



AANVRAAG INSTEMMING WINNINGSPLAN GAAG-MONSTER - 'S-GRAVENZANDE.



Assen, 10 April 2024
Versie 1.0

1 SAMENVATTING

Achtergrond winningsplannen - algemeen

Het winnen van aardgas uit een gasveld wordt vastgelegd in een winningsplan. Kort gezegd beschrijft het winningsplan de technische aspecten van de winning van het gas (met nadruk op de ondergrond, zoals de geologie) en de mogelijke risico's en effecten met betrekking tot bodemdaling en bodemtrilling, inclusief eventuele mitigerende maatregelen.

De winning van gas kan alleen plaatsvinden als de staatssecretaris Mijnbouw (ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK)) instemt met het winningsplan. Het uitgangspunt hierbij is de Mijnbouwwet, waaraan voldaan moet worden. De procedure om tot een winningsplan te komen bevat de volgende stappen:

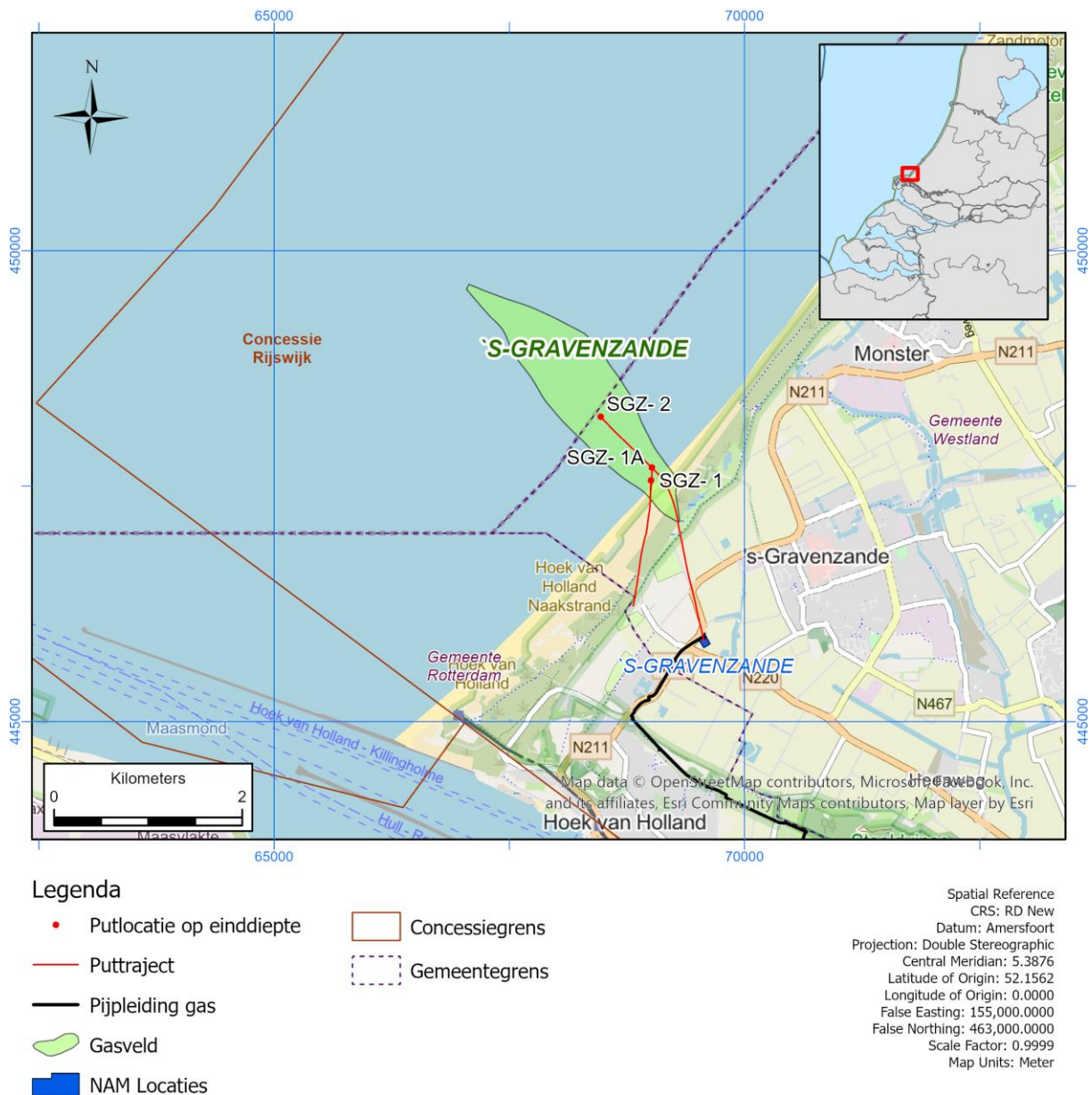
- NAM dient een winningsplan in bij EZK en vraagt om instemming.
- EZK vraagt advies aan verschillende partijen die bij de winning betrokken zijn, zoals: provincies, gemeenten, waterschappen, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), Technische commissie bodembeweging (Tcbb), TNO en de Mijnraad.
- Deze adviezen worden meegenomen in het ontwerp instemmingsbesluit van de staatssecretaris Mijnbouw.
- Het ontwerp besluit ligt vervolgens voor een periode van 6 weken ter inzage. Iedereen kan in deze fase reageren door een zienswijze in te dienen.
- Vervolgens worden deze zienswijzen behandeld en stelt EZK een definitief instemmingsbesluit op. Uiteindelijk zal de staatssecretaris al dan niet instemmen met het winningsplan.
- Het definitieve instemmingsbesluit ligt vervolgens nog 6 weken ter inzage voor beroep. Alleen belanghebbenden kunnen in deze fase nog beroep aantekenen.
- Indien er beroep is ingediend dan zal de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State hierover oordelen.
- Bij een definitief besluit verloopt de gaswinning verder volgens dit winningsplan en eventuele voorwaarden die de staatssecretaris in het instemmingsbesluit heeft gesteld.

Naast het winningsplan kunnen nog diverse andere vergunningen noodzakelijk zijn, zoals een milieuvergunning en bouwvergunning. Voor meer informatie zie ook www.hoewerktgaswinnen.nl en www.mijnbouwvergunningen.nl.

Achtergrond winningsplan 's-Gravenzande

Dit document betreft een actualisatie voor het voorkomen 's-Gravenzande, dat onderdeel is van het vigerende winningsplan Gaag-Monster uit 2017. Het vigerende plan omhelst zeven gasvoorkomens. Deze actualisatie heeft alleen betrekking op het voorkomen 's-Gravenzande. Voor de overige voorkomens zal het Gaag-Monster winningsplan uit 2017 vigerend blijven. Op 13 Juni 2023 is een actualisatie van het Noorderdam voorkomen, wat ook onderdeel is van het Gaag-Monster winningsplan uit 2017, ingediend bij EZK. Ten tijde van het schrijven van deze aanvraag was er nog geen besluit voor het voorkomen Noorderdam en daarom is het winningsplan uit 2017 ook nog vigerend voor dat voorkomen. Het 's-Gravenzande voorkomen is in 1997 aangetoond met de put SGZ-1 en in 2002 in productie genomen met de put SGZ-2. Een topografische kaart met het voorkomen is gegeven in Figuur 1-1. In het vigerende winningsplan vond einde winning plaats 31-12-2023. Volgens de huidige verwachtingen duurt de gasproductie uiterlijk tot en met 31-12-2033. Technische of economische afwegingen kunnen

leiden tot het eerder insluiten van de productie. Er zijn geen nieuwe boringen voorzien noch zal de bestaande productie put hydraulisch gestimuleerd hoeven te worden (i.e. er zal niet gefracked worden).



Figuur 1-1: Overzicht van de in dit winningsplan genoemde voorkomen, inclusief infrastructuur. Pijpleidingen zijn aangegeven in het zwart, putten in rood.

Productievolume

Tot eind 2023 is in totaal 4568 miljoen Nm³ aardgas uit het 's-Gravenzande voorkomen geproduceerd. De productie is daarna stopgezet vanwege het uit de tijd lopen van het vigerende winningsplan. Vervolgens is de compressor van de 's-Gravenzande locatie gehaald voor gebruik elders. Binnen het vergunde winningsplan mag nog maximaal 112 miljoen Nm³ aardgas worden geproduceerd. NAM verwacht in de winningsperiode van de voorliggende actualisatie in totaal nog tussen de 49 tot 112 miljoen Nm³ aardgas te winnen. De productie blijft daarmee binnen het vergunde maximale productievolume. Afhankelijk van het productiescenario, vindt er tot en met 31 december 2033 winning plaats uit het gasveld. Volgens het

huidige inzicht is hervatting van productie pas mogelijk nadat er een compressor is teruggeplaatst op de 's-Gravenzande locatie.

Bodemdaling door gaswinning

Door de winning van gas uit diepe gesteentelagen neemt de druk van het gas in het gesteente langzaam af. Het gewicht van kilometers dikke gesteentelagen boven het gasveld zorgt ervoor dat de gashoudende gesteentelaag iets wordt samengeperst. Dit leidt aan de oppervlakte tot lichte bodemdaling. Dit is een zeer geleidelijk proces, dat over decennia plaatsvindt en zich over een groot gebied uitstrekt. Om een beeld te geven; de 'helling' die ontstaat door bodemdaling door gaswinning is typisch een paar centimeter over de lengte van één kilometer. Op het niveau van een woning komt dit neer op een verschil van de dikte van 1 vel A4 papier tussen de voor- en achtergevel. Meer informatie staat op www.commissiebodemdaling.nl en www.nlog.nl/bodemdaling.

Het verloop van de bodemdaling wordt sinds 1989 met behulp van vaste peilmerken eens in de drie jaar gemeten. De meest recente grootschalige metingen zijn gedaan in 2022. Met behulp van deze metingen wordt vastgesteld of de bodemdaling door gaswinning uit het gasveld 's-Gravenzande verloopt volgens de verwachte bodemdaling zoals beschreven in het vigerende winningsplan.

De evaluatie van de bodemdaling in het voorliggende winningsplan laat zien dat de toekomstige bodemdaling als gevolg van productie uit het 's-Gravenzande veld maximaal 2 cm bedraagt. De verwachte cumulatieve totale bodemdaling als gevolg van alle door NAM geopereerde velden is maximaal 4 cm boven het 's-Gravenzande veld. Dit is gelijk aan de inschatting binnen het vigerende winningsplan. Schade door bodemdaling wordt niet verwacht, omdat de bodemdaling door gaswinning beperkt, langzaam en over een groot gebied plaatsvindt.

Toelichting risico van aardbevingen

Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) heeft een methodiek ontwikkeld om het risico van aardbevingen in kaart te brengen. In deze methodiek wordt op basis van verschillende parameters met betrekking tot de ondergrond en gasproductie de waarschijnlijkheid dat een gasveld zou kunnen beven bepaald. Daarnaast wordt op basis van de specifieke geologische eigenschappen een inschatting gemaakt van de sterkst mogelijke beving waar theoretisch gezien rekening mee gehouden moet worden. Ook houdt het model rekening met andere elementen, zoals de opbouw van de ondiepe ondergrond en bevolkingsdichtheid.

NAM gebruikt deze methodiek voor het inschatten van het seismisch risico. Ook in het vigerende winningsplan is een inschatting gemaakt van het seismisch risico volgens deze methodiek. In het winningsplan zoals beschreven in dit document is het risico van aardbevingen volgens deze methodiek opnieuw geëvalueerd. Deze evaluatie laat zien dat het gasveld in categorie I valt, de laagste risicocategorie. Dit is onveranderd t.o.v. het vigerende winningsplan.

Volgens het Burgerlijk Wetboek is NAM altijd wettelijk aansprakelijk voor schade die zij veroorzaakt. Mochten omwonenden toch schade ondervinden door gaswinning uit het gasveld 's-Gravenzande, dan kan dat gemeld worden bij de [Commissie Mijnbouwschade](http://www.commissiemijnbouwschade.nl). Sectie 8.5 geeft nader uitleg over de procedures die gevolgd kunnen worden.

Inhoud

1	SAMENVATTING	2
	INHOUD	5
	FORMULIER AANVRAAG INSTEMMING WINNINGSPLAN	7
2	INLEIDING	9
2.1	Doel van het Winningsplan	9
2.2	Leeswijzer	10
3	PLAATS VAN WINNING	11
3.1	Productielocatie, put(ten) en voorkomen(s)	11
3.2	Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas	12
4	BORINGEN	14
4.1	Inleiding: Algemene beschrijving van een put	14
4.2	Overzicht boring(en)	15
4.3	Schematische voorstelling putverbuizing	15
4.4	Putstimulatie	15
5	ONDERGROND	17
5.1	Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten	17
5.2	Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	17
5.3	Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen	21
5.4	Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	21
6	ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN	22
6.1	Inleiding	22
6.2	Historische Productie	22
6.3	Onzekerheden	23
6.4	Winningsstrategie en reservoirmanagement	23
6.5	Winningsnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	24
6.6	Duur van de winning	24
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning	25
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefaalde koolwaterstoffen	25
6.9	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	25
6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	25

7	BODEMDALING	26
7.1	Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	26
7.2	Bodemdaling door natuurlijke processen	26
7.3	Metten en berekenen van bodemdaling door gaswinning.....	28
7.4	Bodemdalingsvooruitzichten	30
7.5	Onzekerheid in verwachte bodemdaling	32
7.6	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	32
7.7	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	33
8	BODEMTRILLING	34
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand	34
8.2	Historische bevingen in het 's-Gravenzande gasveld	34
8.3	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse	34
8.4	Monitoring van bodemtrillingen.....	36
8.5	Afhandeling van schade	37
8.6	Seismisch risicobeheersplan	37
9	OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN	38
9.1	Algemeen	38
9.2	Algemeen	40
10	VERKLARENDE WOORDENLIJST	41
11	BIJLAGE A: BODEMDALING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN.....	42
12	BIJLAGE B: SEISMISCH RISICO: DETAILS EN ACHTERGRONDEN	44
12.1	Seismische Risico Analyse voor het 's-Gravenzande voorkomen	46
13	BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN HET VOORKOMEN	56
14	BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR.....	58

Formulier aanvraag instemming winningsplan

ex artikel 34 lid 1 Mijnbouwwet (Mw) juncto artikel 24 Mijnbouwbesluit (Mb)

Elektronisch in te dienen bij:

Ministerie van Economische Zaken

Directie Energie & Omgeving

mijnbouwaanvragen@minez.nl

Artikel	Onderwerp	Beschrijving
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming voor winningsplan Gaag-Monster - 's-Gravenzande	☐ Een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 12 zeemijlszone ☒ Een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territorium tot 12 zeemijl uit de kust De wijziging bestaat uit een aangepaste productieduur. De actualisatie van de seismische risicoanalyse en bodemdalingsvoorspellingen.
	Algemene gegevens	
	<i>Naam indiener</i>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<i>Adres</i>	Postbus 2800 9400 HH Assen
	<i>Contactpersoon</i>	5.1.2.e
	<i>E-mail</i>	
Mw 34 lid 2	Indiener	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunning(s)gebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning(en) Concessie: Rijswijk (KB 3/1/1955), N069 Gemeente: Westland Provincie: Zuid-Holland
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	's-Gravenzande Bunter
Mb 24 lid 1a	Soort koolwaterstof die wordt gewonnen	☐ olie ☒ hoog calorisch gas ☐ Groningen kwaliteit gas ☐ laag calorisch gas ☐ zwavelhoudend gas ☒ aardgascondensaat
Mr 1.2.1 lid 3	Bestaande of nieuwe winning	☒ winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding) ☐ winningsplan voor nieuwe winning
Mw 34 lid 7	Coördinatie vergunningen	☐ ja: te weten met: ☐ Omgevingsvergunning ☐ Watervergunning ☐ Mijnbouwmilieuvergunning ☐ Anders, namelijk: ☒ nee (n.v.t.)

	Bedrijfs- en productiegegevens	Paragraaf
Mw 35 lid 1	Beknpte beschrijving van het winningsplan	Hfdst 1, 2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknpte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	Hfdst 3, 4
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	Hfdst 5
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	Bijlage C
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, putten	3.1
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	3.1
Mb 24 lid 1e,f	Overzicht boringen in voorkomen(s)	4.2
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	4.3
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden	4.3
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	6.4
Mb 24 lid 2	Productiefilosofie	6.4
Mb 24 lid 2	Reservoir management	6.4
Mw 35 lid 1 a, d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	6.5
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	6.6
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	6.9
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks eigengebruik bij winning	6.7
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen	6.8
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	6.10
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	5.4
	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	7, 7.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingsprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	7.2 – 7.3 Bijlage A, D
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.6
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	7.7
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	7.7
	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	8.1, 8.2
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	8.3, 8.4, Bijlage B
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	8.5
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	8.6
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	8.6
	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	9
Ondertekening 5.1.2.e  Functie: NAM Asset Manager Onshore South Datum: 18-04-2024 Plaats: Assen Mb24 lid I Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen. Zie deel “vertrouwelijk”.		

2 INLEIDING

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) is houder van de Winningsvergunningen Rijswijk. Conform artikel 34 van de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren in overeenstemming met een winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het winningsplan moet bevatten.

Dit winningsplan, Gaag-Monster-'s-Gravenzande, omvat alleen het 's-Gravenzande voorkomen. Het gas uit het voorkomen wordt geproduceerd via de put SGZ-2 vanaf de 's-Gravenzande locatie.

De reden voor de actualisatie van het winningsplan is de verlengde levensduur tot en met 2033. Daarnaast bevat dit winningsplan een actualisatie van productie- en bodemdalings-voorspellingen en een nieuwe seismische risicoanalyse.

Dit is de vierde actualisatie van het Gaag-Monster-'s-Gravenzande winningsplan sinds 2003. Er zijn op dit moment geen activiteiten die een vergunning behoeven (bijv. het boren van nieuwe putten) waarmee behandeling van dit winningsplan gecoördineerd moet worden. Hieronder een overzicht van winningsplannen en actualisaties.

DATUM (INDIENEN WINNINGSPLAN)	DOCUMENT
2003	Originele winningsplan Gaag-Monster
2011	Eerste actualisatie
2013	Tweede actualisatie
2017	Derde actualisatie
2024	Deze actualisatie voor verlengde productieperiode gasveld 's-Gravenzande

Het oorspronkelijk winningsplan, de actualisaties en de besluiten voor het 's-Gravenzande voorkomen zijn te vinden onder veldcode SGZ ('s-Gravenzande) op www.nlog.nl

Deze vierde actualisatie is een volledig herziene versie en is uitgebreider dan de versies uit 2003, 2013 en 2017. Enerzijds kan dit verklaard worden door de verdieping die NAM heeft willen geven aan de onderwerpen die aan bod komen, anderzijds wordt vanuit de herziene Mijnbouwwet in meer detail aangegeven welke onderwerpen in een winningsplan aan bod moeten komen (zie pagina 8).

2.2 Leeswijzer

In dit document wordt ingegaan op de manier waarop het aardgas gewonnen wordt, de geologie en de eigenschappen van de ondergrondse gasvoorkomens en de voorspelde productiehoeveelheden, de mate van bodemdaling en het risico op aardbevingen.

- Hoofdstuk 1 - *Samenvatting* - geeft een overzicht van dit winningsplan en is bedoeld om de belangrijkste punten van het plan uit te leggen zonder technische details.
- Hoofdstuk 2 - geeft een algemene inleiding en de opbouw van dit document
- Hoofdstuk 3 - *Plaats van winning* - en Hoofdstuk 4 - *Boringen* - geven meer informatie over de locaties en putten.
- Hoofdstuk 5 - *Ondergrond* - geeft een beschrijving van de ondergrond, en met name de geologie.
- Hoofdstuk 6 - *Ontwikkelingsvooruitzichten* - gaat in op de historische en toekomstige productie en de ontwikkelingsplannen.
- Hoofdstuk 7 - *Bodemdaling* - beschrijft de historische en verwachte bodemdaling in het gebied rondom het voorkomen. De bodemdaling wordt regelmatig gemonitord volgens een meetplan conform de geldende normen, onder toezicht van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).
- Hoofdstuk 8 - *Bodemtrilling* - gaat verder in op de seismische risicoanalyse.
- Hoofdstuk 9 - *Overige omgevingsaspecten* - beschrijft de mogelijke effecten van bodemtrilling en bodemdaling op natuur en milieu.

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

- A. de totale productie uit de voorkomens niet uitkomt boven de maximale totale voorspelde productie in het 'hoog scenario' van sectie 6.5 van dit winningsplan, onafhankelijk van welke putten of infrastructuur hierbij gebruikt wordt. Als voorzien wordt dat de cumulatieve productie uit het veld gaat uitkomen boven de uiteindelijke cumulatieve productie in het 'hoog scenario', zal NAM het winningsplan dienen aan te passen;
- B. de winning niet langer duurt dan de productieperiode in het 'hoog scenario'. Als NAM de winning langer wil voortzetten, zal een verzoek tot wijziging in het instemmingsbesluit moeten worden ingediend of een aangepast winningsplan;
- C. de gemeten bodemdaling door gaswinning niet groter is dan voorspeld in hoofdstuk 7 van het winningsplan (inclusief de aangehouden onzekerheidsmarges). Als de bodemdaling door gaswinning groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal NAM het winningsplan dienen aan te passen;
- D. de voorkomens die zijn behandeld in dit winningsplan in de seismische risicocategorie blijven ingedeeld zoals in hoofdstuk 8 berekend. NAM zal het winningsplan dienen aan te passen als op basis van nieuwe gegevens of inzichten het seismisch risico van een van de voorkomens in dit plan groter blijkt te zijn.

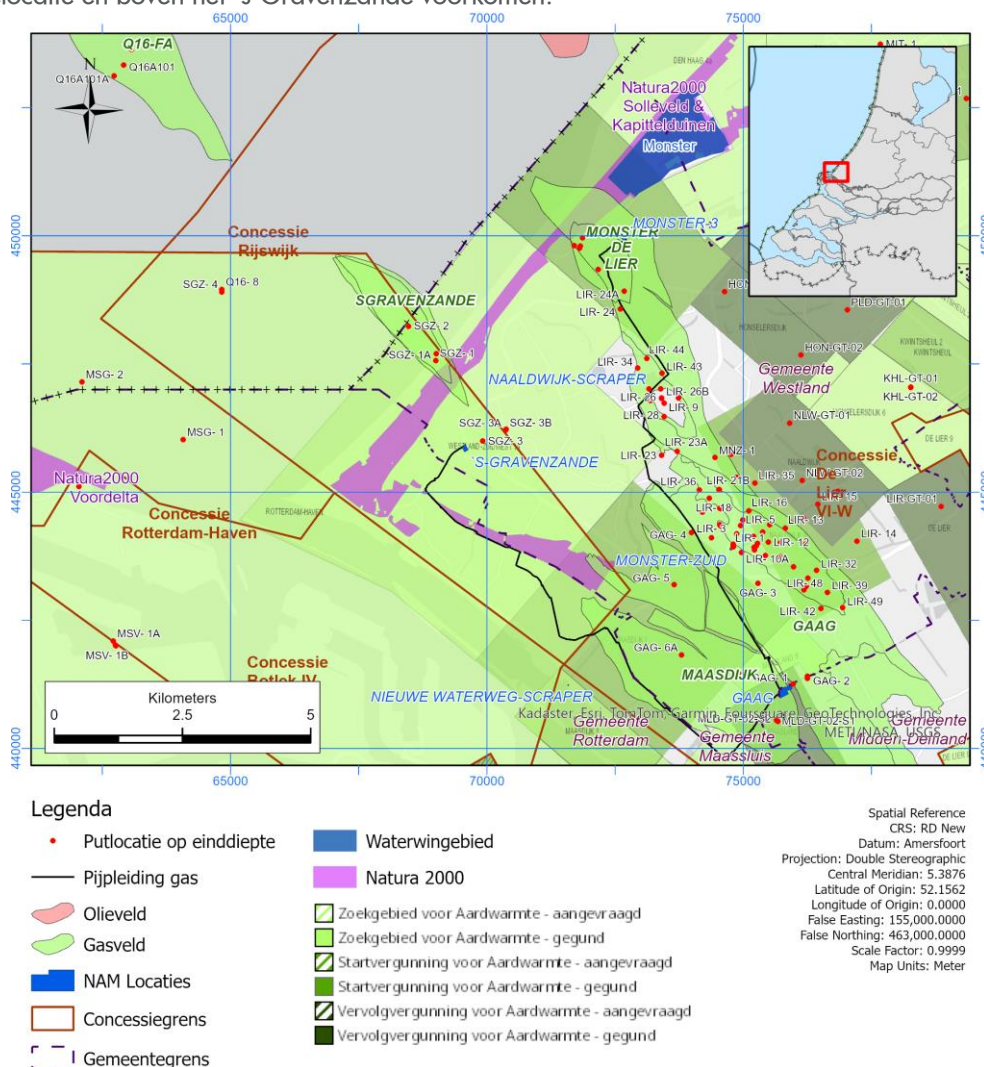
Eventuele toekomstige activiteiten op de locatie of in het reservoir (bijvoorbeeld activiteiten gerelateerd aan putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.

Een onderdeel van het winningsplan wordt apart toegezonden aan het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie over de verwachte productie- en investeringskosten. Omdat openbaarmaking de concurrentiepositie van NAM in gevaar zou kunnen brengen is dit onderdeel niet openbaar.

3 PLAATS VAN WINNING

3.1 Productielocatie, put(ten) en voorkomen(s)

Het gasveld 's-Gravenzande ligt binnen 12 zeemijl van de kust in het Nederlandse territorium en in de gemeente Westland. Het valt onder de Rijswijk concessie. Het gas uit het 's-Gravenzande voorkomen wordt geproduceerd vanaf de locatie 's-Gravenzande (SGZ). De productielocatie ligt in de gemeente Westland in de provincie Zuid-Holland en valt onder het waterschap Delfland. Figuur 3-1 bevat een topografische kaart met de locatie 's-Gravenzande, het 's-Gravenzande voorkomen en nabijgelegen voorkomens inclusief de putten die geboord zijn in deze voorkomens en de transportleidingen. Daarnaast zijn ook de aardwarmte concessies en de waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden in de omgeving aangegeven. Het Natura 2000 gebied Solleveld & Kapittelduinen bevindt zich op ongeveer 0,8 kilometer ten westen van de productielocatie en boven het 's-Gravenzande voorkomen.



Figuur 3-1: Kaart met de locatie van het 's-Gravenzande voorkomen, putten, oppervlaktelocatie, en transportleidingen. Inclusief (in de buurt gelegen) beschermde Natura-2000, waterwingebieden, gasvelden en aardwarmte concessies.

Het gas wordt geproduceerd vanaf de locatie 's-Gravenzande (SGZ). Dit gas wordt, samen met het gas dat geproduceerd wordt vanaf de locaties Monster (MON-3) en Gaag (GAG-2), behandeld op de Gaag

(GAG-2) locatie. Een luchtfoto van de 's-Gravenzande productielocatie is getoond in Figuur 3-2. Hoofdstuk 4.2 gaat dieper in op de boring in het voorkomen.

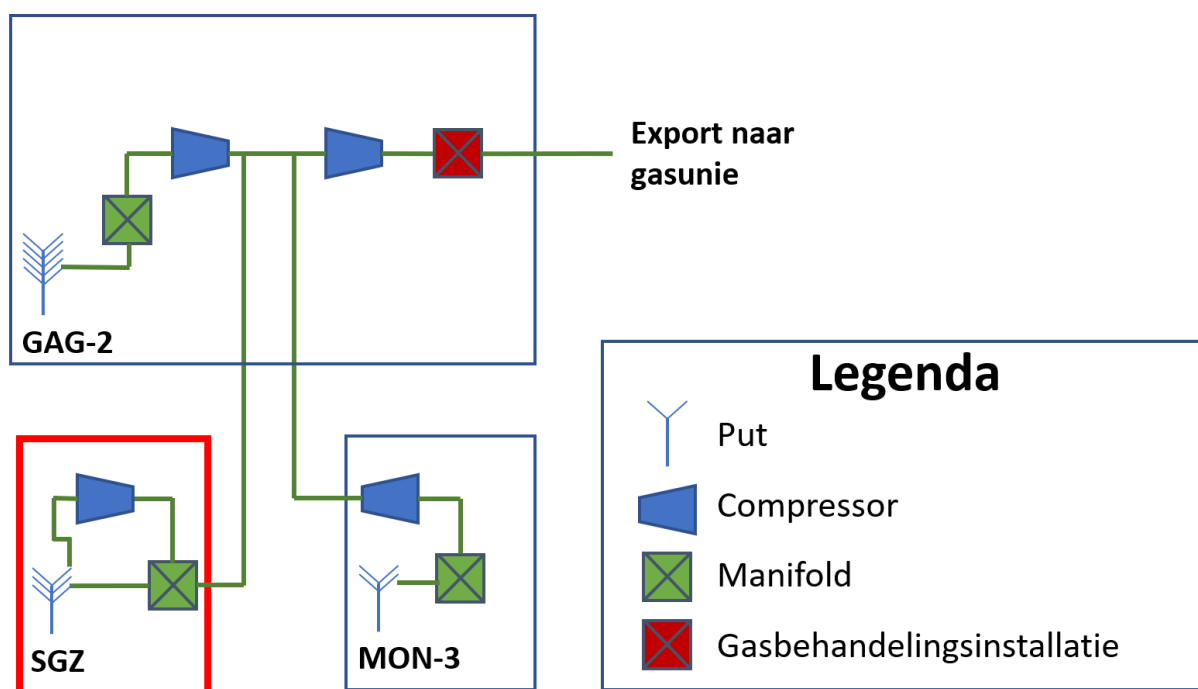


Figuur 3-2: Luchtfoto van productielocatie 's-Gravenzande.

3.2 Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas

Het gas uit het 's-Gravenzande voorkomen wordt vanaf de 's-Gravenzande locatie (SGZ), via pijpleidingen, getransporteerd naar de locatie Gaag. Op de locatie Gaag wordt het gas samengevoegd met het gas van de locatie Monster (MON-3) en de locatie Gaag (GAG-2), waarna het gecomprimeerd wordt en in de behandelingsinstallatie de vloeistoffen gescheiden worden van het gas. Het gas wordt op specificatie gebracht en afgeleverd via pijpleidingen aan de GasUnie. Een schematische weergave van dit proces is hieronder weergegeven in Figuur 3-3. Een luchtfoto van de behandelingsinstallatie Gaag is getoond in Figuur 3-4.

De vloeistofstroom, een kleine hoeveelheid condensaat (vloeibare koolwaterstoffen) en water die meekomen met de gasproductie, worden gescheiden op locatie Gaag en afgevoerd per truck. Het water wordt naar de locatie Pernis West vervoerd voor injectie in de diepe ondergrond. Indien dit niet mogelijk is wordt het naar een erkende afvalverwerker afgevoerd. Het condensaat wordt naar de raffinaderij gebracht voor verdere verwerking en verkoop.



Figuur 3-3: Schematische weergave van de gasbehandeling. De locatie die betrekking heeft op dit winningsplan is met een rood kader aangegeven. (MON = Monster, GAG = Gaag, SGZ = 's-Gravenzande).



Figuur 3-4: Foto van de behandelingsinstallatie Gaag (GAG-2).

4 BORINGEN

4.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put

Figuur 4-1 geeft een schematische weergave van een productieput. 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 een locatie wordt geplaatst wordt er een buis in de grond geheid, ongeveer 50 meter diep. De boortoren wordt daarna op deze buis opgebouwd, met een boorpijp wordt door de buis de put geboord. Deze 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 een boorvloeistof. Deze zorgt voor het aandrijven van de motor, het verwijderen van boorgruis en de koeling van de beitel. Ook levert deze boorvloeistof een hydrostatische druk in het boorgat om vloeistof-instroom te voorkomen.

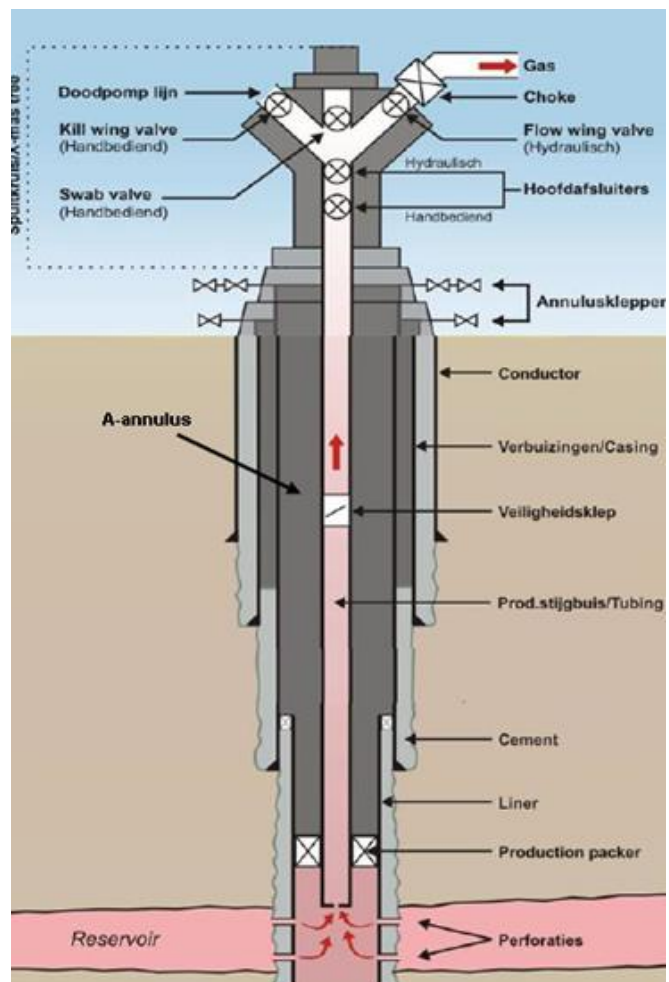
Boven op het boorgat staat een metalen installatie, bestaande uit verschillende afsluiters die tijdens het boorproces geactiveerd kunnen worden: dit is de BOP ("blow out preventer").

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: verbuizing ofwel 'casing'. De casing wordt in het boorgat vast gecementeerd waardoor een sterke en stabiele put ontstaat. Dit geeft bescherming en isolering van de bovenliggende grondlagen en het grondwater. Het boren van secties en zetten van een casing herhaalt zich meerdere keren totdat het gasveld is bereikt.

Voor de gasproductie wordt een aparte productie-stijgbuis ('tubing') gebruikt. Deze verbuizing zorgt ervoor dat het aardgas gecontroleerd omhoog kan stromen. De tubing is dus een buis in 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. De tubing beschikt ook over verschillende veiligheidskleppen.

Als de tubing is geïnstalleerd, worden er perforaties gemaakt in de casing ter hoogte van de gasvoerende lagen en kan het gas door de tubing omhoog stromen.



Figuur 4-1: Schematische weergave van een generieke productieput. De tekening is niet op schaal (sterk verticaal ingekort).

Aan de oppervlakte is de 'X-mas tree' of spuitkruis de verbinding tussen de tubing en de bovengrondse leidingen. Deze 'X-mas tree' is zichtbaar op de locaties en bevat diverse kleppen die nodig zijn om de put te bedienen. In de X-mas tree en in de installatie op de putlocatie zijn speciale meters aanwezig waarmee druk, temperatuur, en stroomsnelheid continu gemeten kunnen worden.

4.2 Overzicht boring(en)

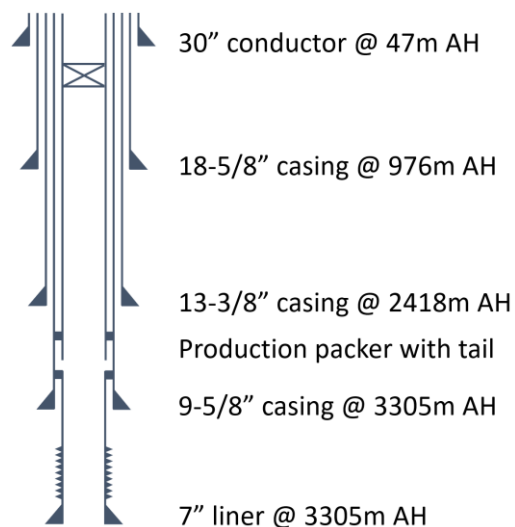
In Tabel 4-1 is de boring met verdere algemene informatie weergegeven. In totaal zijn er 2 putten geboord in het gasveld 's-Gravenzande. In 1997 is het voorkomen aangetoond met de put SGZ-1(A), deze is opgeruimd en het veld is daarna ontwikkeld vanaf de 's-Gravenzande locatie door middel van put SGZ-2.

Tabel 4-1: Specificaties van de putten in het 's-Gravenzande voorkomen.

Locatie	Putnaam	Putvorm	Status:
's-Gravenzande-1	SGZ-1(A)	Gedevieerd	Geabandonneerd
's-Gravenzande	SGZ-2	Gedevieerd	Tijdelijk ingesloten

4.3 Schematische voorstelling putverbuizing

In Figuur 4-2 is schematisch de putverbuizing van de productieput SGZ-2 weergegeven. Via perforaties in de 'cemented completion' wordt het reservoir in verbinding gesteld met een 7" productie-stijgbuis ('tubing').



Figuur 4-2: Schematische weergave van de putverbuizing van de SGZ-2 put. Dieptes zijn aangegeven langs de put (m AH) gemeten vanaf de vloer van de boorinstallatie. Aangezien de put gedevieerd is geboord, is de verticale diepte (m TV) altijd minder dan de 'along hole' diepte (m AH).

4.4 Putstimulatie

Het reservoirgesteente van het voorkomen 's-Gravenzande is van voldoende kwaliteit waardoor er geen hydraulische stimulatie ('fracken') nodig is.

Tijdens de productie van een put kan het voorkomen dat er aanslag (zgn. scaling, bijvoorbeeld kalk of zout) optreedt aan de binnenkant van de verbuizing en in de perforaties. Om dit te verwijderen kan het voorkomen dat de put aan de binnenzijde met zuur behandeld wordt. Dit is een routinebehandeling

waarbij geen overdruk gebruikt wordt, net zoals bij andere ontkalkingen. Deze ontkalking duurt ongeveer een dag en wordt uitgevoerd door een kleine onderhoudsploeg (er is geen boortoren nodig).

Daarnaast kunnen er nieuwe perforaties gemaakt worden om een iets groter deel van het gesteente met de put in communicatie brengen. Deze activiteit duurt ongeveer een dag of twee en wordt uitgevoerd door een kleine onderhoudsploeg (er is geen boortoren nodig). Gedurende de levensduur van de put kan het nodig zijn de tubing (productie-stijgbuis) te vervangen. Tenslotte kunnen er gedurende de levensduur van een put diverse andere onderhoudshandelingen plaatsvinden.

Integriteit van de afdekkende lagen

Aangezien er geen overdruk gebruikt wordt bij de routinebehandelingen ten behoeve van het herstel van de putproductiviteit, bestaat er geen risico op negatieve effecten van de behandeling op de integriteit van de afdekkende lagen

5 ONDERGROND

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de ondergrond van het 's-Gravenzande voorkomen vanaf de oppervlakte tot aan de diepte waarop het gasvoorkomen zich bevindt.

5.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten

Voor het in beeld brengen van de ondergrond worden een groot aantal metingen uitgevoerd en modellen gemaakt die helpen om het voorkomen beter te begrijpen en een voorspelling te kunnen doen hoeveel gas er geproduceerd zal worden. Doordat de omvang van het veld alleen uit indirecte metingen kan worden vastgesteld, en doordat gesteente-eigenschappen alleen worden gemeten in en vlakbij bestaande putten, bestaat er een onzekerheid over de grootte en de andere eigenschappen van het gasveld. Voorspellingen zullen daardoor altijd een onzekerheidsmarge hebben. Die onzekerheidsmarge verschilt per parameter en zal dus een verschillend effect op de voorspellingen hebben.

De omvang en diepte van het veld worden bepaald uit de analyse van geluidsgolven (zgn. seismiek). De seismiek heeft altijd een zekere mate van ruis. Bovendien is de voortplantingssnelheid van geluidsgolven in de gesteentelagen boven het voorkomen onzeker. De exacte diepte van het voorkomen is alleen bekend waar een put het gasreservoir binnengaat, dus op een beperkt aantal plaatsen. Het gevolg daarvan is dat er enige onzekerheid is over de omvang en exacte diepte van het veld. De fysische eigenschappen van gesteente, zoals dichtheid, weerstand en geluidssnelheid, zijn belangrijke parameters voor het bepalen van reservoir-eigenschappen als porositeit, saturatie en doorlaatbaarheid (permeabiliteit). Deze fysische eigenschappen worden bepaald met boorgatmetingen door na het boren van de putten meetinstrumenten in de boorgaten te laten zakken.

De eigenschappen van de gesteenten verder weg van de boorgaten worden verkregen door correlatie tussen de verschillende boorgaten, met behulp van een geologisch model van de ondergrond. Dit introduceert extra onzekerheid, omdat de eigenschappen van de gesteenten lateraal kunnen variëren, en metingen op een klein aantal locaties over grotere afstand of zelfs naar een naburig veld geëxtrapoleerd moeten worden.

Het gevolg is dat er onzekerheden bestaan over de diverse aspecten van het gasveld, zoals de hoeveelheid gas, de productiesnelheid en het verloop daarvan in de tijd, maar ook over de uiteindelijke bodemdaling. Dat leidt ertoe dat voorspellingen van onzekerheidsmarges voorzien zullen zijn. Omdat uit het 's-Gravenzande voorkomen al geruime tijd wordt geproduceerd, zullen deze onzekerheidsmarges relatief klein zijn.

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

In deze sectie worden de geologische formaties beschreven, zowel die waarin de voorkomens zich bevinden, als de bovenliggende formaties. Voor een volledige beschrijving met nadere uitwerking van gebruikte begrippen wordt verwezen naar referentie (Geology of the Netherlands, Wong et al. (eds), Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam University Press, 2007).

Het ontstaan van gasvoorkomens

Plantaardig en ander organisch materiaal dat aan het aardoppervlak gevormd wordt kan in de loop van de geologische geschiedenis worden begraven onder soms kilometers dikke lagen gesteente. Door de daarmee gepaard gaande hoge druk en temperatuur kan uit die organische bestanddelen aardgas of methaan worden gevormd. De gasmoleculen bewegen vanwege hun lage dichtheid door de poriën van het gesteente naar boven richting aardoppervlak. Als onderweg een ondoordringbare gesteentelaag wordt

aangetroffen hoopt het gas zich op in de poriën van het gesteente direct onder de afsluitende laag. Als ook de zijwaartse verspreiding wordt verhinderd ontstaat er een gasreservoir. Zijwaartse begrenzingen worden vaak gevormd door breuken in het gesteente als gevolg van bewegingen van en botsingen tussen de aardplaten.

Reservoir Formaties

De Boven- en Onder-Germaanse Trias groepen bevatten in dit gebied de gashoudende Bunter reservoirs voor het 's-Gravenzande voorkomen (Tabel 5-2). De Bunter sedimenten zijn in een fluviatiel afzettingmilieu afgezet gedurende het Trias tijdperk en bestaan in deze voorkomens uit afwisselende lagen van zandsteen en kleisteen, met soms wat laagjes carbonaatgesteente. De bruto dikte van het gashoudende pakket gesteente is 190 m, de nettodikte is 171 m. Het 's-Gravenzande voorkomen wordt rondom begrensd door breuken en afgesloten door kleilagen van Trias en Jura ouderdom.

Bron Koolwaterstoffen

Het gas in het 's-Gravenzande voorkomen is gevormd in de steenkoollagen van de onderliggende Limburg Groep. Omdat dit diep is begraven, onder voldoende druk en temperatuur, zijn deze organische elementen gas gaan genereren. Omdat gas lichter is dan water is dit gas in verloop van tijd omhoog gemigreerd naar de bovenliggende zandsteen- en carbonaatlagen. De kleilagen van Trias en Jura ouderdom hebben daarna verhinderd dat het gas verder naar de oppervlakte kon ontsnappen. Het gas verzamelt zich in de hoogste plaatsen van het reservoir. Boringen zullen dan ook net onder het hoogste punt gericht zijn om bij het gas uit te komen.

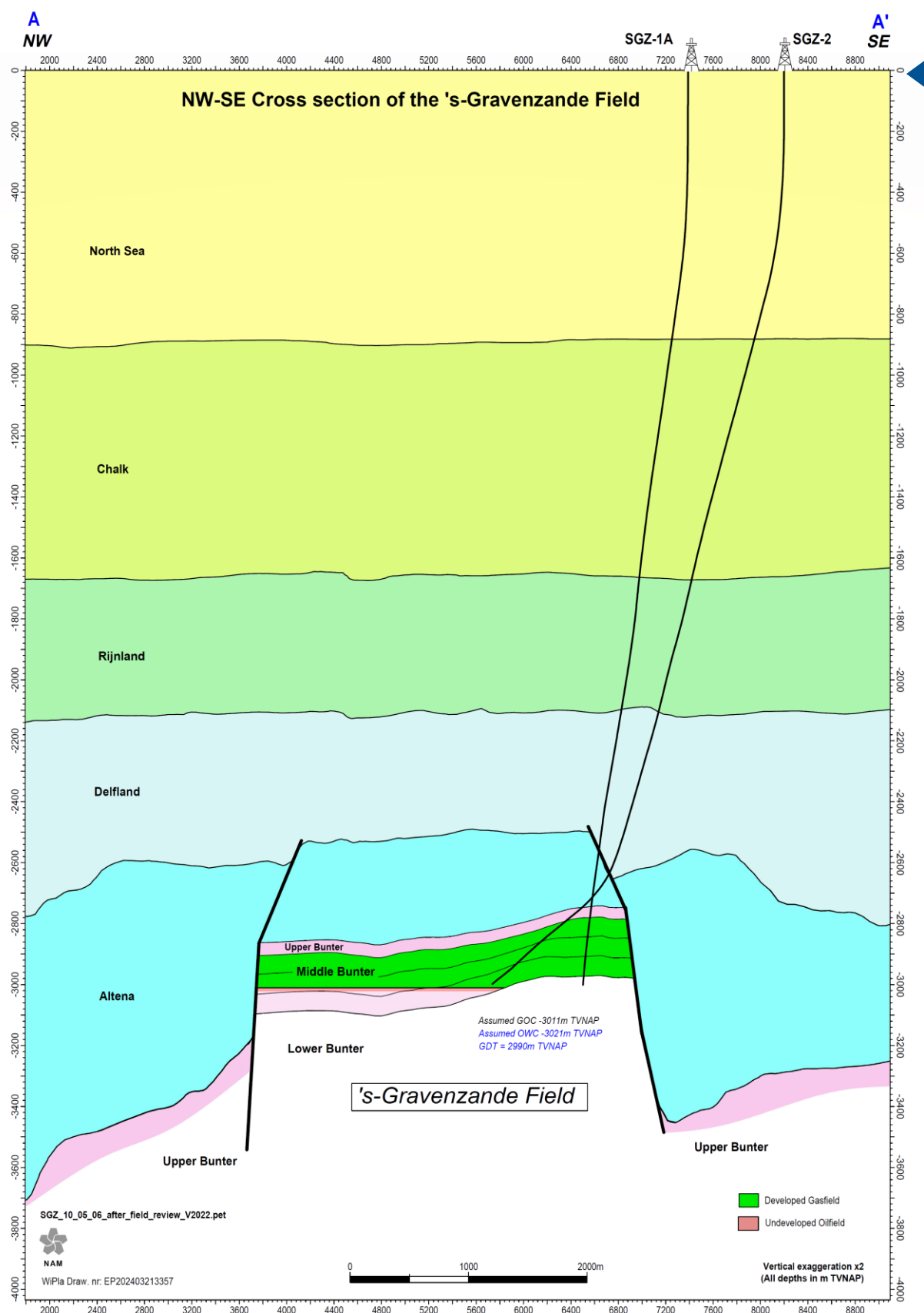
Reservoireigenschappen

In onderstaande tabel zijn de gemiddelde reservoireigenschappen van de reservoirgesteentes weergegeven. De verhouding van de hoeveelheid zandsteen (doorlatend en gashoudend) ten opzichte van klei (ondoorlatend en niet producerend) wordt aangegeven met Net-to-Gross. De verhouding van het (gashoudend) poriënvolume ten opzichte van het totale gesteentevolume is aangegeven met de porositeit. De mate van doorlatendheid van het gesteente wordt aangeduid met permeabiliteit. Hierbij moet gemeld worden dat het in de tabel om gemiddelde waarden gaat. Het totaal van alle gemeten waarden laat een grote range zien.

In bijlage C zijn een schematische doorsnede en geologische kaart van het voorkomen weergegeven.

Tabel 5-1: Gemiddelde fractie van net reservoir zand in de formatie (NiG), met daarbij de gemiddelde porositeit (Por) en permeabiliteit (Perm) van dat net reservoir.

Producterende formatie	NiG (%)	Porositeit (%)	Permeabiliteit (mD)
Midden Bunter	89	11	154



Figuur 5-1: Dwarsdoorsnede van maaiveld tot aan het reservoir van het 's-Gravenzande voorkomen. Rechtsboven is met een blauwe wig de typische diepte voor waterwinning weergegeven.

Tabel 5-2: Geologische tijdschaal met bijbehorende geologische members en hun afkortingen. Enkele van deze gesteentelagen in het Onder-Germaanse Trias zijn voorkomingsgesteente voor aardolie en/of aardgas en zijn afgedekt met een niet-doorlatende laag (zie rechter kolom).

Ouderdom	Groep		Formatie	Laagpakket	Afkorting	Doorstroming
Tertiair	Boven-Noordzee (NU)				NU	
	Midden-Noordzee (NM)		Rupel	Rupel Klei	NMRFC	
	Onder-Noordzee (NL)		Dongen	Asse	NLFFB	Impermeabel
				Zand van Brussel	NLFFS	
				Ieper	NLFFY	Impermeabel
				Tuffiet van Dongen	NLFFT	
Krijt	Krijtkalk (CK)		Landen	Landen Klei	NLLFC	Impermeabel
			Ommelanden		CKGR	
	Rijnland (RN)		Texel	Texel Mergelsteen	CKTXM	
				Texel Groenzand	CKTXG	
			Holland	Boven Holland Mergel	KNGLU	
				Midden-Holland Kleisteen	KNGLM	
				Holland Groenzand	KNGLG	
				Onder-Holland Mergel	KNGLL	
			Vlieland	De Lier	KNNSL	
				Vlieland Kleisteen	KNNC	Impermeabel
				Berkel Zandsteen	KNNSB	
				Berkel Zand-Kleisteen	KNNSC	
				Rijswijk	KNNSR	
Jura	Schieland (SL)		Nieuwerkerk	Rodenrijs Kleisteen	SLDNR	Impermeabel
				Delft Zandsteen	SLDND	
				Alblasserdam	SLDNA	
	Altena (AT)		Aalburg		ATAL	Impermeabel
Trias	Boven-Germaanse Trias (RN)		Sleen		ATRT	Impermeabel
			Muschelkalk		RNMU	
			Röt		RNRO	Reservoir
	Onder-Germaanse Trias (RB)		Solling	Solling Kleisteen	RNSOC	Impermeabel
			Hardeggen		RBMH	Reservoir
			Detfurth		RBMD	Reservoir
			Volpriehausen		RBMV	Reservoir
			Onder-Bontzand-steen		RBSH	
Perm	Zechstein					
	Limburg (DC)					Bron

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

In Tabel 5-2 worden de bovenliggende lagen genoemd, inclusief de belangrijkste eigenschappen van deze lagen. Deze tabel laat zien welke van de formaties ondoorlatend zijn.

5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Waterwinning vindt plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee Groep, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat in zoutwater. Deze grens ligt boven het 's-Gravenzande voorkomen tussen de 0 en 25 m diepte. Daaronder is al het grondwater of formatiewater van nature zout tot zeer zout. Het dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebied bevindt zich bij Monster: ongeveer 6 km ten noorden van de productielocatie 's-Gravenzande en 2 km ten noorden van het voorkomen 's-Gravenzande., waar de zoutwatergrens zich tussen de 25 en 100 m diepte bevindt. Door de grote afstand is er geen interactie tussen het gasvoorkomen en het waterwingebied. Productieactiviteiten zullen geen effect hebben op de samenstelling van het zoete grondwater.

Naast waterwinning wordt in Nederland ook warmte-energie of geothermische energie uit de ondergrond gewonnen. Een onderscheid wordt gemaakt tussen "bodemwarmte" en "aardwarmte".

Bodemwarmte haalt men tot enkele honderden meters diep uit de bodem en wordt gebruikt voor 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 dieper uit de aarde zodat er dieper geboord moet worden (vaak meer dan 2 kilometer diep, afhankelijk van de locatie). Een dergelijk geothermieproject bestaat doorgaans uit een producerende put (deze pompt warm water uit het reservoir) en een injecterende put (deze brengt het afgekoelde water weer terug in hetzelfde reservoir). Op ongeveer 5 km van het gasveld 's-Gravenzande zijn een aantal geothermie projecten ontwikkeld waaronder aardwarmte Trias Westland. De afstand tussen de aardgaswinning en aardwarmtewinning is volgens de toezichthouder SodM voldoende veilig.

Zoutwinning vindt plaats in Nederland uit verschillende zoutcavernes, maar niet in de nabijheid van het 's-Gravenzande voorkomen.

Gasopslag: De dichtstbijzijnde ondergrondse gasopslag vindt plaats op grote afstand van het 's-Gravenzande voorkomen.

6 ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN

Dit hoofdstuk beschrijft de historische en toekomstige productie. Hierin worden de ontwikkelingsplannen van het gasveld 's-Gravenzande en de winningsstrategie uitgewerkt.

6.1 Inleiding

Het gasveld 's-Gravenzande is in 1997 aangeboord met de SGZ-1 put. In 2002 is de put SGZ-2 geboord en in productie genomen.

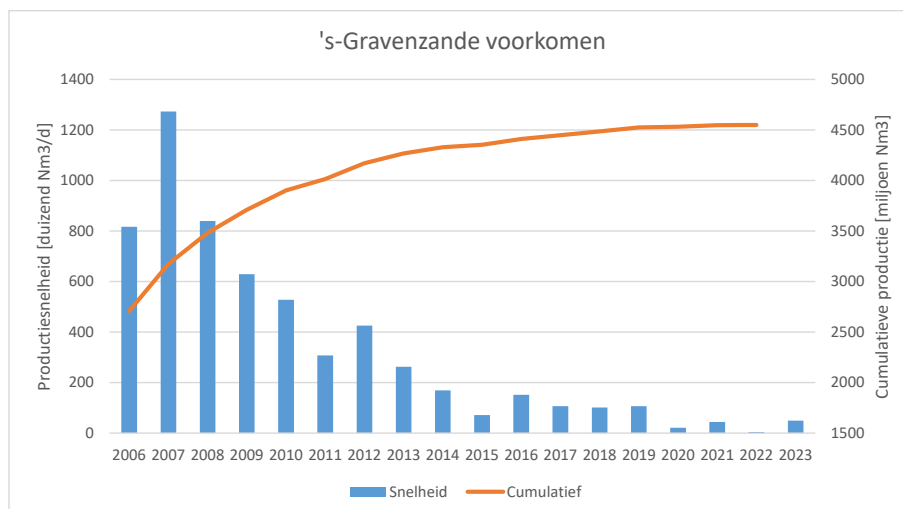
6.2 Historische Productie

Tabel 6-1 geeft de historische productie getalsmatig weer en Figuur 6-1 geeft de productiesnelheid (staafdiagram) en cumulatieve productie (lijn) grafisch weer.

Tabel 6-1: Historische productie uit het voorkomen.

Productie [in miljoen Nm ³]	Historische productie t/m 2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
's-Gravenzande	2411	298	465	307	230	192	112	156	96	62

Productie [in miljoen Nm ³]	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Historische productie t/m 2023
's-Gravenzande	26	56	39	37	39	8	16	2	18	4568



Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie van het 's-Gravenzande voorkomen.

6.3 Onzekerheden

De onzekerheid van toekomstige productie van het gasveld 's-Gravenzande is afhankelijk van verschillende factoren:

- De hoeveelheid formatiewater die met het gas zal worden mee geproduceerd.
- De hoeveelheid gas die nog verbonden is met de bestaande put.
- De minimale productiesnelheid die de bestaande put nodig heeft om stabiel te produceren.

Deze onzekerheden kunnen afnemen door monitoring van reservoirgedrag van de bestaande putten.

Om de productie van het 's-Gravenzande gasveld weer op te kunnen starten moet er weer een compressor geplaatst worden op de 's-Gravenzande locatie (SGZ). Als dit door technische, economische of andere redenen niet mogelijk en er ook geen alternatief geïdentificeerd kan worden zal de productie niet hervat kunnen worden.

6.4 Winningsstrategie en reservoirmanagement

De winning vindt plaats doordat gas naar de put stroomt als gevolg van de aanwezige reservoirdruk in combinatie met het verlagen van de druk aan het oppervlak door compressie. Het gas wordt zodanig gewonnen dat de faciliteiten optimaal worden benut.

In navolgend overzicht (Tabel 6-2) wordt de verwachte totale gaswinning gegeven. De "Statische GIIP" geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. Het "Midden scenario" en "Hoog scenario" verwijzen naar de voorspellingen zoals beschreven in sectie 6.5. Het "winningspercentage" is gedefinieerd als percentage van de totale winning van het oorspronkelijke aanwezige gas.

De reservoirprestaties worden gemonitord door:

- Water-, condensaat- en gasproductiemetingen (kunnen van afstand uitgelezen worden).
- Regelmatige drukmetingen aan het oppervlak en wanneer noodzakelijk onder in de verbuizing.

Met deze monitoring wordt de hoeveelheid aanwezig gas, de mogelijkheid van compartimentalisatie in het reservoir en de invloed van mogelijk aanwezige aquifers geëvalueerd. Indien de productieprestatie van de put over tijd vermindert, kan het nodig zijn de verbuizing onderin bij de perforaties schoon te maken (*clean-out*) of om opnieuw te perforeren.

Tabel 6-2: Verwachte totale winning en winningspercentage.

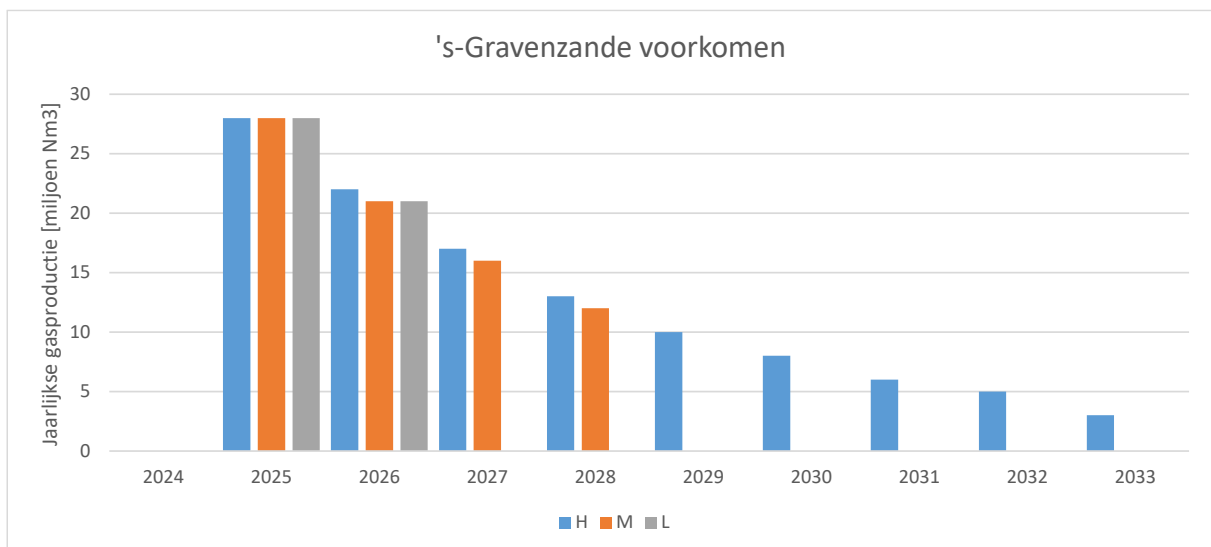
Voorkomen	Totale winning tot eind 2023	Statische GIIP (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (MIDDEN)	Verwacht winningspercentage (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (HOOG)	Verwacht winningspercentage (Hoog)
	[miljoen Nm ³]	[miljoen Nm ³]	[miljoen Nm ³]	[%]	[miljoen Nm ³]	[%]
's-Gravenzande	4568	5100	4645	91	4680	92

6.5 Winingssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)

Deze paragraaf beschrijft de verwachte productieprofielen van het 's-Gravenzande voorkomen. De productie kent in tijd en volume de nodige onzekerheden. Om deze reden zijn drie productieprofielen, laag, midden en hoog uitgewerkt in Tabel 6-3 en Figuur 6-2. Deze profielen zijn indicatief. De daadwerkelijk gerealiseerde productie zal dus niet precies overeenkomen met (één van) de hieronder geschetste profielen. Echter, de uiteindelijke totale winning zal binnen het maximaal vergunde volume blijven.

Tabel 6-3: Verwachte jaarlijkse productie.

Productie [in miljoen Nm ³]	Scenario	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
's-Gravenzande	H	-	28	22	17	13	10	8	6	5	3	
	M	-	28	21	16	12						
	L	-	28	21								



Figuur 6-2: Verwachte jaarlijkse productie.

6.6 Duur van de winning

De productie zal worden gestopt als de totale productiekosten de productieopbrengsten zullen overstijgen. Op basis van het Hoog scenario duurt de productie naar verwachting tot en met 31 december 2033. Het einde van de productie zou eerder kunnen plaatsvinden als gevolg van onverwachte technische of andere oorzaken. In het bijzonder kan het in de eindfase gebeuren dat een put onverwacht stopt met produceren en dat het door de lage reservoirdruk niet meer mogelijk is de productie te herstellen.

6.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning

Op de 's-Gravenzande productielocatie wordt geen gewonnen gas voor eigen doeleinden gebruikt.

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

Tijdens normale productie wordt geen gas afgefakkeld of afgeblazen.

6.9 Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

Tabel 6-4 geeft de samenstelling van het geproduceerde gas uit het 's-Gravenzande voorkomen, op basis van analyses van gasmonsters. De condensaat-gas ratio is constant over tijd, waardoor het jaarlijkse volume condensaat samen met de gasproductie afneemt over tijd. Samen met het gas wordt ook een beperkte hoeveelheid water meegeproduceerd, variërend tussen de 1400 en 2400 m³ per jaar, afhankelijk van o.a. de jaarlijks geproduceerde gasvolumes en de ontwikkeling van de gas-water-ratio.

Tabel 6-4: Overzicht gassamenstelling.

<i>Gaseigenschap</i>	<i>Gaag-Monster</i>
Condensaat-gas ratio (sm ³ /mln Nm ³)	95
Condensaat dichtheid (kg/Sm ³)	785
Relatieve Gas Dichtheid (lucht=1)	0,6
Verbrandingswarmte van het gas (MJ/Nm ³)	43
Wobbe index gas (MJ/Nm ³)	54,2
C ₁ (mol%)	90,3
H ₂ S (mol%)	0,0
CO ₂ (mol%)	1,0
N ₂ (mol%)	0,5

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

In het 's-Gravenzande voorkomen worden geen delfstoffen en andere stoffen teruggebracht in de ondergrond.

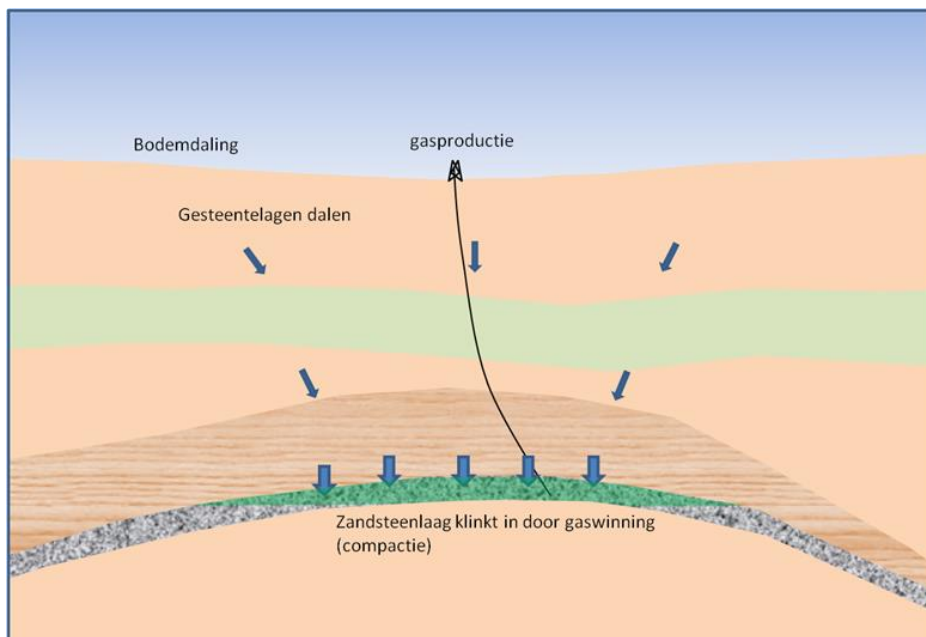
7 BODEMDALING

De bodemdalingsprognose van dit winningsplan laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven het gasveld 's-Gravenzande maximaal 2 cm bedraagt als gevolg van productie uit 's-Gravenzande. De totale bodemdaling door productie uit het 's-Gravenzande veld is maximaal 4 cm. Dit is gelijk met de inschatting van de bodemdaling volgens het vigerende winningsplan uit 2017.

De verwachte cumulatieve totale bodemdaling als gevolg van alle door NAM geopereerde velden is maximaal 4 cm boven het 's-Gravenzande veld. Dit is eveneens gelijk met de inschattingen volgens het vigerende winningsplan.

7.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

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 drukdaling en de dikte van de gasvoerende laag (Figuur 7-1). Deze compactie bedraagt over het algemeen 0,1 tot 0,2 % van de dikte van de gasvoerende laag bij de maximale drukdaling (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 zoals 's-Gravenzande, 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 reservoiromtrek komt er een afstand bij van ongeveer 1 à 2 maal de diepte van het reservoir. Figuur 7-1 geeft dit schematisch weer. Wanneer gasvelden dicht bij elkaar liggen kan er een overlap ontstaan van de verschillende bodemdalingsschalen.

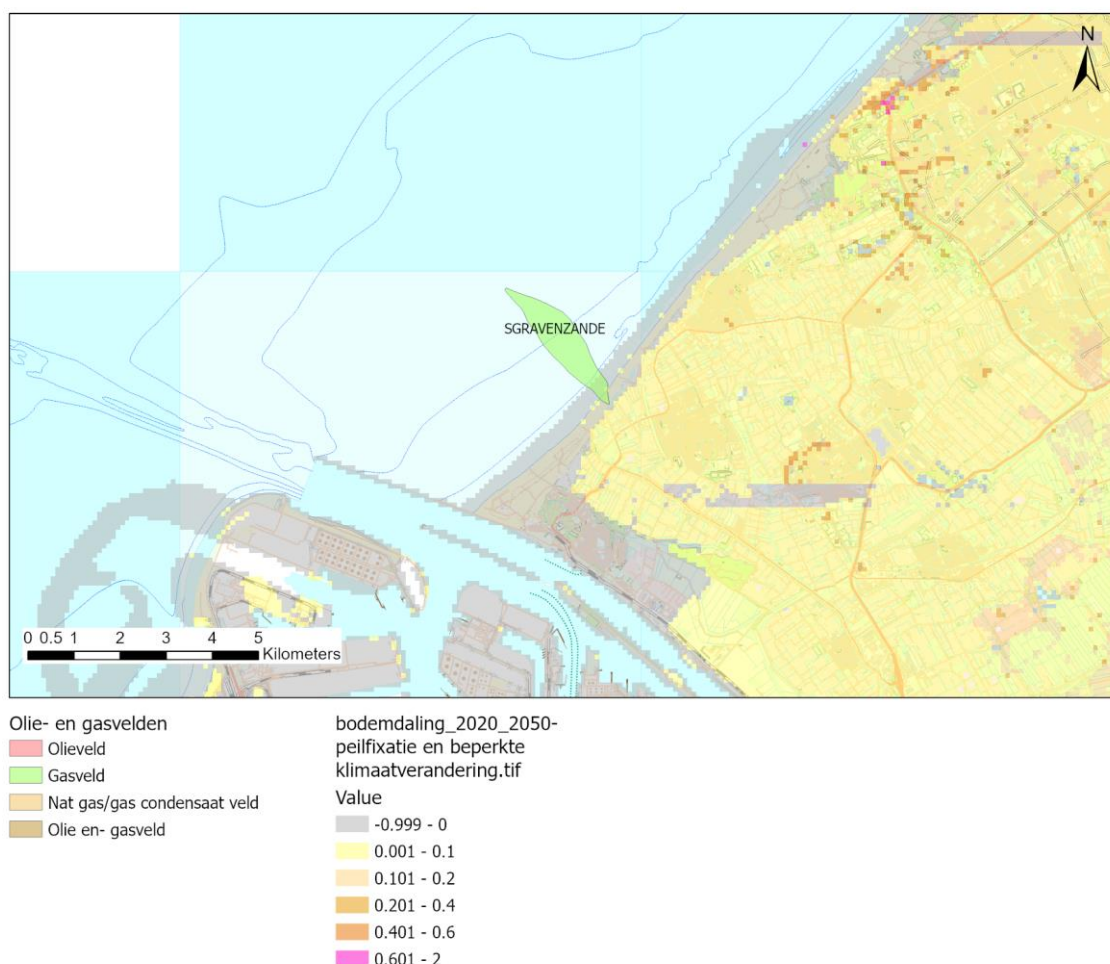


Figuur 7-1: Drukval in het reservoir zal leiden tot (beperkte) bodemdaling. (Let op: figuur niet op schaal).

7.2 Bodemdaling door natuurlijke processen

Ter informatie wordt in deze paragraaf de bodemdaling beschreven die niet wordt veroorzaakt door de gaswinning. Deze vorm van bodemdaling wordt samengevat onder de term autonome bodemdaling. De

klimaat-effectatlas¹ toont verschillende toekomstscenario's voor de mogelijke autonome bodemdaling in Nederland waarbij veenoxidatie en veen/klei inklinking, door ontwatering zijn in Nederland de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. Deze bodemdaling kan verminderd worden door en het peil van het oppervlaktewater (en daarmee indirect de grondwaterstanden) hoog te houden (peilfixatie). Desondanks blijft de bodemdaling in het begin gewoon doorgaan. Maar na enkele jaren tot decennia neemt de bodemdaling geleidelijk af doordat de bodem natter wordt, waardoor er minder veenafbraak plaatsvindt en de bodem minder wordt samengedrukt. In dit scenario is de peilfixatie gecombineerd met het gematigde klimaatscenario. Het resultaat is een beperkte bodemdaling. Het is onwaarschijnlijk dat peilfixatie overal in Nederland zal worden uitgevoerd. De grootschalige peilfixatie in deze studie is puur bedoeld om te laten zien op welke manier menselijk handelen bodemdaling kan beperken. Het is daarbij belangrijk om te realiseren dat peilfixatie tot een steeds langzamere bodemdaling leidt, die wel decennia kan aanhouden en tot steeds nattere omstandigheden leidt. In de meeste gevallen kan dit niet zonder aanzienlijke aanpassingen in het landgebruik of de intensiteit daarvan plaatsvinden. Het is daarentegen waarschijnlijker dat er (peil)maatwerk zal worden toegepast om de klimaatdoelen te halen. Omdat nu nog niet duidelijk is welke maatregelen Nederland hiervoor gaat nemen, kan een scenario gebaseerd op peilmaatwerk nog niet worden doorgerekend. Figuur 7-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2000-2050. De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil gefixeerd is en niet meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. In de kustzone nabij het 's-Gravenzande veld is de autonome daling tussen de 0 en 10 cm voor de periode 2020-2050.



Figuur 7-2: Maaiveld daling (m) over een periode van tussen 2020 en 2050 jaar bij handhaving van huidige peil en beperkte klimaatverandering van het klimaat.

¹ [Kaartviewer - Klimaat-effectatlas](#)

7.3 Meten en berekenen van bodemdaling door gaswinning

Meten van bodemdaling

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. Steeds vaker worden de traditionele waterpassingen vervangen door satellietmetingen (InSAR). Deze techniek zorgt voor frequentere metingen en een ruimere dekking van het gebied. Door een combinatie van berekeningsmethoden en gefundeerde meetpunten wordt de autonome bodemdaling zoveel mogelijk gescheiden van de bodemdaling door gaswinning.

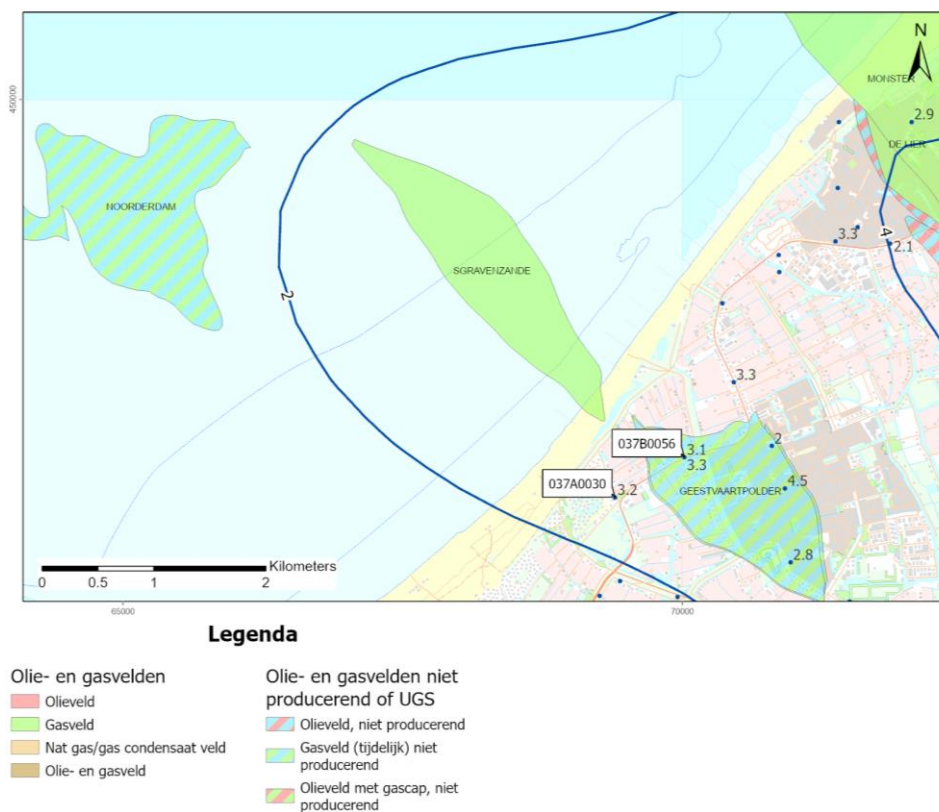
Het meetplan, waarin de frequentie en de plaats van de metingen worden vastgelegd, wordt jaarlijks geactualiseerd en voorgelegd ter beoordeling aan SodM en het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Na de goedkeuring van het meetplan worden de metingen uitgevoerd, verwerkt en in de vorm van een meetregister aangeboden ter beoordeling aan SodM die de mijnbouwmaatschappij informeert of de rapportage aan de wettelijke eisen voldoet.

Figuur 7-3, toont de gemeten bodemdaling op de punten voor de periode tussen 1989 en 2022. In deze periode is de gemeten bodemdaling boven het 's-Gravenzande voorkomen maximaal 4 cm. De reden dat er geen getallen naast vele punten staan is dat in 1989 en/of in 2022 deze punten niet zijn aangemeten. In de berekening van de bodemdaling (zie volgende paragraaf) wordt vanzelfsprekend gebruik gemaakt van alle beschikbare data. De gaswinning van het 's-Gravenzande voorkomen is gestart in 2002, om deze reden is er ook figuur van de gemeten en gemodelleerde bodemdaling getoond voor de periode van 2002 tot 2022 (Figuur 7-4).

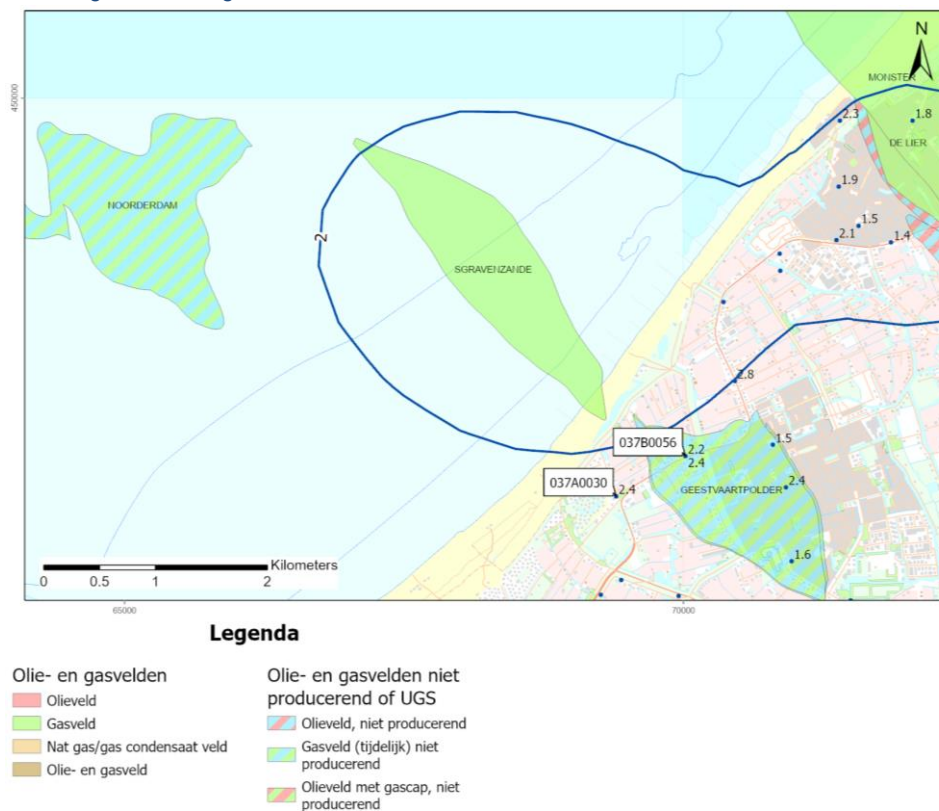
Berekenen van bodemdaling

Naast het meten van de bodemdaling wordt er ook een berekening gemaakt met behulp van informatie van het gasveld, zoals dikte, drukdaling, grootte en de samendrukbaarheid van het gesteente (zie inleiding) voor zowel de historische en toekomstige bodemdaling.

Het huidige bodemdalingsmodel voor het 's-Gravenzande voorkomen maakt gebruik van een lineair bodemdalingsmodel. De kalibratiemogelijkheden voor dit veld zijn beperkt omdat het grootste deel van veld zich onder de Noordzee bevindt, waar geen meetpunten bestaan.

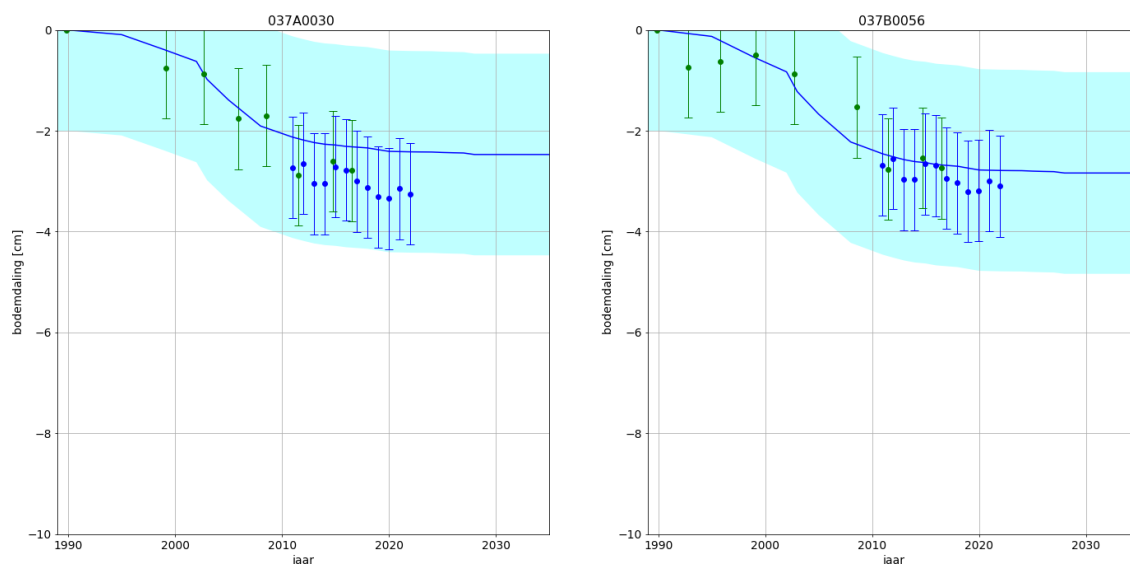


Figuur 7-3: In 2022 gemeten bodemdaling in cm (sinds de meting in 1989), weergegeven op de peilmerken (punten). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling in cm. De bodemdaling in tijd voor de aangegeven punten worden getoond in Figuur 7-5.



Figuur 7-4: In 2022 gemeten bodemdaling in cm (sinds de meting in 2002 net voor de start van de winning van 's-Gravenzande), weergegeven op de peilmerken (punten). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling in cm. De bodemdaling in tijd voor de aangegeven punten worden getoond in Figuur 7-5.

Net ten zuidoosten van het 's-Gravenzande gasveld zijn twee meetpunten geselecteerd waar meerdere keren in de tijd bodemdaling is gemeten (zie Figuur 7-5). Dit figuur toont de bandbreedte van de cumulatieve bodemdaling in het gebied in vergelijking met de metingen. De metingen liggen binnen de bandbreedte van het model.

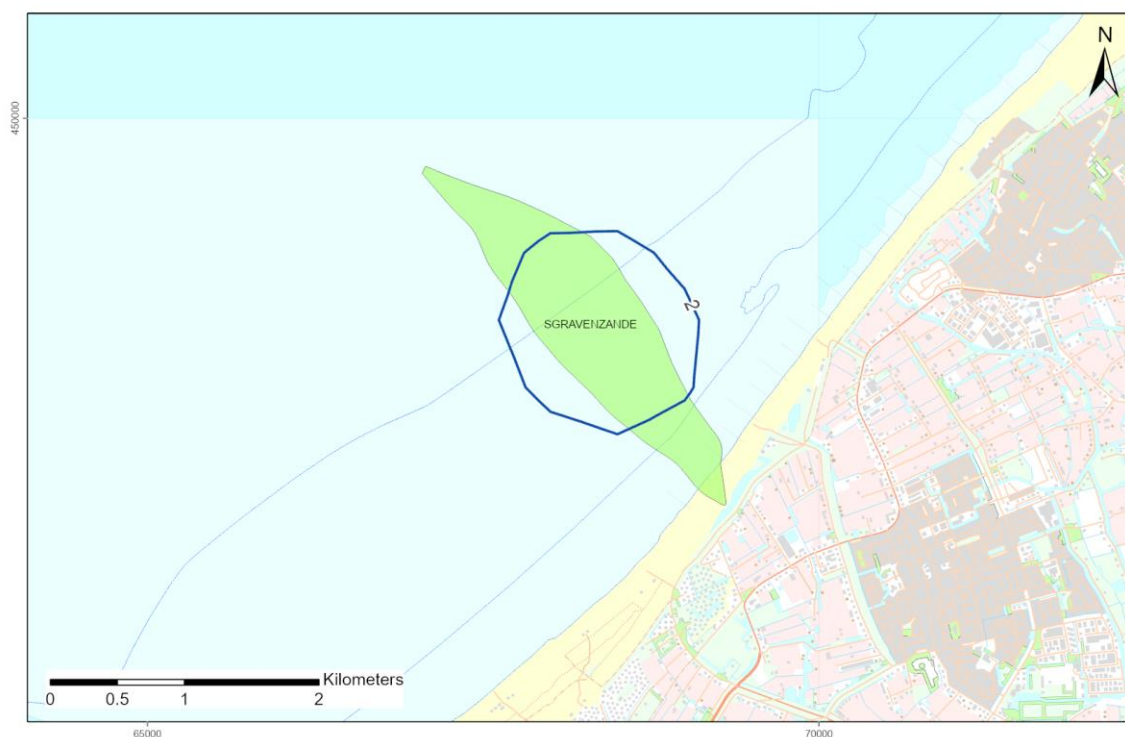


Figuur 7-5: Vergelijking van gemeten bodemdaling (met behulp van waterpassing (groen) en InSAR (blauw)) en berekende bodemdaling (blauwe lijn) voor de peilmerken 037A0030 en 037B0056 nabij het 's-Gravenzande gasveld. De meetonzekerheid in de metingen ligt in de orde van een cm per meetpunt (voor een specifiekere uitwerking van de nauwkeurigheid van geodetische metingen, zie het LTS-II vervolgstudie rapport²). De blauwe lijn toont de verwachte gemodelleerde bodemdaling op deze locatie. Het lichtblauwe gebied toont de onzekerheid van het model. De locatie van de peilmerken is aangegeven in Figuur 7-3.

7.4 Bodemdalingsvooruitzichten

Met de beschikbare gegevens over de ondergrond en het productiescenario zoals beschreven in dit winningsplan is een prognose voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit het 's-Gravenzande gasveld opgesteld. Deze toekomstige bodemdaling bedraagt minder dan 2 cm. De bodemdaling als gevolg van gaswinning uit alleen het voorkomen 's-Gravenzande vanaf de eerste winning in 2002 tot 2033 is maximaal 4 cm.

² NAM (2017) Ensemble Based Subsidence application to the Ameland gas field – long term subsidence study part two (LTS-II) continued study, EP201710200509 (<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/wadden/en/b2bb2626-2cf8-4d7f-994d-04a9995ebe9d>)



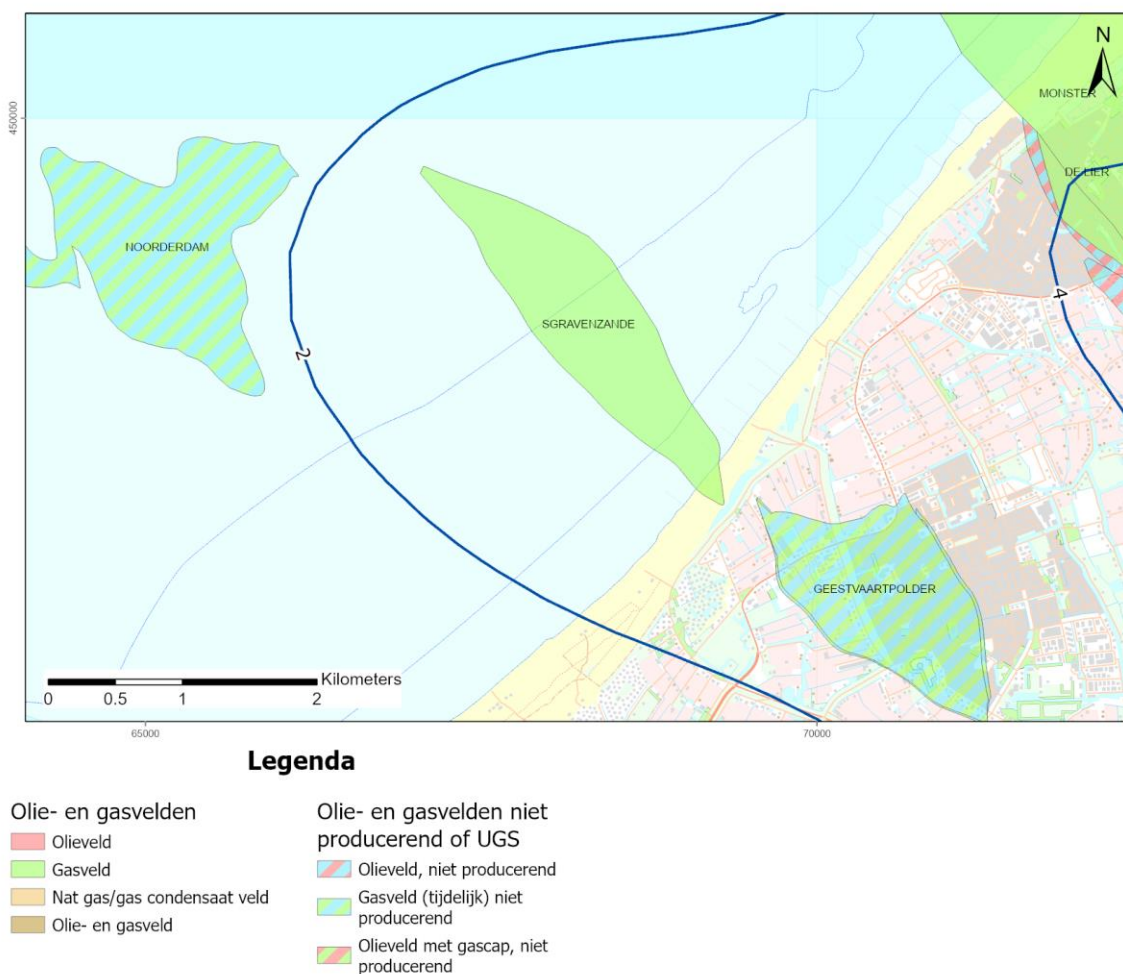
Legenda

Olie- en gasvelden

- Olieveld
- Gasveld
- Nat gas/gas condensaat veld
- Olie- en gasveld

Figuur 7-6: De bodemdaling vanaf start winning in 2002 tot en met 2033 veroorzaakt door de gasproductie uit alleen het 's-Gravenzande gasveld.

De uiteindelijke totale *cumulative* bodemdaling door gaswinning vanaf de start van de gaswinningen in het gebied voor het jaar 2035 wordt weergegeven in Figuur 7-7. Deze is maximaal 4 cm boven het voorkomen 's-Gravenzande.



Figuur 7-7: Voorspelling van de totale bodemdaling in 2035 na afloop van de gaswinning. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

7.5 Onzekerheid in verwachte bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling door productie uit het 's-Gravenzande gasveld is maximaal 2 cm. Om de onzekerheid in de toekomstige bodemdaling te berekenen is de onzekerheid in drukdaling gecombineerd met de onzekerheid in de waarden voor de geomechanische parameters in het compactiemodel. Deze analyse wordt verder beschreven in Bijlage A. Inclusief de onzekerheid blijft de maximale toekomstige bodemdaling veroorzaakt door de winning uit het 's-Gravenzande gasveld onder de 2 cm.

7.6 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

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

De cumulatieve totale daling zal uiteindelijk maximaal 4 cm bedragen.

Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is, wordt geen directe schade aan gebouwen/ bouwwerken en 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 beschrijven boven de Norg UGS en Groningen bevestigen dit beeld³. Bodemdaling kan wel een effect hebben op de waterhuishouding. Mogelijke maatregelen worden hieronder beschreven. Mogelijke effecten op natuur en milieu door bodemdaling worden beschreven in hoofdstuk 9.

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

De nog te verwachten bodemdaling door de toekomstige gaswinning als beschreven in dit winningsplan is maximaal 2 cm. Dit is een zeer beperkte bodemdaling en daarom worden geen maatregelen voorzien om bodemdaling door gaswinning uit 's-Gravenzande te voorkomen dan wel te beperken. De toekomstige bodemdaling zal volgens het meetplan Zuid-Holland worden gemonitord.

³ Rapport diepe bodemdaling en stijging gepubliceerd (schadedoormijnbouw.nl) ([link](#))

8 BODEMTRILLING

De seismische risicoanalyse laat zien dat het 's-Gravenzande voorkomen in categorie I valt. Dit is de laagste risicocategorie. In dit hoofdstuk wordt uiteengezet hoe deze categorisering tot stand is gekomen en wat dit betekent in termen van reëel seismisch risico.

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

Als gevolg van de drukdaling in het gasveld treden in het reservoirgesteente spanningsveranderingen op. Spanningsverandering op een ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. Wanneer deze beweging schoksgewijs plaatsvindt kan dit gevoeld worden als 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.

8.2 Historische bevingen in het 's-Gravenzande gasveld

Boven het 's-Gravenzande voorkomen zijn tot nu toe geen bevingen geregistreerd.

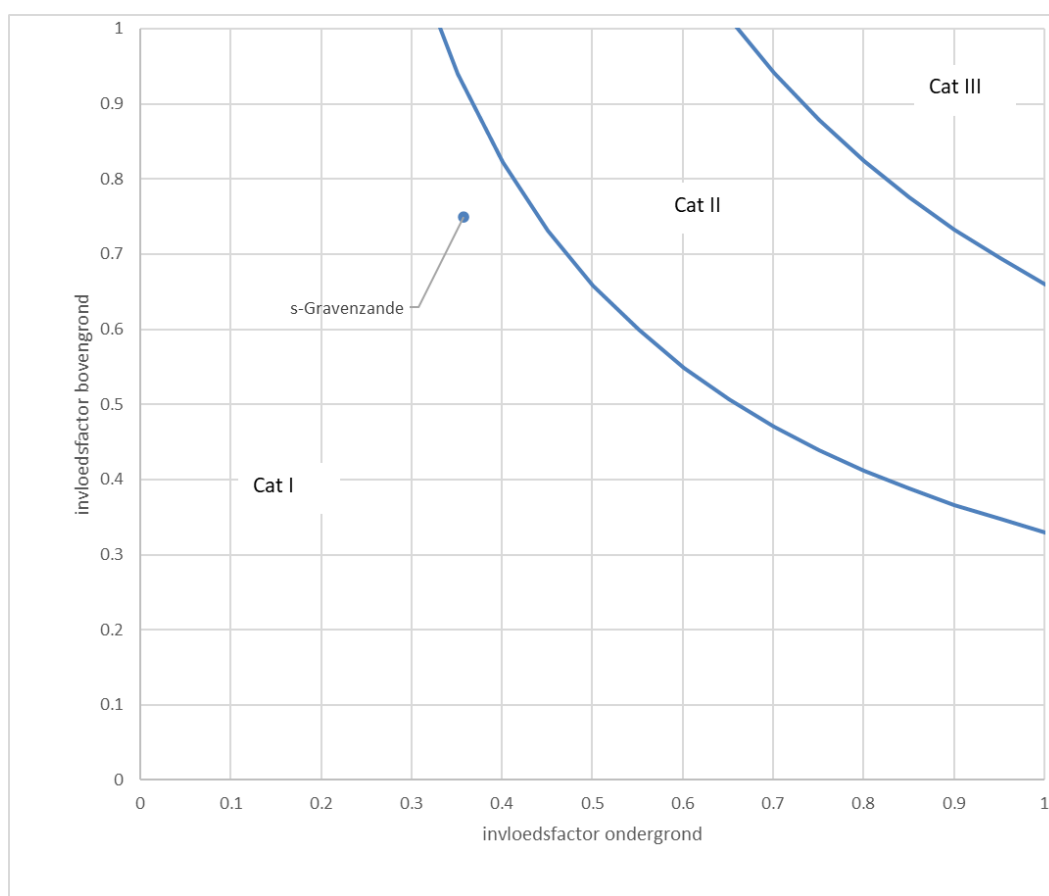
8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd⁴. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-2. 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. Meer details over de berekening van deze parameters staan in bijlage B. Het 's-Gravenzande voorkomen valt in risicocategorie I. De positie van dit veld in de risicomatrix wordt getoond in Figuur 8-1. Vergeleken met het vigerend winningsplan uit 2017 blijft het gasveld 's-Gravenzande in dezelfde risicocategorie.

⁴ Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016



Figuur 8-1: Seismisch risico gepresenteerd in de seismische risicomatrix.

Over het algemeen leiden geïnduceerde bevingen door olie- en gasproductie in de meeste gevallen niet 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.

In 1998 heeft KNMI beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macroseismische 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 enkele gebouwen.

De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving, de lokale grondsamenstelling en de 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 rapport van TNO⁵. Meer duidelijkheid over de mogelijke gevolgen van een beving wordt gegeven in het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden dat te vinden is op de NAM-website⁶. Hoofdstuk 9 beschrijft de mogelijke effecten van bodemtrillingen op de natuur of het milieu.

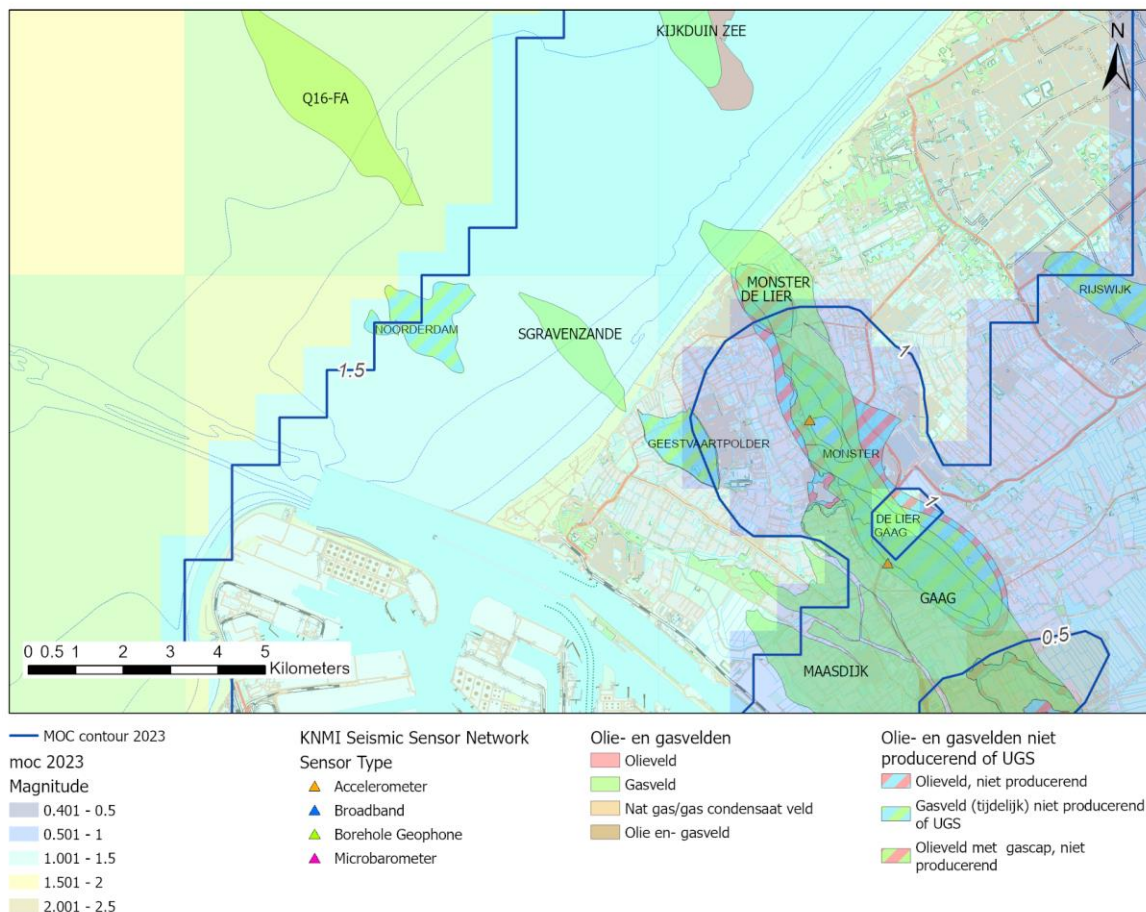
⁵ Kalibratiestudie schade door aardbevingen (TNO-rapport, TNO-034-DTM-2009-04435, 11 november 2009) (<https://www.nlog.nl/sites/default/files/tno-034dtm-2009-04435.zip>).

⁶ NAM (2017) Seismisch risico voor "kleine velden" (<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>)

8.4 Monitoring van bodemtrillingen

Seismische monitoringstations (versnellingsmeters en boorgatstations) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan met een online-verbinding in contact met het KNMI. Een boorgatstation bestaat uit een aantal geofoons die op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* worden aangebracht. Een versnellingsmeter wordt op het maaiveld geïnstalleerd. 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. Boven het gasveld ligt de locatiedrempel tenminste rond magnitude 1,5 (Figuur 8-2). Tevens zijn er in de nabijheid van het veld een aantal versnellingsmeters geplaatst. Hiermee voldoet het 's-Gravenzande voorkomen aan de monitoringseisen die gesteld worden voor een risicocategorie I veld.



Figuur 8-2: Overzicht van de locatiedrempel in Nederland (status 2023)⁷. De driehoeken geven de locaties aan van de seismische monitoringstations.

⁷ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/seismische-maatstations>

8.5 Afhandeling van schade

Bij het vermoeden van mijnbouwschade door gaswinning uit kleine velden kunnen particulieren en micro-ondernemers zich vanaf 1 juli 2020 melden bij de Commissie Mijnbouwschade. De Commissie Mijnbouwschade helpt de juiste route te volgen bij het melden van deze mogelijke schades. 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.

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.

8.6 Seismisch risicobeheersplan

Het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden, is van toepassing op het gasveld 's-Gravenzande. Dit risicobeheersplan is te vinden op de NAM-website⁸. Hierin wordt uitgelegd welke acties er worden genomen wanneer bevingen worden geobserveerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een "verkeerslichtsysteem". De meest concrete actie die genoemd wordt is dat het veld wordt ingesloten op het moment er een beving plaatsvindt met een magnitude die groter is dan $M=3$. In dit beheersplan is ook meer informatie te vinden over de mogelijke schade door aardbevingen.

⁸ NAM (2017) Seismisch risico voor "kleine velden" (<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>)

9 OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN

9.1 Algemeen

Voor natuur geldt een zorgplicht vanuit de Wet natuurbescherming. Beschermde en aangewezen natuurwaarden mogen niet nadelig worden beïnvloed.

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuurgebieden in de omgeving van het gasvoorkomen 's-Gravenzande. Verder wordt de reikwijdte van de beoordeling van effecten op (beschermde) natuurwaarden voor de beschreven mijnbouwactiviteiten nader toegelicht.

Beschermde natuurgebieden

De ten opzichte van het gasvoorkomen 's-Gravenzande dichtstbij gelegen Natura-2000 gebieden zijn 'Solleveld & Kapittelduinen' en 'Voordelta'. Het Natura-2000 gebied 'Solleveld & Kapittelduinen' ('oude' duinen die bijzonder zijn vanwege enkele heideterreinen en andere landschapselementen die herinneren aan het historisch agrarisch gebruik) ligt voor een klein deel direct boven het gasvoorkomen. Het Natura-2000 gebied 'Voordelta' (ondiep zeegedeelte dat wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een gevarieerd en dynamisch milieu van kustwateren (zout), intergetijdengebied en stranden) ligt op zo'n 6,5 kilometer afstand van het gasvoorkomen (zie Figuur 3-1 in hoofdstuk 3).

Reikwijdte van de effectbeoordeling

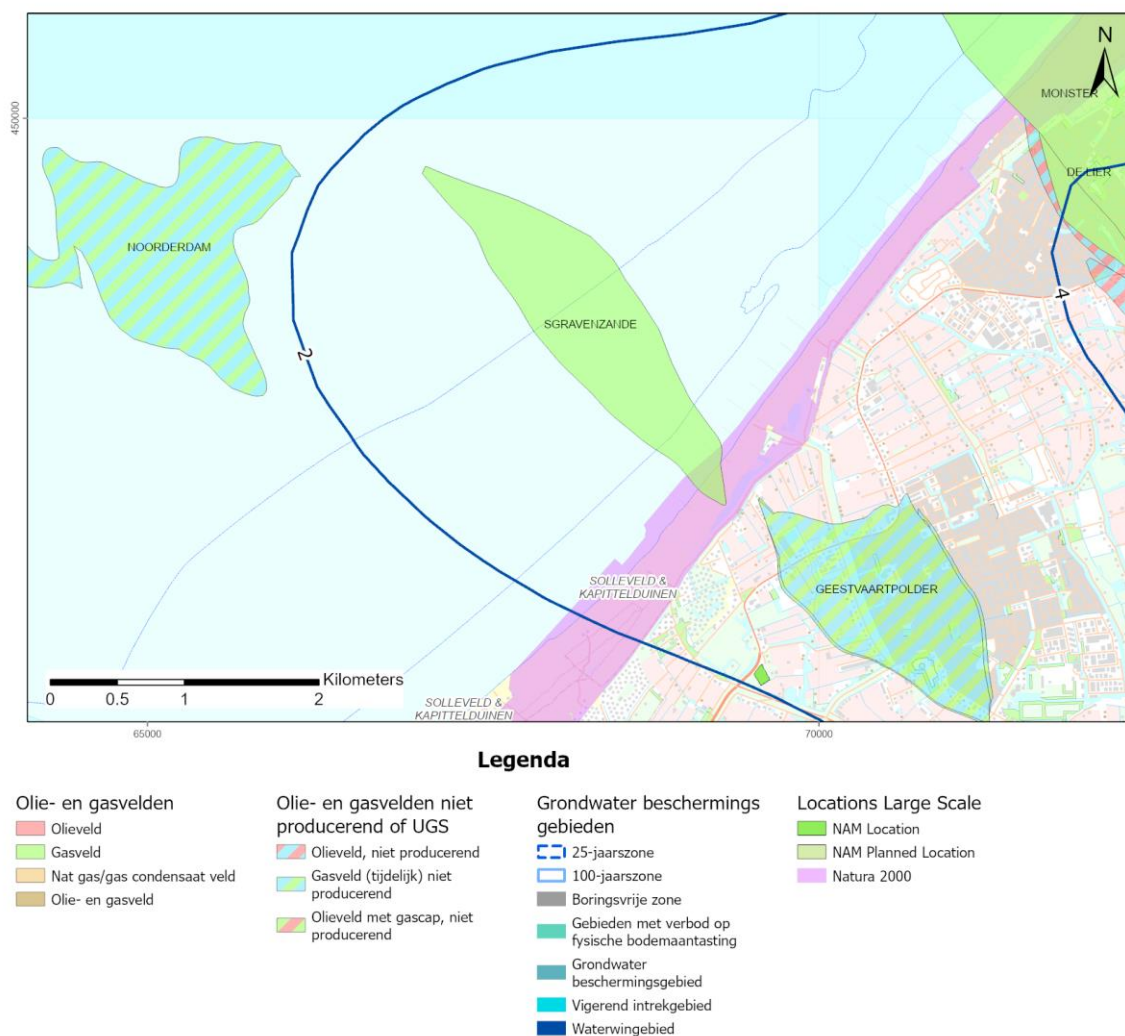
In deze effectbeoordeling wordt gekeken naar mogelijke negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van bodemdaling door gasproductie uit het genoemde gasvoorkomen.

Mogelijke negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van bodemtrillingen worden niet verwacht. Het gasvoorkomen 's-Gravenzande valt op basis van de uitgevoerde Seismische Risico Analyse in de laagste risicocategorie, namelijk risicocategorie I (zie hoofdstuk 8). De kans op nadelige meetbare effecten van bodemtrilling op de Natura-2000 gebieden wordt gezien de aard van de trillingen als verwaarloosbaar geacht.

Effecten op natuur en milieu vanwege bodemdaling

Als gevolg van het winnen van gas uit de ondergrond kan bodemdaling optreden. De nog te verwachten bodemdaling door productie uit het 's-Gravenzande gasvoorkomen is maximaal 2 cm. De uiteindelijke totale cumulatieve bodemdaling door gaswinning vanaf de start van de gaswinningen in het gebied voor het jaar 2035 wordt weergegeven in Figuur 7-7 en Figuur 9-1. De totale cumulatieve bodemdaling door gaswinning uit alle velden rond en inclusief het 's-Gravenzande voorkomen in 2035 is maximaal 4 cm boven het 's-Gravenzande voorkomen (zie ook hoofdstuk 7).

De bodemdaling kan als zeer beperkt worden aangeduid en verwacht wordt dat de bodemdaling door de gaswinning uit het 's-Gravenzande voorkomen dan ook niet van wezenlijk invloed op (beschermde) natuurwaarden zal zijn. De bodemdaling leidt niet tot significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden, of tot een significante vermindering van de oppervlakte van het NNN-gebied of van de samenhang tussen de gebieden. Daarnaast zal er vanwege deze zeer beperkte bodemdaling geen sprake zijn van verstoring, verlies of beschadiging van leefgebied van beschermde soorten.



Figuur 9-1: Voorspelling van de totale bodemdaling in 2035, vanaf de start tot na de beëindiging van de winning uit de gasvelden in deze regio. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan. In dit figuur zijn de contouren om de 2 cm getoond.

Bodem- / grondwaterverontreiniging

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 NAM worden nageleefd. Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) ziet 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. NAM en de toezichthouders 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.

Nieuwe activiteiten in relatie tot Natuur en Milieueffecten

Er zijn geen nieuwe activiteiten gepland die bovenstaande analyse kunnen veranderen.

9.2 Algemeen

De winning van aardgas kan bodembeweging tot gevolg hebben die zich kan uiten als bodemdaling aan het aardoppervlak of bodemtrillingen. Daarnaast kunnen activiteiten op mijnbouwlocaties, zoals boringen of putonderhoud, leiden tot lichtuitstraling, geluidemissies en emissies naar de atmosfeer. De mogelijke gevolgen worden beoordeeld door het bevoegd gezag in het kader van andere vergunningen dan dit winningsplan, zoals onderstaand in grote lijnen is weergegeven.

Een overzicht van de algemene mogelijke gevolgen en in welke vergunningprocedure(s) deze worden behandeld, staat in Tabel 9-1.

Tabel 9-1: mogelijke gevolgen en besluiten waarin deze aan de orde zijn.

Gevolgen met betrekking tot:	Besluit waarin aan de orde:
Bodembeweging	Winningsplan
Bodem-/grondwaterverontreiniging	Omgevingsvergunning milieu
Luchtverontreiniging (emissies)	Omgevingsvergunning milieu
Oppervlaktewaterverontreiniging	Omgevingsvergunning milieu evt. watervergunning
Externe veiligheid	Omgevingsvergunning milieu
Natuur	Wet natuurbescherming

De Staatssecretaris Mijnbouw bevordert op grond van artikel 34 lid 7 Mijnbouwwet een doelmatige en samenhangende besluitvorming ten aanzien van het besluit omtrent instemming met het winningsplan en een aantal overige besluiten, waaronder de besluiten zoals genoemd in bovenstaande tabel (coördinatieregeling).

Vergunningen

De Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) regelt de omgevingsvergunning waarbij sinds 2010 de Wm-vergunning (Wet milieubeheer) vervangen is door de omgevingsvergunning. De volgende vergunningen zijn verleend ten behoeve van de uitvoering van het winningsplan ingediend in 2017 en het nieuwe winningsplan:

Tabel 9-2: Overzicht van vigerende omgevingsvergunningen voor de productielocatie.

LOCATIE	's - Gravenzande	
Vergunning	WABO-bouw Vergunning d.d. 13-10-2017 met kenmerk DGETM-EO / 17158506 (Plaatsen geluidschermen tbv de compressor).	WABO Vergunning dd. 18-12-2015 met kenmerk DGETM-EO / 15183351 (Revisie en plaatsen MWHC)
Verleend	Ja	Ja

In het geval van de locatie 's - Gravenzande zijn de benodigde vergunningen al verleend zodat coördinatie met dit aangepast winningsplan niet aan de orde is. De bovengenoemde mogelijke gevolgen zijn al meegenomen in de respectievelijke vergunningsprocedures.

10 VERKLARENDE WOORDENLIJST

Aquifer	Ondergronds, watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
Cm	Uni-axiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente wanneer 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)
GPS	Global Positioning System: systeem voor plaats- en hoogtebepaling met behulp van satellieten
GWC	Gas-water contact diepte (verticaal in meter onder NAP)
FWL	Diepte waarop water de dominante vloeistof is (verticaal in meter onder NAP)
Kern	Gesteente 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
sm ³	Olievolume in kubieke meter bij 15 °C en 1,01325 bara
SRA	Seismische Risico Analyse
TCBB	Technische Commissie Bodembeweging
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek

11 BIJLAGE A: BODEMDALING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor het 's-Gravenzande voorkomen is de onzekerheid in de compressibiliteit (C_m) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (DP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. Voor het voorkomen 's-Gravenzande is een lineair compactiemodel gebruikt voor de passing en de prognose.

De C_m onzekerheid bevat meerdere componenten: onzekerheid over het compactiegedrag, onzekerheid over de depleterende dikte en onzekerheid over de compressibiliteit op basis van coreplug metingen. Voor het kalibreren van de modellen en het bepalen van de onzekerheid worden normaliter geodetische metingen gebruikt.

De kalibratiemogelijkheden voor het bodemdalingsmodel voor 's-Gravenzande zijn beperkt omdat het grootste deel van het veld zich onder de Noordzee bevindt. Daarom zijn de geomechanische parameterwaarden vooral bepaald op basis van de kalibratie van de bodemdaling boven andere Trias velden in Zuid-Holland. De hierbij verkregen parameterwaarden voor de bodemdalingberekening voor de Trias velden zijn gebruikt voor het 's-Gravenzande veld.

Voor een nieuw voorkomen wordt de onzekerheid geschat op 75% op basis van ervaring uit het verleden. Na één of meerdere bodemdalingmetingen is meer kennis beschikbaar gekomen over de combinatie van de depleterende dikte en compressibiliteit. Voor analoge velden onder het vasteland is deze kennis gebruikt om de onzekerheid over het bodemdalingsgedrag te reduceren. Deze kennis is ook gebruikt voor 's-Gravenzande. De onzekerheid wordt daarom geschat op 25%. De onzekerheid voor de DP volgt uit de reservoirmodellen voor het "laag-midden-hoog" scenario. De vermenigvuldiging van de C_m met de DP geeft een maat voor de compactie. Wanneer een hoge C_m met een hoge DP wordt vermenigvuldigd geeft dit een maximum scenario voor de onzekerheid. Een combinatie van lage waarden geeft een minimum. Een vertaling van compactie naar bodemdaling kan worden gemaakt met behulp 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 reservoirdikte [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 veldcontouren zoals getoond in Figuur 7-3

De waarden die gebruikt zijn in de bepaling van de toekomstige bodemdaling (en zijn onder- en bovengrens) worden getoond in Tabel 11-1 en Tabel 11-2. De bijbehorende drukprofielen zijn getoond in Bijlage D. De op deze manier berekende bodemdalingonzekerheid is opgenomen in onderstaande Tabel 11-1.

Tabel 11-1: Onzekerheid van de bodemdalingsprognose in het diepste punt voor de verschillende productiescenario's.

Voorkomen	Te verwachten drukdaling [bar]			Compressibiliteit				
	Laag productie scenario [bar]	Midden productie scenario [bar]	Hoog productie scenario [bar]	C_m (10^{-5} bar^{-1})	Onzekerheid compressibiliteit	Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)
's-Gravenzande	3	5	7	0,51	25%	<2	<2	<2

Tabel 11-2: Overzicht

Voorkomen	Diepte veld [m]	Gemiddelde depletende dikte [m]	Initiële druk [bar]	Huidige druk [bar]	Einddruk Midden productie scenario [bar]	Rigid basement ⁹ [m]	Poissons ratio ¹⁰ [-]
's-Gravenzande	2735	190	308	33	28	5000	0,2

⁹ Rigid basement is een modelparameter die invloed heeft op de vorm van de bodemdalingskom. De waarde is gebaseerd op kalibratie met gemeten bodemdalingskommen boven land (diepte rigid basement is ongeveer 1,5 maal de diepte van het reservoir).

¹⁰ Gebaseerd op experimenten met gecementeerde zandsteen kernen.

12 BIJLAGE B: SEISMISCH RISICO: 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 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) gepubliceerd¹¹. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-2. 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

1. Stap 1:

In de eerste stap 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.

2. Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die:

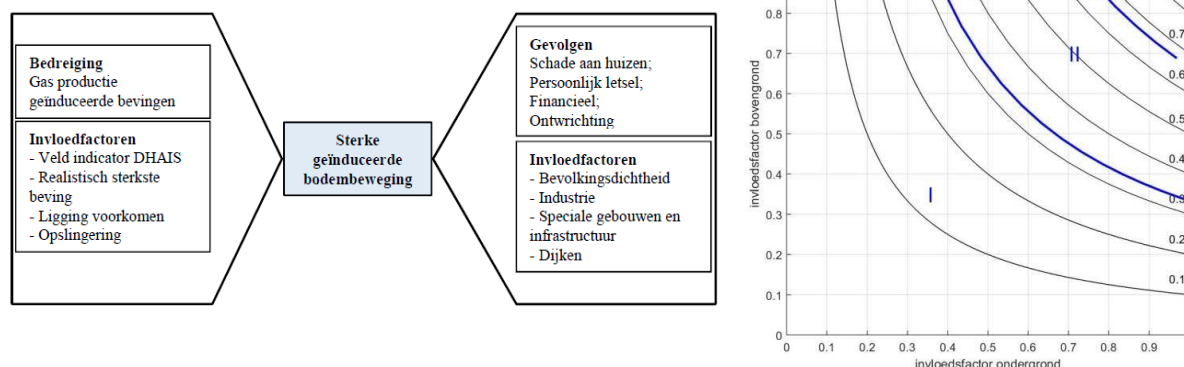
- seismisch actief zijn geweest;
- óf een niet-verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor M_{max} $\geq 2,5$ is.

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 in Nederland bekende voorkomens valt alleen het Groningen-gasveld in deze categorie.

In stap 2 wordt op basis van een risicomatrix het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 12-1 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke grondbeweging (de 'invloedfactoren ondergrond') en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de 'invloedfactoren bovengrond').

¹¹ Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016



Figuur 12-1: 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 12-1, 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* beving¹² gedurende de productietijd van het veld en 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 aardbeving 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.

¹² De magnitude van een mogelijke beving ligt tussen de 1,5 en de magnitude voor de realistische sterkste beving, waarbij de kans logaritmisch afneemt met de magnitude.

- *Opslingering*

De ondiepe ondergrond kan een opslingering 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).

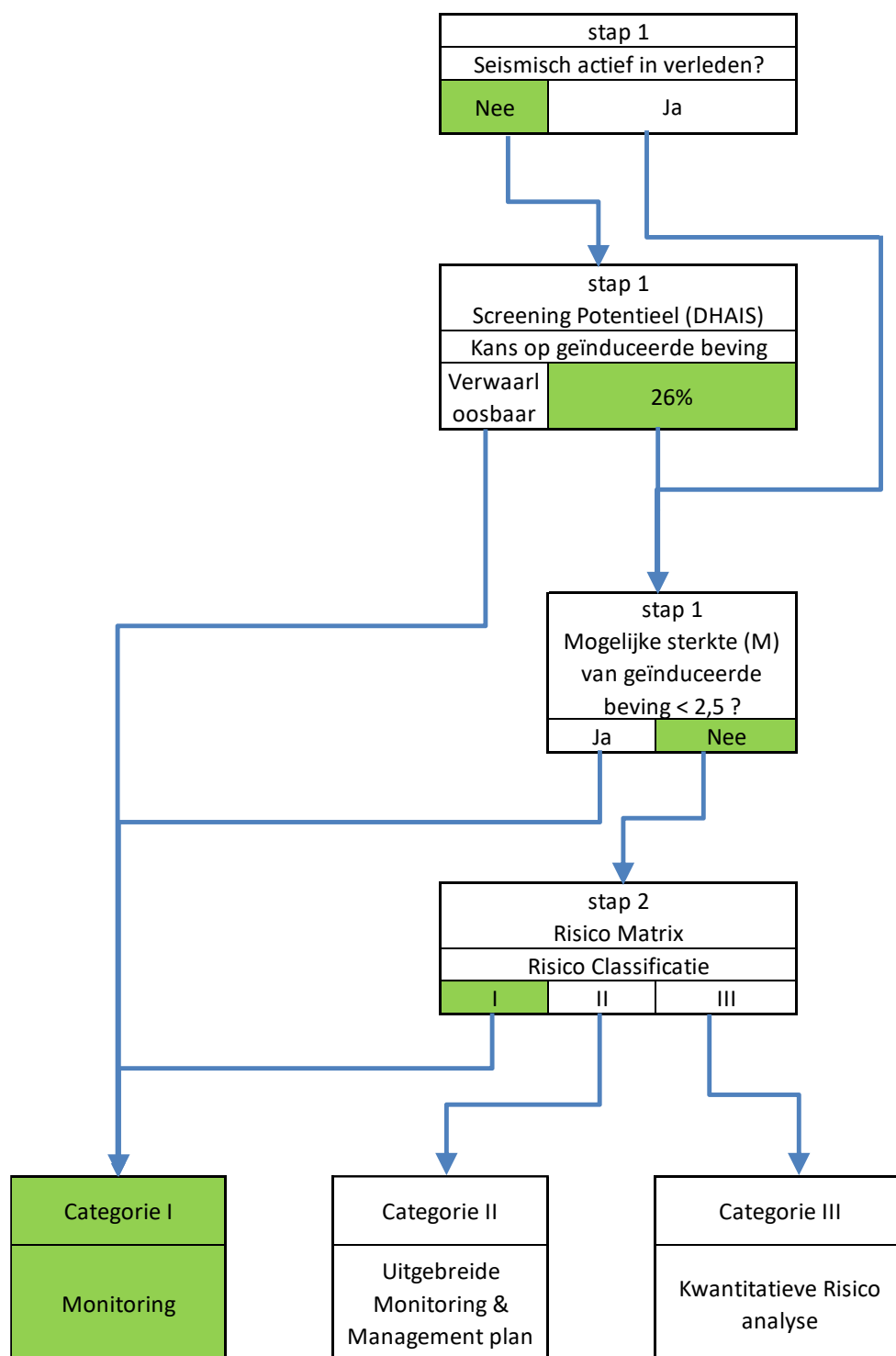
Het mogelijke gevolg van een beving volgt uit een analyse en score van de invloedfactoren bovengrond: bevolkingsdichtheid, industrie, speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken.

- 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.

12.1 Seismische Risico Analyse voor het 's-Gravenzande 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 12-2 staat voor de 's-Gravenzande de uitkomst in groen voor de verschillende stappen. Details van de berekening worden verder besproken in deze bijlage.



Figuur 12-2: De verschillende stappen die doorlopen zijn voor 's-Gravenzande om de risicocategorie te bepalen.

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor de verschillende voorkomens.

Voor het inschatten van het risicopotentieel is uitgegaan van de drukdaling die hoort bij de verwachte eindproductie in het "high-case productiescenario" uit Tabel 12-1.

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)¹³ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2022 is deze studie geactualiseerd met de data tot en met 1 maart 2021¹⁴. Deze actualisatie van de DHAIS-studie heeft ook invloed op de score van de kans op beven in de SodM leidraad. TNO heeft hiervoor een advies uitgebracht¹⁵ welke gevolgd is in dit winningsplan.

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) afsluitende laag ("seal") en het reservoirgesteente;

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

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

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

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 olie/gaskolom van het voorkomen in meters;

A = De oppervlakte van het voorkomen gemeten binnen de OWC/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} ≥ 20%	B ≥ 0,84 en E ≥ 1,07: Kans op beven
	B < 0,84 en/of E < 1,07: Verwaarloosbare kans
DP/P _{ini} < 20%	Verwaarloosbare kans

De waarden die zijn gebruikt in de bepaling van de DHAIS-kans zijn gegeven Tabel 12-1.

¹³ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit.

¹⁴ TNO-rapport 2021 R10977, Roholl et al. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS), actualisatie 2021

¹⁵ Advies TNO DHAIS update 2021 en invloed op de leidraad SRA (http://www.nlog.nl/sites/default/files/2022-07/age_22-10_049-advies_mw-dhais_update_en_sra_20220701_redacted.pdf)

Tabel 12-1: Invoergegevens voor de bepaling van de DHAIS en de DHAIS-kansen.

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m) ¹⁶	Initiële druk (bar)	Totale drukdaling volgens productie-scenario hoog (bar)	Totale breuklengte (km)	Reservoir oppervlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E ¹⁷	DHAIS B	DHAIS kans
's-Gravenzande	190	308	282	7,2	1,7	geen	geen	1,26	5,03	26%

NB: Deze analyse geeft alleen de kans op enige beving en geen informatie over de vraag hoe groot de frequentie en magnitude van eventuele bevingen zouden kunnen zijn.

De breukdichtheid is bepaald volgens de Top Middle Bunter kaart zoals getoond in Bijlage C.

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 B-1.

Tabel B-1: Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en de Mmax waarden volgens de twee methodes.

Langste breuklengte (km) ¹⁸	Poisson's ratio ¹⁹	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
3,4	0,2	190	2,8	3,8

Stap 2: Risico matrix

Voor het 's-Gravenzande 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.

- Figuur B-1, Figuur B-2 en Figuur B-3 tonen de situaties voor respectievelijk "Bevolkingsdichtheid", "Industriële inrichtingen", "Speciale gebouwen en vitale infrastructuur" en "Dijken".
- Figuur B-4 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen.

¹⁶ 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.

¹⁷ Young's moduli ratio volgens TNO rapport: Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS), actualisatie 2021. TNO-rapport 2021 R10977

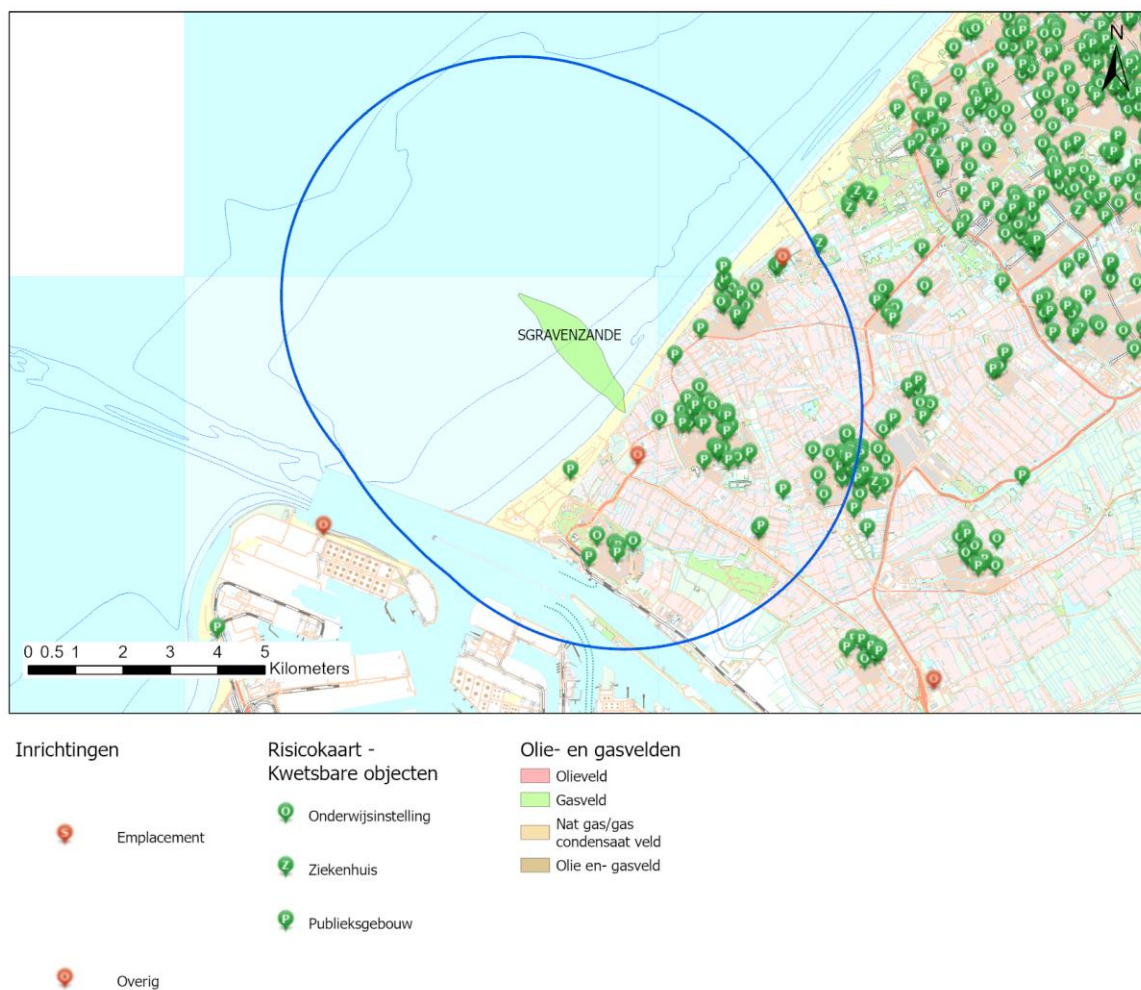
¹⁸ Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in bijlage C met een blauwe pijl

¹⁹ Poisson's ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplug metingen

Voor de bevolkingsdichtheid is gekeken naar de gemiddelde dichtheid per buurt en per gemeente. De leidraad biedt de mogelijkheid om op beide manieren de gemiddelde dichtheid te bepalen binnen de bufferzone rondom het veld. Vanwege het verschil in oppervlakte tussen de wijken en de gemeentes zal het berekende gemiddelde binnen de buffer verschillend zijn. Bij de bepaling voor de score voor de bevolkingsdichtheid wordt uitgegaan van de maximumwaarde van de twee berekeningen. De berekening voor de gemeente geeft een dichtheid van 158 inwoners per km² en die voor de buurten 1507 inwoners per km². Dit grote verschil wordt voornamelijk verklaard doordat er bij de berekening voor de gemeente de oppervlakte binnen de buffer van het gedeelte in de Noordzee ook wordt meegenomen. Voor de SRA-berekening is de bevolkingsdichtheid van 1507 inwoners per km² gebruikt, waarbij alleen het gebied op het vaste land gebruikt. Aangenomen is dat er binnen de buffer hoogbouw aanwezig is.



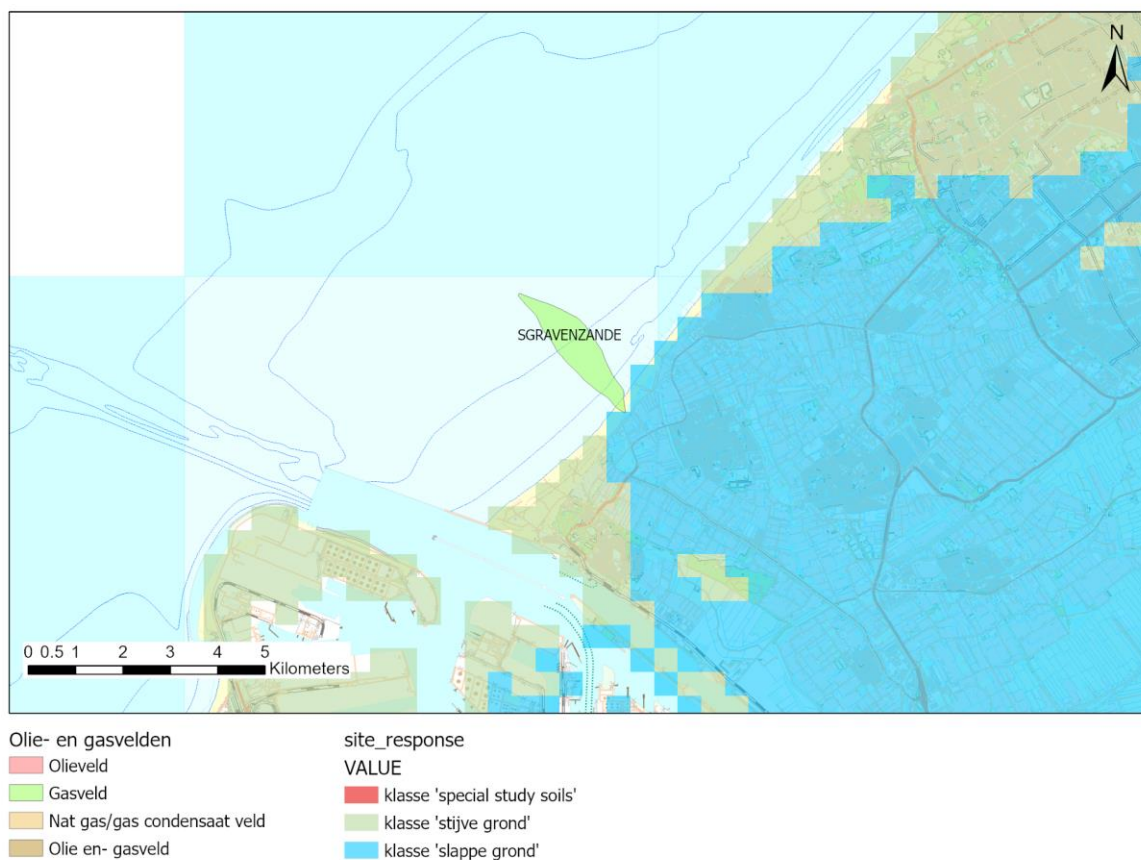
Figuur B-1: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het 's-Gravenzande veld. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het voorkomen die relevant is voor de SRA.



Figuur B-2: Overzicht van de industriële inrichtingen, ziekenhuizen, onderwijsinstellingen en publieksgebouwen) boven het 's-Gravenzande veld. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor de SRA.



Figuur B-3: Overzicht van de dijken. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor de SRA.



Figuur B-4: 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 B-2, inclusief onderbouwing en uitkomst.

Tabel B-2: Kwantitatieve evaluaties en daaruit voortkomende scores (C) voor de invloedsfactoren ondergrond (A) en bovengrond (B).

A: invloedsfactoren ondergrond

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 ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) 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	$P=26\%$ 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 ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) 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		1 methode 3,1 – 3,5 én/of alle methodes 2,6 – 3,0		10-30% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) 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	$P=\text{Verwaarloosbaar}$	1 methode 2,6 – 3,0 én/of alle methodes $\leq 2,5$	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	<10% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) 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.

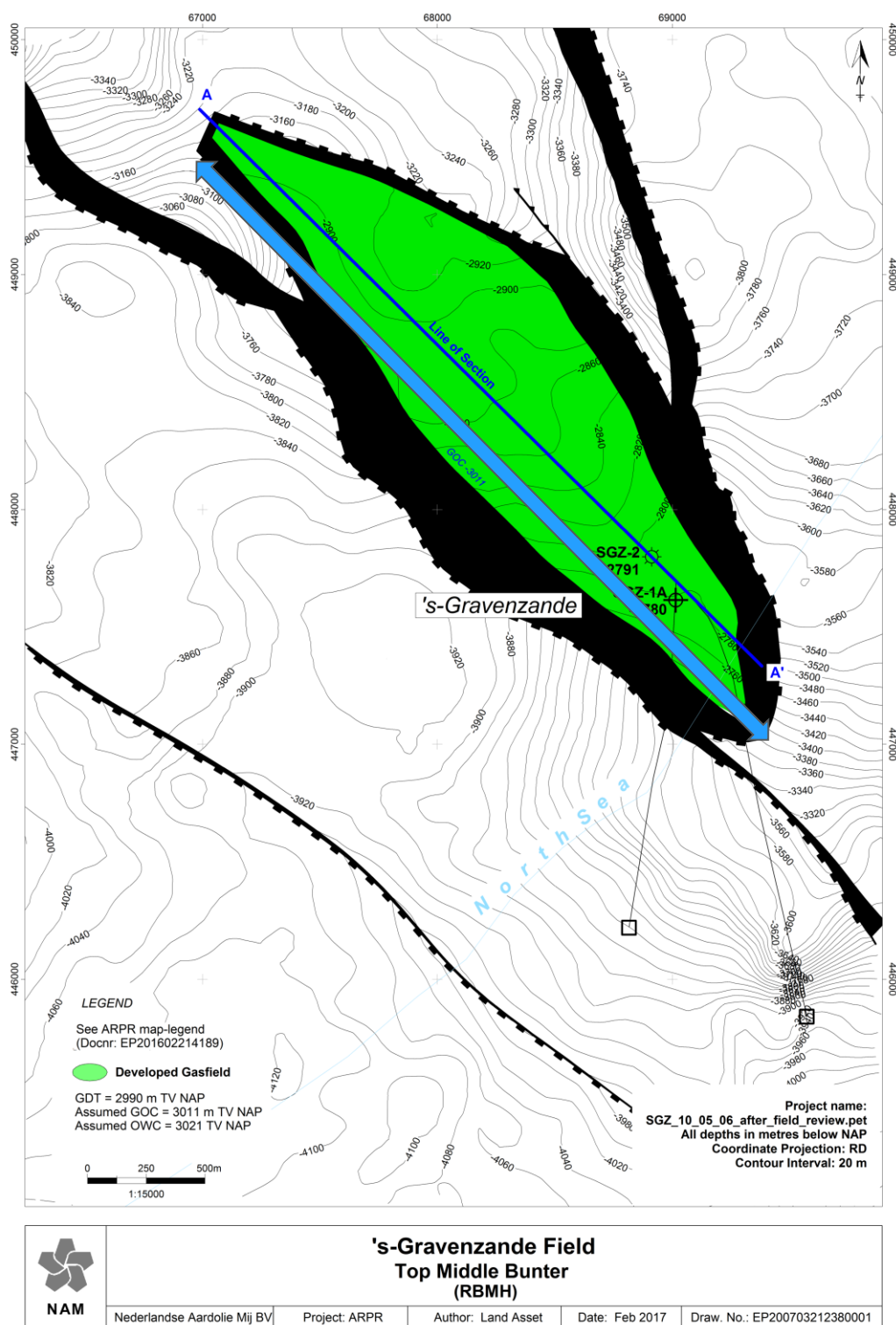
B: invloedsfactoren bovengrond

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/appartementencomplexen 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/appartementencomplexen 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/appartementencomplexen 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

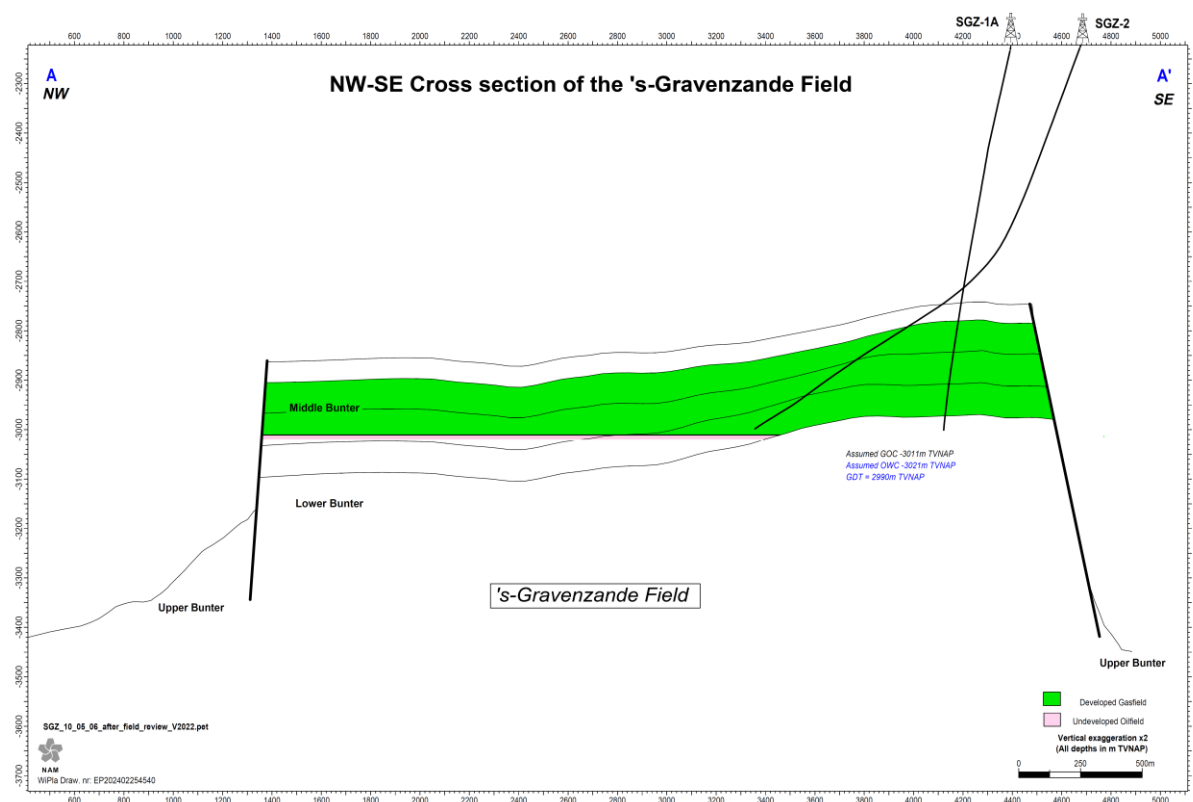
C: scores voor invloedfactoren ondergrond en bovengrond

Kans op beven of waargenomen bevingen	Magnitude	Ligging voorkomen	Opslingering	Genormaliseerde totalscore ondergrond	Bevolkingsdichtheid	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totalscore bovengrond	Categorie
2	2	0	1	0,36	3	3	2	4	0,75	I

13 BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN HET VOORKOMEN



Figuur 13-1: Kaart van de top van het 's-Gravenzande voorkomen (Top Middle Bunter), inclusief de breuken. De blauwe pijl geeft de langste breuk aan.



Figuur 13-2: Reservoirdoorsnede van het 's-Gravenszande voorkomen.

14 BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR

jaar	Gemiddelde reservoir druk per scenario (bar)		
	L	M	H
2001		308	
2002		292	
2003		229	
2004		176	
2005		154	
2006		137	
2007		112	
2008		95	
2009		82	
2010		68	
2011		65	
2012		56	
2013		50	
2014		47	
2015		45	
2016		42	
2017		40	
2018		37	
2019		35	
2020		35	
2021		34	
2022		33	
2023		33	
2024		33	
2025	30	31	31
2026	30	30	30
2027		29	29
2028		28	28
2029			27
2030			27
2031			26
2032			26
2033			26