



NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

**Onderzoeken 5 en 6 - bodemdaling,
geïnduceerde aardbevingen en analyse
van seismische hazard in Groningenveld
Technische bijlage bij Winningsplan
Groningen 2013**

Nederlandse samenvatting

Date: 17 januari 2013

Nederlandse samenvatting¹

1.1 Achtergrond

Dit rapport levert een technische onderbouwing voor een update van het Groningen Winningsplan van 1 december 2013 en bevat details over de analyses van de door gaswinning veroorzaakte bodemdaling en aardbevingen in het Groningenveld. Dit rapport bevat de belangrijke voortgang die is geboekt bij:

- Resultaten van geomechanische en seismologische studies naar door gaswinning veroorzaakte aardbevingen in het Groningenveld, gebaseerd op de historisch waargenomen bevingen met voorspellingen van toekomstige seismiciteit.
- Resultaten van de analyse van de compactie van het reservoirgesteente en bodemdaling, met voorspellingen van toekomstige bodemdaling.
- De effecten van verschillende productiescenario's en de toepassing van drukbeheersing op het seismische risico.

In een brief aan de Tweede Kamer (11 februari 2013, TK 2012-2013 33529 nr 2) heeft de minister van Economische Zaken een aantal onderzoeken aangekondigd naar door gaswinning veroorzaakte aardbevingen in Groningen. Onderzoek 5 gaat over "Onderzoek naar (nieuwe) maximum van sterkte van bevingen voor het Groningen-gasveld".

Onderzoek 6 gaat over "Alternatieve winningstechnieken om aantal en maximum bevingen te verkleinen". Een Technische Begeleidingscommissie Ondergrond (TBO) en een Stuurgroep zijn opgericht door het ministerie van EZ om het studiewerk te beoordelen en om de kwaliteit en onafhankelijkheid ervan te garanderen.

De uitkomsten van de onderzoeken 5 en 6 zijn gezamenlijk samengevat als Technische Bijlage bij het Winningsplan.

1.2 Inleiding

Hoewel aanzienlijke voortgang is bereikt in het begrijpen van het gevaar veroorzaakt door seismische activiteit, resteert nog veel onzekerheid. Daarbij moet worden bedacht dat de onzekerheidsmarge rond het seismische risico (en dus voorspellingen over de maximale omvang ervan) niet constant blijft maar toeneemt in de tijd (zelfs in de komende 5 tot 10 jaar). Het is echter de bedoeling om deze groeiende onzekerheid in evenwicht te brengen met een alomvattend programma om de inschattingen telkens te kalibreren en om passende preventieve maatregelen te treffen wanneer acceptabele grenzen dreigen te worden overschreden.

De wetenschappelijke inzichten en de onzekerheidsmarge in dit rapport weerspiegelen het huidige kennisniveau, maar niet noodzakelijk de werkelijke fysieke onzekerheid. Als gevolg daarvan zijn de prognoses over de risico's naar verwachting conservatief. NAM heeft een programma in uitvoering om veel meer data uit het veld te verzamelen en verricht studies om deze onzekerheden te verkleinen. Als de onzekerheid is verkleind kunnen de conservatieve aannamen en de daarmee verbonden maatregelen navenant aangepast worden.

Het project om meer gegevens uit het veld te verzamelen en de integratie van die data in de studies krijgen een weerslag in een Monitoringsprotocol als onderdeel van het Winningsplan (het 'Borgingsprotocol Seismisch Risico Groningen'). Dit protocol en bijbehorend meet- en monitoringsplan bevatten een voorstel hoe op jaarlijkse basis de risico-inschatting en bijbehorende kern-aannamen zullen worden gewaardeerd,

¹ Deze samenvatting is een Nederlandse samenvatting van de technische bijlage bij het winningsplan: de Engelse tekst van dit *Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013* is leidend.

aangepast en gerapporteerd. Dit leidt naar verwachting tot een continue verbetering en een meer ingeperkte inschatting van de seismische risico's in de komende jaren.

1.3 Historische seismiciteit in het Groningenveld

Sinds het begin van de jaren negentig hebben zich relatief kleine aardbevingen voorgedaan in de buurt van het gasveld Groningen. Er wordt erkend dat die veroorzaakt worden door de gaswinning. In 1993 is een netwerk met geofoons geïnstalleerd in het veld, onder beheer van het KNMI. Dit netwerk is diverse keren uitgebreid en is momenteel in staat om alle bevingen met een kracht vanaf $M=1,5$ op de schaal van Richter waar te nemen. Uit de literatuur zijn diverse voorbeelden bekend van aardbevingen door gaswinning. De mogelijkheid dat zich in Groningen zwaardere bevingen gaan voordoen, zou kunnen worden afgeleid uit een schok met een kracht van $M=4,4$ in 2004 in het eveneens in het Rotliegend gelegen gasveld bij het Duitse Rotenburg (Niedersachsen). De aardbeving bij Huizinge op 16 augustus 2012 was, met een kracht van 3,6, de zwaarste tot nu toe gemeten in Groningen. De beving veroorzaakte schade aan gebouwen en aanzienlijke zorg onder de bevolking en een daaruit voortvloeiende angst. Naar aanleiding hiervan initieerde het ministerie van EZ een uitgebreid studieprogramma om een beter inzicht te krijgen in het optreden en de zwaarte van door gaswinning veroorzaakte aardbevingen en om in te schatten hoeveel gevaar die opleveren. Het studiewerk van NAM en het project van dataverzameling werd gevoegd in dit programma van EZ. In het begin van 2013 stelde de minister van Economische Zaken de Technische Begeleidingscommissie Ondergrond (TBO) in om dit werk te begeleiden en van een kwaliteitstoets te voorzien. De resultaten en de kennis uit de studies naar de ondergrond zijn door NAM aan de TBO gepresenteerd in deze Technische Bijlage bij het Winningsplan 2013.

1.4 Resultaten van seismologische studies gebaseerd op historische seismische gegevens.

Het Groningen-veld is een van de grootste gasvelden ter wereld en produceert sinds het eind van 1963. Momenteel wordt gas geproduceerd op twintig clusters, met elk acht tot twaalf putten, gasbehandelingsinstallaties en compressors. Door de gasproductie daalt de druk in het reservoir. Dit leidt tot compactie van het reservoirgesteente en dat zorgt dan weer voor zowel bodemdaling aan de oppervlakte als tot een opbouw van spanning in het reservoirgesteente. Er wordt aangenomen dat als (een fractie van) deze spanning schoksgewijs wegvloeit bij breuken hetgeen de bron is van de waargenomen seismische activiteit.

Als deze fractie onveranderlijk zou zijn ten opzichte van de gasproductie zou de maximale kracht van een toekomstige beving naar verwachting 4,5 op de Schaal van Richter zijn, met een 95% zekerheid dat de bovengrens beneden de 5,5 ligt.

Echter, de fractie van de opgebouwde spanning die verdwijnt door aardbevingen, neemt waarschijnlijk toe met de voortgaande compactie van het reservoir. Dit verklaart ook de waargenomen verdeling van de Groninger aardbevingen in tijd, plaats en zwaarte.

Onderstaande tabel laat het resultaat zien van modelberekeningen op basis van statistische analyse van de huidige 'aardbevingcatalogus', in combinatie met de nu geldende geomechanische aannamen, waarbij de betekenis van individuele breuken in het reservoir niet geheel is meegenomen.

Periode	Maximale kracht			Maximale PGA		
	P ₅₀	P ₁₀	P ₂	P ₅₀	P ₁₀	P ₂
2013 - 2016	3,4	4,1	4,6	0,02g	0,12g	0,30g
2013 - 2018	3,6	4,4	4,9	0,03g	0,18g	0,42g
2013 - 2023	3,9	4,8	5,3	0,06g	0,33g	0,67g

Samenvatting van de maximale kracht en de maximale PGA waarden bij 50%, 10% en 2% kans op overschrijding over drie tijdvakken van aannamen overeenkomstig het bestaande productieplan, met gebruikmaking van het time-decay compactiemodel en het aangepaste GMPE volgens Akkar et al. (2013)

1.5 Inschatting van het risico

Om het seismische risico uit te drukken op een manier die relevant is voor het potentiële effect van een aardbeving op de bebouwde omgeving, is het noodzakelijk om voor elke gegeven oppervlaktelocatie het effect te kunnen kwantificeren van het schudden van de bodem. De eenvoudigste en meest gebruikte van deze parameters is de maximale golffuitslag van de grondversnelling, de Peak Ground Acceleration (PGA). Door gebruik te maken van verzamelingen van gemeten bodembewegingen, zijn empirische vergelijkingen gemaakt, waarbij de PGA gekoppeld wordt aan variabelen als de kracht van de beving en de afstand tussen de aardbeving en de plaats van meting. Deze relatie wordt meestal uitgedrukt in zogeheten Ground-motion Prediction Equations (GMPEs). Bestaande bruikbare GMPEs, die zijn afgeleid van gedocumenteerde tectonische ('natuurlijke') bevingen in Europa en het Midden-Oosten, en aangepast om aan te sluiten bij de data van de veel minder krachtige bevingen in Groningen, zijn gebruikt voor de voorspelling van de PGA.

De Probabilistic Seismic Hazard Assessment (PSHA) via een Monte-Carlo Simulatie is als een van de meest geschikte methodes uit de bus gekomen om de door gaswinning veroorzaakte seismische activiteit in het Groningen-veld te analyseren. Gestuurd door een interpretatie van de Eurocode 8 als standaard ook voor niet-stationaire seismische werking, zijn kaarten berekend voor een bodembewegingsequivalent van de 475 jaar return period van Eurocode 8.

1.6 Onzekerheden bij de inschatting

De belangrijkste onzekerheid bij het berekenen van de risico's is de grote onzekerheid in de koppelingscoëfficiënt tussen het Seismic Moment Budget (de totaal aanwezige spanning - elastische energie - in het reservoir) en de volumetrische spanning als gevolg van de compactie (de partiticoëfficiënt). Ook de keuze van het model met betrekking tot compactie levert aanzienlijke onzekerheden op. De onzekerheidsmarge bij compactie is ingeschat door gebruik te maken van drie verschillende compactiemodellen. Dit zijn het bi-lineair model, het time-decay model en het isotachen model. Voor de bi-lineair en time-decay modellen is een aangepaste, verminderde compressibiliteit (indrukbaarheid) van gesteenten gebruikt om deze passend te maken met de gemeten bodemdalingwaarden, terwijl voor het isotachen model de compressibiliteit is genomen, zoals is vastgesteld in boorkernen om zo de uitkomst passend te maken met historisch vastgestelde data over bodemdaling.

Gevoeligheidstesten lieten zien dat de keuze van een bruikbare GMPE en de keuze van een toekomstige productieperiode, om op jaarbasis het risico te kunnen berekenen, een aanzienlijke invloed heeft op de resulterende ramingen. Het vergelijken van deze uitkomsten met die voor tektonische aardbevingen is lastig, ook al omdat tektonische bevingen over het algemeen langer duren en op grotere diepten plaatsvinden.

Er wordt gewerkt aan een meer gedetailleerde geomechanische modellering met een nadruk op de rol van breuken binnen een meervoudig gelaagd geomechanisch model. Dit werk kan het in potentie mogelijk maken om de partiticoëfficiënt fysiek te beperken, wat een verkleining van de onzekerheidsfactor bij modelvoorspellingen oplevert.

Momenteel wordt de toepassing van alle geomechanische modellen beperkt door de schaarste aan relevante data uit het veld, waardoor er ruimte ontstaat voor meervoudige geomechanische verklaringen. Een hogere resolutie van meer veldparameters is nodig om een stap vooruit te kunnen zetten in het beter begrijpen van geomechanisch gedrag. Een verdergaande data-aquisitie is gaande, inclusief het loggen van geomechanische gesteente-eigenschappen en de installatie van geofoons in twee diepe observatieputten. De data die de geofoons in de diepe putten opleveren worden gedeeld zoals omschreven staat in het borgingsprotocol. Aanvullend wordt het bestaande netwerk van ondiepe geofoons en versnellingsmeters uitgebreid.

Verbeterde geomechanische modellering in combinatie met nieuwe velddata zullen worden gebruikt om een beter inzicht te krijgen in verschuivingen bij breuken, en als dit blijkt overeen te komen met de waargenomen seismische activiteit, biedt dit uitzicht op het verminderen van de nu nog grote onzekerheden. Expliciete modellering van geomechanica en breukverschuivingen bieden al verhelderende inzichten. Dit moet leiden tot een meer robuust geomechanisch werkpakket om daarmee het seismische risico te kunnen analyseren zodat reservoirmanagement mogelijk wordt als gereedschap om het risico te verlagen. Een belangrijk voorbeeld vormen de voortgaande geomechanische studies die vooral gericht zijn op het kunnen modelleren van breuken in het reservoir, waarvan wordt verwacht dat ze in staat zijn om een absolute bovengrens te laten zien van de maximale zwaarte van een beving.

1.7 Alternatieve productiestrategieën

1.7.1 Manier van produceren

Om het Groningen-veld op een zo verantwoord mogelijke manier te produceren, wordt er naar gestreefd om de drukverschillen in het hoofddeel van het reservoir zo klein mogelijk te houden. Meerdere manieren zijn onderzocht die potentieel de seismische activiteit kunnen verminderen.

- Een alternatieve productiefilosofie is om voorrang te geven aan productie uit het zuidelijk deel van het veld dat (tot nu toe) minder aardbevingsgevoelig is, in een poging om de reservoirdruk in de omgeving van Loppersum relatief hoog te houden. Dit kan compactie rond Loppersum tijdelijk verminderen met in potentie een positief effect op de plaatselijke seismiciteit. Een negatief gevolg is wel dat het drukverschil tussen het noordelijke en zuidelijke deel van het veld zal toenemen.
- Productieverlaging van het veld is een andere manier om de seismische activiteit te verminderen. Door verlaagde productieniveaus kan het veld langer produceren. Daardoor treden er in een bepaalde tijdsperiode (bijvoorbeeld een jaar) minder bevingen op maar het vermindert niet noodzakelijkerwijs het totaal aantal aardbevingen gedurende het hele leven van het veld.
- In de westelijke flank van het veld blijft de druk in een aantal ondergeproduceerde blokken hoger dan in het hoofdgedeelte van het veld. Meer productie uit deze blokken, om zo het drukverschil met het hoofddeel te verminderen, kan mogelijk de seismische activiteit verminderen.
- Ook het injecteren van vloeistoffen of gassen in het reservoir, als balans voor de gasproductie, biedt een mogelijkheid om de seismiciteit te verminderen. Dit vergt een omvangrijke en kostbare herontwikkeling van het veld, inclusief grote nieuwe installaties op een aanzienlijke industriële schaal die een groot effect zullen hebben op de omgeving.

Om het effect van de diverse maatregelen op de seismiciteit te kunnen bepalen, zijn productieprognoses en de daarbij behorende drukontwikkelingen in het reservoir doorgerekend voor een reeks productiescenario's. De compacties (contourkaarten en bijbehorende compactievolumes) die horen bij de verschillende productiescenario's, vormden de input voor de analyses van het seismische risico. Deze analyse heeft getoond dat het verschil in compactie, als gevolg van de verschillende productiefilosofieën voor de periode 2013 – 2023, kleiner is dan de spreiding bij het gebruik van verschillende compactiemodellen. Voor de verschillende productiescenario's in de komende tien jaar loopt het extra volume aan compactie uiteen van 50 tot 58 miljoen m³ in het time-decay model. In het basis-productiescenario lopen in die tien jaar de aannames echter uiteen van 58 tot 76 miljoen m³ voor de diverse compactiemodellen. Dit laat zien dat de onzekerheid die wordt ingebracht door de verschillende compactiemodellen groter is dan de spreiding die ontstaat bij verschillende productiescenario's.

1.7.2 Drukhandhaving

Op dit moment is het de bedoeling om het Groningenveld maximaal leeg te produceren. Een zo laag mogelijke einddruk is nodig om het veld maximaal te produceren (als basisprincipe in de Nederlandse mijnwetgeving). Dit heeft wel de hoogste compactie, bodemdaling en daardoor seismische activiteit tot gevolg. Het handhaven van de reservoirdruk in het Groningenveld op een niveau boven de einddruk zal,

met een zekere vertraging, de compactie en bodemdaling als gevolg van gasproductie laten stoppen. Het heeft daardoor de potentie om de geïnduceerde seismiciteit van het veld te verminderen.

Er is een studie verricht naar de haalbaarheid en de omvang van projecten om de druk in het Groningenveld anders te beheren en om te kunnen zien wat de effecten daarvan zijn op de seismiciteit. Als start werd gekeken naar verschillende stoffen die geïnjecteerd zouden kunnen worden (stikstof, kooldioxide, rookgassen, water). Gebaseerd op de aspecten van overvloedige beschikbaarheid, relatief inert gedrag en tolerantie voor de aanwezigheid ervan in aardgas, werd stikstof gekozen als het optimale injectiemiddel om een haalbaarheidsstudie mee te doen. Er werd hierbij gebruik gemaakt van het reservoirmodel van Groningen, de ervaring met gas-gas verdringing en het mengen van gassen in de ondergrondse gasopslagen van Grijpskerk en Norg, en het stikstof-injectieproject in het gasveld bij De Wijk.

Deze studie heeft tot doel om een eerste beeld te krijgen:

- van de omvang van het potentiële project,
- van het effect ervan op de frequentie en kracht van aardbevingen.

De processen rond stikstofinjectie in het reservoir zijn ingewikkelder en fundamenteel anders dan de huidige manier van gas produceren. De doorbraak van stikstof in productieputten zal naar verwachting een aanzienlijke daling betekenen van de winbare gasreserves. De grote hoeveelheid elektriciteit die nodig is voor de productie van stikstof betekent een tweede vermindering van de verkoopbare hoeveelheid gas.

De omvang van het project is aanzienlijk groter dan waar op wereldschaal nu ervaring mee is (naar raming 5 tot 7 keer groter dan het grootste tot nu toe gerealiseerde project). Hoewel de aard en omvang van een drukhandhavingsproject nu omschreven is, is daarmee de technische haalbaarheid nog niet bewezen.

Het duurt minstens 5 jaar voor de eerste stikstof geïnjecteerd kan worden en zo'n 10 jaar om de volle capaciteit te bereiken. De totale kosten van het project worden geschat op 6 tot 10 miljard euro. Het project zal een aanzienlijk milieu-effect hebben door het omvangrijke landgebruik plus het elektriciteitsgebruik. Maatschappelijke steun voor een grootschalig stikstofinjectieproject is essentieel voor eventuele invoering. Alternatieve ideeën om de kracht en frequentie van aardbevingen te verminderen moeten daarom parallel worden beoordeeld. De nu gepresenteerde resultaten geven een eerste raming van het concept van stikstofinjectie. Er is al ruimte gezien om op een aantal terreinen potentieel te komen tot optimalisatie.

Er wordt aangenomen dat drukhandhaving reservoircompactie kan stoppen, met daardoor minder seismiciteit. Tot welk niveau moet nog worden vastgesteld door verdere geomechanisme modellering. Met name moet worden bekeken wat de effecten kunnen zijn van injectie nabij of in een breuk.

1.8 Analyse van hazard bij alternatieve productiestrategieën

Als een Monte-Carlo Simulatie (NAM 2013) wordt gebruikt samen met de GMPE - volgens Akkar et al - 2013, bewerkt om ze gelijk te maken aan data over bodembewegingen in het Groningenveld, plus de waargenomen bevingen met een kracht van minimaal $M=1,5$, ontstaan de volgende PSHA resultaten voor het basis-productiescenario:

- Voor het tijdvak 2013 – 2023, en op basis van het time-decay reservoir-compactiemodel, geeft de PSHA aan dat er een kans is van 50%, 10% en 2%, dat de PGA hoger ligt dan respectievelijk 0,06g, 0,33g en 0,67g, waarbij g de standaard-zwaartekracht is ($9,81 \text{ m/s}^2$).
- Voor een 5-jaarsberekening (2013 – 2018) zijn de corresponderende resultaten 50%, 10% en 2% waarschijnlijkheid dat de PGA 0,03g, 0,18g en 0,42g overschrijdt.
- Kijken we naar de drie jaar van 2013 tot 2016 dan is er een 50%, 10% en 2% kans op een overschrijding van respectievelijk 0,02g, 0,12g en 0,30g.

Het is belangrijk om erop te wijzen dat de hierboven genoemde 2% op de 10-jaars resultaten niet gelijk gesteld mag worden met de 10% kans over 50 jaar van Eurocode 8 omdat geïnduceerde bevingen in het Groningenveld in tijd variëren en niet gemodelleerd kunnen worden als in een Poisson proces.

Leemten in onze theoretische kennis kenmerken de onzekerheden in parameters die vastliggen maar onbekend zijn of slechts bekend zijn met een zekere nauwkeurigheid. Significante epistemische onzekerheden bestaan in de aannamen voor het Groningenveld; ze hebben met name te maken met spanningsverdeling, de GMPE en reservoircompactie. Een 'logic-tree' benadering, waarin elke tak van de 'logica-boom' een bepaald scenario of model met bijbehorende parameterwaarden vertegenwoordigt, is gebruikt om de gevolgen van de belangrijkste epistemische onzekerheden op de inschatting van het risico te kunnen onderzoeken. Hieruit werd duidelijk dat de onzekerheid over de partiticoëfficiënt in het reservoir het grootste effect heeft van alle onderzochte onzekerheden.

De epistemische onzekerheid rond de spanningsontlading is deels toe te schrijven aan de willekeurige variabiliteit (toevalligheid) die nu eenmaal kenmerkend is voor het onvoorspelbare optreden van aardbevingen. De relatieve bijdrage van zowel kennis als toevalligheden aan de totale onzekerheid rond het ontstaan van bevingen, is nog onbekend.

Voortgaande monitoring van aardbevingen, oppervlakteversnelling en bodemdaling in het Groningenveld, met aanvullende geomechanische studies, zullen de extra kennis opleveren waarmee de onzekerheden beperkt kunnen worden. Daarmee kan ook het huidige conservatisme in de inschattingen van de gevolgen worden verminderd.

PSAH's voor 2013 – 2023 zijn gemaakt voor 19 afzonderlijke scenario's die een representatieve steekproef vormen voor verschillende aannamen voor geologische structuren, compactie, veldontwikkeling en productiescenario's. De verkregen resultaten laten voor alle productiescenario's vrij overeenkomstige uitkomsten zien voor seismiciteit, met uitzondering van het 'noodstopscenario', waarin de maximale PGA met een 2% kans op overschrijding vermindert tot 0,41g. Dit is 38% beneden het huidige scenario van 0,67g.

In het noodstopscenario voorspelt het isotachen compactiemodel nog een aanzienlijk verdere compactie tot ver na 2080. Er is geen analoog veldbewijs aanwezig dat zo'n gedrag ondersteunt. Ook zijn laboratoriummetingen niet in staat om het gedrag van het isotachen model te vangen in de hier gebruikte tijdschaal van vele decennia. Daarom is de betrouwbaarheid van dit bijzondere isotachen model met een hoge coëfficiënt aan compressibiliteit twijfelachtig. Het gebruik van een lagere compressibiliteitscoëfficiënt geven compactieresultaten die vergelijkbaar zijn met die uit het time-decay model en wordt als een meer realistische weergave gezien.

1.9 Resultaten van geomechanische studies

Geomechanische studies die ons beter laten begrijpen hoe het natuurkundige proces van verschuivingen bij breuken werkt, zijn eveneens uitgebreid. Een eerste reeks analyses is gericht op het identificeren van potentiële breukmechanismen en het effect van diverse modellenopties en de daarmee verbonden parameters op de gesimuleerde geomechanische reacties. Er is in eerste instantie voor een omgeving van twee-dimensionale modellering gekozen om relatief snel een brede reeks van modellenopties en parameters te kunnen evalueren.

Geomechanische modellen kunnen niet rechtstreeks de uitstraling van seismische energie voorspellen. Echter, meer gedetailleerde modellen die speciaal gericht zijn op verschuivingen bij breuken, kunnen een geavanceerde methode opleveren die beter voorspelt wat er bij die breuken gaat gebeuren en hoeveel energie daarbij vrij zal komen. Moderne meerlagige geomechanische modellering, in combinatie met inzicht in de relatie tussen geomechanica en seismische activiteit, kan een werkbaar kader opleveren voor het beter begrijpen van seismiciteit bij breuken. Ook kan zo beter inzicht ontstaan in toekomstig seismisch gedrag via een natuurkundig-beperkte spanningsontlading (zoals de partiticoëfficiënt). Dit wordt

onderwerp van toekomstige studies, bedoeld om een werkplan te maken dat moet leiden tot een robuuste integratie tussen drie-dimensionale breukmodellering en bestaande seismologische modellering om seismische onzekerheden te verkleinen. Dit werk kan helpen om de onzekerheid rond de partiticoëfficiënt te beperken.

Nuttige inzichten zijn verkregen in de potentiële verschuivingen bij breuken die verantwoordelijk kunnen zijn voor de waargenomen seismiciteit in het Groningenveld. Drie verschillende reacties zijn vastgesteld gebaseerd op formatieverzet in een bestaand breukvlak, namelijk daar waar neerwaarts gerichte gesteenteformaties voorkomen die kleiner of groter zijn dan de dikte van het gasproducerende reservoirgesteente en voor opwaarts gerichte reservoirformaties. Het verschil in reactie wordt uitgedrukt in termen van drukdaling bij aanvang van een verschuiving bij een breuk, het aantal delen waaruit een breuk bestaat, de totale lengte van de breuk, de maximale relatieve gesteenteverplaatsing en de vrijkomende energie bij een verschuiving bij een breuk. De gerapporteerde waarden voor de genoemde reactieparameters zijn niet representatief voor de huidige condities in het Groningenveld.

De nieuwe inzichten openen de mogelijkheid om te zoeken naar seismische 'vingerafdrukken', om 1) vast te stellen of verschuivingen langs bestaande breuken werkelijk de kernoorzaak zijn van de waargenomen seismische activiteiten, en 2) om onderscheid te kunnen maken tussen verschillende verschuivingsmechanismen, binnen de beperking van beschikbare structurele informatie. Nadere studies lopen om het effect van andere modelleringsopties te kunnen beoordelen.

FEA-modellen (Finite Element Analysis) voor geomechanische breukverschuivingen kunnen zorgen voor een verkleining van de onzekerheid in berekeningen van de partiticoëfficiënt. Een aantal van deze modellen bleek goed overeen te komen met veldmetingen en omdat ze expliciet gelden voor breuken (een ondergroep van breuken verkregen uit seismische data maakte deel uit van het model) is dit een veelbelovende weg naar het kunnen relateren van de bij compactie ontstane spanningsenergie met de vrijkomende energie bij een verschuiving langs een breuk.

Resultaten laten de potentiële voordelen zien van deze benadering:

- De tussentijdse evaluatie van de verspreiding van energie bij breuken volgens geomechanische modellen komt redelijk goed overeen met waarnemingen van vrijkomende energie bij seismische gebeurtenissen.
- Als eerste stap is aangenomen dat in de geanalyseerde periode (1996 – 2012) de partiticoëfficiënt die de uitgestraalde energie relateert aan afgegeven energie, constant is geweest.
- De voorspelde energie-afgifte verschilt aanzienlijk in verschillende regionen van het veld, wat overeenkomt met de waargenomen seismiciteit.

Hoewel de vergelijkbaarheid hoopgevend is, kunnen verdere verbeteringen worden bereikt door het zwaarder laten wegen in de FEA-modellen van breuken, gedrag van de breuken (bijv. verschuivingen en het afzwakken van versnelling), de fysica van compactie (bijv. niet-lineaire, snelheidsafhankelijke compactie) etc.

Ook moet de volle breedte van modellen, in overeenstemming met de historisch vastgelegde seismische data, met verrekening van de toevalligheid die binnen de aardbevingscatalogus nu eenmaal aanwezig is door de beperkte aantallen praktijkvoorbeelden, worden beoordeeld. Door invoering van een 'natuurkundig bepaalde beperking' op de verhouding tussen energie in compactiespanning en de bij breukverschuivingen afgegeven energie, kunnen deze modellen de variabiliteit verminderen in partiticoëfficiënten zoals die tot nu toe berekend werden op basis van modellen waarbij niet expliciet rekening was gehouden met breuken.

1.10 OStudieprogramma

De 'logic tree' analyse heeft getoond dat de onzekerheid in de partiticoëfficiënt de grootste kennisleemte vormt. Het verminderen van deze onzekerheid is het eerste doel van voortgaande geomechanische studies.

De geomechanische modellering, gecombineerd met aanvullende data van geofoons in diepe putten en nabij het aardoppervlak, zal naar verwachting kunnen helpen bij het reduceren van de onzekerheid rond de partiticoëfficiënt en daardoor ook bij die van het risico. Ook daarom is besloten tot voortzetting van het studieprogramma. De belangrijkste aspecten van de studies en het dataverzamelingsproject zullen voor 2014 het volgende omvatten: onderzoek naar betere bodemdalingsvoorspellingen, omvangrijke geomechanische modellering, monitoring van aardbevingen in het gebied van Loppersum met geofoons in diepe boorputten en over het hele veld monitoring van bevingen met geofoons en van bodemversnelling met versnellingsmeters.

