



> Retouradres Postbus 24037 2490 AA Den Haag

De Minister van Economische Zaken en Klimaat

Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Staatstoezicht op de Mijnen

Bezoekadres

Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag

Postadres

Postbus 24037
2490 AA Den Haag

T 070 379 8400 (algemeen)
F 070 379 8455 (algemeen)

sodm@sodm.nl
www.sodm.nl

Behandeld door

T 070 379

Ons kenmerk

19309719

Uw kenmerk

Bijlage(n)

1

Datum 17 december 2019

Betreft Overschrijding grenswaarde aardbevingsdichtheid

Excellentie,

Met deze brief stel ik u op de hoogte van de overschrijding van de grenswaarde van de aardbevingsdichtheid. Op basis van de analyse van de Nederlandse Aardolie Maatschappij N.V. (verder: NAM) concludeert Staatstoezicht op de Mijnen (verder: SodM) dat er op dit moment geen sprake is van een uitzonderlijke of zorgwekkende situatie. Ook is er geen aanleiding om in de operationele strategie voor het gasjaar 2019/2020 in te grijpen. Wel zal SodM de verdere ontwikkeling van de seismiteit in de regio de komende tijd nauwgezet volgen.

Op dinsdag 3 december 2019 heeft er nabij Garrelsweer een beving plaatsgevonden met magnitude 1,9 op de schaal van Richter. Met deze beving werd de grenswaarde voor de aardbevingsdichtheid van 0,25, zoals beschreven in artikel 1.3a.6 lid 1e van de Mijnbouwregeling, overschreden. Conform artikel 1.3a.7 heeft de NAM de overschrijding geanalyseerd en deze analyse (zie bijlage) op 14 december 2019 aan SodM toegestuurd.

De NAM concludeert:

"Het stochastische karakter van aardbevingen betekent dat er gedurende deze ontwikkeling [afname algehele seismiteit met de voorziene daling van productie] nog steeds fluctuaties optreden in seismiteit, zowel naar boven als naar beneden, die niet altijd aan een specifieke oorzaak toe te schrijven zijn."

"Naar de mening van de NAM wijkt het veiligheidsrisico niet significant af van de gegevens die zijn verstrekt ter onderbouwing van de operationele strategie."

En

"Buiten de reeds door de minister ingezette verlaging van de productie in Groningen met als doel om het veld zo snel als mogelijk te sluiten. Ziet NAM op basis van de in dit rapport gedane analyse geen additionele mogelijkheden om de veiligheidsrisico's verder te minimaliseren."

SodM onderschrijft deze conclusies van de NAM. SodM zal de ontwikkelingen rond seismiteit in het Groningenveld de komende tijd nauwgezet blijven volgen om eventuele doorgaande escalatie vroegtijdig te kunnen signaleren.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

Staatstoezicht op de Mijnen

Ons kenmerk
13010015

Ik hoop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.
Hoogachtend.

T.F. Kockelkoren
Inspecteur-generaal der Mijnen



NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Staatstoezicht op de Mijnen
De heer ir. T. Kockelkoren, MBA
Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag

Brief ref.: EP201912253720

Datum: 14-12-2019

Betreft: Rapportage artikel 1.3a.7 Mijnbouwregeling

Geachte heer Kockelkoren,

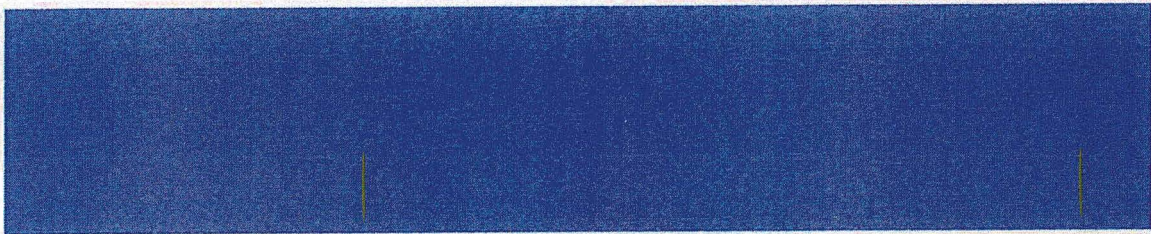
Op 3 december 2019 heeft zich een aardbeving van magnitude $M_L=1,9$ voorgedaan nabij het dorp Garrelsweer in de gemeente Loppersum. Als gevolg van deze aardbeving bereikte de maximale aardbevingsdichtheid in het Groningen veld een waarde van 0,28 bevingen/km²/jaar. Hiermee overschreed de aardbevingsdichtheid het niveau van 0,25 bevingen/km²/jaar zoals opgenomen in artikel 1.3a.6 van de Mijnbouwregeling. Voor deze situatie is in artikel 1.3a.7 Mijnbouwregeling de volgende verplichting opgenomen voor de NAM:

1. *Bij overschrijding van de parameters, bedoeld in artikel 1.3a.6, onderdelen b, c, e en f, analyseert de houder van de winningsvergunning Groningenveld de ontwikkeling van de seismiciteit en toetst hij of het veiligheidsrisico significant afwijkt van de gegevens die zijn verstrekt ter onderbouwing van de operationele strategie.*
2. *De houder van de winningsvergunning Groningenveld rapporteert binnen twee weken aan de minister en de inspecteur-generaal der mijnen over de analyse en de toets, bedoeld in het eerste lid, met daarbij mogelijke voorstellen, binnen of met een aanpassing van de vastgestelde operationele strategie, ter minimalisering van de risico's.*

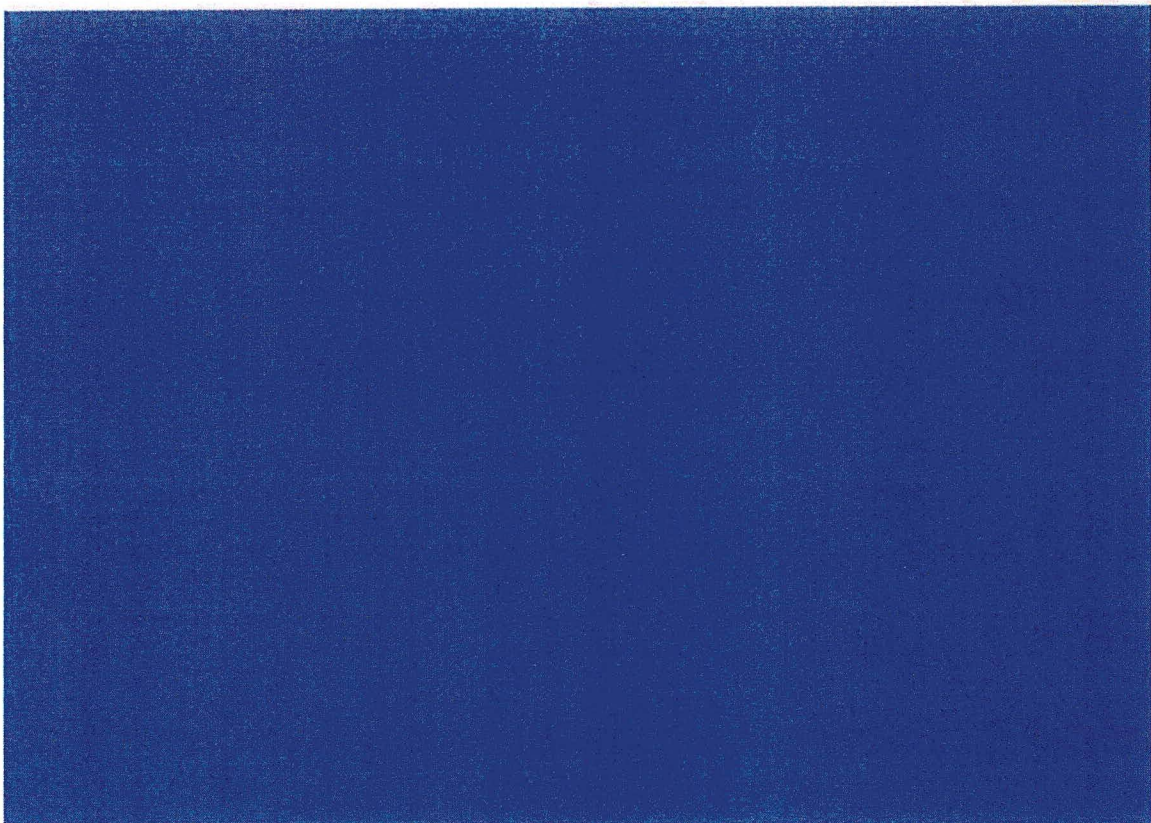
De gevraagde gegevens vindt u in bijgevoegde rapportage. Deze rapportage is tevens aan de minister van Economische Zaken en Klimaat gezonden.

Hoogachtend,

J. Atema
Directeur NAM



Analyse overschrijding
Aardbevingsdichtheid
3 december 2019



[Deze pagina is opzettelijk leeg gelaten]

Contents

1	Aanleiding	6
2	Samenvatting	6
3	Ontwikkeling Aardbevingsdichtheid	8
4	Geografische spreiding van aardbevingen.....	11
5	Gasproductie.....	12
6	12-maandsgetal	14
7	Statistische analyse	15
8	Toetsing Hazard and Risk Analysis	17
	Statistische testen.....	17
	Maximale aardbevingsdichtheid.....	17
	Likelihood Ratio Test.....	19
	Conclusie.....	20
9	Conclusie	21
10	Bibliography	22

P
P
P
P
P
P
P
P
P
P

[Deze pagina is opzettelijk leeg gelaten]

1 Aanleiding

Op 3 december 2019 heeft zich een aardbeving van magnitudo $M_L=1,9$ voorgedaan nabij het dorp Garrelsweer in de gemeente Loppersum. Als gevolg van deze aardbeving bereikte de maximale aardbevingsdichtheid in het Groningen veld een waarde van 0,28 bevingen/km²/jaar. Hiermee overschreed de aardbevingsdichtheid het niveau van 0,25 bevingen/km²/jaar waardoor NAM, als winningsvergunninghouder van het Groningenveld, verplicht is een analyse te doen omtrent de ontwikkeling van seismiciteit. Hiernaast dient NAM te beschouwen of het veiligheidsrisico significant afwijkt ten opzichte van de gegevens die zijn verstrekt ter onderbouwing van de operationele strategie. Met dit document voldoet NAM aan deze verplichting, die voortvloeit uit artikel Artikel 1.3a.7 van de Mijnbouwregeling. De melding op grond van artikel 1.3a.6, eerste lid onder e, Mijnbouwregeling is tijdig gedaan.

2 Samenvatting

De toename van de aardbevingsdichtheid tot boven 0,25 bevingen/km²/jaar past binnen en is in lijn met de uitkomsten en onzekerheidsmarges van het statistische model van het Hazard- and Risk Assessment (HRA) uit 2019 (Van Elk, et al., 2019). Volgens NAM geeft de stijging in de trendparameter geen reden tot twijfel aan de gebruikte modellen die ten grondslag liggen aan de door de minister gekozen operationele strategie. Deze conclusie is gebaseerd op:

- beschouwing van de historische locatie van bevingen
- beschouwing van het 12-maandsgetal
- statistische analyse

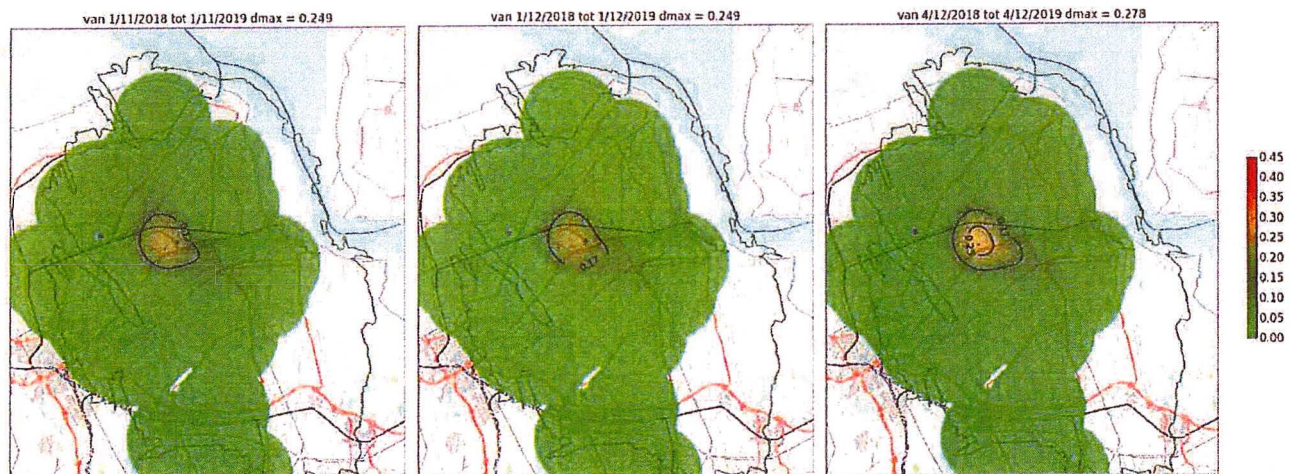
Het thans bereikte niveau van aardbevingsdichtheid is niet ongewoon in de geschiedenis van seismiciteit op het Groningenveld. Het is de verwachting (op basis van gekalibreerde modellering) dat de algehele seismiciteit met de voorziene daling van productie en de voortschrijdende drukvereffening in het reservoir verder zal afnemen. Het stochastische karakter van aardbevingen betekent dat er gedurende deze ontwikkeling nog steeds fluctuaties optreden in seismiciteit, zowel naar boven als naar beneden, die niet altijd aan een specifieke oorzaak toe te schrijven zijn. Deze conclusie is in lijn met de bevindingen in de halfjaarlijkse rapportage Rapportage Seismiciteit Groningen uit November 2019.

12
12
12
12
12
12
12
12

[Deze pagina is opzettelijk leeg gelaten]

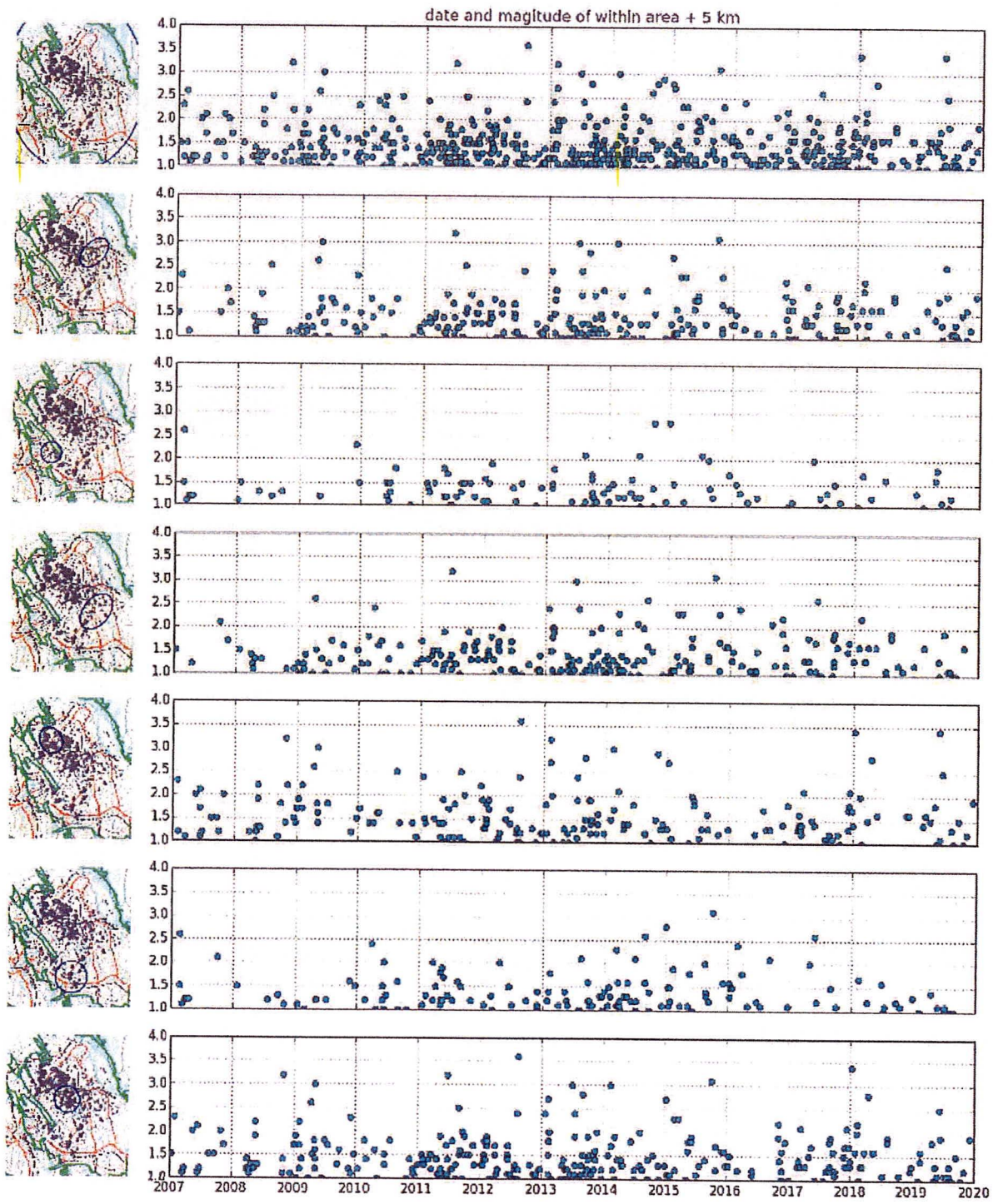
3 Ontwikkeling Aardbevingsdichtheid

De ontwikkeling van de aardbevingsdichtheid voor het gehele Groningenveld over de laatste maand is weergegeven in Figuur 1. De waargenomen bevingen en de hieruit berekende aardbevingsdichtheid over tijd voor verschillende gebieden binnen het Groningenveld zijn weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3. In deze figuren is te zien dat de aardbevingsdichtheid verhoogd is in een deel van het veld rond Loppersum. In de rest van het veld is de aardbevingsdichtheid niet verhoogd; maar bevindt deze zich onder de laagste grenswaarde als gedefinieerd in Mijnbouwregeling Artikel 1.3a.6.

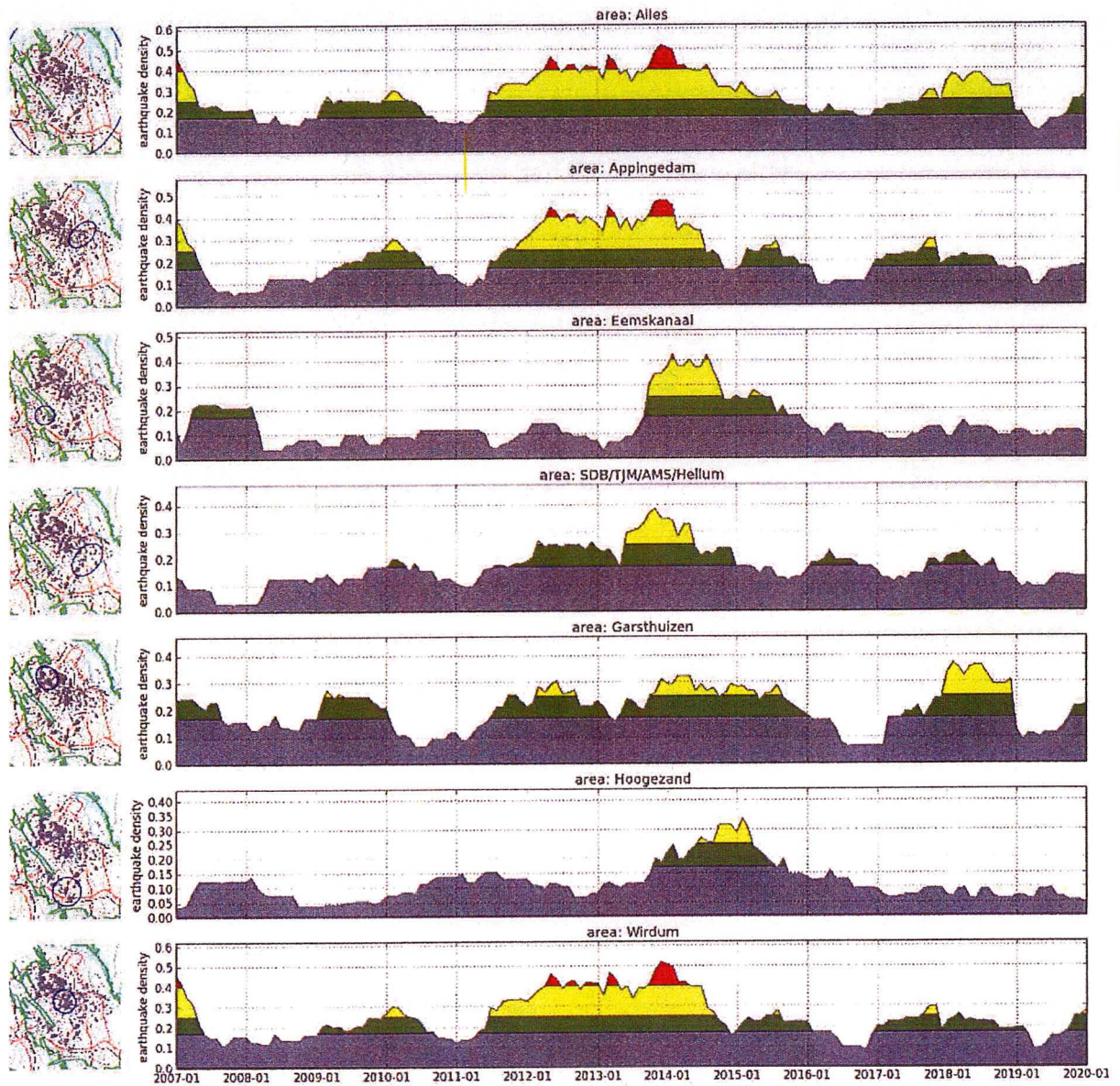


Figuur 1: Ontwikkeling aardbevingsdichtheid in Groningen. Van links naar rechts is te zien de aardbevingsdichtheid voor bevingen met een magnitude $M_L \geq 1,0$, voor het jaar voorafgaand aan 1 November 2019, 1 December 2019 en 4 December 2019. De aardbevingsdichtheid is weergegeven in bevingen/km²/jaar, contourlijnen geven de grenswaarden aan als gedefinieerd in de Mijnbouwregeling; 0.17 en 0.25 aardbevingen/km²/jaar respectievelijk.

11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



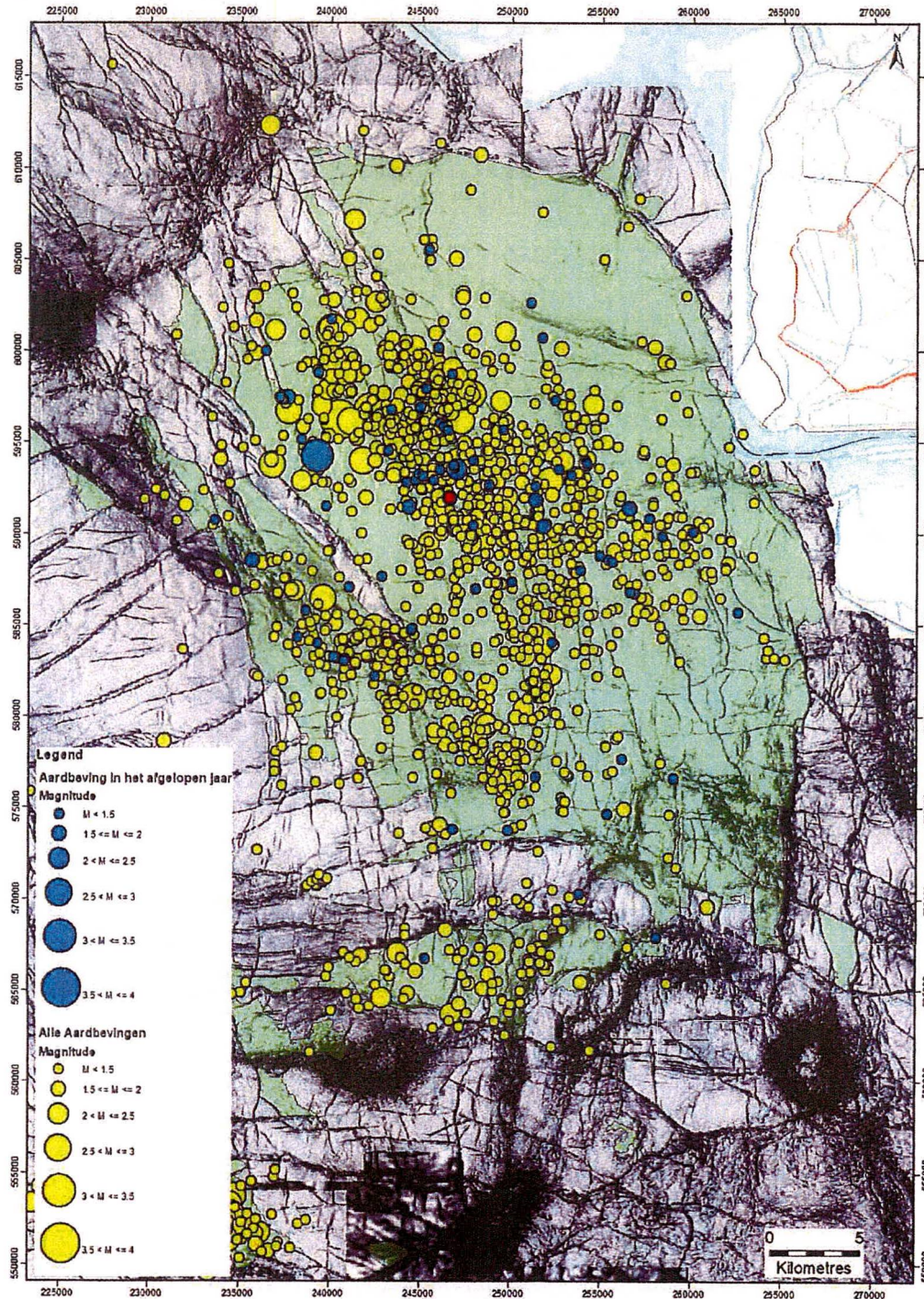
Figuur 2: Bevingen waargenomen in geselecteerde regio's weergegeven als stippen. Weergegeven zijn de bevingen van de regio als weergegeven op de kaart links van de plot, en tot 5 km daarbuiten. Op de horizontale as zijn de jaren aangegeven en op de verticale as de magnitude van de beving.



Figuur 3: Maximale aardbevingsdichtheid berekend met de Quartic Kernel Function voor bevingen met een magnitude $M_L \geq 1.0$ binnen een selectie van gebieden. Het gebied staat blauw omcirkeld in de kaart links van de plot, op de verticale as is de aardbevingsdichtheid aangegeven in bevingen/km²/jaar en op de horizontale as de tijd. De bandbreedte in aardbevingsdichtheid tussen grenswaarden uit de Mijnbouwregeling is weergegeven met de kleuren grijs, groen, geel en rood.

4 Geografische spreiding van aardbevingen

In Figuur 4 zijn alle boven en rond het Groningenveld geregistreerde aardbevingen met stippen weergegeven. Grotere stippen komen overeen met bevingen met een hogere magnitude. Bevingen weergegeven in blauw komen overeen met bevingen die plaats hebben gevonden in het jaar voorafgaand aan 3 december 2019. De beving waardoor de aardbevingsdichtheid de grenswaarde van 0,25 overschreed is weergegeven in rood. Bevingen weergegeven in geel hebben plaats gevonden voor 3 december 2018. De aardbevingsdichtheid is verhoogd in een gebied waar historisch veel bevingen plaatsgevonden hebben en waar bevingen zullen blijven plaatsvinden ook nadat de productie in dit gebied gestaakt is als gevolg van het reservoirdruk vereffende effect.



Figuur 4: Geografische spreiding van alle geregistreerde bevingen over en rond het Groningenveld.

5 Gasproductie

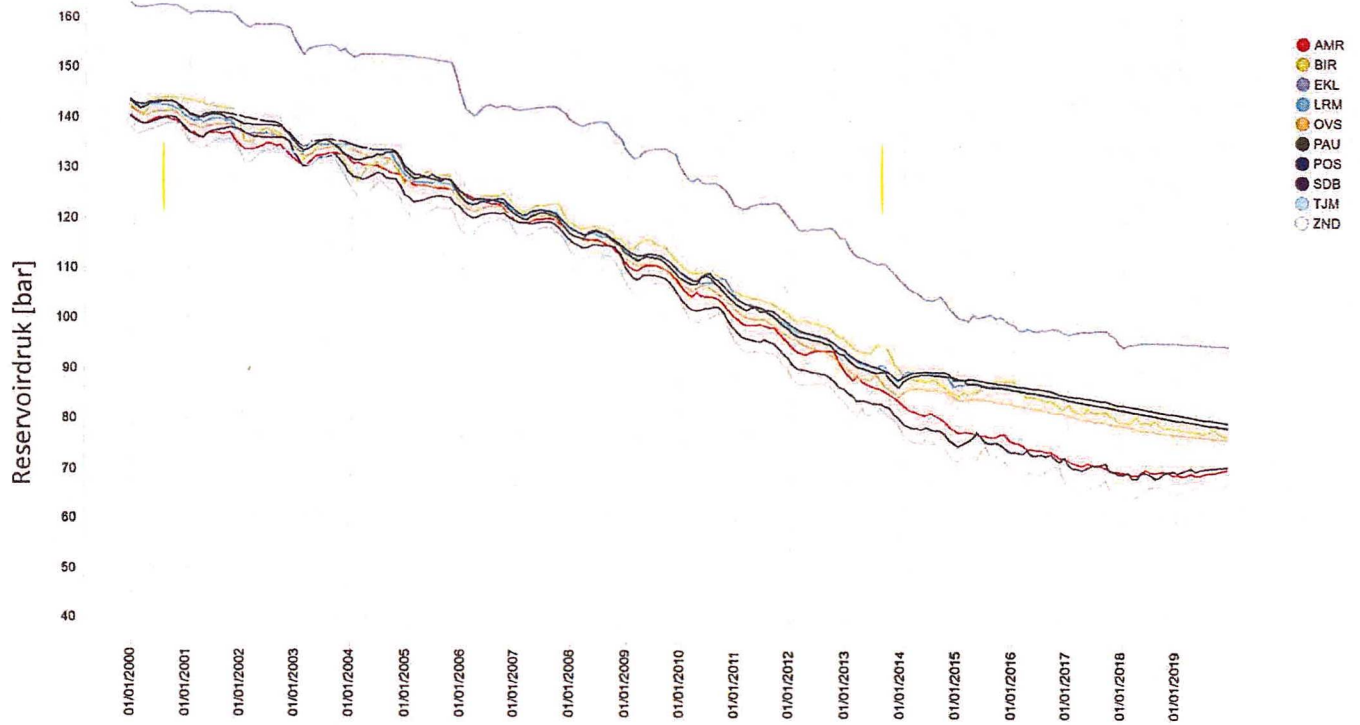
Het gebied waarin de overschrijding van de aardbevingsdichtheid is waargenomen ligt in de regio Loppersum. Dit is de regio waarbinnen de gasproductie sinds februari 2014 sterk is verminderd en sinds februari 2018 volledig is stilgelegd. De gebieden (clusters zoals gedefinieerd in de Operationele Strategie) zijn weergegeven in Figuur 5. De afstand tot productielocaties die nog in bedrijf zijn is weergegeven in Tabel 1. Hoewel de productie in deze regio (LOPPZ) gestaakt is neemt de druk in deze regio nog wel af vanwege drukverschil tussen verschillende regio's, in verband met drukvereffening over het veld. Dit is weergegeven in Figuur 6. Vanaf 2018 blijft de druk dalen bij locaties 't Zandt, Ten Post, Leermens, Bierum, Overschild en de Paauwen. Over deze periode blijft de druk gelijk of stijgt deze bij locaties Eemskanaal, Siddeburen, Amsweer en Tjuchem.

Tabel 1: Afstand dichtstbijzijnde productielocaties tot beving Zeerijp 9 september 2019. *Locatie is uit bedrijf genomen

Productielocatie	Afstand [km]
Ten Post*	1,1
De Paauwen*	3,7
Overschild*	4,1
Leermens*	6,1
Siddeburen	8
't Zandt*	8,7
Eemskanaal	8,9
Tjuchem	9,1
Amsweer	9,7
Bierum	11,2



Figuur 5: Productielocaties in het Groningenveld. De gele vierkantjes geven de in februari 2018 uit productie genomen LOPPZ productielocaties weer. De aardbeving bij Garrelsweer van 9 september 2019 is aangegeven met een rode stip.

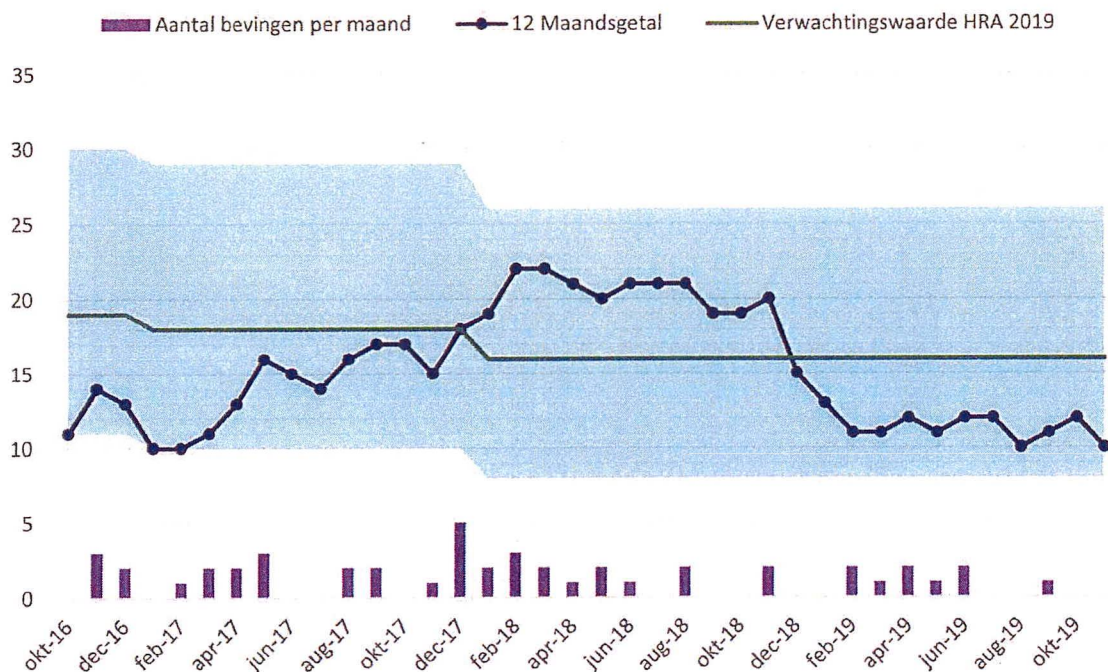


Figuur 6: Drukvaling in het reservoir weergegeven voor de dichtstbijzijnde productielocaties. Duidelijk zichtbaar is de stijgende trend van de reservoirdruk rond locaties Eemskanaal, Siddeburen, Amsweer en Tjuchem als ook de dalende trend van de reservoirdruk rond de ingesloten locaties Leermens, Overschild, de Pauwen en Ten Post en 't Zandt.

6 12-maandsgetal

Het twaalfmaandsgetal is een trendparameter en is daarom geschikt om tijdsveranderingen in seismiciteit te signaleren en te analyseren. De analyseresultaten kunnen aanleiding zijn tot het nemen van maatregelen. Hiernaast is het twaalf-maandsgetal een goede manier om de gebruikte modellen te vergelijken met de geobserveerde events. Door het aantal aardbevingen geobserveerd over twaalf maanden te vergelijken met de hoeveelheid aardbevingen die volgens de HRA per kalenderjaar op zou moeten treden kan het model getoetst worden. Wanneer verschillen optreden tussen de observaties en de modellen kan dit reden zijn tot nader onderzoek.

In Figuur 7 is het 12-maandsgetal weergegeven voor bevingen met een magnitude $M_L \geq 1,5$, in de periode voorafgaand aan december 2019. In deze figuur is met een groene lijn de verwachtingswaarde van het aantal seismische events met een magnitude $M_L \geq 1,5$, volgens het statistische model als beschreven in het HRA 2019, getoond. Het blauwe vlak rondom deze lijn is het 95% betrouwbaarheidsinterval, het gebied tussen de 2,5% en 97,5% overschrijdingswaarde. Te zien is dat het 12-maandsgetal binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval van het HRA model ligt. Getoonde data uit de HRA zijn afgeleid op basis van de door GTS geleverde dataset van februari 2019, op basis van scenario 2 en Operationele Strategie 1 (Van Elk, et al., 2019). De goede overeenkomst tussen de waargenomen seismiciteit en de gemodelleerde voorspelling van de seismiciteit wijst vooralsnog niet op een onvoorziene ontwikkeling van de seismiciteit.



Figuur 7: 12-maandsgetal voor bevingen voor bevingen met een magnitude $M_L \geq 1,5$ in het Groningenveld (met de 95% onzekerheidsbandbreedte aangegeven in een blauwe band).

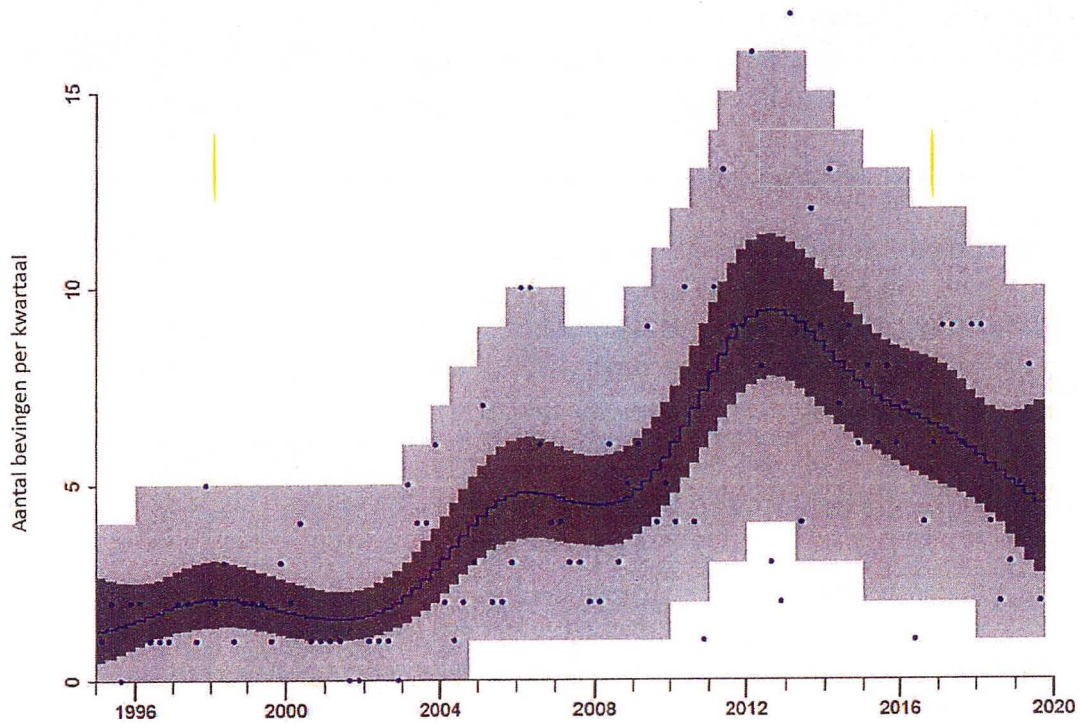
7 Statistische analyse

Uitgaande van Poisson of quasi-Poisson verdeelde events is aan te geven hoe groot het verwachte aantal bevingen is alsmede de te verwachte spreiding hieromheen. Bij Poisson verdeelde events is de onderliggende aanname dat seismische events ongecorreleerd, dus onafhankelijk van elkaar, optreden. Bij quasi-Poisson verdeelde events wordt aangenomen dat er een zekere mate van correlatie is tussen het optreden van seismische events, zoals clustering van bevingen in zowel de ruimte als de tijd (after-shocks). De trend op basis van quasi-Poisson verdeelde events geeft een wat robuuster beeld, de onzekerheidsmarges zijn groter en verandering van trend is minder duidelijk waar te nemen. De plot op basis van Poisson verdeelde events maakt het duidelijker om veranderingen in trend waar te nemen. Zoals gezegd is de aanname van Poisson verdeelde events niet geheel correct, omdat clustering van bevingen in ruimte en tijd (after-shocks) mogelijk plaats vindt. De grotere gevoeligheid voor trends ten opzichte van de quasi-Poisson verdeelde events maakt het alsnog waardevol om informatie uit te halen. De trends op basis van Poisson en quasi-Poisson verdeelde events zijn weergegeven in Figuur 8 en Figuur 9.

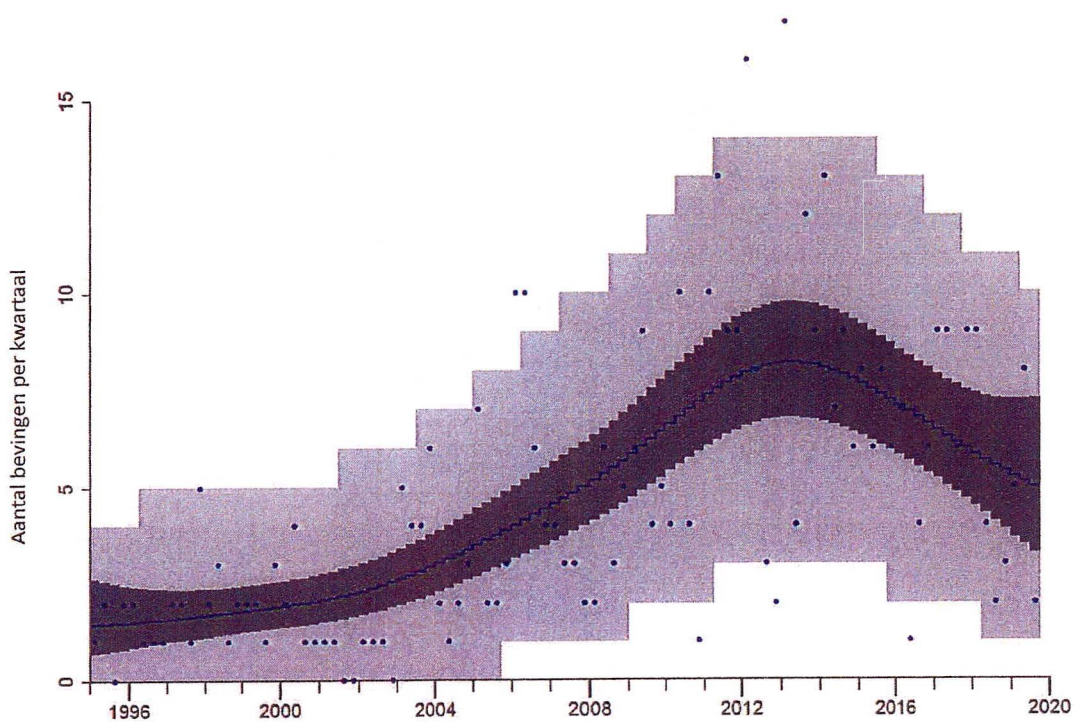
Beide figuren bevatten de volgende informatie:

- Blauwe stippen voor het aantal seismische events dat kwartaal
- Een blauwe lijn die de trendlijn van het aantal te verwachten seismische events weergeeft
- Een donkergrijze band; het 95% betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn.
- Een lichtgrijze band; het 95% voorspellingsinterval van de hoeveelheid te verwachten events in dat kwartaal

Merk op dat voor het (nog lopende) laatste kwartaal het 95% voorspellingsinterval ligt tussen 1 en 10 (Poisson) of 1 en 11 (quasi-Poisson) bevingen met een magnitude $M_L \geq 1,3$ per kwartaal. In het nog lopende kwartaal zijn drie bevingen met deze magnitude geregistreerd. Dit aantal valt ruim binnen de verwachte onzekerheidsbandbreedte en past ook binnen het beeld van de beide trendlijnen. Dit suggereert dat de geobserveerde ingezette dalende trend in het aantal bevingen in het Groningenveld niet onderbroken is. Het aantal aardbevingen is dus niet exceptioneel of buiten de verwachte bandbreedte.



Figuur 8: Geobserveerd aantal bevingen per kwartaal en trendlijn, aangenomen dat de bevingen Poisson verdeeld zijn. De Magnitude of Completeness is aangenomen als $M_L = 1,3$, dus alleen geregistreerde bevingen met magnitude $M_L \geq 1,3$ zijn gebruikt in deze analyse.



Figuur 9: Geobserveerd aantal bevingen per kwartaal en trendlijn, aangenomen dat de bevingen quasi-Poisson verdeeld zijn. De Magnitude of Completeness is aangenomen als $M_L = 1,3$, dus alleen geregistreerde bevingen met magnitude $M_L \geq 1,3$ zijn gebruikt in deze analyse.

8 Toetsing Hazard and Risk Analysis

Na de overschrijding van de trendparameter aardbevingsdichtheid is een analyse uitgevoerd waarbij de geobserveerde seismiciteit getoetst is aan wat op basis van de gebruikte modellen verwacht mag worden. Er zijn twee statistische test uitgevoerd om de HRA-uitkomsten met de geobserveerde waardes te vergelijken.

Er is een drietal verschillen die vergelijking tussen de Hazard en Risk Analysis (HRA) en de geobserveerde seismiciteit bemoeilijkt, te weten:

- De HRA beschouwt een kalenderjaar, dus 1 januari 2019 tot 1 januari 2020, terwijl de geobserveerde waarde is getoetst op het jaar voorafgaand aan de overschrijding, dus de periode 4 december 2018 tot 4 december 2019.
- De in de HRA aangenomen productievolumes waren hoger dan de daadwerkelijk geproduceerde volumes, en de gerealiseerde productieverdeling wijkt af van de aangenomen verdeling. Dit is vooral het gevolg van het verloop van de buitentemperatuur (en daarmee samenhangend de gasvraag op het Groningenveld) in het afgelopen jaar.
- De aardbevingsdichtheid wordt berekend aan de hand van aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,0$. De in de HRA gegenereerde bevingen hebben een magnitude $M_L \geq 1,5$.

Met deze drie verschillen is op de volgende manier omgegaan:

- Er wordt van uitgegaan dat de seismiciteit in het Groningenveld per maand slechts beperkt varieert. De variatie over tijd van seismiciteit is aangenomen zo laag te zijn dat een vergelijk van de gemodelleerde periode 1 januari 2019 tot 1 januari 2020 met de geobserveerde periode 4 december 2018 tot 4 december 2019 geoorloofd is.
- Er wordt van uitgegaan dat de lagere productievolumes leiden tot verminderde of ten hoogste gelijkblijvende seismiciteit. Dat houdt in dat wanneer het model conservatief is, dus de seismiciteit hoger inschat dan geobserveerd, dit niet per se aanleiding is om het model in twijfel te trekken.
- Om de geobserveerde aardbevingsdichtheid met de uit de HRA volgende aardbevingsdichtheid te kunnen vergelijken wordt de HRA getoetst aan de hand van de aardbevingsdichtheid als berekend op basis van bevingen met magnitude $M_L \geq 1,5$. De aardbevingsdichtheid berekend op basis van deze magnitude ligt lager dan de gerapporteerde aardbevingsdichtheid op basis van bevingen met magnitude $M_L \geq 1,0$.

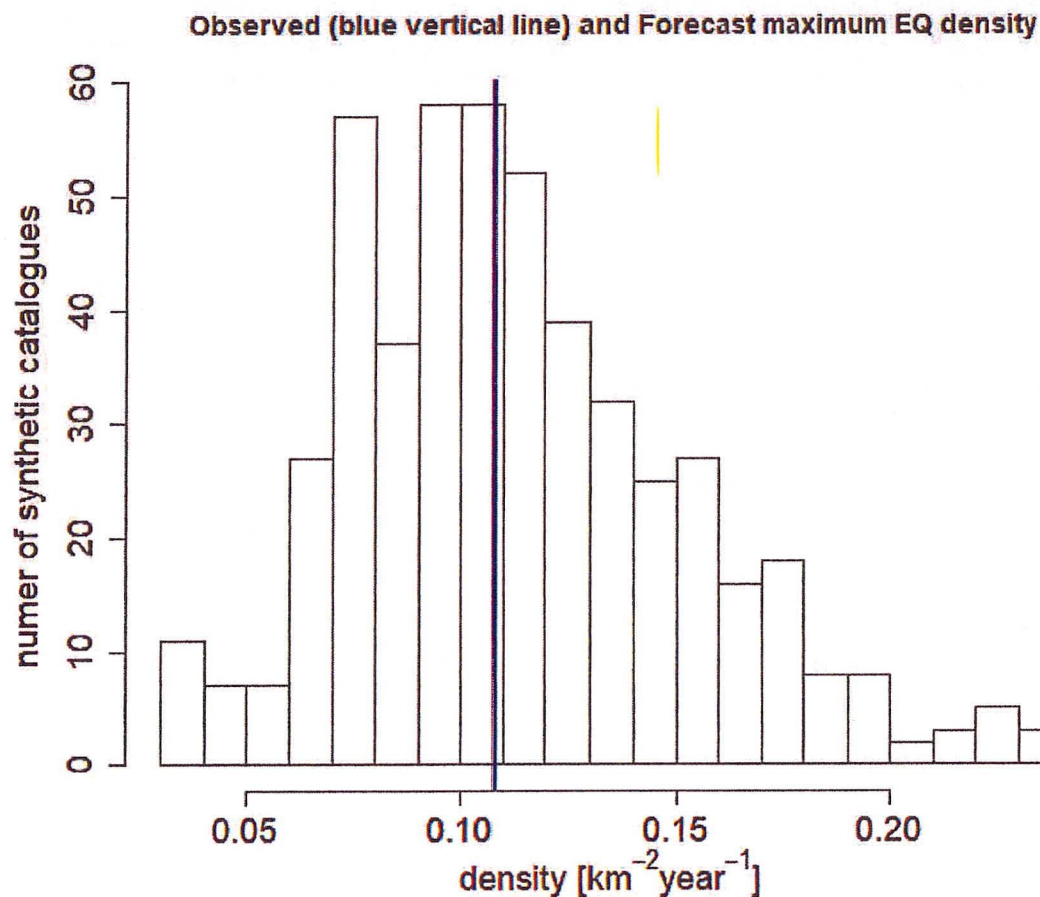
Statistische testen

Er zijn twee statistische test uitgevoerd om de HRA-uitkomsten met de geobserveerde waardes te vergelijken.

- Een test op de maximale aardbevingsdichtheid
- Een Likelihood Ratio Test

Maximale aardbevingsdichtheid

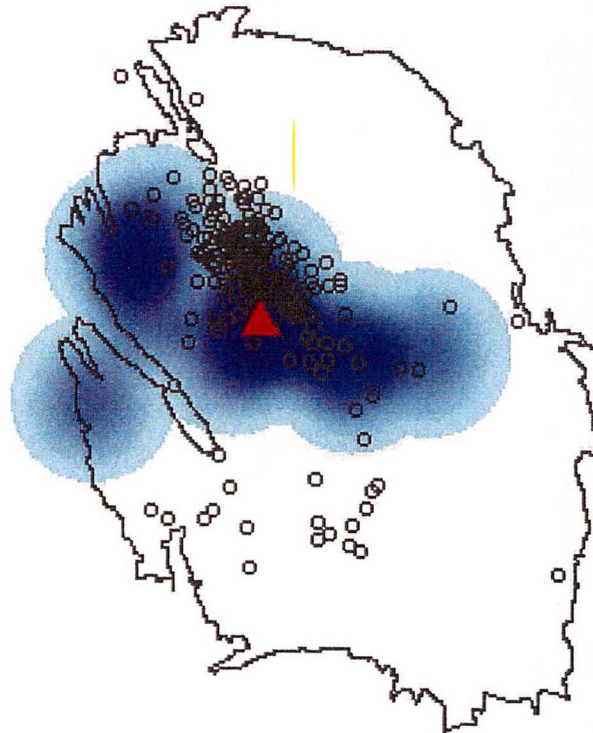
De HRA is gebaseerd op Monte Carlo analyse. Door de maximale aardbevingsdichtheid uit de verschillende gegenereerde simulaties te berekenen kan de verwachte kansverdeling voor maximale aardbevingsdichtheid berekend worden. Wanneer de geobserveerde aardbevingsdichtheid binnen de verwachte kansverdeling valt dan suggereert dit dat het HRA-model goed werkt en dat de geobserveerde waarden niet afwijken van de op basis van de HRA verwachte waarden.



Figuur 10 Verdeling van maximale aardbevingsdichtheid op basis van gegenereerde simulaties (kolommen) vergeleken met de geobserveerde maximale aardbevingsdichtheid (blauwe lijn). Beide zijn gebaseerd op aardbevingen met magnitude $M_L \geq 1,5$.

In Figuur 10 is de geobserveerde aardbevingsdichtheid (berekend op basis van aardbevingen met magnitude $M_L \geq 1,5$) met een blauwe lijn aangegeven in de kansverdeling van de op basis van de HRA verwachte maximale aardbevingsdichtheid. De geobserveerde aardbevingsdichtheid is 0,108, en valt hiermee binnen de op basis van de HRA bepaalde 2,5% en 97,5% overschrijdingskans (aardbevingsdichtheid = 0,046 en 0,201 respectievelijk).

Een tweede test op basis van de gegenereerde simulaties is het plotten van de locatie van de gesimuleerde maximale aardbevingsdichtheid en deze te vergelijken met de locatie van geobserveerde maximale aardbevingsdichtheid, wanneer deze groter is dan 0,108, zie Figuur 11. Deze test is strikt genomen geen statistische test maar een afwijking in locatie van geobserveerde en gegenereerde maximale aardbevingsdichtheid geeft wel reden tot twijfel aan het HRA model. Hoewel deze test geen hypothesetest is lijkt de locatie van geobserveerde maximale aardbevingsdichtheid overeen te komen met wat op basis van het HRA model verwacht mag worden.



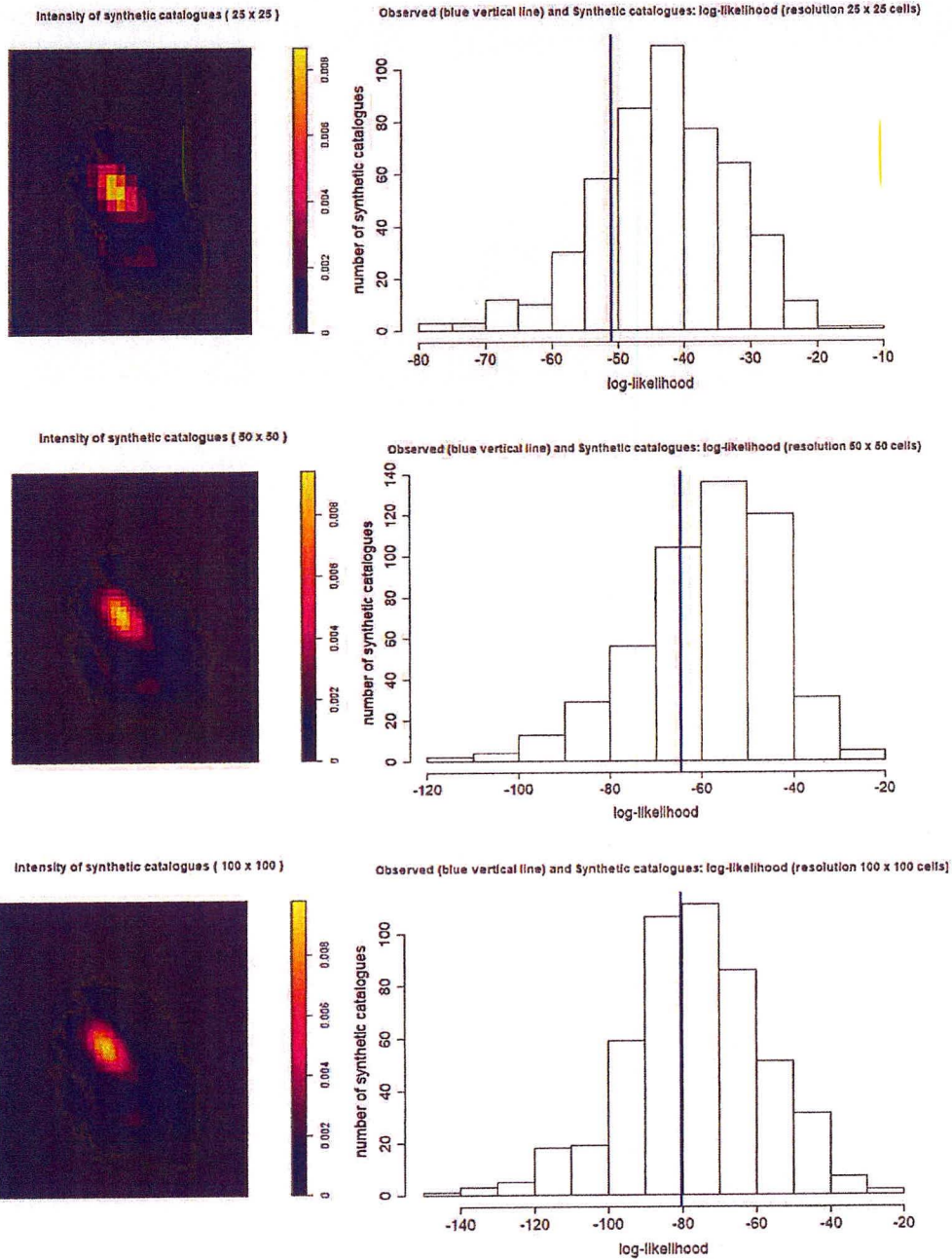
Figuur 11 Locatie van maximale aardbevingsdichtheid volgens HRA (stippen) en de geobserveerde maximale aardbevingsdichtheid (rode driehoek). Alleen maximale aardbevingsdichtheden van 0,108 en hoger zijn weergegeven in deze plot.

Likelihood Ratio Test.

In een Likelihood Ratio Test wordt voor elke gegenereerde simulatie de waarschijnlijkheid van voorkomen bepaald. Ditzelfde is gedaan voor de geobserveerde data, waarin de waarschijnlijkheid van voorkomen wordt bepaald op basis van het HRA model. De waarschijnlijkheid van voorkomen wordt bepaald door de hoeveelheid seismische events per grid cell te vergelijken met de grid cells van de overige simulaties van de HRA, waarna middels een Poisson probability mass function de waarschijnlijkheid per grid cell berekend wordt.

Wanneer de waarschijnlijkheid van voorkomen van de geobserveerde data niet afwijkt van de waarschijnlijkheid van voorkomen van een simulatie dan valt de geobserveerde data binnen de verwachtingen van het model. In Figuur 11 is de waarschijnlijkheid van voorkomen van de simulaties vergeleken met de waarschijnlijkheid van voorkomen van de geobserveerde data. Te zien is dat de kans op geobserveerde seismiciteit overeen komt met de kans op de individuele simulaties; dus de geobserveerde seismiciteit komt goed overeen met de gemodelleerde seismiciteit.

Om de impact van het aantal grid cellen te vergelijken is deze analyse uitgevoerd met verschillende grid cel aantallen. Deze verschillende analyses laten hetzelfde beeld zien. De geobserveerde waarnemingen hebben een waarschijnlijkheid van voorkomen die door 15,8%, 29,0% en 41,0% van de gegenereerde simulaties onderschreden wordt (op basis van grids van respectievelijk 25x25, 50x50 en 100x100 cellen). Daarmee wijkt de waarschijnlijkheid van de geobserveerde waarde niet af van een individuele simulatie en zijn de observaties dus in overeenstemming met het HRA model.



Figuur 12 Links aangegeven per rij het verwachte aantal events per grid cell, rechts de waarschijnlijkheid van voorkomen van verschillende gegenereerde simulaties vergeleken met de waarschijnlijkheid van voorkomen van de observatie (aangegeven met de blauwe lijn). Plots zijn gemaakt op basis van (boven naar beneden) grids van 25x25, 50x50 en 100x100 cellen.

Conclusie

Op basis van bovenstaande statistische analyses concluderen we dat de geobserveerde seismiteit niet anomaal is en geen aanleiding vormt tot het in twijfel trekken van het huidige HRA model.

9 Conclusie

Met de beving nabij Garrelsweer van 3 december met een magnitude $M_L = 1,9$ is de grenswaarde van aardbevingsdichtheid als omschreven in Mijnbouwregeling Artikel 1.3a.6^e overschreden. Dit heeft tot gevolg dat de winningsvergunninghouder Groningenveld, NAM, een verplichting heeft die voortvloeit uit Artikel 1.3a.7. Mijnbouwregeling Artikel 1.3a.7 luidt:

- 1 Bij overschrijding van de parameters, bedoeld in artikel 1.3a.6, onderdelen b, c, e en f, analyseert de houder van de winningsvergunning Groningenveld de ontwikkeling van de seismiciteit en toetst hij of het veiligheidsrisico significant afwijkt van de gegevens die zijn verstrekt ter onderbouwing van de operationele strategie.
- 2 De houder van de winningsvergunning Groningenveld rapporteert binnen twee weken aan de minister en de inspecteur-generaal der mijnen over de analyse en de toets, bedoeld in het eerste lid, met daarbij mogelijke voorstellen, binnen of met een aanpassing van de vastgestelde operationele strategie, ter minimalisering van de risico's.

De observaties zijn vergeleken met de gemodelleerde seismiciteit (HRA model). Dit is gedaan op drie manieren:

- het 12 maandsgetal is vergeleken met het gemodelleerde aantal bevingen per kalenderjaar en de onzekerheidsbandbreedte hier omheen;
- de maximale aardbevingsdichtheid op basis van gemodelleerde seismiciteit per simulatie is vergeleken met de aardbevingsdichtheid berekend op basis van metingen, waarbij ook de locatie van voorkomen is beoordeeld;
- de waarschijnlijkheid van voorkomen van de observatie is getoetst aan de waarschijnlijkheid van voorkomen van de individuele simulaties door middel van een likelihood ratio test.

Het toetsen van de Hazard and Risk Analysis tegen observaties van zowel het 12 maandsgetal als de aardbevingsdichtheid laat zien dat de observaties niet op materiele wijze verschillen van de modellering.

De beving nabij Garrelsweer van 3 december 2019, en de verhoogde aardbevingsdichtheid die dit tot gevolg had, passen binnen de resultaten van de HRA die NAM in maart 2019 heeft ingeleverd bij het ministerie van EZK ter ondersteuning van de operationele strategie.

Naar de mening van de NAM wijkt het veiligheidsrisico dan ook niet significant af van de gegevens die zijn verstrekt ter onderbouwing van de operationele strategie. De informatie op basis waarvan het veiligheidsrisico door de minister is afgewogen bij het vaststellen van de operationele strategie is derhalve niet veranderd. Buiten de reeds door de minister ingezette verlaging van de productie in Groningen met als doel om het veld zo snel als mogelijk te sluiten, ziet NAM op basis van de in dit rapport gedane analyse geen additionele mogelijkheden om de veiligheidsrisico's verder te minimaliseren.

Voor de volledigheid merkt de NAM nog op dat zij enkel voorstellen kan doen aan de minister voor het minimaliseren van de risico's buiten de vastgestelde operationele strategie, indien de minister vastomlijnde kaders geeft waarbinnen de NAM deze voorstellen zou moeten onderzoeken. Het is immers de minister die verantwoordelijk is voor de keuzes ten aanzien van de veiligheidsrisico's die voortvloeien uit de gaswinning uit het Groningenveld (art. 52g Mijnbouwwet).

10 Bibliography

Van Elk, Jan, et al. 2019. *Seismic Hazard and Risk Assessment Groningen Field update for Production Profile GTS - raming 2019.* Assen : sn, 2019.