



AANVRAAG INSTEMMING VERLENGING WINNINGSPLAN NOORDERDAM





AANVRAAG INSTEMMING VERLENGING WINNINGSPLAN NOORDERDAM

Versie 1.0
Juli 2023

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.

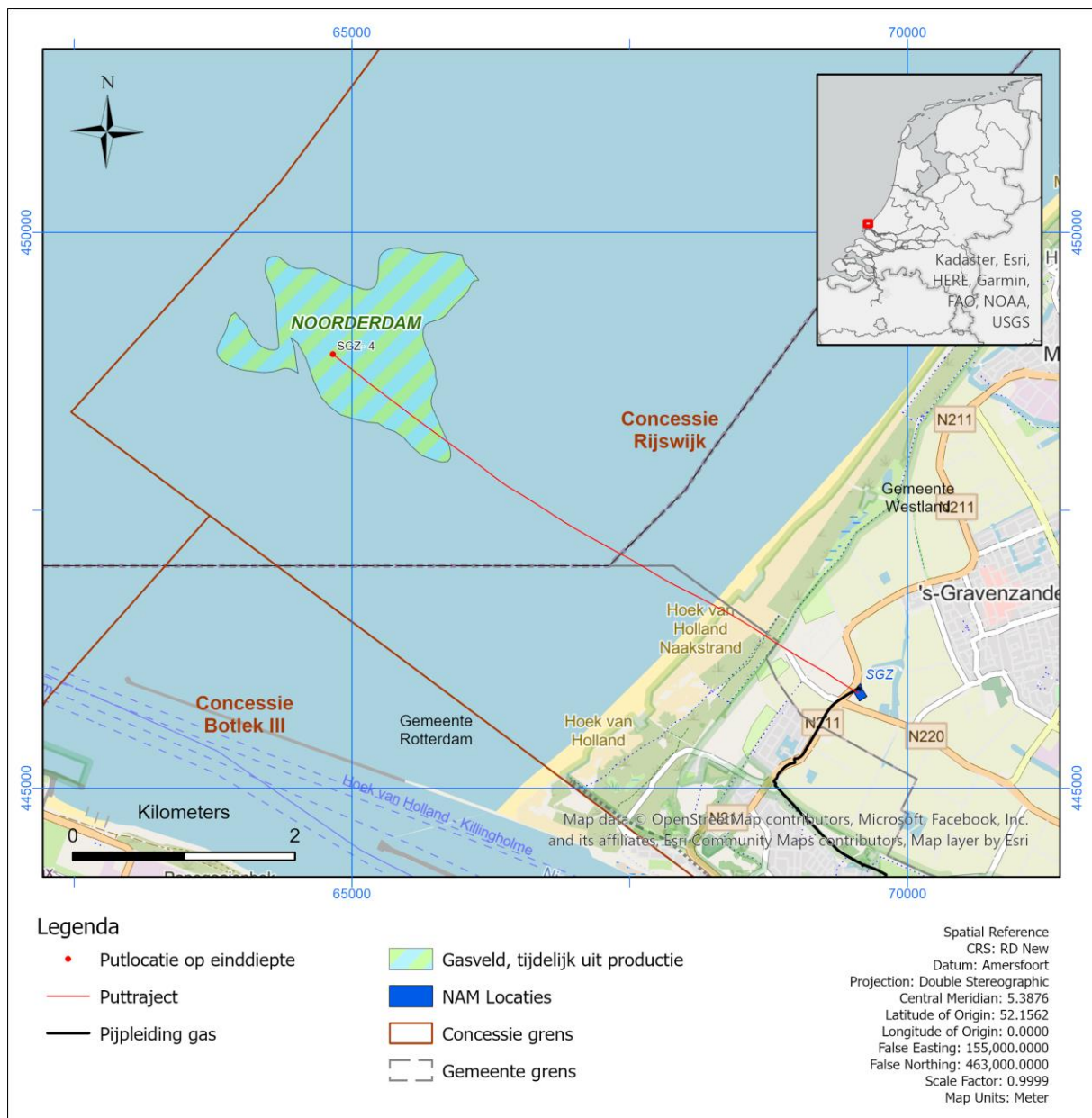
Naast het winningsplan kunnen nog diverse andere vergunningen noodzakelijk zijn, zoals een milieuvergunning en bouwvergunning. Voor meer informatie zie ook www.hoewerktgaswinnen.nl en www.mijnbouwvergunningen.nl.

Achtergrond winningsplan Noorderdam

Dit document betreft een actualisatie voor het voorkomen Noorderdam, dat onderdeel is van het vigerende winningsplan Gaag-Monster uit 2017. Het vigerende plan omhelst zeven gasvoorkomens. De actualisatie heeft alleen betrekking op het voorkomen Noorderdam. Voor de overige voorkomens zal het Gaag-Monster winningsplan uit 2017 vigerend blijven. Het Noorderdam voorkomen is in 1998 aangetoond met de put Q16-8 en in 2006 in productie genomen met de put SGZ-4. Een topografische kaart met het voorkomen is gegeven in Figuur 1-1.

In het vigerend winningsplan vindt einde winning plaats 31-12-2020. Volgens de huidige verwachtingen duurt de gasproductie tot en met 2028. Economische afwegingen kunnen leiden tot het eerder insluiten van

het productiesysteem.



Figuur 1-1: Ligging van het Noorderdam voorkomen inclusief infrastructuur. Pijpleidingen zijn aangegeven in zwart en putten in rood.

Hoeveel gas kan worden gewonnen?

Tot eind 2022 is in totaal 707 miljoen Nm³ aardgas uit het Noorderdam voorkomen geproduceerd. Dit is onder de vergunde eindproductie van 713 miljoen Nm³ uit het vigerende winningsplan gebleven. NAM verwacht nog 0 (in het laag scenario) tot 111 (in het hoog scenario) miljoen Nm³ aardgas te winnen over de periode 2022 tot en met 2028, afhankelijk van het productiescenario. Uit dit voorkomen wordt volgens deze actualisatie maximaal 818 miljoen Nm³ gewonnen. Dit is maximaal 105 miljoen Nm³ hoger dan het huidige vergunde volume.

De daadwerkelijke productie hangt af van het gedrag van de put SGZ-4. Het gaat hier dus om de laatste productievolumes van de reeds bestaande gaswinning. Er zullen geen nieuwe boringen worden uitgevoerd en de huidige putten zullen niet hydraulisch worden gestimuleerd ('fracken').

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 de gesteentelagen boven het gasveld zorgt ervoor dat de gashoudende gesteentelaag iets wordt samengedrukt. Dit kan zich aan de oppervlakte manifesteren in beperkte 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 een kilometer. Op het niveau van een woning komt dit neer op een verschil van de dikte van één vel A4 papier tussen de voor- en achtergevel, wat volgens onderzoekers geen schade aan gebouwen veroorzaakt. Meer informatie staat op www.commissiebodemdaling.nl en is te vinden in een recent TNO-rapport ([link](#)).

Het winningsplan bevat een overzicht van de gemeten bodemdaling tot nu toe en een prognose van de bodemdaling door gaswinning aan het einde van de winning. De verwachte bodemdaling door toekomstige gaswinning is minder dan 2 cm. Dit is een zeer geringe bodemdaling die binnen de onzekerheidsmarge valt van de metingen. De verwachte totale bodemdaling boven het Noorderdam voorkomen sinds het begin van de productie blijft onder de 2 cm. Dit komt overeen met de inschattingen die voor de bodemdaling zijn gedaan in het vigerende winningsplan, zowel voor de verwachte bodemdaling door toekomstige gaswinning als voor de totale bodemdaling boven Noorderdam.

Toelichting risico van aardbevingen

In 2014 is een rapport van de Onderzoeksraad voor de Veiligheid verschenen met een duidelijke boodschap: er moet meer aandacht komen voor de negatieve gevolgen van de gaswinning, waaronder het mogelijk optreden van aardbevingen. Dit heeft geleid tot aanpassing van de Mijnbouwwet. In de tussentijd is door SodM een leidraad ontwikkeld om het risico van aardbevingen beter in beeld te brengen. Bedrijven als NAM moeten deze leidraad gebruiken in de winningsplannen. In dit winningsplan is het risico van aardbevingen volgens deze leidraad uitgewerkt.

Op basis van verschillende parameters met betrekking tot de ondergrond en gasproductie is bepaald wat de waarschijnlijkheid is dat een gasveld zou kunnen beven. Daarnaast wordt op basis van de specifieke geologische eigenschappen een inschatting gemaakt van de sterkste beving waar theoretisch gezien rekening mee moet worden gehouden. Andere parameters in de SodM leidraad zijn bv. de opbouw van de ondiepe ondergrond en bevolkingsdichtheid binnen een contour van 5 km rondom de omtrek van het voorkomen. Gezien het voorkomen zich ongeveer 3 km voor de kust bevindt, is het grootste gedeelte van het oppervlak binnen de contour onbebouwd.

Velden waarin aardbevingen kunnen voorkomen, worden ingedeeld in drie categorieën, waarbij categorie 1 de lichtste en categorie 3 de zwaarste is. Afhankelijk van de risicocategorie gelden er voor een veld monitoringsverplichtingen, beheersmaatregelen en onderzoeksverplichtingen. Alleen het Groningen gasveld valt in categorie 3. Het gasveld Noorderdam valt in categorie 1. Ook in het vigerende winningsplan viel Noorderdam in categorie 1.

NAM is volgens het Burgerlijk Wetboek wettelijk aansprakelijk voor schade die zij veroorzaakt. Mochten omwonenden toch schade ondervinden, dan kan dat gemeld worden bij de commissie mijnbouwschade (<https://www.commissiemijnbouwschade.nl>).

Inhoud

1	SAMENVATTING	3
	INHOUD	7
	FORMULIER AANVRAAG INSTEMMING WINNINGSPLAN	9
2	INLEIDING	11
2.1	Doel van het Winningsplan	11
2.2	Leeswijzer	11
3	PLAATS VAN WINNING	13
3.1	Productielocaties, putten en voorkomens	13
3.2	Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas	14
4	BORINGEN	16
4.1	Inleiding: Algemene beschrijving van een put	16
4.2	Overzicht boring(en)	17
4.3	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	17
4.4	Putstimulatie	18
5	ONDERGROND	19
5.1	Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten	19
5.2	Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	19
5.3	Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen	23
5.4	Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	23
6	ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN	24
6.1	Inleiding	24
6.2	Historische Productie	24
6.3	Onzekerheden	25
6.4	Winningsstrategie en reservoirmanagement	25
6.5	Winningsnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	26
6.6	Duur van de winning	27
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning	27
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen	27
6.9	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	28

6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	28
7	BODEMDALING	29
7.1	Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	29
7.2	Metten en berekenen van bodemdaling door gaswinning	30
7.3	Bodemdalingsvooruitzichten	31
7.4	Onzekerheid in verwachte bodemdaling	33
7.5	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	33
7.6	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	34
8	BODEMTRILLING	35
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand	35
8.2	Historische bevingen boven Noorderdam	35
8.3	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse	35
8.4	Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning (duiding van het risico)	36
8.5	Monitoring van bodemtrillingen	37
8.6	Afhandeling van de schade	38
8.7	Seismisch risicobeheersplan	39
9	OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN	40
9.1	Effecten op natuur en milieu	40
9.2	Algemeen	42
10	VERKLARENDE WOORDENLIJST	44
11	BIJLAGE A: BODEMDALING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN	45
12	BIJLAGE B: SEISMISCHE RISICO ANALYSE: DETAILS EN ACHTERGRONDEN	47
12.1	Seismische Risico Analyse voor het Noorderdam voorkomen	50
13	BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN HET VOORKOMEN	58
14	BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR VOOR HET LAAG, MIDDEN EN HOOG SCENARIO	60

Formulier aanvraag instemming winningsplan

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

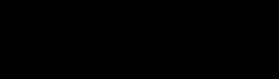
Elektronisch in te dienen bij:

Ministerie van Economische Zaken

Directie Energie & Omgeving

mijnbouwaanvragen@minez.nl

Artikel	Onderwerp	Beschrijving
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming voor winningsplan Noorderdam	☐ 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 actualisatie bestaat uit een aangepaste productievolume en productieperiode. Tevens is er een actualisatie van de seismische risicoanalyse en bodemdalingsvoorspellingen gegeven.
	Algemene gegevens	
	<i>Naam indiener</i>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<i>Adres</i>	Postbus 2800 9400 HH Assen
	<i>Contactpersoon</i>	
	<i>E-mail</i>	@shell.com
Mw 34 lid 2	Indiener	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunningsgebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning(en) • Rijswijk (KB 3/1/1955), N069 • Gemeente Westland • Provincie Zuid-Holland
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	Noorderdam
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	Beknopte beschrijving van het winningsplan	1, 2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	3
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	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	3.2
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 1a,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	7.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	7.2 – 7.4 Bijlage A, D
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.5
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	7.6
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	7.6
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemtrilling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	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	8.4
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	8.5, 8.6
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	8.6, 8.7
	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	9.1, 9.2
Ondertekening  Naam:  Functie: NAM Asset Manager Onshore South NL		Datum: 11 juli 2023 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, Noorderdam genaamd, omvat alleen het Noorderdam voorkomen. Het gas uit het voorkomen wordt geproduceerd via de put SGZ-4 vanaf de 's-Gravenzande locatie.

De reden voor de actualisatie van het winningsplan is het maximale totale productievolume en de verlengde levensduur. Daarnaast bevat dit winningsplan een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen en een nieuwe seismische risicoanalyse.

Dit is de vierde actualisatie van het Noorderdam winningsplan sinds 2006. 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	DOCUMENT
2006	Originele winningsplan
2011	Eerste actualisatie
2013	Tweede actualisatie
2017	Derde actualisatie*
2023	Deze (vierde) actualisatie

* Noorderdam maakt deel uit van het Gaag-Monster winningsplan.

Het oorspronkelijk winningsplan, de actualisaties en de besluiten voor Noorderdam zijn te vinden onder veldcode NDRD (Noorderdam) op www.nlog.nl

Deze vierde actualisatie is een volledig herziene versie en is uitgebreider dan de versies uit 2006, 2011, 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 bladzijde 9).

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 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 voor het voorkomen Noorderdam.
- Hoofdstuk 7 - *Bodemdaling* - beschrijft de historische en verwachte bodemdaling in het gebied rondom het voorkomen.
- Hoofdstuk 8 - *Bodemtrilling* - beschrijft 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.

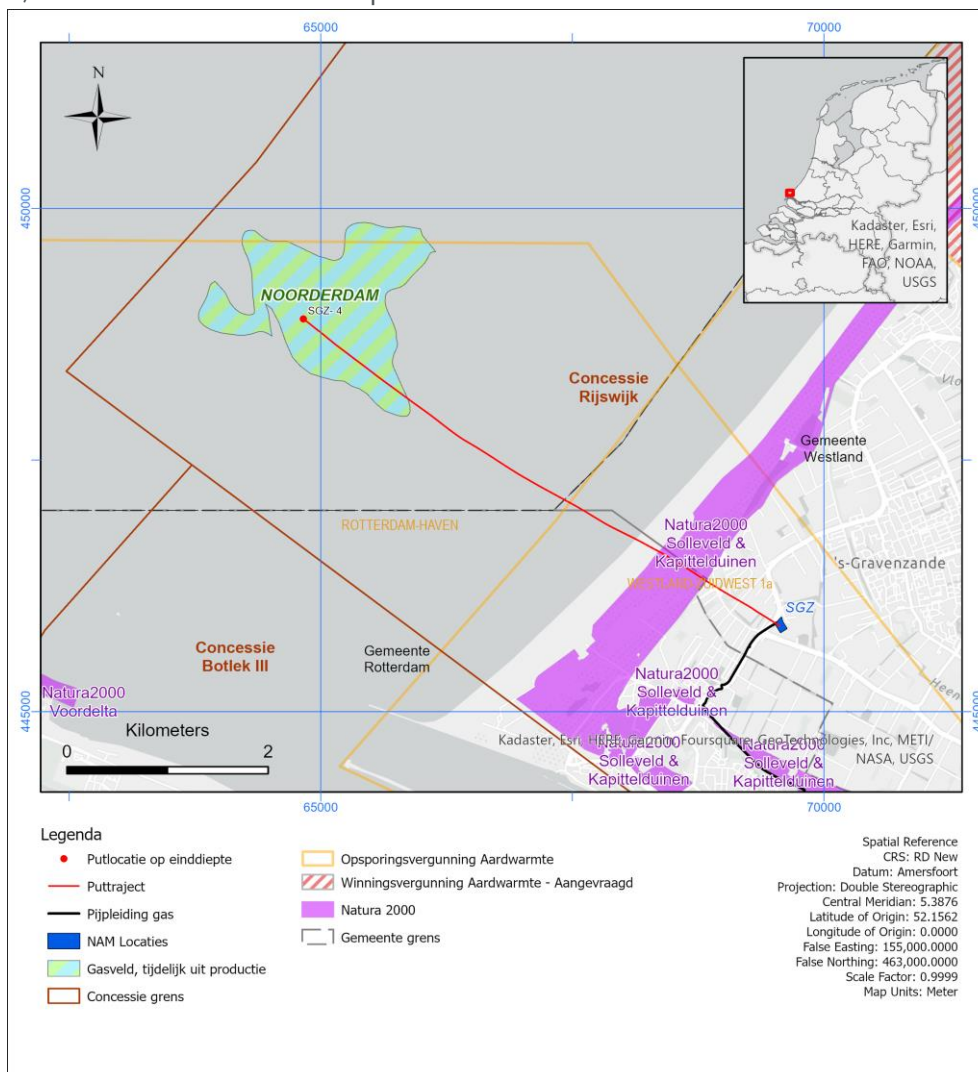
Een onderdeel van het winningsplan wordt apart toegezonden aan het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie over de verwachte productie- en investeringskosten. Omdat openbaarmaking de concurrentiepositie van NAM in gevaar zou kunnen brengen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

3 PLAATS VAN WINNING

3.1 Productielocaties, putten en voorkomens

In Figuur 3-1 is een topografische kaart weergegeven met het Noorderdam voorkomen, de productielocatie, behandelingslocatie en de actieve pijpleidingen. Het gas uit het Noorderdam voorkomen valt onder de Rijswijk concessie. Het voorkomen ligt binnen 12 mijl van de kust in het Nederlandse territorium. De productielocatie 's-Gravenzande ligt in de gemeente Westland in de provincie Zuid-Holland en valt onder het waterschap Delfland.

Er bevinden zich geen waterwinning- en grondwaterbeschermingsgebieden binnen een straal van vijf kilometer van de productielocatie. Het Natura 2000 gebied Solleveld & Kapittelduinen bevindt zich op ongeveer 0,8 kilometer ten westen van de productielocatie en ten oosten van het Noorderdam voorkomen.



Figuur 3-1: Topografische kaart en overzicht met het Noorderdam voorkomen, beschermde Natura 2000 gebieden, waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden. Het Noorderdam veld is, ten tijde van het schrijven van deze aanvraag, tijdelijk uit productie vanwege het uit de tijd lopen van het vigerende winningsplan.

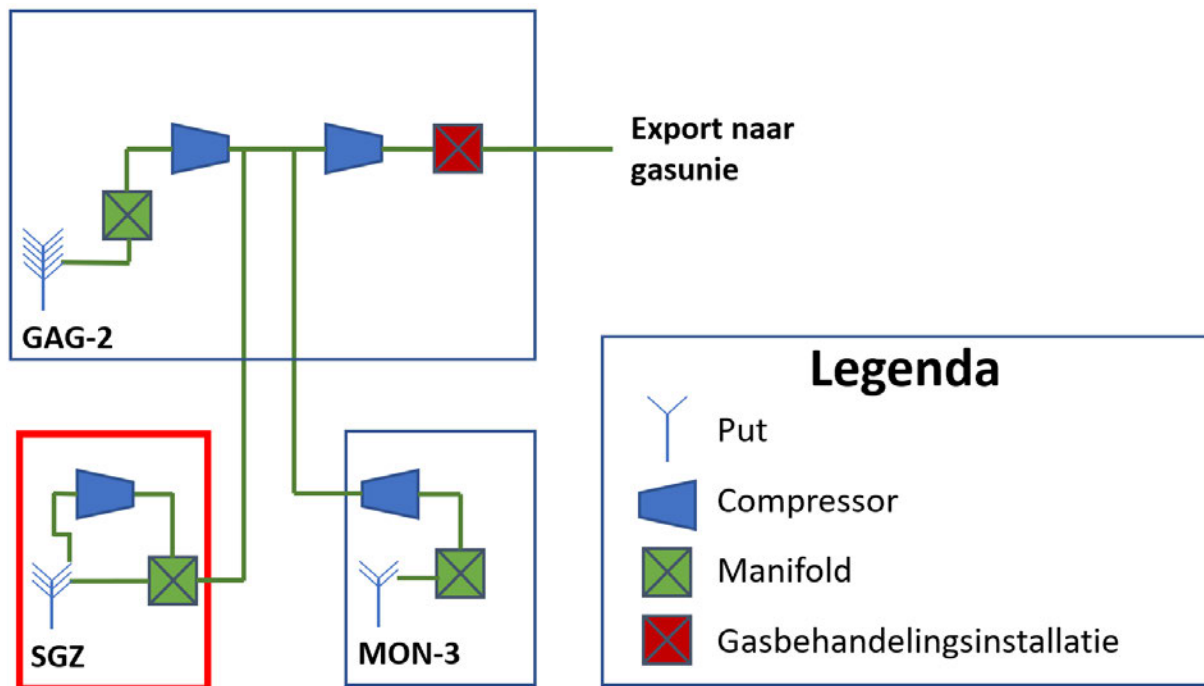
Het gas wordt geproduceerd vanaf de locatie 's-Gravenzande (SGZ). Dit gas wordt, samen met het gas dat geproduceerd wordt vanaf de locaties Monster (MON-3) en Gaag (GAG-2), behandeld op de Gaag (GAG-2) locatie. Een luchtfoto van de 's-Gravenzande productielocatie is gegeven in Figuur 3-2.



Figuur 3-2: Foto van de productielocatie 's-Gravenzande (SGZ).

3.2 Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas

Het gas uit het Noorderdam voorkomen wordt vanaf de 's-Gravenzande locatie, 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 gecompriëerd 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 gegeven in Figuur 3-4.



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

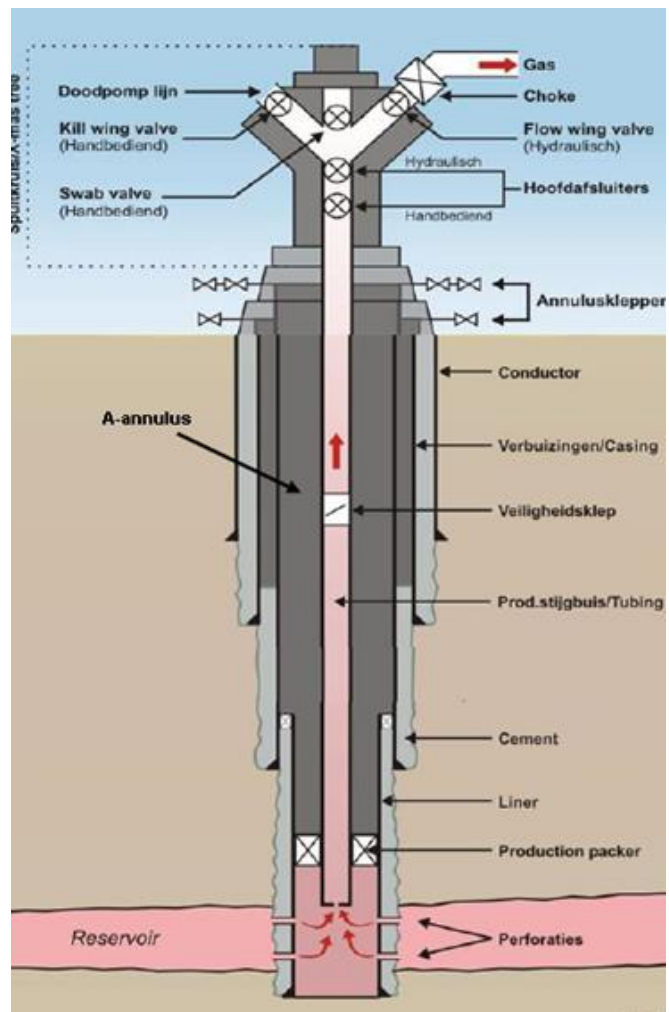
Figuur 4-1 geeft een schematische weergave van een productieput. Hieronder volgt een korte beschrijving van het boren van een put en de belangrijkste onderdelen.

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.



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

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.

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)

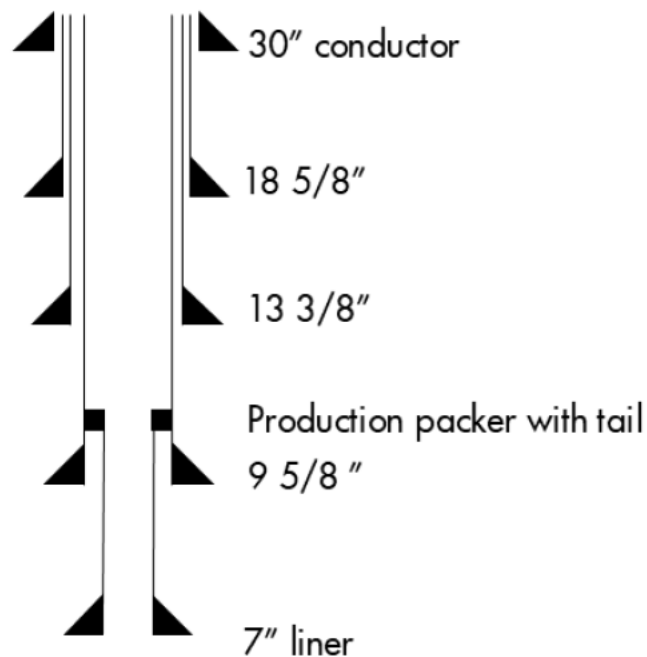
In Tabel 4-1 is de huidige (actieve) put op de 's Gravenzande locatie in het Noorderdam voorkomen weergegeven. Er zijn geen plannen voor nieuwe boringen.

Tabel 4-1: Lijst van actieve putten per voorkomen

Putnaam	Locatie	Voorkomen	Status:
SGZ-4	SGZ	Noorderdam	Tijdelijk ingesloten

4.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en)

In Figuur 4-2 is schematisch de putverbuizing van de SGZ-4 put weergegeven. Via perforaties door de 7" liner wordt het Bunter-reservoir in verbinding gesteld met een productiestijgbuis ('tubing', zoals weergegeven in Figuur 4-1).



Figuur 4-2: Schematische voorstelling van de put SGZ-4. De put heeft een enkele productie packer en eindigt met de 7" sectie.

4.4 Putstimulatie

Het reservoirgesteente van het Noorderdam voorkomen 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).

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

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 verschillende impact 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 zijn de voortplantingssnelheden 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.

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 Onder-Germaanse Trias groep bevat in dit gebied het gashoudende Bunter reservoir voor het Noorderdam voorkomen. De Bunter heeft zich ontwikkeld tijdens het Trias tijdperk en bestaat in deze voorkomens uit afwisselende lagen van zandsteen en kleisteen, met soms wat laagjes carbonaten. De Bunter kan worden opgedeeld in een Lower-, Middle- en Upper-Bunter, binnen welke individuele formaties & members bestaan. In het Noorderdam veld geldt de Middle Bunter als reservoir formatie. De Middle Bunter (RBBM) is een 163 m (verticaal gemeten) dikke schone zandsteen, welke werd gevormd in een fluviatiel/aeolisch afzettingsmilieu. Dit pakket zandsteen bestaat uit de volgende zandsteenpakketten: RBMH, RBMD, RBMV, waarvan de productie uit de Hardegse Formatie (RBMH) komt.

Het Noorderdam voorkomen is doorsneden door een aantal breuken in de gesteentelagen, zie ook Figuur 5-1. Het reservoir wordt afgesloten door kleilagen van Trias en Jura ouderdom.

Bron Koolwaterstoffen

Het gas in het Noorderdam voorkomen is gevormd in de onderliggende koollagen van het Carboon (Limburg groep, grijs in Tabel 5-2). 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 van Perm ouderdom die de reservoirs vormen. Deze migratie van gas gebeurde langs breuken, door verticaal permeabele lagen en natuurlijke scheurtjes. Het gas verzamelt zich in de hoogste plaatsen van het reservoir, waar het wordt tegengehouden door een afdichtende laag. 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.

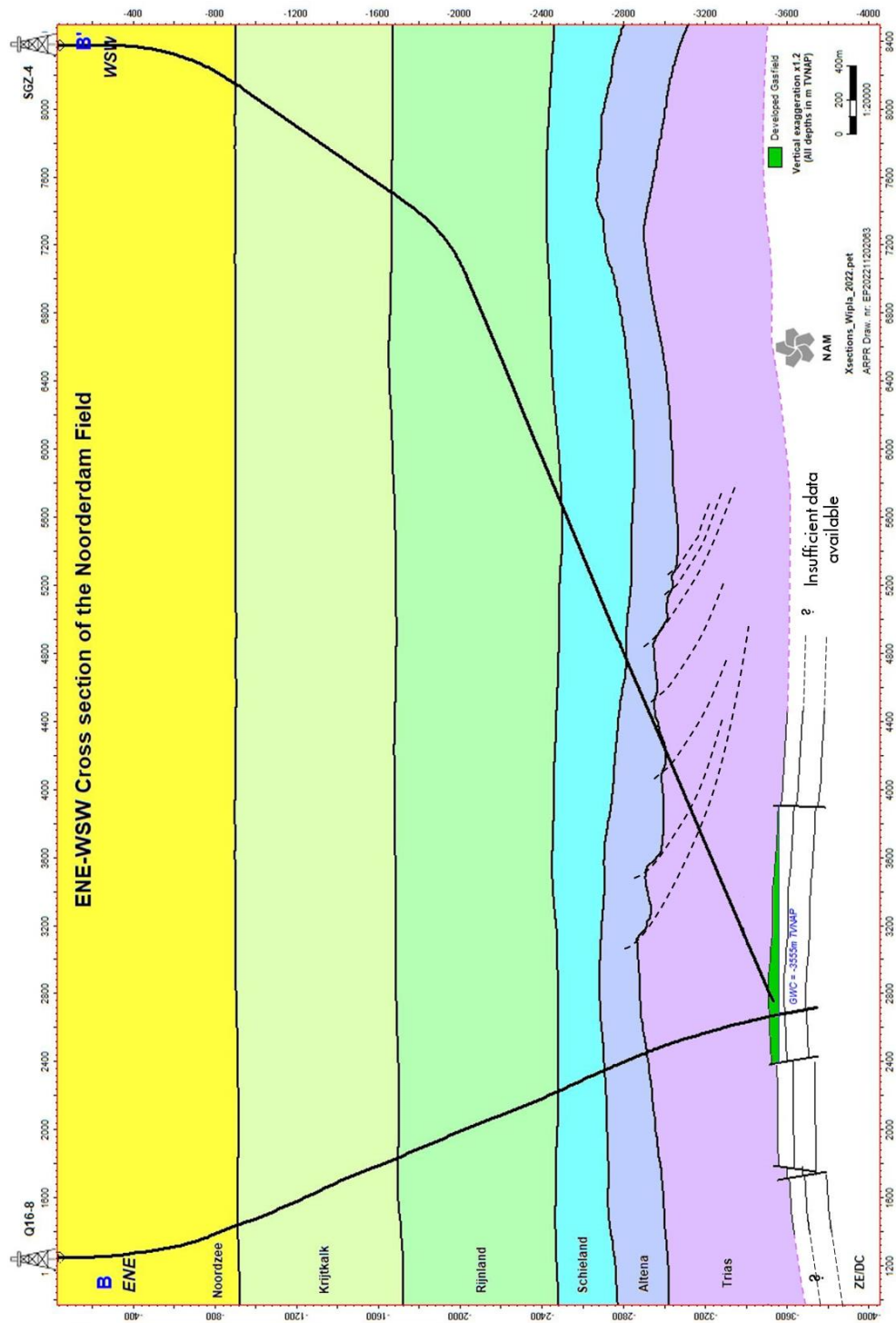
In bijlage C zijn een schematische doorsnede en geologische kaart van het voorkomen weergegeven.

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.

Voorkomen	Laag	NiG (v/v)	Por (v/v)	Perm (mD)
Noorderdam	Middle Bunter	0,96	0,04	9,1

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	
		Texel	Texel Mergelsteen	CKTXM	
	Rijnland (RN)	Holland	Texel Groenzand	CKTXG	
			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	
Jura	Schieland (SL)	Nieuwerkerk	Rodenrijs Kleisteen	SLDNR	Impermeabel
			Delft Zandsteen	SLDND	
			Alblasserdam	SLDNA	
	Altena (AT)	Werkendam		ATWD	
		Posidonia Schalie		ATPO	
		Aalburg		ATAL	Impermeabel
Trias	Boven-Germaanse Trias (RN)	Sleen		ATRT	Impermeabel
		Keuper		RNKP	
		Muschelkalk		RNMU	
		Röt		RNRO	Impermeabel
	Onder-Germaanse Trias (RB)	Solling	Solling Kleisteen	RNSOC	Impermeabel
		Hardeggen		RBMH	Reservoir
		Detfurth		RBMD	Reservoir
		Volprieausen		RBMV	Reservoir
Perm	Zechstein	Onder-Bontzandsteen		RBSH	
	Limburg (DC)				Bron



Figuur 5-1: Dwarsdoorsnede van maaiveld tot reservoir over het voorkomen. De bovenliggende lagen zijn weergegeven op Supergroep en Groep niveau. De breukstructuur in de Trias Groep zijn geschetste interpretaties.

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de reservoirs in de Bunter zandsteen bevindt zich nog ongeveer 3530 meter gesteente. In Tabel 5-1 worden de bovenliggende lagen genoemd, inclusief de belangrijkste eigenschappen van deze lagen. Voor het voorkomen in dit winningsplan geldt dus dat deze op grote diepte ligt en dat zich een groot aantal impermeabele en continue lagen tussen het voorkomen en het oppervlak bevinden.

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 tot zoutwater. Aangezien het Noorderdam voorkomen zich onder de Noordzee bevindt is het grondwater of formatiewater van nature zout tot zeer zout. Het dichtstbijzijnde waterwingebied ligt op meer dan 6 km van de 's Gravenzande productielocatie. Boor- en productieactiviteiten zullen geen effect op de samenstelling van het zoete grondwater hebben. Naast waterwinning wordt 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 olie- en 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). In de directe nabijheid van het Noorderdam voorkomen zijn dergelijke geothermie projecten nog niet uitgevoerd, maar er zijn wel opsporingsvergunningen gegund voor dit gebied. SodM is toezichthouder op zowel olie- en gaswinning als geothermie.

Zoutwinning en gasopslag vindt niet plaats in de nabijheid van Noorderdam. Mogelijk dat in de toekomst de lege gasvelden ingezet kunnen worden voor de energietransitie door middel van bijvoorbeeld waterstofopslag. Deze voorstellen zullen de geldende vergunningsprocedures doorlopen alvorens deze zullen worden uitgevoerd.

6 ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN

6.1 Inleiding

Het Noorderdam gasveld is in 1998 aangeboord en in 2006 in productie genomen. Het gas wordt met de SGZ-4 put uit de Bunter formatie gewonnen.

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 per voorkomen per jaar.

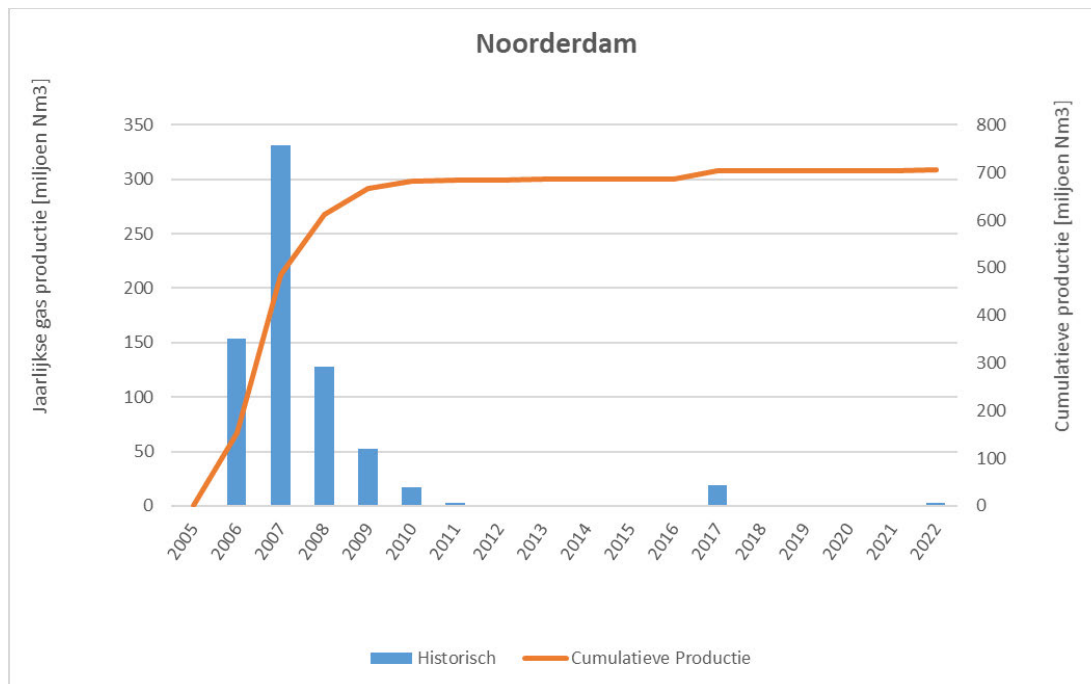
Productie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
[in miljoen Nm ³]									
Noorderdam	154	331	128	53	17	3	0	0	0

Productie	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Productie t/m 2022 ¹
[in miljoen Nm ³]									
Noorderdam	0	0	19	0	0	0	0	3 ²	707

De put SGZ-4 is continu geproduceerd en laat een natuurlijk productiesnelheidsverval zien als gevolg van de dalende reservoirdruk. Het drukgedrag laat een mogelijke invloed zien van gas uit delen van het veld die minder goed verbonden zijn met de put.

¹ De jaarlijkse getallen in deze tabel zijn afgerond op miljoenen kubieke normaal meter, de totalen zijn berekend op basis van de onafgeronde getallen. Getallen zijn op basis van officiële data en kunnen afwijken van de database op nlog.nl.

² Productie ten gevolge van formatiebeproeving: geregistreerd bij Staatstoezicht op de Mijnen onder zaaknummer VV-21426.



Figuur 6-1: Historische productie uit het Noorderdam voorkomen.

6.3 Onzekerheden

De onzekerheid van toekomstige productie van het Noorderdam voorkomen is afhankelijk van verschillende factoren:

- De hoeveelheid formatiewater dat met het gas zal worden meegeproduceerd.
- De hoeveelheid gas dat nog verbonden is met de bestaande put.
- De minimale productiesnelheid die de bestaande put nodig heeft om stabiel te produceren.
- De sluitingsdatum van het productiesysteem waarin de put produceert.

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

6.4 Winningsstrategie en reservoirmanagement

De winning in het Noorderdam veld 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. Er wordt geen injectie van water of gas in het Noorderdam voorkomen toegepast. Het gas wordt zodanig gewonnen dat de faciliteiten optimaal worden benut.

In navolgend overzicht (Tabel 6-2) wordt de verwachte totale gaswinning gegeven. De "GIIP" geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig is. 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.

Tabel 6-2: Verwachte totale winning en winningspercentage per voorkomen.

Voorkomen	Totale winning tot eind 2022	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]	[%]
Noorderdam	707	1100	724	66%	818	74%

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.

Indien de productieprestatie van de put vermindert, kan het nodig zijn de verbuizing onderin bij de perforaties schoon te maken (*clean-out*) of om opnieuw te perforeren.

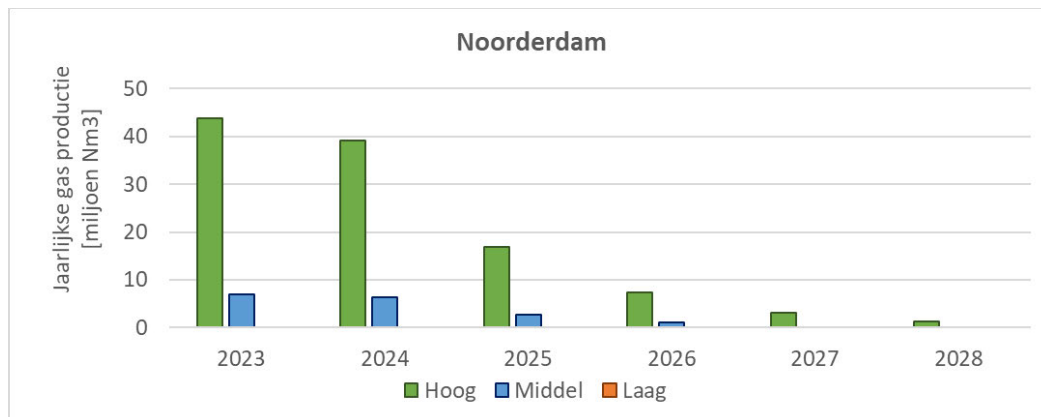
Met deze monitoring wordt de hoeveelheid aanwezig gas, de mogelijkheid van compartimentalisatie in het reservoir, en de invloed van mogelijk aanwezige aquifers geëvalueerd.

6.5 Winingssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)

Deze paragraaf geeft de verwachte productieprofielen van het Noorderdam voorkomen weer. Er zijn drie productieprofielen gegeven (laag, midden, hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Deze profielen zijn indicatief; de productie in de drie profielen geeft aan welke onzekerheid er verwacht wordt in de verdere productie uit het gasveld. De daadwerkelijk gerealiseerde productie zal dus niet precies overeenkomen met (één van) de hieronder geschetste profielen in Figuur 6-2 en Tabel 6-3. Echter, de uiteindelijke totale winning zal binnen de maximaal verwachte totale winning (Tabel 6-2) blijven.

Tabel 6-3: Jaarlijkse verwachte productie per voorkomen [miljoen Nm³]

Productie [in miljoen Nm ³]	Scenario	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Noorderdam	H	44	39	17	7	3	1
	M	7	6	3	1	0	0
	L	0	0	0	0	0	0



Figuur 6-2: Toekomstige jaarlijkse productie.

6.6 Duur van de winning

De productie zal worden gestopt als de totale productiekosten de productieopbrengsten zullen overstijgen. Naar verwachting zal de productie uiterlijk tot en met 2028 duren (op basis van het hoog scenario). 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

Met de gasproductie worden water en condensaat mee-geproduceerd en gescheiden van de gasstroom. De samenstelling van condensaat en gas uit het voorkomen, is weergegeven in Tabel 6-4.

Tabel 6-4: Overzicht gassamenstelling³:

	Noorderdam
Initiële condensaat-gas ratio ($\text{sm}^3/\text{mln Nm}^3$)	108
Condensaat dichtheid (kg/sm^3)	756
Relatieve Gas Dichtheid (lucht=1)	0,63
GHV van het gas (MJ/Nm^3)	42,6
Wobbe index gas (MJ/Nm^3)	53,7
C ₁ (mol%)	90,45
N ₂ (mol%)	0,30
H ₂ S (mol%)	0,00
CO ₂ (mol%)	1,70

Met de productie van aardgas wordt ook een toenemende hoeveelheid water meegeproduceerd. De put startte met een WGR (water-gas ratio) van rond de 10 m³/miljoen m³. Deze hoeveelheid neemt over tijd toe.

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

In het Noorderdam voorkomen worden geen delfstoffen en andere stoffen teruggebracht in de ondergrond.

³ Waardes gemeten bij een druk/temperatuur van 27,6 bara/27,6 °C. Onder initiële reservoir condities is de methaan concentratie 89,4 mol%

7 BODEMDALING

De bodemdalingsprognose van dit winningsplan laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven het Noorderdam voorkomen door gasproductie minder dan 2 cm bedraagt. Dit is ongewijzigd ten opzichte van het vigerende winningsplan.

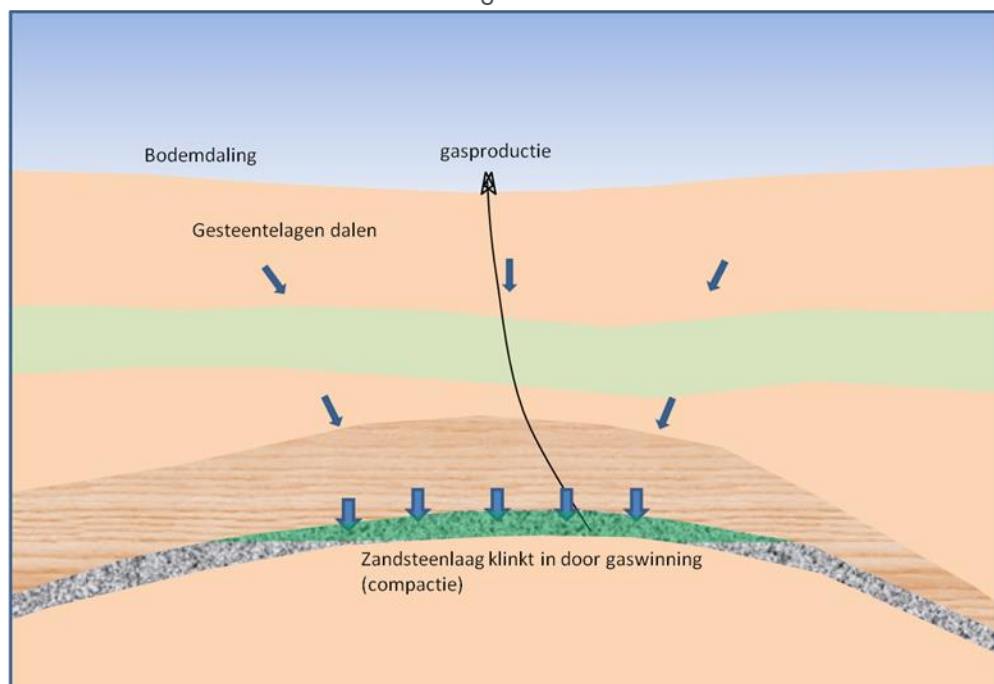
7.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

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 compactie genoemd en hangt af van verschillende factoren zoals de materiaaleigenschappen van het (reservoir-) gesteente, de grootte van de drukdaling en de dikte van de gasvoerende laag (Figuur 7-1). De 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 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 zoals Groningen zal de bodemdaling boven het centrum van het veld vrijwel gelijk zijn aan de ondergrondse compactie.

Bij een klein gasveld zoals het voorkomen in dit winningsplan is de maximale bodemdaling op het maaiveld een fractie 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 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 bodemdalingssommen.



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

Bodemdaling door natuurlijke processen

Naast de bodemdaling ten gevolge van gas- of oliewinning zijn er ook andere oorzaken die leiden tot bodemdaling, samengevat onder de term autonome bodemdaling. Voor Noorderdam zijn geen gegevens bekend over mogelijke autonome daling van de zeebodem, door b.v. natuurlijke inklinking van kleilagen.

7.2 Meten en berekenen van bodemdaling door gaswinning

Metten van bodemdaling

Voor alle delen in Nederland waar aardgas wordt gewonnen onder het vaste land 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.

Voor het opstellen van een meetplan bestaan wettelijke regels waarbij tevens de zogenaamde *Industrieleidraad – Geodetische basis voor Mijnbouw*⁴ wordt gevolgd. De frequentie van de metingen, de dichtheid en de uitgebreidheid van het meetnet worden gekozen in overleg met Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) en de Technische Commissie Bodembeweging (TCBB). Het meetplan vereist de jaarlijkse goedkeuring van de Staatssecretaris Mijnbouw van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

In zee kan er geen bodemdaling gemeten worden. De bodemdaling van de kustzone nabij het Noorderdam gasveld wordt wel sinds 1989 met een minimale frequentie van 3 jaar gemeten. De laatste meting dateert van 2022. Noorderdam ligt ongeveer drie kilometer uit de kust, waardoor de bodemdalingskom de kust niet raakt. Om toch een goede voorspelling van de bodemdaling te maken zijn de invoerwaarden van vergelijkbare en gekalibreerde “Trias” bodemdalingsmodellen uit de omgeving gebruikt. Geologisch gezien zijn deze onshore Trias (Bunter) reservoirs vergelijkbaar met het Noorderdam Trias reservoir.

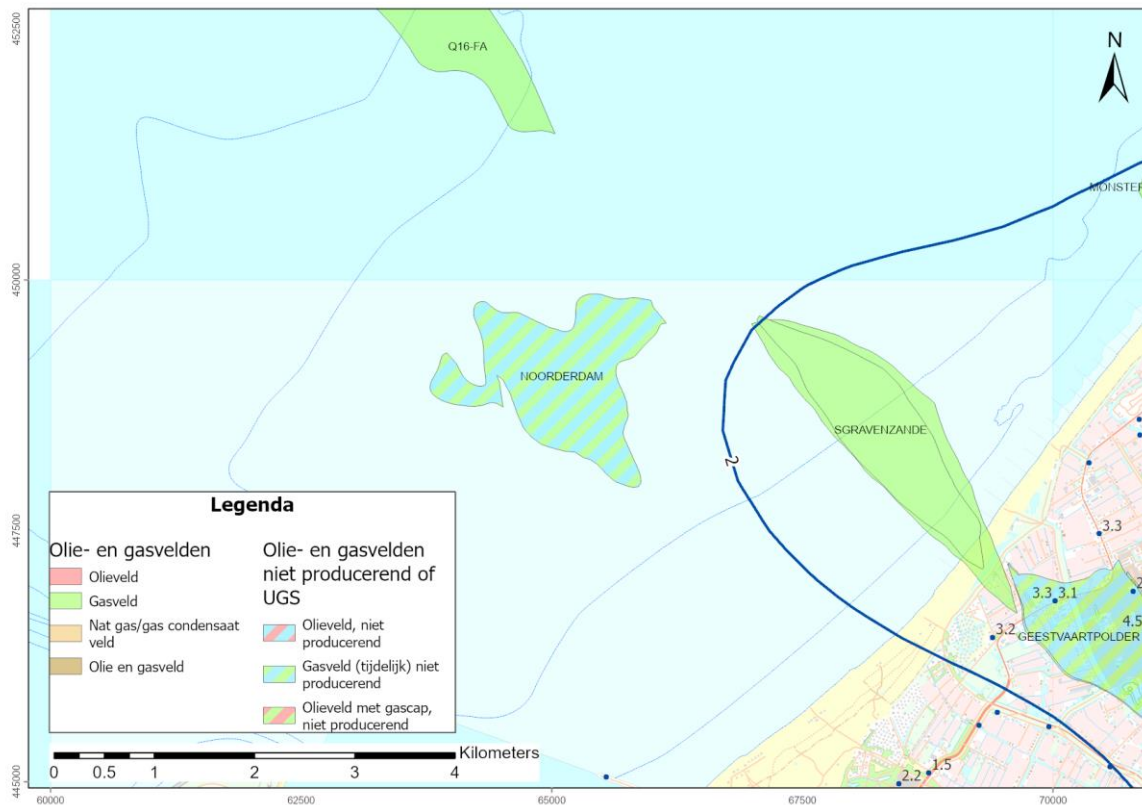
De gemeten daling in Figuur 7-2, die weergegeven is naast de punten (“peilmerken”), wordt dus veroorzaakt door de gasvelden onder het vaste land.

In Figuur 7-2 wordt ook het groen-blauw gestreepte veld Geestvaartpolder getoond. Dit veld produceert niet meer, maar de historische bodemdaling van dit veld is wel meegenomen in de bodemdalingsmodellering. Noorderdam is ook groen-blauw gestreept omdat het veld op het moment van schrijven van dit winningsplan tijdelijk niet produceert.

Berekenen van bodemdaling

De bodemdaling wordt berekend met behulp van informatie van de ondergrond, zoals dikte, drukdaling, grootte en de compressibiliteit of samendrukbaarheid van het gesteente (zie inleiding). Een gedetailleerde beschrijving van de bodemdalingsberekening in dit winningsplan is terug te vinden in Bijlage A. De berekening van de onzekerheid is terug te vinden in Bijlage A. Figuur 7-2 toont de bodemdalingscontouren voor de periode 1989-2022 veroorzaakt door de gaswinning uit alle velden in dit gebied.

⁴ Technisch Platform Bodembeweging, Geodetische basis voor Mijnbouw Industrieleidraad Versie 1.0 ([link](#))



Figuur 7-2: In 2022 gemeten bodemdaling sinds de nulmeting in 1989 voor deze regio, weergegeven op de peilmerken (blauwe punten). De blauwe contourlijnen geven de bodemdaling tussen 1989 en 2022 volgens het regionale bodemdalingsmodel.

7.3 Bodemdalingsvooruitzichten

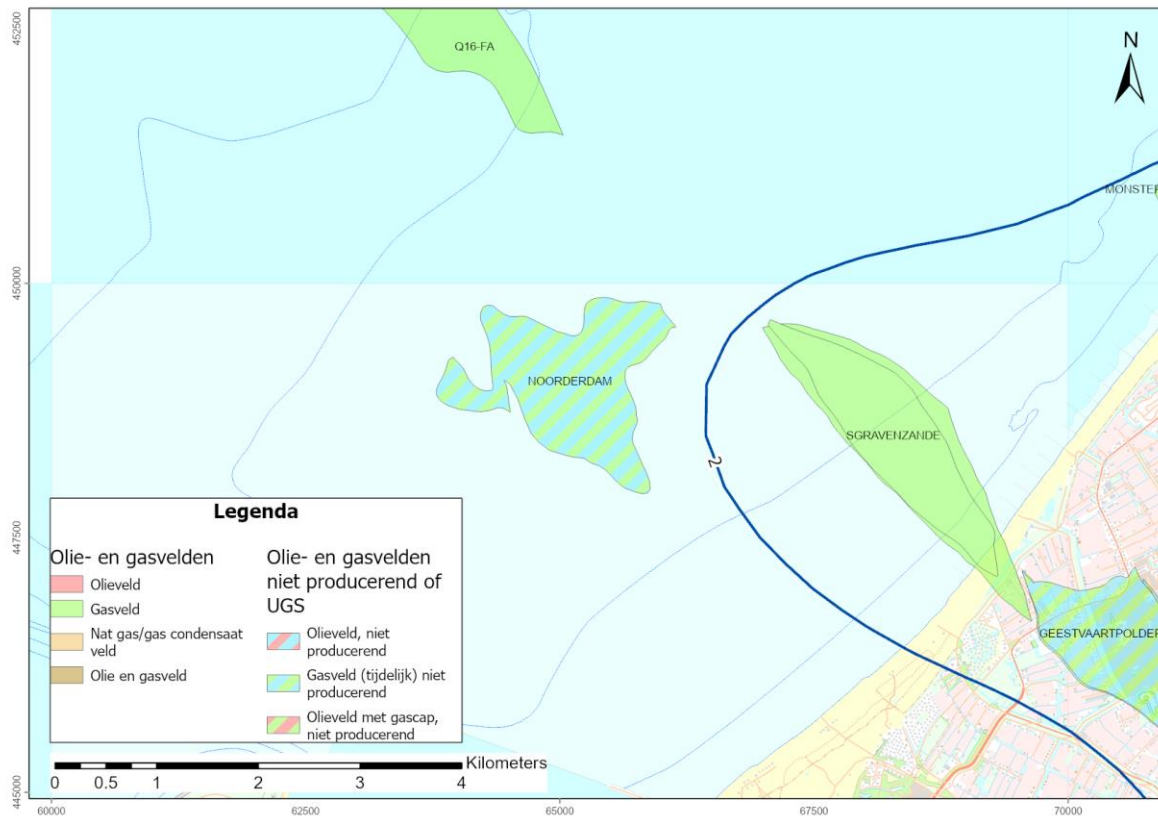
Met de beschikbare gegevens over de ondergrond en het productiescenario zoals beschreven in dit winningsplan is een prognose voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit het voorkomen opgesteld.

De toekomstige bodemdaling door gaswinning boven Noorderdam is volgens deze prognose minder dan 2 cm. Daarom zijn er geen contourkaarten getoond van de nog te verwachten bodemdaling boven Noorderdam.

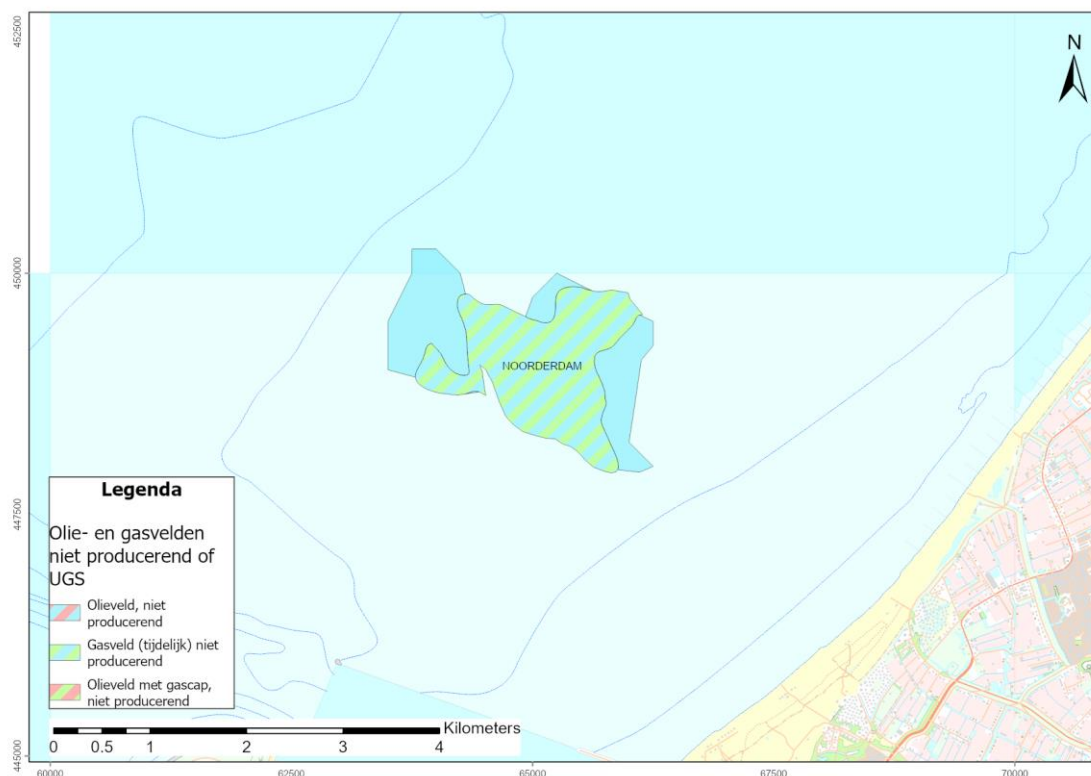
Figuur 7-3 toont de uiteindelijke totale bodemdaling door gaswinning in het gebied sinds de start van de winning van gas in deze regio tot na beëindiging van de gasproductie in Noorderdam zoals beschreven in dit winningsplan. Het verschil tussen de gemeten bodemdaling (Figuur 7-2) en de verwachte totale bodemdaling (Figuur 7-3) is klein, hetgeen bevestigd wordt door Figuur 7-4 waarin te zien is dat de nog te verwachten bodemdaling minder dan 2 cm is.

Naast de drukdaling in het gasveld kan er ook drukdaling ontstaan in de aangrenzende delen van de reservoirlaag die watervoerend zijn, de zgn. *laterale aquifers*. Ook deze delen van de reservoirlaag zullen compacteren en zorgen voor (een beperkte) bodemdaling. In de berekening wordt aangenomen dat de drukdaling, tijdens de productiefase, in deze laterale aquifers de helft is van de drukdaling in het gasveld. Aan het einde van de gasproductie wordt de druk van het aquifer gelijkgesteld aan de druk van het

gasveld. De aanname van volledige drukdaling in de aquifer is een conservatieve aanname, omdat in werkelijkheid de drukdaling in een watervoerend gedeelte van het reservoir later en trager op gang komt. Deze laterale aquifers zijn als blauwe vlakken getoond in Figuur 7-4.



Figuur 7-3: Voorspelling van de totale bodemdaling door gaswinning 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. De bodemdalingssom wordt minder diep richting het Noorderdam voorkomen. Dit betekent dat de maximale totale bodemdaling boven Noorderdam minder dan 2 cm bedraagt.



Figuur 7-4: Nog te verwachten bodemdaling, veroorzaakt door alleen de gasproductie van het Noorderdam voorkomen. In de figuur zijn geen contouren zichtbaar omdat de te verwachten bodemdaling minder dan 2 cm bedraagt. Daarnaast zijn in deze figuur ook de aquifers van het Noorderdam veld zoals gebruikt in het bodemdalingsmodel getoond.

7.4 Onzekerheid in verwachte bodemdaling

Bij de bepaling van de onzekerheid van de bodemdalingsprognose wordt rekening gehouden met de onzekerheid voor de drukdaling als gevolg van de verschillende productiescenario's en de mate van inklinking. Bijlage A in dit winningsplan geeft een overzicht van de kentallen die gebruikt zijn in de berekening van de bodemdaling.

Bijlage A laat zien dat de bovengrens van de toekomstige bodemdaling veroorzaakt door de toekomstige productie uit de voorkomens van dit winningsplan ook kleiner dan 2 cm zal zijn.

7.5 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

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

Het Noorderdam veld ligt 3 km vanaf de Noordzee kust in de Noordzee, hierdoor is de bodemdaling aan de kust als gevolg productie van Noorderdam verwaarloosbaar. Omdat bodemdaling een zeer geleidelijk en gelijkmatig proces is wordt er 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 (2019) die mogelijke oorzaken van schade beschrijven boven de Norg UGS en Groningen bevestigen dit beeld⁵.

Mogelijke effecten door bodemdaling op de natuur worden beschreven in hoofdstuk 9.

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

De nog te verwachten bodemdaling door de toekomstige gaswinning uit dit winningsplan is minder dan 2 cm. Dit is een zeer beperkte bodemdaling en daarom worden geen maatregelen voorzien om bodemdaling te voorkomen dan wel te beperken. De toekomstige bodemdaling door gaswinning in deze regio zal volgens het meetplan Zuid-Holland worden gemonitord. De bodemdaling veroorzaakt door Noorderdam kan niet worden gemonitord omdat Noorderdam onder de Noordzee ligt.

⁵ Rapport diepe bodemdaling en stijging gepubliceerd ([schadedoormijnbouw.nl](https://www.schadedoormijnbouw.nl))

8 BODEMTRILLING

De seismische risicoanalyse laat zien dat het voorkomen Noorderdam in categorie I valt, net zoals in het vigerende winningsplan uit 2017. Hieronder 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 bestaande ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. In sommige gevallen kan dit resulteren in een aardbeving. De kans op een aardbeving in een gasveld hangt onder meer af van de hoeveelheid breuken, de drukdaling en de grootte en dikte van het reservoir.

8.2 Historische bevingen boven Noorderdam

Boven de voorkomens van het winningsplan Noorderdam zijn tot nu toe geen bevingen geregistreerd.

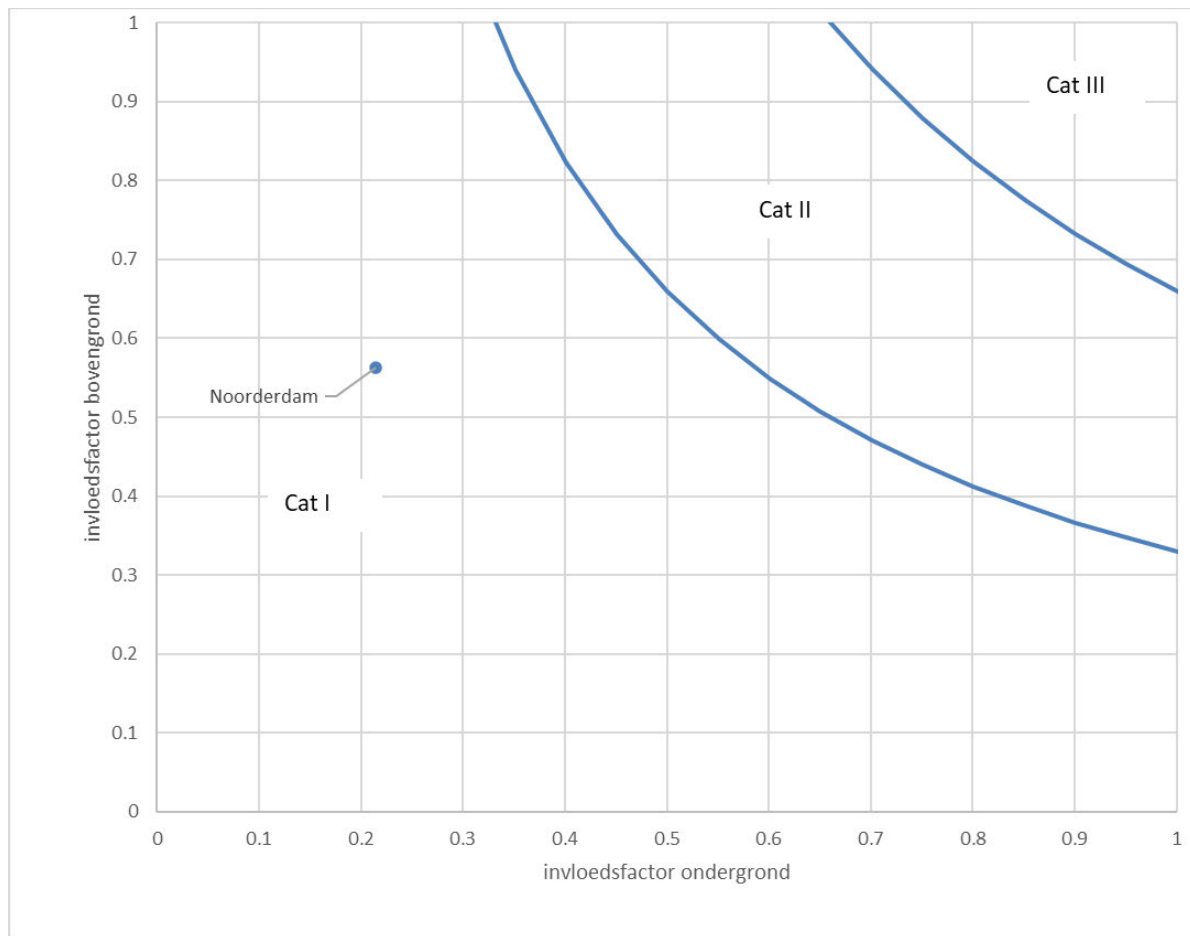
8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd⁶. 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 voorkomen Noorderdam valt in risicocategorie I. De positie van de velden in de risicomatrix wordt getoond in Figuur 8-1. Vergeleken met het vigerende winningsplan uit 2017 blijft Noorderdam in categorie I.

⁶ 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 voor het Noorderdam voorkomen volgens de inschatting in stap 2.

8.4 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning (duiding van het risico)

Boven de gas- en olievelden in Zuid-Holland, waaronder Noorderdam, zijn nog nooit geïnduceerde aardbevingen geregistreerd. Echter toekomstige aardbevingen zijn niet uit te sluiten. Deze paragraaf schetst een algemeen beeld van de mogelijke gevolgen van een geïnduceerde beving. De ervaring met olie- en gasproductie in Nederland leert dat lichte aardbevingen ten gevolge van olie- en gasproductie in de meeste gevallen niet leiden tot schade. Toch kan de kans op schade aan bebouwing in de nabije omgeving van het epicentrum van een geïnduceerde aardbeving niet worden uitgesloten. Hierbij speelt zowel de kwetsbaarheid van de bebouwing als de intensiteit van de beving een belangrijke rol.

Het KNMI heeft in 1998 beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macroseismische Schaal. Deze analyse toont (kwalitatief) aan dat er in het ernstigste geval in de nabijheid van het gasvoorkomen lichte, niet-constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en er matige schade (bedoeld wordt scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste

geval) kan optreden aan enkele gebouwen. Dit laatste wordt bevestigd door de resultaten van de seismische hazard studie van TNO-NITG⁷.

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 TNO⁸. Onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke schade aan buisleidingen door potentiële aardbevingen (Deltares 2010, Schade aan buisleiding door aardbeving) toont aan dat een mogelijke schade door geïnduceerde aardbevingen klein zal zijn (zowel in mogelijk aantal als in ernst). Meer duiding over de mogelijke gevolgen van een beving wordt gegeven in het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden dat te vinden is op de NAM-website⁹.

Hoofdstuk 9 beschrijft de mogelijke effecten van bodemtrillingen op de natuur of het milieu.

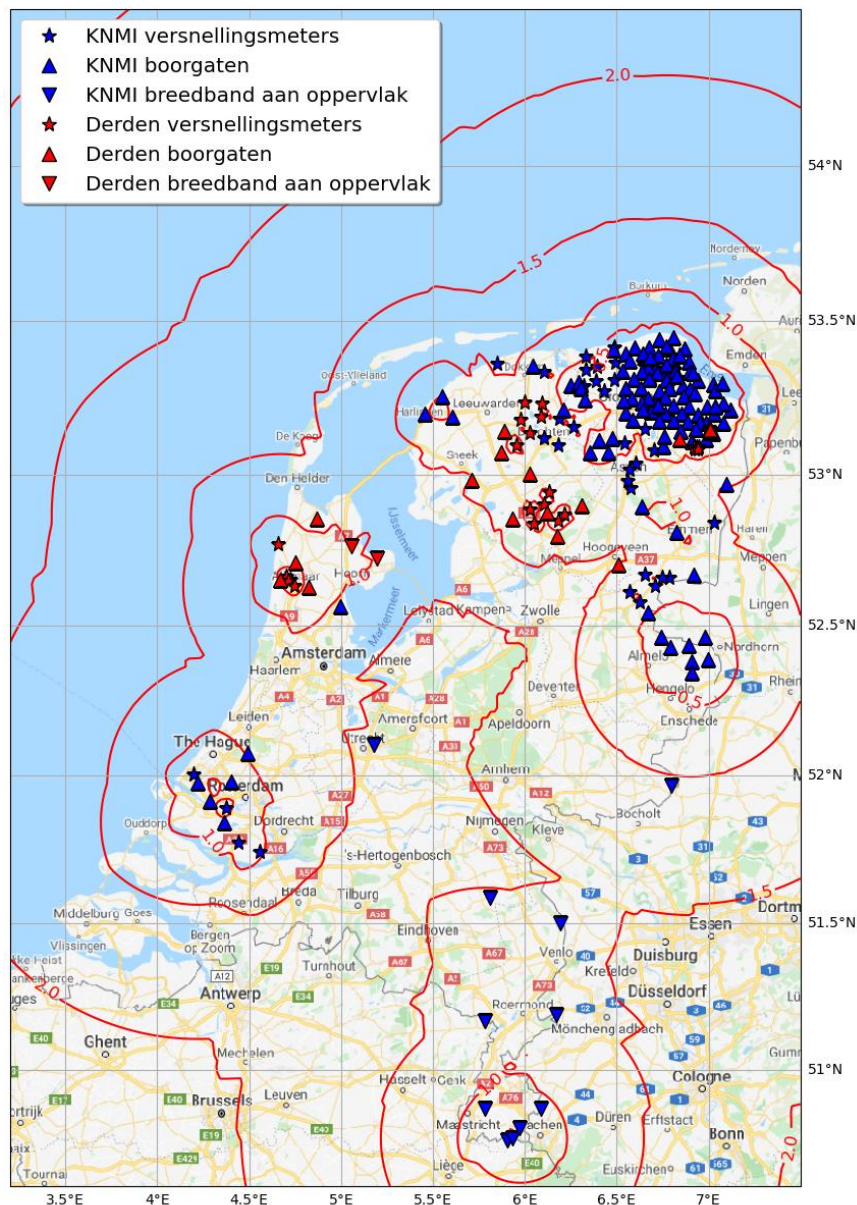
8.5 Monitoring van bodemtrillingen

Seismische monitoringstations (versnellingsmeters en boorgatstations) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan online in verbinding met het KNMI. Een boorgatstation bestaat uit een aantal geofoons die op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* zijn aangebracht. Geregistreerde aardbevingen worden automatisch vermeld op de website van KNMI. Na interpretatie van de gegevens door de specialisten van het KNMI kan een kleine aanpassing van de sterkte en/of locatie plaatsvinden. De locatiedrempel is een maat voor de gevoeligheid van het netwerk. Deze drempel geeft de laagste aardbevingsmagnitude waarbij de locatie van de beving nog bepaald kan worden, de beving is dan door ten minste 3 monitoringstations waargenomen. Voor het Noorderdam voorkomen ligt de locatiedrempel lager dan $M=1,5$ (Figuur 8-2). Hiermee wordt voldaan aan de eis van $M=1,5$ volgens de leidraad.

⁷ Wassing en Dost, 2012, TNO 2012 R11139 ([link](#)).

⁸ Kalibratiestudie schade door aardbevingen (TNO-rapport, TNO-034-DTM-2009-04435, 11 november 2009).

⁹ Seismisch risicobeheersplan voor kleine velden ([link](#)).



Figuur 8-2: Overzicht van de locatiedrempel in Nederland (status oktober 2021)¹⁰. De driehoeken geven de locaties aan van de boorgatstations en de sterren van de versnellingsmeters. De omgekeerde driehoeken tonen de breedbandstations.

8.6 Afhandeling van de schade

Particulieren en micro-ondernemers die denken dat zij schade hebben door mijnbouw kunnen zich bij de Commissie Mijnbouwschade melden. De Commissie Mijnbouwschade helpt de juiste route te volgen bij het melden van deze schade. De Commissie Mijnbouwschade is in 2020 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.

¹⁰ KNMI - Seismische meetstations

De website van de Commissie Mijnbouwschade (www.commissiemijnbouwschade.nl) geeft aanvullende 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 die door mijnbouwactiviteiten zijn ontstaan vergoeden.

8.7 Seismisch risicobeheersplan

Het Seismisch Risicobeheersplan voor Kleine Velden is te vinden op de NAM-website¹¹ en is van toepassing op het voorkomen beschreven in dit winningsplan. Hierin wordt uitgelegd welke acties er worden genomen als 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 dat er een beving plaatsvindt met een magnitude die groter is dan $M=3$. Dit plan is goedgekeurd door SodM.

¹¹ Seismisch Risicobeheersplan voor Kleine Velden ([link](#))

9 OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN

9.1 Effecten op natuur en milieu

Mijnbouwactiviteiten kunnen een effect hebben op beschermde natuurwaarden. Bescherming van natuurgebieden is geregeld in de Wet natuurbescherming (Natura 2000) en provinciale verordeningen (Natuurnetwerk Nederland, NNN). Indien significante nadelige effecten door mijnbouwactiviteiten op beschermde natuurgebieden niet op voorhand kunnen worden uitgesloten, dienen deze “passend beoordeeld” te worden en dient zo nodig een vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming te worden aangevraagd.

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuurgebieden in de omgeving van het gasvoorkomen Noorderdam. 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 Noorderdam dichtstbij gelegen Natura-2000 gebieden zijn ‘Voordelta’ en ‘Solleveld & Kapittelduinen’. 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 4 kilometer afstand van het gasvoorkomen. 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 op zo’n 3 kilometer afstand van het gasvoorkomen (zie Figuur 3-1).

Reikwijdte van de effectbeoordeling

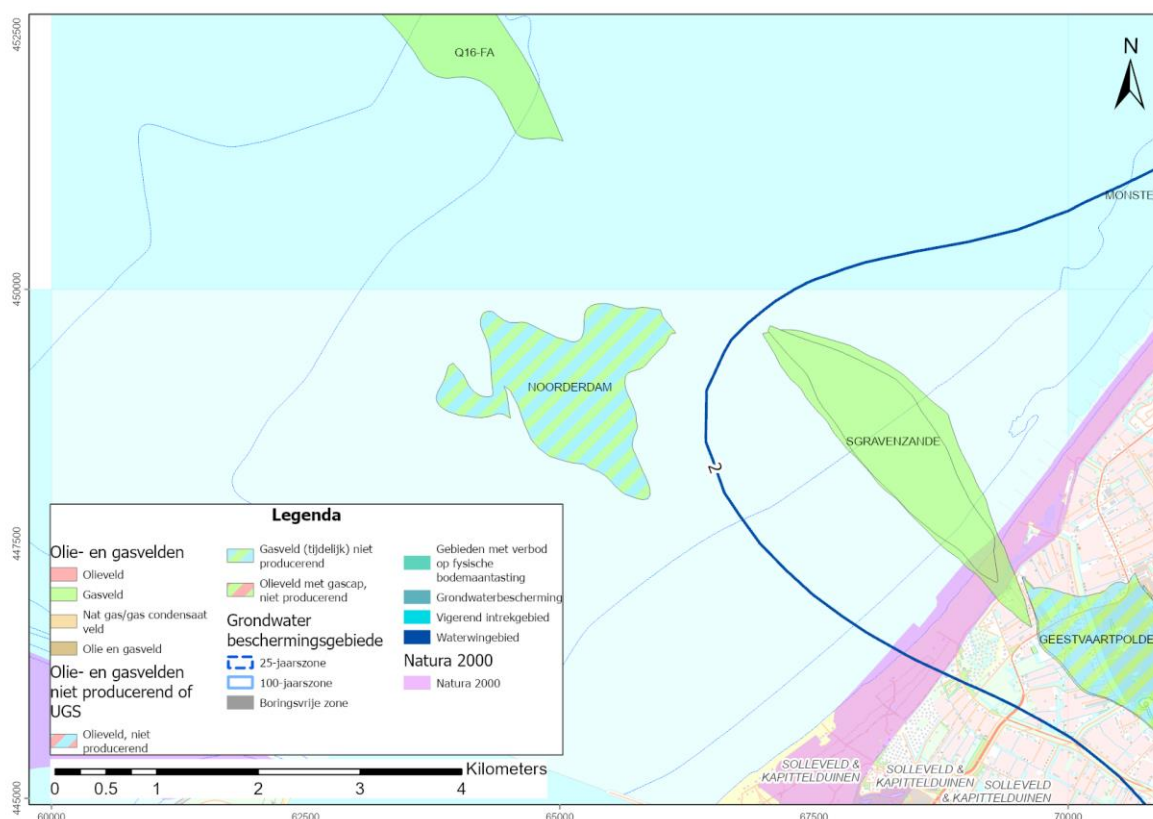
In deze effectbeoordeling wordt gekeken naar mogelijke *indirecte* negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van bodemdaling door gasproductie uit het genoemde gasvoorkomen. Directe effecten van bodemdaling op (beschermde) natuurwaarden zijn niet aan de orde omdat de activiteit plaatsvindt in de ondergrond.

Mogelijke negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van bodemtrillingen worden niet verwacht. Het gasvoorkomen Noorderdam valt op basis van de uitgevoerde Seismische Risico Analyse in de laagste risicocategorie (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 van bodemtrilling op natuur worden daarom niet nader beschouwd.

Eventuele effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van voorgenomen bovengrondse activiteiten (zoals bijvoorbeeld de aanleg van productiefaciliteiten) worden beschouwd in relevante vergunningstrajecten zoals die in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) en worden daarom in dit hoofdstuk buiten beschouwing gelaten (zie ook hoofdstuk 9.2 voor overzicht van de vigerende omgevingsvergunningen).

Effecten op natuur en milieu vanwege bodemdaling

Als gevolg van het winnen van gas uit de ondergrond kan inklinking van het reservoirgesteente optreden met bodemdaling tot gevolg.



Figuur 9-1: Voorspelling van de totale bodemdaling door gaswinning 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. De bodemdalingsskom wordt minder diep richting Noorderdam. Dit betekent dat de maximale totale bodemdaling boven Noorderdam minder dan 2 cm bedraagt.

Verwachte bodemdaling

De voorspelde toekomstige bodemdaling zoals die zal optreden door de gaswinning uit het gasvoorkomen Noorderdam bedraagt minder dan 2 cm (zie hoofdstuk 7).

Uitwerking toetsing Wet natuurbescherming

Relevant voor de toetsing zijn mogelijke effecten op beschermde gebieden (gebiedsbescherming Wnb en NNN) en beschermde soorten (soortbescherming (Wnb art. 3.5, art. 3.10 en zorgplicht van de Wnb). De verwachte bodemdaling als gevolg van gaswinning uit het gasvoorkomen Noorderdam zoals beschreven in dit Winningsplan bedraagt minder dan 2 centimeter. Deze zeer geringe bodemdaling zal - mede gelet op het feit dat de Natura 2000 gebieden 'Voordelta' en 'Solleveld & Kapittelduinen' enkele kilometers afstand van de gasvoorkomens liggen - niet van wezenlijke invloed zijn. Deze zeer geringe bodemdaling leidt zodoende (ook in cumulatie) in geen geval 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. Er hoeft geen NNN-toets/ "nee, tenzij" toets te worden uitgevoerd. Vervolgstappen zijn niet aan de orde.

Daarnaast zal er vanwege deze zeer geringe bodemdaling geen sprake zijn van verstoring, verlies of beschadiging van leefgebied van beschermde soorten. De gaswinning zal niet leiden tot wezenlijke verandering van de fysieke leefomgeving van beschermde soorten. Effecten als gevolg van de gaswinning op, binnen het plangebied mogelijk voorkomende, al dan niet vrijgestelde, beschermde soorten zijn op

voorhand uit te sluiten. Zodoende zijn geen vervolgstappen in het kader van de Wet natuurbescherming, onderdeel soortbescherming aan de orde en hoeft geen ontheffing te worden aangevraagd.

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, en Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) ziet bovendien toe op deze naleving. Indien toch door een incident bodem-/grondwaterverontreiniging ontstaat, zal NAM deze verontreiniging saneren in het kader van de Wet bodembescherming. Gedeputeerde Staten van de desbetreffende provincie zijn hiervoor bevoegd gezag. 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	Uniaxiale 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 Noorderdam 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 Noorderdam 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.

Doordat Noorderdam zo'n drie kilometer uit de kust ligt kunnen de bodemdalingmetingen niet worden gebruikt om de gemodelleerde bodemdaling te vergelijken met de metingen. Deze vergelijking is wel gedaan met de velden die zich boven het land bevinden. De hierbij verkregen parameters voor de bodemdalingberekening voor de Trias velden zijn gebruikt voor het Noorderdam veld.

Voor een nieuw voorkomen op land wordt deze 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 Noorderdam. 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 contouren zoals getoond in Figuur 7-4 en Figuur 13-1 .

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 bodemdalingsonzekerheid is opgenomen in onderstaande Tabel 11-1.

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

	Te verwachten drukdaling [bar]			Compressibiliteit				
Voorkomen	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)
Noorderdam	0	5	33	0,43	25%	<2	<2	<2

Tabel 11-2: Overzicht van invoergegevens en waarden gebruikt voor bodemdalingsprognose.

Voorkomen	Diepte veld [m]	Gemiddelde depleterende dikte [m]	Initiële druk [bar]	Huidige druk [bar]	Einddruk Midden productie scenario [bar]	Rigid basement ¹² [m]	Poissons ratio ¹³ [-]
Noorderdam	3485	70	379	122	117	5000	0,2

¹² 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).

¹³ Gebaseerd op experimenten met gecementeerde zandsteen kernen.

12 BIJLAGE B: SEISMISCHE RISICO ANALYSE: DETAILS EN ACHTERGRONDEN

De winning van aardgas gaat gepaard met een daling van de druk in de ondergrond met als gevolg een verandering van de gesteentespanningen. Deze verandering van spanning kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor mogelijk een lichte aardbeving kan plaatsvinden.

In Nederland is/wordt door NAM uit ongeveer 80 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven vijf van deze velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter). Boven de velden in Zuid-Holland zijn nog nooit aardbevingen geobserveerd.

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd¹⁴. 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:

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.

Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die:

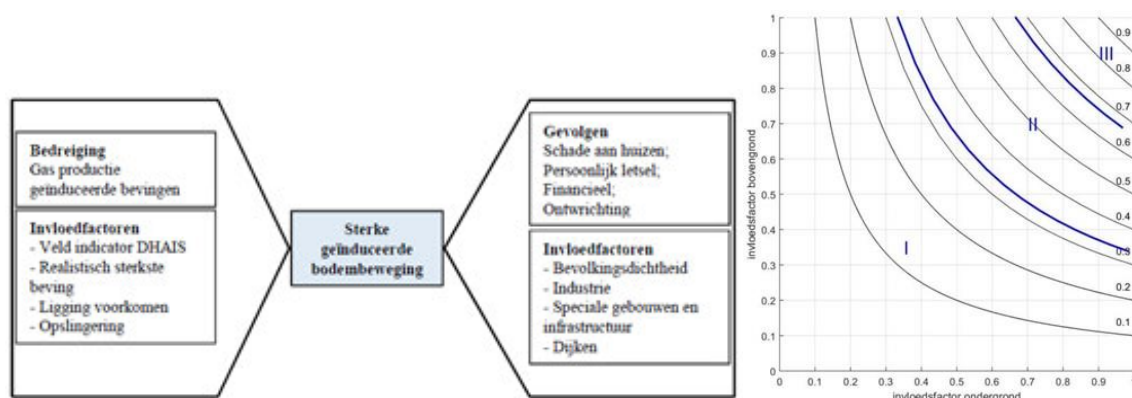
- seismisch actief zijn geweest;
- óf een niet-verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor $M_{max} \geq 2,5$ is.

¹⁴ Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016

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 groundbeweging (de 'invloedfactoren ondergrond') en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de 'invloedfactoren bovengrond').



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 de invloedfactoren ondergrond en voor 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, afbeelding 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 beving¹⁵ 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:

¹⁵ 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.

- een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving;
- 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 M_{max} 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. In een recent onderzoek¹⁶ heeft TNO gekeken of de Realistisch sterkste beving ooit waargenomen is boven een gasveld. Dit is niet het geval. Voor de seismische actieve velden ligt de waargenomen maximale magnitude in de meeste gevallen een magnitude punt lager en in enkele gevallen een halve magnitude punt lager dan de ingeschatte M_{max} .

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.

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>)

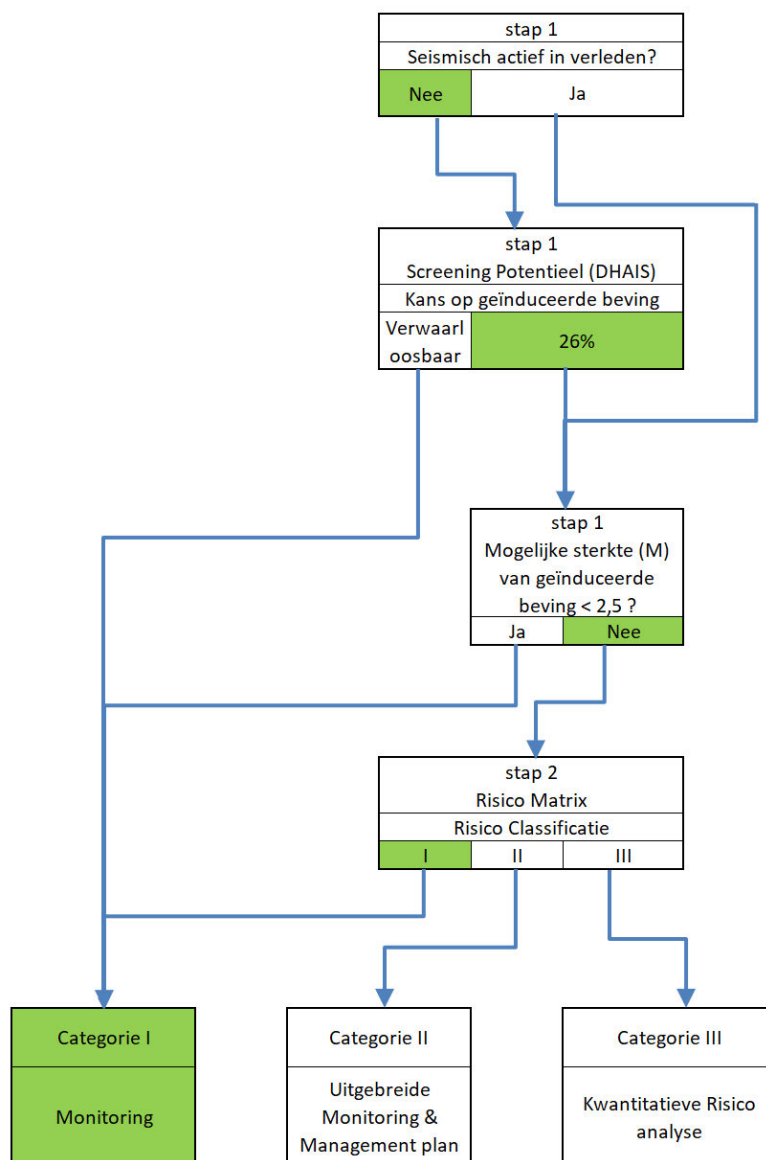
Indien uit het voorgaande blijkt dat voorkomen(s) binnen een Winningsplan in risico categorie III vallen gaan deze door naar Stap 3.

¹⁶ TNO-rapport 2021 R10977, Roholl et al. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS), actualisatie 2021 ([link](#))

12.1 Seismische Risico Analyse voor het Noorderdam 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 Noorderdam de uitkomst in groen voor de verschillende stappen. Details van de berekening worden verder besproken in deze bijlage.

Voor Noorderdam geldt dat de kans op een beving niet verwaarloosbaar is, en daarom wordt voor dit voorkomen ook stap 2 uitgevoerd (Figuur 12-2).



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

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor het Noorderdam voorkomen.

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

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)¹⁷ 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 2021¹⁸. 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 uitgebracht¹⁹ 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.

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

Waarbij:

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

h = De maximale dikte van de 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 in Tabel 12-1. De depleterende dikte van het reservoir wordt nu conservatiever vastgesteld op 70 m ipv 56 m in het vigerende winningsplan, want nu is aangenomen dat ook de westelijke aquifer van het Noorderdam voorkomen

¹⁷ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit ([link](#))

¹⁸ TNO-rapport 2021 R10977, Roholl et al. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS), actualisatie 2021 ([link](#))

¹⁹ Advies TNO DHAIS update 2021 en invloed op de leidraad SRA ([link](#))

meedepleteert (zie Figuur 7-4). Dit heeft tot gevolg dat de maximale magnitude iets hoger wordt ingeschat in vergelijking met het vigerende winningsplan (3,0 i.p.v. 2,9).

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

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m) ²⁰	Initiële druk (bar)	Totale drukdaling volgens productie-scenario hoog	Totale breuklengte (km)	Reservoir oppervlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E ²¹	DHAIS B	DHAIS kans
Noorderdam	70	379	290	6	2,2	geen	geen	1,13	1,78	26%

Realistisch sterkste beving

Naast de kans op beven, wordt ook een theoretische waarde voor de 'realistisch sterkste beving' (Mmax) bepaald. Er worden daarvoor 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 'partiticoëfficiënt' die gegeven zijn in de leidraad (respectievelijk 5 MPa en 0,01). De veldspecifieke waarden die benodigd zijn voor de berekeningen en de uitkomsten voor de Mmax staan hieronder vermeld in Tabel 12-2.

Tabel 12-2: Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en de Mmax waarden volgens de twee methoden.

Voorkomen	Langste breuklengte (km) ²²	Poisson's ratio ²³	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Noorderdam	1,6	0,2	70	2,6	3,0

Stap 2: Risico matrix

Voor het Noorderdam voorkomen in Tabel 12-2 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 risicoboorndeling te komen.

²⁰ 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.

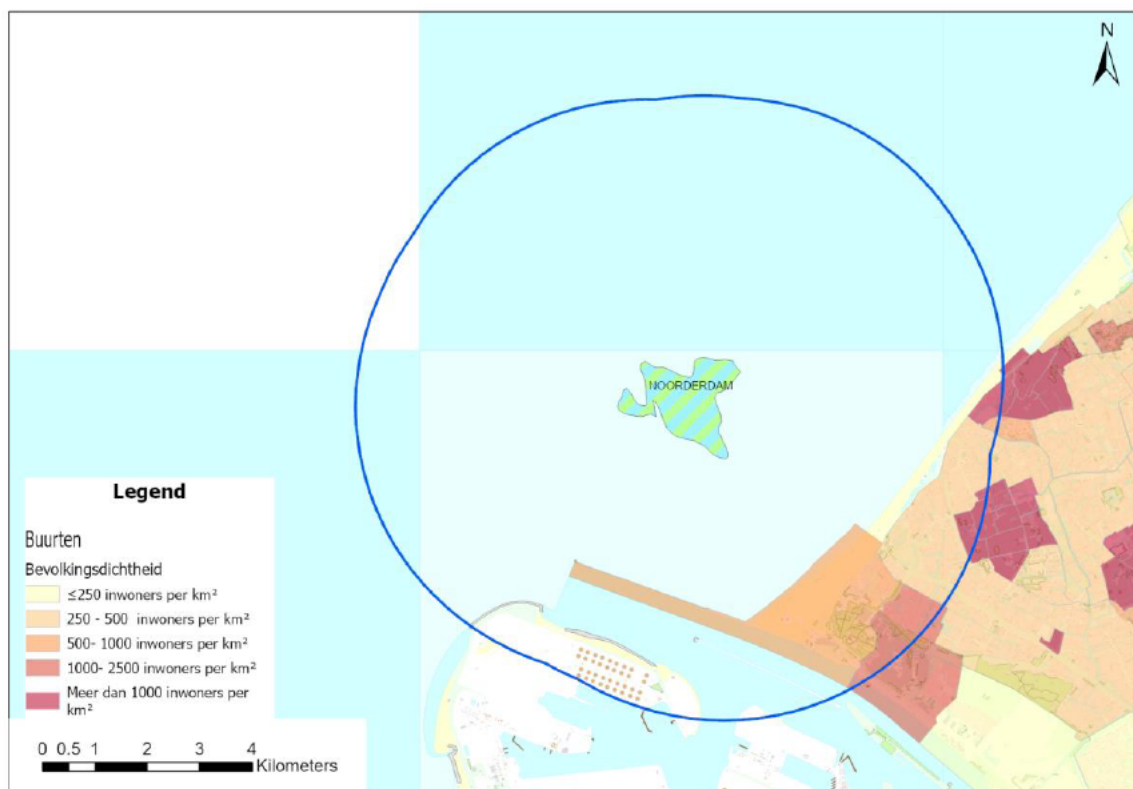
²¹ Young's moduli ratio volgens TNO-rapport: Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiteit (DHAIS), actualisatie 2021 ([link](#)).

²² Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in bijlage C met blauwe pijl.

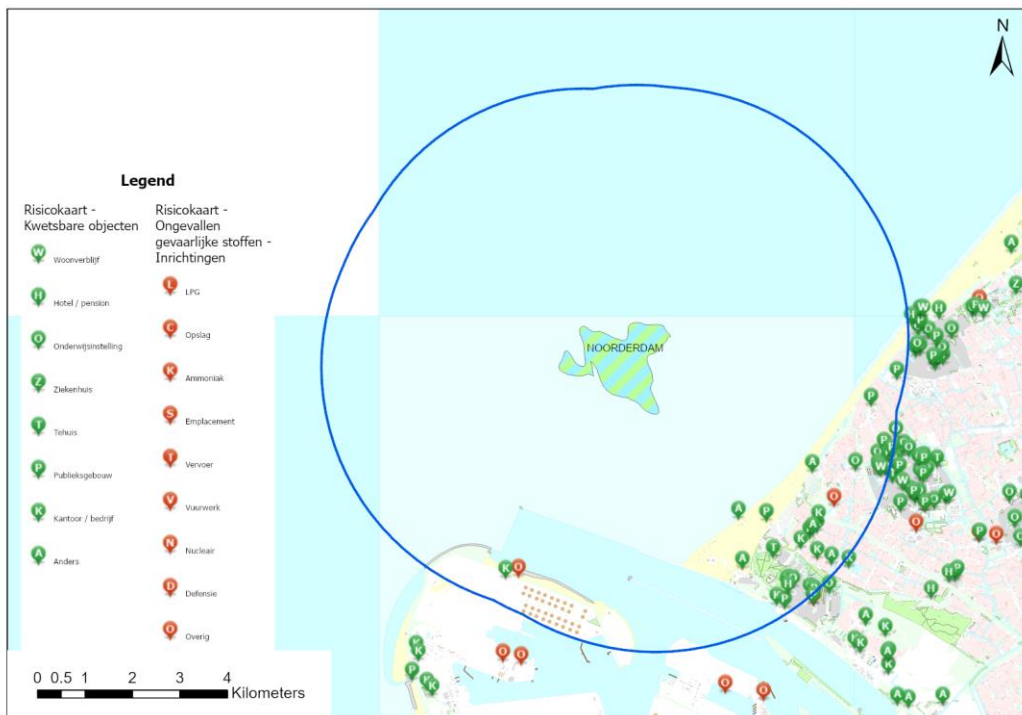
²³ Poisson's ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplug metingen.

- Figuur 12-3, Figuur 12-4 en Figuur 12-5 tonen de situaties voor respectievelijk 'Bevolkingsdichtheid', 'Industriële inrichtingen', 'Speciale gebouwen en vitale infrastructuur' en 'Dijken'. Voor de bepaling van de bevolkingsdichtheid is zowel de informatie over de dichtheid per gemeente als de dichtheid per buurt gebruikt. De hoogste waarde die volgt uit beide analyses is gebruikt in de SRA-beoordeling.
- Figuur 12-6 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslinging te bepalen. Voor Noorderdam is deze informatie niet beschikbaar. Aangenomen is dat de zeebodem boven het veld zandig is en niet gevoelig is voor opslinging.

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. Beide berekeningen laten een waarde zien die kleiner is dan 250 per km².



Figuur 12-3: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het Noorderdam veld. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het veld dat relevant is voor de SRA.



Figuur 12-4: Overzicht van industriële inrichtingen (rode 'punten'), kwetsbare objecten (groene 'punten') nabij het Noorderdam veld. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het veld dat relevant is voor de Seismische Risico Analyse.



Figuur 12-5: Overzicht van de dijken boven het Noorderdam veld. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het veld dat relevant is voor de Seismische Risico Analyse.



Figuur 12-6: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslinging te bepalen.

Uit de analyse op basis van bovenstaande figuren volgen de scores voor de verschillende factoren. Deze zijn weergegeven in Tabel 12-3, inclusief onderbouwing en uitkomst.

Tabel 12-3: Kwantitatieve evaluaties en daaruit voortkomende scores (C) voor de invloedfactoren ondergrond (A) en bovengrond (B).

INVLOEDFACTOREN ONDERGROND A

Score	DHAIS	M	Ligging voorkomen	Opslintering
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.

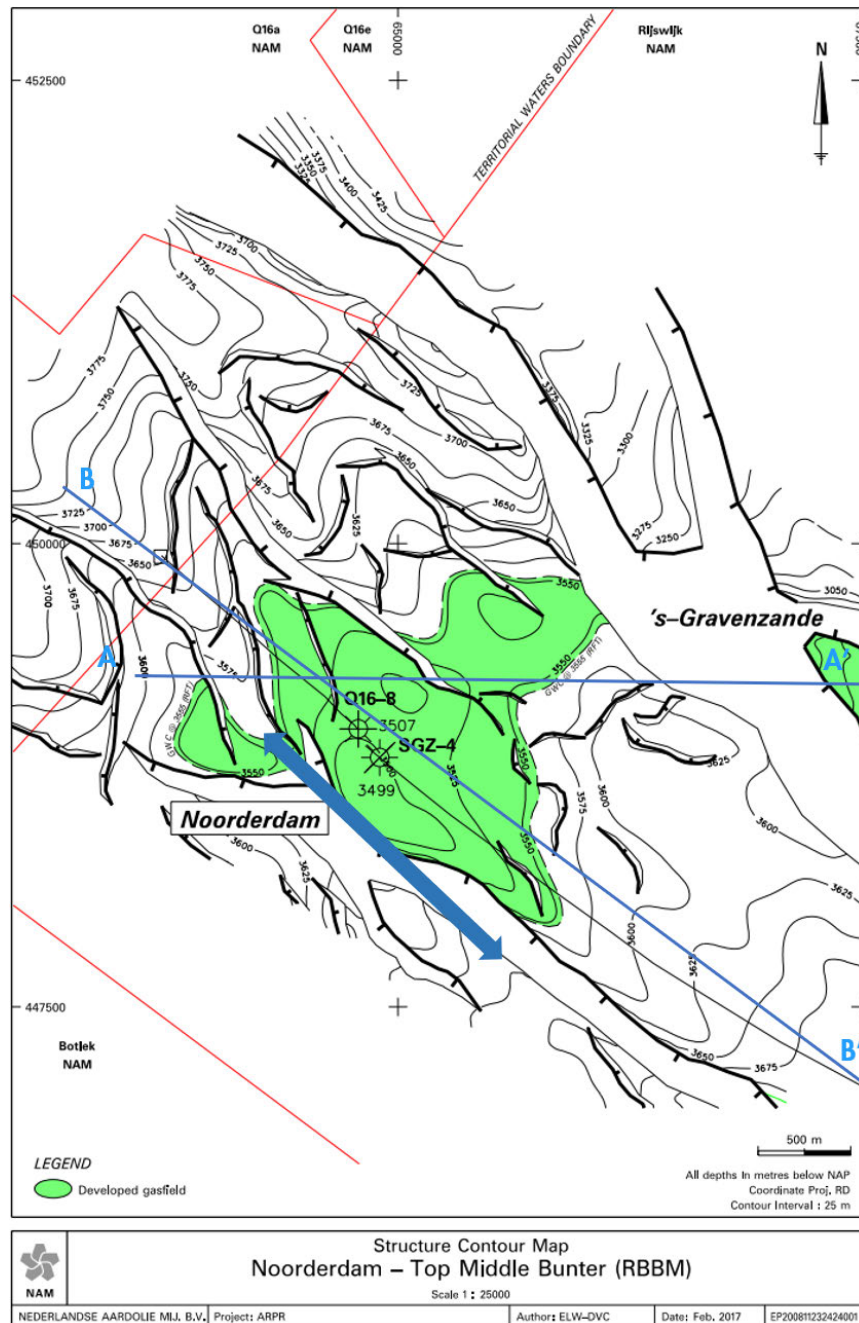
INVLOEDFACTOREN BOVENGROND B

Score	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km^2)	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen En vitale infrastructuur	Dijken
4	> 2500	Meerdere direct boven het veld	Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Primaire dijken boven het veld
3	1000-2500 en/of 500-1000 met wijken bestaande uit flats/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

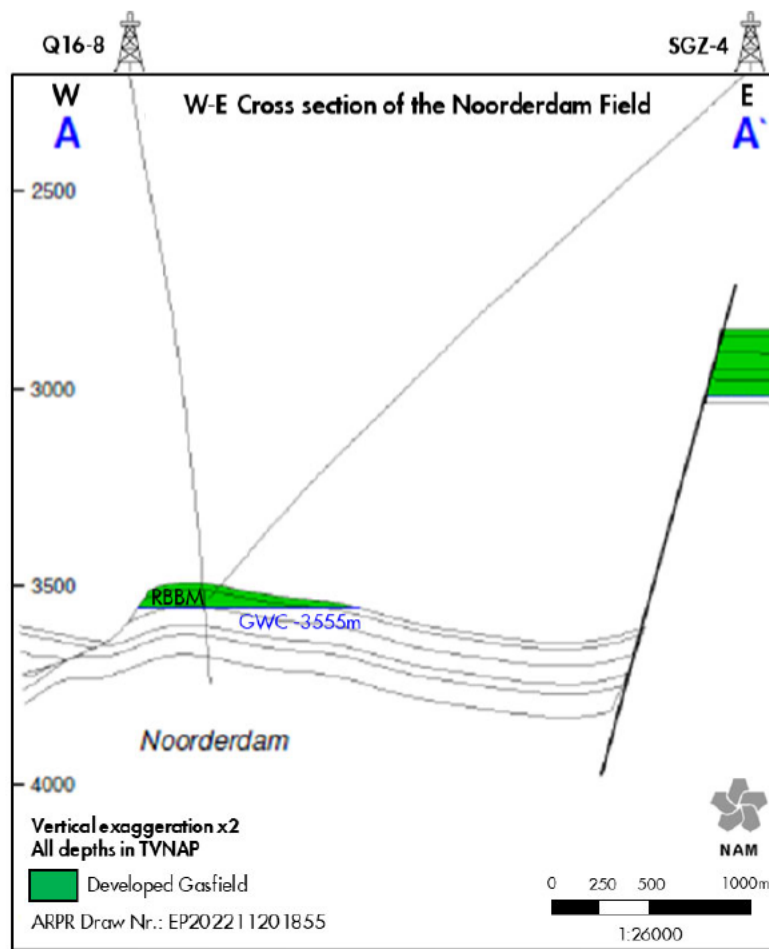
SCORES C

Voorkomen	Kans op beven of waargenomen bevingen	Magnitude	Ligging voorkomen	Opslingering	Genormaliseerde totaalscore ondergrond	Bevolkingsdichtheid	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totaalscore bovengrond	Categorie
Noorderdam	2	1	0	0	0,21	1	3	2	3	0,56	I

13 BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN HET VOORKOMEN



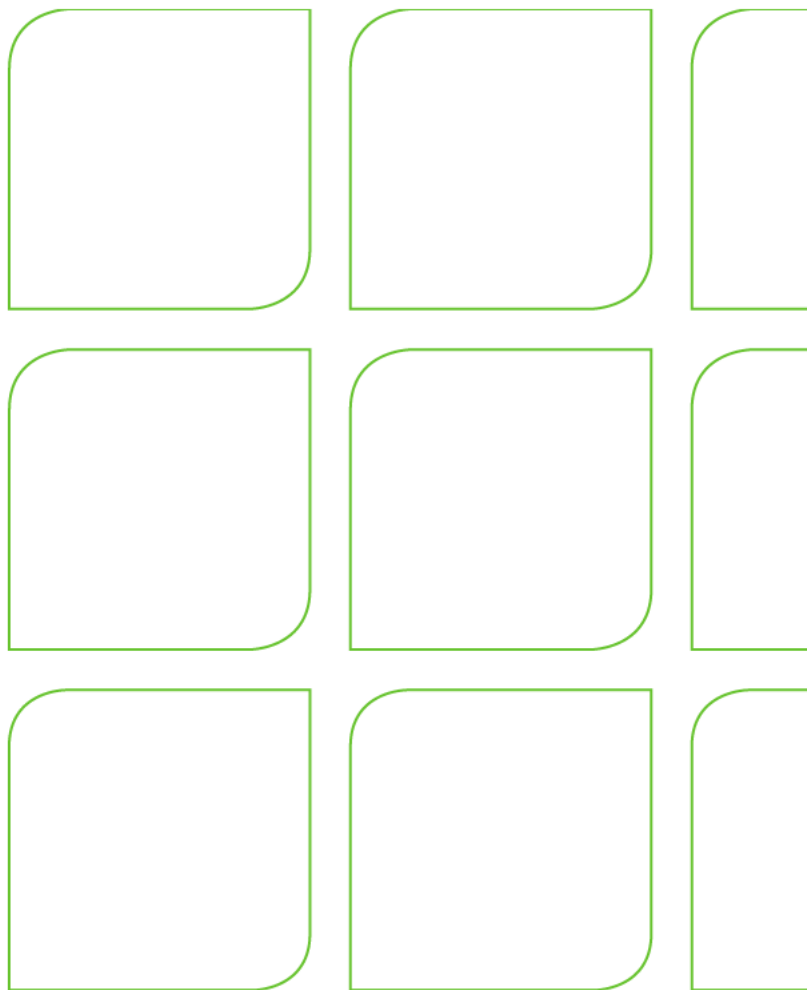
Figuur 13-1: Kaart van de top van het Noorderdam gasveld, inclusief de breuken. De blauwe pijl geeft de langste breuk aan die gebruikt is in de SRA berekening. Doorsnede A-A' is gegeven in Figuur 13-2, B-B' in Figuur 5-1



Figuur 13-2: Doorsnede van het Noorderdam voorkomen.

14 BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR VOOR HET LAAG, MIDDEN EN HOOG SCENARIO

Drukscenario (bar)			
jaar	Noorderdam		
	Druk		
2005	379		
2006	308		
2007	191		
2008	151		
2009	135		
2010	130		
2011	129		
2012	129		
2013	129		
2014	129		
2015	129		
2016	129		
2017	123		
2018	123		
2019	123		
2020	123		
2021	123		
2022	122		
	Laag	Midden	Hoog
2023	122	120	109
2024	122	118	97
2025	122	118	92
2026	122	117	90
2027	122	117	89
2028	122	117	89



BRON VAN ONZE ENERGIE