

Aanvraag Instemming Opslagplan

Opslagplan UGS Grijpskerk 2021

27 september 2021

Inleiding

In het Vaststellingsbesluit Groningen voor het gasjaar 2020–2021 heeft de Minister van Economische Zaken en Klimaat aangegeven dat de inzet van het kabinet blijft om het Groningen gasveld na 2022 helemaal niet meer nodig te hebben, ook niet als reservemiddel. Het kabinet blijft dan ook zoeken naar alternatieven voor de Groningencapaciteit. Een mogelijk alternatief is de inzet van gasopslag Grijpskerk voor levering aan de laagcalorische gasmarkt. De Minister heeft aan Gasunie Transport Services gevraagd om te onderzoeken of dit technisch mogelijk is en welke bijdrage Grijpskerk kan leveren aan een versnelde sluiting van het Groningenveld. De meest recente analyses van GTS laten zien dat met de inzet van Grijpskerk voor levering aan de laagcalorische gasmarkt, het Groningenveld mogelijk 2 tot 5 jaar eerder definitief gesloten kan worden. Daarnaast laten technische studies zien dat het met beperkte technische aanpassingen mogelijk is om de gasopslag Grijpskerk hiervoor in te zetten. Wel dient het opslagplan hierop aangepast te worden. Het voorliggende opslagplan Grijpskerk bevat de aanpassingen die nodig zijn om de opslag van laagcalorisch gas mogelijk te maken.

Het vigerend opslagplan beschrijft de opslag van *hoogcalorisch* gas. Met het voorliggende opslagplan wordt ook de opslag van aardgas met andere verbrandingswaarde mogelijk, bijvoorbeeld *laagcalorisch* (Groningen) gas. Het gebruik van Grijpskerk als opslag voor een andere gasmarkt geeft geen verandering aan de risico's voor gasopslag in Grijpskerk. De wijzigingen in dit opslagplan zijn daarom beperkt ten opzichte van het vigerend opslagplan.

Achtergrond gasopslagen

De ondergrondse gasopslagen in Nederland spelen een essentiële rol in de energievoorziening op het moment dat het dagelijks geproduceerde en geïmporteerde gas niet aan de vraag kan voldoen. Om in deze behoefte te kunnen voorzien wordt de gasopslag in de zomer gevuld met gas, ook wel injecteren genoemd en gedurende de winter, als de vraag hoog is, wordt het opgeslagen gas weer geproduceerd. Dit vindt plaats op "afroep" van GasTerra. Met de ondergrondse gasopslagen in Norg en Grijpskerk draagt de NAM bij in deze energievoorziening.

De mijnbouwwet schrijft voor dat de opslag van koolwaterstoffen dient te gebeuren overeenkomstig een opslagplan. Kort gezegd beschrijft het opslagplan de technische aspecten van de opslag. Hierbij ligt de nadruk op de ondergrond, zoals de geologie, de mogelijke risico's en effecten met betrekking tot bodemdaling en –trilling. Naast dit opslagplan en de instemmingsprocedure, zullen er publieke bijeenkomsten gehouden worden en vereenvoudigde documentatie beschikbaar komen. Deze documentatie maakt geen deel uit van de instemmingsprocedure.

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Opslagvergunning ME/EP/UM/3005738 d.d. 31 maart 2003. Conform artikel 34 van de Mijnbouwwet (Mw) dient de opslag van koolwaterstoffen te gebeuren in overeenstemming met een opslagplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 26 aangegeven welke informatie het opslagplan moet bevatten.

Dit opslagplan omvat het gasvoorkomen Grijpskerk ("voorkomen" is de officiële term voor een gasveld). De ondergrondse gasopslag Grijpskerk is in 1997 in gebruik genomen en wordt beschreven in het opslagplan Grijpskerk (2004). In 2013 is dit plan gewijzigd met instemming op 31 januari 2014 (kenmerk: DGETM-EM/13185251). Op basis van voorschrift art. 8 van het instemmingsbesluit 2014, is een actualisatie ingediend op 30 januari 2019.

Het doel van dit opslagplan is de aanpassing van de opslag voor alleen hoogcalorisch gas naar een opslag die gebruikt kan worden voor gas met andere verbrandingswaarde, zoals *laagcalorisch* (Groningen) gas. Vergeleken met het vigerende opslagplan is de aanpassing van het gastype dat wordt opgeslagen en enige aanpassing. Overige bepalingen, zoals bijvoorbeeld de druk in het reservoir en het hieraan gekoppelde seismische risicoprofiel, blijven hierbij onveranderd maar zijn in dit plan wel beschreven.

In lijn met de richtlijnen van het mijnbouw besluit omvat dit opslagplan de volgende onderdelen:

- Algemene gegevens
- De bedrijfs- en opslaggegevens. Dit onderdeel beschrijft de injectie- en productiestrategie, de ondergrondse geologie van de laag waarin het gas opgeslagen wordt, de aanwezige infrastructuur en de stoffen die worden geïnjecteerd en geproduceerd.
- Informatie over bodemdaling ten gevolge van de winning
- Informatie over bodemtrilling ten gevolge van winning inclusief mogelijke maatregelen

De NAM heeft het opslagplan zo bedoeld dat zij binnen de grenzen van het plan opereert als:

- a. de gemeten bodemdaling/stijging door productie en injectie niet groter is dan voorspeld in hoofdstuk 6 van het opslagplan. (inclusief de aangehouden onzekerheidsmarges). Indien de bodemdaling/stijging door gasopslag groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal de NAM het opslagplan dienen aan te passen;
- b. Grijpskerk in de seismische risicocategorie II blijft ingedeeld zoals in hoofdstuk 7 berekend. De NAM dient het opslagplan aan te passen als op basis van nieuwe gegevens of inzichten het seismisch risico van Grijpskerk groter blijkt te zijn.

Benodigde bovengrondse aanpassingen

Gasopslag vindt plaats met behulp van de “Underground Gas Storage” ofwel UGS-installatie op Grijpskerk. Om de ondergrondse gasopslag in Grijpskerk in te kunnen zetten voor de opslag van gas met andere verbrandingswaarde moeten beperkte technische aanpassingen aan de UGS Grijpskerkinstallatie worden gedaan. De aanpassing aan de UGS-installatie betreft het plaatsen van detectoren om de verbrandingswaarde van het geproduceerde gas te meten. Hiermee wordt bepaald of het gas geschikt is voor gebruik in het laagcalorische gasnetwerk of dat het gas via alternatieve routes moet worden afgevoerd. Voor de plaatsing van deze detectoren dient een milieuneutrale wijziging in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) te worden ingediend.

Inhoud

Inhoud	4
Formulier aanvraag instemming opslagplan	6
1 Bedrijfs- en productiegegevens.....	8
1.1 Beknopte beschrijving van het opslagplan.....	8
2 Plaats van opslag	9
2.1 Productie/Injectielocatie, put(ten) en voorkomen(s).....	9
2.2 Wijze van terugwinning en opslag (procesbeschrijving)	10
3 Boringen	12
3.1 Inleiding: algemene beschrijving van een put	12
3.2 Overzicht boring(en) in voorkomen(s).....	13
3.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en)	13
4 Ondergrond	14
4.1 Inleiding: hoe worden de eigenschappen van de ondergrond vastgesteld.....	14
4.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	14
4.3 Korte beschrijving van de bovenliggende lagen	18
4.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	18
5 Productie- en injectieproces.....	20
5.1 Inleiding	20
5.2 Onzekerheden.....	21
5.3 Omvang van de opslag	21
5.4 Duur van de opslag	21
5.5 Jaarlijks eigengebruik bij opslag	22
5.6 Stoffen die jaarlijks worden geïnjecteerd en (mee) geproduceerd	22
5.7 Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	22
6 Bodemdaling	23
6.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	23
6.2 Meten en berekenen van bodembeweging door de opslag van gas	25
6.3 Bodemdalingsvooruitzichten	29
6.4 Onzekerheid in verwachte bodemdaling.....	30
6.5 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	30
6.6 Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	31
7 Bodemtrilling.....	32
7.1 Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand.....	32
7.2 Historische bevingen boven het Grijpskerk veld	32
7.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse.....	33
7.4 Mogelijke bevingen door injectie van gas.	34
7.5 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van de gasopslag uit het Grijpskerk veld	35

7.6	Monitoring van bodemtrillingen	35
7.7	Onveranderd seismisch risico ten opzichte van vigerende opslagplan	37
7.8	Afhandeling van schade.....	38
8	Overige omgevingsaspecten.....	39
8.1	Algemeen	39
8.2	Effecten op natuur en milieu	40
9	Verklarende woordenlijst.....	46
10	Bijlage A: Beschrijving compactie model en onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose.....	47
11	Bijlage B: Seismische Risico Analyse: Details en Achtergronden	48
11.1	Seismische Risico Analyse voor het Grijpskerk voorkomen.....	50
12	Bijlage C: Geologische kaarten voor het Grijpskerk veld.....	58

Formulier aanvraag instemming opslagplan

ex artikel 39 lid 1, onderdeel b Mijnbouwwet (Mw) juncto artikel 26 Mijnbouwbesluit (Mb)

Elektronisch in te dienen bij:

Ministerie van Economische Zaken

Directie Energie & Omgeving

mijnbouwaanvragen@minez.nl

<u>Artikel</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming van het opslagplan Grijpskerk	<input type="checkbox"/> een opslagplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 12 zeemijlszone <input checked="" type="checkbox"/> een opslagplan voor voorkomens in Nederlands territorium tot 12 zeemijl uit de kust
	Algemene gegevens	
	<i>Naam indiener</i>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<i>Adres</i>	Postbus 28000 9400 HH Assen
	<i>Contactpersoon</i>	Martijn Haarsma
	<i>E-mail</i>	Martijn.Haarsma@shell.com
Mw 22 Mw 34 lid 2	Indiener	<input checked="" type="checkbox"/> is houder van de vergunning <input type="checkbox"/> is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunninggebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	<input checked="" type="checkbox"/> Groningen (97%) en Tietjerksteradeel (3%). Provincie Groningen – Gemeente Westerkwartier Provincie Fryslân - Gemeente Noardeast Fryslân
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	Grijpskerk
Mb 26 lid 1a	Soort koolwaterstof die wordt opgeslagen	<input type="checkbox"/> olie <input checked="" type="checkbox"/> hoogcalorisch gas <input checked="" type="checkbox"/> laagcalorisch gas <input type="checkbox"/> zwavelhoudend gas <input type="checkbox"/> aardgascondensaat
Mr 1.2.1 lid 3	Bestaande of nieuwe winning	<input checked="" type="checkbox"/> opslagplan voor reeds bestaande opslag <input type="checkbox"/> opslagplan voor nieuwe opslag
Mw 34 lid 7	Coördinatie vergunningen	<input type="checkbox"/> ja: te weten met: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Omgevingsvergunning <input type="checkbox"/> Watervergunning <input type="checkbox"/> Mijnbouwmilieuvergunning <input type="checkbox"/> Anders, namelijk: <input checked="" type="checkbox"/> nee

	Bedrijfs- en productiegegevens	Sectie
Mw 35 lid 1	Beknopte beschrijving van het opslagplan	1, 2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1d Mb 26 lid 1a	Beknopte beschrijving van wijze van opslag en winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	2, 3
Mb 26 lid 1b	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	4
Mb 26 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	Bijlage C
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, gasputten	3.1
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	2.1
Mb 24 lid 1e,f,g	Overzicht boringen in voorkomen(s)	3.2
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	3.1, 3.3.
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden	4
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	5
Mb 24 lid 2	Productiefilosofie	5
Mb 24 lid 2	Reservoir management	5
Mw 35 lid 1a,d Mb 26 lid 1a	Omvang van de opslag	5.3
Mw 35 lid 1b Mb 26 lid f	Duur van de opslag en beschrijving van de wijze waarop het voorkomen wordt achtergelaten na beëindiging van de opslag	5.4
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	5.6
Mb 24 lid 1i	Jaarlijks eigengebruik	5.5
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen	5.5
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	5.7
Mb 24 lid 1l	Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen.	Vertrouwelijk deel ongewijzigd
Mw 36 lid 1 sub b	Planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen	5
	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	6.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	6.2 – 6.4 Bijlage A
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	6.5
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	6.6
Mw 35 lid 1f Mb 24 lid 1s	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	6.6
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemtrilling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	7.1, 7.2
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	7.3, 7.4, Bijlage B
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.4
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	7.5
Mw 35 lid 1f Mb 24 lid 1s	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	7.6
	Overige veiligheidsaspecten	Sectie
Mw 35 lid 1g	De risico's voor omwonenden, gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan met een risicobeoordeling, voor zover het winnen van delfstoffen niet geschiedt in het continentaal plat	8
Ondertekening		
Naam: Martijn Kleverlaan Functie: Asset Manager – Asset Onshore NL		Datum: 27 september 2021 Plaats: Assen

1 **Bedrijfs- en productiegegevens**

1.1 **Beknopte beschrijving van het opslagplan**

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Opslagvergunning ME/EP/UM/3005738 d.d. 31 maart 2003. Conform artikel 39 van de Mijnbouwwet (Mw) dient de opslag van koolwaterstoffen te gebeuren in overeenstemming met een opslagplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is aangegeven welke informatie het opslagplan moet bevatten.

Dit opslagplan omvat het gasveld Grijpskerk. Het gasveld wordt geëxploiteerd sinds 1993. Tussen 1993 en 1994 werd het veld geproduceerd als een conventioneel depletieveld. Vervolgens was het veld ingesloten tot eind 1996 voor conversie naar een Ondergrondse Gasopslag (Underground Gas Storage, UGS). Het veld is sinds 1997 gebruikt als UGS voor hoogcalorisch gas. Dit wordt beschreven in het opslagplan Grijpskerk (2004). In 2013 is dit plan gewijzigd met instemming op 31 januari 2014 (kenmerk: DGETM-EM/13185251). Op basis van voorschrift art. 8 van het instemmingsbesluit 2014, is een actualisatie ingediend op 30 januari 2019.

Het doel van het voorliggende opslagplan is de aanpassing van de opslag voor alleen hoogcalorisch gas naar een opslag voor gas met andere verbrandingswaarde. Het opgeslagen gas kan dan variëren tussen hoogcalorisch gas en laagcalorisch (Groningen) gas, afhankelijk van waar de gasmarkt behoefte aan heeft. In relatie tot het vigerende opslagplan is dit de enige aanpassing. Alle overige bepalingen, zoals bijvoorbeeld de druk in het reservoir en risico's, blijven hierbij onveranderd.

Hoe gaat het werken?

Hieronder is als voorbeeld het scenario beschreven dat het type geïnjecteerd gas in 2022 wijzigt van hoogcalorisch naar laagcalorisch gas. Om dit te bereiken moet eind 2021, tijdens de winterperiode, het opgeslagen hoogcalorische gas worden geproduceerd. Hierdoor is de berging aan het eind van de winter 2021-2022 leeg. Vanaf april 2022 kan de gasopslag dan worden gevuld met laagcalorisch gas.

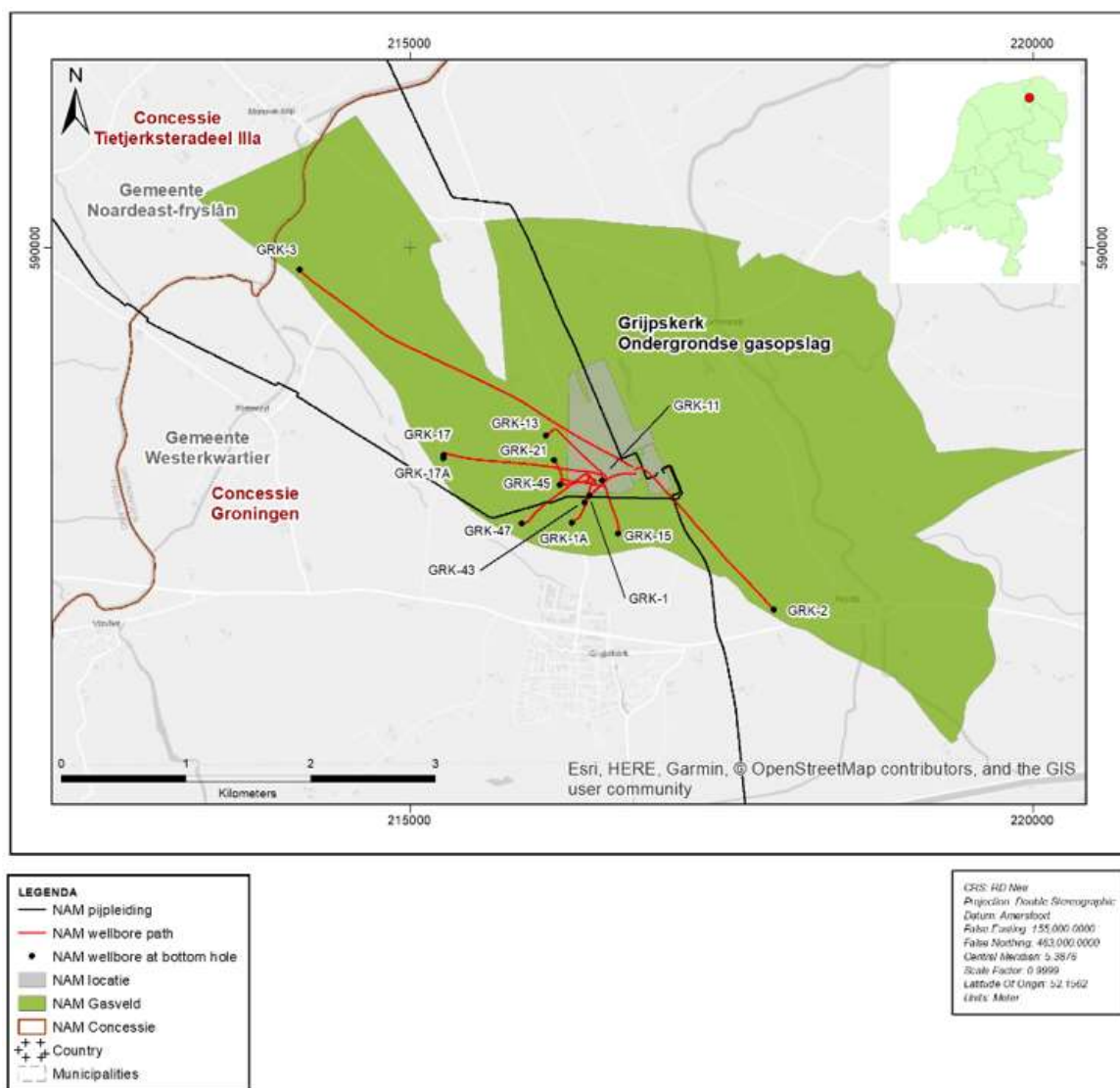
Tijdens het gebruik als gasopslag voor gas met andere verbrandingswaarde zal de hoeveelheid geïnjecteerd gas, en in later stadium weer geproduceerd gas, niet hoger zijn dan de hoeveelheden in de huidige situatie. Ook zal de druk in de ondergrond dus niet hoger of lager worden dan in de afgelopen jaren het geval was.

In een gasopslag is ook "kussengas" aanwezig. Kussengas is gas dat naast het opgeslagen gas in het reservoir aanwezig is en gedurende de opslagfunctie niet geproduceerd wordt. In de ondergrondse opslag zal een deel van het geïnjecteerde gas mengen met achtergebleven hoogcalorisch kussengas. Het gas dat na opslag geproduceerd wordt bestaat voor een deel uit gas dat geschikt is voor huishoudens. Het andere deel is een mengsel van hoog- en laagcalorisch gas. Dit mengsel heeft een te hoge verbrandingswaarde voor directe levering aan huishoudens en een te lage verbrandingswaarde voor de industrie. Door het bijmengen van stikstof in het landelijke transportnetwerk door Gasunie wordt ook dit gas geschikt gemaakt voor gebruik door huishoudens. De nieuwe detectoren voor het meten van de verbrandingswaarde zijn nodig om de kwaliteit van het geproduceerde gas te monitoren.

2 Plaats van opslag

2.1 Productie/Injectielocatie, put(ten) en voorkomen(s)

Het Grijpskerk gasveld wordt vanaf de locatie "Grijpskerk-UGS" via verscheidene putten en bovengrondse installaties ingezet als ondergrondse gasopslag. Het gasveld ligt in de provincies Groningen en Fryslân. In Figuur 2-1 is een topografische kaart met de locatie van het veld, de putten, de oppervlaktelocaties en pijpleidingen aangegeven. In de directe omgeving van de gasopslag Grijpskerk zijn geen waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden, beschermde natuurgebieden (inclusief Natura 2000) of geothermische putten aanwezig.



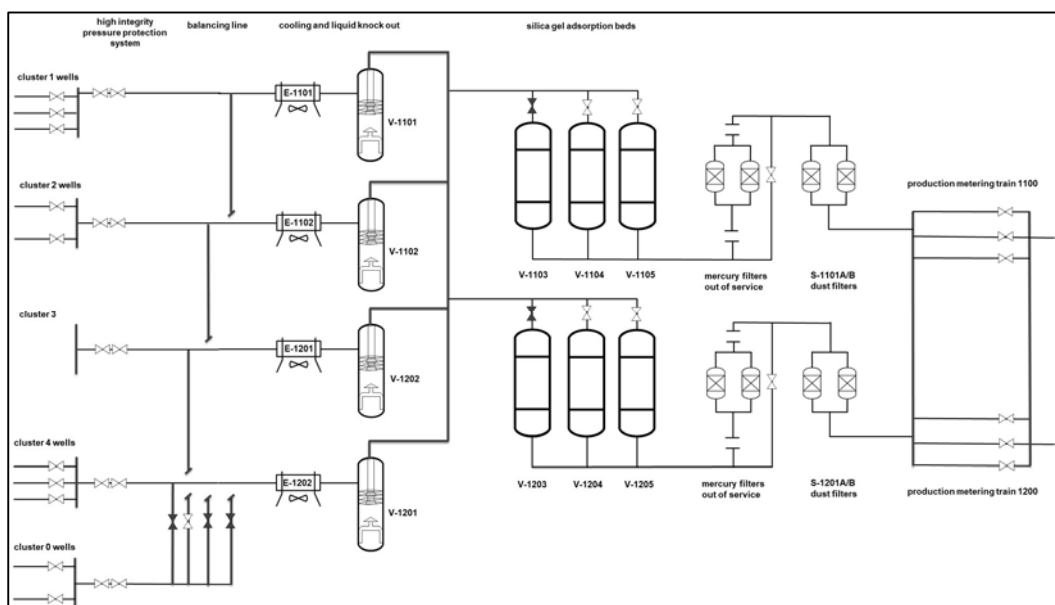
Figuur 2-1 : Grijpskerk voorkomen en omgeving



Figuur 2-2 : De Grijpskerk-UGS locatie

2.2 Wijze van terugwinning en opslag (procesbeschrijving)

Figuur 2-3 en Figuur 2-4 geven een schematische weergave van de gasstromen in het Grijpskerk gasopslagsysteem tijdens zowel de productie- als de injectiefase.

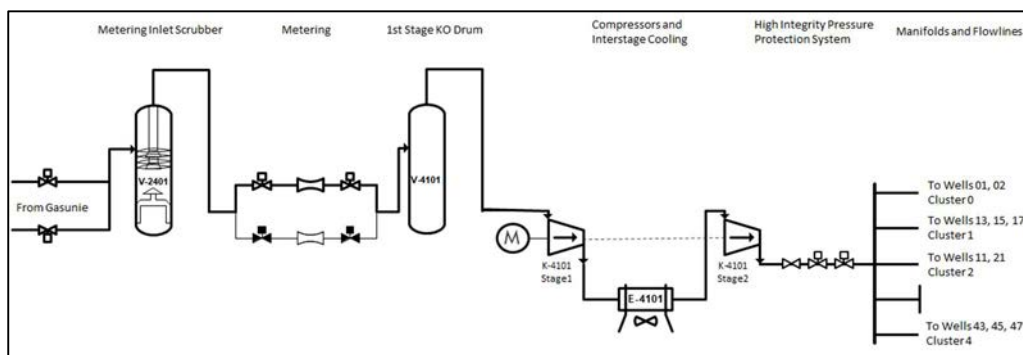


Figuur 2-3 : Schematische weergave van het productieproces.

Als laagcalorisch gas wordt geïnjecteerd zal dat afkomstig zijn van het landelijke transportnetwerk van Gasunie. Historisch gezien wordt laagcalorisch gas veelal gewonnen uit het Groningen gasveld en wordt daardoor ook wel Groningen gas of “G-gas” genoemd. Tegenwoordig kennen we ook het

zogenoemde pseudo-Groningen gas. Dit is hoogcalorisch gas dat door middel van bijmenging van stikstof wordt omgezet tot laagcalorisch G-gas¹.

Het gas wordt door Gasunie aangeleverd en door een separator gevoerd om vloeistoffen en/of vaste stoffen op te vangen. Daarna wordt het gas door de compressor (38 MW) gecomprimeerd en in het gasveld geïnjecteerd. Het geproduceerde gas wordt weer aan het landelijke transportnetwerk van Gasunie geleverd.



Figuur 2-4 : Schematische weergave van het injectieproces.

¹ Over de jaren is G-gas een kwaliteitsaanduiding geworden voor laagcalorisch gas, gekoppeld aan de verbrandingswaarde van het gas. Deze kwaliteitsaanduiding is vastgelegd in de *Regeling Gaskwaliteit* (<https://wetten.overheid.nl/BWBR0035367>). Dit betekent dus niet dat het gas uit het Groningenveld afkomstig is.

3 Boringen

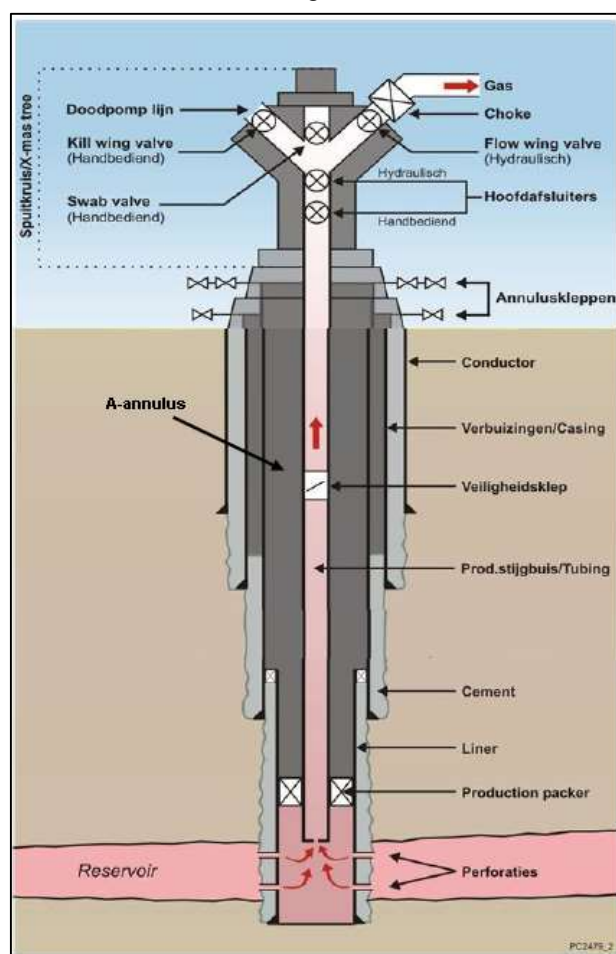
3.1 Inleiding: algemene beschrijving van een put

Figuur 3-1 geeft een schematische weergave van een gasproductie/injectie-put. Hieronder volgt een korte beschrijving van het boren van een put en de belangrijkste onderdelen.

Het boren van een put gebeurt met een boortoren. Voordat de boortoren op locatie wordt geplaatst wordt er een buis in de grond geheid (ongeveer 50 meter diep). De boortoren wordt daarna boven op deze geheide buis opgebouwd. Een boorpijp bestaat van onder naar boven uit een beitel, motor, stabilisatoren, meetapparatuur en boorpijpen tot naar de boortoren. Tijdens het boorproces wordt er gebruik gemaakt van boorvloeistof. Deze zorgt voor het aandrijven van de motor, het verwijderen van boorgruis en koeling van de boorpijp. Tevens levert deze boorvloeistof een hydrostatische druk in het boorgat om gasinstroom te voorkomen. Boven op het boorgat staat een metalen installatie, bestaande uit verschillende afsluiters die tijdens het boorproces geactiveerd kunnen worden: de BOP ("blow out preventer").

Het boren van een put, door de verschillende grondlagen, gebeurt in secties waarvan de diameter afneemt met de diepte. Het boorgat wordt verstevigd door middel van een metalen buis: een 'casing'. De casing wordt in het boorgat vast gecementeerd waardoor een sterke en stabiele put ontstaat. Dit geeft bescherming en isolering van bovenliggende grondlagen en het grondwater. Het boren van secties en zetten van casing herhaalt zich meerdere keren totdat het gasveld is bereikt.

Voor de gasproductie of injectie wordt een aparte productie-stijgbuis ('tubing') gebruikt. Deze verbuizing zorgt ervoor dat gas gecontroleerd omhoog kan stromen dan wel geïnjecteerd kan worden. De tubing is dus een buis binnen de casing en is zodoende een extra barrière voor het gas. De ruimte tussen de tubing en de casing wordt A-annulus genoemd. De druk in deze annulus wordt voortdurend gemonitord om de goede staat, de integriteit, van de put te kunnen waarborgen. Tevens heeft de tubing verschillende veiligheidskleppen. Als de tubing is geïnstalleerd, worden er perforaties gemaakt in de casing ter hoogte van het reservoir en kan het gas door de tubing omhoog stromen (of bij injectie omlaag stromen). Aan het oppervlak is de 'X-mas tree' de verbinding tussen de tubing en de bovengrondse gasleiding. Deze 'tree' is zichtbaar op de locaties en bevat diverse kleppen die nodig zijn om de put te bedienen.



Figuur 3-1: Schematische putweergave.

3.2 Overzicht boring(en) in voorkomen(s)

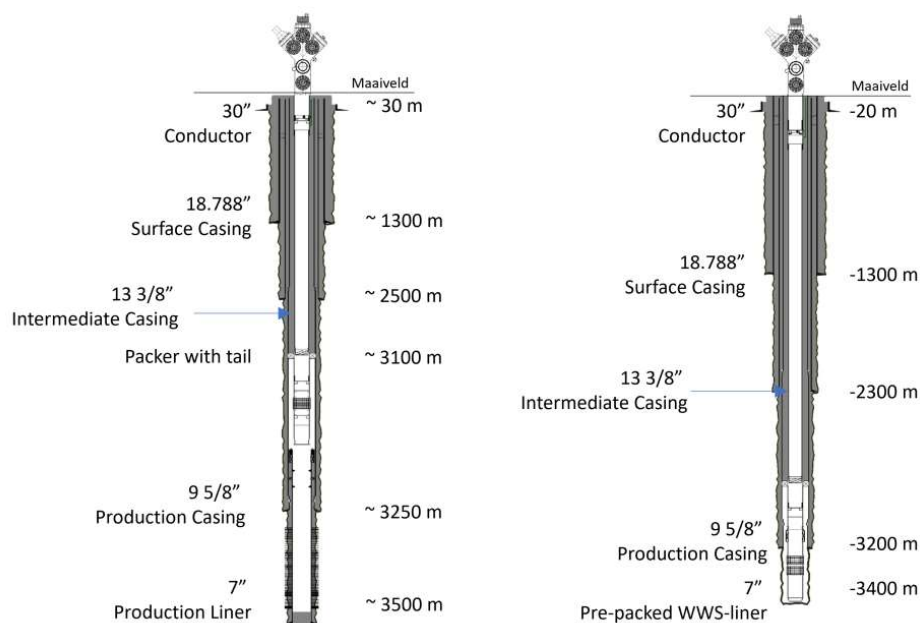
In Tabel 3-1 zijn de bestaande boringen in het Grijpskerk gasveld met verdere algemene informatie weergegeven. Er zijn geen verdere boringen gepland. Als eventueel boringen nodig zijn om bestaande putten te vervangen, zal de bijbehorende (Wabo) vergunningsprocedure gevolgd worden. Het reservoirgesteente van het Grijpskerk gasveld is goed doorlaatbaar. Stimulatie van het reservoir is daarom niet nodig.

Tabel 3-1: Lijst van boringen.

Voorkomen	NAM Locatie	Putnaam	Putvorm	Formatie	Putstatus
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-1-S1	Gedevieerd	Slochteren	Productie/Injectie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-2	Gedevieerd	Slochteren	Productie/Injectie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-3	Gedevieerd	Slochteren	Observatie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-11	Verticaal	Slochteren	Productie/Injectie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-13	Gedevieerd	Slochteren	Productie/Injectie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-15	Gedevieerd	Slochteren	Productie/Injectie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-17-S1	Gedevieerd	Slochteren	Productie/Injectie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-21	Gedevieerd	Slochteren	Productie/Injectie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-43	Gedevieerd	Slochteren	Productie/Injectie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-45	Gedevieerd	Slochteren	Productie/Injectie put
Grijpskerk	Grijpskerk-UGS	GRK-47	Gedevieerd	Slochteren	Productie/Injectie put

3.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en)

Hieronder is, schematisch, de putverbuizing van de Grijpskerk boringen weergegeven. De putten produceren uit en injecteren in de Slochteren reservoirformatie. De putten zijn op een diepte tussen de 3130 m TVDNAP en 3371 m TVDNAP door perforaties verbonden met het reservoir.



Figuur 3-2: Schematische voorstelling putverbuizingen: De linker voorstelling is geldig voor alle putten, behalve GRK-45 en -47 (rechterplaatje)

4 Ondergrond

4.1 Inleiding: hoe worden de eigenschappen van de ondergrond vastgesteld

Voor het in beeld brengen van de ondergrond worden een groot aantal metingen uitgevoerd. Met de meetresultaten worden modellen gemaakt waarmee voorspellingen gedaan kunnen worden over hoeveel gas aanwezig is en hoeveel hiervan geproduceerd kan worden. Doordat de omvang van het veld alleen uit indirecte metingen kan worden vastgesteld, en doordat gesteente-eigenschappen alleen worden gemeten in en direct rondom de putten, bestaat er een onzekerheid over de grootte en de andere eigenschappen van het voorkomen. Voorspellingen zullen daarom altijd een onzekerheidsmarge hebben. De grootte van de onzekerheidsmarge is anders voor iedere parameter, en zal dus een verschillende impact op de voorspellingen hebben.

De omvang en diepte van het veld worden bepaald uit de analyse van geluidsgolven ("seismiek"). De seismiek heeft altijd een zekere mate van ruis. Bovendien zijn de voortplantingssnelheden van geluid in de gesteentelagen boven het voorkomen onzeker. De diepte van het voorkomen kan alleen nauwkeurig worden bepaald op die plaatsen waar een put het reservoir binnengaat. Het gevolg daarvan is dat er onzekerheid is over de vorm en exacte diepte van het veld op enige afstand van de putten.

De fysische eigenschappen van gesteente, zoals dichtheid, elektrische weerstand en geluidssnelheid, zijn belangrijke parameters voor het bepalen van gesteente-eigenschappen als porositeit, gassaturatie in de poriën en doorlaatbaarheid van het gesteente voor water of gas (permeabiliteit). Deze fysische eigenschappen worden gemeten door na het boren meetinstrumenten in de boorgaten te laten zakken.

Met de resultaten van de boorgatmetingen worden de eigenschappen berekend van het gesteente direct rondom de boorgaten. De eigenschappen verder weg van de boorgaten worden verkregen door correlatie en interpolatie tussen de verschillende boorgaten op basis van geologische modellen van de ondergrond. Ook hier zijn onzekerheden aan verbonden, omdat de eigenschappen van de gesteenten zowel lateraal als verticaal kunnen variëren.

Diverse aspecten van de gasopslag, zoals de hoeveel gas er in een bepaalde periode geproduceerd en geïnjecteerd kan worden, of het verloop van productie in de tijd met de daaraan gepaard gaande drukdaling, bevatten daarom onzekerheid. Bij de voorspelling van deze aspecten wordt daarom altijd een onzekerheidsmarge gegeven. In het geval van Grijpskerk is deze onzekerheid beperkt omdat al jarenlang ervaring opgedaan is met het gebruik van Grijpskerk als gasopslag, en er daardoor historische meetdata beschikbaar is.

4.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

Tabel 4-1 geeft een overzicht van de geologische formaties die aangetroffen worden in de ondergrond van de omgeving van Grijpskerk. Voor een volledige beschrijving met nadere uitwerking van gebruikte begrippen wordt verwezen naar geologische standaard-literatuur.²

² Geology of the Netherlands, Wong et al. (eds), Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007 / Amsterdam University Press, 2007

Tabel 4-1: Geologische formaties in Noord-Nederland

Ouderdom	Groep	Formatie	Laagpakket	Afkorting		
Tertiair	Upper North Sea (NU)	Oosterhout		NU		
		Breda		NUOT		
				NUBA		
	Middle North Sea (NM)	Rupel	Rupel Clay	NMRFC		
	Lower North Sea (NL)	Dongen	Asse Clay		NLFFB	
			Brussels Sand		NLFFS	
			Ieper Clay		NLFFY	<i>Ondoorlatend</i>
Basal Tuffite				NLFFT		
Landen	Landen Clay		NLLFC	<i>Ondoorlatend</i>		
Boven Krijt	Chalk (CK)	Ommelanden Chalk		CKGR		
		Texel Chalk	Plenus Marl		CKTXP	
			Texel Marl		CKTXM	
Onder Krijt	Rijnland (KN)	Holland	Upper Holland Marl		KNGLU	
			Middel Holland Claystone		KNGLM	
			Lower Holland Marl		KNGLL	
		Vieland Claystone		KNNC		
Trias	Upper Triassic (RN)	Rot	Main Rot Evaporite		RNRO1	
		Solling			RNSO	
	Lower Triassic (RB)	Volpriehausen	Volpriehausen Claystone		RBMVC	
			Volpriehausen Sandstone		RBMVL	
		Lower Buntsandstein	Rogenstein		RBSHR	
			Main Claystone member		RBSHM	
		Basal Buntsandstein Eqv.		RBSHL		
Perm	Zechstein (ZEZ)	Aller (Z4)	Z4 Salt		ZEZ4H	<i>Ondoorlatend</i>
		Leine (Z3)	Z3 Salt		ZEZ3H	<i>Ondoorlatend</i>
			Z3 Anhydrite		ZEZ3A	<i>Ondoorlatend</i>
			Z3 Carbonate		ZEZ3C	
			Ze Salt		ZEZ2H	<i>Ondoorlatend</i>
		Stassfurt (Z2)	Z2 Anhydrite		ZEZ2A	<i>Ondoorlatend</i>
			Z2 Carbonate		ZEZ2C	
		Werra (Z1)	Z1 Upper Anhydrite		ZEZ1T	<i>Ondoorlatend</i>
			Z1 Halite		ZEZ1H	<i>Ondoorlatend</i>
	Z1 Anhydrite			ZEZ1W	<i>Ondoorlatend</i>	
	Z1 Carbonate			ZEZ1C		
			Coppershale		ZEZ1K	<i>Ondoorlatend</i>
	Upper Rotliegend (RO)	Slochteren/Silverpit	Ten Boer Claystone		ROCLT	<i>Ondoorlatend</i>
Boven Slochteren				ROSLU	<i>Reservoir</i>	
Ameland Claystone				ROCLA	<i>Reservoir</i>	
Onder Slochteren				ROSLL	<i>Reservoir</i>	
Carboon	Limburg (DC)			DC	<i>Oorsprong Gas</i>	

Reservoir Formatie

Het gasvoerende interval van het Grijpskerk voorkomen is de Slochteren Sandstone Formation van de Upper Rotliegend Group (dit is de formele Engelse naam, informeel wordt ook Slochteren Zandsteen of Rotliegend Zandsteen vaak gebruikt). De Slochteren Zandsteen is ongeveer 265 miljoen jaar geleden gevormd en behoort daarmee tot het Perm tijdperk. Op de Slochteren Zandsteen is het Ten Boer Kleisteen laagpakket afgezet, en daarboven de formaties van de Zechstein Groep. De Zechstein Groep bestaat uit dikke lagen steenzout, afgewisseld met dunnere pakketten bestaande uit carbonaatmineralen en anhydriet. De Ten Boer Claystone en de Zechstein formaties vormen samen een ondoorlatend (impermeabel) pakket dat verhindert dat gas uit het Slochteren Zandsteen reservoir naar boven kan ontsnappen.

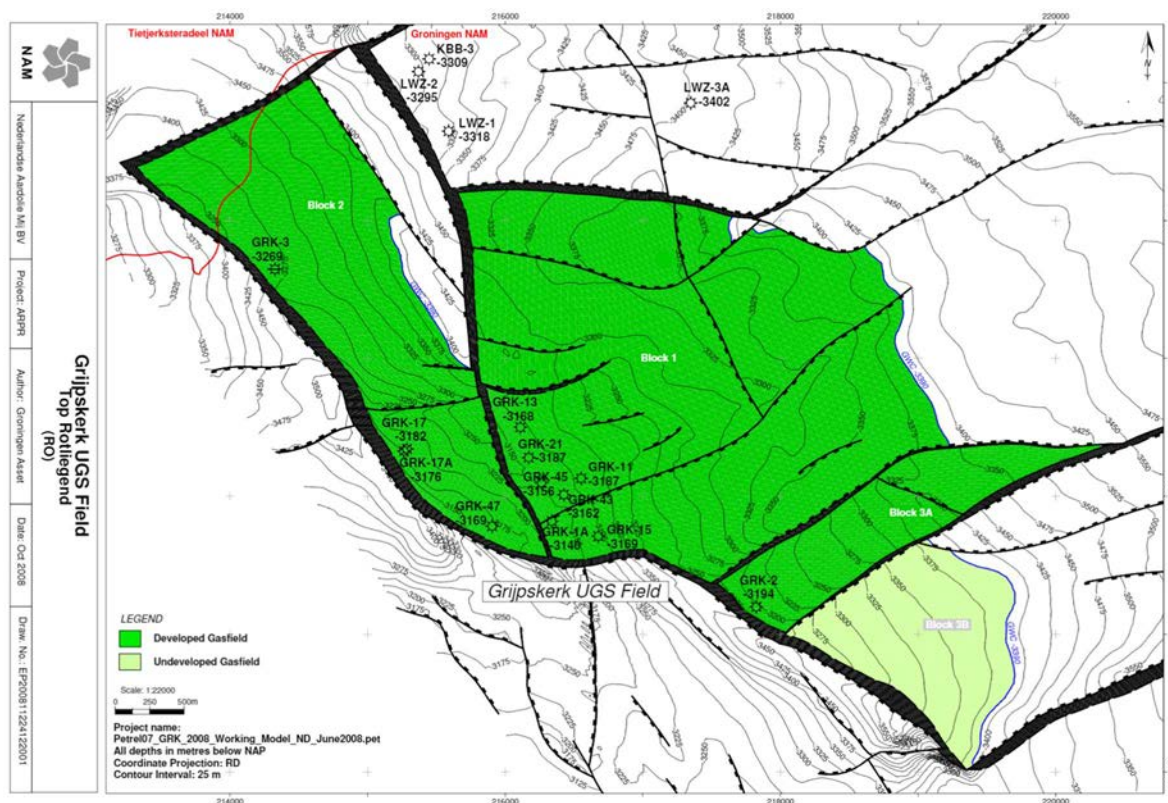
Bron Koolwaterstoffen

Het gas in het Grijpskerk voorkomen is gevormd in de dieperliggende gesteentelagen van Carboon ouderdom die rijk zijn aan organische plantenresten. De heersende hoge temperatuur en druk in deze diepere lagen heeft geleid tot "inkoling" van het organische materiaal, een proces waarbij ook

methaan (aardgas) vrijkomt. Vanwege de lage dichtheid zal dit gas in verloop van tijd opstijgen langs breuken, permeabele lagen en natuurlijke scheurtjes naar de bovenliggende Slochteren zandsteenlagen. Het gas zal zich daar ophopen; verder opstijgen wordt verhinderd door de niet-doorlaatbare Ten Boer Claystone en Zechstein formaties.

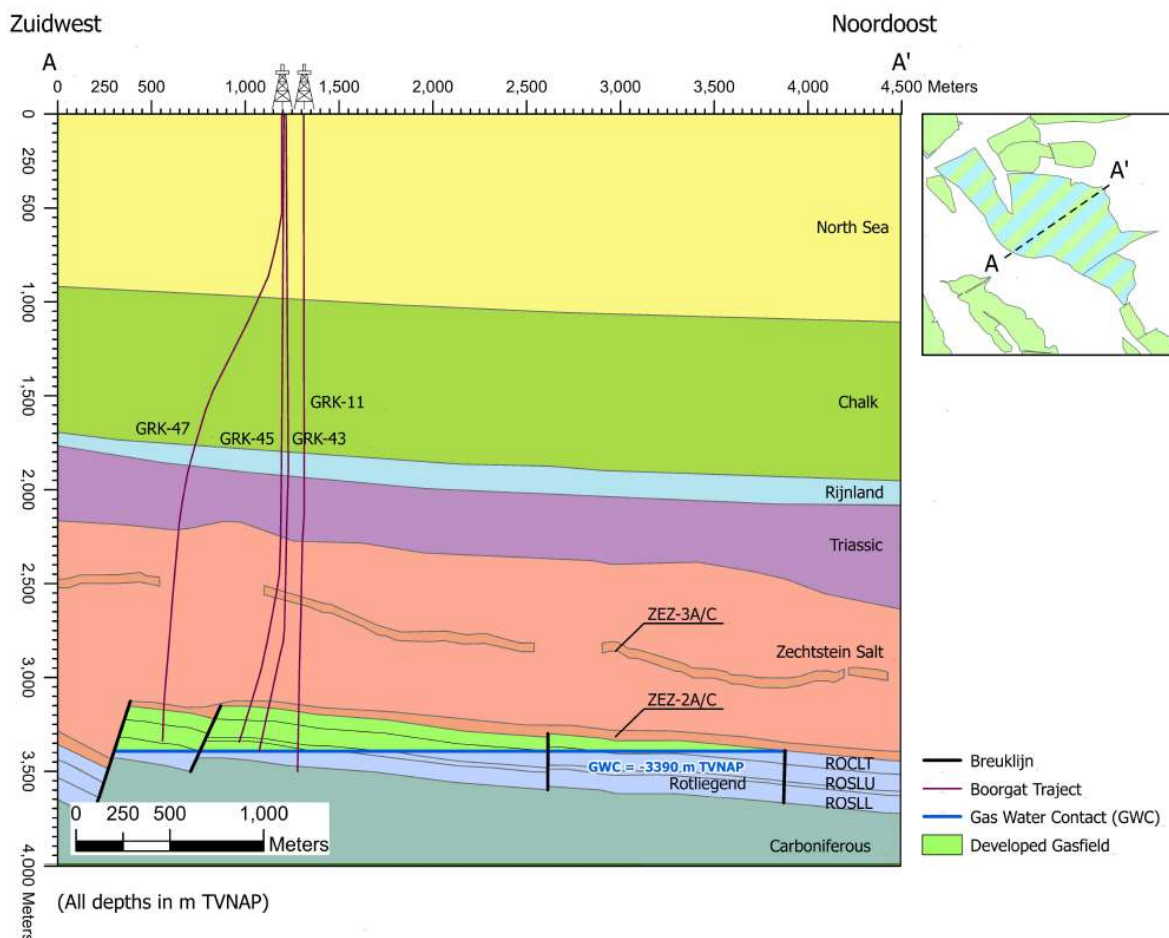
Structuur

Het Grijpskerk gasvoorkomen kan in grote lijnen worden omschreven als een noordoostwaarts hellende structuur. De begrenzing naar het zuidwesten wordt gevormd door een langgerekte noordwest-zuidoost georiënteerde randbreuk (zie Figuur 4-1).



Figuur 4-1 : Kaart van top Slochteren reservoir in het Grijpskerk veld

De begrenzing naar het noordoosten wordt gevormd doordat de lagen van de Slochteren Zandsteen geleidelijk onder het gas-water contact duiken, dat is vastgesteld op een diepte van 3390 m (beneden NAP). Dwars op de zuidwestelijke randbreuk worden nog een aantal kleinere breuken onderscheiden die het veld verder onderverdelen in verschillende breukblokken. Blok 1 is het centrale hoofdblok, Blok 2 is het noordwestelijke deel en Blok 3 het zuidoostelijke deel. Blokken 2 en 3 worden beiden onderverdeeld in een sub-blok A en een sub-blok B. Blok 3B is niet aangeboord, zodat het onzeker is of dit blok daadwerkelijk gasvoerend is. Er zijn geen plannen om dit Blok 3B aan te boren.



Figuur 4-2: Dwarsdoorsnede van maaveld tot aan het reservoir over het Grijpskerk voorkomen.

Reservoireigenschappen

In Tabel 4-2 is een bandbreedte aangegeven voor de gemiddelde gesteente-eigenschappen van het Slochteren reservoirgesteente in het Grijpskerk voorkomen. Er is een significante onzekerheid op deze eigenschappen. Met name de permeabiliteit varieert sterk in dit gebied als gevolg van de afzetting van kleimineralen in de poriën. Deze hebben een negatief effect op de doorlaatbaarheid van het gesteente. In de hoger gelegen delen van het gasveld, waar ook de meeste putten geboord zijn, is de reservoirkwaliteit het best. Lager op de structuur neemt die sterk af en is ook de onzekerheid groter omdat daar geen putten geboord zijn.

Tabel 4-2 Verwachte gemiddelde fractie van net reservoir in de formatie (Net-to-Gross, de fractie zand in het gesteente), porositeit en permeabiliteit van het zand in het Grijpskerk voorkomen

Producterende formatie	Gemiddelde Net-to-Gross (%)	Gemiddelde porositeit (%)	Gemiddelde Permeabiliteit (mD)
Slochteren Zandsteen	86 – 96	13 – 17	0,1 – 200

In Bijlage C zijn schematische doorsneden en geologische kaarten van het Grijpskerk voorkomen weergegeven.

4.3 Korte beschrijving van de bovenliggende lagen

Boven het Slochteren Zandsteen reservoirgesteente bevindt zich een pakket andere gesteenteformaties van ongeveer 3000 m dik (zie ook Tabel 4-1 en Figuur 4-2):

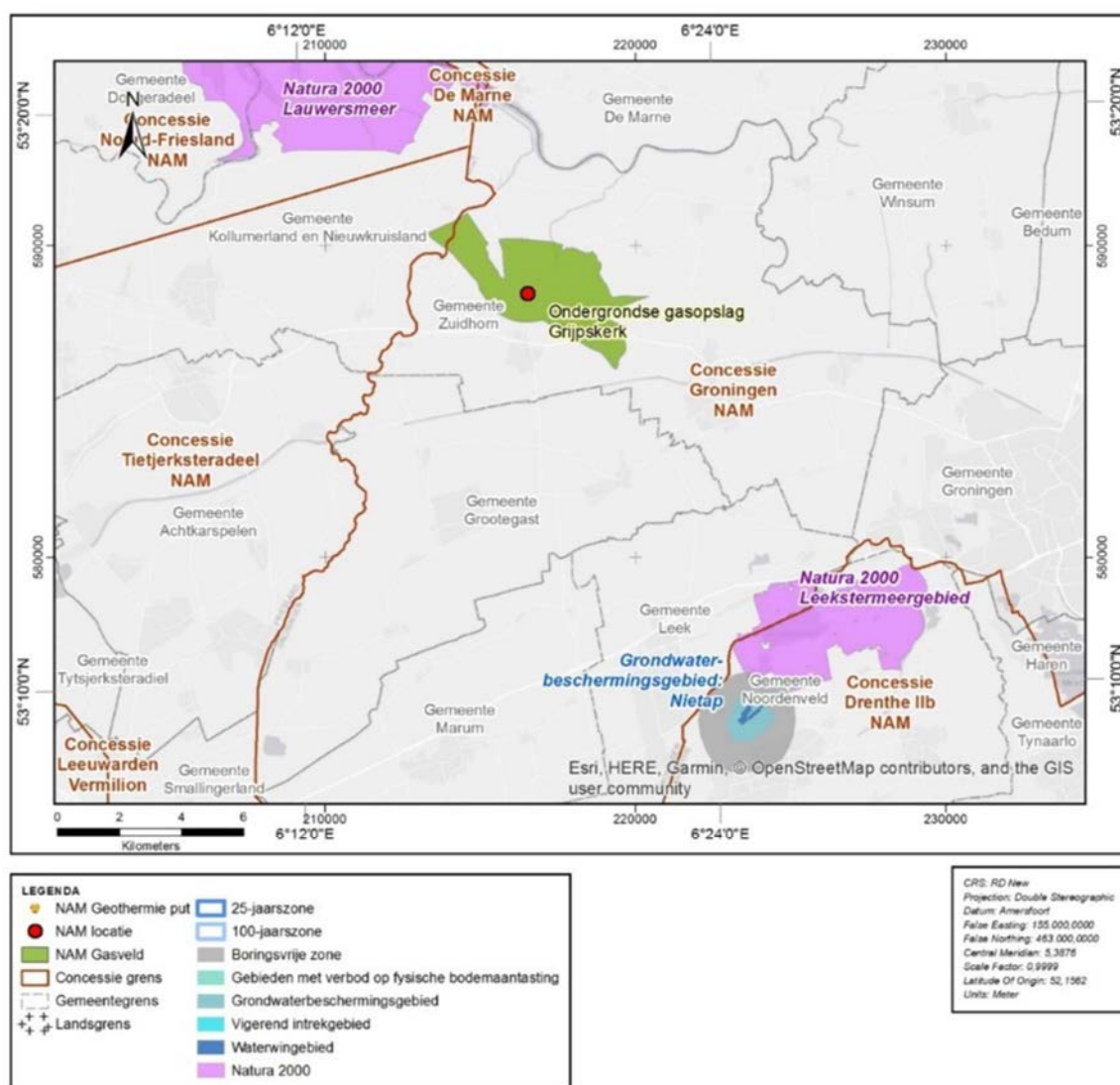
- Gesteenten uit het Tertiair tijdperk worden onderverdeeld in de Upper, Middle en Lower North Sea Groups. De eerste bestaat vooral uit zandsteenlagen afgewisseld met impermeabele kleilagen. In dit pakket is de overgang te zien van zoet naar brak tot zout grondwater, op een diepte van ongeveer –12 m t.o.v. NAP. De Lower North Sea Group bestaat vooral uit klei-rijke gesteenten met af en toe een dunne zandsteenlaag.
- Gesteenten uit het Krijt tijdperk bestaan voor het grootste deel uit kalksteen of krijtsteen (Engelse term Chalk) van de Ommelanden Formatie. Daaronder bevindt zich een dunner pakket van sedimenten van de Rijnland Group, voornamelijk mergel- en kleisteenlagen met af en toe een zandrijke laag.
- Gesteenten uit het Trias tijdperk worden gedomineerd door dikke silt- en kleisteenpakketten met een zeer lage permeabiliteit, afgewisseld met af en toe een dunner zandsteeninterval met hogere permeabiliteit.
- Gesteenten van de Zechstein Group uit het Perm tijdperk bestaan voor een groot deel uit steenzout (haliet) dat vrijwel volledig impermeabel is. Daarnaast komen gesteentelagen voor die bestaan uit anhydriet, kalksteen of dolomiet. Ook deze lagen hebben in het algemeen een zeer lage permeabiliteit.
- Het laatste interval voordat de Slochteren Zandsteen bereikt wordt is de Ten Boer Claystone. Dit pakket behoort tot de Upper Rotliegend Group. Dit pakket bestaat uit een afwisseling van dunne silt-, klei- en zandsteenlagen, maar in het algemeen met lage permeabiliteit.

De afsluitende werking van deze formaties is onafhankelijk van de verbrandingswaarde van het gas dat in Grijpskerk wordt opgeslagen: dezelfde formaties sluiten aardgas met andere verbrandingswaarde af in naburige gasvelden.

4.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Naast de winning en/of opslag van aardgas zijn er ook andere gebruiksmogelijkheden voor de ondergrond, zoals drinkwaterwinning, geothermieprojecten of winning van zouten.

In Nederland vindt waterwinning plaats in de bovenste lagen van de Upper North Sea Group, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat tot zoutwater. Deze grens ligt in het gebied rond Grijpskerk op 12 m diepte. Onder dit niveau komt geen zoet water meer voor. Alle gesteenteformaties tot op dieptes van 5 km en meer hebben zoutwater in hun poriën. In het gebied rondom Grijpskerk is geen sprake van waterwinning (zie hoofdstuk 3).



Figuur 4-3 : Gebruiksmogelijkheden ondergrond.

Geothermische projecten kunnen onderverdeeld worden in “bodemwarmte” en “aardwarmte”. Bij bodemwarmte haalt men tot enkele honderden meters diep water uit de bodem dat gebruikt wordt voor de verwarming van woningen, gebouwen en kassen. Dit soort projecten wordt veel toegepast in Nederland. Omdat het boren zich beperkt tot de bovenste ~300m is er geen interactie met gaswinning. Aardwarmte maakt gebruik van energie van diepere gesteentelagen uit de aarde zodat diepere putten geboord moeten worden (meer dan 2 kilometer diep, afhankelijk van de locatie).

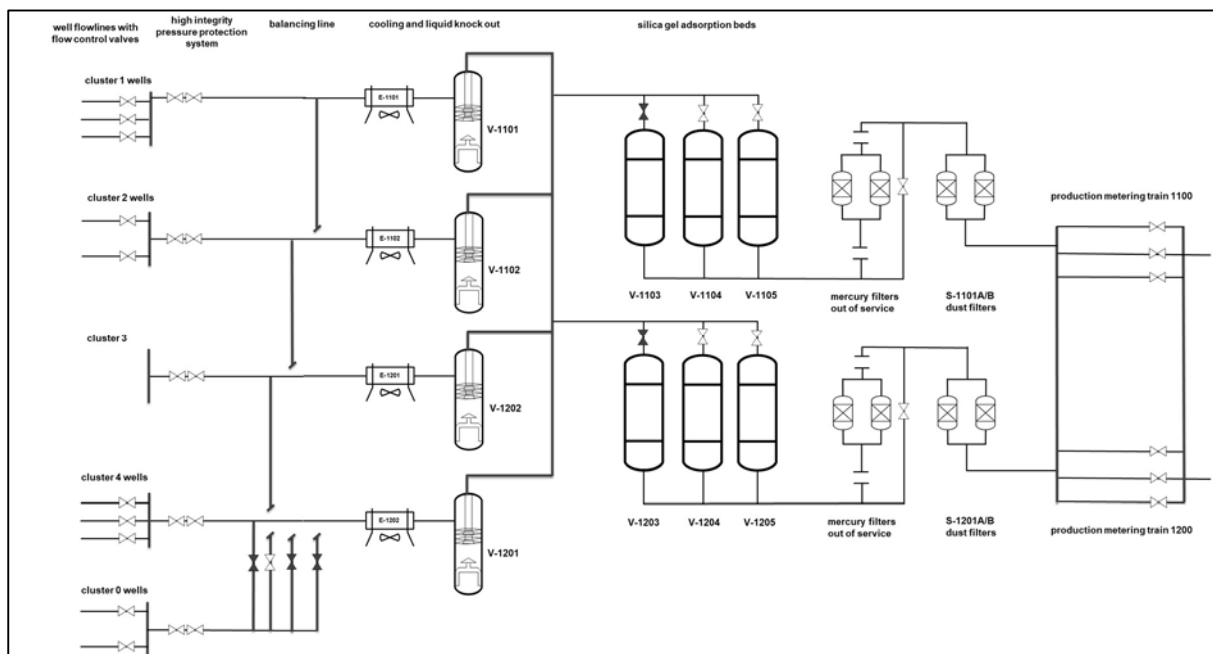
Zoutwinning vindt plaats in Nederland vanuit verschillende lagen. Ook in de provincie Fryslân wordt zout gewonnen, maar niet in de nabijheid van Grijpskerk.

Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) is toezichthouder op zowel gaswinning, gasopslag, zoutwinning en geothermie, waardoor eventuele interactie voorkomen zal worden.

5 Productie- en injectieproces

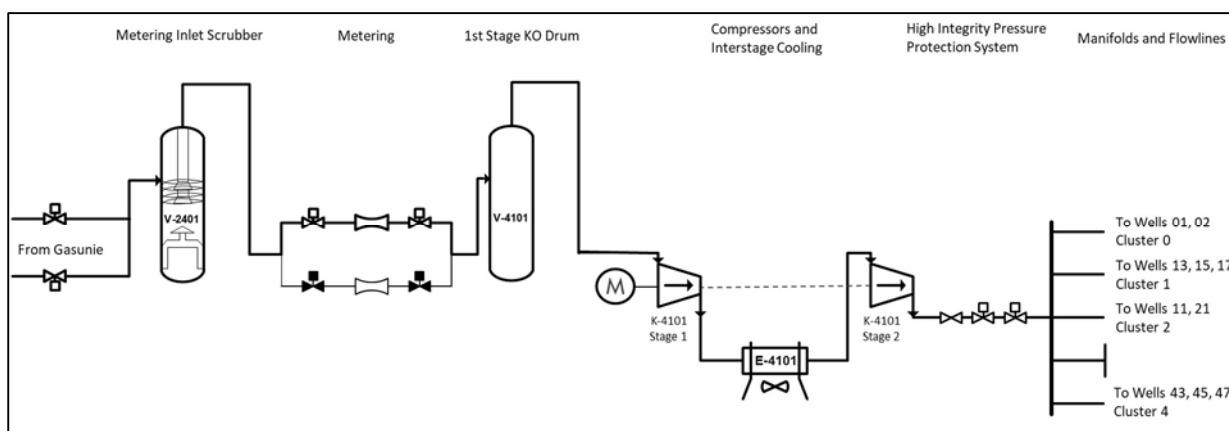
5.1 Inleiding

Productieproces: Het gas wordt geproduceerd uit de putten die met de “manifolds” (verzamelstations) verbonden zijn. Door het afkoelen van het gas met lucht wordt er vloeistof afgescheiden, dat vervolgens in separatoren wordt opgevangen. Daarna stroomt het gas door silicagel adsorptiebedden om verder te drogen. Het droge, behandelde gas wordt dan geëxporteerd naar het landelijke transport netwerk van Gasunie.



Figuur 5-1 : Productieproces Grijpskerk UGS

Injectieproces: Het gas wordt door het landelijke transportnetwerk van Gasunie aangeleverd en door separatoren gevoerd om vloeistoffen en/of vaste stoffen op te vangen. Daarna wordt het gas door een compressor gecompriemd, verdeeld door manifolds en via de putten geïnjecteerd.



Figuur 5-2 : Injectieproces Grijpskerk UGS

5.2 Onzekerheden

Door "dispersie" in het reservoir mengt het geïnjecteerde gas met het aanwezige gas, bijvoorbeeld het hoogcalorisch kussengas. Door deze menging is er onzekerheid in de kwaliteit van het gas als het weer geproduceerd wordt. De kwaliteit van het gas wordt uitgedrukt in de Wobbe-index. Afhankelijk van de gemeten Wobbe-index is het gas geschikt voor het landelijke G-gas netwerk. De monitoring van de Wobbe-index van het geproduceerde gas zal ervoor zorgen dat gas van de juiste kwaliteit geleverd wordt.

Operationele filosofie

De Grijpskerk UGS wordt gebruikt om voornamelijk tijdens de winter gas te leveren. De totale hoeveelheid en de hoeveelheid per dag is onder andere afhankelijk van het weer, de marktvraag en de leveringsvereisten. De injectie en productie wordt geoptimaliseerd zodat zowel productiecapaciteit als werkvolume met de juiste gaskwaliteit maximaal zijn.

De drukgrenzen blijven ongewijzigd ten opzichte van de huidige situatie als hoogcalorische gasopslag. Dat wil zeggen dat de gemiddelde druk in het gasvoorkomen op referentiediepte niet lager zal zijn dan 245 bara en niet hoger dan 393 bara.

De druk is tijdens de injectie te gering om het gesteente (Zechstein zout of Rotliegend zand- en kleisteen) te breken en/of breuken te reactiveren. Het verlies van gas in de aquifer of via spillpoints van het voorkomen wordt vermeden door de gemiddelde druk te beperken tot maximaal initiële reservoirdruk. De druk wordt daartoe gemeten op de observatieput en op de productie/injectieputten. Het vermogen van het reservoirgesteente cyclische drukveranderingen te weerstaan is door experimenten in het laboratorium onderzocht en aangetoond. De jarenlange ervaring met opslag van hoogcalorisch gas bevestigt de robuustheid van het proces en het reservoirgesteente. Een andere verbrandingswaarde van het opgeslagen gas heeft hier geen effect op: in hetzelfde reservoirgesteente van het Norg gasveld vindt hetzelfde proces al plaats met laagcalorisch gas.

De putten zijn voorzien van meters om zandproductie te monitoren. Om de activiteit van bacteriën te minimaliseren, wordt het zwavelgehalte in het geïnjecteerde gas laag gehouden. De temperatuur van het injectiegas wordt ook zo veel mogelijk gelijk aan (of lager dan) de reservoirtemperatuur gehouden.

Omdat het actieve gedeelte van het gasvolume klein is in vergelijking met het totaal aan gas in het voorkomen en door de afstand van de perforaties tot het gas-water contact, wordt geen vrij water mee geproduceerd.

Tabel 5-1 : Volumes Grijpskerk UGS

Voorkomen	Statische GIIP [miljoen Nm ³]	Werkvolume [miljoen Nm ³]	Maximale gemiddelde reservoirdruk (op referentie diepte) [bar]	Minimale gemiddelde reservoirdruk (op referentie diepte) [bar]
Grijpskerk	11300	2400	393	245

5.3 Omvang van de opslag

De Grijpskerk UGS heeft momenteel een genomineerde productiecapaciteit van circa 60 mln. Nm³/d. Het werkvolume is 2400 mln. Nm³. Als er meer dan circa 800 mln. Nm³ van het werkvolume is geproduceerd, daalt de productiecapaciteit.

5.4 Duur van de opslag

De opslagvergunning is voor 'onbepaalde duur' verleend. De gasopslag is gepland om in bedrijf te blijven zolang dit economisch aantrekkelijk is voor de energievoorziening waarbij de huidige verwachting varieert van 10 tot 30 jaar. De opslag van gas met andere verbrandingswaarde kan

beginnen na de “onherroepelijke” goedkeuring van dit opslagplan. Tot die tijd blijft de huidige functie als opslag van hoogcalorisch gas, zoals vermeld in het vigerend opslagplan, gehandhaafd. Na beëindiging van het Grijpskerk veld als opslag zijn er verscheidene mogelijkheden voor verder gebruik, waaronder de winning van het kussengas. Na beëindiging van de opslagfunctionaliteit en eventueel verder gebruik, zullen de putten en de installaties worden opgeruimd en de grond in oorspronkelijke staat worden hersteld.

5.5 Jaarlijks eigengebruik bij opslag

De locatie Grijpskerk-UGS gebruikt ongeveer 4,5 miljoen Nm³ per jaar om in eigen gebruik te voorzien door inzet van branderpilots, veiligheidssystemen, regeneratiefornuizen en fakkelsupportsystemen. Er zullen geen koolwaterstoffen worden afgeblazen of afgefakkeld tijdens de reguliere opslagactiviteiten. Wel is er uit veiligheidsoverwegingen een continue waakvlam.

5.6 Stoffen die jaarlijks worden geïnjecteerd en (mee) geproduceerd

De locatie Grijpskerk-UGS injecteert gas dat afkomstig is van het Gasunie netwerk. De verbrandingswaarde van het geïnjecteerde gas kan variëren van het (huidige) hoogcalorisch gas tot laagcalorisch (Groningen) gas. Tabel 5-2 toont specificaties van dit G-gas.

Tabel 5-2 : Tabel met specificaties van het G-gas. Met “pseudo G-gas” wordt gas bedoeld dat met specifieke processen is aangepast om aan deze specificatie te voldoen.

Gaseigenschap	G-gas	G-gas
	Verwacht pseudo-G gas, gebaseerd op G-gas meting uit juni 2020 op UGS Norg	Ministeriële regeling gaskwaliteit van 01/01/2019
Condensaatdichtheid (kg/m ³)	795	-
Relatieve gasdichtheid (lucht=1)	0,66	-
GHV (MJ/Nm ³)	35,6	-
Wobbe (MJ/Nm ³)	43,8	43,46 – 44,41
C ₁ (mol%)	79,3	-
CO ₂ (mol%)	1,56	max. 3,0
H ₂ S (mol%)	max. 0,00035 (5 mg/Nm ³)	max. 0,00035 (5 mg/Nm ³)
N ₂ (mol%)	14,1	-

Met de gasproductie worden water en aardgascondensaat mee geproduceerd en gescheiden van de gasstroom. De hoeveelheden water en aardgascondensaat kunnen variëren vanwege de gas/gas vermenging van injectiegas en initieel gas in het voorkomen. Water-Gas Ratio: 0 – 5 m³ /mln. m³ condensaat-gas ratio: 0 – 2 m³ /mln. m³. De gegevens omtrent de omvang (opslag, terugwinning, verbruik etc.) worden periodiek gerapporteerd aan SodM (art. 112 Mb).

Op UGS Grijpskerk geldt een maximale zuurstofconcentratie van 0,0005 mol% voor het injectiegas en productiegas om de natte, hoge drukkdelen van de installatie te beschermen.

5.7 Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen

Productiewater wordt samen met aardgascondensaat vanaf de locatie Grijpskerk per transportleiding naar Delfzijl vervoerd. In Delfzijl wordt het condensaat gescheiden van het productiewater. Vanaf Delfzijl wordt dit productiewater per transportleiding naar de locatie Borgsweer vervoerd en wordt het water via een bestaande injectieput teruggepompt in de diepe ondergrond. De waterinjectie op Borgsweer is vergund middels een Omgevingsvergunning (OLO nr. 480095) met kenmerk DGETMEM/12365332 d.d. 26 november 2012.

6 Bodemdaling

De bodemdalingsprognose laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven het Grijpskerk voorkomen door gebruik als UGS, net zoals in het vigerend opslagplan, minder dan 2 cm bedraagt. Deze prognose is gebaseerd op het bodemdalingsmodel voor Grijpskerk gekalibreerd met de laatste metingen uit 2018 (in het kader van de 5-jaarlijkse rapportage³). De bodemdalingsprognose is onafhankelijk van de verbrandingswaarde van het opgeslagen gas.

6.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

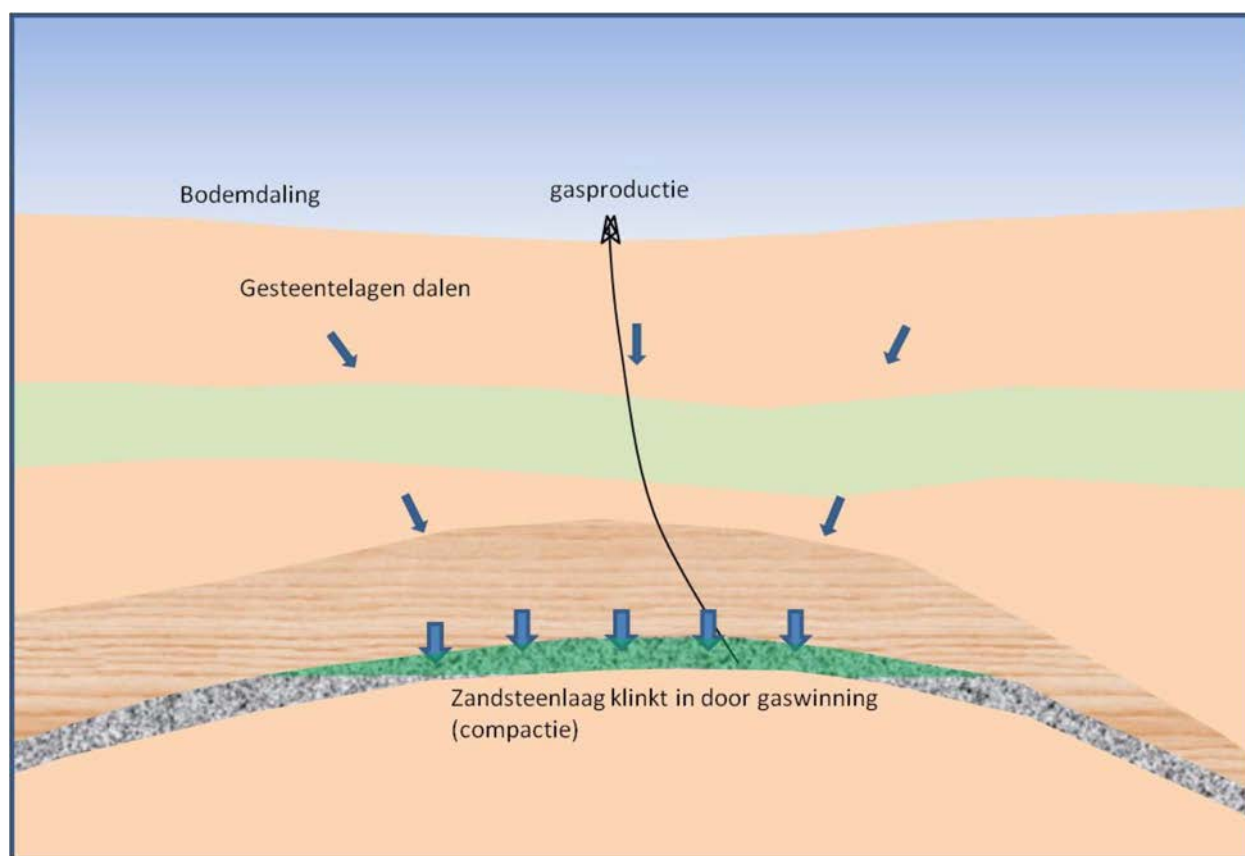
Bodemdaling door gaswinning

In een gasveld veroorzaakt de winning van aardgas een vermindering van de poriëndruk in de gasvoerende gesteentelaag. Daarbij wordt het gesteente van deze gasvoerende laag langzaam iets samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen. Deze samendrukking wordt ook wel compactie genoemd en hangt af van verschillende factoren zoals de materiaaleigenschappen van het reservoirgesteente, de grootte van de drukkaling en de dikte van de gasvoerende laag (Figuur 6-1). Deze compactie bedraagt over het algemeen 0,1 tot 0,2% van de dikte van de gasvoerende laag bij de maximale drukkaling (depletie) in het gasveld. De mate waarin de compactie wordt omgezet in bodemdaling op maaiveld-niveau is onder meer afhankelijk van de diepte en omvang van het depleterende gasveld. Bij een zeer groot gasveld als Groningen zal de bodemdaling boven het centrum van het veld vrijwel gelijk zijn aan de ondergrondse compactie. Bij een klein gasveld zal de maximale bodemdaling aan het aardoppervlak een fractie zijn van de compactie in de gasvoerende laag. Het volume van de bodemdaling is ongeveer even groot als de volumeverandering van het gasreservoir, waarbij de oppervlakte van de kom groter zal zijn dan de oppervlakte van het reservoir; aan alle kanten van de reservoirromtorkomt er een afstand bij van ongeveer 1 à 2 maal de diepte van het reservoir. Figuur 6-1 geeft dit schematisch weer. Wanneer gasvelden dicht bij elkaar liggen kan er een overlap ontstaan van de verschillende bodemdalingsschichten.

Bodemstijging door injectie

Door injectie van gas zal de druk in het reservoirgesteente weer toenemen waardoor er decompactie kan ontstaan. Door deze decompactie ontstaat bodemstijging. Een permanent GNSS-station (Global Navigation Satellite System) dat enkele jaren geleden is geïnstalleerd bevestigt dit beeld (Figuur 6-4).

³ December 2020: Bodemdaling door Aardgaswinning, Statusrapport 2020 en Prognose tot het jaar 2020, EP202011201629, <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/bodemdaling/nl/aa0e05c7-704a-4f9f-a02c-ea7ece904905>



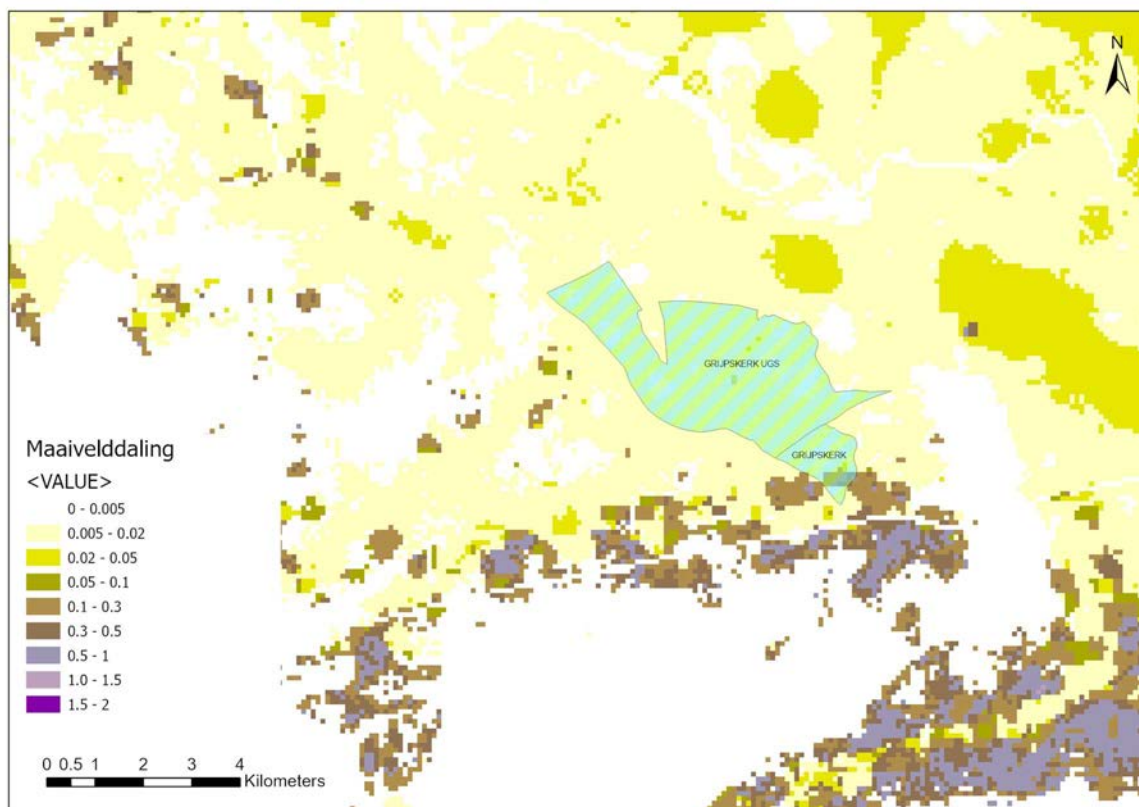
Figuur 6-1: Drukvaling in het reservoir kan resulteren in bodemdaling. (Let op: figuur is niet op schaal).

Bodemdaling door natuurlijke processen

Naast de bodemdaling ten gevolge van gaswinning zijn er ook andere oorzaken die leiden tot bodemdaling, samengevat onder de term autonome bodemdaling. Dit kan natuurlijke bodemdaling zijn of bodemdaling door drainage van veen- en kleigebieden. Veenoxidatie en veen/klei inklinking zijn de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. De mate van autonome daling kan worden bepaald aan de hand van metingen en/of modelvoorspellingen. In deze modellen wordt oxidatie en inklinking berekend waarbij gebruik wordt gemaakt van laboratoriumgegevens en het voorkomen van bepaalde grondsoorten in de ondiepe ondergrond. Tegelijkertijd worden deze modellen gevalideerd en gekalibreerd door bodemdalingsmetingen. Voorspellingen van autonome bodemdaling gaan uit van bepaalde grondwaterscenario's. Dit zijn aannames over het toekomstig waterpeilbeheer door de waterschappen. Figuur 6-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2000-2050 (Deltares en PBL, 2011⁴, Hopman et al. 2013⁵). De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. Geconcludeerd wordt dat er in dit gebied autonome bodemdaling plaatsvindt in de periode 2000-2050 tot zo'n 2 cm met uitschieters tot 50 cm.

⁴ Deltares en PBL, 2011, Deltascenario's Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012, Deltares rapport 1205747-000

⁵ Victor Hopman, Ger de Lange, Laura Vonhogen, Pauline Kruiver, Freek van Leijen, Raluca Ianoshi, Report on pilot service Rhine-Meuse Delta, Subcoast report D3.2.3, May 2013



Figuur 6-2: Maaiveldddaling (m) over een periode van 50 jaar bij handhaving van huidige drooglegging bij huidig klimaat. De waarden op deze kaart geven slechts een eerste orde schatting van de mogelijke autonome daling.

6.2 Meten en berekenen van bodembeweging door de opslag van gas

Metten van bodembeweging

Voor alle delen in Nederland waar gas wordt gewonnen moet een *meetplan* worden opgesteld. Dit meetplan geeft inzicht in hoe de bodemdaling in een ruim gebied rondom het gasvoorkomen wordt gemeten. Dat gebeurt door waterpassing op een reeks punten in een *meetnet*, boven en rondom het voorkomen, vaak aangevuld met (GNSS)-metingen op specifieke locaties. Steeds vaker worden de traditionele waterpassingen vervangen door satellietmetingen (InSAR). Deze techniek zorgt voor frequentere metingen en een ruimere dekking van het gebied. Voor het opstellen van een meetplan bestaan wettelijke regels waarbij tevens de zogenaamde ‘Industrieleidraad – Geodetische basis voor Mijnbouw’⁶ wordt gevolgd. De frequentie van de metingen, en de dichtheid en uitgebreidheid van het meetnet, worden gekozen in overleg met SodM en de Technische Commissie Bodembeweging (Tcbb). Het meetplan vereist de jaarlijkse goedkeuring van de minister van Economische Zaken en Klimaat.

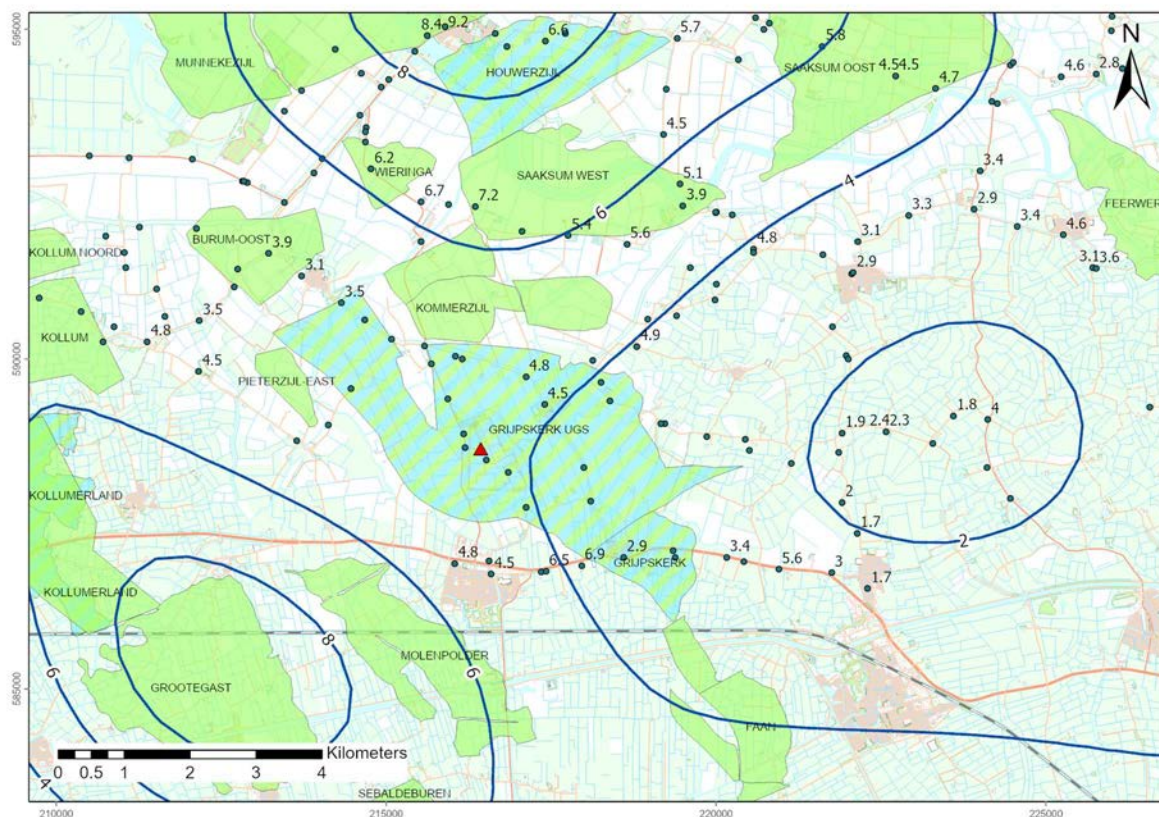
De bodemdaling wordt in dit gebied sinds de nulmeting in 1987 gemeten. De totale bodemdaling is het gevolg van productie uit Grijpskerk en omliggende velden. De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2018. De totale gemeten bodemdaling rond en boven de Grijpskerk gasopslag vanaf 1987 is minder dan 7 cm, inclusief autonome bodemdaling. De gemeten daling in cm is getalsmatig weergegeven naast de blauwe punten (“peilmerken”) in Figuur

6

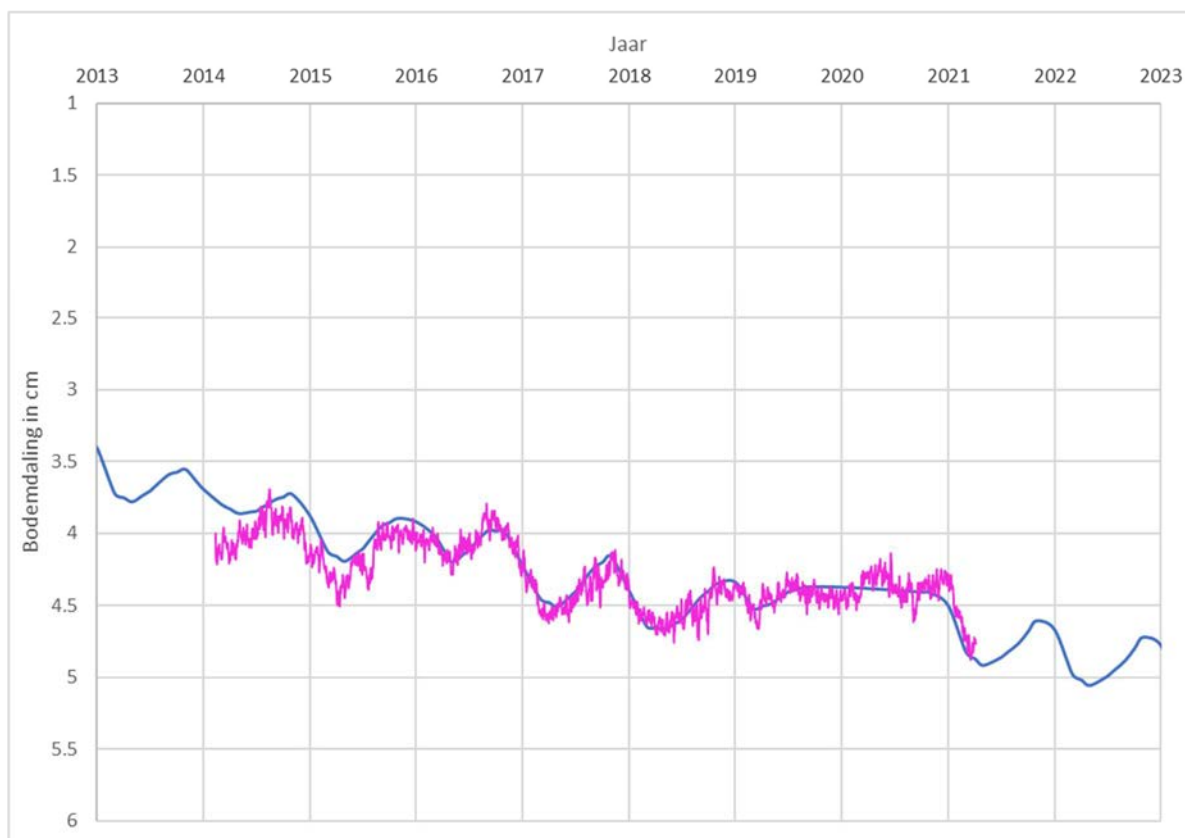
<https://www.tcbb.nl/file/download/57087366/Industrieleidraad%20Geodetische%20basis%20voor%20mijnbouw%20-%20V1.pdf>

6-3. De reden dat er bij een aantal punten geen waarde staat is dat het punt in één van de jaren (1987 of 2018) niet gemeten is. Bij het kalibreren van het bodemdalingsmodel worden vanzelfsprekend alle metingen gebruikt.

De bodemdaling (en stijging) boven het Grijpskerk veld wordt ook continue gemonitord middels een GNSS-meting. Deze locatie is weergegeven als een rode driehoek in Figuur 6-3. Een vergelijking met de gemodelleerde bodemdaling is getoond in Figuur 6-4. Dit figuur laat zien dat de injectie- en productiecycclus een bodemdalingscyclus geeft van $\frac{1}{2}$ cm. De gemodelleerde en gemeten bodemdaling boven Grijpskerk is echter groter. De bodemdaling boven Grijpskerk wordt grotendeels veroorzaakt door de productie uit de naburige velden.



Figuur 6-3: In 2018 gemeten bodemdaling sinds de nulmeting in 1987 weergegeven op de peilmerken (groene punten). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling in cm. De rode driehoek geeft de locatie van het GNSS-punt weer.



Figuur 6-4: Vergelijking van de gemodelleerde bodemdaling (blauwe lijn) op de GNSS-locatie met de GNSS-metingen (paarse lijn).

Berekenen van bodembeweging

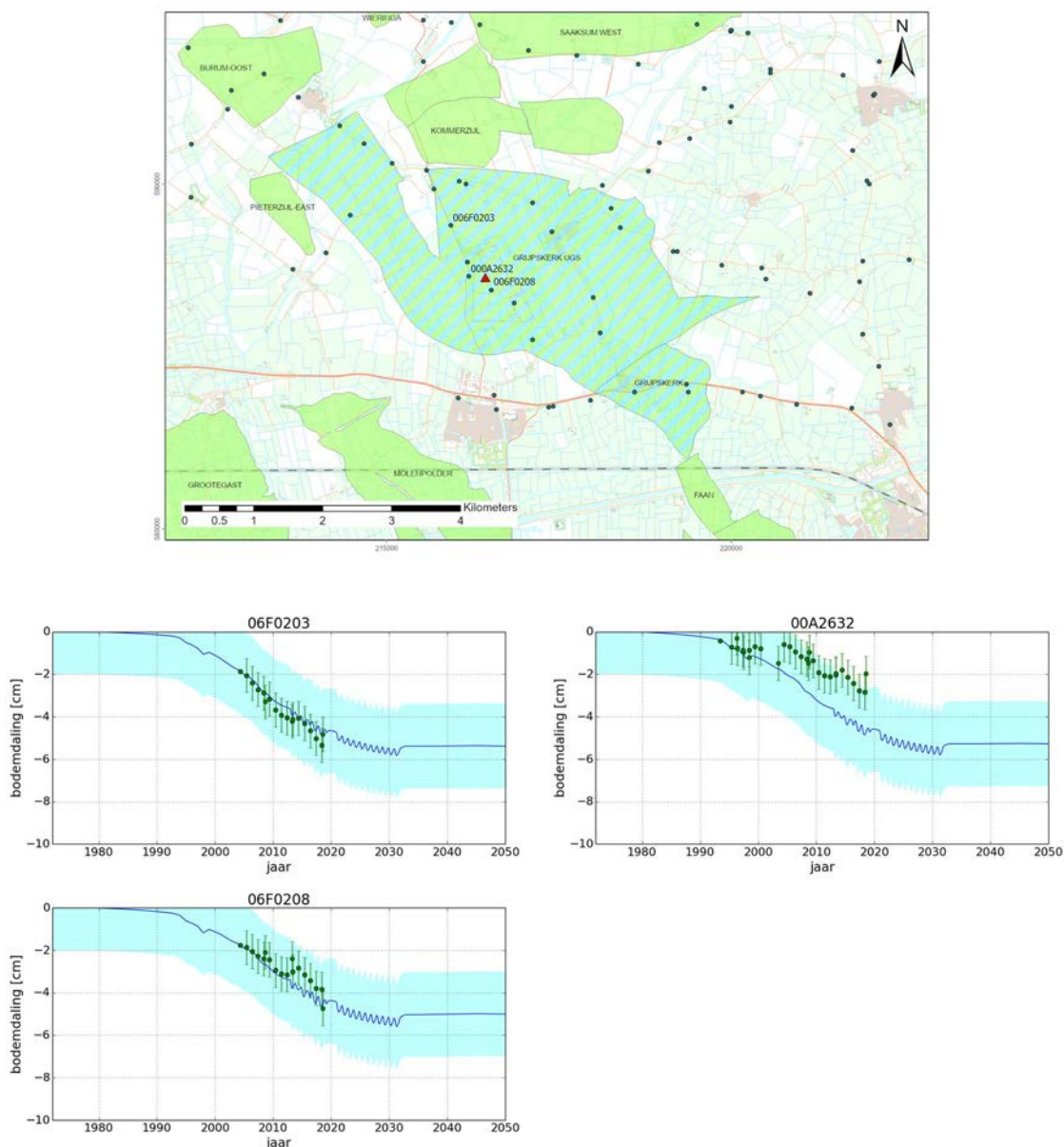
De bodemdaling wordt berekend met behulp van informatie van de ondergrond, zoals dikte, drukdaling, grootte en de compressibiliteit of samendrukbaarheid van het gesteente (zie inleiding). Meer specifiek wordt de compactie en bodemdaling voor Grijpskerk berekend volgens het geo-mechanische model dat ook gebruikt is in het Statusrapport 2020⁷. Een gedetailleerde beschrijving van de toepassing van dit model op Grijpskerk is terug te vinden in Bijlage A.

De contourlijnen in Figuur 6-3 tonen de gemodelleerde bodemdaling. Hierbij wordt geconcludeerd dat het model redelijk past bij de metingen die representatief lijken voor de bodemdaling door gaswinning. Met name boven het zuidelijke deel van de gasopslag laat de meting relatief grote variaties zien in de gemeten bodemdaling. Zo laat een meting boven het veld 2,9 cm zien terwijl een meting westelijk daarvan een bodemdaling van 6,9 cm aangeeft. Over het algemeen geldt dat de metingen met meer bodemdaling en waarbij geldt dat er grote fluctuaties zichtbaar zijn op korte afstand, een grotere autonome (natuurlijke) component kennen. Met dit gegeven is bv de 2,9 cm meting meer representatief voor de bodembeweging veroorzaakt door de gaswinning (uit naburige velden) en gasopslag, terwijl de 6,9 cm meting een combinatie is van de 2,9 cm bodemdaling door gaswinning en gasopslag en ongeveer 4 cm autonome bodemdaling.

Om inzicht te verkrijgen over de kwaliteit van het model ten opzichte van historische metingen zijn boven het Grijpskerk gasveld enkele meetpunten geselecteerd waar meerdere keren in de tijd bodemdaling is gemeten (Figuur 6-5). In dit figuur wordt ook een beeld gegeven van de nog te

⁷ NAM (2020) Bodemdaling door Aardgaswinning, NAM-gasvelden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe. EP202011201629. <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/bodemdaling/nl/aa0e05c7-704a-4f9f-a02c-ea7ece904905>

verwachten bodemdaling. Tussen 2012 en 2031 is de bodemdaling tweemaandelijks berekend waardoor de injectie-/productiecyclus terug te zien is in de gemodelleerde bodemdaling. Buiten deze periode is de bodemdaling jaarlijks berekend waardoor de injectie/productie cyclus niet meer te zien is.

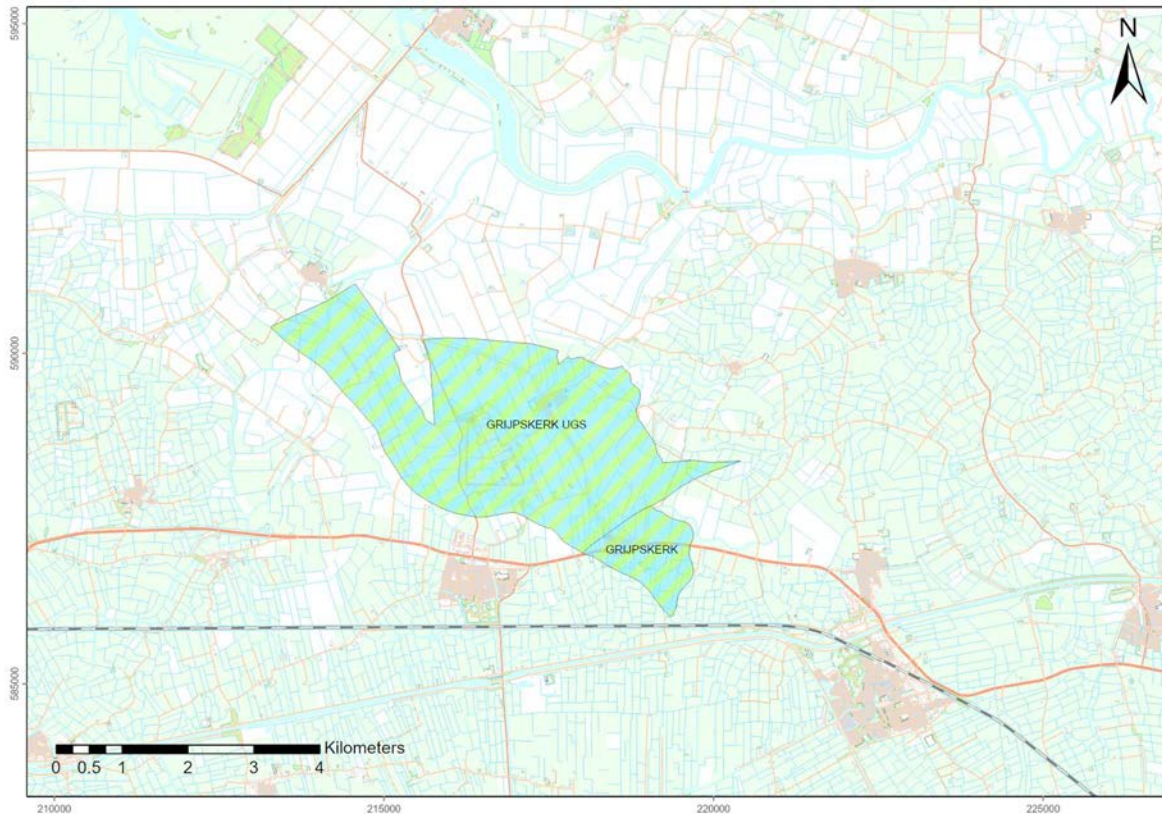


Figuur 6-5: Vergelijking van gemeten (groene punten) en berekende bodemdaling op verschillende peilmerken boven het Grijpskerk gasveld. De meetonzekerheid in de metingen (gekozen als twee standaarddeviaties) bedraagt 8 mm per meetpunt. De blauwe lijn toont de voorspelde bodemdaling op deze locatie, met de onzekerheid (lichtblauwe gebied) op de uiteindelijke bodemdaling. De minimale onzekerheid voor de voorspelling is 2 cm. De locatie van de peilmerken is aangegeven in de bovenste figuur.

In Figuur 6-4 is tevens het vergelijking te zien tussen de continue GNSS-meting boven Grijpskerk en het model.

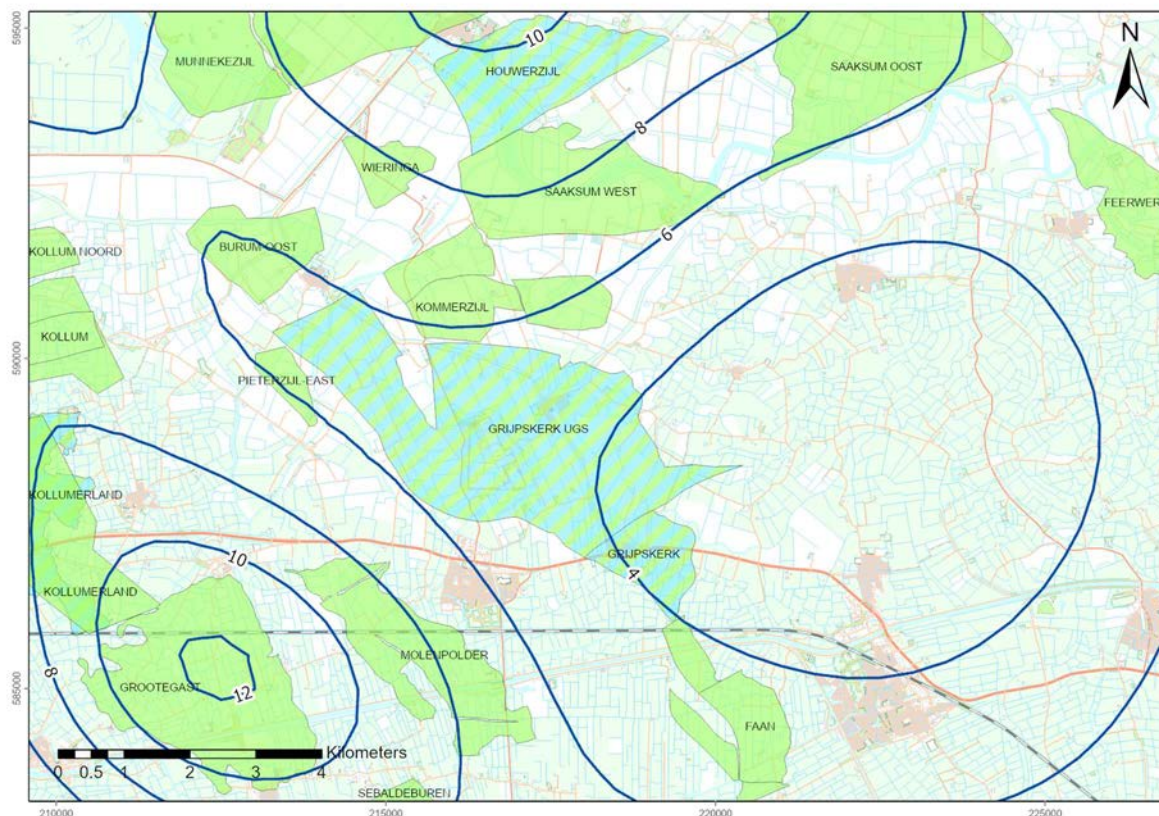
6.3 Bodemdalingsvooruitzichten

De nog te verwachten bodemdaling als gevolg van de maximale injectie/productiecyclus uit het voorkomen Grijpskerk is minder dan 2 cm. Deze voorspelling gaat ervan uit dat het Grijpskerk veld in gebruik blijft als gasopslag. Aangezien de voorspelde daling klein is en het ook niet mogelijk is een dergelijke kleine daling met voldoende precisie te meten, kunnen er geen contouren worden getoond in Figuur 6-6.



Figuur 6-6: Verwachte bodemdaling (in cm) veroorzaakt door de grootste injectie/productiecyclus in het Grijpskerk veld. Daar de bodemdaling minder dan 2 cm bedraagt worden er geen contouren getoond.

Figuur 6-7 toont de uiteindelijke totale bodemdaling door gaswinning in het gebied na afloop van de gasproductie beschreven in dit winningsplan. De totale bodemdaling door gaswinning uit alle velden rond en inclusief het Grijpskerk voorkomen is ongeveer 6 cm boven en in de nabijheid van het Grijpskerk voorkomen.



Figuur 6-7: Totale verwachte bodemdaling (in cm) in 2050 ten gevolge van gaswinning uit alle velden inclusief de bodemdaling door Grijpskerk.

6.4 Onzekerheid in verwachte bodemdaling

Bijlage A in dit opslagplan geeft een overzicht van de kentallen die gebruikt zijn in de berekening van de bodemdaling. Deze bijlage beschrijft ook de onzekerheidsanalyse voor deze bodemdalingsprognose. In winningsplannen wordt in de onzekerheid van de bodemdalingsprognose ook rekening gehouden met de onzekerheid voor de drukdaling als gevolg van de verschillende productiescenario's. Voor Grijpskerk vervalt deze bron van onzekerheid omdat er wordt uitgegaan van een maximale productie van het werkvolume.

6.5 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Die schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. De nog te verwachten bodemdaling bedraagt door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven gasveld bedraagt minder dan 2 cm.

Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is wordt geen directe schade aan gebouwen/bouwwerken, infrastructuur verwacht omdat de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is. Hierbij wordt verwezen naar "Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen (een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987)". Meer recente rapporten die mogelijke oorzaken van schade in het gebied rondom West-

Groningen en Loppersum⁸ beschrijven en een onlangs verschenen rapport van TNO en TU-Delft⁹ bevestigen dit beeld.

Tevens is de kans klein dat de bodemdaling gevolgen kan hebben voor het normale beheer en het onderhoud van waterkeringen en waterlopen. Bij een daling van minder dan 2 cm (op land) in gebieden met een kunstmatig peilbeheer is de mate van bodemdaling aanzienlijk kleiner dan de jaarlijkse schommelingen in de waterstand (verschil zomer- en winterpeil). De waterhuishouding in het gebied is in de loop van eeuwen tot stand gekomen en wordt tegenwoordig volledig kunstmatig geregeld. Waterpeilen zijn vastgelegd in peilbesluiten. Indien een relatieve stijging van het waterpeil ten opzichte van het maaiveld de geldende norm dreigt te overschrijden, kan dit worden tegengaan door aanpassingen in de waterafvoer (compartimentering, versnelde afvoer waterbezwaar). Het waterschap is daarbij verantwoordelijk voor het waterbeheer in het beheersgebied.

In het geval dat dit beheer, als gevolg van de door de gaswinning veroorzaakte bodemdaling, meerkosten met zich meebrengt, dan rust op de NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden. Met de betreffende waterschappen kunnen afspraken worden gemaakt in bilateraal verband. De beperkte bodemdaling zal geen effect hebben op de natuur of het milieu (zie hoofdstuk 9).

6.6 Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken

De nog te verwachten bodemdaling door het gebruik van Grijpskerk als ondergrondse gasopslag bedraagt, net als in het vigerend opslagplan, minder dan 2 cm. Dit is een zeer geringe bodemdaling die binnen de onzekerheidsmarge valt van de metingen naar bodemdaling. Daarom worden er geen maatregelen voorzien om de gevolgen van bodembeweging door Grijpskerk gasopslag te voorkomen of te beperken. De commissie bodemdaling behandelt de eventuele maatregelen die nodig zijn om de gevolgen van de cumulatieve daling in dit gebied te voorkomen of te beperken.

⁸ http://www.commissiebodemdeling.nl/files/1202097-000-BGS-0003-r-Gebouwschade%20Loppersum_def_par_20110421.pdf

⁹ <https://www.schadedoormijnbouw.nl/nieuws/rapport-diepe-bodemdeling-en-stijging-gepubliceerd>

7 Bodemtrilling

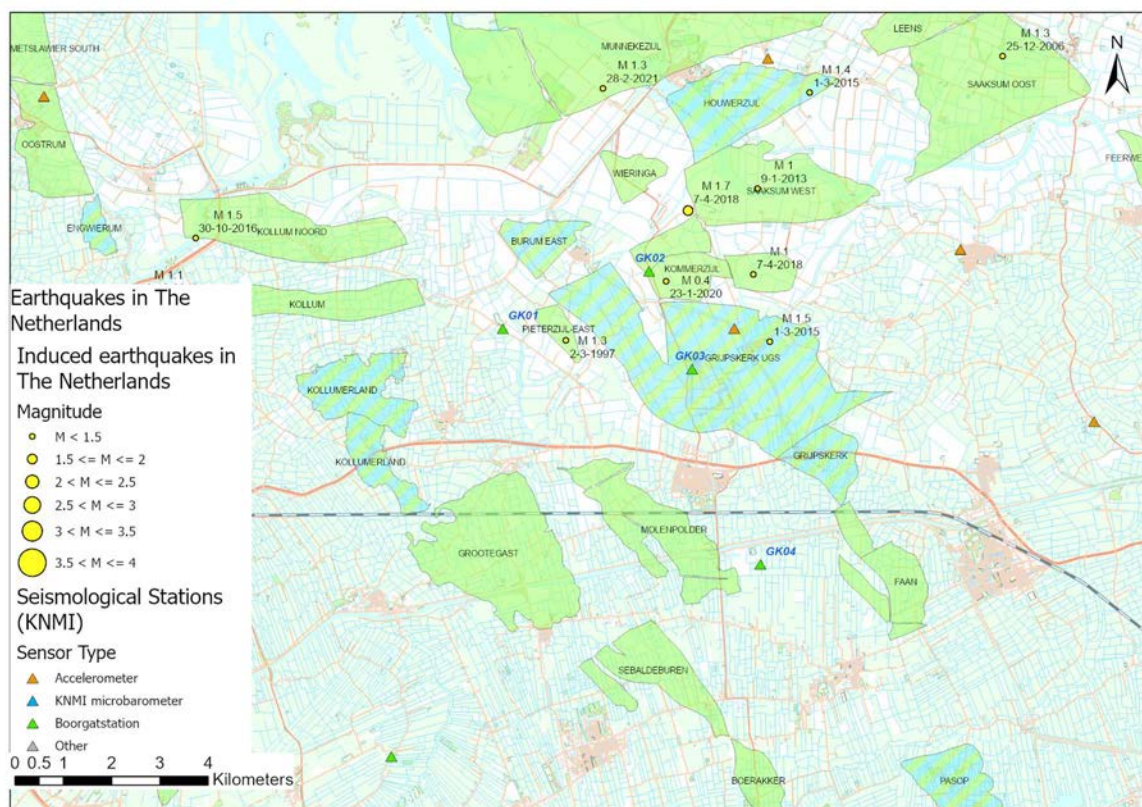
De seismische risicoanalyse laat zien dat de Grijpskerk voorkomen in categorie II valt. Het seismisch risico is onafhankelijk van de verbrandingswaarde van het opgeslagen gas. Hieronder wordt uiteengezet hoe de categorisering tot stand is gekomen en wat dit betekent in termen van reëel seismisch risico.

7.1 Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand

Als gevolg van de drukdaling in een gasveld treden in het reservoirgesteente spanningsveranderingen op. Spanningsverandering op een ondergrondse breuk kan leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. In sommige gevallen kan dit resulteren in een aardbeving. De kans op een aardbeving in een gasveld hangt onder meer af van de hoeveelheid breuken, de drukdaling en de grootte en dikte van het reservoir.

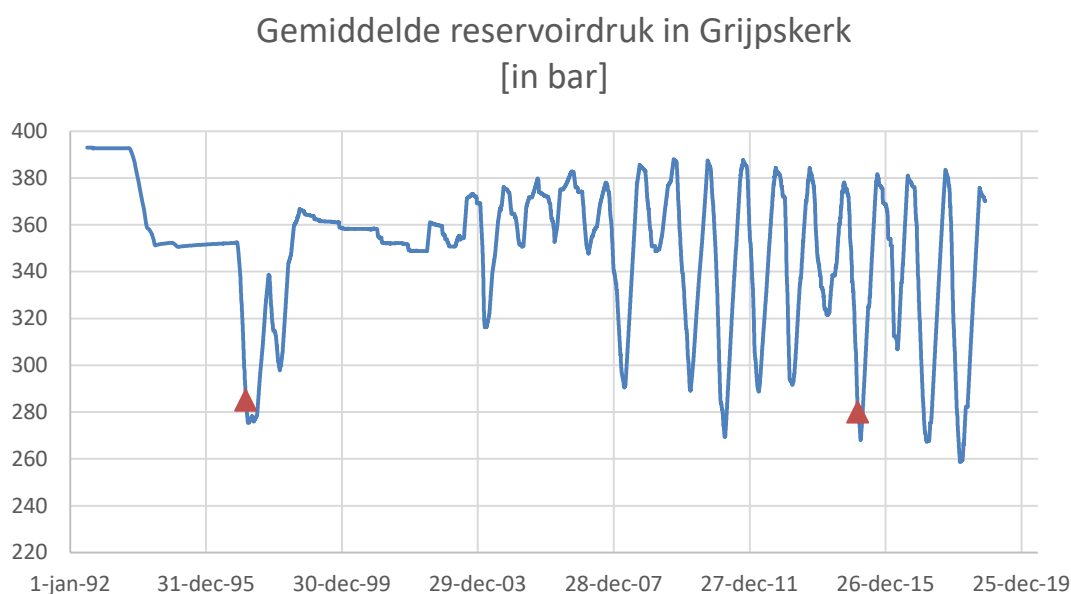
7.2 Historische bevingen boven het Grijpskerk veld

Boven het voorkomen Grijpskerk hebben in het verleden twee bevingen plaatsgevonden. De zwaarste beving had een magnitude 1,5 en heeft plaatsgevonden bij Kommerzijl op 1 maart 2015 en de tweede bij Pieterzijl had een magnitude van 1,3 en vond plaats op 2 maart 1997. Onderstaand Figuur 7-1 geeft deze observaties weer op een kaart. De beving bij Pieterzijl is gekoppeld aan Grijpskerk aangezien het gasveld Pieterzijl-Oost nog niet produceerde ten tijde van de beving.



Figuur 7-1: Historische bevingen boven Grijpskerk. De getallen naast de markers geven magnitude en datum. Blauwe labels geven de namen van de seismische stations die ook in Tabel 7-1 genoemd worden.

Figuur 7-2 toont de gemiddelde reservoirdruk en het moment van de beving. De bevingen vonden allebei plaats op het moment dat de druk laag was. De door het KNMI-netwerk geobserveerde bevingen zijn niet gevoeld en zijn te licht om enige schade te kunnen veroorzaken.



Figuur 7-2; Gemiddelde reservoirdruk in het Grijpskerk (status 2018). De driehoekjes geven het moment van de bevingen weer.

7.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

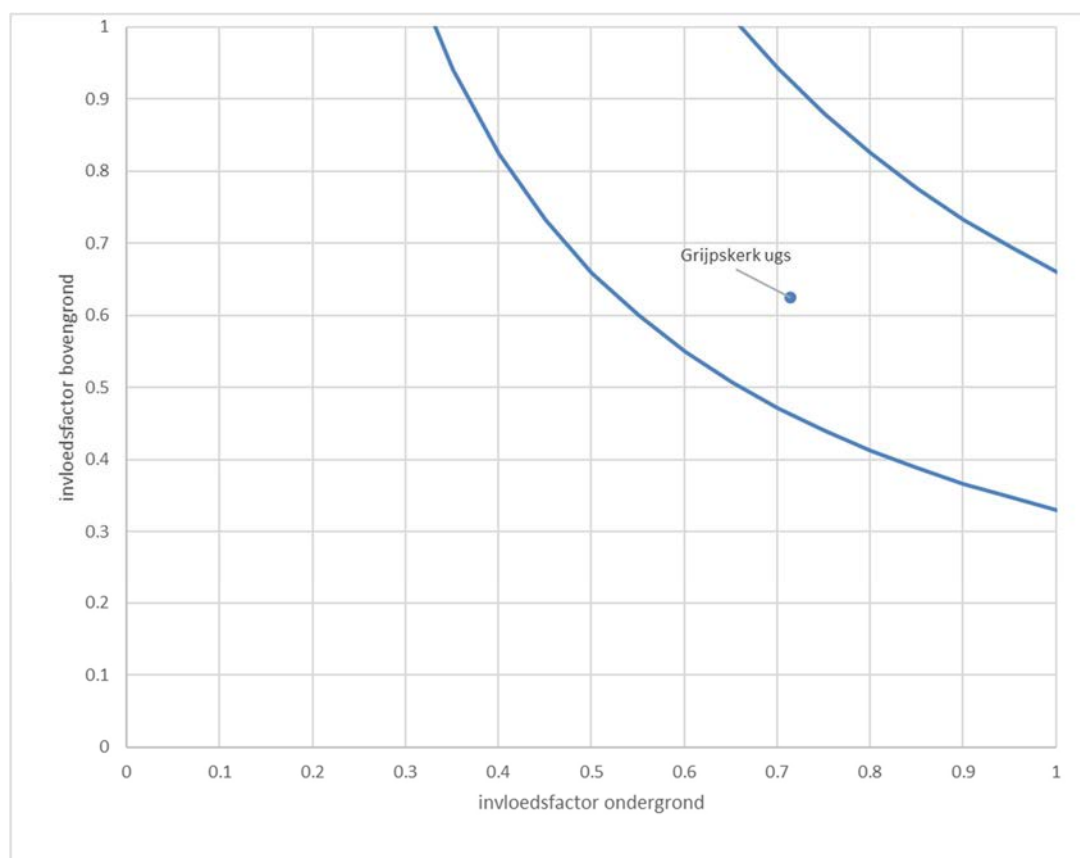
In 2016 heeft Staatstoezicht op de Mijnen een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd¹⁰. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 11-2. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

- De kans op een beving ($M \geq 1$) door gaswinning;
- De theoretische “maximale bevingsmagnitude” (M_{max}) als er een beving zou plaatsvinden.

In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukkaling tijdens een injectie/productiecyclus. Meer details over de berekening van deze parameters staan in bijlage B.

Figuur 7-3 toont de positie van het Grijpskerk voorkomen in de risicomatrix. Grijpskerk valt volgens de SRA in risicocategorie II.

¹⁰ methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016



Figuur 7-3; Seismisch risico gepresenteerd in de seismische risicomatrix.

7.4 Mogelijke bevingen door injectie van gas.

De NAM heeft in 2016¹¹ een uitgebreide studie uitgevoerd naar de mogelijke impact van injectie en productie in de Norg UGS op breukreactivatie. Samen met de meer generieke KEM studie¹² geven deze studies inzicht in mogelijke effecten van drukverandering bij gasopslagen zoals Grijpskerk. Beide studies laten zien dat seismische activiteit tijdens gasinjectie kan optreden. Tevens wordt de conclusie getrokken dat het seismische risico niet groter zal zijn dan het risico tijdens productie.

De KEM studie beschrijft de kritische belasting van breuken waarmee bevingen kunnen ontstaan. Wanneer de druk tijdens injectie nabij de initiële gasdruk ligt kunnen delen van de breuken, die al hebben bewogen tijdens de productiefase, opnieuw gaan bewegen en aardbevingen veroorzaken. Uit de KEM studie blijkt dat de verhoging van de gasdruk doorwerkt op een kleiner oppervlak van de breuk dan het oppervlak dat reeds bewogen heeft tijdens een productiefase. Dit zou voor Grijpskerk betekenen dat eventuele bevingen tijdens injectie kleiner zijn dan $M=1,5$. Bevingen van deze sterkte zijn niet voelbaar en veroorzaken geen schade. Het seismisch risico wordt dus voornamelijk bepaald door de productie van gas uit de opslag wat in dit opslagplan verder is uitgewerkt volgens de SRA-richtlijn van SodM.

¹¹ Norg UGS fault reactivation study and implications for seismic threat, 2016, EP201610208045.

¹² <https://www.sodm.nl/actueel/nieuws/2019/03/07/wetenschappelijk-onderzoek-naar-selsmisich-risico-bij-ondergrondse-opslagen>

7.5 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van de gasopslag uit het Grijpskerk veld

De praktijkervaring met gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren leert dat lichte aardbevingen ten gevolge van gasproductie uit de kleine velden in de meeste gevallen niet leiden tot schade. Toch kan de kans op schade aan bebouwing in de nabije omgeving van het epicentrum van een geïnduceerde aardbeving niet worden uitgesloten. Hierbij speelt zowel kwetsbaarheid van de bebouwing als de intensiteit van de beving een belangrijke rol.

Al in 1998 heeft KNMI beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macro seismische Schaal. Deze analyse toonde (kwalitatief) aan dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (bedoeld wordt scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele¹³ gebouwen. Dit laatste wordt bevestigd door de resultaten van de seismische hazard studie van TNO-NITG¹⁴. De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving en de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid. Deze afhankelijkheid wordt verder beschreven in een kalibratiestudie van TNO¹⁵.

In Hoofdstuk 9 worden de mogelijke effecten van bodemtrillingen op natuur en milieu beschreven.

7.6 Monitoring van bodemtrillingen

Seismische monitoringstations (versnellingsmeters en boorgatstations) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan met een onlineverbinding in contact met het KNMI. Een boorgatstation bestaat uit een aantal geofoons die op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* worden aangebracht. Geregistreerde aardbevingen worden automatisch vermeld op de website van KNMI. Na interpretatie van de gegevens door de specialisten van het KNMI kan een kleine aanpassing van de sterkte en/of locatie plaatsvinden.

De locatiedrempel is een maat voor de gevoeligheid van het netwerk. Deze drempel geeft de laagste aardbevingsmagnitude waarbij de locatie van de beving nog bepaald kan worden, de beving is dan door ten minste 3 monitoringstations waargenomen. Voor de gasopslag ligt de locatiedrempel tussen magnitude 0,0 en 0,5 (Figuur 7-4). Deze zeer lage drempel wordt gerealiseerd door vier seismische meetstations die in 2017 en 2018 zijn aangelegd boven de ondergrondse gasopslag Grijpskerk. Elk station bestaat uit vier op verschillende diepte geplaatste geofoons (50, 100, 150 en 200 meter) en een grondversnellingsmeter. In Tabel 7-1 staat een overzicht van de stations. De locatie van deze stations is weergegeven in Figuur 7-1.

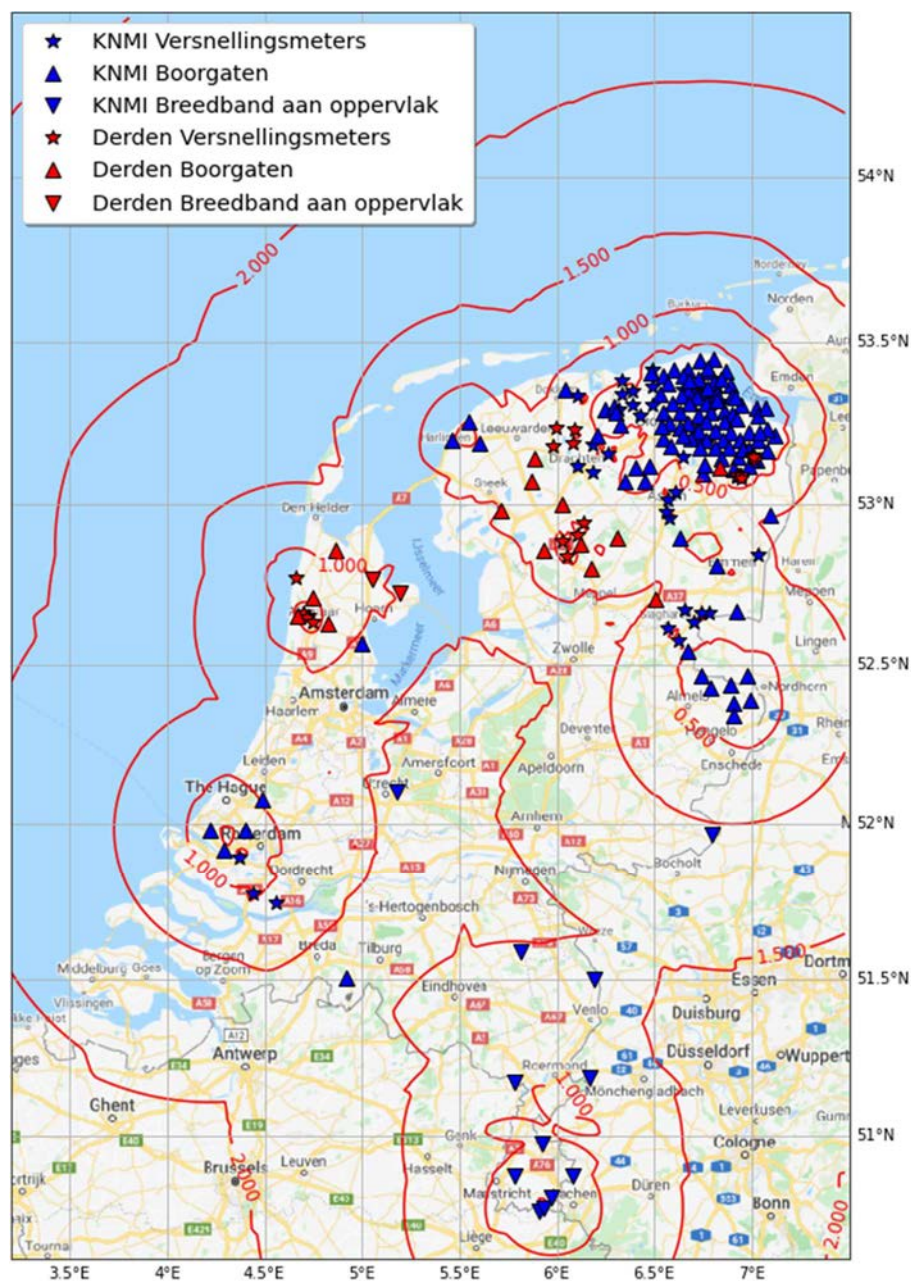
¹³ Met "enkele" wordt hier bedoeld dat deze schade niet uit te sluiten valt, maar ook niet verwacht kan worden bij veel gebouwen. Het woord "enkele" past bij het woord "few" zoals gebruikt in definities van de Europese Macro seismische Schaal. Hierbij is het schadepercentage van woningen kleiner dan 20%. Bij een hoge huizendichtheid rondom het epicentrum kan het dan nog steeds gaan om enkele tientallen woningen.

¹⁴ Wassing en Dost, 2012, TNO 2012 R11139

¹⁵ <https://www.nlog.nl/sites/default/files/tno-034dtm-2009-04435.zip>

Tabel 7-1; overzicht seismische meetstations.

Station	Adres
GK-01	Leegsterweg, Warfstermolen
GK-02	Stadsweg, Lauwerzijl
GK-03	Waardweg, Grijpskerk
GK-04	Hoendiep, Oldekerk



Figuur 7-4; Overzicht van de locatiedrempel in Nederland (status juni 2021)¹⁶. De driehoeken geven de locaties aan van de boorgatstations en de sterren van de versnellingsmeters. De omgekeerde driehoeken tonen de breedbandstations.

¹⁶ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/seismische-meetstations>

7.7 Onveranderd seismisch risico ten opzichte van vigerende opslagplan

De inschatting van het seismische risico is niet veranderd ten opzichte van het vigerend opslagplan. In het vigerend winningsplan behoort Grijpskerk UGS tot de zogenaamde B-categorie, velden waar lichte aardbevingen (Magnitude < 3) zijn geregistreerd. Op basis van de toenmalige categorisering valt Grijpskerk nog steeds in deze categorie. De methode waarmee het seismisch risico wordt ingeschat is echter veranderd. Hierdoor valt Grijpskerk UGS nu in "seismische risicocategorie II".

Dit betekent dat de volgende monitoringsverplichtingen en beheersmaatregelen aan het veld verbonden zijn volgens de “Leidraad SRA”, zoals gepubliceerd door Staatstoezicht op de Mijnen op 1 februari 2016:

1. Duiding van de uitkomst van de risicomatrix analyse (Mbw 34.g en Mbb. 24.1.q);
2. Monitoring met een minimale cataloguscompleteitheid in de omgeving van het veld van magnitude 1,5;
3. Monitoring in de omgeving van het veld aanvullen met accelerometers op de geofoon locaties;
4. Implementeren generiek seismisch-risicobeheersplan.

De NAM heeft vereiste 1 (duiding) en 4 (seismisch risicobeheersplan) behandeld in een apart document “NAM Seismisch Risicobeheersplan voor kleine velden”¹⁷. Het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden is te vinden op de NAM-website. Hierin wordt uitgelegd welke acties er worden genomen als bevingen worden geobserveerd, waarbij gebruik wordt gemaakt van een “verkeerslichtsysteem”. Hierbij moet worden opgemerkt dat bij opslag van laagcalorisch gas in Grijpskerk UGS het veld een kritische rol speelt in de leveringszekerheid van aardgas in Nederland. In deze situatie kan de NAM niet zelf besluiten hoe het opereren van de gasopslag wordt aangepast als bevingen worden geobserveerd.

Voor vereiste 2 is inmiddels ruim aan voldaan door de installatie van een netwerk zoals aangegeven in Figuur 7-4. De stations bij Grijpskerk zijn allen uitgerust met een accelerometer waarmee ook voldaan is aan punt 3.

Technische details over de SRA-berekening staan in Bijlage B.

7.8 Afhandeling van schade

Particulieren en micro-ondernemers die denken dat zij schade hebben door mijnbouw kunnen dit bij de Commissie Mijnbouwschade melden. De Commissie Mijnbouwschade is benoemd door de minister van Economische Zaken en Klimaat, en werkt volgens het instellingsbesluit en het schadeprotocol. Hierin staat dat de commissieleden volledig onafhankelijk zijn en beoordelen op basis van hun deskundigheid, procedures en protocol.

De website van de Commissie Mijnbouwschade (www.commissiemijnbouwschade.nl) geeft verdere informatie. Het uitgangspunt van de Commissie Mijnbouwschade bij het behandelen van een schademelding is dat dit laagdrempelig, transparant en snel is. Om de schadeafhandeling eenvoudig te maken, nemen ze in de praktijk de bewijslast van de schademelder over. De Commissie Mijnbouwschade doet onderzoek en geeft onafhankelijk en deskundig advies. De mijnbouwonderneming zal dit advies volgen en de toegekende schade door mijnbouwactiviteiten vergoeden.

¹⁷ NAM Seismisch Risicobeheersplan voor “kleine velden” (onshore gasvelden, exclusief het Groningen gasveld). NAM Rapport: EP201712203519 (2018). <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>

8 Overige omgevingsaspecten

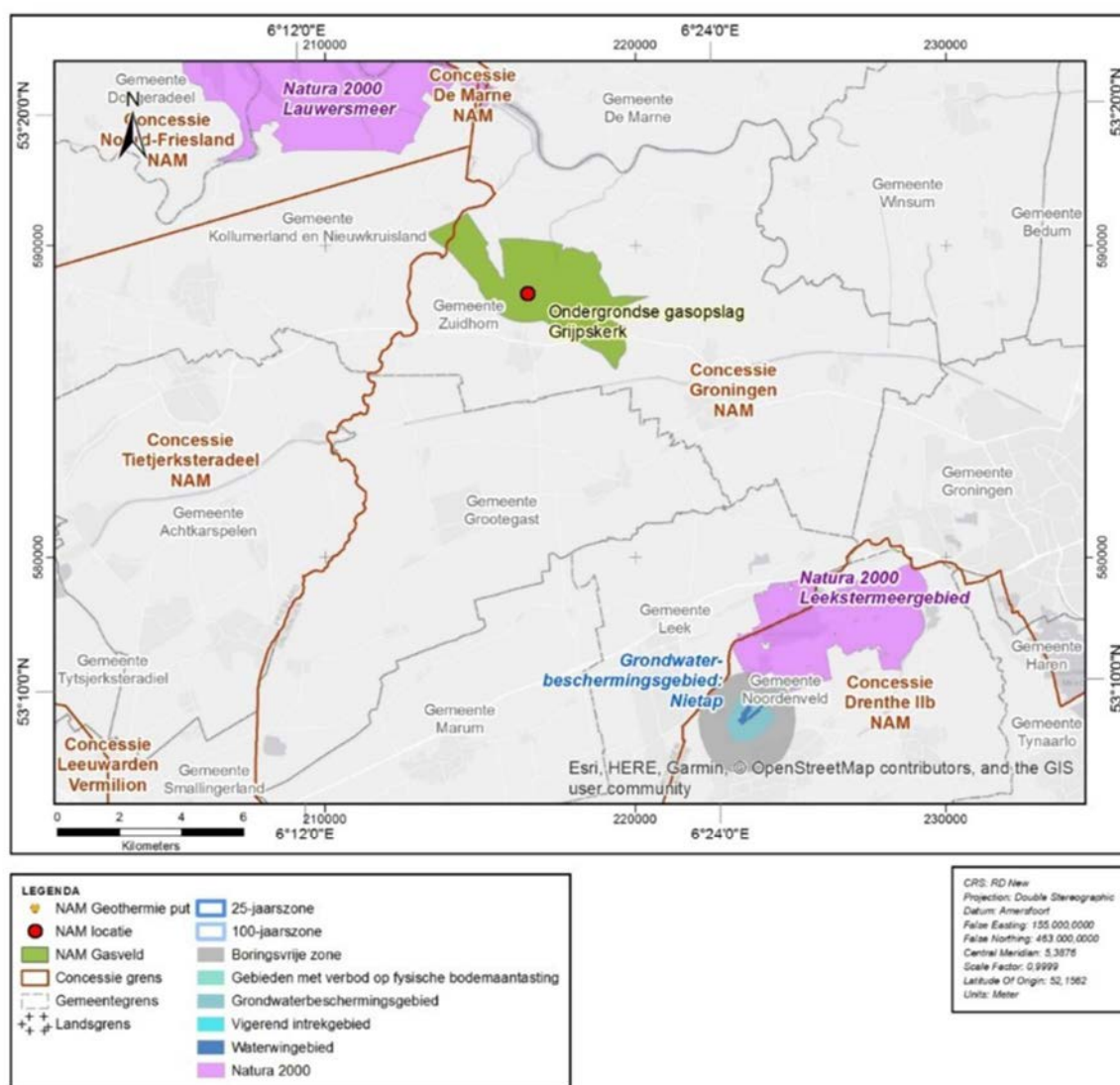
8.1 Algemeen

De opsporing, winning en opslag van aardgas kan mogelijke gevolgen, anders dan bodemdaling en trillingen, met zich meebrengen voor de omgeving. Deze mogelijke gevolgen worden beoordeeld door het bevoegd gezag in andere vergunningen dan het opslagplan. De omgevingsaspecten zijn onafhankelijk van de verbrandingswaarde van het opgeslagen gas.

Een overzicht van de mogelijke gevolgen en in welke vergunningprocedure(s) deze worden behandeld, staat in de volgende tabel.

Gevolgen m.b.t.	Besluit
Bodem/grondwaterverontreiniging	Omgevingsvergunning milieu
Luchtverontreiniging (emissies)	Omgevingsvergunning milieu
Oppervlaktewaterverontreiniging	Omgevingsvergunning milieu Watervergunning
Externe veiligheid	Omgevingsvergunning milieu
Natuur	Wet natuurbescherming

8.2 Effecten op natuur en milieu



Figuur 8-1 : Omgeving van Grijpskerk UGS.

Algemeen

Voor natuur geldt een zorgplicht vanuit de Wet natuurbescherming. Beschermde en aangewezen natuurwaarden mogen niet nadelig worden beïnvloed. Als nadelige effecten van mijnbouwactiviteiten niet op voorhand uitgesloten kunnen worden, dienen deze “Passend Beoordeeld” te worden en dient er een vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming te worden aangevraagd. De Wet natuurbescherming regelt in Nederland de beschermde van aangewezen natuurgebieden.

In deze effectbeoordeling wordt gekeken naar de effecten vanwege bodemdaling als gevolg van de voorgenomen injectie/productiecyclus uit het voorkomen Grijpskerk. In eerste instantie wordt een beoordeling gegeven van de op zichzelf staande bodemdaling, daarna volgt nog een beoordeling van de mogelijke cumulatieve gevolgen in samenhang met overige aanwezige gasvelden.

Directe effecten van bodemdaling op beschermde natuurwaarden zijn op voorhand uit te sluiten aangezien de activiteit in de diepe ondergrond plaatsvindt. Wel kan eventuele bodemdaling indirecte gevolgen hebben voor beschermde natuurwaarden doordat het de waterhuishouding kan beïnvloeden.

Voor bodembeweging als gevolg van de voorgenomen activiteit zal beoordeeld worden in hoeverre nadelige effecten op voorhand kunnen worden uitgesloten.

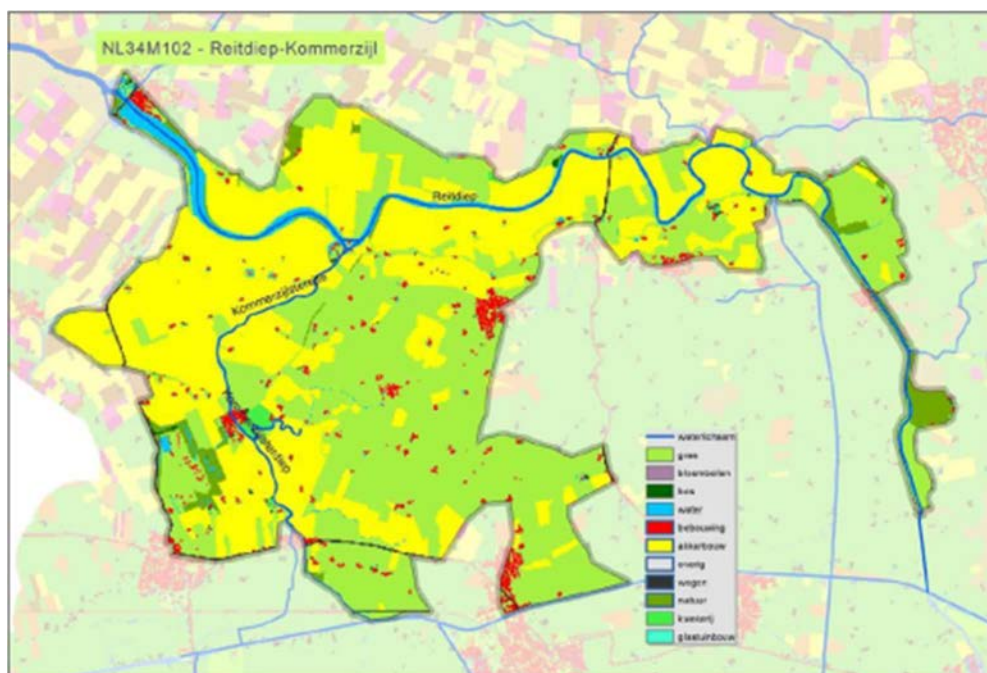
Beschrijving bodemdalingsgebied Grijpskerk

Grijpskerk ligt in het Westerkwartier van de Provincie Groningen. In het Westerkwartier zijn verschillende landschapstypen te onderscheiden. Kenmerkende landschapselementen voor het centrale deel van het Westerkwartier zijn de zandruggen die na de voorlaatste ijstijd zijn achtergebleven. Op deze ruggen liggen de oude dorpen. Buiten die dorpen ligt een verdicht houtwallen- en houtsingellandschap. Tussen de zandruggen liggen laagveengebieden. De natuur op de hoger gelegen zandruggen wordt gekenmerkt door een zandige, relatief voedselarme bodem met elzensingels en houtwallen. De lagergelegen veengebieden bestaan vooral uit open grasland op een voedselrijke veen- en kleibodem. Het landschap is veel opener met sloten als perceel randen. We spreken van een laagveenlandschap. Aan de noordzijde van het Westerkwartier liggen zeekleipolders. Dit deel van het Westerkwartier wordt tot het dijkenlandschap gerekend.

De omgeving van Grijpskerk ligt in de overgang van het zogenaamde singelgebied naar het stroomdal van de Oude Riet. Het landschap wordt gekenmerkt door “hoogtes” en “laagtes” die elkaar afwisselen. De omgeving van Grijpskerk en het gebied ten noorden daarvan is bestemd voor grootschalige landbouw. Waardevolle natuurgebieden voor weidevogels, zoals de “Polder de kale weg” of “Polder de oude Riet” liggen meer naar het zuiden. De relevante natuurwaarden in het betreffende bodemdaling gebied zijn enerzijds de watertjes de Kommerzijlsterrijt en het Niehoofsterdiep. Deze stroompjes zijn onderdeel van de Electra boezem en staan in verbinding met het Lauwersmeer, wat van belang is voor vissen.

Anderzijds is er de nieuw aangelegde natuur bij de NAM-locatie Grijpskerk UGS. Veldonderzoek bij de UGS laat zien dat veel van de oorspronkelijke inrichtingsdoelstellingen voor het gebied zijn behaald. Er is een gevarieerd terrein ontstaan met opgaand bos, waterpartijen, rietlanden, ruigten en graslanden. Vooral de natte en droge schraallanden op het terrein hebben hoge natuurwaarden. Verschillende zeldzame en/of Rode Lijst-soorten als Geelhartje, Parnassia en Moeraswespenorchis zijn daar aanwezig. Tegelijkertijd toont de kartering aan dat de gewenste oppervlakte en diversiteit aan soorten- en kruidenrijke vegetaties niet aanwezig is. Een groot deel van de beoogde oppervlakte schraalland is sterk verruigd met soorten als Riet en ruigtekruiden. In potentie is een veel groter areaal schraalland mogelijk dan nu aanwezig is.

In het beheerplan natuurpark Noorderriet (NAM-park), staan voorstellen om de natuurwaarden van het park te vergroten. De belangrijkste maatregel is het aanpassen van het huidige maaibeheer om verruiging terug te dringen en graslanden te verschromen. Hierdoor kan het areaal schraallanden met de daarin aanwezige natuurwaarden behouden blijven en uitbreiden. De variatie in bloemen en de insectenrijkdom die dit oplevert zorgen tevens voor een aantrekkelijk beeld voor recreanten.



Figuur 8-2: Ligging waterlopen binnen het waterlichaam Reitdiep-Kommerzyl en het landgebruik.

Op een afstand van ca. 5 km begint het Natura 2000-gebied het Lauwersmeer. Het Lauwersmeergebied is een waterrijk natuurgebied dat in 1969 is ontstaan door afsluiting van de Lauwerszee. Met de afsluiting van de Waddenzee verdween de getijdenstroming in het gebied en nam de invloed van zout zeewater snel af. Omdat er minder water door de geulen stroomde, waren de wadplaten en schorren onderhevig aan erosie en werden de geulen ondieper. Om te voorkomen dat de platen zouden verdwijnen zijn de plaatranden op verschillende plekken verstevigd door er stenen te storten. In de loop der jaren is de vegetatie die karakteristiek is voor kwelders en duinvalleien verdwenen, met uitzondering van een paar plekken waar nog steeds invloed is van zout grondwater. Ook is op een aantal plekken in het gebied bos aangeplant. Het huidige beheer is erop gericht het landschap open te houden en de instandhoudingsdoelen na te streven. Dit beheer bestaat voornamelijk uit begrazing door vee en maaien. Een meer natuurlijk fluctuerend waterpeil zou goed zijn voor de rietontwikkeling in het gebied.

Het Lauwersmeer is in 2010 aangewezen als vogelrichtlijngebied. Deze aanwijzing heeft betrekking op 29 soorten als "niet-broedvogels" en 13 soorten broedvogels. Van de niet-broedvogels zijn de volgende soorten 'kwalificerende soorten': Fuut, Aalscholver, Lepelaar, Kleine Zwaan, Wilde Zwaan, Kolgans, Dwerggans, Grauwe Gans, Brandgans, Bergeend, Smient, Krakeend, Wintertaling, Wilde Eend, Pijlstaart, Slobeend, Tafeleend, Kuifeend, Brilduiker, Nonnetje, Zeearend, Meerkoet, Kluut, Bontbekplevier, Goudplevier, Grutto, Wulp, Zwarte Ruiter en Reuzenster. Bij de broedvogels gaat het om: Roerdomp, Bruine Kiekendief, Grauwe Kiekendief, Porseleinhoen, Kluut, Bontbekplevier, Kemphaan, Noordse Stern, Velduil, Blauwborst, Paapje, Snor en Rietzanger. Voor de meeste broedvogels worden de instandhoudingsdoelstellingen niet gehaald. Uitzonderingen zijn de Blauwborst en de Snor. Voor de soorten niet-broedvogels blijven vooral de populaties steltlopers en enkele soorten eenden en ganzen achter.

Kenmerkend zijn de soorten die voor hun broedsucces van waterriet afhankelijk zijn. Denk hierbij aan de Roerdomp en het Porseleinhoen. Het afkalven van de oevers en begrazing door vee leiden tot achteruitgang van waterriet in het gebied. Het stabiele, onnatuurlijke waterpeil houdt de uitbreiding van nieuw riet tegen. Het verbeteren van de plas-dras situatie langs de oevers van het Lauwersmeergebied en het uitbreiden van de rietkragen staat hoog op de agenda van de beheerder. Naast de invloed van veranderingen in vegetatiestructuur door beweiding en verruiging, heeft de vos

waarschijnlijk een effect op de Bruine Kiekendief en de Kluut. De Bruine Kiekendief heeft een groot areaal, hoge kwaliteit, landriet nodig om zijn nest effectief te verstoppen (Kleefstra et al. 2017).

Effectbeoordeling bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling als gevolg van de maximale injectie-/productiecyclus uit het voorkomen Grijpskerk is minder dan 2cm. Aangezien de voorspelde daling zeer klein is en het ook niet mogelijk is een dergelijke kleine daling met voldoende precisie te meten, zijn er geen contouren getoond (zie Figuur 8-3).

Doordat de bodemdaling zo minimaal is, zal verhoging van het grondwaterpeil als gevolg van bodemdaling ook minimaal zijn. Dit zal naar verwachting geen nadelig effect hebben op de natuurwaarden nabij locatie Grijpskerk-UGS en in de omgeving. Bij een daling van minder dan 2 cm (op land) in gebieden met een kunstmatig peilbeheer is de mate van bodemdaling aanzienlijk kleiner dan de jaarlijkse schommelingen in de waterstand (verschil zomer- en winterpeil). Ook zal deze geringe bodemdaling gelet op de afstand niet van invloed zijn op de bestaande waterhuishouding van het Natura 2000 – gebied Lauwersmeergebied. Daarmee zijn eventuele effecten op natuurwaarden in het Lauwersmeergebied op voorhand uit te sluiten.

Effectbeoordeling cumulatieve bodemdaling

De cumulatieve bodemdaling vanwege bestaande gaswinning is van invloed op het Lauwersmeergebied (zie Figuur 8-4). De bijdrage hieraan vanwege de voorgenomen opslag activiteit is echter minimaal.

In algemene zin kan worden gesteld dat de mate van bodemdaling die onder het Lauwersmeergebied optreedt gering is. Bodemdaling door gaswinning heeft geen effect op de omvang van het areaal land- of waterriet en ook niet op de kwaliteit van deze rietvoorkomens. Dit is bekend uit de jaarlijkse monitoring en het onderzoek dat de NAM in het gebied laat uitvoeren als onderdeel van de Wet Natuurbeschermingsvergunning voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (zie bijvoorbeeld Bijkerk et al 2017, Beemster 2017 en Kleefstra et al 2017). Deze monitoringsresultaten worden jaarlijks gerapporteerd aan de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid (LNV) die ze ter kwaliteitscontrole voorlegt aan de commissie voor de m.e.r.

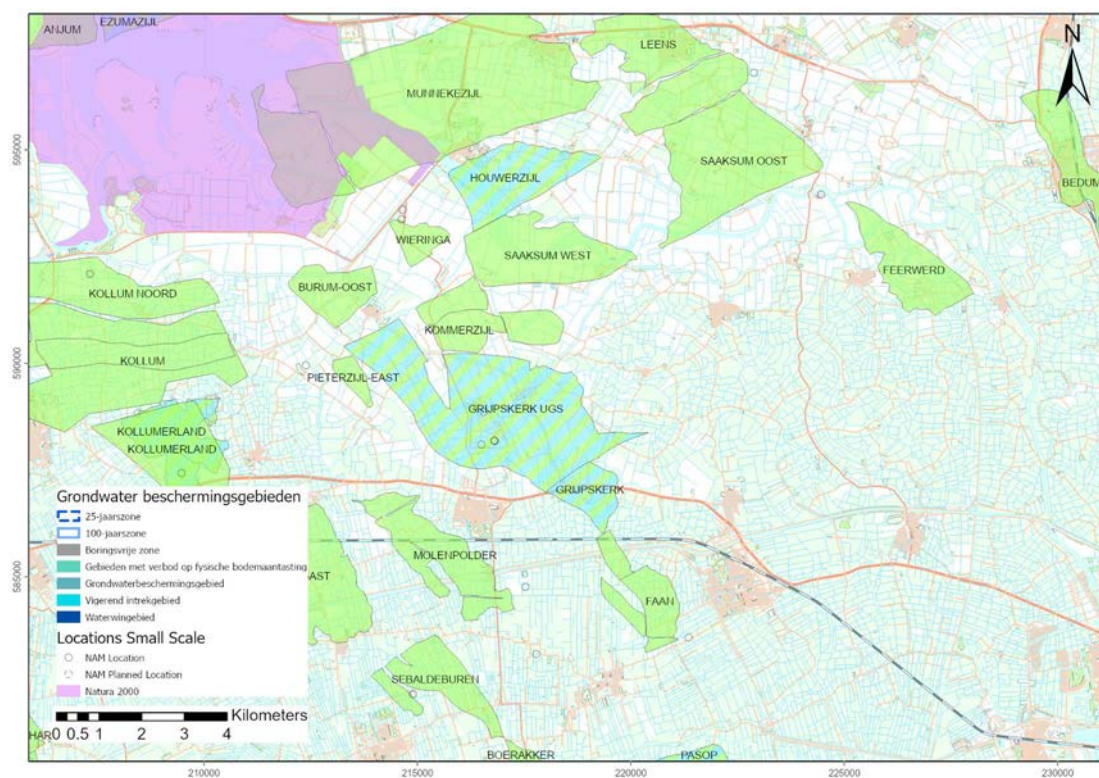
Op basis van de bestaande monitoring en eerdere effectbeoordeling in het kader van de Wet Natuurbeschermingsvergunning kan daarom aangenomen worden dat de voorgenomen activiteit met zekerheid niet tot negatieve effecten zal leiden op het Natura 2000 gebied Lauwersmeer.

Effectbeoordeling bodemtrillingen in relatie tot Natuur en Milieueffecten

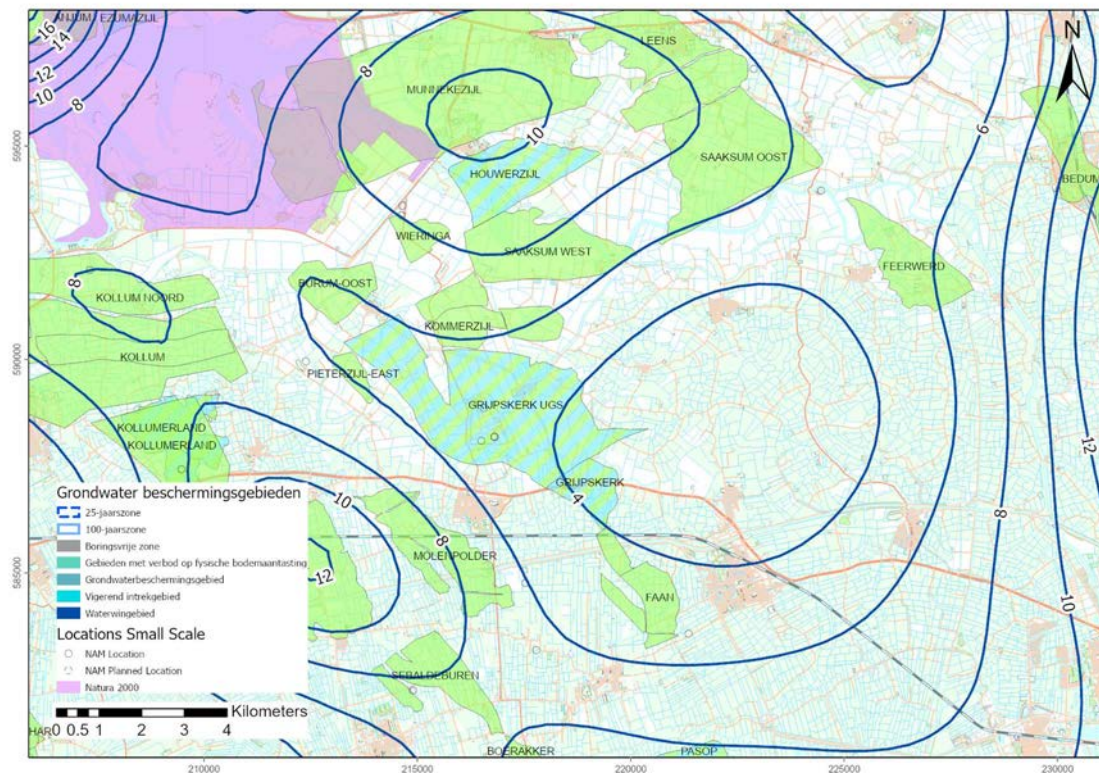
Uit de Seismische Risico Analyse toont dat het Grijpskerk gasveld in Categorie II valt (middelste risicocategorie). Negatieve gevolgen voor natuur en milieu door bodemtrillingen worden niet verwacht en worden daarom niet nader beschouwd.

Bodem- en grondwaterverontreiniging

De NAM bouwt, onderhoudt en beheert installaties zo dat het risico op bodem-/grondwaterverontreiniging verwaarloosbaar klein is. Het Activiteitenbesluit en de omgevingsvergunning bevatten regels hieromtrent die door de NAM worden nageleefd, en Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) ziet bovendien toe op deze naleving. Indien toch door een incident bodem-/grondwaterverontreiniging ontstaat, zal NAM deze verontreiniging saneren in het kader van de Wet bodembescherming. Gedeputeerde staten van de desbetreffende provincie zijn hiervoor bevoegd gezag. De NAM en de toezichhouders hanteren een strikt controlebeleid waardoor de kans op bodemverontreiniging zeer gering is. Gevaar voor de volksgezondheid door het optreden van incidenten is niet te verwachten.



Figuur 8-3, bodemdaling ten gevolge van gasproductie van het werkvolume van Grijpskerk



Figuur 8-4; Bodemdaling voor 2050 als gevolg van winning van alle gasvelden

9 Verklarende woordenlijst

Aquifer	Ondergronds, watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
Cm	Uniaxiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente als door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GIIP	Volume gas initieel aanwezig in het voorkomen (in Nm ³)
GNSS	Global Positioning System: systeem voor plaats- en hoogtebepaling met behulp van satellieten
GWC	Gas-water contact diepte (in meter onder NAP)
Kern	Gesteentemonster uit de ondergrond verkregen bij het boren van een put
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
m RT	Diepte gemeten in m langs het boortraject, vanaf de boortafel (RT)
Mb	Mijnbouwbesluit
MER	Milieu-Effect-Rapportage
Mw	Mijnbouwwet
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
Nm ³	Gasvolume in kubieke meter bij 0 °C en 1.01325 bara
Permeabiliteit	De mate waarin een (poreuze) vaste stof een andere stof (gas of vloeistof) doorlaat. Indien een materiaal een andere stof niet doorlaat heet het materiaal voor die stof impermeabel.
Porositeit	Verhouding tussen het poriënvolume en het totale volume van het gesteente.
RD-coördinaat	Coördinaten in het topografische kaartmateriaal zijn vermeld in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD). De auteursrechten en databankrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2006
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
SRA	Seismische Risico Analyse
Tcbb	Technische Commissie Bodembeweging
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
Natura 2000	Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden.
Accelerometer	Een meetapparaat dat de versnelling, in dit geval van de grond, kan meten.
Gefoon	Een soort microfoon om trillingen van de aarde te registreren.
HAK	Hand-aan-de-Kraan is een jaarlijkse toetsing op effecten op de natuur.

10 Bijlage A: Beschrijving compactie model en onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor het Grijpskerk voorkomen is de onzekerheid in de C_m (compressibiliteit) vertaald naar de onzekerheid over de mogelijke bodemdaling. In andere winningsplannen wordt deze bron van onzekerheid gecombineerd met de onzekerheid over de mogelijke drukken in de toekomst. Deze laatste component geldt niet voor Grijpskerk omdat de drukken in de toekomst voor de gasopslag vastliggen. De C_m onzekerheid bevat meerdere componenten: onzekerheid over het compactie gedrag, onzekerheid over de depleterende dikte en onzekerheid over de compressibiliteit op basis van coreplug metingen. Niet al deze onzekerheden zijn kwantitatief te bepalen en daarom is er voor een inschatting ervaring uit het verleden gebruikt. Voor een nieuw voorkomen op land wordt deze onzekerheid geschat op 75% op basis van ervaring uit het verleden. Na één of meerdere bodemdalingsmetingen is meer kennis beschikbaar gekomen over de combinatie van de depleterende dikte en compressibiliteit waarmee de onzekerheid geschat wordt op 25%. Een vertaling van compactie naar bodemdaling kan worden gemaakt m.b.v. van de Geertsma formule:

$$H_{max} = 2 C_m (1 - \nu) \Delta P H \left(1 - \frac{D/R}{\sqrt{1 + (D/R)^2}} \right)$$

Waarbij:

D : Diepte veld [m]

H : Depleterende reservoir dikte [m], in deze analyse constant gehouden om dat de onzekerheid over de depleterende dikte verdisconteerd is in de C_m onzekerheid.

ΔP : reservoir depletie (huidige druk – eind druk) [bar]

ν : Poisson's ratio [-]

R : straal van het veld [km], waarbij de straal wordt gekozen op basis van een vergelijking met de omtrek van het veld zoals getoond in Bijlage B.

De op deze manier berekenende bodemdalingsonzekerheid is getabuleerd in onderstaande tabel.

Tabel 10-1: Onzekerheid van de bodemdalingsprognose in het diepste punt voor de verschillende productiescenario's.

Voorkomen	Compressibiliteit (10^{-5} bar^{-1})	Onzekerheid compressibiliteit	Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)
Grijpskerk UGS	0,56	25%	<2	<2

11 Bijlage B: Seismische Risico Analyse: Details en Achtergronden

De winning van aardgas gaat gepaard met een daling van de druk in de ondergrond met als gevolg een verandering van de gesteentespanningen. Deze verandering van spanning kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor mogelijk een lichte aardbeving kan plaatsvinden. In Nederland is/wordt door de NAM uit ongeveer 80 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven vijf velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter).

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd¹⁸. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 11-2. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

- De kans op een beving ($M \geq 1$) door gaswinning;
- De theoretische “maximale bevingsmagnitude” (M_{max}) als er een beving zou plaatsvinden.

In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario.

Theoretisch kader seismische risicoanalyse volgens de leidraad

Stap 1:

In stap 1 worden alle voorkomens bekeken. De voorkomens die direct in risicocategorie I (zeer laag seismisch risico) vallen zijn:

- voorkomens die niet meer produceren
- én voorkomens die niet seismisch actief zijn geweest en waarvoor de kans verwaarloosbaar is dat ze in de toekomst seismisch actief kunnen worden of waarvoor M_{max} laag uitvalt ($M_{max} < 2,5$).

Voorkomens die niet aan deze criteria voldoen schuiven door naar stap 2.

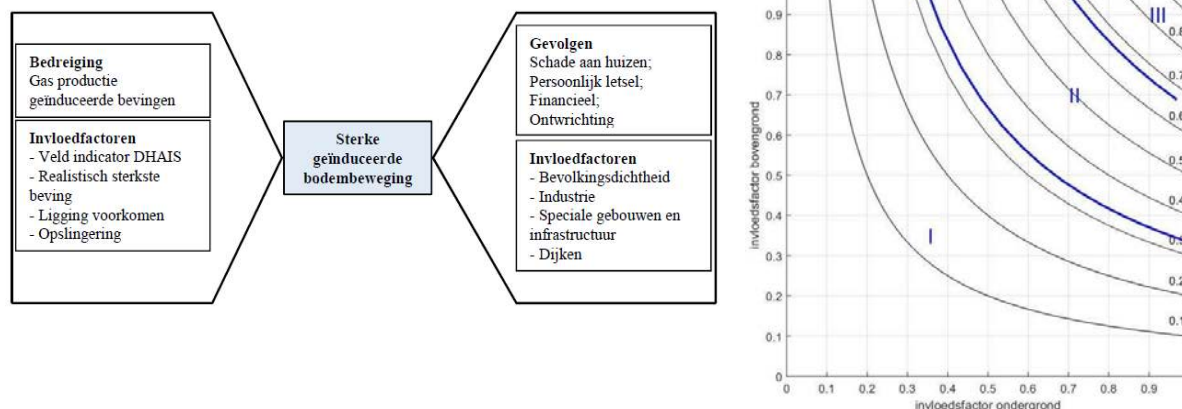
Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die

- seismisch actief zijn geweest
- óf een niet verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor $M_{max} \geq 2,5$ is.

In stap 2 wordt op basis van een risicomatrix het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 11-1 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke groundbeweging (de “invloedfactoren ondergrond”) en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de “invloedfactoren bovengrond”).

¹⁸ methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016



Figuur 11-1: Links: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen (SodM, 2016). Rechts: De risicomatrix. De zwarte lijnen zijn lijnen van gelijk genormaliseerd risico. De verdeling in categorieën is gedaan op basis van 1/3 en 2/3 van het genormaliseerde risico. (SodM, 2016).

In de risicomatrix-analyse worden de verschillende factoren zoveel mogelijk kwantitatief geanalyseerd en op basis van de uitkomst wordt per factor een score bepaald. De scores van de individuele factoren worden vervolgens opgeteld, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt verkregen. Deze scores worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor ondergrond c.q. bovengrond en in de risicomatrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie wordt bepaald (Figuur 11-1, rechts).

De volgende invloedfactoren voor de ondergrond staan beschreven in de leidraad van SodM:

- Veld indicator DHAIS. Deze methode beschrijft hoe de kans op het mogelijk optreden van een beving in een voorkomen kan worden berekend aan de hand van ondergrondse kenmerken. Deze kans moet gezien worden als een indicatie van de kans op *een* beving¹⁹ gedurende de productietijd van het veld die bepaald is op basis van alle observaties van bevingen boven alle gasvelden in Nederland.
- Realistisch sterkste beving (Mmax). Voor een theoretische inschatting van de sterkste beving zijn twee verschillende benaderingen genomen:
 1. Een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving
 2. Een maat voor de mogelijke bevingsmagnitude als de langste breuk in het producerende veld in zijn geheel in één keer in beweging zou komen.
 Methode [1] resulteert doorgaans in lagere waarden voor Mmax dan methode [2]. Dit kan erop wijzen dat de totale hoeveelheid beschikbare energie die tot een beving kan leiden waarschijnlijk niet voldoende is om de grootste breuken in een veld in één keer in beweging te brengen.
- Ligging van het voorkomen. In de SRA-methodiek (SodM, 2016) wordt er een onderscheid gemaakt tussen velden ten noorden van de lijn Amsterdam-Arnhem en velden ten zuiden van deze lijn. Dit onderscheid is gemaakt op basis van observaties. Er is nog nooit een aardbeving door gaswinning waargenomen ten zuiden van de lijn Amsterdam-Arnhem.

¹⁹ De magnitude van een mogelijke beving ligt tussen de 1,5 en de magnitude voor de realistische sterkste beving, waarbij de kans logaritmisches afneemt met de magnitude.

- Opslingering; de ondiepe ondergrond kan een opslinging veroorzaken van de seismische golven en wordt daarom boven het veld gekarakteriseerd. Voor relatief slappe ondergrond (veen, klei) is dit effect groter dan voor relatief stevige ondergrond (zand).

Het mogelijke gevolg van een beving volgt uit een analyse en score van de invloedfactoren bovengrond: bevolkingsdichtheid, industrie, speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken.

- Voor de bepaling van de bevolkingsdichtheid wordt de CBS Statline data gebruikt; hierbij krijgt de categorie flats/appartementencomplexen extra aandacht in de uiteindelijke score.
- Industriële inrichtingen, speciale gebouwen en vitale infrastructuur en dijken worden in kaart gebracht m.b.v. de risicokaart. (<http://www.risicokaart.nl>)

Als uit het voorgaande blijkt dat voorkomen(s) binnen een Winningsplan in risico categorie III vallen gaan deze door naar Stap 3.

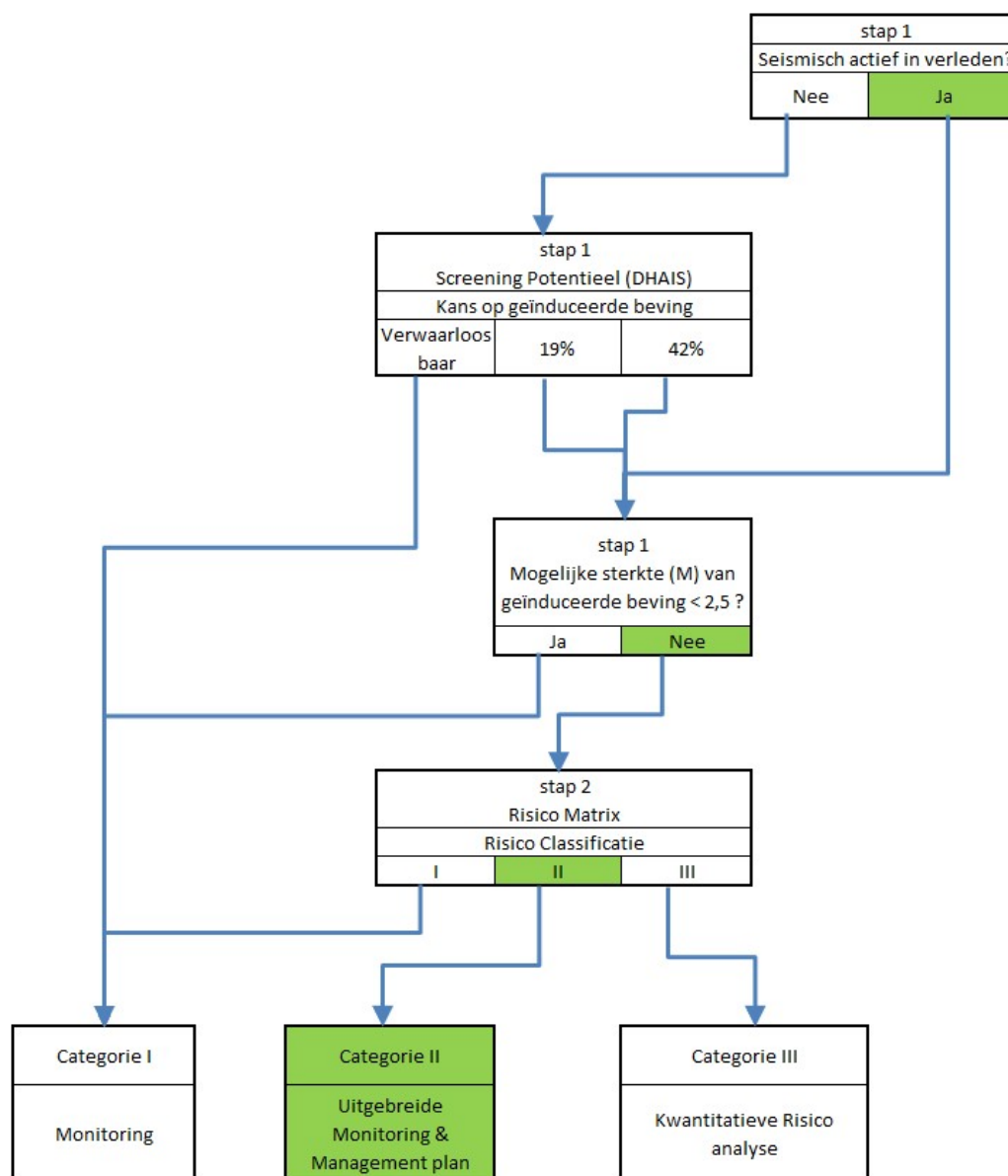
Stap 3

In deze stap worden alleen de voorkomens die in Categorie III vallen verder bestudeerd. Voor deze voorkomens dient een Kwantitatieve Risico Analyse uitgevoerd te worden. Van alle bekende voorkomens in Nederland valt alleen het Groningen gasveld in deze categorie.

11.1 Seismische Risico Analyse voor het Grijpskerk voorkomen

In stap 1 van de risicoanalyse wordt gekeken of het veld al gebeefd heeft of wat de kans op een mogelijke beving is gedurende de levensduur van het veld. Daarnaast wordt een inschatting gemaakt van de maximale magnitude. In Figuur 11-2 staan voor Grijpskerk de uitkomsten in groen voor de verschillende stappen.

Boven het Grijpskerk voorkomen hebben al bevingen plaatsgevonden en wordt de maximale beving op $\geq 2,5$ ingeschat. Daarom wordt in "Stap 2" de positie van Grijpskerk in de risicomatrix bepaald.



Figuur 11-2: De verschillende stappen die doorlopen zijn voor Grijpskerk om de risicocategorie te bepalen.

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor het Grijpskerk voorkomen.

In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale druksdaling volgens het hoog productiescenario.

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)²⁰ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2012 is een update van deze studie uitgevoerd, waarin alle nieuwe data zijn

²⁰ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit

meegenomen tot mei 2010²¹. Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

- DP/P_{ini}: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (P_{ini}) in het reservoir;
- E : de verhouding tussen de Young's moduli (stijfheidsmoduli) van de 'overburden' en het reservoirgesteente;

$$E = \frac{E_{burden}}{E_{reservoir}}$$

- B : een maat voor de breukdichtheid van het reservoir.

$$B = \frac{\text{breukoppervlakte}^{3/2}}{\text{brutogesteentevolume}} = \frac{l_b^{3/2} \cdot h^{3/2}}{A \cdot h} = \frac{l_b^{3/2} \cdot \sqrt{h}}{A}$$

Waarbij:

l_b = De totale breuklengte van de intra reservoir breuken en de randbreuken van het voorkomen in meters;

h = De maximale dikte van de gaskolom van het voorkomen in meters;

A = De oppervlakte van het voorkomen gemeten binnen de GWC-dieptecontour (in vierkante meters);
De combinatie van de parameterwaarden geven een kans op beven voor een bepaald voorkomen gedurende de productietijd.

Reeds bevende voorkomens	
DP/P _{ini} ≥ 28%	B > 0,86 en E ≥ 1,34: P _h = 0.42 ± 0.08
	B > 0,86 en 1,01 ≤ E ≤ 1,33: P _l = 0.19 ± 0.05
	B < 0,86 en/of E < 1,01: verwaarloosbare kans
DP/P _{ini} < 28%	Verwaarloosbare kans

De waarden die zijn gebruikt in de bepaling van de DHAIS kans zijn gegeven in Tabel 11-1.

Tabel 11-1: Invoergegevens voor de bepaling van de DHAIS en de DHAIS-kansen.

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m) ²²	Initiële druk (bar)	Totale drukdaling volgens het hoog productie-scenario (bar)	Totale breuklengte (km)	Reservoir oppervlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS	DHAIS	DHAIS
								E ²³	B	kans
Grijpskerk UGS	200	393	148	32,4	13,6	1,5	< 5 per jaar	1,28	6,05	bevend veld

²¹ TNO-rapport 2012 R10198. Van Thienen, 2012. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland.

²² Voor de DHAIS berekening wordt zowel de hoogte van de gaskolom als de totale reservoirdikte beschouwd. Het minimum van deze twee wordt gekozen voor de berekening van de "B" waarde zoals voorgeschreven door de DHAIS methodiek.

²³ Young's moduli ratio volgens TNO rapport: Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde Seismiciteit, NITG 04-171-C. Voor nieuwe velden wordt de ratio van een analoog veld met dezelfde reservoir seal combinatie gebruikt.

Realistisch sterkste beving

Naast de kans op beven, wordt ook een theoretische waarde voor de “realistisch sterkste beving” (Mmax) bepaald. Er worden twee methoden gebruikt om de Mmax waarde te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. In de Seismisch Risico Analyse leidraad worden beide methoden gebruikt. Voor de berekeningen van de Mmax is uitgegaan van de standaardwaarden voor de “stress drop” en “partitie coëfficiënt” die gegeven zijn in de leidraad (respectievelijk 5 MPa en 0,01). De veld specifieke waarden die benodigd zijn voor de berekeningen en de uitkomsten voor de Mmax staan vermeld in Tabel 11-2.

Tabel 11-2 : Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en de Mmax waarden volgens de twee methoden.

Voorkomen	Langste breuklengte (km) ²⁴	Poisson's ratio ²⁵	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Grijpskerk UGS	4,2*	0,2	200	3,3	3,9*

*Belangrijk bij de bepaling van de Mmax is de langste breuklengte. In de bijlage van het advies van SodM over de actualisatie 2019 van Grijpskerk UGS geeft SodM aan dat de gehele randbreuk kan worden meegenomen bij de bepaling van de Mmax. De NAM denkt dat het onwaarschijnlijk is dat een mogelijke seismische verplaatsing van de breuk zich verder uitstrekt dan de zuidelijke punt van de breuk. De breuk maakt een duidelijke bocht waarbij de breuk een oost-west richting krijgt. In deze richting is de normaalspanning op de breuk groter waardoor een beweging waarschijnlijk gestopt wordt. De breuklengte horend bij de blauwe pijl van Figuur 12-2 is gebruikt om tot een Mmax breukslip van 3,9 te komen. SodM geeft in haar advies overigens aan dat een andere Mmax bepaling geen gevolgen heeft voor de seismische risicoschatting van de Grijpskerk UGS.

Stap 2: Risico matrix

Voor het Grijpskerk voorkomen is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken (“Stap 2” van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risicomatrix. In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen. De bevolkingsdichtheid is zowel bepaald op basis van de buurinformatie als de informatie van de dichtheid binnen de gemeentegrenzen. De maximale waarde die uit de twee analyses volgen is gebruikt in de SRA.

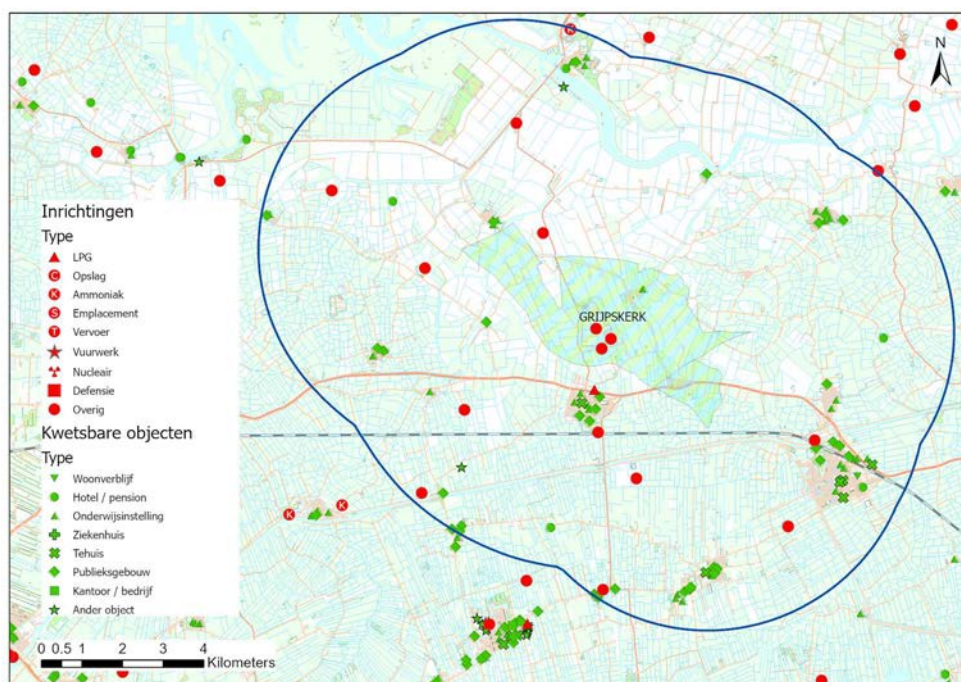
Figuur 11-3, Figuur 11-4 en Figuur 11-5 tonen de situaties voor respectievelijk “Bevolkingsdichtheid”, “Industriële inrichtingen”, “Speciale gebouwen en vitale infrastructuur” en “Dijken”. Figuur 11-6 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen. Tabel 11-3 A en B tonen de evaluatie en scores voor de invloedfactoren. De risicomatrix is afgebeeld in Figuur 7-3.

²⁴ Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in Figuur 12-2 met blauwe pijl

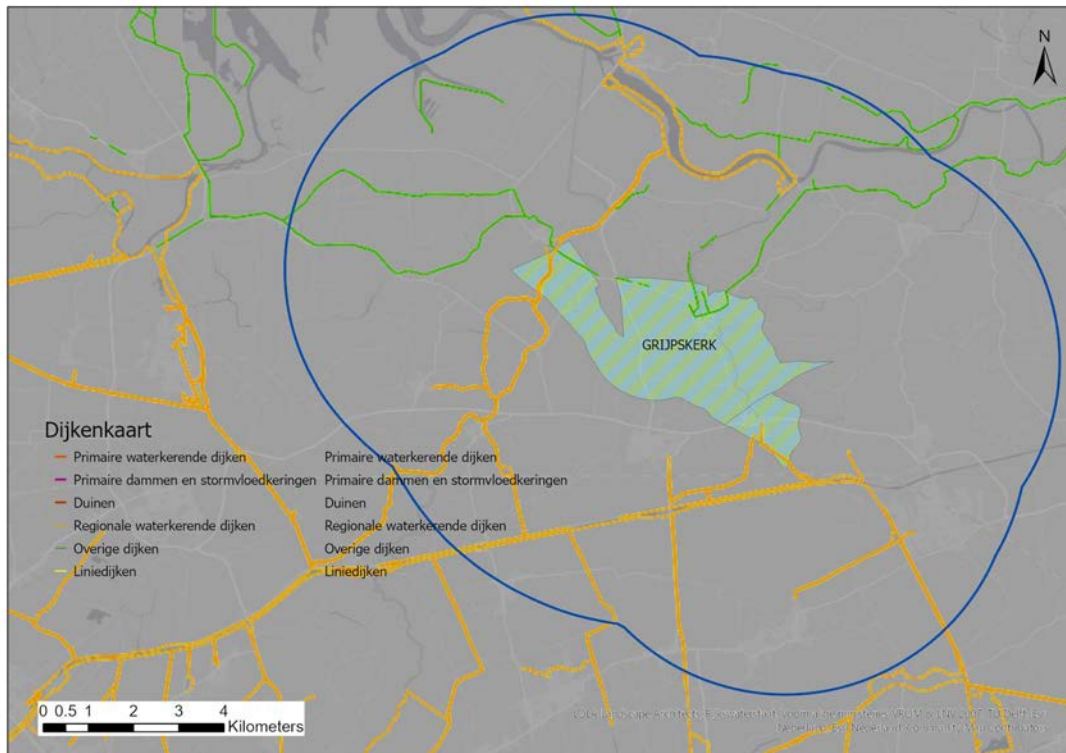
²⁵ Poisson's ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplug metingen



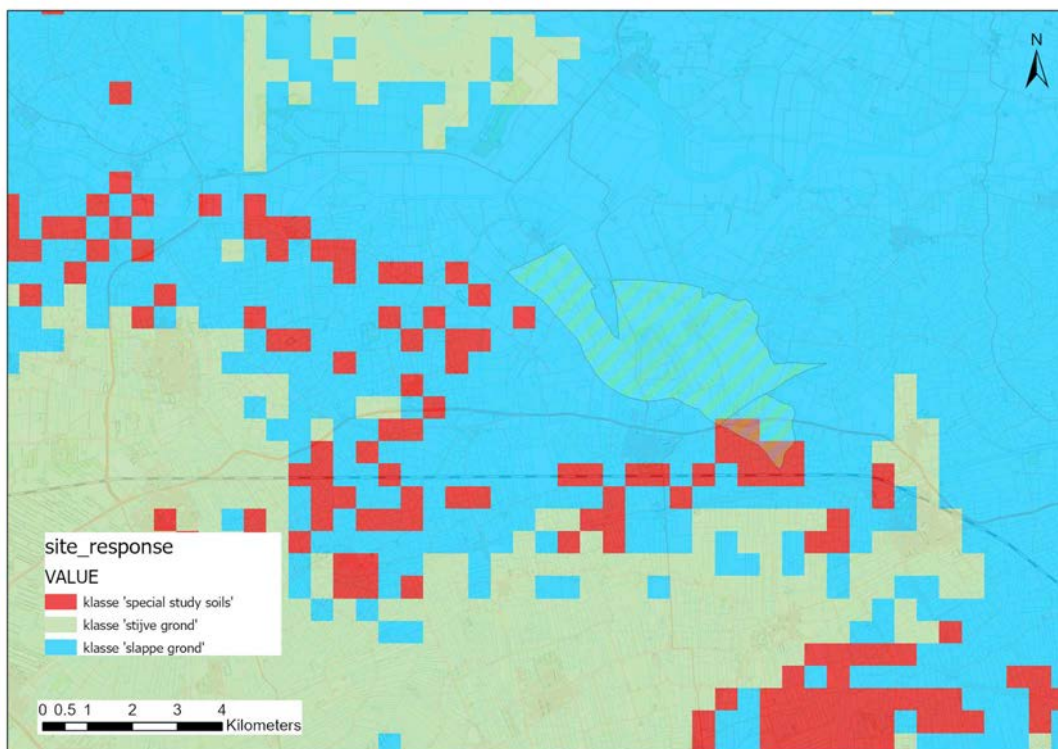
Figuur 11-3: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het Grijpskerk veld. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het Grijpskerk veld die relevant is voor de SRA.



Figuur 11-4; Overzicht van de industriële inrichtingen (rood), ziekenhuizen (groene plus) onderwijsinstellingen (groene driehoek), tehuizen (groene x) en publieksgebouwen (groene ruit) boven het Grijpskerk veld. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het Grijpskerk veld aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 11-5: Overzicht van de dijken. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het Grijpskerk veld aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 11-6: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslingering te bepalen

Uit de analyse op basis van bovenstaande figuren volgen de scores voor de verschillende factoren. Deze zijn weergegeven in Tabel 11-3, inclusief onderbouwing en uitkomst.

Tabel 11-3: Kwantitatieve evaluaties en daaruit voortvloeiende scores (C) voor de invloedfactoren ondergrond (A) en bovengrond (B).

A

Score	DHAIS	M	Ligging voorkomen	Opslingering
5		Alle methodes > 4,5		
4	Bevend veld > 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$	1 methode > 4,5 én/of alle methodes 4,1 – 4,5		
3	Bevend veld < 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$	1 methode 4,1 – 4,5 én/of alle methodes 3,6 – 4,0		>60% slappe grond ($V_{s,30} = < 200\text{m/s}$) en/of >30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
2	$P=42\%$ of Bevend veld $M < 1,5$	1 methode 3,6 – 4,0 én/of alle methodes 3,1 – 3,5	Boven de lijn Amsterdam-Arnhem	30-60% slappe grond ($V_{s,30} = < 200\text{m/s}$) en/of 15-30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
1	$P=19\%$	1 methode 3,1 – 3,5 én/of alle methodes 2,6 – 3,0		10-30% slappe grond ($V_{s,30} = < 200\text{m/s}$) en/of 5-15% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
0		1 methode 2,6 – 3,0 én/of alle methodes $\leq 2,5$	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	<10 % slappe grond ($V_{s,30} = < 200\text{m/s}$) en/of < 5% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.

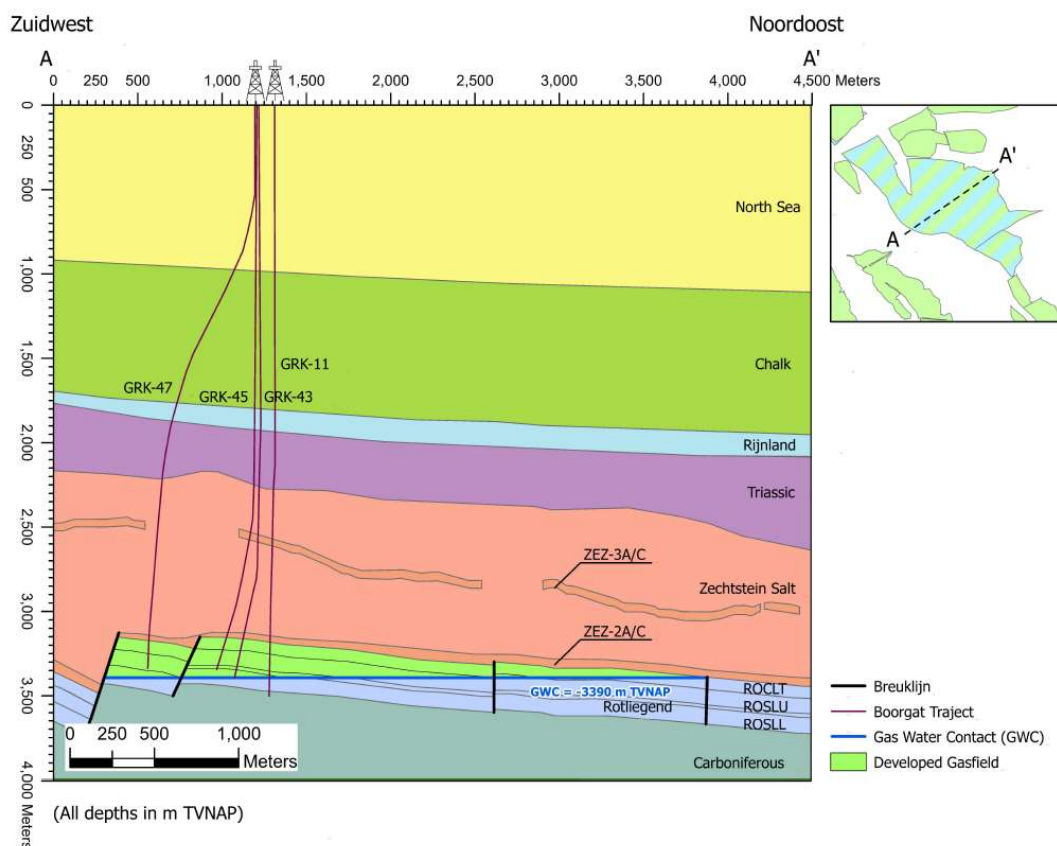
B

Score	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km ²)	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen En vitale infrastructuur	Dijken
4	> 2500	Meerdere direct boven het veld	Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Primaire dijken boven het veld
3	1000-2500 en/of 500-1000 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplex en binnen 5 km rond het veld	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuizen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
2	500-1000 en/of 250-500 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplex en binnen 5 km rond het veld	1 binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
1	250-500 en/of <250 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplex en binnen 5 km rond het veld		1 school, tehuis en/of publieksgebouw binnen 5 km rond het veld.	
0	< 250	Geen binnen 5 km rond het veld	Geen boven en/of binnen 5 km rond het veld	Geen dijken binnen 5 km rond het veld

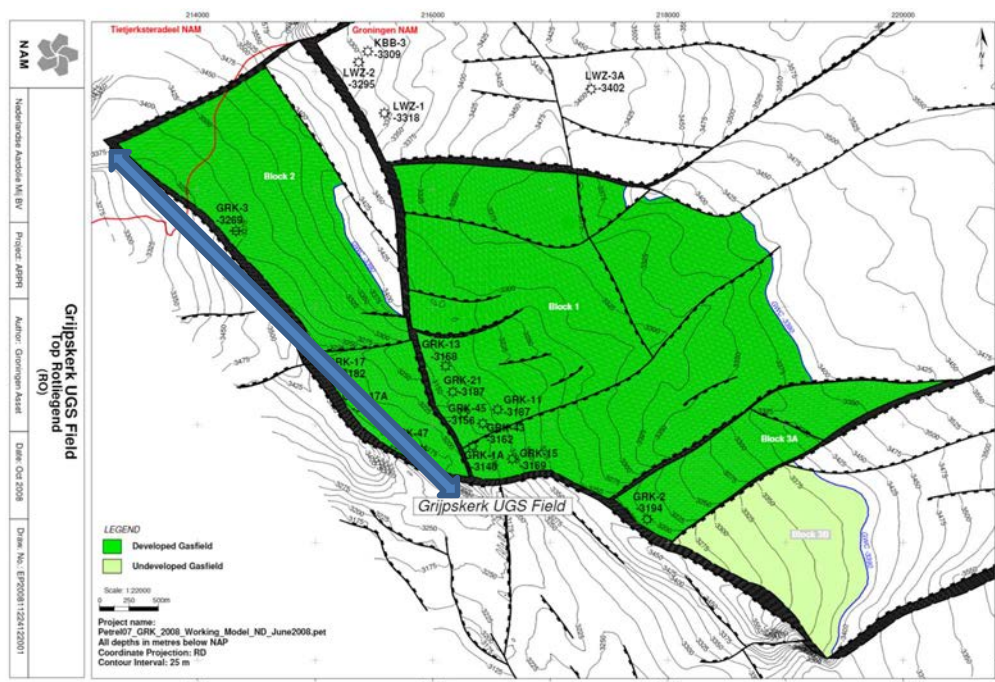
C

Voorkomen	Kans op beven of waargenomen Magnitude	Ligging voorkomen	Opslingering	Genormaliseerde totaalscore	Bevolkingsdichtheid	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totaalscore	Categorie	
Grijpskerk UGS	3	2	2	3	0,71	1	4	2	3	0,63	II

12 Bijlage C: Geologische kaarten voor het Grijpskerk veld



Figuur 12-1 :Geologische doorsnede Grijpskerk. De gestippelde lijn A-A', rechtsboven, laat de locatie zien van de doorsnede.



Figuur 12-2 : Structuurkaart van de gasopslag Grijpskerk. Blauwe pijl geeft de langste breuk aan zoals gebruikt in de Seismische Risico Analyse.