Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Advies over de operationele strategie 2021/2022 voor Groningen-gasveld

Inhoudsopgave

1 Introductie 4

1.1 Wat is de wettelijke basis van dit advies? 4

1.2 Wat zijn de adviesvragen van de minister van Economische Zaken en Klimaat? 5

1.3 Leeswijzer 5

2 Op welke informatie heeft SodM de beoordeling gebaseerd? 6

2.1 Welke rapporten heeft NAM ingediend? 6

2.2 Welke operationele strategie is door NAM voor het gasjaar 2021/2022 voorgesteld? 6

2.3 Hoe ontwikkelt de reservoirdruk zich? 7

2.4 Welke bodemdaling veroorzaakt de operationele strategie? 7

2.5 Wat betekent de operationele strategie voor de seismiciteit? 7

2.6 In hoeverre kan met de operationele strategie voldaan worden aan de beperkingen op de regionale productiefluctuaties? 8

2.7 In hoeverre wordt met de operationele strategie aan de veiligheidsnorm voor aardbevingen voldaan? 9

2.8 Wat is de verwachte aard en omvang van de schade? 9

2.9 Wat is de planning voor de uitgebruikname van productielocaties tijdens de capaciteitsafbouw vanaf het gasjaar 2022/2023? 10

2.10 Wat is het gevolg van onvoorziene omstandigheden en onderhoud? 10

2.11 Grijpskerk omzetten naar laagcalorisch gas. 11

3 Hoe beoordeelt SodM de seismische dreigings- en risicoanalyse? 13

3.1 In hoeverre is de SDRA2021 op correcte wijze onderbouwd, uitgevoerd en geanalyseerd? 13

3.1.1 Is de opgeleverde SDRA correct uitgevoerd? 13

3.1.2 Is de opgeleverde SDRA correct onderbouwd en geanalyseerd? 13

3.2 Wat zijn de verschillen tussen de HRA2020 en de SDRA2021? 13

3.2.1 Uitvoering op basis van de publieke SDRA-modeltrein 13

3.2.2 Actualisatie van de Operationele Strategie aan de nieuwe raming van GTS 14

3.2.3 Nieuwe kalibratie van het seismologisch model 15

3.2.4 Corrigeren implementatiefout in de “period-to-period”-correlatiestructuur 15

3.2.5 Actualisatie gebouwendatabase 15

3.3 Wat zijn de effecten van de verschillen tussen HRA2020 en SDRA2021? 15

3.3.1 In hoeverre ontstaat er een verschil door het gebruik van de SDRA in plaats van de HRA van NAM? 15

3.3.2 Wat is het effect van de andere wijzigingen op de resultaten van de risicoberekening? 17

3.3.3 Conclusie 18

4 Overzicht van de antwoorden op de adviesvragen en de adviezen aan de minister van EZK inzake het vaststellingsbesluit voor het gasjaar 2021/2022 19

5 Wat mogen de mensen in Groningen op de langere termijn verwachten? 23

5.1 Seismiciteit, dreiging en risico nemen naar verwachting verder af 23
5.2 Centrale rol voor monitoring 23
Referenties 24
Afkortingenlijst 25
Bijlage A: Hoe beoordeelt SodM de publieke SDRA? 26
Introductie 26
Welke informatie bevat de SDRA? 26
Algemeen 26
Seismische Dreigingsanalyse 26
Seismische Risicoanalyse 28
Schadeanalyse 30
Gevoeligheidsanalyse SDRA 30
Hoe beoordeelt SodM de opgeleverde SDRA? 31
Seismische dreigingsanalyse 31
Seismische risicoanalyse 32
Schadeanalyse 34
In hoeverre zijn de dreigings- en risicoanalyses behorende bij de voorgestelde operationele strategieën op correcte wijze onderbouwd, uitgevoerd en geanalyseerd? 34
Is de opgeleverde SDRA correct uitgevoerd? 34
Is de opgeleverde SDRA correct onderbouwd en geanalyseerd? 34

1 Introductie

1.1 Wat is de wettelijke basis van dit advies?

In 2018 heeft het kabinet besloten dat er niet méér gas uit het Groningen-gasveld geproduceerd mag worden dan nodig is voor de leveringszekerheid. Om dat doel te bereiken zijn de Gaswet en de Mijnbouwwet (verder: Mbw) dat jaar gewijzigd.

Op grond van de Mbw dient de vergunninghouder (op dit moment de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (verder: NAM)) van het Groningen-gasveld, in opdracht van de minister van Economische Zaken en Klimaat (verder: de minister), jaarlijks één of meerdere operationele strategieën over de inzet van het Groningen-gasveld op te stellen en te onderbouwen met een seismische dreigings- en risicoanalyse. Dit doet NAM met inachtneming van de raming van de benodigde hoeveelheid gas door Gasunie Transport Services (verder: GTS) en let daarbij op het belang van het minimaliseren van de inzet van het Groningen-gasveld en op het minimaliseren van de verwachte bodembeweging (artikel 52c, tweede lid, van de Mbw).

De minister heeft aangekondigd dat hij het belangrijk vindt dat de seismische dreigings- en risicoanalyse voor het Groningen-gasveld onafhankelijk en in publieke handen wordt uitgevoerd. Hiervoor heeft de Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (verder: TNO) gedurende de afgelopen drieënhalf jaar, als onderdeel van het Kennisprogramma Effecten Mijnbouw (verder: KEM), de modeltrein van NAM gereproduceerd. Staatstoezicht op de Mijnen (verder: SodM) heeft de ontwikkeling en validatie van de publieke SDRA-modeltrein steeds nauwgezet gevolgd en de uitkomsten van tussentijdse versies beoordeeld en laten reviewen. In opdracht van de minister heeft TNO dit jaar voor het eerst de seismische dreigings- en risicoanalyse uitgevoerd en gerapporteerd.

De minister betrekt bij de vaststelling van de operationele strategie (verder: OS) (artikel 52d, tweede lid, van de Mbw):

> *het veiligheidsbelang en het maatschappelijk belang dat verbonden is aan het niet kunnen voorzien van eindafnemers van de benodigde hoeveelheid laagcalorisch gas en kijkt hierbij in het bijzonder:*
> *a. in hoeverre wordt voldaan aan de veiligheidsnorm van 10^{-5};*
> *b. in hoeverre de leveringszekerheid van verschillende categorieën eindafnemers wordt geborgd;*
> *c. naar het tempo van de afbouw van de vraag;*
> *d. naar het tempo van versterken van gebouwen;*
> *e. naar maatschappelijke ontwrichting als gevolg van bodembeweging veroorzaakt door de winning van gas uit het Groningenveld;*
> *f. naar maatschappelijke ontwrichting als gevolg van het afsluiten van verschillende categorieën eindafnemers.*

SodM adviseert de minister over de vaststelling van de operationele strategie in het kader van de veiligheid van de gaswinning. In de wijziging van de Mijnbouwwet is de wettelijke adviestaak ten aanzien van de gaswinning in Groningen (artikel 127 van de Mbw) als volgt beschreven:

> *i. Onze Minister te adviseren of de voorgestelde operationele strategie of strategieën, bedoeld in artikel 52c, tweede lid, gelet op de winning van de hoeveelheid gas die ten hoogste uit het Groningen-gasveld benodigd is om eindafnemers van de hoeveelheid laagcalorisch gas te voorzien, de verwachte bodembeweging minimaliseert en de gevolgen daarvan voor omwonenden, gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan zoveel mogelijk beperkt.*

1.2 Wat zijn de adviesvragen van de minister van Economische Zaken en Klimaat?

Op 1 april 2021 heeft de minister SodM gevraagd te adviseren over de OS voor het gasjaar 2021/2022. SodM is gevraagd om specifiek in te gaan op de volgende vragen:

1. *Wat is het oordeel van SodM op de voorgestelde operationele strategie voor het gasjaar 2021-2022 vanuit het oogpunt van de veiligheid in termen van seismisch risico?*
2. *In hoeverre zijn de dreigings- en risicoanalyses behorende bij de voorgestelde operationele strategieën op correcte wijze onderbouwd, uitgevoerd en geanalyseerd?*
3. *In welke mate laten de uitkomsten van de dreigings-en risicoanalyse in vergelijking met voorgaande jaren een afwijkend beeld zien en wat zijn hiervan de oorzaken? Kunt u dit specificeren naar de twee onderscheiden functies van de publieke SDRA Groningen, namelijk ten eerste een berekening van het seismisch risico in het hele gebied en het bepalen van de omvang en de prioritering van het versterkingsprogramma?*
4. *In hoeverre ziet het SodM mogelijkheden om in het huidige gasjaar het seismisch risico nog te beperken met een wijziging in de manier van productie?*
5. *Zijn er uit het oogpunt van veiligheid in termen van seismisch risico overwegingen die moeten worden meegenomen bij de besluitvorming over het uit gebruik nemen van locaties?*
6. *Zijn de uitgangspunten ten aanzien van de minimumflow die de minister in de verwachtingenbrief op 1 februari 2021 heeft meegegeven aan NAM op de juiste manier uitgewerkt? En zijn er nieuwe inzichten over de minimumflow ten opzichte van het vorige advies over capaciteitsafbouw en sluitingsvolgorde clusters Groningen (d.d. 15-07-2020)?*
7. *Welke overwegingen moeten er in termen van veiligheid meegenomen worden bij de mogelijke versnelde sluiting van het Groningenveld door Grijpskerk in te zetten als een opslag voor laagcalorisch gas?*

1.3 Leeswijzer

Dit advies van SodM is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 beschrijft de informatie waarop het advies van SodM is gebaseerd, namelijk de door NAM ingediende operationele strategie.
- In Hoofdstuk 3 beoordeelt SodM de wijzigingen in de dreigings- en risicoanalyse ten opzichte van de analyse van vorig jaar en de impact hiervan op de uitkomsten.
- Hoofdstuk 4 geeft de antwoorden op de adviesvragen en de adviezen van SodM aan de minister.
- Hoofdstuk 5 beschrijft ten slotte wat de inwoners van Groningen op de langere termijn kunnen verwachten.

2 Op welke informatie heeft SodM de beoordeling gebaseerd?

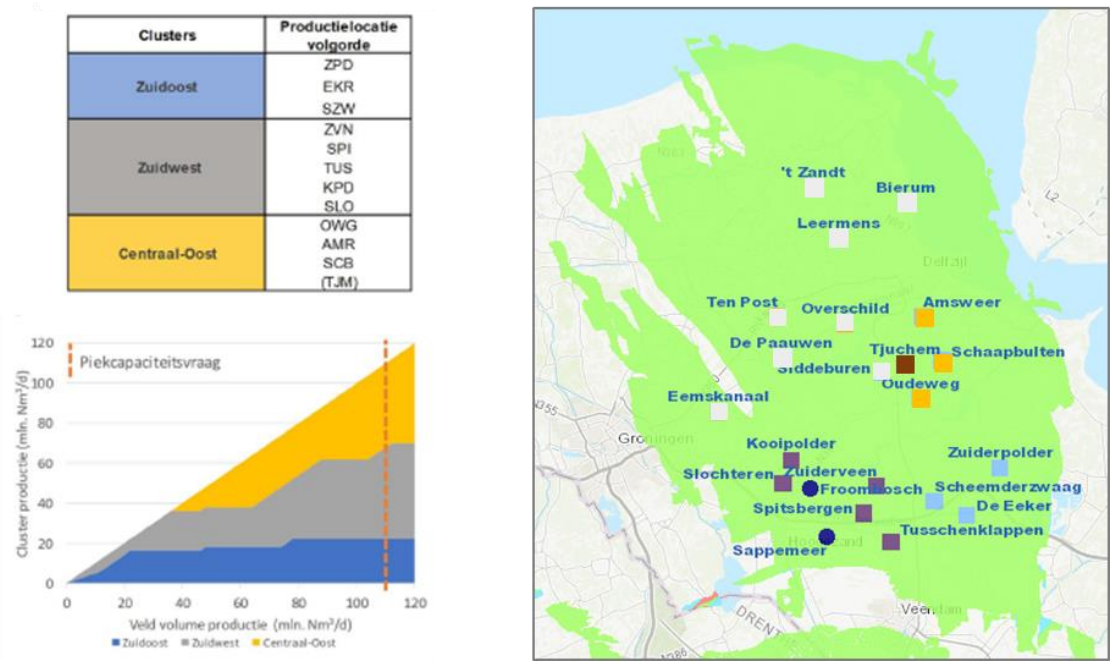
2.1 Welke rapporten heeft NAM ingediend?

De minister heeft NAM (conform Mbw artikel 52c) verzocht om voor het gasjaar 2021/2022 een operationele strategie voor te stellen [Ref. 1]. De basis voor deze strategie vormt de raming van GTS voor de productiehoeveelheden die nodig zijn voor het voldoen aan de leveringszekerheid [Ref. 2].

Op 19 maart 2021 heeft NAM deze OS bij de minister aangeleverd [Ref. 3] samen met de publieke seismische dreigings- en risicoanalyse van TNO (verder: SDRA2021) [Ref. 4]. In Appendix A bij de OS [Ref. 5] wordt de lange termijn drukontwikkeling en bodemdaling beschreven. In de SDRA2021 (Appendix B bij de OS) worden de verwachte seismische activiteit, de seismische dreiging, de seismische risico's en de gevolgen voor omwonenden en gebouwen nader onderbouwd. De analyses zijn zowel per kalenderjaar als per gasjaar uitgevoerd. In de SDRA2021 is ook een doorkijk op de afbouw van de capaciteitsvraag op Groningen opgenomen. Tenslotte beschrijft Appendix C bij de OS [Ref. 6] de prognoses voor lichte gebouwschade (schadegradatie DG1).

2.2 Welke operationele strategie is door NAM voor het gasjaar 2021/2022 voorgesteld?

Van 1 oktober 2021 tot 1 april 2022 wordt Groningen geopereerd volgens dezelfde opstartvolgorde als in gasjaar 2020/2021 (Figuur 2-1): de productievolumes worden verdeeld over de clusters Zuidoost en Zuidwest en het cluster Centraal-Oost zal alleen gebruikt worden op momenten van hoge gasvraag, met uitzondering van productielocatie Tjuchem dat per 1 oktober 2021 buiten gebruik wordt gesteld.

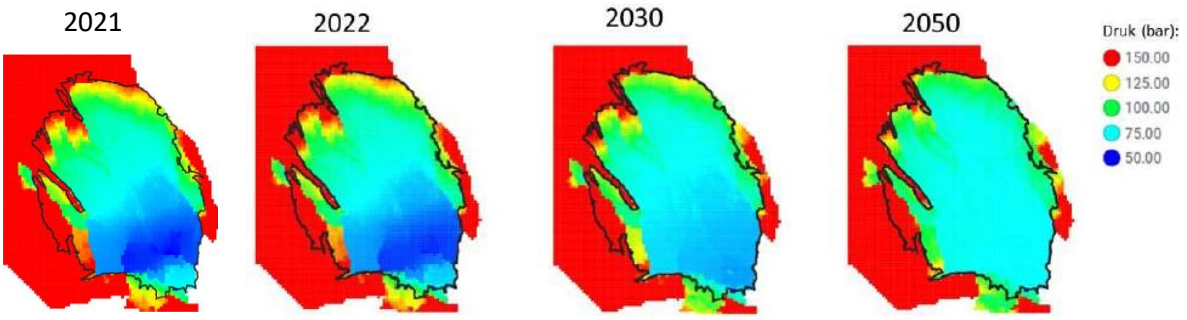


Figuur 2-1 Opstartvolgorde van de verschillende clusters in de operationele strategie. De lichtgrijze clusters zijn reeds buiten gebruik gesteld en hieruit wordt geen gas meer geproduceerd. Het cluster Tjuchem (donker oranje) zal per 1 oktober 2021 eveneens buiten gebruik worden gesteld.

Vanaf 1 april 2022 produceert het Groningen-gasveld enkel de minimumflow hoeveelheid die nodig is om capaciteit in het volgende gasjaar beschikbaar te houden (zie ook H3.2.2.2). Vanaf die datum worden productielocaties beurtelings aan- en afgeschakeld en wordt productie dus grofweg gelijk verdeeld over de productielocaties. Er is dan dus ook geen sprake meer van een opstartvolgorde. Verschillen in productievolumes tussen de verschillende locaties zijn dan het gevolg van operationele omstandigheden, onderhoud en aantal locaties per cluster.

2.3 Hoe ontwikkelt de reservoirdruk zich?

Het huidige drukverschil tussen de Loppersum-regio en het zuiden van het gasveld is op dit moment (2021) ongeveer 25-50 bar (Figuur 2-2). De productie in het komende gasjaar zal bij een gemiddeld temperatuurverloop geen verdere drukdaling in het zuiden tot gevolg hebben. De drukdaling heeft zich hier gestabiliseerd en zal de komende tien jaar, ondanks dat de minimum flow productie in het zuiden zal plaatsvinden, met 10-15 bar stijgen. De druk in de Loppersum-regio zal de komende tien jaar nog licht afnemen. De druk in het veld is zich reeds aan het stabiliseren naar een einddruk van ongeveer 75-80 bar. Dit betekent dat de bevingen in Groningen de komende jaren vooral worden veroorzaakt door de egalisatie van de druk (het kleiner worden van het drukverschil over het veld) en nog maar in heel beperkte mate door de doorgaande lage productie (zie voor meer informatie H5.1). Alleen in het geval van een zeer koude winter komend gasjaar zou de druk in het zuiden nog met enkele bar kunnen dalen (1-3 bar).



Figuur 2-2. Druk in het Groningen gasveld op 1 oktober 2021, 2022, 2030 en 2050 voor een gemiddeld temperatuurverloop. De kleurschaal is voor alle figuren identiek.

2.4 Welke bodemdaling veroorzaakt de operationele strategie?

Voor de bodemdalingsvoorspellingen voor de komende tien jaar heeft NAM de bodemdalingsstudie uit 2020 [Ref. 7] geactualiseerd op basis van de GTS raming van 2021 [Ref. 2]. De voorspelling is gekalibreerd aan historische metingen tot en met de laatste waterpassing uit 2018. De schatting van het diepste punt is met 42 cm 2 cm dieper geworden, dan in de HRA2020 de verwachting was. Deze toename valt binnen de onzekerheidsbandbreedte in de huidige bodemdalingsvoorspelling van ~3 cm en heeft geen gevolgen voor de mitigerende maatregelen.

2.5 Wat betekent de operationele strategie voor de seismiciteit?

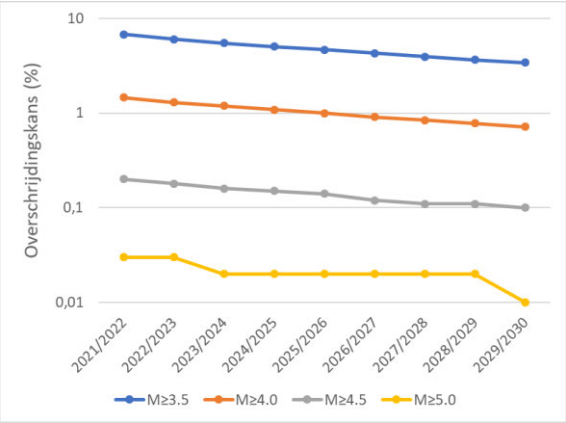
Zoals in hoofdstuk 2 aangegeven, zijn de gevolgen van de OS voor de ontwikkeling van de seismische activiteit in kaart gebracht door TNO [Ref. 4]. Voor het gasjaar 2021/2022 voorspelt de SDRA 6 bevingen met een sterkte van $M_L \geq 1.5$, met een onzekerheidsbandbreedte van 2 tot 13 bevingen.[1] Indien komend gasjaar een heel koude winter zou kennen, voorspelt de SDRA 8 bevingen met een sterkte van $M_L \geq 1.5$, met een onzekerheidsbandbreedte van 4 tot 15 bevingen. De komend jaren zal het verwachte aantal bevingen verder afnemen naar 3 bevingen met een sterkte van $M_L \geq 1.5$ (bandbreedte 0-9 bevingen) in het gasjaar 2029/2030 en een verwachtingswaarde van 1 beving (bandbreedte 0-4 bevingen) in 2050.

Het aantal bevingen wordt voornamelijk bepaald door de drukegalisering in het Groningen-gasveld en niet door de, ten opzichte van de voorgaande periode, beperkte productie die nog plaatsvindt. Naar de toekomst toe is er een grote onzekerheid over de exacte reactie van de breuken op de nog

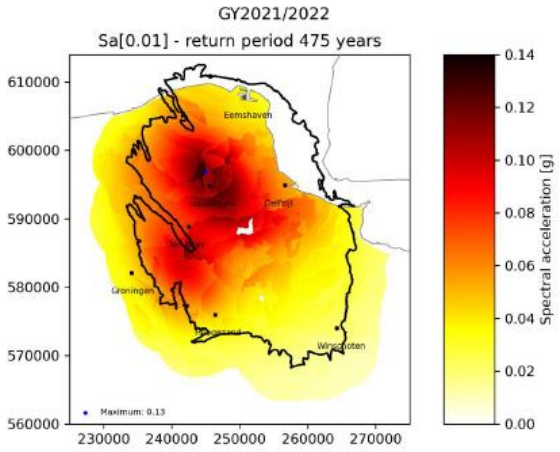
[1] Deze onzekerheidsbandbreedte komt overeen met een overschrijdingskans van 10% dat het aantal bevingen lager (P10) of hoger (P90) wordt dan de gegeven grenswaarden van de bandbreedte.

in de ondergrond aanwezige spanningen. Het is dan ook heel belangrijk om de ontwikkeling van de seismische activiteit nauwlettend te blijven monitoren en ook na insluiting van het gasveld te blijven analyseren of het huidige seismologisch model de ontwikkeling van de seismische activiteit ook na insluiting van het gasveld goed beschrijft.

De kans op zwaardere bevingen is weergegeven in Figuur 2-3. Komend gasjaar is de kans op een beving van magnitude 4,0 of hoger berekend op 1,5%. In een koud gasjaar ligt deze overschrijdingskans op 2%. De overschrijdingskans voor een beving van magnitude 4,0 of hoger neemt langzaam af naar 0,7% in het gasjaar 2029/2030.



Figuur 2-3. Kans op zwaardere bevingen tot en met het gasjaar 2029/2030 voor een gemiddeld temperatuurverloop.



Figuur 2-4. Seismische dreiging in het gasjaar 2021/2022 voor een gemiddeld temperatuurverloop.

De maximale seismische dreiging (Figuur 2-4) in het gasjaar 2021/2022 met een overschrijdingskans van eens in de 475 jaar is 0,13g. Het zwaartepunt van de seismische dreiging ligt nog steeds in de Loppersum-regio en in het westen van het veld, nabij het cluster Eemskanaal. In een koud gasjaar verandert de maximale dreiging in de Loppersum-regio niet. Wel neemt de dreiging in het zuiden van het gasveld toe (tot ~0,13g) ten opzichte van de dreiging in een gemiddeld gasjaar (~0,07g). Dit komt doordat de extra productie vooral in deze regio plaatsvindt. In het gasjaar 2029/2030 zal de maximale seismische dreiging naar verwachting afnemen naar 0,1g [Ref. 4].

2.6 In hoeverre kan met de operationele strategie voldaan worden aan de beperkingen op de regionale productiefluctuaties?

NAM heeft in kaart gebracht in hoeverre met de operationele strategie aan de beperkingen van de fluctuaties kan worden voldaan. Deze productiefluctuaties betreffen het verschil in maandelijkse productievolumes, uitgedrukt in percentages, ten opzichte van de productie in de voorgaande maand en ten opzichte van de gemiddelde productie over de voorgaande twaalf maanden. Voor de nog producerende clusters in de verschillende regio's[2] betreft het een beperking van 50%. Het aantal overschrijdingen wordt uitgedrukt in het aantal maanden dat een overschrijding plaatsvindt op basis van de temperatuurscenario's van de afgelopen 30 jaar.

NAM stelt dat door de verminderde productievolumes, waardoor een kleine afwijking al een procentueel grote overschrijding kan geven, en het feit dat clusters enkel nog voor capaciteit

[2] In de Mijnbouwwet worden de volgende (nog producerende) regio's gedefinieerd: de regio Centraal-Oost: Amsweer, Schaapbulten, Oudeweg, Siddeburen en Tjuchem, de regio Zuidoost: De Eeker, Scheemderzwaag en Zuiderpolder, en de regio Zuidwest: Kooipolder, Slochteren inclusief Froombosch, Spitsbergen, Tusschenklappen inclusief Sappemeer, en Zuiderveen.

worden ingezet, het niet meer mogelijk is om productiefluctuaties actief te beperken. Het aantal overschrijdingen loopt dan ook op naar 1566 van de in totaal 1800 maanden.

In de OS geeft NAM echter ook aan dat Het volledig inzetten van zowel het beschikbare werkvolume van Norg en de stikstofinstallaties zou ook kunnen leiden tot een lagere volumematige vraag op het Groningen-gasveld en het beperken van productiefluctuaties. In de raming van GTS voor het gasjaar 2020/2021 [Ref. 2] wordt uitgegaan van een vulgraad voor de gasopslag Norg van 4 miljard Nm^3. NAM geeft aan dat op basis van de huidige verwachting het werkvolume van Norg op 1 oktober 2021 5,5 miljard Nm^3 zal zijn. Het toestaan van aanvullende injectie in de maand oktober kan de vulgraad van Norg nog verder vergroten. Een hoger vulniveau levert een positieve bijdrage aan de leveringszekerheid voor het gasjaar 2021-2022 door het beschikbaar hebben van een hogere capaciteit en groter werkvolume.

Indien het aanvullende beschikbare volume in Norg van 1,5 miljard Nm^3 eveneens zou worden ingezet, zou de productie uit het Groningen-gasveld komend gasjaar bij een gemiddeld temperatuurverloop beperkt kunnen worden tot het minimum flow volume (2,65 miljard Nm^3). In een zeer koude winter zou het volume mogelijk tot ~6,5 miljard Nm^3 kunnen worden beperkt.

2.7 In hoeverre wordt met de operationele strategie aan de veiligheidsnorm voor aardbevingen voldaan?

In de voorliggende OS voldoen in het gasjaar 2021/2022 op basis van de verwachtingswaarde alle gebouwen aan de veiligheidsnorm van 10^{-5} per jaar. Ook in het geval van een koud gasjaar blijft de verwachtingswaarde van alle gebouwen onder de norm.

De HRA en ook de SDRA-berekening zijn echter niet zondermeer geschikt om een specifiek, individueel gebouw te toetsen aan de veiligheidsnorm. Vanwege de grote bekende en onbekende onzekerheden in de methodologie blijft het noodzakelijk om gebouwen met een (licht) verhoogd risico te inspecteren en beoordelen. Deze beoordeling wordt nu gedaan op basis van de Nationale Praktijk Richtlijn 9998:2020 (verder: NPR) en niet de HRA of SDRA. In de toekomst zal mogelijk een eerste beoordeling met de typologieaanpak plaatsvinden, waarna gebouwen met een berekend risico boven een nog te bepalen grenswaarde alsnog op basis van de NPR zullen worden beoordeeld.

De SDRA laat zien dat er komend gasjaar 22 gebouwen zijn met een licht verhoogd risico (P90). Vanaf het gasjaar 2025/2026 zijn er ook geen gebouwen meer met een licht verhoogd risico. In een koud gasjaar wordt voor 63 gebouwen een licht verhoogd risico berekend. De gebouwen die nog niet voldoen aan de norm zijn boerderijen met schuur, waarbij alleen de schuur niet aan de norm voldoet.

2.8 Wat is de verwachte aard en omvang van de schade?

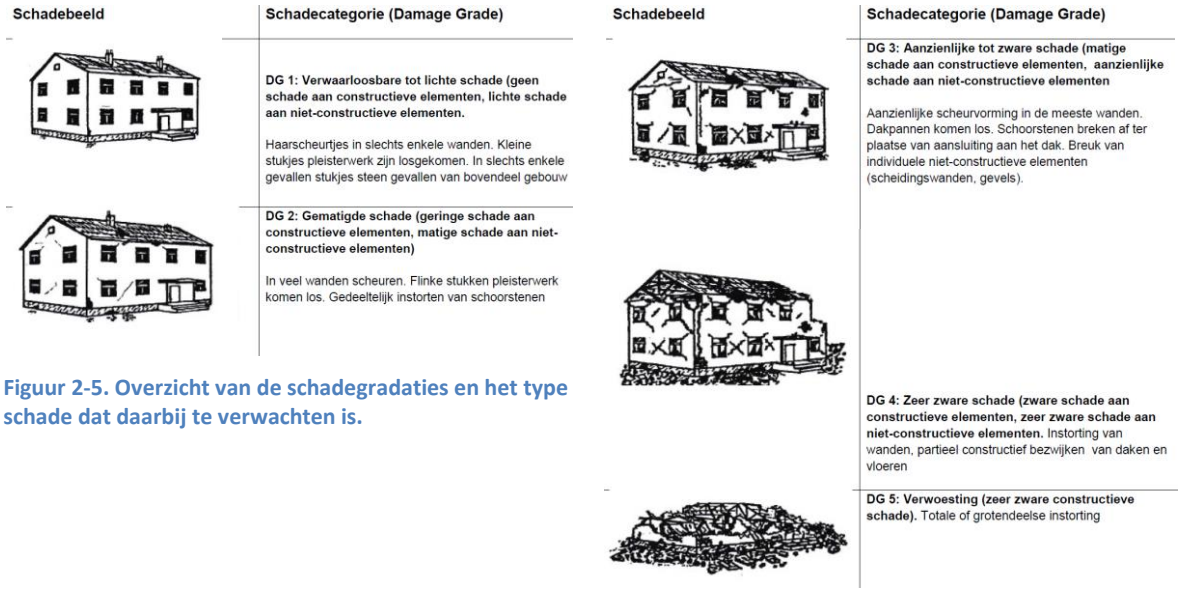
De aard en omvang van de schade die ten gevolge van de winning kan plaatsvinden, vormt een belangrijke pijler voor de beoordeling van de maatschappelijke ontwrichting. Voor de OS is het maatschappelijk risico op schade voor de schadegradaties DG1, DG2 en DG3 berekend (Figuur 2-5). Voor deze berekeningen is aangenomen dat alle gebouwen meteen na een aardbeving (vóór de volgende beving) gerepareerd worden. SodM merkt op dat aangezien zwaarder beschadigde gebouwen (DG2 schade of zwaarder) kwetsbaarder kunnen zijn dan in goede staat, de berekeningen voor DG2 en DG3 schade door deze aanname waarschijnlijk aan de optimistische kant zijn.

Voor schade en andere nadelige gevolgen is geen exacte norm bepaald. SodM benadrukt dat bij DG2 en DG3 schade er sprake is van een directe ernstige aantasting van het veiligheidsgevoel en woongenot. Bij DG3-schade zijn gebouwen dusdanig zwaar beschadigd dat herstel economisch niet meer haalbaar is en nieuwbouw noodzakelijk wordt.

Voor het gasjaar 2020/2021 berekent NAM dat ongeveer 240 gebouwen licht beschadigd (DG1 schade) kunnen raken door de in dat jaar optredende aardbevingen. Met de afbouw van de

gaswinning neemt dit aantal af tot ongeveer 125 gebouwen in het gasjaar 2029/2030. Volgens TNO laten de voorspellingen voor de schadegradaties DG2 en DG3 zien dat de kans dat 50 gebouwen deze gradatie bereiken minder dan 0,5% respectievelijk 0,1% is. SodM heeft deze inschatting niet kunnen verifiëren (zie ook Bijlage A).

SodM benadrukt dat het hier gaat om modelvoorspellingen die niet eenvoudig te relateren zijn aan het daadwerkelijk aantal meldingen en toegekende en afgehandelde schadegevallen onder de Groningen-regeling met betrekking tot schade.



Figuur 2-5. Overzicht van de schadegradaties en het type schade dat daarbij te verwachten is.

2.9 Wat is de planning voor de uitgebruikname van productielocaties tijdens de capaciteitsafbouw vanaf het gasjaar 2022/2023?

Vanaf 1 april 2022 zal het Groningen-gasveld met de ingebruikname van de stikstofinstallatie bij Zuidbroek gaan produceren op minimumflow, oftewel het Groningen-gasveld vervult alleen nog maar een functie in het borgen van de benodigde capaciteit. Dit betekent dat productie gedurende de zomermaanden alleen plaatsvindt om de productielocaties operationeel te houden voor de volgende winter. Niet alle huidige productielocaties zijn nodig om in het gasjaar 2022/2023 aan de capaciteitsbehoefte te voorzien. Locaties die niet meer nodig zijn kunnen uit gebruik worden genomen. Bij de sluitingsvolgorde heeft NAM naast het minimaliseren van de seismische risico's en de capaciteit die elk cluster kan leveren om te voldoen aan de capaciteitsvraag ook de operationele uitvoerbaarheid en de lange termijn onderhoudsplanning meegewogen.

Bovenstaande betekent dat de locaties Amsweer, Kooipolder, Oudeweg, Slochteren inclusief Froombosch en Schaapbulten met ingang van 1 april 2022 uit bedrijf genomen kunnen worden. Daarmee zal de resterende zeer beperkte productie zich steeds meer in het zuidoosten van het veld concentreren. Hiermee wordt de seismische activiteit en daarmee het seismisch risico zoveel mogelijk geminimaliseerd.

2.10 Wat is het gevolg van onvoorziene omstandigheden en onderhoud?

NAM geeft aan dat ze zich maximaal zal inspannen (in overleg met GTS en GasTerra) om de door de minister vastgestelde operationele strategie uit te voeren. Om de strategie goed te kunnen uitvoeren is in deze strategie al rekening gehouden met het geplande onderhoud. In uitzonderlijke gevallen kan het toch voorkomen dat niet binnen de randvoorwaarden van de vastgestelde operationele strategie kan worden geopereerd of extra onderhoud noodzakelijk is. In dergelijke situaties zal NAM de minister hiervan op de hoogte stellen.

2.11 Grijpskerk omzetten naar laagcalorisch gas.

In het GTS-advies [Ref. 2] is benoemd dat de omzetting van Grijpskerk van hoogcalorische gasopslag naar laagcalorische gasopslag de belangrijkste potentiële maatregel is om tot een snellere definitieve sluiting van het Groningen-gasveld te komen. NAM rapporteert dat NAM en GTS de technische mogelijkheden hiervoor hebben onderzocht en dat voorlopige resultaten laten zien dat de omzetting de definitieve sluiting van het Groningen-gasveld met twee jaar kan versnellen.

GTS rapporteert daarbij dat de omzetting van Grijpskerk naar een laagcalorische gasopslag zich vertaalt in een tijdelijk hoger winningsvolume uit het Groningen-gasveld. Het benodigde extra volume is afhankelijk van het tijdig gerealiseerd zijn van de stikstofinstallatie Zuidbroek II. In Tabel 2-1 wordt een overzicht gegeven van de benodigde extra winningsvolumes zoals deze door GTS zijn berekend. In het gunstigste geval, als het in 2022 en 2023 een warme zomer is, zal er een totaal extra volume van 0,4 miljard Nm^3 uit het Groningen-gasveld benodigd zijn. Echter, in het geval dat het in beide jaren een koude zomer is, loopt dit volume op tot 1,9 miljard Nm^3. Ter referentie, de minimum-flow volumes verwacht voor de laatste twee gasjaren waarin productie is voorzien uit het Groningen-gasveld (2024/2025 en 2025/2026) zijn respectievelijk 1,1 en 0,8 miljard Nm^3 [Ref. 3]. Dit betekent dat het totale volume minimaal verschilt, een groot deel van deze minimum-flow volumes wordt enkel eerder geproduceerd.

Zoals reeds eerder in dit advies enkele malen benadrukt, wordt het huidige en toekomstige risico ten gevolge van de huidige raming voor een gemiddeld temperatuurverloop vooral bepaald door de drukegalisering in het Groningen-gasveld en niet door de ten opzichte van voorgaande perioden beperkte productie die nog plaatsvindt. Het eerder insluiten van het gasveld en daarmee het niet meer hoeven winnen van de in totaal 1,9 miljard Nm^3 in de laatste twee gasjaren zal daardoor slechts leiden tot een zeer beperkte, zo niet verwaarloosbare, verlaging van het seismisch risico.

Het grootste deel van het gas dat gebruikt wordt om de gasopslag Grijpskerk om te zetten is pseudo-Groningengas dat verkregen wordt door buitenlands gas te verrijken met stikstof. De benodigde stikstof voor dit proces moet komen van de nieuwe stikstofinstallatie Zuidbroek II. Indien de stikstofinstallatie niet tijdig gereed is zal gas uit het Groningen-gasveld gebruikt moeten worden om de gasopslag om te zetten en zullen de te winnen volumes uit Groningen meer dan verdubbelen ten opzichte van de huidige raming.

De SDRA-berekeningen laten zien dat een aanzienlijke verhoging van de gasproductie in een zeer koud gasjaar (7,5 miljard Nm^3) ook de risico's en kans op schade laat toenemen (Hoofdstuk 2.5, 2.7 & 2.8, Bijlage A). Het omzetten van de gasopslag Grijpskerk bij het niet tijdig gereed komen van de stikstofinstallatie Zuidbroek II leidt tot nog hogere productie dan in het scenario voor een koud gasjaar is doorgerekend: 8 miljard Nm^3 in een warm gasjaar, 9,3 miljard Nm^3 bij een gemiddeld temperatuurverloop en 14,2 miljard Nm^3 in een gasjaar met zowel een koude winter als een koude zomer. Dit zal tot een navenante verhoging van de seismische activiteit, kans op zwaardere bevingen en seismisch risico leiden.

Tabel 2-1. Overzicht van het benodigde *extra* productie volume uit het Groningen gasveld bij het omzetten van Grijpskerk naar een laagcalorische opslag. Het percentage geeft de verhouding van het *extra* benodigde volume ten opzichte van het verwachte productievolume in een gasjaar met een gemiddeld temperatuurverloop.

	Gasjaar 2021/2022 (miljard Nm^3)			Gasjaar 2022/2023 (miljard Nm^3)		
Stikstofinstallatie Zuidbroek	Warm	Koud	Productie-volume	Warm	Koud	Productie-volume
Beschikbaar	0,3 (7,7%)	1,3 (33%)	3,9 / 7,5	0,1 (4%)	0,6 (23%)	2,6
Niet beschikbaar	4,1 (105%)	6,7 (172%)	3,9 /7,5			

Gegeven de huidige status en snelheid van het versterkingsprogramma, de zeer beperkte potentiële verlaging van de seismische risico's van twee jaar eerder insluiten van het Groningen-gasveld, en het feit dat door de COVID-19 pandemie er een reële kans op vertraging in de oplevering van de stikstofinstallatie Zuidbroek II is, acht SodM het vanuit het oogpunt van veiligheid onverstandig om te besluiten tot omzetting van de gasopslag Grijpskerk naar laagcalorisch.

3 Hoe beoordeelt SodM de seismische dreigings- en risicoanalyse?

Dit is het eerste jaar dat de seismische dreigings- en risicoanalyse die de OS onderbouwt, wordt uitgevoerd met de publieke SDRA-modeltrein. Over de afgelopen jaren heeft SodM de ontwikkeling en validatie van de publieke SDRA-modeltrein steeds nauwgezet gevolgd en de uitkomsten van tussentijdse versies beoordeeld en laten reviewen. TNO heeft in haar rapport van 6 november 2020 [Ref. 8] laten zien dat de publieke SDRA-modeltrein, op basis van de modellen gebruikt in de HRA voor het gasjaar 2020/2021, kwalitatief dezelfde uitkomsten geeft als de HRA van NAM die tot nu toe gebruikt is voor de risicoberekeningen (verder: HRA2020). Daarnaast heeft SodM de software implementatie van zowel de modellen (versie 5) van NAM als de publieke SDRA-modeltrein van TNO, gebaseerd op deelmodelversies 5, laten reviewen [Ref. 9 & 10]. De voorliggende publieke SDRA is de eerste mogelijkheid om deze vergelijking kwantitatief te beoordelen. In dit hoofdstuk beschrijft SodM de beoordeling van de SDRA op hoofdpunten. In Bijlage A van dit advies wordt de beoordeling door SodM in detail beschreven.

3.1 In hoeverre is de SDRA2021 op correcte wijze onderbouwd, uitgevoerd en geanalyseerd?

3.1.1 Is de opgeleverde SDRA correct uitgevoerd?

SodM constateert dat TNO de SDRA heeft uitgevoerd conform Artikel 1.3a.2 van de Mijnbouwregeling. Daarnaast concludeert SodM dat TNO de SDRA inhoudelijk heeft uitgevoerd zoals verzocht in bijlage C van de Verwachtingenbrief [Ref.1]. SodM heeft wel enkele kleine afwijkingen van het gevraagde opgemerkt. SodM concludeert dat TNO inconsequent is aangaande de einddata van analyses: het grootste deel van de aangeleverde voorspellingen, zowel op de korte termijn (10 jaar) als op de lange termijn (30 jaar), schiet 1 jaar te kort. Daarnaast heeft SodM geconstateerd dat de zogenaamde seismisch risico verschilkaart ontbreekt in de opgeleverde SDRA. SodM heeft daarom EZK verzocht om deze risicokaart alsnog op te vragen bij TNO. Op 30 april 2021 is deze kaart alsnog bij SodM aangeleverd.

3.1.2 Is de opgeleverde SDRA correct onderbouwd en geanalyseerd?

SodM constateert dat de door TNO gepresenteerde resultaten onvoldoende onderbouwd en geanalyseerd zijn. In veel gevallen ontbreekt een gestructureerde identificatie en beschrijving van opvallende resultaten alsmede een analyse van wat de resultaten concreet voor de inwoners van Groningen betekenen. Ook heeft TNO details niet weergegeven in figuren (bijv. de maximale waarden), en ontbreekt een nadere duiding van de resultaten in de context van de operationele strategie.

SodM begrijpt dat dit de eerste keer is dat TNO verantwoordelijk is voor het opleveren van de SDRA en dat TNO hier nog ervaring mee moet opdoen. Echter, gezien het publieke karakter van de SDRA en het belang van transparantie en reproduceerbaarheid, adviseert SodM dat TNO bij toekomstige SDRAs een meer gedetailleerde en gestructureerde analyse van de resultaten oplevert. Dit betreft zowel een grondige analyse van de resultaten van de SDRA voor de huidige operationele strategie als het uitvoeren, analyseren en duiden van een gestructureerde vergelijking van de SDRA van het desbetreffende jaar met de resultaten van de SDRA van het voorgaande jaar. SodM raadt aan dat TNO daarbij een duidelijke scheiding aanbrengt tussen observaties, interpretatie en duiding.

3.2 Wat zijn de verschillen tussen de HRA2020 en de SDRA2021?

3.2.1 Uitvoering op basis van de publieke SDRA-modeltrein

Voor de uitvoering van de SDRA2021 is gebruik gemaakt van de publieke SDRA-modeltrein zoals ontwikkeld door TNO. Hoewel de publieke SDRA volledig gebaseerd is op dezelfde modellen als de HRA, heeft TNO in de implementatie een aantal andere technische keuzes gemaakt. Zo maakt de

SDRA-modeltrein gebruik van een alternatieve rekenmethode op basis van numerieke integratie, in tegenstelling tot de HRA modeltrein die gebruik maakt van een Monte Carlo aanpak.

3.2.2 Actualisatie van de Operationele Strategie aan de nieuwe raming van GTS

3.2.2.1 Benodigd volume gasjaar 2021/2022 iets hoger dan raming in 2020.

Voor 1 februari van elk jaar presenteert GTS de raming voor de benodigde productie uit het Groningen-gasveld voor het komende gasjaar en de tien daarop volgende jaren. In haar advies van 29 januari 2021 [Ref. 2] verwacht GTS voor het gasjaar 2021/2022 een productievolume van 3,9 miljard Nm^3 bij een gemiddelde temperatuurverloop en 7,5 miljard Nm^3 bij een koud temperatuurverloop.

Deze verwachting is iets hoger dan de raming in 2020 voor het gasjaar 2021/2022, toen 3,1 en 7,3 miljard Nm^3 voor respectievelijk een gasjaar met een gemiddeld en koud temperatuurverloop werd verwacht. De hogere volumes worden volgens GTS met name veroorzaakt door het implementeren van de benodigde minimum flow van het Groningen-gasveld (zie volgende paragraaf) en de hogere marktinschatting in de Klimaat- en Energieverkenning (verder: KEV) 2020 ten opzichte van de KEV 2019.

3.2.2.2 Minimum flow voor capaciteitszekerheid

Om als Nederland voldoende aanbod van gas te hebben in situaties van een hoge marktvraag (eens in de twintig jaar) en uitval van de grootste bron (gasopslag Norg) zal de productiecapaciteit van het Groningen-gasveld nog enkele jaren benodigd zijn. Om de betrouwbaarheid en oproepbaarheid van de productielocaties te waarborgen zullen de productielocaties operationeel gehouden worden hetgeen vereist dat in enige mate gas wordt geproduceerd. Anders gezegd: de productie kan niet stopgezet worden als er bij capaciteitsgebrek toch een beroep op het Groningen-gasveld moet kunnen worden gedaan. Dit productievolume wordt 'minimum flow volume' of minimum flow' genoemd.

Als randvoorwaarde voor de inzet van de productielocaties heeft de minister gevraagd dat:

1. In de winterperiode (van november tot en met maart) buiten vorstperiodes gemiddeld de helft van de productielocaties direct opregelbaar[3] moeten zijn;
2. In de winterperiode (van november tot en met maart) tijdens periodes van vorst alle benodigde productielocaties direct opregelbaar moeten zijn;
3. In de zomerperiode (van april tor en met september) alle benodigde productielocaties die volgens de GTS capaciteitsraming benodigd zijn voor de winterperiode van gasjaar 2022-2023 operationeel gehouden worden.[4]

NAM geeft in de OS nadere invulling aan deze uitgangspunten. De locaties die benodigd zijn tijdens de winter, zullen beurtelings afwisselend worden ingezet om alle locaties regelmatig in een producerende toestand te brengen. Tijdens perioden van vorst zullen alle benodigde productielocaties in een producerende toestand gehouden worden. Voor het operationeel houden van productielocaties in de zomer is het noodzakelijk deze productielocaties afwisselend incidenteel te produceren om degradatie door stilstand te voorkomen en eventuele storingen tijdig te kunnen detecteren en verhelpen.

[3] Hiermee wordt bedoeld dat deze locaties gas produceren waarbij de productiestroom van een producerende locatie op korte termijn kan worden verhoogd tot de maximale capaciteit zonder hierbij gas te produceren dat niet aan de gevraagde afleverkwaliteit voldoet.

[4] Hiermee wordt bedoeld dat deze productielocaties afwisselend incidenteel geproduceerd worden om degradatie door stilstand te voorkomen en eventuele storingen tijdig te kunnen detecteren en verhelpen.

Op basis van deze uitgangspunten en de door GTS aangegeven benodigde capaciteitsvraag op het Groningen-gasveld voor het gasjaar 2021/2022 komt NAM tot een minimum flow-volume van 2,65 miljard Nm^3. Dit volume is in lijn met de door GTS gehanteerde ondergrens in de graaddagenformule.

3.2.3 Nieuwe kalibratie van het seismologisch model

In de HRA2020 was de kalibratie van het seismologisch model gedaan op basis van alle beschikbare waarnemingen tot 1 januari 2019. Op advies van SodM [Ref. 11 & 12] heeft de minister NAM verzocht om de kalibratie van het seismologisch model te actualiseren en de resultaten daarvan bij TNO aan te leveren [Ref.1]. Voor de actualisatie van de kalibratie heeft NAM alle waarnemingen tot 1 januari 2021 gebruikt.

Her-kalibratie van het model betekent dat parameterwaarden en onzekerheidsbandbreedtes van deze parameters opnieuw worden bepaald waarbij ook de nieuwste metingen worden meegenomen. Afhankelijk van het relatieve aantal nieuwe waarnemingen ten opzichte van de eerder kalibratie zullen de verwachtingswaarden en bandbreedten voor deze parameters in meer of mindere mate veranderen. Omdat deze verdelingen vervolgens in de risicoberekeningen gebruikt worden, kunnen hierdoor ook de uitkomsten van de risicoberekeningen in enige mate worden beïnvloed.

3.2.4 Corrigeren implementatiefout in de “period-to-period”-correlatiestructuur

Tijdens de ontwikkeling van de publieke SDRA-modeltrein is er een tegenstrijdigheid ontdekt tussen de beschrijving in de documentatie en de implementatie van de zogenaamde “period-to-period”-correlatiestructuur in het grondbewegingsmodel [Ref .11 & 12]. Deze tegenstrijdigheid was zowel in versie 5 als versie 6 van het model aanwezig. De wetenschappers die in opdracht van NAM het model hebben ontwikkeld, hebben deze tegenstrijdigheid uitgezocht en aangegeven dat de documentatie correct is. Het verkeerd implementeren van de correlatiestructuur was conservatief, dat wil zeggen dat met de verkeerde implementatie hogere grondbewegingen werden berekend (zie H3.3.2). In de SDRA is deze fout gecorrigeerd en wordt de formulering conform de documentatie gevolgd.

3.2.5 Actualisatie gebouwendatabase

In de gebouwendatabase zijn een aantal actualisaties van publieke datasets verwerkt. De belangrijkste actualisatie is die van het “Algemeen Hoogtebestand Nederland” (AHN) die eens per 10 jaar wordt doorgevoerd. De laatste, tot nu toe gebruikte, versie stamde uit 2009. In de gebouwendatabase is nu de actualisatie van 2019 meegenomen.

3.3 Wat zijn de effecten van de verschillen tussen HRA2020 en SDRA2021?

3.3.1 In hoeverre ontstaat er een verschil door het gebruik van de SDRA in plaats van de HRA van NAM?

In [Ref.4] maakt TNO een vergelijking tussen de resultaten van de SDRA2021 en de resultaten van een berekening met de publieke SDRA waarbij de model versies en instellingen van de HRA2020 [Ref. 13] zijn gebruikt (verder: SDRA2020). Om te kunnen inschatten in hoeverre de resultaten van de risicoberekeningen worden beïnvloed door de verschillen in implementatie tussen de SDRA en HRA heeft SodM, voor zover mogelijk, de resultaten van deze SDRA2020 vergeleken met de uitkomsten van de HRA2020 [Ref.13].

In Tabel 3-1 worden de uitkomsten voor het verwachte aantal bevingen, de kans op zwaardere bevingen, maximale seismische dreiging en aantallen gebouwen met een (licht) verhoogd risico voor het gasjaar 2021/2022 vergeleken. SodM constateert dat de uitkomsten heel vergelijkbaar zijn. Hoewel de HRA2020 licht hogere kansen op zwaardere bevingen berekent, is de maximale

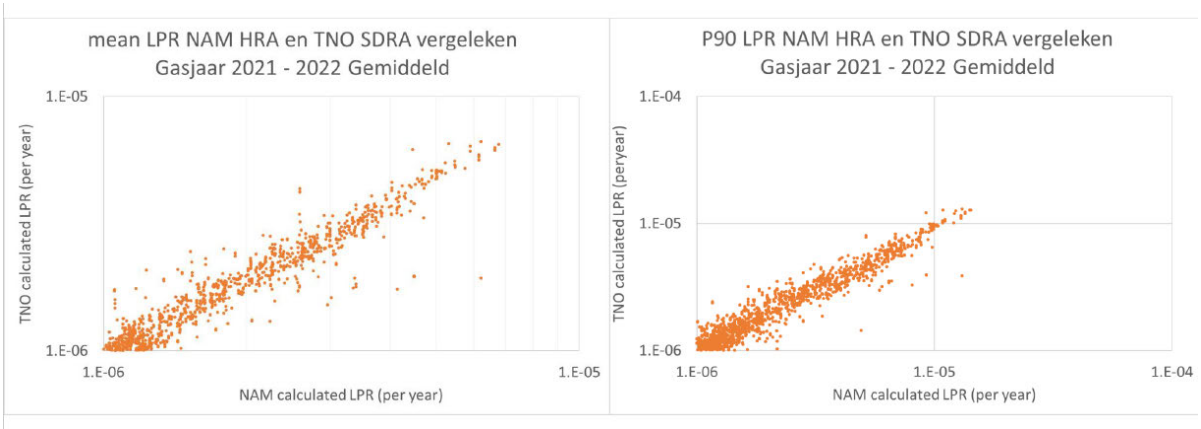
grondversnelling van de seismische dreiging identiek en ook het aantal gebouwen met een licht verhoogd risico is vergelijkbaar.

In aanvulling op deze analyse heeft SodM NAM gevraagd om de uitkomsten van de risicoberekeningen voor individuele gebouwen van de SDRA2021 te vergelijken met verificatieberekeningen op basis van de HRA [Ref. 14]. In Figuur 3-1 wordt voor de 500 gebouwen met de hoogste berekende risico's de uitkomsten volgens de HRA verificatieberekeningen van NAM en de uitkomsten van de SDRA2021 vergeleken. Voor het merendeel van de gebouwen is het berekende risico nagenoeg vergelijkbaar en valt binnen een te verwachte statistische marge. Voor een beperkt aantal gebouwen berekent de SDRA een substantieel lager risico dan de HRA (Figuur 3-2). Volgens NAM wordt dit verschil veroorzaakt door de wijze waarop de zonatie in het model voor de ondiepe ondergrond wordt meegenomen. In de HRA verificatieberekeningen hebben beide gebouwen die door de rode pijl in Figuur 3-2 worden aangewezen een vergelijkbaar risico, terwijl in de SDRA2021 voor het ene gebouw een veel hoger risico berekend wordt dan voor het naastliggende andere gebouw.

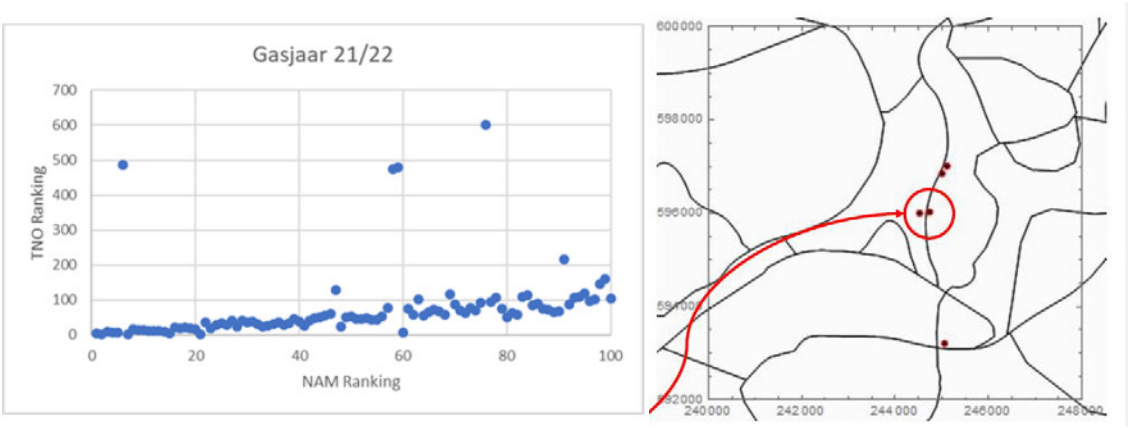
SodM concludeert dat de invloed van de verschillen in implementatie tussen de SDRA en de HRA minimaal is en zich ruim binnen de onzekerheidsbandbreedte van de berekeningen bevindt. Wel constateert SodM dat incidenteel grote verschillen in het berekende risico tussen naastgelegen gebouwen van dezelfde typologie voorkomen. Dit betekent dat de SDRA slechts met enige voorzichtigheid voor de versterkings- of typologieaanpak, waarbij individuele gebouwen worden beoordeeld, kan worden gebruikt. Uitkomsten moeten op deze effecten worden gecontroleerd en eventueel gecorrigeerd. Voor de risicoanalyse voor de gehele regio voor de OS is dit geen probleem. SodM adviseert om de onderliggende oorzaak van deze incidentele verschillen nader te laten onderzoeken.

Tabel 3-1 Overzicht van de uitkomsten voor de HRA2020 en de SDRA2020 voor het gasjaar 2021/2022. LPR: Lokaal Persoonlijk Risico.

	Aantal bevingen	P(M≥3.6)	P(M≥4.0)	P(M≥4.5)	P(M≥5.0)	PGA_{max}	P90 LPR 10^{-5}/year
HRA2020	6	3.58%	0.94%	0.12%	0.02%	0.11g	47
SDRA2020	6	3.39%	0.90%	0.11%	0.02%	0.11g	53



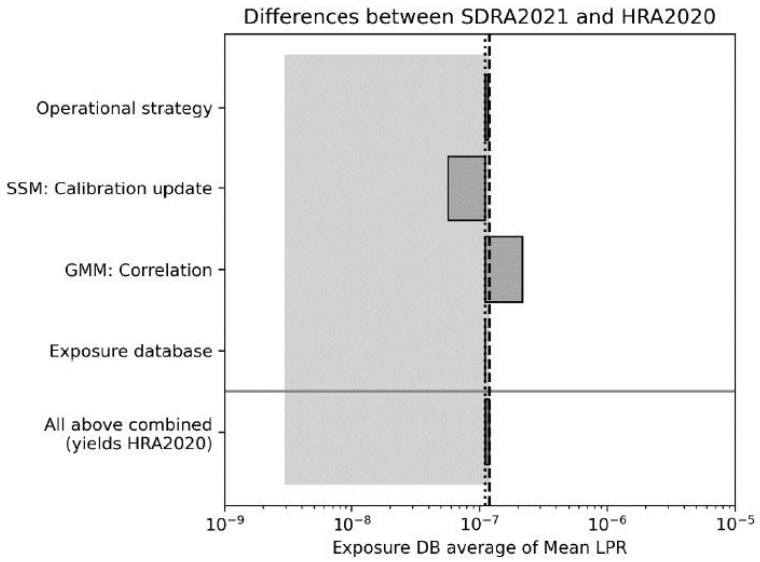
Figuur 3-1 Vergelijking van het berekende Lokaal Persoonlijk Risico (verder: LPR) voor het gasjaar 2021/2022 volgens de verificatieberekeningen van NAM (NAM HRA) en de TNO SDRA2021 (TNO SDRA) voor de 500 gebouwen met de hoogste berekende risico's. Links: een vergelijking op basis van de verwachtingswaarde voor het risico; Rechts: een vergelijking op basis van de P90 schatting voor het risico.



Figuur 3-2 Links: Overzicht van de relatieve ranking van de 500 gebouwen met het hoogste risico in de HRA versus de SDRA. Rechts: Voorbeeld van twee gebouwen met een sterk verschillende ranking en de zonatie van de ondiepe ondergrond in het grondbewegingsmodel.

3.3.2 Wat is het effect van de andere wijzigingen op de resultaten van de risicoberekening?

Zoals reeds aangehaald maakt TNO in [Ref.4] een vergelijking tussen de resultaten van de SDRA2021 en de SDRA2020. TNO heeft hierbij de invloed van vier wijzigingen in kaart gebracht (Figuur 3-3): 1) de wijziging in gasproductie en minimum flow (ofwel de Operationele Strategie), 2) de her-kalibratie van het seismologisch model, 3) de "period-to-period"-correlatie en 4) de actualisatie van de exposure database. Op basis van deze analyse kan worden geconcludeerd dat de wijzigingen 1) en 4) een minimaal effect hebben op het berekende seismisch risico.



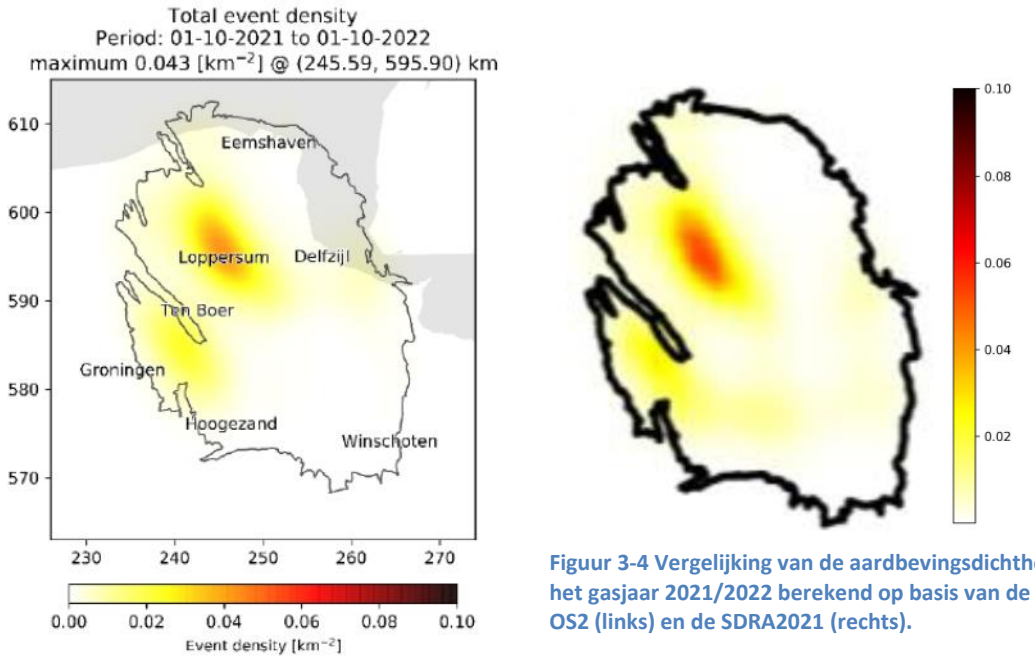
Figuur 3-3 TNO analyse van de relatieve invloed van de wijzigingen in de SDRA2021 t.o.v. de SDRA2020. Uitgangspunt is de SDRA2021 en elke balk geeft aan in hoeverre de gemiddelde risicoschatting verandert als het model of de instellingen van de HRA2020 worden gebruikt.

Tabel 3-2 Overzicht van de uitkomsten voor de SDRA2021 en de SDRA2020 voor het gasjaar 2021/2022.

	Aantal bevingen	P(M≥3.6)	P(M≥4.0)	P(M≥4.5)	P(M≥5.0)	PGA_{max}	P90 LPR 10^{-5}/year
SDRA2021	6	5.15%	1.46%	0.20%	0.03%	0.13g	22
SDRA2020	6	3.39%	0.90%	0.11%	0.02%	0.11g	53

De her-kalibratie van het seismologisch model leidt tot een verhoging van de kans op zwaardere bevingen (zie Tabel 3-2) en ook de maximale seismische dreiging neemt licht toe van 0,11g naar 0,13g. Op verzoek van SodM heeft NAM een nadere analyse van de impact van de her-kalibratie en de “period-to-period”-correlatie gemaakt [Ref. 14]. Deze analyse laat zien dat de “period-to-period”-correlatie slechts een minimaal effect heeft op deze grootheden, maar wel sterk het berekende risico beïnvloedt. Door de correctie van de implementatie van de “period-to-period”-correlatie wordt het berekende risico verlaagd. In combinatie met de her-kalibratie van het seismologisch model leidt dit uiteindelijk tot een iets lagere schatting van het aantal gebouwen met een licht verhoogd risico.

In tegenstelling tot TNO constateert SodM dat de aardbevingsdichtheid in het Loppersumgebied zoals berekend in de SDRA2021 in ieder geval komend gasjaar hoger is dan in de HRA2020. SodM vermoedt dat dit eveneens het gevolg is van de her-kalibratie. Echter op dit moment ontbreekt het SodM aan nadere gegevens om dit goed te kunnen analyseren.



Figuur 3-4 Vergelijking van de aardbevingsdichtheid voor het gasjaar 2021/2022 berekend op basis van de HRA2020, OS2 (links) en de SDRA2021 (rechts).

3.3.3 Conclusie

De uitkomsten van de SDRA2021 zijn vergelijkbaar met de uitkomsten van de HRA2020. De overgang van de HRA naar de SDRA leidt tot vergelijkbare uitkomsten. Wel kan de wijze van implementatie van de zonatie van de ondiepe ondergrond in het grondbewegingsmodel in de SDRA ervoor zorgen dat incidenteel het risico tussen twee naastgelegen gebouwen sterk kan verschillen. Dit betekent dat gebruik van de SDRA voor de versterkings- of typologieaanpak met enige voorzichtigheid moet worden bekeken en op deze effecten moet worden gecontroleerd en gecorrigeerd.

De aanpassing van de operationele strategie aan de nieuwe raming voor de gasproductie en de actualisatie van de gebouwendatabase leiden nagenoeg niet tot andere uitkomsten dan in gasjaar 2020/2021.

De her-kalibratie van het seismologisch model zorgt ervoor dat de kans op zwaardere bevingen en de seismische dreiging iets hoger worden ingeschat. De foutieve implementatie van de “period-to-period”-correlatie in de HRA2020 is conservatief gebleken. Correctie van deze fout heeft vrijwel geen invloed op de berekende kans op zwaardere bevingen of de seismische dreiging, maar verlaagt wel de berekende risico’s. Alle aanpassingen bij elkaar resulteren onder de streep in een iets lagere schatting van het aantal gebouwen met een licht verhoogd risico.

4 Overzicht van de antwoorden op de adviesvragen en de adviezen aan de minister van EZK inzake het vaststellingsbesluit voor het gasjaar 2021/2022

1. ***Wat is het oordeel van SodM op de voorgestelde operationele strategie voor het gasjaar 2021-2022 vanuit het oogpunt van de veiligheid in termen van seismisch risico?***

De operationele strategie voor het gasjaar 2021/2022 is in overeenstemming met de verwachtingenbrief [Ref. 1] opgesteld. De strategie en de voorgestelde volgorde voor het insluiten van de clusters minimaliseren zover dat nog mogelijk is het seismisch risico. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat het huidige en toekomstige risico vooral wordt bepaald door de drukegalisering in het Groningen gasveld en niet door de ten opzichte van voorgaande perioden beperkte productie die nog plaatsvindt.

De HRA en ook de SDRA-berekening zijn niet zondermeer geschikt om een specifiek, individueel gebouw te toetsen aan de veiligheidsnorm. Vanwege de grote bekende en onbekende onzekerheden in de methodologie blijft het noodzakelijk om gebouwen met een (licht) verhoogd risico te inspecteren en beoordelen. Deze beoordeling wordt nu gedaan op basis van de Nationale Praktijk Richtlijn 9998:2020 (verder: NPR) en niet de HRA of SDRA. In de toekomst zal mogelijk een eerste beoordeling met de typologieaanpak plaatsvinden, waarna gebouwen met een berekend risico boven een nog te bepalen grenswaarde alsnog op basis van de NPR individueel zullen worden beoordeeld

Naar de toekomst toe is er nog veel onbekend over de exacte reactie van de breuken op de nog in de ondergrond aanwezige spanningen. Het is dan ook heel belangrijk om de ontwikkeling van de seismische activiteit nauwlettend te monitoren en ook na insluiting van het gasveld te blijven analyseren of het huidige seismologisch model de ontwikkeling van de seismische activiteit ook na insluiting van het gasveld goed beschrijft. NAM heeft hiervoor een lange termijn monitoringsplan opgesteld dat door SodM is goedgekeurd. SodM zal erop toezien dat NAM conform dit plan opereert.

2. ***In hoeverre zijn de dreigings- en risicoanalyses behorende bij de voorgestelde operationele strategieën op correcte wijze onderbouwd, uitgevoerd en geanalyseerd?***

SodM constateert dat TNO de SDRA heeft uitgevoerd conform Artikel 1.3a.2 van de Mijnbouwregeling. Daarnaast concludeert SodM dat TNO de SDRA inhoudelijk heeft uitgevoerd zoals verzocht in bijlage C van de Verwachtingenbrief [Ref.1]. SodM heeft wel enkele kleine afwijkingen van het gevraagde opgemerkt. SodM concludeert dat TNO met name inconsequent is aangaande de einddata van analyses: het grootste deel van de aangeleverde voorspellingen, zowel op de korte termijn (10 jaar) als op de lange termijn (30 jaar), schieten 1 jaar te kort. Daarnaast heeft SodM geconstateerd dat de zogenaamde seismisch risico verschilkaart ontbreekt in de opgeleverde SDRA. SodM heeft daarom EZK verzocht om deze risicokaart alsnog op te vragen bij TNO. Op 30 april 2021 is deze kaart alsnog bij SodM aangeleverd.

SodM constateert dat de door TNO gepresenteerde resultaten onvoldoende onderbouwd en geanalyseerd zijn. In veel gevallen ontbreekt een analyse van wat de resultaten concreet voor de inwoners van Groningen betekenen. Ook heeft TNO details niet weergegeven in figuren (bijv. de maximale waarden), en ontbreekt een nadere duiding van de resultaten in de context van de operationele strategie.

SodM begrijpt dat dit de eerste keer is dat TNO verantwoordelijk is voor het opleveren van de SDRA en dat TNO hier nog ervaring mee moet opdoen. Echter, gezien het publieke karakter van de SDRA en het belang van transparantie en reproduceerbaarheid, adviseert SodM dat TNO bij toekomstige SDRAs een meer gedetailleerde en gestructureerde analyse van de resultaten oplevert. Dit betreft zowel een grondige analyse van de resultaten van de SDRA voor de huidige operationele strategie als

het uitvoeren, analyseren en duiden van een gestructureerde vergelijking van de SDRA van het desbetreffende jaar met de resultaten van de SDRA van het voorgaande jaar. SodM raadt aan dat TNO daarbij een duidelijke scheiding aanbrengt tussen observaties, interpretatie en duiding.

3. ***In welke mate laten de uitkomsten van de dreigings-en risicoanalyse in vergelijking met voorgaande jaren een afwijkend beeld zien en wat zijn hiervan de oorzaken? Kunt u dit specificeren naar de twee onderscheiden functies van de publieke SDRA Groningen, namelijk ten eerste een berekening van het seismisch risico in het hele gebied en het bepalen van de omvang en de prioritering van het versterkingsprogramma?***

De uitkomsten van de SDRA2021 zijn vergelijkbaar met de uitkomsten van de HRA2020. De overgang van de HRA naar de SDRA leidt tot vergelijkbare uitkomsten. Wel kan de wijze van implementatie van de zonatie in het ondiepe ondergrond in het grondbewegingsmodel in de SDRA ervoor zorgen dat incidenteel het risico tussen twee naastgelegen gebouwen sterk kan verschillen. Dit betekent dat gebruik van de SDRA voor de versterkings- of typologieaanpak met enige voorzichtigheid moet worden bekeken en op deze effecten moet worden gecontroleerd en gecorrigeerd.

De aanpassing van de operationele strategie aan de nieuwe raming voor de gasproductie en de actualisatie van de gebouwendatabase leiden niet tot andere uitkomsten.

De her-kalibratie van het seismologisch model zorgt ervoor dat de kans op zwaardere bevingen en de seismische dreiging iets hoger worden ingeschat. De foutieve implementatie van de “period-to-period”-correlatie in de HRA2020 is conservatief gebleken. Correctie van deze fout heeft vrijwel geen invloed op de berekende kans op zwaardere bevingen of de seismische dreiging, maar verlaagt wel de berekende risico’s. Alle aanpassingen bij elkaar resulteren onder de streep in een iets lagere schatting van het aantal gebouwen met een licht verhoogd risico.

4. ***In hoeverre ziet het SodM mogelijkheden om in het huidige gasjaar het seismisch risico nog te beperken met een wijziging in de manier van productie*****?**

In de raming van GTS voor het gasjaar 2020/2021 [Ref. 2] wordt uitgegaan van een vulgraad voor de gasopslag Norg van 4 miljard Nm^3. NAM geeft aan dat op basis van de huidige verwachting het werkvolume van Norg op 1 oktober 2021 5,5 miljard Nm^3 zal zijn. Het toestaan van aanvullende injectie in de maand oktober kan de vulgraad van Norg nog verder vergroten. Een hoger vulniveau levert een positieve bijdrage aan de leveringszekerheid voor het gasjaar 2021-2022 door het beschikbaar hebben van een hogere capaciteit en groter werkvolume.

Het volledig inzetten van zowel het beschikbare werkvolume van Norg en de stikstofinstallaties zou ook kunnen leiden tot een lagere volumematige vraag op het Groningen-gasveld. Bij een additioneel beschikbaar volume van 1,5 miljard Nm^3 zou de productie in een gasjaar met een gemiddeld temperatuurverloop beperkt kunnen worden tot het minimum flow volume (2,65 miljard Nm^3). In een zeer koude winter zou het volume mogelijk tot ~6,5 miljard Nm^3 kunnen worden beperkt. Naast dat het optimaal inzetten van Norg de volumevraag op Groningen verder kan beperken, worden hiermee ook de productiefluctuaties in het Groningen-gasveld beperkt.

SodM adviseert u om het beschikbare werkvolume in de gasopslag Norg én de capaciteit van de stikstofinstallaties optimaal en volledig in te zetten om daarmee de volumematige gasvraag op het Groningen-gasveld reeds komend gasjaar (bij een gemiddeld temperatuurverloop) te beperken tot het minimum-flow volume.

5. ***Zijn er uit het oogpunt van veiligheid in termen van seismisch risico overwegingen die moeten worden meegenomen bij de besluitvorming over het uit gebruik nemen van locaties?***

De huidige opstartvolgorde van de productieclusters is gebaseerd op de resultaten van de optimalisatiestudie uit 2018 [Ref. 15] waarbij modelmatig de bevolkingsdichtheid gewogen

grondsnelheid (een maatstaf voor risico) is geminimaliseerd. Dit onderzoek was echter vooral gericht op de periode van doorgaande gaswinning tot in ieder geval 2030. De OS voor het gasjaar 2020/2021 heeft laten zien dat een afwijking van deze strategie, namelijk het beëindigen van de productie van het cluster Bierum in OS2, ten opzichte van de opstartvolgorde uit 2018 een positief effect heeft op het seismisch risico. In het vaststellingsbesluit voor het gasjaar 2020/2021 [Ref. 16] is er dan ook voor gekozen om het cluster Bierum in te sluiten.

Bij de sluitingsvolgorde van de aankomende clusters heeft NAM naast het minimaliseren van de seismische risico's [Ref. 15] en de capaciteit die elk cluster kan leveren om te voldoen aan de capaciteitsvraag ook de operationele uitvoerbaarheid en de lange termijn onderhoudsplanning meegewogen. Naar het oordeel van SodM heeft NAM de sluitingsvolgorde zorgvuldig en met oog voor de veiligheid vastgesteld. SodM heeft geen aanvullende overwegingen die zouden moeten worden meegenomen bij de besluitvorming over het uit gebruik nemen van de locaties.

SodM adviseert u om in te stemmen met de door NAM voorgestelde sluitingsvolgorde van de productielocaties.

6. ***Zijn de uitgangspunten ten aanzien van de minimumflow die de minister in de verwachtingenbrief op 1 februari 2021 heeft meegegeven aan NAM op de juiste manier uitgewerkt? En zijn er nieuwe inzichten over de minimumflow ten opzichte van het vorige advies over capaciteitsafbouw en sluitingsvolgorde clusters Groningen (d.d. 15-07-2020)?***

In de verwachtingenbrief [Ref. 1] zijn door de minister van EZK de volgende uitgangspunten ten aanzien van de minimum-flow aan NAM meegegeven:

> *Houd de door GTS geraamde benodigde capaciteit voor het gasjaar 2021-2022 en daaropvolgende gasjaren in stand, met inachtneming van:*
>
> - *Alle benodigde productielocaties worden operationeel gehouden;*
> - *In de periode november tot en met maart is gemiddeld, buiten vorstperiodes, de helft van de benodigde productielocaties direct opregelbaar;*
> - *Bij vorst zijn alle voor de capaciteit benodigde productielocaties direct opregelbaar.*

SodM heeft de OS beoordeeld en komt tot de conclusie dat NAM deze uitgangspunten goed heeft meegenomen in het opstellen van de OS en in de uitwerking van de sluitingsvolgorde van de productielocaties. De door NAM berekende benodigde minimum-flow volumes komen overeen met de inschattingen van GTS [Ref. 2] en vallen binnen de bandbreedte van geschatte volumes zoals gerapporteerd in de OS voor het gasjaar 2020/2021.

7. ***Welke overwegingen moeten er in termen van veiligheid meegenomen worden bij de mogelijke versnelde sluiting van het Groningen-gasveld door Grijpskerk in te zetten als een opslag voor laagcalorisch gas?***

In het GTS-advies [Ref. 2] is benoemd dat de omzetting van Grijpskerk van hoogcalorische gasopslag naar laagcalorische opslag de belangrijkste potentiële maatregel is om tot een snellere sluiting van het Groningen-gasveld te komen. NAM rapporteert dat NAM en GTS de technische mogelijkheden hiervoor hebben onderzocht en dat voorlopige resultaten laten zien dat de omzetting de definitieve sluiting van het Groningen-gasveld met twee jaar kan versnellen.

De omzetting van Grijpskerk naar een laagcalorische opslag vertaald zich echter ook in een hoger winningsvolume uit het Groningen-gasveld. Het benodigde volume is afhankelijk van het tijdig gerealiseerd zijn van de stikstofinstallatie Zuidbroek II. SodM constateert dat, ervan uitgaande dat de stikstofinstallatie tijdig gereed is, het benodigde extra winningsvolume in de gasjaren 2021/2022 en 2022/2023 vergelijkbaar zijn met de verwachte minimum-flow volumes voor de gasjaren 2024/2025 en 2025/2026. Het omzetten van de gasopslag Grijpskerk bij het niet tijdig gereed komen van de

stikstofinstallatie Zuidbroek II leidt tot veel hogere productievolumes en een aanzienlijke toename van het seismisch risico.

Gegeven de huidige status en snelheid van het versterkingsprogramma, het verhogen van de seismische risico's op korte termijn tegenover de zeer beperkte potentiële verlaging van de seismische risico's van twee jaar eerder insluiten van het Groningen-gasveld, en het feit dat door de COVID-19 pandemie er een reële kans op vertraging in de oplevering van de stikstofinstallatie Zuidbroek II is, acht SodM het vanuit het oogpunt van veiligheid onverstandig om te besluiten tot omzetting van de gasopslag Grijpskerk naar laagcalorisch. Indien u op basis van politiek-bestuurlijke overwegingen de omzetting toch wilt realiseren, dan adviseert SodM u om dit alleen te doen als de stikstofinstallatie Zuidbroek II tijdig beschikbaar is en uw besluit uit te stellen totdat hier zekerheid over is verkregen.

SodM adviseert u om vanuit het oogpunt van veiligheid af te zien van het omzetten van de gasopslag Grijpskerk naar laagcalorisch gas.
Indien u op basis van politiek-bestuurlijke overwegingen de omzetting toch wilt realiseren, dan adviseert SodM u om dit alleen te doen als de stikstofinstallatie Zuidbroek II tijdig beschikbaar is en de beslissing uit te stellen totdat hier zekerheid over is verkregen

5 Wat mogen de mensen in Groningen op de langere termijn verwachten?

5.1 Seismiciteit, dreiging en risico nemen naar verwachting verder af

Het beëindigen van de gasproductie zorgt er naar verwachting voor dat het aantal bevingen, de kans op sterkere bevingen, de seismische dreiging en het seismisch risico de komende jaren verder zullen afnemen. De mate van afname wordt vooral bepaald door de drukvereffening in het veld. In de gebieden waar de druk op dit moment nog relatief hoger is zal de druk verder dalen (zie ook H2.3 en bijlage A). Op dit moment is de druk in het noorden van het gasveld ~25 bar hoger dan in het zuiden. Dit drukverschil zal zich gaan vereffenen, waardoor de druk in het noorden nog verder zal dalen, terwijl de druk in het zuiden zal gaan stijgen (H2.3 figuur 2-2). Doordat het Loppersum-gebied het meest gevoelig is voor aardbevingen resulteert dit hier de komende jaren in de hogere seismische activiteit en dreiging. Op de langere termijn (na 2030) verplaatst het zwaartepunt van de seismische activiteit en dreiging zich naar het westzuidwesten van het gasveld. In het uiterste zuidwesten bevindt zich echter ook nog een met het Groningen reservoir verbonden gedeelte, het zogenaamde Harkstede-blok, waar de druk op dit moment nog heel hoog is (140-150 bar; H2.3 figuur 2-2). De druk in dit blok zal over de komende tientallen jaren ook langzaam dalen naar dezelfde gemiddelde druk als de rest van het gasveld (75-80 bar). Als gevolg van de doorgaande drukdaling in dit blok, die langer duurt en groter is dan de resterende drukdaling in het Loppersum-gebied, verplaatst het zwaartepunt van de dreiging zich op de lange duur (na 2030) naar het westzuidwesten van het veld. Hierbij merkt SodM wel op dat in absolute zin ook in dit gebied de seismische dreiging zal afnemen van ~0.11g in het gasjaar 2021/2022 naar 0.08g in het gasjaar 2050/2051.

5.2 Centrale rol voor monitoring

Zoals hierboven beschreven is het de verwachting dat de seismiciteit verder zal afnemen. Deze verwachting is echter wel omgeven door onzekerheid, vooral omdat er nog weinig ervaring is met het seismische gedrag van de ondergrond na beëindiging van gaswinning. Het is dan ook heel belangrijk om de daadwerkelijke ontwikkeling van de grondbewegingen goed te blijven monitoren en vergelijken met de voorspellingen.

NAM heeft hiervoor in 2020 een uitgebreid monitorings- en surveillanceplan [Ref.17 & Ref.18] opgesteld. Hierin is vastgelegd welke waarnemingen op welke manier nu en in de toekomst zullen plaatsvinden. SodM heeft deze plannen beoordeelt en hiermee ingestemd [Ref.19]. Indien de waarnemingen een afwijking van de voorspellingen laten zien zal nader onderzoek worden gedaan. SodM zal erop toezien dat NAM de monitoring conform deze plannen uitvoert.

Referenties

Ref. 1: Brief van de Minister van Economische Zaken “Verzoek tot voorstellen operationele strategie voor het gasjaar 2021-2022” van 2 februari 2021.

Ref. 2: Gasunie Transport Services B.V. “Advies leveringszekerheid voor benodigde Groningenvolumes en capaciteiten gasjaar 2021/2022 en verder” (ref. L21.0042) van 29 januari 2021.

Ref. 3: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. “Operationele Strategie voor het gasjaar 2021-2022” (EP202103200676), 19 maart 2021.

Ref. 4: TNO “Publieke Seismische Dreigings- en Risicoanalyse Groningen gasveld 2021”(TNO2021 R10441), 24 maart 2021.

Ref. 5: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. “Reservoir Pressure and Subsidence Groningen Field update for Production Profile GTS - raming 2021”, March 2021.

Ref. 6: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. “Prognosis of DS1 –Building Damage Groningen Field update for Production Profile GTS - raming 2021”, February 2021.

Ref.7: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. “Groningen long term subsidence forecast” (EP202008201822, version 2), 2020.

Ref. 8: TNO “Model Chain Groningen: Update and quick scan comparison of 2020 HRA model”, TNO-report TNO2020 R11659, oktober 2020.

Ref. 9: Tessella, Software Review Report PSHRA Software Assessment, NPD/10256/.

Ref.10: Tessella, Software Review Report PSHRA Software Assessment, NPD/10826/CL/OP.

Ref.11: Staatstoezicht op de Mijnen “Advies modelversie SDRA Groningen 2021”, ADV-6692, 30 november 2020.

Ref.12: Staatstoezicht op de Mijnen “Aanvullend advies modelversie SDRA Groningen 2021”, ADV-6692, 8 januari 2021.

Ref.13: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. “Seismic Hazard and Risk Assessment Groningen Field update for Production Profile GTS - raming 2020”, EPEP202003201727, maart 2020.

Ref.14: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. “Seismische Dreigings- en Risico Inschatting voor Groningen NAM-HRA met TNO-SDRA vergeleken”, 15 april, 2021.

Ref.15: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. “Production Optimisation 2018”, oktober 2018.

Ref.16: Minister van Economische Zaken en Klimaat “Vaststellingsbesluit Groningen gasveld 2020-2021”, september 2020.

Ref.17: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. “Monitoring strategie Groningenveld”, 14 juli 2020.

Ref.18: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ”Groningen abandonment-surveillance requirements”, 14 juli 2020.

Ref.19: Staatstoezicht op de Mijnen “Beoordeling Groningen Abandonnement Monitoring- en Surveillanceplan”, 21 juli 2020.

Ref.20: Assurance Panel Building Fragility, Typology and Exposure “Assurance Check on Exposure, Fragility and Fatality Models for the Groningen Building Stock”, Dec 2019.

Ref.21: TNO “Status of the TNO Model Chain Groningen per October 1, 2020 and recommendations for the public Seismic Hazard and Risk Analysis 2021”, TNO2020 R11464, 1 oktober 2020.

Ref.22: Staatstoezicht op de Mijnen “Advies TNO SDRA 2021 Gevoeligheidsanalyse”, ADV-6960, 9 april 2021.

Ref.23: Staatstoezicht op de Mijnen “Advies modelontwikkeling SDRA 2021-2025”, ADV-6924, 22 april 2021.

Afkortingenlijst

DG	Damage Grade
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
FCM	Fragility and Consequence Model (kwetsbaarheids- en gevolgmodel)
GMM	Ground Motion Model (grondbewegingsmodel)
GTS	Gasunie Transport Services
HRA	Hazard and Risk Assessment
IMG	Instituut Mijnbouwschade Groningen
KEM	Kennisprogramma Effecten Mijnbouw
KEV	Klimaat- en Energieverkenning
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
LPR	Local Personal Risk (Lokaal Persoonlijk Risico)
Mbw	Mijnbouwwet
M_L	Lokale magnitude
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
NCG	Nationaal Coördinator Groningen
NPR	Nationale Praktijk Richtlijn
OS	Operationele Strategie
P90	Het 90-ste percentiel – de waarde waarbij 90% van de data kleiner is of eraan gelijk en 10% groter of eraan gelijk.
QA/QC	Quality Assurrance/Quality Contol (kwaliteitscontrole en -borging)
SDRA	Seismische dreigings- en risicoanalyse
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
TNO	Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek

Bijlage A: Hoe beoordeelt SodM de publieke SDRA?

Introductie

In deze bijlage beschrijft SodM in meer detail haar beoordeling van de SDRA2021 [Ref. 4] Eerst vat SodM de door TNO uitgevoerde SDRA2021 kort samen. Vervolgens beschrijft SodM hoe zij de SDRA2021 beoordeelt, gevolgd door de beantwoording van de adviesvraag of de SDRA2021 de OS op correct wijze onderbouwt en of deze correct is uitgevoerd en geanalyseerd. Aan het einde van deze bijlage volgt een korte samenvatting van de bevindingen.

Welke informatie bevat de SDRA?

Algemeen

Ter onderbouwing van de door NAM aangeleverde OS voor het gasjaar 2021/2022 heeft TNO in opdracht van EZK de SDRA uitgevoerd en gedocumenteerd in een rapportage [Ref. 4]. In deze rapportage beschrijft TNO de seismische dreigings- en risicoanalyse voor het Groningen-gasveld voor het gasjaar 2021/2022 en de daarop volgende 10 gasjaren. De seismische dreigingsanalyse berekent voor elke locatie boven en rond het Groningen-gasveld de mate van grondbeweging die eens in de 475 jaar[5] kan optreden. De risicoanalyse berekent de jaarlijkse kans op overlijden van een persoon in of nabij een gebouw, als gevolge van het geheel of gedeeltelijk instorten van dat gebouw door een geïnduceerde aardbeving in Groningen, het LPR. Het LPR kan getoetst worden aan de Meijdamnorm voor het aardbevingsrisico van 10^{-5} per jaar om te komen tot een veiligheidsbeoordeling.

TNO heeft de SDRA uitgevoerd met de TNO Modelketen Groningen waarbij gebruik is gemaakt van de door EZK voorgeschreven invoergegevens en modelversies uit de zogenaamde verwachtingenbrief (bijlage C van Ref.1):

- Seismologisch bronmodel versie 6 in dezelfde vorm en met dezelfde weging van de takken in de beslisboom als gebruikt in de HRA voor het gasjaar 2020/2021.
- Grondbewegingsmodel versie 6, waarbij voor de ‘period-to-period-correlatie’ de formulering zoals in de documentatie van NAM wordt aangehouden.
- Schade/risicomodel versie 7 in dezelfde vorm, met dezelfde coëfficiënten en met dezelfde weging van de takken in de beslisboom als gebruikt in de HRA voor het gasjaar 2020/2021.
- NAM Exposure Database (gebouwendatabase) versie 7 met de door NAM voorgestelde actualisaties.

Hieronder vat SodM de resultaten, inclusief kernobservaties en interpretaties, kort samen. SodM volgt hierbij de onderverdeling in de seismische dreigingsanalyse, de seismische risicoanalyse, de schadeanalyse en de TNO gevoeligheidsanalyse.

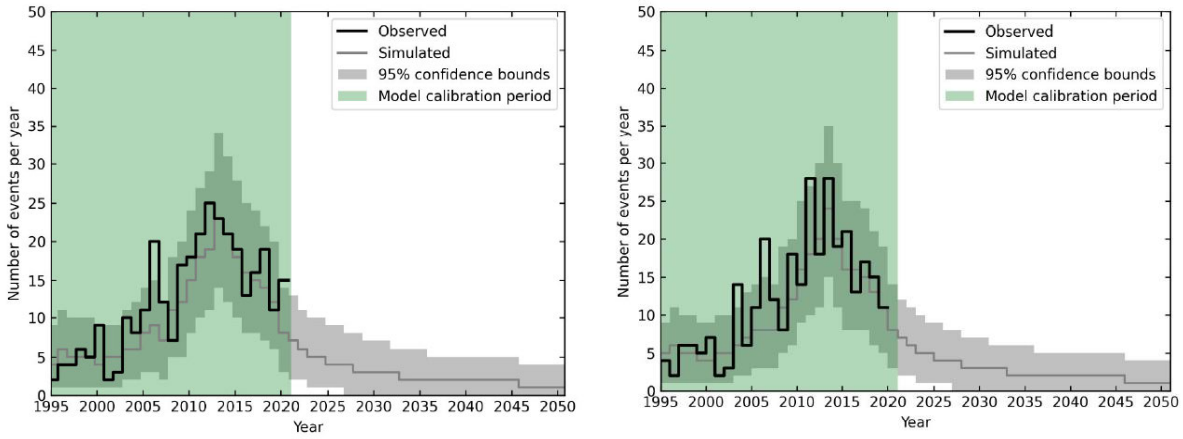
Seismische Dreigingsanalyse

TNO presenteert diverse figuren en tabellen die de geobserveerde en verwachte seismiciteit weergeven en de onzekerheid hierop. Daarnaast geeft TNO de overschrijdingskans op zwaardere bevingen en kaarten van de jaarlijkse aardbevingsdichtheid en seismische dreiging.

De resultaten worden weergegeven in zowel gasjaren als kalenderjaren. Ook maakt TNO in haar rapportage onderscheid tussen een jaar met een gemiddeld temperatuurverloop en een jaar met een koud temperatuurverloop. Hieronder geeft SodM in Figuur A.1 twee figuren weer uit de TNO rapportage, voor een gemiddeld temperatuurverloop. De linker figuur representeert de verwachte seismiciteit per *gasjaar*, en de rechter figuur de verwachte seismiciteit per *kalenderjaar*. Een gasjaar

[5] De herhalingstijd van 475 jaar komt overeen met de internationale standaard (Eurocode 8).

is gedefinieerd als de periode vanaf 1 oktober van het jaar tot en met 30 september van het jaar erop.



Figuur A.1. Links (TNO Figuur 3.1): Verwachte seismische activiteit en variatie per gasjaar voor een gemiddeld temperatuurverloop. Op de horizontale as staat het kalenderjaar (bereik 1 januari 1995 tot 1 oktober 2050). Op de verticale as staat het aantal bevingen met een magnitude gelijk aan of hoger dan 1.5 opgeteld per gasjaar. De zwarte lijn geeft het aantal observaties in het verleden weer. De donkergrijze lijn geeft het verwachte aantal bevingen in de toekomst weer. De lichtgrijze band om de grijze lijn is de onzekerheidsband. Het groene vlak geeft aan dat het model gekalibreerd is op de periode tot 1 januari 2021. Rechts (TNO Figuur A.1): Verwachte seismische activiteit en variatie per kalenderjaar voor een gemiddeld temperatuurverloop. Op de horizontale as staat het kalenderjaar (1 januari 1995 tot en met 31 december 2050). Op de verticale as staat het aantal bevingen opgeteld per kalenderjaar.

Het verwachte jaarlijkse aantal bevingen met magnitude gelijk aan of hoger dan M=1.5 neemt de komende jaren duidelijk af, van gemiddeld 5-6 bevingen in het gasjaar 2021/2022 tot 2-3 bevingen in het gasjaar 2030/2031. Ook in de overschrijdingskansen op zwaardere bevingen is er een duidelijke, dalende trend waarneembaar (zie ook H2.5).

TNO laat diverse kaarten van de jaarlijkse aardbevingsdichtheid (M≥1.5) in gasjaren (Ref.4 Sectie 3.3) zien voor een gemiddeld en koud temperatuurverloop. Tevens presenteert zij hiervan een verschilkaart. In Appendix A toont TNO de kaart voor een gemiddeld temperatuurverloop voor kalenderjaren (Ref.4 Appendix A). TNO concludeert op grond van de diverse kaarten van de jaarlijkse aardbevingsdichtheid dat ook de komende jaren het hoogste aantal bevingen per vierkante kilometer nog ten noordwesten van Loppersum zal liggen.

Seismische dreigingskaarten geven de intensiteit van seismische grondbewegingen[6] weer voor een gegeven kans van overschrijding. TNO presenteert diverse dreigingskaarten, voor de internationale standaard overschrijdingskans van eens per 475 jaar, voor de gasjaren jaarlijks van gasjaar 2021/2022 tot en met gasjaar 2030/2031, en verder tot en met het gasjaar 2050/2051 in stappen van 5 jaar. In de bijlage van het TNO rapport worden deze kaarten ook per kalenderjaar gegeven.

In de kaart voor een gemiddeld temperatuurverloop wordt in het gasjaar 2021/2022 een maximale dreiging van 0.13g verwacht. De dreiging toont, net als de eerder besproken seismische activiteit, een dalende trend naarmate de jaren vorderen, met een maximale dreiging van 0.081g in het gasjaar 2050/2051. De komende jaren ligt het zwaartepunt van de dreiging ten noordwesten van Loppersum. TNO beschrijft dat dit een verwachte trend is ten gevolge van de dalende gasproductie en dat dit in overeenstemming is met het proces van drukvereffening van het reservoir tijdens de latere jaren.

[6] Traditioneel wordt als intensiteitsmaat voor een seismische grondbeweging vaak de piekgrondversnelling (*Peak Ground Acceleration – PGA*) gebruikt. In het in de SDRA gebruikte grondbewegingsmodel wordt feitelijk niet de PGA berekend, maar de zogenaamde spectrale versnelling (*Spectral Acceleration – SA*) voor een aantal trillingsperioden. De spectrale versnelling bij de korte trillingsperiode van 0.01 s komt in de praktijk overeen met PGA.

TNO presenteert daarnaast voor het gasjaar 2021/2022 de seismische dreigingskaart voor een koud temperatuurverloop en een verschilkaart. TNO merkt hierbij op dat de locatie van de maximaal te verwachten seismische dreiging voor een koud temperatuurverloop juist iets ten zuidoosten van Loppersum ligt.

Disaggregatie van de seismische dreiging:
Voor meer inzicht in de herkomst van seismische dreiging heeft TNO de bijdragen van verschillende variabelen uitgesplitst in een zogenaamde disaggregatie (Appendix D Ref. 4). Het gaat hier om 3 variabelen, te weten de magnitude van de beving, de afstand van het breukvlak (hypocentrum) van de beving tot het evaluatiepunt aan het maaiveld, en de variabiliteit in de verwachte grondbewegingen, uitgedrukt in (grofweg) het aantal standaarddeviaties ten opzichte van de mediaan. De disaggregatie is afhankelijk van de locatie waarvoor de berekening wordt gemaakt.

TNO licht twee geografische locaties in meer detail uit: Groningen (stad) en Loppersum. Hieruit maakt zij op dat een beving met magnitude M=4,5 de grootste bijdrage levert aan de verwachte seismische dreiging voor Groningen (stad). Ook stelt zij dat de verwachte bijdragen van een M=3,5 en een M=5,0 beving ongeveer een factor tien lager zijn dan voor magnitude M=4,5. Het is SodM onduidelijk waar deze factor op gebaseerd is. TNO beschrijft dat een breuk op een afstand van ongeveer 7 kilometer van Groningen (stad) de grootste bijdrage aan de verwachte seismische dreiging oplevert. Daarnaast benoemt zij de redelijk significante bijdrage van een breukafstand van 18 km van Groningen (stad). TNO legt uit dat dit het gevolg is van de twee separate bronlocaties van verhoogde seismische activiteit in het Groningen reservoir. Het primaire seismische centrum ligt rond Loppersum op ongeveer 18 km van Groningen (stad). Het secundaire centrum ligt ongeveer 7 km ten oosten van Groningen (stad).

Aangaande de grondbewegingen beschrijft TNO dat de dominante bijdrage aan de overschrijdingen wordt geleverd door grondbewegingen die bovengemiddeld (ongeveer 1 standaard deviatie boven de mediaan) sterk zijn ten opzichte van de verwachte waarde voor een gegeven magnitude en breukafstand.

Soortgelijk concludeert TNO voor het Loppersum gebied dat de belangrijkste dreigingsbijdragen gegeven worden door een beving van magnitude M=4,0, een breukafstand van 3 km en een bovengemiddelde grondbeweging van 1 standaard deviatie boven de mediaan. TNO legt uit dat de 3 km breukafstand overeenkomt met de diepte van de bevingen recht onder Loppersum.

Tenslotte toont TNO de ruimtelijke verdeling van de uitsplitsing voor de drie genoemde bijdragen over het gehele Groningen-gasveld. Dit laat vergelijkbare observaties zien, waarbij voor het centrale deel van het veld de seismische dreiging bepaald wordt door de lokale onderliggende bevingen. Aan de randen wordt de dreiging juist bepaald door dezelfde bevingen, op grotere afstand.

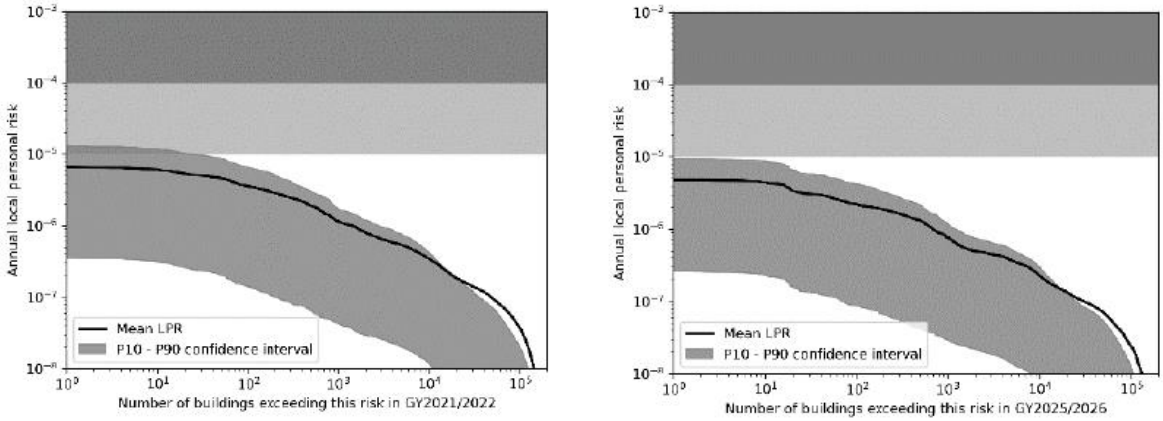
Seismische Risicoanalyse

In de publieke SDRA2021 wordt het LPR gebruikt als risicomaat, oftewel de jaarlijkse kans op overlijden van een persoon in (de directe nabijheid van) een gebouw, als gevolg van het geheel of gedeeltelijk instorten van dat gebouw door geïnduceerde aardbevingen.

TNO toont een serie figuren die het aantal gebouwen met een LPR gelijk aan of groter dan een gegeven risico weergeven voor de gasjaren 2021/2022 tot en met 2030/2031, gebaseerd op een productiejaar met een gemiddeld temperatuurverloop. Op basis van deze figuren rapporteert TNO dat er in het gasjaar 2021/2022 22 gebouwen zijn met een licht verhoogd risico. Dit aantal neemt jaarlijks af met 6 gebouwen tot er 4 gebouwen over zijn in het gasjaar 2024/2025. Vanaf gasjaar 2025/2026 voldoen alle gebouwen in het gebied zowel volgens de verwachtingswaarde als de P90 aan de Meijdamnorm, voor een gemiddeld temperatuurverloop. De representatie in kalenderjaren laat zien dat in 2021, 37 gebouwen een licht verhoogd risico hebben. Dit loopt af tot 1 gebouw in 2025. Vanaf kalenderjaar 2026 voldoen alle gebouwen, zowel volgens de verwachtingswaarde als de P90, aan de Meijdamnorm.

TNO laat de voornoemde figuren ook zien voor een koud temperatuurverloop voor het gasjaar 2021/2022. Hieruit blijkt dat 63 gebouwen een licht verhoogd risico zullen hebben indien aan deze extra gasvraag moet worden voldaan, in tegenstelling tot de 22 gebouwen voor een gemiddeld temperatuurverloop.

Figuur A.2 hieronder toont een selectie van deze figuren, voor de gasjaren 2021/2022 en 2025/2026.



Figuur A.2. LPR grafieken voor de gasjaren 2021/2022 en 2025/2026 voor een gemiddeld temperatuurverloop. Op de horizontale as staat het aantal gebouwen; op de verticale as het LPR. De grafieken geven voor elk aantal op horizontale as de LPR waarde die door deze groep overschreden wordt. De dikke zwarte lijn geeft de verwachtingswaarde (mean) van het LPR aan. De donkergrijze banden geven de spreiding in de beslisboom voor modelonzekerheden weer voor een betrouwbaarheidsinterval van tussen percentielen P10 en P90. De twee horizontale vlakken in lichtgrijs geven de tijdelijke (10^{-4}) LPR-norm en de permanente (10^{-5}) Meijdamnorm aan (TNO Figuur 5.1).

TNO presenteert ook de verwachtingswaarde voor het LPR per typologie voor 3 gasjaren (2021/2022, 2025/2026 en 2030/2031) en 3 kalenderjaren (2021, 2025, 2030). TNO beschrijft dat deze figuren laten zien dat alle gebouwen in het aardbevingsgebied voor alle typologieën volgens de verwachtingswaarde reeds in het gasjaar 2021/2022 voldoen aan de Meijdamnorm. TNO stelt vervolgens dat het schuurgedeelte van boerderijen (type URM1F_B) het meest kwetsbaar is, en dat de huisdelen van deze boerderijen (typen URM1F_HC en URM1F_HA) veel minder kwetsbaar zijn.

TNO concludeert dat het verwachte seismisch risico voor alle gebouwtypologieën jaarlijks afneemt.

Analyse Epistemische Onzekerheden:
De SDRA is een probabilistisch model dat de onzekerheden zoveel mogelijk meeneemt. Het model kent twee soorten onzekerheden: aleatorisch en epistemische onzekerheden.

Aleatorische onzekerheden beschrijven de onzekerheidsbandbreedten van parameters die in de modellen gebruikt worden. In de risicoberekening van TNO worden deze onzekerheden meegenomen door voor elke parameter een onzekerheid-waarschijnlijkheidsverdeling te maken en in de berekeningen deze verdelingen numeriek te integreren.

Met epistemische onzekerheden worden de onzekerheden die gerelateerd zijn aan onvolkomenheden van de gebruikte modellen bedoeld. Voor de epistemische onzekerheden wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde beslisboom (‘logic tree’). Hierbij karakteriseert de totale verdeling van combinaties van alternatieve modellen (de aparte takken van de boom) de invloed van de epistemische onzekerheden op de uitkomst van de berekening.

TNO heeft een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de invloed van de verschillende takken in de beslisboom op de risicoberekening in kaart te brengen. TNO presenteert deze resultaten in een zogenaamde tornadoplot. Hierin wordt voor elke alternatieve modelkeuze de gevoeligheid van het

over de gehele gebouwendatabase gemiddelde LPR weergegeven. Daarnaast presenteert TNO ook een figuur waarin de gevoeligheid van het totale aantal gebouwen met een verhoogd risico weergegeven wordt. TNO beschrijft dat uit deze gevoeligheidsanalyse blijkt dat de spreiding van het LPR voor de alternatieven voor de maximale magnitude (Mmax) het grootst is, gevolgd door de keuze in het seismologisch magnitude-frequentie model. TNO concludeert dat verbetering van kennis omtrent het seismologisch bronmodel kan leiden tot het verminderen van de epistemische onzekerheden.

Disaggregatie van het seismisch risico:
TNO heeft tevens een disaggregatie gemaakt van de verschillende variabelen aan het seismisch risico. Net als bij de seismische dreiging gaat het om de bijdragen van de magnitude van de verwachte aardbevingen, de afstand van het breukvlak van de beving tot het maaiveld, en de gemiddelde spectrale versnelling (grondversnelling). TNO analyseert wederom de twee locaties Groningen (stad) en Loppersum waarbij ze kijkt naar de 3 meest kwetsbare typologieën: URM1F_B (de schuur van een boerderij), URM3L en URM4L (gemetselde rijtjeshuizen met grote gevelopeningen op de begane grond).

TNO beschrijft dat net zoals voor de dreiging, het grootste deel van het seismisch risico geassocieerd wordt met lokale onderliggende seismische activiteit in het centrale gebied (een afstand tot de breuk van ongeveer 3 km). Alleen rond Eemshaven en ten oosten van de stad Groningen neemt dit toe tot 10 km. TNO merkt op dat de zeldzame bevingen met magnitudes tussen M=4.5 en M=5.0 de grootste bijdrage aan het risico leveren in de centrale delen van het gebied rond Loppersum en ten zuiden van Ten Boer. Aan de randen van dit centrale gebied nemen de magnitudes die de grootste bijdrage aan het risico leveren toe tot M=6.5, ondanks dat de kans dat een beving met deze magnitude kan optreden verwaarloosbaar klein is.

Schadeanalyse

Schade aan gebouwen wordt beoordeeld op basis van een schadeclassificatie. Hiervoor bestaat een kwalitatieve beschrijving van de schadetoestanden (*Damage Grade - DG of Damage State* - DS) in vijf gradaties van schade (H2.8 figuur 2-4). Zo wordt “verwaarloosbare tot lichte schade” DG1 genoemd, “matige schade” DG2, “substantiële tot zware schade” DG3.

Kwetsbaarheidsfuncties voor schadetoestanden DG2 en DG3 zijn in opdracht van NAM ontwikkeld voor elke typologie die in de Gebouwendatabase is geïdentificeerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van uitgebreide analytische modellering en experimentele testcampagnes (Ref. 20).

TNO toont diverse figuren van de schadeprognose in de vorm van een jaarlijkse overschrijdingskans. Zij doet dit voor de schadetoestanden DG2 en DG3 voor alle typologieën, voor een gemiddeld en koud temperatuurverloop. TNO presenteert verder de jaarlijkse overschrijdingskans voor zowel DG2 als DG3 per typologie. Zij benoemt dat voor het gasjaar 2021/2022 minder dan 50 panden een kans van 0.5% hebben op een DG2 schadetoestand en minder dan 0.1% op een DG3 schadetoestand.

Gevoeligheidsanalyse SDRA

In aanvulling op de SDRA die TNO conform de uitgangspunten van bijlage C van de Verwachtingenbrief heeft opgeleverd, heeft TNO in secties 7.3, 7.4 en 7.5 van haar rapportage een analyse opgenomen van de gevoeligheid van de uitkomsten van de SDRA voor verschillende modelkeuzes.

Op 2 april 2021 heeft EZK aan SodM apart advies gevraagd over de implicaties van deze aanvullende gevoeligheidsanalyse voor de advisering door de wettelijk adviseurs, voor besluitvorming over het vaststellingsbesluit en voor de vaststelling van de risicoprofielen van gebouwen. SodM heeft haar advies hierover op 9 april 2021 aan de minister gestuurd (ADV-6960).

De gevoeligheidsanalyse van TNO is gebaseerd op modelkeuzes zoals die door TNO in oktober 2020 in het statusrapport [Ref. 21] zijn voorgesteld, maar niet door de minister overgenomen in de verwachtingenbrief.

De analyse wijkt op vier punten af van de uitgangspunten van de verwachtingenbrief:

1. Kalibratie en implementatie van het seismologisch model;
2. Keuze van het magnitude-frequentiemodel binnen het seismologisch model;
3. Keuze van het period-to-period correlatiemodel binnen het grondbewegingsmodel;
4. Aanpassingen aan het kwetsbaarheids- en gevolgmodel.

SodM heeft in 4 adviezen (Ref.9, 10, 22 & 23) aangegeven dat, hoewel TNO potentieel goede aanpassingen aan de deelmodellen voorstelt, deze voorgestelde aanpassingen naar het oordeel van SodM op dit moment onvoldoende zijn gedocumenteerd en onderbouwd. Daarbij is het proces voor onafhankelijke en externe kwaliteitscontrole en -borging onvoldoende doorlopen. Deze zijn noodzakelijk om eventuele aanpassingen goed te kunnen beoordelen en vast te stellen of de aanpassingen een technisch-wetenschappelijk substantiële verbetering zijn en de implementatie ook leidt tot een daadwerkelijke verbetering van de risicoschatting.

Omdat er op dit moment niet afdoende gedocumenteerde onderbouwing beschikbaar is waarop de keuzes in de gevoeligheidsanalyse gebaseerd zijn, kan niet worden bepaald of er sprake is van het onnodig stapelen van conservatisme. Daarom heeft SodM op dit moment tot voorzichtigheid en terughoudendheid bij het gebruik van de resultaten uit de gevoeligheidsanalyse geadviseerd totdat hier meer duidelijkheid over is. Ook heeft SodM de minister van EZK geadviseerd om TNO te vragen een nadere onderbouwing te verstrekken met betrekking tot de modelkeuze zoals TNO die voorstaat.

De NCG heeft vastgesteld dat uit de gevoeligheidsanalyse van TNO 37 gebouwen naar voren komen met een verhoogd risicoprofiel, maar welke op dit moment nog niet zijn opgenomen in het versterkingsprogramma. Het gaat in alle gevallen om het schuurdeel van boerderijen. Het geringe aantal additionele gebouwen ten opzichte van de huidige scope van de versterkingsopgave laat zien dat de impact van het onnodig stapelen van conservatisme in de risicoberekening op de scope van de versterkingsopgave beperkt is. Om die reden heeft SodM in haar advies van 9 april 2021 geadviseerd deze 37 gebouwen[7] uit voorzorg alsnog op te nemen in het versterkingsprogramma.

Hoe beoordeelt SodM de opgeleverde SDRA?

Hieronder beschrijft SodM haar inhoudelijke beoordeling van de door TNO opgeleverde SDRA rapportage [Ref. 4]. SodM gebruikt hierbij dezelfde onderverdeling als bij de bespreking van de SDRA2021.

Seismische dreigingsanalyse

SodM bevestigt de door TNO gemaakte observatie dat het jaarlijks aantal bevingen met een magnitude M≥1.5 en de seismische dreiging een steeds verder dalende trend laten zien. SodM merkt op dat de visuele representatie van de figuren voor de ontwikkeling van het aantal bevingen in gasjaren enige onduidelijkheid en verwarring schept vanwege de keuze van het gebruik van kalenderjaren op de assen van de figuren (Figuur A.1 (links)). Door deze keuze zijn de jaartallen en bijbehorende waardes moeilijk af te lezen, wat de algehele interpretatie niet ten goede komt. Daarnaast heeft SodM vastgesteld dat er kleine verschillen zitten tussen de waargenomen aantallen bevingen zoals door TNO gerapporteerd en de aantallen die door NAM in de HRA2020 zijn opgenomen. Deze verschillen kunnen worden veroorzaakt door andere keuzes voor of bevingen al dan niet aan het Groningen-gasveld worden toegeschreven of door de afronding van de magnitudes

[7] In de adviesbrief [Ref. 22] werd per abuis gerefereerd naar 35 gebouwen, dit moeten er 37 zijn

op 1 cijfer achter de komma. SodM raadt aan om de getallen van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (verder: KNMI) zoals gerapporteerd op het dashboard Groningen (https://dashboardgroningen.nl/) leidend te maken.

SodM stelt net als TNO vast dat ook de komende jaren het zwaartepunt van de seismische activiteit en de seismische dreiging ten noordwesten van Loppersum zullen liggen. SodM relateert dit aan het proces van drukvereffening. De drukkaarten in de OS (Ref. 3; H2.3) laten zien dat op dit moment de druk in het noorden van het gasveld ~25 bar hoger is dan in het zuiden. Dit drukverschil zal zich gaan vereffenen, waardoor de druk in het noorden nog zal dalen, terwijl de druk in het zuiden zal gaan stijgen (H2.3 figuur 2-2). Doordat het Loppersum-gebied het meest gevoelig is voor aardbevingen resulteert dit hier de komende jaren in de hogere seismische activiteit en dreiging. Op de langere termijn (na 2030) verplaatst het zwaartepunt van de seismische activiteit en dreiging zich naar het westzuidwesten van het gasveld. In het uiterste zuidwesten bevindt zich onder andere een met het Groningen reservoir verbonden gedeelte, het zogenaamde Harkstede-blok, waar de druk op dit moment nog heel hoog is (140-150 bar; H2.3 figuur 2-2). De druk in dit blok zal over de komende tientallen jaren langzaam gaan dalen naar dezelfde gemiddelde druk als de rest van het gasveld (75-80 bar). Als gevolg van de doorgaande drukdaling in dit blok, die langer duurt en groter is dan de resterende drukdaling in het Loppersum-gebied, verplaatst het zwaartepunt van de dreiging zich op de lange duur naar het westzuidwesten van het veld. Hierbij merkt SodM wel op dat in absolute zin ook in dit gebied de seismische activiteit en dreiging zal afnemen van ~0.11g in het gasjaar 2021/2022 naar 0.08g in het gasjaar 2050/2051.

Kijkend naar de aardbevingsdichtheid en seismische dreiging voor een gemiddeld en koud temperatuurverloop voor het gasjaar 2021/2022, merkt SodM op dat door de grotere productie van gas in het zuidzuidwesten bij een koud temperatuurverloop de seismische activiteit en dreiging in het zuidzuidwesten toeneemt. De toename in seismische dreiging bedraagt ~0.05g, wat betekent dat in dit gebied de dreiging in een koud gasjaar ongeveer verdubbeld ten opzichte van de dreiging in een gemiddeld gasjaar.

Disaggregatie van de seismische dreiging:
SodM constateert dat de conclusies die TNO trekt uit de disaggregatie van de seismische dreiging over het algemeen kloppen met de door TNO opgeleverde resultaten. Daarbij merkt SodM op dat vaak onduidelijk is op basis van welke analyses (bijv. welke herhalingstijd) conclusies gebaseerd zijn.

TNO analyseert de parameters van de disaggregatie op individuele basis. Echter er is een correlatie tussen de afstand tussen het hypocentrum en observatiepunt en de magnitude. Dit heeft bijvoorbeeld tot gevolg dat de dreiging in de stad Groningen grotendeels bepaald wordt door bevingen met een magnitude van rond de M=4.5 op een afstand van ~7 km van de stad (dus in het zuidwesten van het veld) en deels door zwaardere bevingen (M=5.0) in het Loppersumgebied (afstand van ~18 km van de stad). SodM verwacht dat TNO volgend jaar ook kijkt naar de correlatie tussen de parameters in de disaggregatie.

Daarnaast zou SodM, gegeven het feit dat het zwaartepunt van de seismische dreiging zich op langere termijn naar het westzuidwesten verplaatst, graag in de toekomst de disaggregatie voor meerdere jaren uitgevoerd zien (bijvoorbeeld elke 5 jaar tot aan het gasjaar 2050/2051).

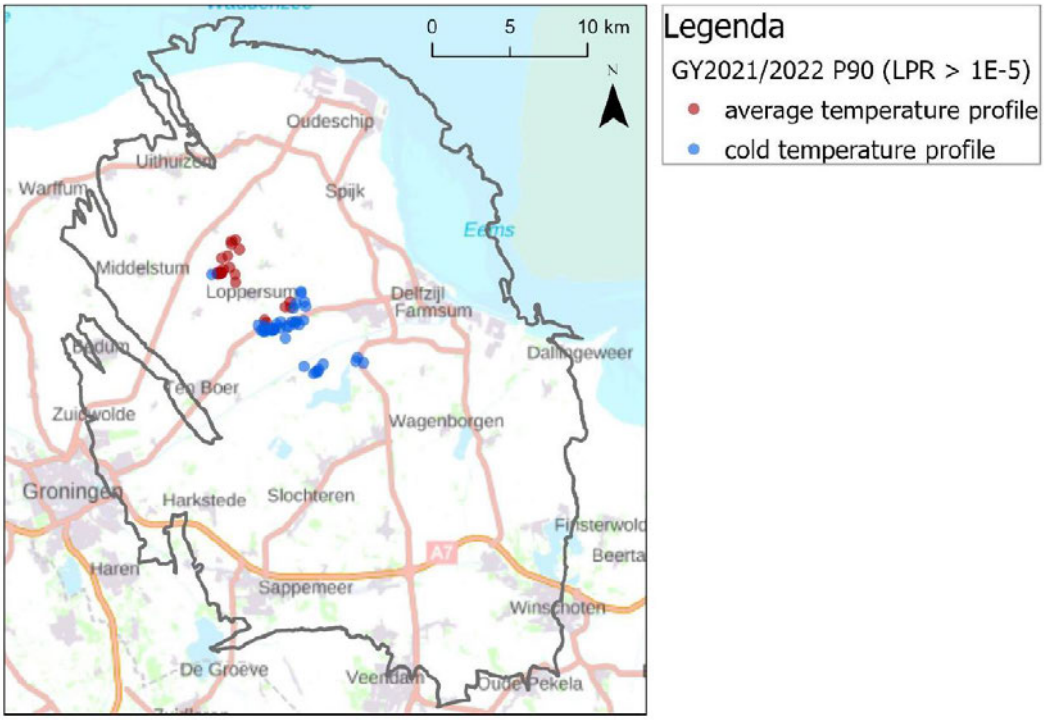
Seismische risicoanalyse

SodM bevestigt dat er in de door TNO gepresenteerde figuren van het LPR een continue afname van het seismisch risico waarneembaar is de komende jaren. Dit is in overeenstemming met de eerder besproken afname van de seismische activiteit, de aardbevingsdichtheid en de seismische dreiging in de regio. De verwachtingswaarde (mean) van het seismisch risico (LPR) ligt voor alle gebouwen in het gasjaar 2021/2022 onder de Meijdamnorm. Dit geldt zowel voor een gasjaar met een gemiddeld als een koud temperatuurverloop. Wel zijn er tot en met het gasjaar 2024/2025 gebouwen met een licht verhoogd risico.

SodM vindt het opvallend dat de verwachtingswaarde voor het risico bij lage risicowaarden buiten de P90 bandbreedte valt (Figuur A-2) en mist een verklaring hiervoor in de rapportage van TNO.

De door TNO gepresenteerde LPR-grafieken die de verwachtingswaarde voor elke typologie apart tonen, laten naar het oordeel van SodM inderdaad zien dat alle gebouwen van alle typologieën reeds in het gasjaar 2021/2022 een lager risico hebben dan 10^{-5} per jaar. Daarnaast is SodM het eens met de door TNO getrokken conclusie dat het schuurgedeelte van een boerderij (type URM 1F_B) het meest kwetsbaar is. TNO toont in deze figuren geen onzekerheidsband per typologie, waardoor het niet visueel zichtbaar is welke typologieën de Meijdamnorm overschrijden op basis van de P90. SodM zou daarom graag in toekomstige SDRAs dezelfde figuren ook geplot zien op basis van de P90 waarde. Dit zal de reproduceerbaarheid en navolgbaarheid van de uiteindelijke conclusies aangaande het seismisch risico ten goede komen.

SodM heeft geconstateerd dat de in bijlage C van de Verwachtingenbrief [Ref.1] genoemde verschilkaart van het seismisch risico voor een gemiddeld en koud temperatuurverloop ontbreekt in de opgeleverde SDRA. SodM heeft deze kaart via het ministerie van EZK opgevraagd bij TNO en op 30 april 2021 (Figuur A.3) ontvangen. Hieruit maakt SodM op dat, voor het gasjaar 2021/2022, de 22 gebouwen met een licht verhoogd risico zich geografisch allemaal iets ten noordwesten van Loppersum bevinden. SodM observeert tevens dat een groot deel van de extra gebouwen die bij een koud temperatuurverloop een licht verhoogd risico hebben zich ten zuidoosten van Loppersum bevinden. Beide observaties zijn in overeenstemming met de ruimtelijke patronen van de seismische dreigingskaarten en de seismische dreigingsverschilkaart voor het gasjaar 2021/2022.



Figuur A.3. De door SodM opgevraagde verschilkaart van het seismisch risico voor het gasjaar 2021/2022. De rode stippen geven de locaties weer waar de P90 van het LPR boven de Meijdamnorm (10^{-5}) uitkomt voor een gemiddeld temperatuurverloop. De blauwe stippen representeren hetzelfde maar dan voor een koud temperatuurverloop, waarbij de rode stippen ook voor een koud temperatuurverloop gelden.

<u>Analyse Epistemische Onzekerheden:</u>
SodM concludeert dat uit de opgeleverde gevoeligheidsanalyse inderdaad blijkt dat de spreiding van het LPR voor de alternatieve seismologische Mmax modellen het grootst is. Daarnaast blijkt, zoals

TNO aangeeft, de keuze in het seismologisch magnitude-frequentie model ook een substantieel effect te hebben op het seismisch risico. Echter, het valt SodM verder op dat de alternatieve keuzes in het grondbewegingsmodel (verder: GMM) en kwetsbaarheids- en gevolgmodel (verder: FCM) ook leiden tot een substantiële spreiding in het LPR. De waargenomen spreiding is weliswaar iets minder groot dan voor het seismologisch model, maar geeft desalniettemin aanleiding voor het tevens onderzoeken van mogelijke verbeteringen in deze modelonderdelen.

SodM constateert verder dat TNO de aleatorische onzekerheden (de statistische variaties) niet in detail beschrijft in het rapport, wat de reproduceerbaarheid en transparantie niet ten goede komt. SodM raadt aan hier in de toekomst meer aandacht aan te besteden.

Disaggregatie van het seismisch risico:
SodM bevestigt over het algemeen de door TNO getrokken conclusies. Wel plaatst SodM hier dezelfde kanttekeningen bij als bij de disaggregatie van de seismische dreiging, bijvoorbeeld aangaande de verschillen tussen de 3 typologieën.

Schadeanalyse

SodM kan op basis van de door TNO aangeleverde figuren niet verifiëren dat voor het gasjaar 2021/2022 minder dan 50 panden een kans van 0.5% hebben op een DG2 schadetoestand en minder dan 0.1% op een DG3 schadetoestand. SodM adviseert komend jaar in de SDRA figuren op te nemen van de jaarlijkse frequentie voor 10/100/200/500 gebouwen tegen de tijd (conform figuur 8.7 van de HRA2020 van NAM [Ref. 13]).

SodM constateert dat uit de schadeanalyse andere typologieën als kwetsbaar naar voren komen dan uit de risicoanalyse. Nadere onderbouwing en duiding hiervan door TNO ontbreekt. SodM merkt daarnaast op dat de gebruikte kleuren onvoldoende contrasterend zijn wat onduidelijkheid schept en de interpretatie bemoeilijkt.

In hoeverre zijn de dreigings- en risicoanalyses behorende bij de voorgestelde operationele strategieën op correcte wijze onderbouwd, uitgevoerd en geanalyseerd?

Is de opgeleverde SDRA correct uitgevoerd?

SodM constateert dat TNO de SDRA heeft uitgevoerd conform Artikel 1.3a.2 van de Mijnbouwregeling. Daarnaast concludeert SodM dat TNO de SDRA inhoudelijk heeft uitgevoerd conform het gestelde in bijlage C van de Verwachtingenbrief [Ref.1]. Met andere woorden, TNO heeft de SDRA uitgevoerd conform de voorgeschreven invoergegevens en modelversies en de diverse verwachte componenten van de rapportage opgeleverd. SodM heeft hierbij wel enkele kleine afwijkingen van het gevraagde opgemerkt. SodM concludeert dat TNO met name inconsequent is aangaande de einddata: het grootste deel van de aangeleverde voorspellingen, zowel op de korte termijn (10 jaar) als op de lange termijn (30 jaar), schieten 1 jaar te kort.

SodM heeft zoals eerder besproken geconstateerd dat de zogenaamde seismisch risico verschilkaart ontbreekt in de opgeleverde SDRA. SodM heeft daarom EZK verzocht om deze risicokaart alsnog op te vragen bij TNO. Op 30 april 2021 is deze kaart alsnog bij SodM aangeleverd.

Bovengenoemde ontbrekende elementen duiden erop dat er slechts een beperkte QA/QC op de SDRA heeft plaatsgevonden. SodM adviseert dat de interne kwaliteitscontrole en -borging van de SDRA volgend jaar duidelijk en gestructureerd geregeld moet zijn en nauwkeurig moet worden uitgevoerd om dergelijke onvolkomenheden te voorkomen.

Is de opgeleverde SDRA correct onderbouwd en geanalyseerd?

SodM constateert dat de door TNO gepresenteerde resultaten veelal onvoldoende onderbouwd en geanalyseerd zijn. In veel gevallen ontbreekt een gestructureerde identificatie en beschrijving van

opvallende resultaten alsmede een analyse van wat de resultaten concreet voor de inwoners van Groningen betekenen, is detail niet weergegeven in figuren (bijv. de maximale waarden), en ontbreekt een nadere duiding van de resultaten in de context van de operationele strategie.

SodM begrijpt dat dit de eerste keer is dat TNO verantwoordelijk is voor het opleveren van de SDRA en dat TNO hier nog ervaring mee moet opdoen. Echter, gezien het publieke karakter van de SDRA en het belang van transparantie en reproduceerbaarheid, adviseert SodM dat TNO bij toekomstige SDRAs een meer gedetailleerde en gestructureerde analyse van de resultaten oplevert. Dit betreft zowel een grondige analyse van de resultaten van de SDRA voor de huidige operationele strategie als het uitvoeren, analyseren en duiden van een gestructureerde vergelijking van de SDRA van het desbetreffende jaar met de resultaten van de SDRA van het voorgaande jaar (zie H.3 van dit advies). SodM raadt aan dat TNO daarbij een duidelijke scheiding aanbrengt tussen observaties, interpretatie en duiding.

28 mei 2021

Staatstoezicht op de Mijnen
Henri Faasdreef 312 | Den Haag
T 070 379 84 00

info@sodm.nl
www.sodm.nl
@sodmnl