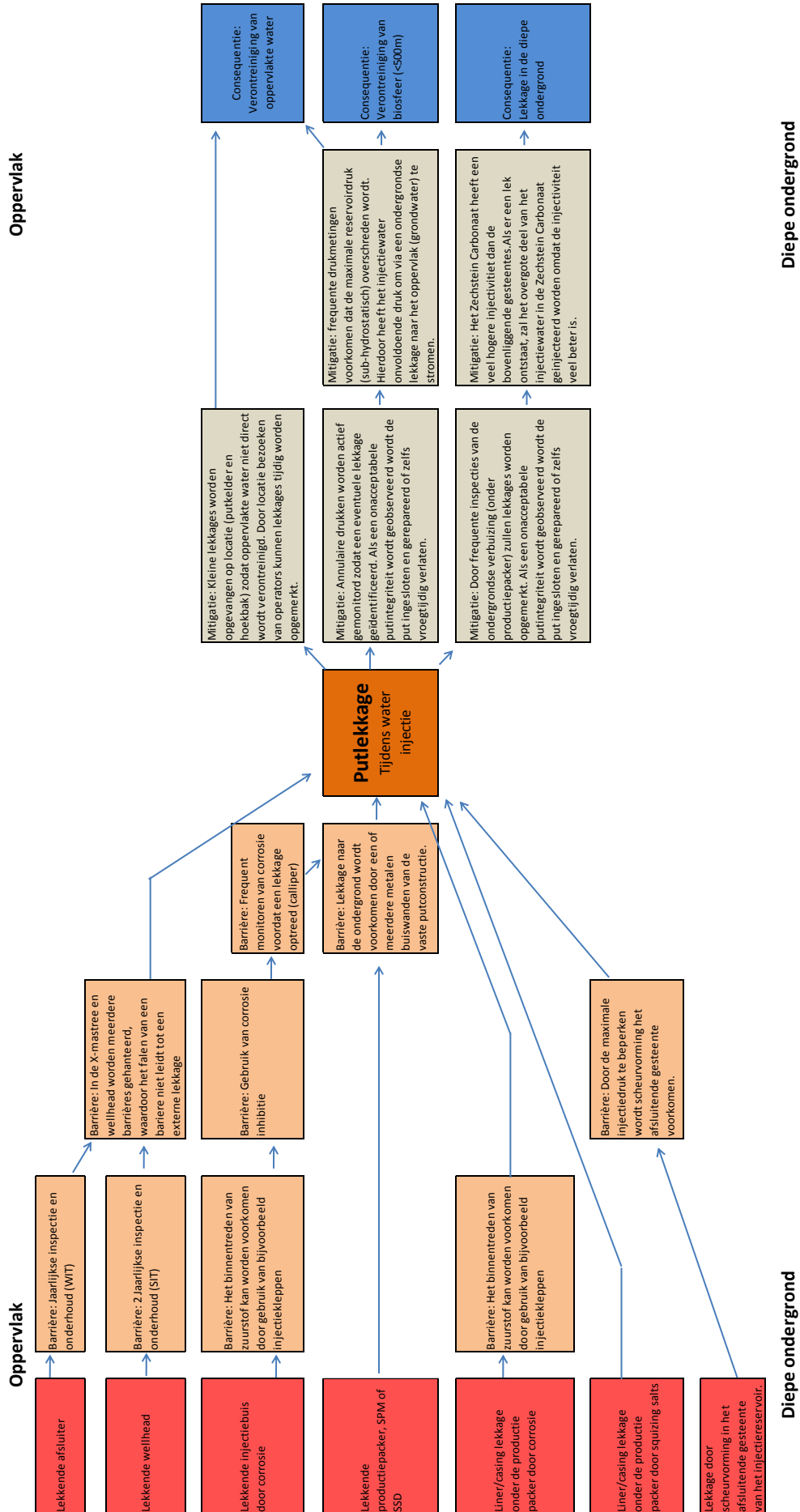
Appendix 1 Bow-tie analyse voor zoutoplossing



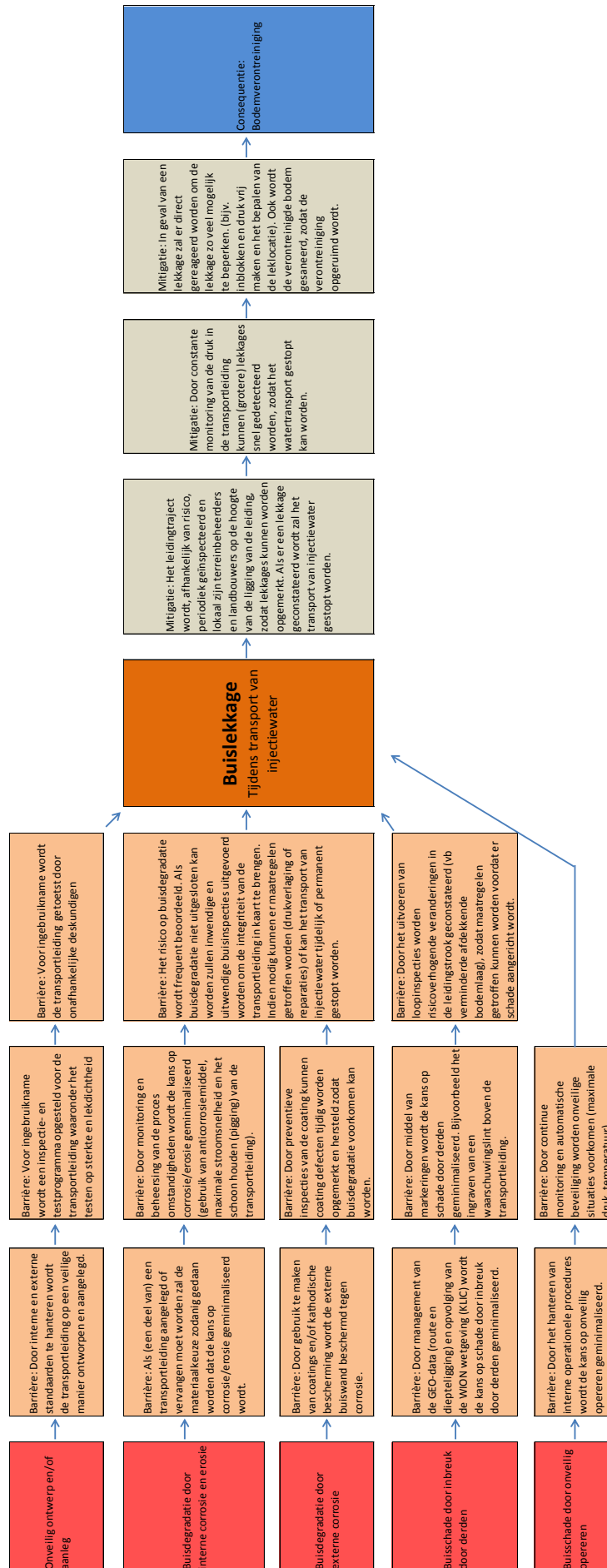
Appendix 2. Bow-tie voor geïnduceerde seismiek



Appendix 3. Bow-tie voor voor putlekkage tijdens waterinjectie (exclusief zoutoplossingsrisico's)



Appendix 4. Bow-tie voor voor leidinglekage tijdens waterinjectie



Ministerie van Economische Zaken

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

De Voorzitter van de Tweede Kamer
der Staten-Generaal
Binnenhof 4
2513 AA 's-GRAVENHAGE

Datum 23 maart 2015
Betreft Injectie van productiewater bij olie- en gaswinning

Geachte Voorzitter,

Tijdens het wetgevingsoverleg energie van 17 november 2014 en het VSO schalinggas van 18 december 2014 hebben verschillende leden vragen gesteld over de (wenselijkheid van) injectie van productiewater bij olie- en gaswinning en de bijbehorende risico's en gevolgen voor het milieu. Hierbij geef ik invulling aan mijn toezegging om uw Kamer hier schriftelijk nader over te informeren. Daarbij ga ik in op de omvang en eigenschappen van de injectie van productiewater in Nederland, de veiligheids- en milieuaspecten en de situatie in de Verenigde Staten.

Omvang en eigenschappen van de injectie van productiewater in Nederland

Bij de winning van olie en gas komt water mee uit de diepe ondergrond. Dit zogenaamde productiewater wordt aan de oppervlakte gescheiden van de olie of het gas en moet vervolgens worden verwerkt. Het productiewater kan op twee manieren verwerkt worden, namelijk door het terug te injecteren in de ondergrond of door het te reinigen en te lozen aan de oppervlakte. De afweging hiertussen wordt gemaakt conform de wettelijke procedures. In de praktijk blijkt dat, zeker als het om grote hoeveelheden gaat, injectie in lege olie- of gasvelden de meest milieuvriendelijke manier is om zich van productiewater te ontdoen.

Het moment waarop een vergunning om productiewater te injecteren wordt aangevraagd is afhankelijk van de geproduceerde hoeveelheid water. Normaal gesproken neemt de hoeveelheid productiewater bij de gasproductie uit een veld na verloop van tijd toe. Een injectievergunning is dan pas in een later stadium aan de orde. In andere gevallen, zoals bij de olieproductie bij Schoonebeek, is vanaf het begin van de productie sprake van een grote hoeveelheid productiewater die moet worden geloosd.

In de injectievergunning kunnen grenzen worden gesteld aan de totale hoeveelheid te injecteren productiewater en aan de snelheid waarmee wordt geïnjecteerd (dagdebiet). De maximaal toegestane hoeveelheid hangt samen met de grootte van het reservoir. Met de toenemende vullingsgraad neemt namelijk ook de druk in het reservoir toe. Uit veiligheidsoverwegingen moet deze reservoirdruk onder de oorspronkelijke druk van het reservoir blijven. Omdat er een relatie tussen de druk en de hoeveelheid geïnjecteerd productiewater bestaat,

Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging
Directie Energiemarkt

Bezoekadres
Bezuidenhoutseweg 71
2594 AC Den Haag

Postadres
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Factuuradres
Postbus 16180
2500 BD Den Haag

Overheidsidentificatienr
0000001003214169000

T 070 779 8911 (algemeen)
www.rijksverheid.nl/ez

Ons kenmerk
DGETM-EM / 15020314

kan in plaats van een maximaal te injecteren hoeveelheid ook een maximale reservoirdruk als limiet gehanteerd worden. Een te hoge injectiedruk kan namelijk leiden tot ongewenste beschadiging van het reservoir. Het maximale dagdebiet is een manier om de maximaal toegestane injectiedruk vast te leggen.

Het injecteren van productiewater vindt in Nederland al plaats sinds 1972 (Borgswaer). Het productiewater dat in Borgswaer wordt geïnjecteerd, komt terecht in het Groningenveld en is met een vergunde hoeveelheid van 1,8 miljoen kubieke meter de grootste opslaglocatie van Nederland. Momenteel zijn er in zes provincies (Groningen, Friesland, Drenthe, Overijssel, Zuid-Holland en Noord-Holland) en voor een tiental locaties op zee vergunningen verstrekt voor herinjectie van productiewater.

Samenstelling productiewater

Het productiewater bestaat voor het grootste deel uit (formatie)water dat zijn oorsprong kent in de diepgelegen olie- of gasvelden. Bij injectie wordt dit dus weer teruggebracht naar een omgeving, waar het van nature een vergelijkbare samenstelling heeft: een hoge concentratie aan zouten en onder andere met koolwaterstoffen geassocieerde aromaten. Additionele en gebiedsvreemde mijnbouw hulpstoffen moeten voor injectie zo veel als mogelijk worden verwijderd. In specifieke gevallen, zoals in Twente, wordt ook water geïnjecteerd dat als zuivere stoom is aangewend om de oliewinning te verbeteren. De concentratie van de mijnbouw hulpstoffen in het injectiewater is zeer laag (minder dan 1‰, zie de milieueffectrapportage herontwikkeling olievelde Schoonebeek, rapport II, 2006). De samenstelling is zodanig dat het water niet als chemisch afval is te kwalificeren – het valt ruim binnen de normen die daarvoor gelden – maar kan niet zonder meer geloosd worden.

De samenstelling van het productiewater wordt frequent gecontroleerd op basis van monsters, die wiskelijks (voor beknopte analyse) en maandelijks (voor uitgebreide analyse) worden genomen. De resultaten van de analyses worden conform de vergunning jaarlijks gerapporteerd aan het bevoegd gezag, waaronder SodM.

Veiligheid en milieu

Voor de injectie van productiewater vanaf een mijnbouwwerk op land is, naast de milieuvergunning die voor het mijnbouwwerk per definitie noodzakelijk is, vrijwel altijd ontheffing van het bevoegd gezag (de provincie) nodig op grond van het Lozingenbesluit bodembescherming (hierna: Lozingenbesluit).

Het Landelijk Afvalbeheerplan (LAP) geeft het beleidskader voor de gevallen waarin de injectie van productiewater kan worden toegestaan. Volgens het LAP wordt injectie van productiewater toegestaan in hetzelfde of een vergelijkbaar reservoir als waar het uit afkomstig is, mits:

- de bodemkwaliteit in de diepe ondergrond niet verslechtert; en
- de mijnbouw hulpstoffen zoveel mogelijk uit het productiewater zijn verwijderd.

Injectie van productiewater dat niet aan de criteria van het LAP voldoet, zal slechts worden toegestaan indien dit milieuhygiënisch de voorkeur verdient boven hergebruik of reiniging en lozing of indien de kosten van deze alternatieven niet in verhouding staan tot milieuhygiënische nadelen van injectie (de zogenaamde milieuhygiënische toets). Deze toets wordt uitgevoerd aan de hand van een zogenaamde 'Life Cycle Analysis', een standaard instrument (ISO 14040) om alle milieueffecten van processen of producten over de hele levensketen in kaart te brengen, en een aanvullend afwegingskader voor de diepe ondergrond (CE Delft, 2004: Met water de diepte in). Bij de vergunningverlening spelen zowel de landelijke, provinciale als lokale overheid een rol.

Kans op lekkages

De injectie van productiewater in lege olie- of gasvelden kent een aantal voordelen. Zo heeft de integriteit van het voormalig olie- of gasveld zich bewezen als een structuur waarbij afsluitende lagen van zout- of kleisteen ongewenste migratie van stoffen naar ondieper gelegen aardlagen verhinderen. Tevens geldt dat wanneer het water eenmaal is geïnjecteerd in het reservoir er, in tegenstelling tot bij olie en gas, geen kracht is die het geïnjecteerde water aanzet om het reservoir te verlaten. Ten eerste omdat het geïnjecteerde productiewater een vergelijkbaar soortelijk gewicht heeft als het water in zijn directe omgeving en een opwaartse kracht, zoals bij gas, niet aanwezig is. Ten tweede omdat de druk in het veld door de olie- of gasproductie is verlaagd en zodoende lager is dan druk buiten het veld, waardoor water eerder naar het veld toestroomt dan dat water het veld zou willen verlaten. Ten slotte liggen de velden waarin wordt geïnjecteerd op grote diepte, hetgeen betekent dat er een grote barrière van meer dan duizend meter gesteente ligt tussen de locatie waar wordt geïnjecteerd en de dichtstbijzijnde grondwaterlagen die voor mens en milieu van belang zijn. Hierdoor is het risico van migratie naar de grondwaterlagen verwaarloosbaar.

Zoals hierboven aangegeven gebeurt de injectie van productiewater onder strenge wettelijke voorschriften en veiligheidseisen en onder toezicht van Staatstoezicht op de Mijnen. De technische integriteit van de installatie wordt door de operator continu gemonitord. Zo wordt de druk in de pijpleidingen en in de putten continu gemeten en wordt de samenstelling van het productiewater en het grondwater op verschillende locaties in het systeem in de gaten gehouden. De integriteit van de pijpleidingen wordt ook periodiek gecontroleerd, en dient te voldoen aan de norm NEN 3650. Deze controle betreft onder andere de bescherming tegen het doorroesten van de leidingen (door middel van injectie van roest-beschermende middelen in de waterstroom en het aanbrengen van een kathodische bescherming) en het meten van eventuele ijzerdeeltjes in de waterstroom.

Incidenten moeten altijd bij SodM worden gemeld, waarna SodM de ernst van het incident vaststelt en passende maatregelen oplegt. Uw Kamer heeft specifiek gevraagd naar incidenten bij injectie van productiewater in Twente. Sinds 2011 wordt in Twente productiewater afkomstig van het Schoonebeekveld geïnjecteerd. Bij integriteitsmetingen aan de injectieputten in Twente is in het vierde kwartaal

van 2014 geconstateerd dat er in één put een kleine lekkage en in een andere put mogelijk een kleine lekkage optrad. Naar aanleiding daarvan zijn passende maatregelen genomen. Overigens zijn in de periode vanaf 2011 door NAM nog acht andere voorvallen en één ongeval gemeld aan SodM. Hoewel deze hebben plaatsgevonden op de waterinjectielocaties in Twente hebben zij niet te maken met het injectieproces. De voorvallen betreffen een rookontwikkeling door een te warm aangelopen lager met onvoldoende smering en zeven onbedoelde emissies naar lucht door lekkage van koelvloeistof uit airconditioning apparatuur in de gebouwen op het NAM-terrein. Kenmerkend voor deze koelvloeistof is dat deze direct verdampt bij contact met de lucht. Het ongeval betrof een werknemer met een verzwaarde enkel. Aan bovengenoemde incidenten is door SodM een lage ernstcode toegekend, waarvoor verder onderzoek niet noodzakelijk werd geacht. Bij geen van deze incidenten is er sprake geweest van lekkages of emissies naar de bodem. Het gaat hier dus om voorvallen met een laag risico waarbij geen gevaar is opgetreden voor mens of milieu. De voorvallen zijn conform de voorschriften afgehandeld.

Risico op bevingen en bodemdaling

De kans op geïnduceerde bevingen door injectie van productiewater ontstaat bij injectie tot een druk boven de oorspronkelijke reservoirdruk, of injectie waarbij de vloeistof in een seismisch actieve breuk terecht komt en daardoor de wrijvingsspanning op het breukvlak verkleint, waardoor de breuk kan worden geactiveerd.

In Nederland wordt her-injectie van productiewater alleen gedaan in uitgeproduceerde olie- of gasvelden waar de druk tot ver onder de oorspronkelijk heersende druk is gezakt. Het risico van bodemtrillingen bij injectie in lege olie- of gasvelden is daarom laag. De druk wordt tijdens de injectie continu gemonitord en is goed te beheersen. Het risico dat een breuk geactiveerd wordt is minder eenduidig vast te stellen. Hier kunnen modelstudies inzicht geven in het te verwachten injectiegedrag en de daaraan verbonden gevolgen. Zo'n modelstudie is uitgevoerd voor de injectievergunning van Bergermeer. Aanleiding daarvoor was de seismische activiteit die zich daar voorheen gedurende de productie van het Bergermeer gasveld heeft voorgedaan. Op basis van deze studie is een maximale injectiedruk bepaald en is een monitoringsprogramma vastgesteld, om het risico op bevingen te beperken. Tevens heeft het KNMI voor de regio Bergermeer het seismisch monitoringsnetwerk zodanig aangepast dat eventuele seismische activiteit aldaar adequaat kan worden geregistreerd.

Bij de recente injectievergunning van productiewater in Twente is, mede vanwege de omvang van de injectie, een waterinjectie management plan onderdeel van de injectievergunning. In dit plan zijn activiteiten beschreven die noodzakelijk zijn om zeker te stellen dat de integriteit van het reservoir (waarin wordt geïnjecteerd) en de afsluitende bovenlaag gewaarborgd blijft. Het plan bevat onder andere meet- en testverplichtingen ten aanzien van de waterinjectie, geeft de frequentie van deze testen aan alsmede de eventuele follow-up. Het plan is zodanig ingericht dat in geval van nieuwe ontwikkelingen of aandachtspunten het plan hierop wordt

aangepast, in lijn met het continue verbeterprincipe van ISO14001. Het plan voorziet tevens in evaluatiemomenten van de waterinjectie, na respectievelijk drie jaar (ten aanzien van zes putten) en zes jaar (ten aanzien van de resterende vijf putten) na start van de injectie. In een uitspraak van de Raad van State wordt de beschikbaarheid van het waterinjectie management plan als belangrijke maatregel gezien voor behoud van de integriteit van de formaties en afsluitende lagen. Daarnaast zullen nog monitoringsverplichtingen worden ingebracht in het waterinjectie management plan ten aanzien van seismiciteit bij waterinjectie, in lijn met internationale standaards over dit onderwerp. Als aanvulling op het waterinjectie management plan heeft Staatstoezicht op de Mijnen NAM in juli 2011 verzocht om een risicoanalyse uit te voeren naar het effect van waterinjectie in de lege reservoirs, onder andere naar de vraag of er een grootschalige oplossing van steenzout lagen kan plaatsvinden.

In Nederland is er tot op heden één beving geweest waarvan het KNMI opmerkt dat niet duidelijk is wat de oorzaak van deze beving is, maar dat gezien de coïncidentie met waterinjectie in het Weststellingwerf gasveld, er mogelijk een relatie bestaat. Deze beving vond plaats op 26 november 2009 bij De Hoeve (Friesland) en had een kracht van 2,8 op de schaal van Richter. Modelstudies van de operator Vermilion geven aan dat er mogelijk sprake is van een verzwakking van de randbreuk van het reservoir door het geïnjecteerde water.¹ Op basis van dit onderzoek is tevens vastgesteld dat de energie die na de beving nog in het systeem aanwezig is, zodanig is gereduceerd dat de kans op herhaling van seismische activiteit in de toekomst klein is. Deze conclusie is door SodM geaccordeerd.

Van bodemdaling is geen sprake bij injectie van productiewater. Afhankelijk van de mate van injectie kan er op termijn wel sprake zijn van enig herstel van de bodemdaling die gedurende de olie- of gaswinning is opgetreden. Bodemdaling en -stijging zijn bewegingen die gelijkmatig en zeer geleidelijk plaatsvinden en geen aanleiding geven tot schade aan bebouwing.

Vergelijking met de Verenigde Staten

Uw Kamer heeft ook gevraagd naar een vergelijking van de situatie in Nederland met de Verenigde Staten. In de VS zijn ca. 170.000 injectieputten geclassificeerd als olie- en gas-gerelateerde injectieputten. Wat betreft de wet- en regelgeving kan worden gesteld dat deze in grote lijnen vergelijkbaar is. Injectie van productiewater geldt ook in de VS als de te prefereren optie om het productiewater te verwerken. In de Verenigde Staten is injectie eveneens vergunningplichtig en maken monitoring en inspecties onderdeel uit van de bijbehorende controles. Injectie wordt gereguleerd door het Environmental Protection Agency (USEPA) en de regering van de betreffende staat en valt onder de Safe Drinking Water Act. Hierbij worden vergelijkbare voorwaarden gesteld aan

¹ SPE 16641D, 2D11, Inducing Earthquake By Injecting Water In A Gas Field: Water-weakening Effect. Axel-Pierre Bois, CuriaTec, Mehdiakht Mahajeri, CuriaTec, Nick Dausi, SGS-Horizon, Slijm Harms, Vermilion Energy.

putten en reservoirs als in Nederland. Ook zijn er vergelijkbare voorschriften voor monitoring en tests.

Naar aanleiding van recente mogelijk door waterinjectie geïnduceerde bevingen in de VS is er een aantal initiatieven gestart om deze problematiek verder te onderzoeken. Op initiatief van 12 staten hebben de autoriteiten een werkgroep opgericht om samen met kennisinstellingen en de industrie de relatie tussen injectie en bevingen vast te stellen en maatregelen te formuleren om de risico's te verminderen. Vooruitlopend op de resultaten is in een aantal staten striktere regelgeving ingesteld ten aanzien van minimale afstanden tot breuken in de ondergrond en injectie van productiewater in seismisch actieve regio's. Op basis van seismische monitoring kan bij overschrijding van een bepaalde drempelwaarde de injectie worden aangepast of zelfs gestopt worden (de stoplichtmethode). Deze methode is inmiddels van kracht in Californië en Ohio – de staten met de meeste seismische activiteit in de VS – en wordt ook elders in de wereld toegepast, zoals Engeland en delen van Canada. Ohio heeft als enige staat de regel van kracht dat er een (micro)seismisch meetnet aanwezig moet zijn bij injectie.

Ook in Nederland worden bij de vergunningverlening voor injectie eisen gesteld aan afstand tot breuken en aan monitoring. Een belangrijk verschil tussen de VS en Nederland is dat in de VS regelmatig wordt geïnjecteerd in reeds watervoerende lagen, waardoor de kans groot is dat de druk in de ondergrond hoger wordt dan de originele druk. Bovendien wordt in de VS, in tegenstelling tot in Nederland, bij injectie geen maximum gesteld aan de reservoirdruk. Hierdoor kan er betrekkelijk snel een overdruk in die lagen ontstaan. Overschrijding van de oorspronkelijke reservoirdruk (overdruk) vergroot het risico op bevingen. De Nederlandse wet- en regelgeving en daaruit volgende praktijk maakt dus dat een situatie zoals in de VS zich in Nederland niet kan voordoen.

Resumerend

In Nederland is sinds 1972 ervaring met het her-injecteren van productiewater. Het injecteren is vergunningplichtig en het opstellen van een milieueffectrapportage maakt deel uit van de procedure. Gedurende de injectie vindt er continu monitoring plaats van druk en samenstelling van het injectiewater. SodM houdt toezicht op het proces. Tot op heden zijn er nauwelijks incidenten geweest.

Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging
Directie Energiemarkt

Oris kenmerk
DGETM-B1 / 15020114

Bij de meest recente injectievergunning waarbij aanmerkelijke hoeveelheden water worden geïnjecteerd is tevens een water injectie managementplan in de vergunning opgenomen, dat voorziet in een uitgebreid monitoringsprogramma en een tweetal evaluatiemomenten waarbij de doelmatigheid van de injectie na drie en na zes jaar wordt geëvalueerd.

(w.g.) H.G.J. Kamp
Minister van Economische Zaken

Pagina 7 van 7