

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56
F +31 88 866 44 75

TNO-rapport

TNO2022_R10250 | Eindrapport

Publieke Seismische Dreigings- en Risicoanalyse Groningen gasveld; Herziene operationele strategie gasjaar 2021/2022

Datum	14 februari 2022
Auteur(s)	
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	32 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectnaam	Publieke SDRA Groningen 2022
Projectnummer	060.51885

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

Samenvatting

Een Seismische Dreigings- en Risicoanalyse (SDRA) geeft een prognose van toekomstige seismische groundbewegingen en het resulterende veiligheidsrisico voor de bewoners in het Groningse aardbevingsgebied als gevolg van de gaswinning. Dit rapport beschrijft de SDRA volgens de door NAM voorgestelde herziene operationele strategie voor gasjaar 2021/2022 waarop de winning uit het Groningenveld plaats zal vinden.

Op verzoek van EZK zijn er twee varianten doorgerekend. In beide scenario's wordt rekening gehouden met het bijgestelde winningsvolume voor gasjaar 2021/2022. In variant 1 wordt daarnaast rekening gehouden met het vullen van UGS Grijpskerk aan de start van het vulseizoen 2022. In variant 2 wordt rekening gehouden met het vullen van UGS Grijpskerk aan de start van het vulseizoen 2023.

Waar de initiële gasproductie voor gasjaar 2021/2022 op 3,9 miljard Nm³ vastgesteld was, wordt het winningsvolume mogelijk bijgesteld naar 6,0 à 7,6 miljard Nm³ afhankelijk van het startjaar van het vulseizoen van UGS Grijpskerk. Deze hogere productie leidt tot een toename van het risico ten opzichte van de eerdere verwachting.

In absolute zin kan gezegd worden dat het risico voor gasjaar 2021/2022 met een winningsvolume van 7,6 miljard Nm³ zeer vergelijkbaar is met het risico voor gasjaar 2020/2021. Dit betekent dat alle gebouwen in het aardbevingsgebied voor deze scenario's met voorgeschreven modelkeuzes aan de veiligheidsnorm (verwachtingswaarde van het LPR van 10⁻⁵) voldoen. Risicoberekeningen volgens de meest recente wetenschappelijke inzichten (aanbevelingen van TNO) leiden in het algemeen tot hogere waarden van het persoonlijk risico. In lijn met de initiële SDRA 2021 rapportage leidt dit voor het gasjaar 2021/2022 tot meerdere honderden gebouwen die niet aan de veiligheidsnorm voldoen.

Het vullen van UGS Grijpskerk aan de start van het vulseizoen 2022 heeft als gevolg dat het huidige risiconiveau in stand wordt gehouden en niet verder afneemt in gasjaar 2021/2022. Wordt er pas in vulseizoen 2023 gestart met het vullen van UGS Grijpskerk dan zal dit, slechts en alleen voor gasjaar 2021/2022, leiden tot een afname van het seismisch risico. Hoewel de inzet van UGS Grijpskerk leidt tot een mogelijk eerdere sluiting van het Groningenveld, heeft dit geen significante invloed op het risico na gasjaar 2021/2022.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	4
2	Uitgangspunten modelberekeningen	5
2.1	Modelscenario's	5
2.2	Modelinstellingen publieke SDRA 2021	6
2.3	Modelinstellingen cf. wetenschappelijk validatie TNO	6
3	Analyse van de seismiciteit	8
3.1	Seismiciteit scenario UGS Grijpskerk 2022 – gemiddeld temperatuurverloop	8
3.2	Seismiciteit scenario UGS Grijpskerk 2023 – gemiddeld temperatuurverloop	9
3.3	Seismiciteit scenario UGS Grijpskerk 2022 – koud temperatuurverloop	10
3.4	Verschillen tussen uitkomsten van de scenario's	12
4	Dreigingsanalyse	14
4.1	Dreiging scenario UGS Grijpskerk 2022 – gemiddeld temperatuurverloop	14
4.2	Dreiging scenario UGS Grijpskerk 2023 – gemiddeld temperatuurverloop	15
4.3	Dreiging scenario UGS Grijpskerk 2022 – koud temperatuurverloop	16
4.4	Verschillen tussen de uitkomsten van de drie scenario's	17
5	Risicoanalyse	19
5.1	Risico scenario UGS Grijpskerk 2022 – gemiddeld temperatuurverloop	19
5.2	Risico scenario UGS Grijpskerk 2023 – gemiddeld temperatuurverloop	20
5.3	Risico scenario UGS Grijpskerk 2022 – koud temperatuurverloop	21
5.4	Verschillen tussen de uitkomsten van de drie scenario's	23
6	Schadeanalyse	24
6.1	Schadeprognose scenario UGS Grijpskerk 2022 – gemiddeld temperatuurverloop	24
6.2	Schadeprognose scenario UGS Grijpskerk 2023 – gemiddeld temperatuurverloop	25
6.3	Schadeprognose scenario UGS Grijpskerk 2022 – koud temperatuurverloop	26
7	Resultaten risicoanalyse cf. laatste wetenschappelijke inzichten van TNO ...	27
8	Conclusie	29
8.1	Verschillen vastgestelde operationele strategie gasjaar 2021/2022	29
8.2	Inzet UGS Grijpskerk	29
9	Referenties	31
10	Ondertekening	32

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de resultaten van de publieke SDRA Groningen op basis van de herziene operationele strategie voor gasjaar 2021/2022. De uitgangspunten en de gehanteerde modelversies voor de dreigings- en risicoanalyse zijn samengevat in Hoofdstuk 2. De resultaten voor de verwachte seismische activiteit, dreiging en risico op basis van de door EZK voorgeschreven modelversie staan respectievelijk in de Hoofdstukken 3, 4 en 5. Hoofdstuk 6 behandelt de jaarlijkse kans op schade als gevolg van de operationele strategie. Hoofdstuk 7 geeft de resultaten van de risicoanalyse op basis van de laatste wetenschappelijke inzichten. Hoofdstuk 8 behandelt de verschillen tussen de resultaten van de SDRA 2021 op basis van de initiële en herziene operationele strategie met ingang van gasjaar 2021/2022; aanvullend wordt de impact van het vullen van UGS Grijpskerk in 2022 dan wel 2023 beschreven.

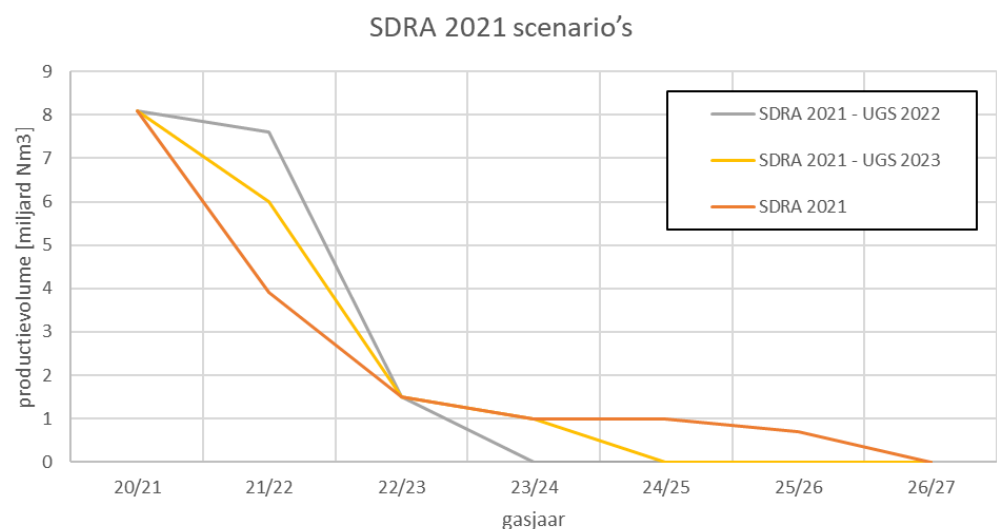
2 Uitgangspunten modelberekeningen

Deze risicoanalyse is uitgevoerd conform de uitgangspunten zoals initieel geformuleerd in de verwachtingenbrief (EZK, 2021) en gerapporteerd in de operationele strategie voor het gasjaar 2021/2022 (NAM, 2021) en de publieke SDRA Groningen 2021 (TNO, 2021). Uitzondering hierop zijn de voorgestelde ramingen voor enkel en alleen de gasproductie voor het huidige gasjaar 2021/2022. Bijgestelde verwachtingen voor de benodigde gasproductie uit het Groningenveld hebben geleid tot het opstellen van een drietal scenario's (EZK, 2022; GTS, 2022).

TNO merkt op dat de voorgestelde modelscenario's maar beperkt representatief zijn voor de huidige inzichten met betrekking tot historische en toekomstige gaswinning uit het Groningenveld.

In gasjaar 2020/2021 is er 7,8 miljard Nm³ gewonnen uit het Groningenveld. Dat is iets minder dan de toenmalige prognose van 8,1 miljard Nm³ voor gasjaar 2020/2021 (GTS, 2021).

In het GTS (2022) advies zijn ook de ramingen voor de gasjaren 2022/2023 en 2023/2024 bijgesteld. Deze bijstellingen maken geen onderdeel uit van de door EZK aangegeven modelscenario's en wordt teruggevallen op de initiële raming voor die gasjaren (zie ook Figuur 2.1).



Figuur 2.1. Productievolumes cf. de twee voorgestelde varianten met verschillend startmoment voor het vullen van UGS Grijskerk (grijze en gele lijn). Oranje lijn geeft de volumes volgens de initiële operationele strategie voor gasjaar 2021/2022 en verder.

2.1 Modelscenario's

Voor alle scenario's geldt dat voor gasjaar 2020/2021 is uitgegaan van de toenmalige prognose (GTS, 2021) van 8,1 miljard Nm³. Voor de gasjaren 2022/2023 en later zijn de scenario's ongewijzigd ten opzichte van de initiële raming tot het moment van volledige beëindiging van de productie uit het Groningenveld. Figuur 2.1 geeft de verschillende jaarlijkse productievolumes van de scenario's weer.

2.1.1 Scenario UGS Grijpskerk 2022 – gemiddeld temperatuurverloop

In dit scenario wordt rekening gehouden met het bijgestelde winningsvolume voor gasjaar 2021/2022. Daarnaast wordt rekening gehouden met het vullen van UGS Grijpskerk aan de start van het vulseizoen 2022. In dit scenario is uitgegaan van volledige beëindiging van de productie uit het Groningenveld vanaf de start van gasjaar 2023/2024. Het productievolume is in dit scenario 7,6 miljard Nm³ voor gasjaar 2021/2022.

2.1.2 Scenario UGS Grijpskerk 2023 – gemiddeld temperatuurverloop

In dit scenario wordt rekening gehouden met het bijgestelde winningsvolume voor gasjaar 2021/2022. Daarnaast wordt rekening gehouden met het vullen van UGS Grijpskerk aan de start van het vulseizoen 2023. In dit scenario is uitgegaan van volledige beëindiging van de productie uit het Groningenveld vanaf de start van gasjaar 2024/2025. Het productievolume is in dit scenario 6,0 miljard Nm³ voor gasjaar 2021/2022.

2.1.3 Scenario UGS Grijpskerk 2022 – koud temperatuurverloop

In dit scenario wordt uitgegaan van een koud temperatuurverloop voor alleen gasjaar 2021/2022. Daarnaast wordt rekening gehouden met het vullen van UGS Grijpskerk aan de start van het vulseizoen 2022. In dit scenario is uitgegaan van volledige beëindiging van de productie uit het Groningenveld vanaf de start van gasjaar 2023/2024. Het productievolume is in dit scenario 12,0 miljard Nm³ voor gasjaar 2021/2022.

2.2 Modelinstellingen publieke SDRA 2021

De modelinstellingen, zoals voorgeschreven in de verwachtingenbrief (EZK, 2022) zijn:

- Seismologisch Bronmodel versie 6 (SSM-V6).
- NAM kalibratie SSM-V6 tot 1 januari 2021.
- Grondbewegingsmodel versie 6 (GMM-V6), period-to-period correlatiemodel alleen toegepast voor referentiegrondbewegingen.
- Kwetsbaarheids- en Gevolgmodel versie 7 (FCM-V7).
- Gebouwendatabase extractie versie 7.1 (EDB-V7.1).

Voor meer informatie omtrent deze instellingen wordt verwezen naar de rapportage publieke SDRA Groningen 2021 (TNO, 2021).

2.3 Modelinstellingen cf. wetenschappelijk validatie TNO

De modelinstellingen zoals geadviseerd door TNO in het Statusrapport (TNO, 2020) reflecteren de laatste wetenschappelijke inzichten volgend uit validatie van de aanbevolen modellen voor gebruik in de publieke SDRA Groningen door TNO:

- TNO implementatie Seismologisch Bronmodel versie 6 (SSM-V6) zonder het magnitude-frequentiemodel met taper (weging 0 in beslisboom).
- TNO kalibratie van het SSM tot 1 januari 2021.
- Grondbewegingsmodel versie 6 (GMM-V6), period-to-period correlatiemodel toegepast voor zowel referentiegrondbewegingen als site response.

- Kwetsbaarheids- en Gevolgmodel versie 7 (FCM-V7) met aangepaste parameter instelling n.a.v. resultaten TNO typologie aanpak.
- Gebouwendatabase extractie versie 7.1 (EDB-V7.1).

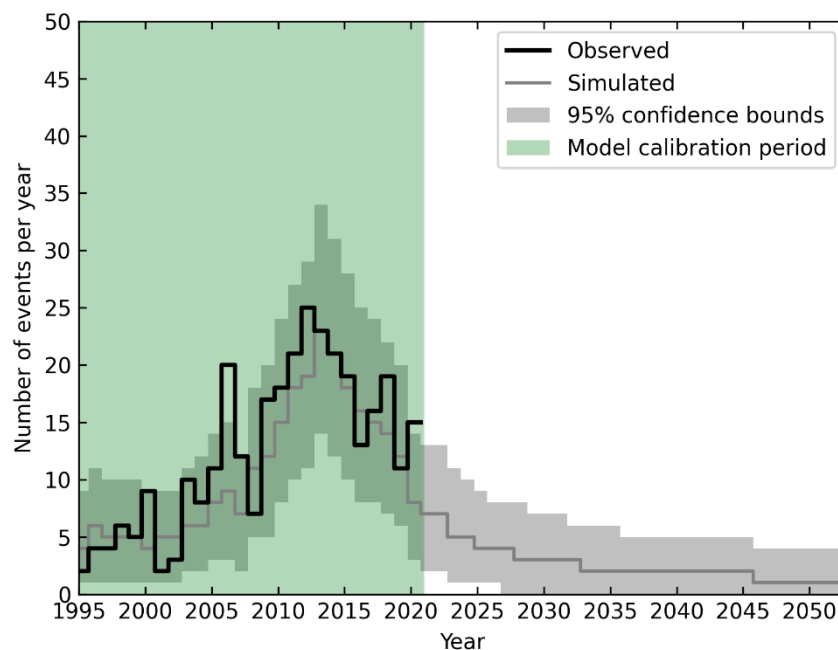
Voor meer informatie omtrent deze instellingen wordt verwezen naar de rapportage publieke SDRA Groningen 2021 (TNO, 2021).

3 Analyse van de seismiciteit

Dit hoofdstuk bevat de resultaten van de ontwikkeling van de seismische activiteit en de kans op zwaardere bevingen voor de drie door EZK aangegeven scenario's.

3.1 Seismiciteit scenario UGS Grijpskerk 2022 – gemiddeld temperatuurverloop

De historisch waargenomen en de totale verwachte jaarlijkse seismische activiteit en variabiliteit per gasjaar is weergegeven in Figuur 3.1 voor een gemiddeld temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022*. Alleen bevingen met een magnitude gelijk aan of hoger dan 1,5 zijn opgeteld per gasjaar en zijn weergegeven tot 1 oktober 2050. Het aantal bevingen laat een dalende trend zien sinds 2014. Dit is het gevolg van een afnemende gaswinning sinds 2014.



Figuur 3.1 Verwachte seismische activiteit en variatie per gasjaar voor een gemiddeld temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022*. 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.

De overschrijdingskans op zwaardere bevingen (magnitude 3,5 en hoger) voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022* is per gasjaar weergegeven in Tabel 3.1 voor een gemiddeld temperatuurverloop. De tabel geeft een overzicht van de tien komende gasjaren, beginnend met het eerstvolgende gasjaar 2021/2022.

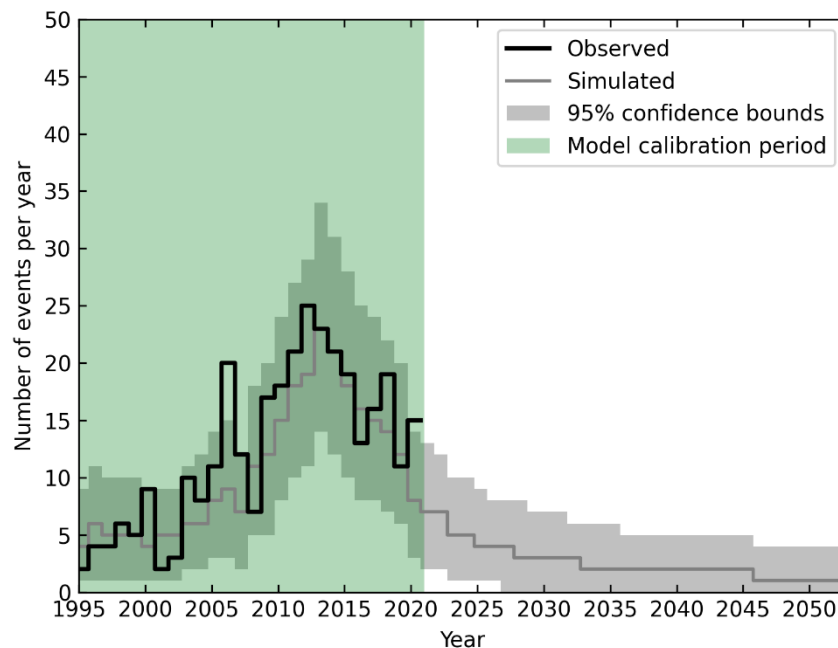
De percentages in de tabel zijn de overschrijdingskansen per gasjaar. Zo is er bijvoorbeeld een kans van 1,8% dat een beving met een magnitude van 4,0 of hoger optreedt in het gasjaar 2021/2022 in het Groningenveld.

Tabel 3.1 Jaarlijkse verwachting van het aantal bevingen met magnitude gelijk aan of hoger dan M1,5 ("Rate") en overschrijdingskansen voor een aantal geselecteerde magnitudes per gasjaar voor een gemiddeld temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022*. De eerste kolom geeft het gasjaar (*gas year – GY*) weer.

	Rate	M3.5	M3.6	M4.0	M4.5	M5.0
GY2021/2022	7.00	8.49%	6.47%	1.83%	0.25%	0.04%
GY2022/2023	5.19	6.29%	4.78%	1.36%	0.18%	0.03%
GY2023/2024	4.64	5.63%	4.28%	1.22%	0.17%	0.02%
GY2024/2025	4.18	5.06%	3.84%	1.09%	0.15%	0.02%
GY2025/2026	3.80	4.60%	3.49%	0.99%	0.13%	0.02%
GY2026/2027	3.49	4.23%	3.20%	0.90%	0.12%	0.02%
GY2027/2028	3.24	3.92%	2.96%	0.83%	0.11%	0.02%
GY2028/2029	3.01	3.63%	2.75%	0.77%	0.10%	0.02%
GY2029/2030	2.82	3.40%	2.57%	0.72%	0.10%	0.01%
GY2030/2031	2.65	3.19%	2.41%	0.67%	0.09%	0.01%

3.2 Seismiciteit scenario *UGS Grijpskerk 2023* – gemiddeld temperatuurverloop

De historisch waargenomen en de totale verwachte jaarlijkse seismische activiteit en variabiliteit per gasjaar is weergegeven in Figuur 3.2 voor een gemiddelde temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2023*. Alleen bevingen met een magnitude gelijk aan of hoger dan 1,5 zijn opgeteld per gasjaar en zijn weergegeven tot 1 oktober 2050.



Figuur 3.2 Verwachte seismische activiteit en variatie per gasjaar voor een gemiddeld temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2023*. 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.

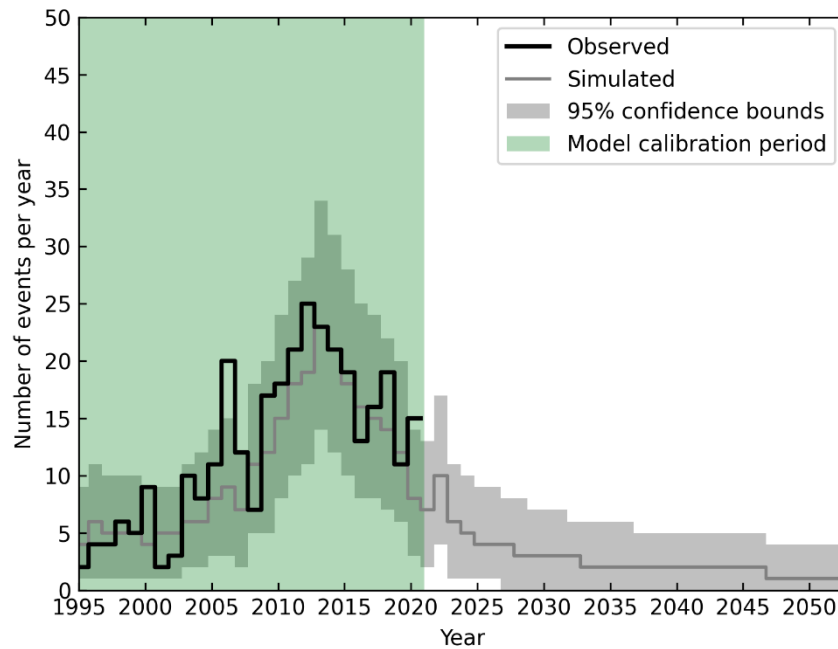
De overschrijdingskans op zwaardere bevingen voor het scenario *UGS Grijpskerk 2023* is per gasjaar weergegeven in Tabel 3.2 voor een gemiddeld temperatuurverloop. De tabel geeft een overzicht van de tien komende gasjaren, beginnend met het eerstvolgende gasjaar 2021/2022.

Tabel 3.2 Jaarlijkse verwachting van het aantal bevingen met magnitude gelijk aan of hoger dan M1,5 ("Rate") en overschrijdingskansen voor een aantal geselecteerde magnitudes per gasjaar voor een gemiddeld temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2023*. De eerste kolom geeft het gasjaar (*gas year – GY*) weer.

	Rate	M3.5	M3.6	M4.0	M4.5	M5.0
GY2021/2022	6.21	7.50%	5.70%	1.61%	0.22%	0.03%
GY2022/2023	5.10	6.16%	4.68%	1.33%	0.18%	0.03%
GY2023/2024	4.63	5.60%	4.25%	1.21%	0.16%	0.02%
GY2024/2025	4.18	5.06%	3.84%	1.09%	0.15%	0.02%
GY2025/2026	3.80	4.60%	3.49%	0.99%	0.13%	0.02%
GY2026/2027	3.49	4.22%	3.20%	0.90%	0.12%	0.02%
GY2027/2028	3.24	3.92%	2.96%	0.83%	0.11%	0.02%
GY2028/2029	3.01	3.63%	2.74%	0.77%	0.10%	0.02%
GY2029/2030	2.81	3.39%	2.56%	0.72%	0.10%	0.01%
GY2030/2031	2.65	3.19%	2.41%	0.67%	0.09%	0.01%

3.3 Seismiciteit scenario UGS Grijpskerk 2022 – koud temperatuurverloop

De historisch waargenomen en de totale verwachte jaarlijkse seismische activiteit en variabiliteit per gasjaar is weergegeven in Figuur 3.3 voor een koud temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022*. Alleen bevingen met een magnitude gelijk aan of hoger dan 1,5 zijn opgeteld per gasjaar en zijn weergegeven tot 1 oktober 2050.



Figuur 3.3 Verwachte seismische activiteit en variatie per gasjaar voor een koud temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022*. 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.

De overschrijdingskans op zwaardere bevingen voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022* is per gasjaar weergegeven in Tabel 3.3 voor een koud temperatuurverloop. De tabel geeft een overzicht van de tien komende gasjaren, beginnend met het eerstvolgende gasjaar 2021/2022.

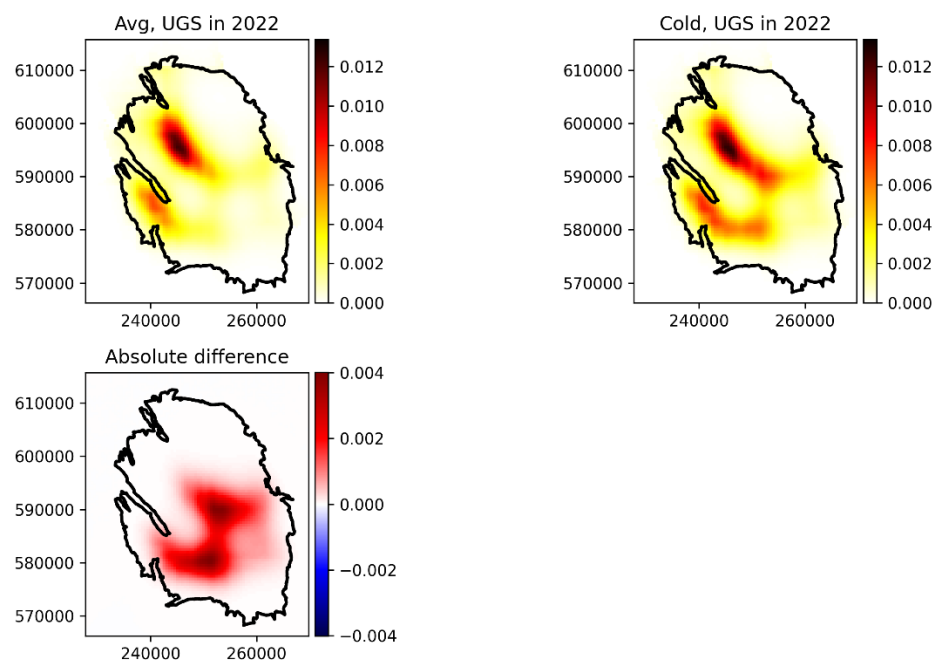
Tabel 3.3 Jaarlijkse verwachting van het aantal bevingen met magnitude gelijk aan of hoger dan M1,5 ("Rate") en overschrijdingskansen voor een aantal geselecteerde magnitudes per gasjaar voor een koud temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022*. De eerste kolom geeft het gasjaar (*gas year – GY*) weer.

	Rate	M3.5	M3.6	M4.0	M4.5	M5.0
GY2021/2022	9.36	11.44%	8.75%	2.49%	0.33%	0.05%
GY2022/2023	5.42	6.59%	5.02%	1.43%	0.19%	0.03%
GY2023/2024	4.81	5.86%	4.46%	1.27%	0.17%	0.03%
GY2024/2025	4.32	5.26%	4.00%	1.14%	0.15%	0.02%
GY2025/2026	3.93	4.78%	3.63%	1.03%	0.14%	0.02%
GY2026/2027	3.60	4.38%	3.32%	0.94%	0.13%	0.02%
GY2027/2028	3.34	4.05%	3.07%	0.87%	0.12%	0.02%
GY2028/2029	3.10	3.76%	2.84%	0.80%	0.11%	0.02%
GY2029/2030	2.90	3.51%	2.65%	0.74%	0.10%	0.02%
GY2030/2031	2.72	3.29%	2.49%	0.70%	0.09%	0.01%

3.4 Verschillen tussen uitkomsten van de scenario's

Het verschil tussen een gemiddeld en koud temperatuurverloop voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022* uit zich in het aantal verwachte aardbevingen, met name in gasjaar 2021/2022. Bij een koud temperatuurverloop worden er 9 aardbevingen gelijk aan of hoger dan M1,5 verwacht, bij een gemiddeld temperatuurverloop 7. Bij een koud temperatuurverloop is de overschrijdingskans op zwaardere bevingen ook hoger dan bij een gemiddeld temperatuurverloop.

In Figuur 3.4 is het verschil in jaarlijkse aardbevingsdichtheid tussen een koud en gemiddeld temperatuurverloop weergegeven voor gasjaar 2021/2022 voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022*.

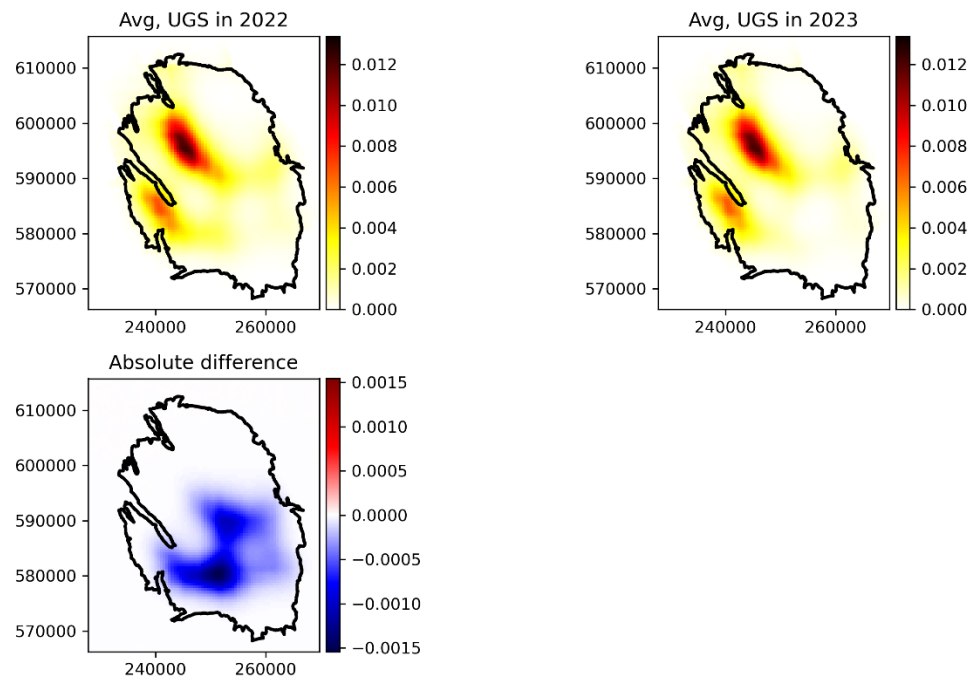


Figuur 3.4 Absolute verschil in jaarlijkse aardbevingsdichtheid (aardbeving per km²) tussen een koud en een gemiddeld temperatuurverloop voor gasjaar 2021/2022 voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022*. Op de horizontale en verticale assen zijn de coördinaten volgens het Rijksdriehoekstelsel (RD) weergegeven.

Het verschil tussen scenario *UGS Grijpskerk 2022* en *UGS Grijpskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop uit zich in het aantal verwachte aardbevingen, met name in gasjaar 2021/2022. Bij een gemiddeld temperatuurverloop worden in scenario *UGS Grijpskerk 2022* 7 aardbevingen gelijk aan of hoger dan M1,5 verwacht, bij *UGS Grijpskerk 2023* worden er 6 verwacht.

Voor een gemiddeld temperatuurverloop is de overschrijdingskans op zwaardere bevingen voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022* hoger dan het scenario *UGS Grijpskerk 2023*, met name in gasjaar 2021/2022.

In Figuur 3.5 is het verschil in jaarlijkse aardbevingsdichtheid tussen het scenario *UGS Grijpskerk 2022* en het scenario *UGS Grijpskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop weergegeven voor gasjaar 2021/2022.



Figuur 3.5 Absolute verschil in jaarlijkse aardbevingsdichtheid (aardbeving per km²) tussen het scenario *UGS Grijpskerk 2022* en het scenario *UGS Grijpskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop voor gasjaar 2021/2022. Op de horizontale en verticale assen zijn de coördinaten volgens het Rijksdriehoekstelsel (RD) weergegeven.

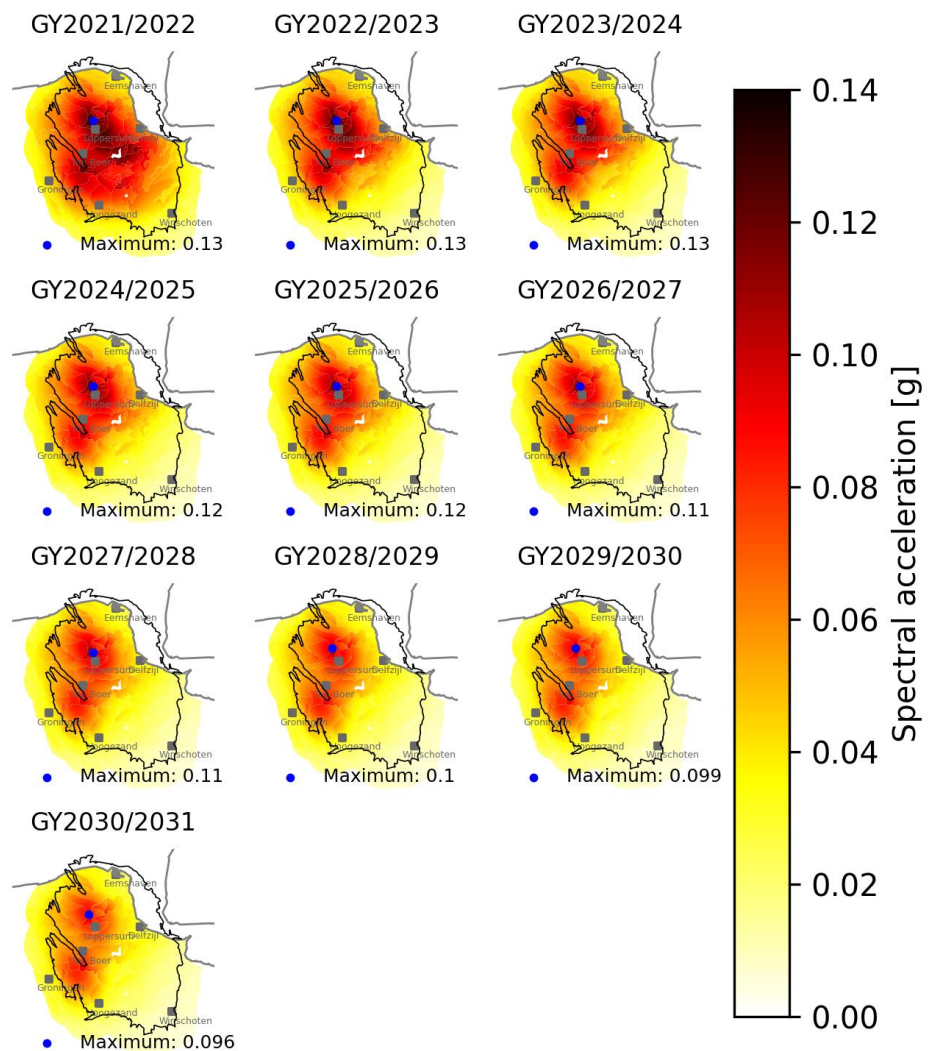
4 Dreigingsanalyse

Dit hoofdstuk bevat de resultaten van de seismische dreigingsanalyse voor de drie door EZK aangegeven scenario's.

4.1 Dreiging scenario UGS Grijskerk 2022 – gemiddeld temperatuurverloop

De verwachte seismische dreiging (spectrale versnelling bij een trillingsperiode van 0,01s) bij een herhalingstijd van 475 jaar voor gasjaar 2021/2022 tot en met gasjaar 2030/2031 is weergegeven in Figuur 4.1.

Sa[0.01] - return period 475 years

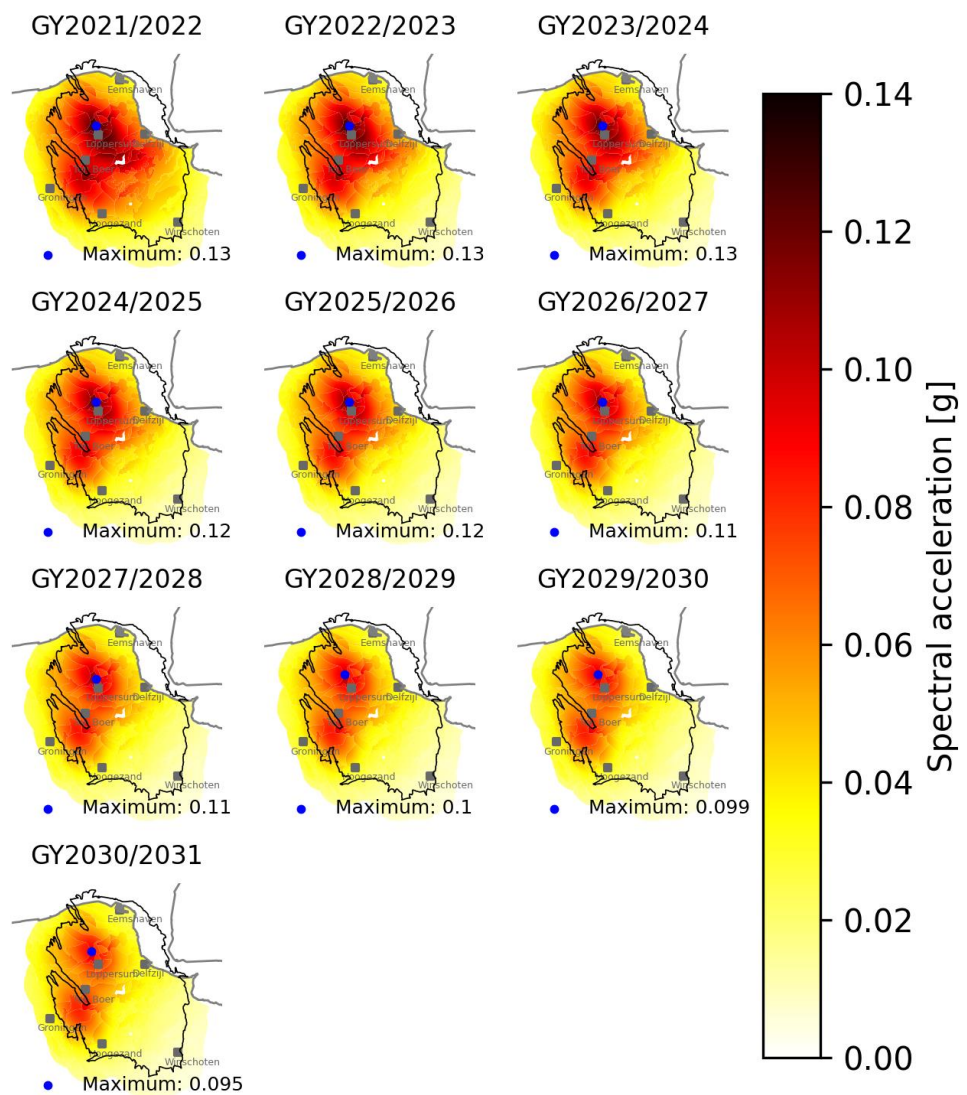


Figuur 4.1 Overzicht van de jaarlijkse seismische dreigingskaarten voor gasjaar 2021/2022 tot en met gasjaar 2030/2031 voor het scenario *UGS Grijskerk 2022* voor een gemiddeld temperatuurverloop.

4.2 Dreiging scenario UGS Grijskerk 2023 – gemiddeld temperatuurverloop

De verwachte seismische dreiging (spectrale versnelling bij een trillingsperiode van 0,01s) bij een herhalingsstijd van 475 jaar voor gasjaar 2021/2022 tot en met gasjaar 2030/2031 is weergegeven in Figuur 4.2.

Sa[0.01] - return period 475 years

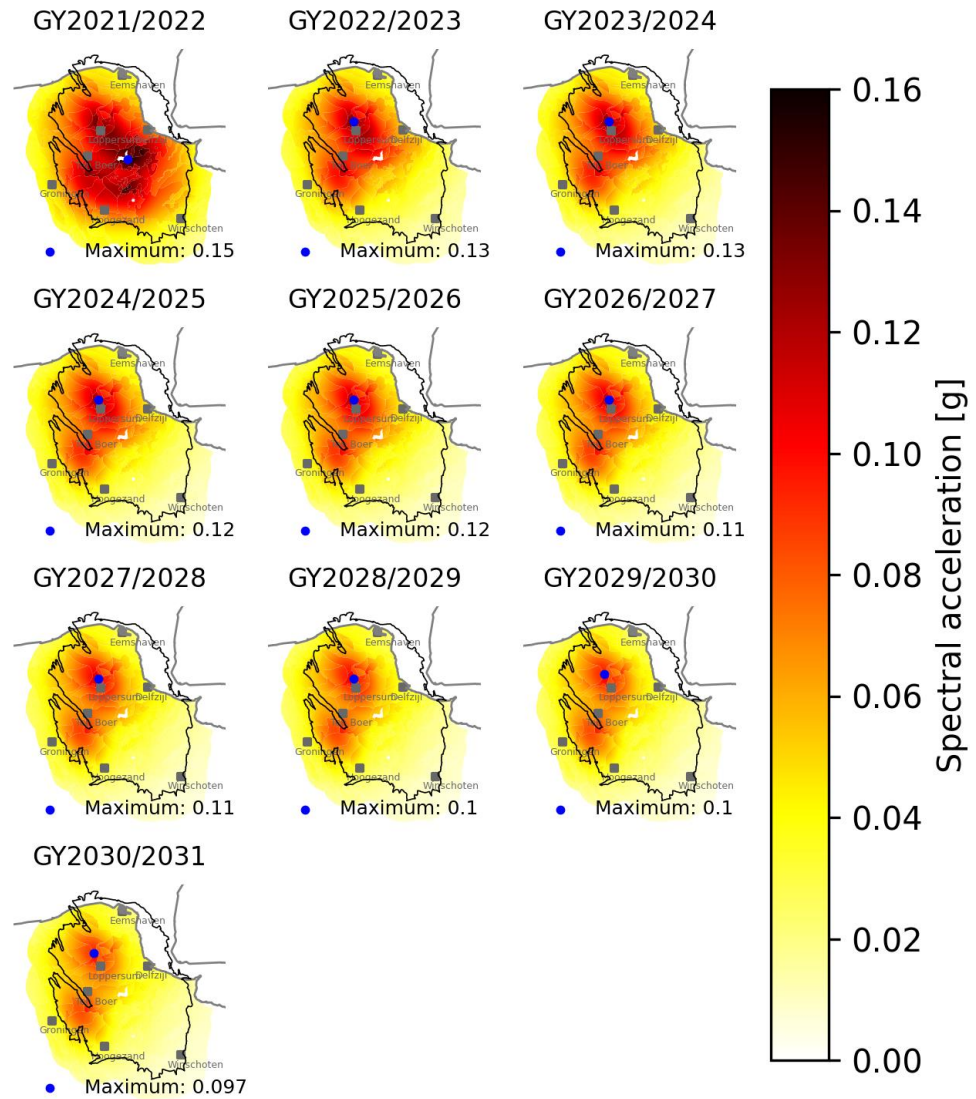


Figuur 4.2 Overzicht van de jaarlijkse seismische dreigingskaarten voor gasjaar 2021/2022 tot en met gasjaar 2030/2031 voor het scenario *UGS Grijskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop.

4.3 Dreiging scenario UGS Grijpskerk 2022 – koud temperatuurverloop

De verwachte seismische dreiging (spectrale versnelling bij een trillingsperiode van 0,01s) bij een herhalingsjijd van 475 jaar voor gasjaar 2021/2022 tot en met gasjaar 2030/2031 is weergegeven in Figuur 4.3.

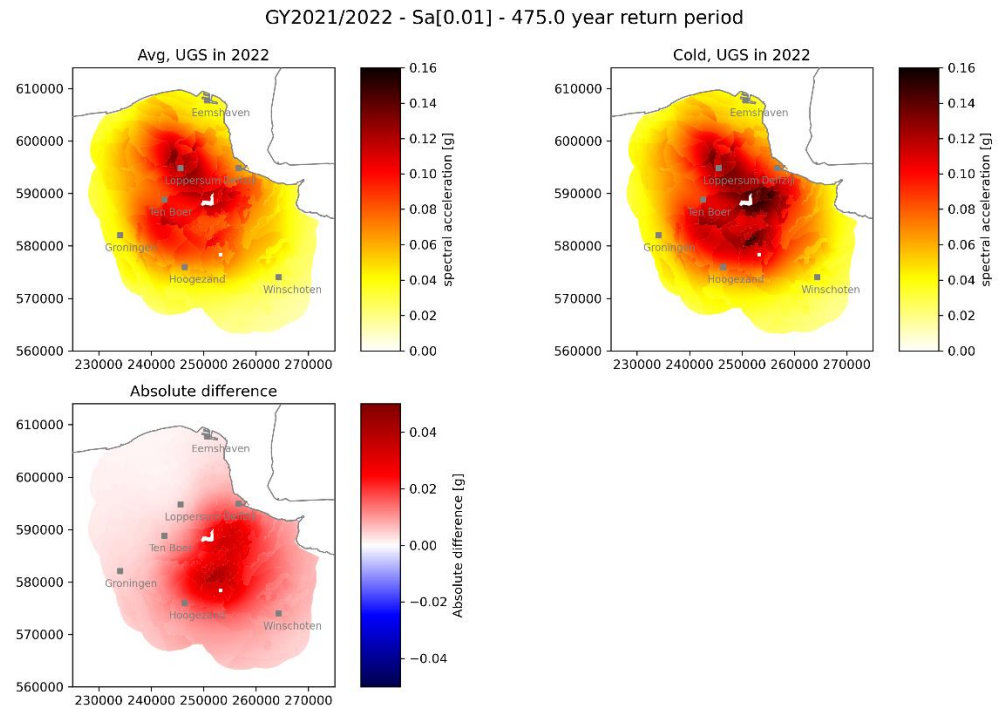
Sa[0.01] - return period 475 years



Figuur 4.3 Overzicht van de jaarlijkse seismische dreigingskaarten voor gasjaar 2021/2022 tot en met gasjaar 2030/2031 voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022* voor een koud temperatuurverloop.

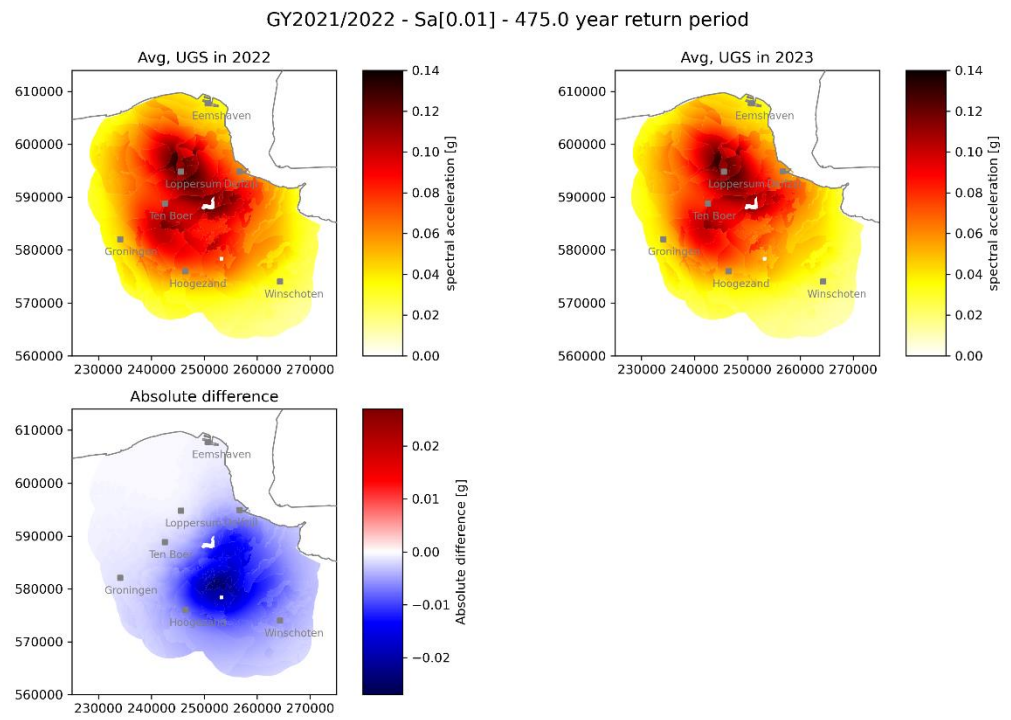
4.4 Verschillen tussen de uitkomsten van de drie scenario's

In Figuur 4.4 is het verschil in jaarlijkse seismische dreiging tussen een koud en gemiddeld temperatuurverloop weergegeven voor gasjaar 2021/2022 voor het scenario *UGS Grijpskerk 2022*. Een koud temperatuurverloop leidt voor dit scenario tot een hogere seismische dreiging vergeleken met een gemiddeld temperatuurverloop.



Figuur 4.4 Absolute verschil in jaarlijkse seismische dreiging bij een herhalingsstijd van 475 jaar tussen een koud en gemiddeld temperatuurverloop voor scenario *UGS Grijpskerk 2022* voor gasjaar 2021/2022.

In Figuur 4.5 is het verschil in jaarlijkse seismische dreiging tussen het scenario *UGS Grijpskerk 2022* en het scenario *UGS Grijpskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop weergegeven voor gasjaar 2021/2022. Scenario *UGS Grijpskerk 2022* leidt tot een hogere seismische dreiging vergeleken met *UGS Grijpskerk 2023*.



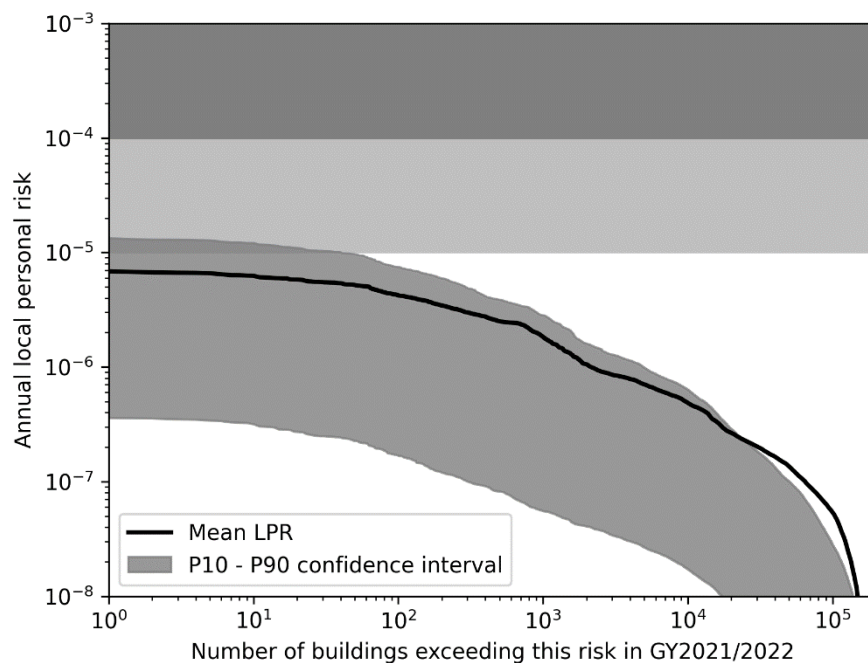
Figuur 4.5 Absolute verschil in jaarlijkse seismische dreiging bij een herhalingsjijd van 475 jaar tussen het scenario *UGS Grijpskerk 2022* en het scenario *UGS Grijpskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop voor gasjaar 2021/2022.

5 Risicoanalyse

Dit hoofdstuk bevat de resultaten van de seismische risicoanalyse voor de drie door EZK aangegeven scenario's. In de publieke SDRA Groningen wordt het Plaatsgebonden Persoonlijk Risico (*Local Personal Risk – LPR*) als risicomaat gebruikt.

5.1 Risico scenario UGS Grijpskerk 2022 – gemiddeld temperatuurverloop

Figuur 5.1 toont het aantal gebouwen dat een jaarlijkse verwachtingswaarde (mean) van de LPR overschrijdt voor het gasjaar 2021/2022 gebaseerd op scenario *UGS Grijpskerk 2022* met gemiddeld temperatuurverloop. De grijze band in de LPR-grafiek geeft een onzekerheidsbereik aan.



Figuur 5.1 LPR grafiek voor gasjaar 2021/2022 voor scenario *UGS Grijpskerk 2022* met een gemiddeld temperatuurverloop. Op de horizontale as staat het aantal als onveilig te beschouwen gebouwen; op de verticale as het LPR. De grafieken geven voor elk aantal op de horizontale as de LPR waarde die door deze groep overschreden wordt. De dikke zwarte lijn geeft de verwachtingswaarde (mean) van de 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 het tijdelijke (10^{-4}) en permanente (10^{-5}) LPR-niveau van de Meijdamnorm aan.

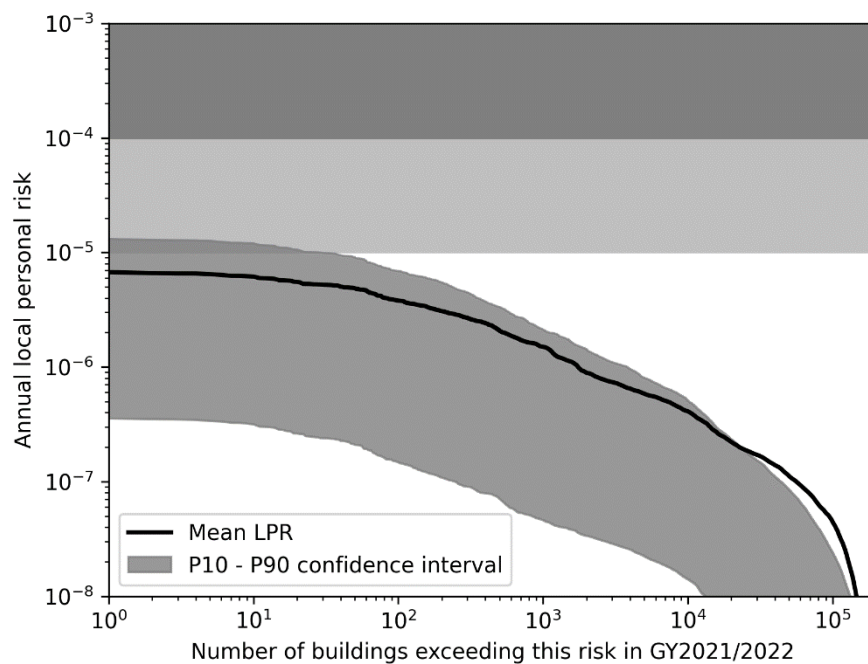
In Tabel 5.1 is - zowel voor de verwachtingswaarde als voor P90 - het aantal gebouwen weergegeven dat per gasjaar niet aan de Meijdamnorm voldoet. In scenario *UGS Grijpskerk 2022* voor een gemiddeld temperatuurverloop voldoen alle gebouwen aan de veiligheidsnorm (mean LPR 10^{-5}). Het schuurgedeelte van een boerderij (type URM1F_B) is de meest kwetsbare bouwtypologie. In gasjaar 2021/2022 vallen 40 gebouwen van deze typologie in de zogenoemde P90 groep.

Tabel 5.1 Het aantal gebouwen per gasjaar waarvoor de verwachtingswaarde (en de afwijkende risicomaat P90) van de LPR niet aan de Meijdamnorm voldoet voor scenario *UGS Grijpskerk 2022* met een gemiddeld temperatuurverloop.

	Mean LPR 1e-4	Mean LPR 1e-5	P90 LPR 1e-4	P90 LPR 1e-5
GY2021/2022	0	0	0	40
GY2022/2023	0	0	0	18
GY2023/2024	0	0	0	14
GY2024/2025	0	0	0	8
GY2025/2026	0	0	0	0
GY2026/2027	0	0	0	0
GY2027/2028	0	0	0	0
GY2028/2029	0	0	0	0
GY2029/2030	0	0	0	0
GY2030/2031	0	0	0	0

5.2 Risico scenario *UGS Grijpskerk 2023* – gemiddeld temperatuurverloop

Figuur 5.2 toont het aantal gebouwen dat een jaarlijkse verwachtingswaarde (mean) van de LPR overschrijdt voor het gasjaar 2021/2022 gebaseerd op scenario *UGS Grijpskerk 2023* met gemiddeld temperatuurverloop.



Figuur 5.2 LPR grafiek voor gasjaar 2021/2022 voor scenario *UGS Grijpskerk 2023* met een gemiddeld temperatuurverloop. Op de horizontale as staat het aantal als onveilig te beschouwen gebouwen; op de verticale as het LPR. De grafieken geven voor elk aantal op de horizontale as de LPR waarde die door deze groep overschreden wordt. De dikke zwarte lijn geeft de verwachtingswaarde (mean) van de 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 het tijdelijke (10^{-4}) en permanente (10^{-5}) LPR-niveau van de Meijdamnorm aan.

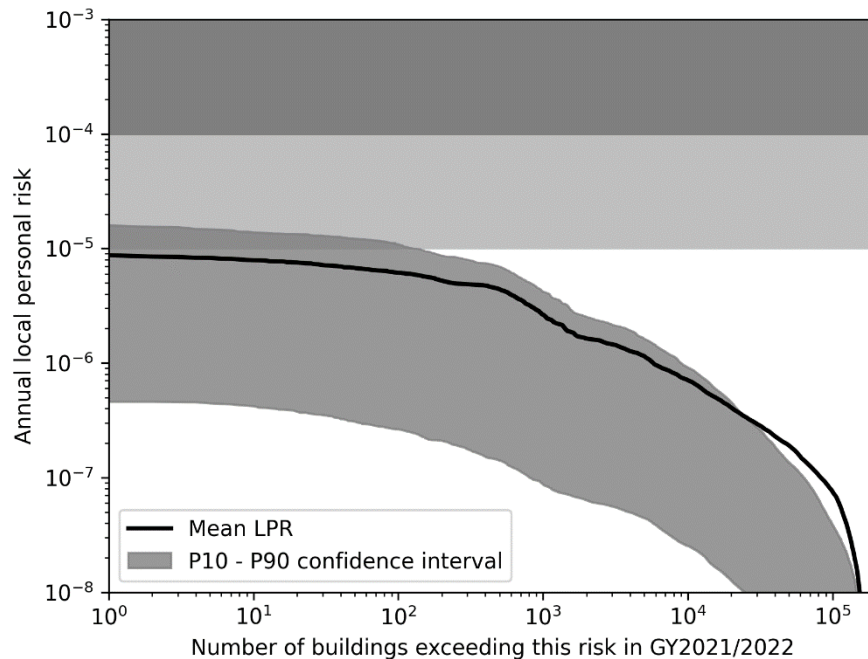
In Tabel 5.2 is - zowel voor de verwachtingswaarde als voor P90 - het aantal gebouwen weergegeven dat per gasjaar niet aan de Meijdamnorm voldoet. In scenario *UGS Grijpskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop voldoen alle gebouwen aan de veiligheidsnorm (mean LPR 10^{-5}). Het schuurgedeelte van een boerderij (type URM1F_B) is de meest kwetsbare bouwtypologie. In gasjaar 2021/2022 vallen 27 gebouwen van deze typologie in de zogenoemde. P90 groep.

Tabel 5.2 Het aantal gebouwen per gasjaar waarvoor de verwachtingswaarde (en de afwijkende risicomaat P90) van de LPR niet aan de Meijdamnorm voldoet voor scenario *UGS Grijpskerk 2023* met een gemiddeld temperatuurverloop.

	Mean LPR 1e-4	Mean LPR 1e-5	P90 LPR 1e-4	P90 LPR 1e-5
GY2021/2022	0	0	0	27
GY2022/2023	0	0	0	17
GY2023/2024	0	0	0	13
GY2024/2025	0	0	0	5
GY2025/2026	0	0	0	0
GY2026/2027	0	0	0	0
GY2027/2028	0	0	0	0
GY2028/2029	0	0	0	0
GY2029/2030	0	0	0	0
GY2030/2031	0	0	0	0

5.3 Risico scenario UGS Grijpskerk 2022 – koud temperatuurverloop

Figuur 5.3 toont het aantal gebouwen dat een jaarlijkse verwachtingswaarde (mean) van de LPR overschrijdt voor het gasjaar 2021/2022 gebaseerd op scenario *UGS Grijpskerk 2022* met een koud temperatuurverloop.



Figuur 5.3 LPR grafiek voor gasjaar 2021/2022 voor scenario *UGS Grijpskerk 2022* met een koud temperatuurverloop. Op de horizontale as staat het aantal als onveilig te beschouwen gebouwen; op de verticale as het LPR. De grafieken geven voor elk aantal op de horizontale as de LPR waarde die door deze groep overschreden wordt. De dikke zwarte lijn geeft de verwachtingswaarde (mean) van de 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 het tijdelijke (10^{-4}) en permanente (10^{-5}) LPR-niveau van de Meijdamnorm aan.

In Tabel 5.3 is - zowel voor de verwachtingswaarde als voor P90 - het aantal gebouwen weergegeven dat per gasjaar niet aan de Meijdamnorm voldoet. In scenario *UGS Grijpskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop voldoen alle gebouwen aan de veiligheidsnorm (mean LPR 10^{-5}). Het schuurgedeelte van een boerderij (type URM1F_B) is de meest kwetsbare bouwtypologie. In gasjaar 2021/2022 vallen 125 gebouwen in de zogenoemde. P90 groep. 120 hiervan behoren tot de typologie URM1F_B.

Tabel 5.3 Het aantal gebouwen per gasjaar waarvoor de verwachtingswaarde (en de afwijkende risicomaat P90) van de LPR niet aan de Meijdamnorm voldoet voor scenario *UGS Grijpskerk 2022* met een koud temperatuurverloop.

	Mean LPR 1e-4	Mean LPR 1e-5	P90 LPR 1e-4	P90 LPR 1e-5
GY2021/2022	0	0	0	125
GY2022/2023	0	0	0	30
GY2023/2024	0	0	0	16
GY2024/2025	0	0	0	10
GY2025/2026	0	0	0	3
GY2026/2027	0	0	0	0
GY2027/2028	0	0	0	0
GY2028/2029	0	0	0	0
GY2029/2030	0	0	0	0
GY2030/2031	0	0	0	0

5.4 Verschillen tussen de uitkomsten van de drie scenario's

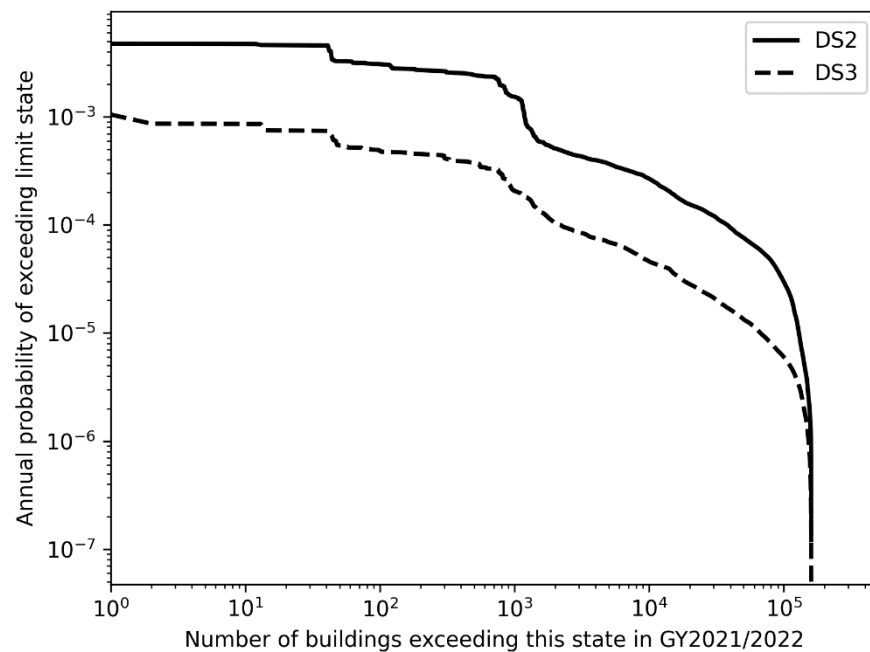
In alle scenario's voldoen alle gebouwen aan de veiligheidsnorm.

In scenario *UGS Grijpskerk 2022* vallen 40 en 125 gebouwen in de zogenoemde P90 groep voor respectievelijk een gemiddeld en koud temperatuurverloop. In scenario *UGS Grijpskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop vallen 27 gebouwen in de zogenoemde P90 groep.

6 Schadeanalyse

6.1 Schadeprognose scenario UGS Grijpskerk 2022 – gemiddeld temperatuurverloop

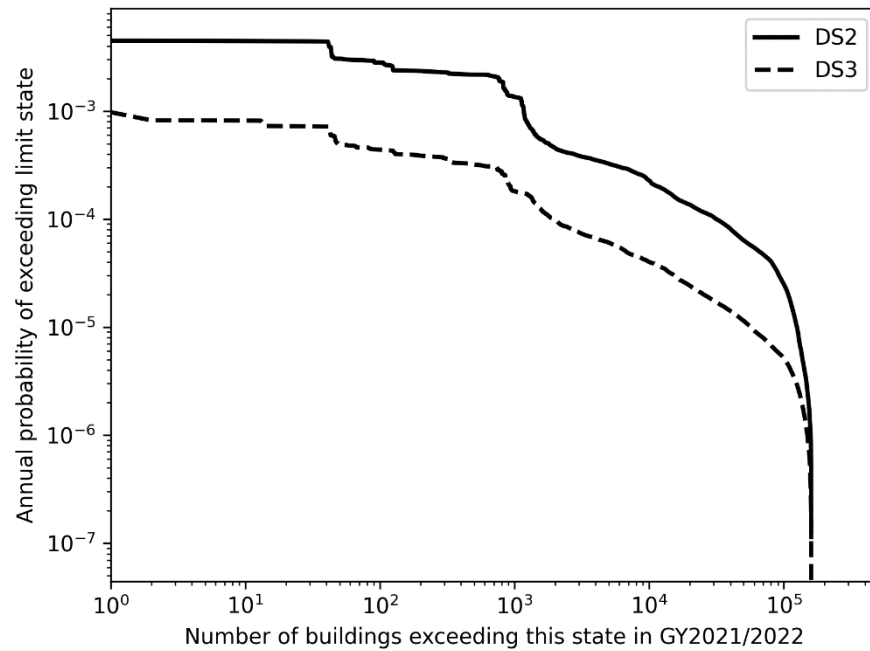
Figuur 6.1 toont de resultaten van de schadeprognose voor schadetoestanden DS2 en DS3 voor alle typologieën in de vorm van een jaarlijkse overschrijdingskans van die schadetoestand voor gasjaar 2021/2022.



Figuur 6.1 Jaarlijkse overschrijdingskans voor schadetoestand DS2 (doorgetrokken curve) en schadetoestand DS3 (onderbroken curve) voor gasjaar 2021/2022 voor alle gebouwen in scenario *UGS Grijpskerk 2022* bij een gemiddeld temperatuurverloop.

6.2 Schadeprognose scenario UGS Grijpskerk 2023 – gemiddeld temperatuurverloop

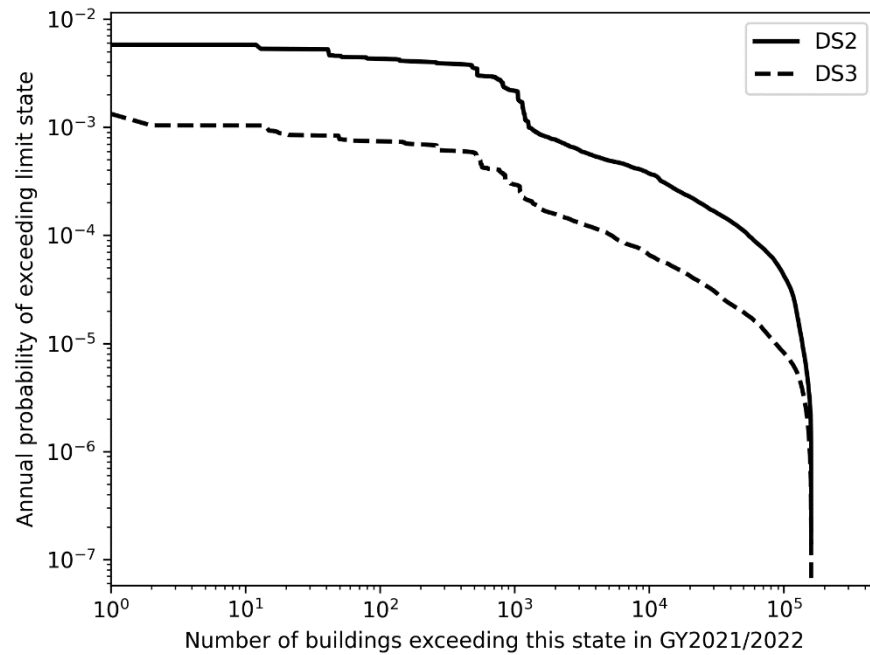
Figuur 6.2 toont de resultaten van de schadeprognose voor schadetoestanden DS2 en DS3 voor alle typologieën in de vorm van een jaarlijkse overschrijdingskans van die schadetoestand voor gasjaar 2021/2022.



Figuur 6.2 Jaarlijkse overschrijdingskans voor schadetoestand DS2 (doorgetrokken curve) en schadetoestand DS3 (onderbroken curve) voor gasjaar 2021/2022 voor alle gebouwen in scenario *UGS Grijpskerk 2023* bij een gemiddeld temperatuurverloop.

6.3 Schadeprognose scenario UGS Grijpskerk 2022 – koud temperatuurverloop

Figuur 6.3 toont de resultaten van de schadeprognose voor schadetoestanden DS2 en DS3 voor alle typologieën in de vorm van een jaarlijkse overschrijdingskans van die schadetoestand voor gasjaar 2021/2022.



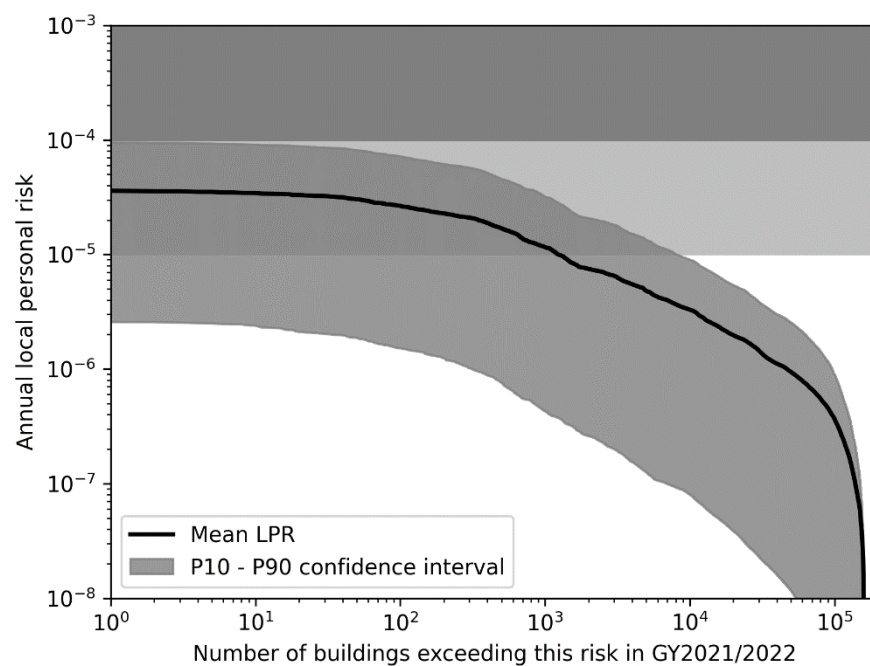
Figuur 6.3 Jaarlijkse overschrijdingskans voor schadetoestand DS2 (doorgetrokken curve) en schadetoestand DS3 (onderbroken curve) voor gasjaar 2021/2022 voor alle gebouwen in scenario *UGS Grijpskerk 2022* bij een koud temperatuurverloop.

7 Resultaten risicoanalyse cf. laatste wetenschappelijke inzichten van TNO

De resultaten van de risicoanalyse van scenario *UGS Grijskerk 2022* voor een gemiddeld temperatuurverloop, uitgevoerd met de modelinstellingen zoals geadviseerd door TNO in het Statusrapport (TNO, 2020) worden hier beschreven. Deze modelinstellingen volgen de meest recente wetenschappelijke inzichten van TNO.

In lijn met eerdere risicore resultaten op basis van deze instellingen (TNO, 2021) leidt dit tot een significant hogere risico inschatting, en daarmee een hoger aantal gebouwen die niet aan de veiligheidsnorm voldoet dan weergegeven in Hoofdstuk 5. Deze hogere risico inschatting leidt niet tot andere conclusies zoals in Hoofdstuk 8 geformuleerd.

Figuur 7.1 toont het aantal gebouwen dat een jaarlijkse verwachtingswaarde (mean) van de LPR overschrijdt voor het gasjaar 2021/2022 gebaseerd op scenario *UGS Grijskerk 2022* met een gemiddeld temperatuurverloop.



Figuur 7.1 LPR grafiek voor gasjaar 2021/2022 voor scenario *UGS Grijskerk 2022* met een gemiddeld temperatuurverloop cf. door TNO voorgestelde modelinstellingen. Op de horizontale as staat het aantal als onveilig te beschouwen gebouwen; op de verticale as het LPR. De grafieken geven voor elk aantal op de horizontale as de LPR waarde die door deze groep overschreden wordt. De dikke zwarte lijn geeft de verwachtingswaarde (mean) van de 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 het tijdelijke (10^{-4}) en permanente (10^{-5}) LPR-niveau van de Meijdamnorm aan.

In scenario *UGS Grijpskerk 2022* voor een gemiddeld temperatuurverloop voldoen 1234 gebouwen niet aan de veiligheidsnorm (mean LPR 10^{-5}). Dit zijn voor 95% aanpalende schuren als onderdeel van vrijstaande boerderijen (URM1F_B). De overige 5% bestaat uit gemetselde rijtjeshuizen met spouwmuren en betonnen vloeren met grote gevelopeningen op de begaande grond (typologie URM3M, URM3L en URM4L).

In Tabel 7.1 zijn de resultaten (gebouwen die niet aan de veiligheidsnorm voldoet) samengevat van de scenario's *UGS Grijpskerk 2022* voor een gemiddeld en koud temperatuurverloop, alsmede *UGS Grijpskerk 2023* voor een gemiddeld temperatuurverloop .

Tabel 7.1 Het aantal gebouwen per gasjaar waarvoor de verwachtingswaarde van de LPR niet aan de Meijdamnorm voldoet voor de drie scenario's conform door TNO voorgestelde modelinstellingen.

	UGS 2022 - gemiddeld	UGS 2023 - gemiddeld	UGS 2022 - koud
	Mean LPR 1e-5	Mean LPR 1e-5	Mean LPR 1e-5
GY2021/2022	1234	919	2775
GY2022/2023	701	677	795
GY2023/2024	596	585	640
GY2024/2025	509	508	533
GY2025/2026	413	409	464
GY2026/2027	274	271	330
GY2027/2028	161	160	220
GY2028/2029	66	63	91
GY2029/2030	40	40	47
GY2030/2031	24	24	28

8 Conclusie

8.1 Verschillen vastgestelde operationele strategie gasjaar 2021/2022

Waar de initiële gasproductie voor gasjaar 2021/2022 op 3,9 miljard Nm³ vastgesteld was, wordt het winningsvolume mogelijk bijgesteld naar 6,0 à 7,6 miljard Nm³ afhankelijk van het startjaar van het vulseizoen van UGS Grijpskerk. Deze hogere productie leidt tot een toename van het risico ten opzichte van de eerdere verwachting.

In algemene zin kan gezegd worden dat het aantal gebouwen in de P90 groep voor gasjaar 2021/2022 met een winningsvolume van 7,6 miljard Nm³ zeer vergelijkbaar is met het risico voor gasjaar 2020/2021 voor een gemiddeld temperatuurverloop (Tabel 8.1).

Tabel 8.1 Het aantal gebouwen per gasjaar waarvoor de verwachtingswaarde (en de afwijkende risicomaat P90) van de LPR niet aan de Meijdamnorm voldoet voor diverse scenario's met bijhorend winningsvolume.

Winningsvolume [miljard Nm ³]	Mean LPR 1e-5	P90 LPR 1e-5	Scenario	Gasjaar
8,1	0	39	SDRA2021	GY2020/2021*
7,6	0	40	SDRA2021 – UGS 2022	GY2021/2022
6,0	0	27	SDRA2021 – UGS 2023	GY2021/2022
3,9	0	22	SDRA2021	GY2021/2022

*originele prognose

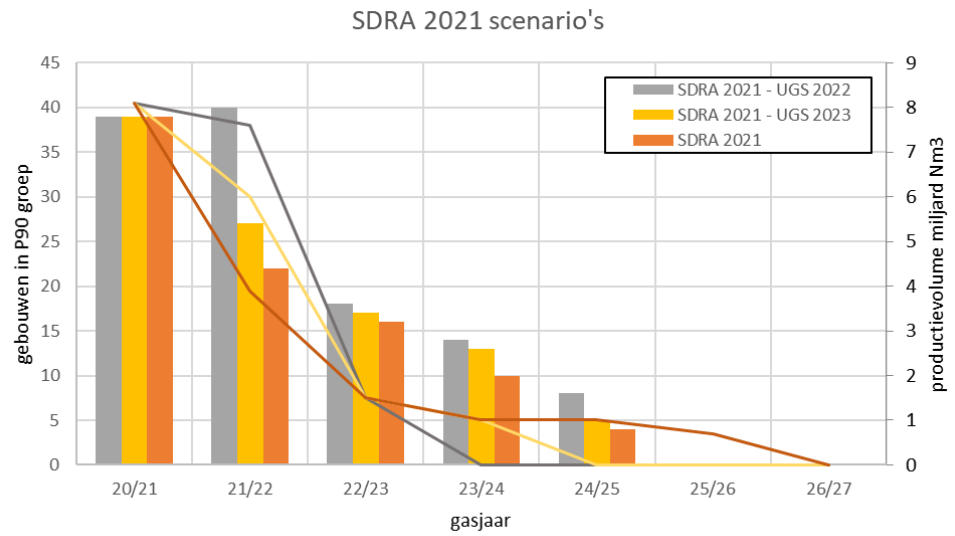
8.2 Inzet UGS Grijpskerk

Uit de in dit rapport weergegeven analyse kan worden afgeleid dat het vullen van UGS Grijpskerk aan de start van het vulseizoen 2022 als gevolg heeft dat het huidige risiconiveau in stand wordt gehouden en niet verder afneemt in gasjaar 2021/2022. Wordt er pas in vulseizoen 2023 gestart met het vullen van UGS Grijpskerk dan zal dit, slechts en alleen voor gasjaar 2021/2022, leiden tot een afname van het seismisch risico. Hoewel de inzet van UGS Grijpskerk leidt tot een mogelijk eerdere sluiting van het Groningenveld, heeft dit geen significante invloed op het risico na gasjaar 2021/2022 (Tabel 8.2). Figuur 8.1 geeft de verschillen tussen de scenario's weer.

Tabel 8.2 Het aantal gebouwen per gasjaar waarvoor de verwachtingswaarde (en de afwijkende risicomaat P90) van de LPR niet aan de Meijdamnorm voldoet voor diverse scenario's.

Gasjaar	UGS Grijpskerk 2022		UGS Grijpskerk 2023		SDRA 2021*	
	Mean LPR 1e-5	P90 LPR 1e-5	Mean LPR 1e-5	P90 LPR 1e-5	Mean LPR 1e-5	P90 LPR 1e-5
GY2021/2021	0	40	0	27	0	22
GY2022/2023	0	18	0	17	0	16
GY2023/2024	0	14	0	13	0	10
GY2024/2025	0	8	0	5	0	4

*originele prognose, zonder inzet UGS Grijpskerk



Figuur 8.1 Doorgetrokken lijnen geven de productievolumes cf. de 2 voorgestelde varianten met verschillend startmoment voor het vullen van UGS Grijpskerk (grijze en gele lijn), de oranje lijn geeft de volumes volgens de initiële operationele strategie voor gasjaar 2021/2022 en verder. Staafdiagrammen geven het aantal gebouwen dat met de productievolumes in corresponderende kleur in de P90 groep valt.

9 Referenties

EZK (2021). Verzoek tot voorstellen operationele strategie voor het gasjaar 2021-2022, Kenmerk DGKE-PDG/20330147.

EZK (2022). Verzoek tot het voorstellen van afwijkende operationele strategie voor het gasjaar 2021-2022, Kenmerk DGKE-PDG/21305644.

GTS (2021). Advies leveringszekerheid voor de benodigde Groningenvolumes en -capaciteiten voor gasjaar 2021/2022 en verder, Kenmerk L21.0042, 29 januari 2021.

GTS (2022). Rapportage over wijzigingen in vraag naar en aanbod van laagcalorisch gas in gasjaar 2021/2022, Kenmerk L 22.0001, 3 januari 2022.

NAM (2021). Operationele Strategie voor het Gasjaar 2021-2022. EP202103200676, 19 maart 2021.

TNO (2020). Status of the TNO Model Chain Groningen per October 1, 2020 and recommendations for the public Seismic Hazard and Risk Analysis 2021. TNO 2020 R11464, 9 oktober 2020.

TNO (2021). Publieke Seismische Dreigings- en Risicoanalyse Groningen gasveld 2021, TNO 2021 R10441, 24 maart 2021.

10 Ondertekening

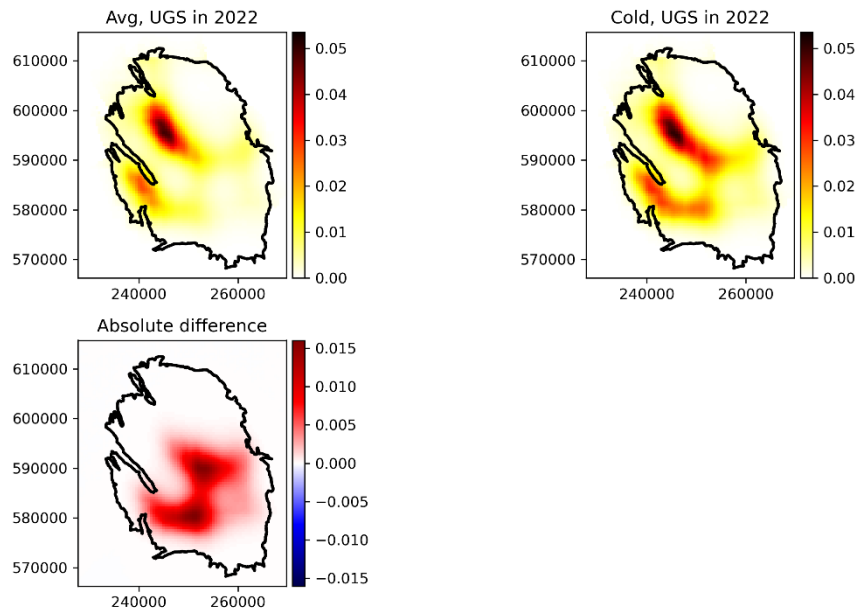
Utrecht, 14-2-2022

TNO

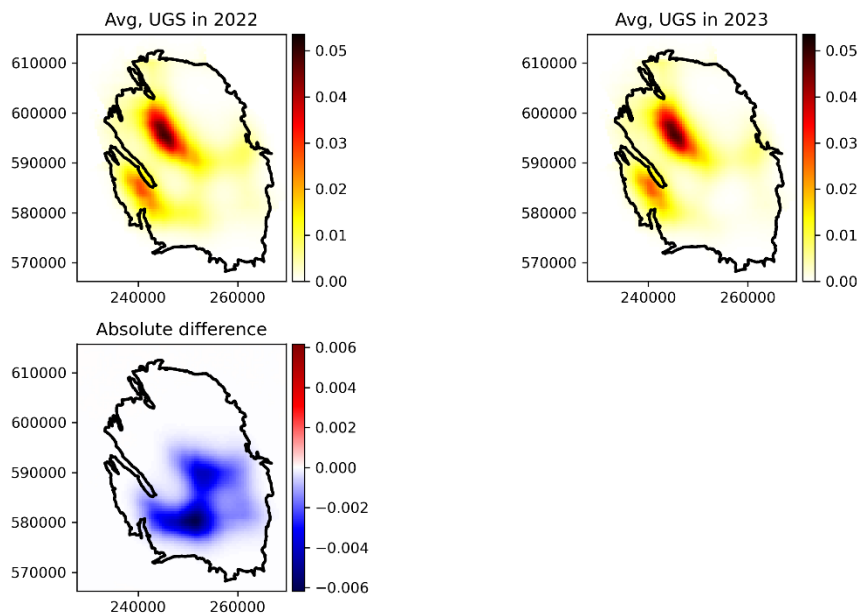
Drs. J.A.J. Zegwaard
Afdelingshoofd Advies Groep Economische Zaken

Dit erratum betreft figuren 3.4 en 3.5 op respectievelijk pagina 12 en 13. In de oorspronkelijke rapportage zijn de waarden op de legendabalk voor aardbevingsdichtheid incorrect weergegeven.

Deze aanpassing heeft geen invloed op andere delen van de rapportage.



Figuur 3.4 Absolute verschil in jaarlijkse aardbevingsdichtheid (aardbeving per km²) tussen een koud en een gemiddeld temperatuurverloop voor gasjaar 2021/2022 voor het scenario UGS Grijpskerk 2022. Op de horizontale en verticale assen zijn de coördinaten volgens het Rijksdriehoekstelsel (RD) weergegeven.



Figuur 3.5 Absolute verschil in jaarlijkse aardbevingsdichtheid (aardbeving per km²) tussen het scenario UGS Grijpskerk 2022 en het scenario UGS Grijpskerk 2023 voor een gemiddeld temperatuurverloop voor gasjaar 2021/2022. Op de horizontale en verticale assen zijn de coördinaten volgens het Rijksdriehoekstelsel (RD) weergegeven.