NAM

AANVRAAG INSTEMMING WINNINGSPLAN WIERINGA



Assen, 15 april 2025

BRON VAN ONZE ENERGIE

1 SAMENVATTING

In 2012 is het gasveld Wieringa (ook wel het voorkomen Wieringa genoemd) aangetoond door middel van de nieuw geboorde put Krabburen-4 (KBB-4) op de bestaande locatie Krabburen gelegen aan de Stadsweg aan de rand van het dorp Munnekezijl. De locatie Krabburen is een satelliet die deel uit maakt van de locatie Munnekezijl. Het gasveld Wieringa produceert sinds 2013.
Het vigerende winningsplan is goedgekeurd door middel van het instemmingsbesluit van 24 januari 2014. Op basis van dit instemmingsbesluit loopt de winning van het gasveld Wieringa tot en met 31 december 2026. De productie van het gasveld Wieringa verloopt echter langzamer dan voorzien. Om deze reden wordt door middel van het voorliggende winningsplan om een verlenging van de winningsperiode tot en met 31 december 2032 gevraagd.

Naast de winningsperiode zijn ook de andere onderwerpen in het winningsplan, zoals productievolume, bodembeweging in de vorm van bodemdaling en bodemtrilling opnieuw geëvalueerd. Deze evaluatie laat zien dat de prognose voor de bodemdaling onveranderd is ten opzichte van het vigerende winningsplan. Het seismisch risico is opnieuw ingeschat en het voorkomen Wieringa valt in risicocategorie 1, welke de laagste categorie is.

Concreet betekent dit dat door middel van dit winningsplan alleen toestemming wordt gevraagd voor het verlengen van de winningsperiode. Deze samenvatting geeft een korte achtergrond van het winningsplan in het algemeen, gevolgd door een overzicht van de belangrijkste punten van het winningsplan, zonder in te gaan op de technische details.

Achtergrond winningsplannen – algemeen

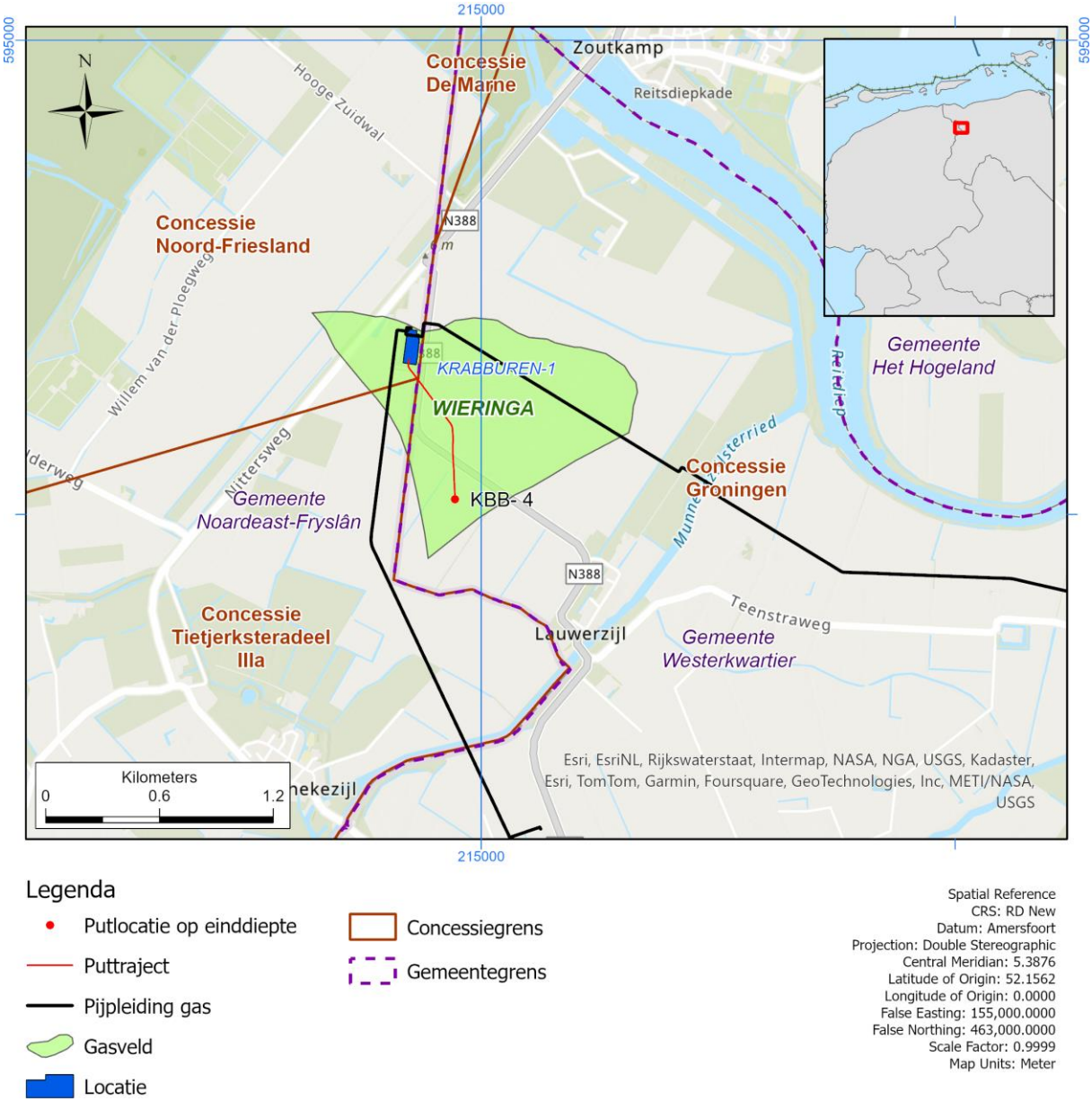
Het winningsplan beschrijft de manier waarop het gas zal worden gewonnen, de geologie en de eigenschappen van het gasveld, de voorspelde productiehoeveelheden, de mate van bodemdaling en het risico op seismiciteit, inclusief eventuele mitigerende maatregelen. Het winnen van aardgas uit elk gasveld in Nederland wordt vastgelegd in een winningsplan. De winningsplannen en de bijbehorende besluiten zijn terug te vinden op de NLOG-website van de overheid.

De winning van gas kan alleen plaatsvinden als de minister van Klimaat en Groene Groei (KGG) 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 KGG en vraagt om instemming.
- KGG vraagt advies aan verschillende partijen die bij de winning betrokken zijn, zoals: provincies, gemeenten, waterschappen, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), TNO en de Mijnraad.
- Deze adviezen worden meegenomen in het ontwerp instemmingsbesluit van de minister van KGG.
- 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 KGG een definitief instemmingsbesluit op. Uiteindelijk zal de minister 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 winningsplan verloopt de gaswinning verder volgens dit winningsplan en eventuele voorwaarden die de Minister van KGG in het instemmingsbesluit heeft gesteld.

Gasveld Wieringa

Het gasveld Wieringa ligt in de provincies Groningen en Fryslân en binnen de grenzen van de gemeente Westerkwartier en de gemeente Noardeast-Fryslân. Het gasveld valt onder het werkgebied van de waterschappen Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân. Het gas uit het veld wordt vanaf de locatie Krabburen-1 gewonnen en via een transportleiding naar de Grijpskerk (GDF) getransporteerd, vanwaar het gas wordt geleverd aan de Gasunie.



Legenda

- Putlocatie op einddiepte
- Puttraject
- Pijpleiding gas
- Gasveld
- Locatie
- Concessiegrens
- Gemeentegrens

Spatial Reference
CRS: RD New
Datum: Amersfoort
Projection: Double Stereographic
Central Meridian: 5.3876
Latitude of Origin: 52.1562
Longitude of Origin: 0.0000
False Easting: 155,000.0000
False Northing: 463,000.0000
Scale Factor: 0.9999
Map Units: Meter

Figuur 1-1: Overzicht van de ligging van het gasveld Wieringa, inclusief infrastructuur. Pijpleidingen zijn aangegeven in het zwart, putten in rood.

Actualisatie van het winningsplan
De reden voor de actualisatie van het winningsplan is de verlengde levensduur van het gasveld Wieringa. Er is geen aanpassing nodig van het maximale totale productievolume ten opzichte van het vigerende winningsplan. In deze actualisatie is ook de situatie ten aanzien van bodembeweging in de vorm van bodemdaling en bodemtrilling opnieuw geëvalueerd.

Hoeveel gas kan er gewonnen worden?
Tot eind 2024 is in totaal 81 miljoen Nm^3 aardgas uit het Wieringa voorkomen geproduceerd en het vergunde maximaal te produceren volume is 112 miljoen Nm^3. NAM verwacht nog tussen de 6 tot 31 miljoen Nm^3 aardgas te winnen en blijft daarmee binnen het vergunde maximum productievolume. Afhankelijk van het productiescenario, vindt er tot en met 31 december 2032 winning plaats uit het gasveld Wieringa. Het Wieringa voorkomen heeft één producerende put Krabburen-4 (KBB-4).

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

Het verloop van de bodemdaling wordt sinds 1993 boven Wieringa met behulp van vaste peilmerken eens in de 5 jaar gemeten. De meest recente grootschalige metingen zijn gedaan in 2023. Met behulp van deze metingen wordt vastgesteld of de bodemdaling door gaswinning uit het gasveld Wieringa verloopt in lijn met de verwachte bodemdaling zoals beschreven in het winningsplan.

Het vigerend winningsplan toont een verwachte totale (door productie uit Wieringa en omliggende velden) bodemdaling van minder dan 10 cm boven het Wieringa gasveld. In het vigerende winningsplan is tevens aangegeven dat de gemiddelde onzekerheid van deze berekening 30% is met een minimum onzekerheid van 2 cm.
De bodemdaling boven Wieringa wordt voornamelijk veroorzaakt door productie uit het nabijgelegen velden Saaksum West, Houwerzijl en Munnekezijl.
In dit geactualiseerd winningsplan is de verwachte totale daling eveneens minder dan 10 cm. De onzekerheid wordt gesteld op 2 cm. Inclusief de modelonzekerheid zal de daling maximaal 12 cm zijn. Het nieuwe bodemdalingsmodel dat gebruikt is in deze aanvraag beschrijft ook de na-ijling van de bodemdaling. De nog te verwachten bodemdaling alleen door productie uit het gasveld Wieringa is minder dan 2 cm.
Schade door bodemdaling wordt niet verwacht omdat de bodemdaling door gaswinning beperkt, langzaam en over een groot gebied plaatsvindt. Het is mogelijk dat waterpeilen door de waterschappen Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân vanwege de bodemdaling worden aangepast. NAM is aansprakelijk voor eventuele meerkosten van bijvoorbeeld het peilbeheer als gevolg van bodemdaling door gaswinning. Afspraken hierover verlopen via de bodemdalingscommissies Friesland en Groningen.

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

NAM gebruikt deze methodiek voor het inschatten van het seismisch risico. In het winningsplan zoals beschreven in het voorliggende document is het risico van aardbevingen volgens deze methodiek geëvalueerd. Deze evaluatie laat zien dat het gasveld Wieringa valt in categorie 1, de laagste risicocategorie. Ook in het vigerende winningsplan viel het voorkomen Wieringa in de laagste risicocategorie.

Volgens het Burgerlijk Wetboek is NAM altijd wettelijk aansprakelijk voor schade die zij veroorzaakt. Mochten omwonenden toch schade ondervinden door gaswinning uit het gasveld Wieringa, dan kan dat gemeld worden bij de commissie Mijnbouwschade. Sectie 8.6 geeft nader uitleg over de procedure die gevolgd kan worden.

Inhoud

1 SAMENVATTING 2

INHOUD 6

FORMULIER AANVRAAG INSTEMMING WINNINGSPLAN 8

2 INLEIDING 10

2.1 Doel van het Winningsplan 10

2.2 Leeswijzer 10

3 PLAATS VAN WINNING 12

3.1 Productielocatie, put(ten) en voorkomen(s) 12

3.2 Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas 13

4 BORINGEN 15

4.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put 15

4.2 Overzicht boring(en) 16

4.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en) 16

4.4 Putstimulatie 16

5 ONDERGROND 18

5.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten 18

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen 18

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen 22

5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond 22

6 ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN 23

6.1 Inleiding 23

6.2 Historische Productie 23

6.3 Onzekerheden 24

6.4 Winningsstrategie en reservoirmanagement 24

6.5 Winningssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar) 25

6.6 Duur van de winning 26

6.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning 27

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen 27

6.9 Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd 27

6.10 Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen 27

7 BODEMDALING 29
7.1 Bodemdaling door natuurlijke processen 30
7.2 Meten en berekenen van bodemdaling door gaswinning 31
7.3 Bodemdalingsvooruitzichten 33
7.4 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling 35
7.5 Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken 36
8 BODEMTRILLING 37
8.1 Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand 37
8.2 Historische bevingen in het Wieringa gasveld 37
8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse 37
8.4 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het gasveld Wieringa 38
8.5 Monitoring van bodemtrillingen 39
8.6 Afhandeling van schade 39
8.7 Seismisch risicobeheersplan 40
9 OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN 41
9.1 Algemeen 41
10 VERKLARENDE WOORDENLIJST 43
11 BIJLAGE A: BODEMDALING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN 44
12 BIJLAGE B: SEISMISCH RISICO: DETAILS EN ACHTERGRONDEN 46
12.1 Seismische Risico Analyse voor het Wieringa voorkomen 48
13 BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN HET VOORKOMEN 57
14 BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR 59

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** Wieringa	☐Een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 12 zeemijlszone ☒Een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territoir tot 12 zeemijl uit de kust De wijziging / actualisatie bestaat uit een aangepaste productieduur, een actualisatie van de seismische risicoanalyse en bodemdalings- voorspellingen.
	Algemene gegevens	
	Naam indiener	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	Adres	Postbus 2800 9400 HH Assen
	Contactpersoon	[redacted]
	E-mail	[redacted]
Mw 34 lid 2	***Indiener***	☒is houder van de vergunning ☐is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunningsgebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	☒winningsvergunning(en) • Concessie Groningen (KB 30 mei 1963, Stcrt 1963, nr. 126) • Concessie Tietjerksteradeel III (KB 17 februari 1969, nr. 33) (Stcrt 1969, nr. 47) en (KB 24 januari 2018, Stcrt 2018, nr. 5149) • Concessie Noord-Friesland (17 febuari 1969, Stcrt 1969 nr. 47) en (Stcrt 2005, nr. 197) • Gemeente: Westerkwartier en Noardeast-Fryslân • Provincie: Groningen en Friesland
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	**Voorkomens koolwaterstoffen**	Wieringa
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, 4
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, 7.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingsprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	7.2 – 7.4 Bijlage A, D
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.4
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	7.5
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	7.5
	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	8.7
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	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	8.7

Ondertekening

Naam: [redacted]
Functie: NAM Asset Manager Onshore North

Mb24 lid l Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen. Zie deel "vertrouwelijk".

Datum: 15 april 2025
Plaats: Assen

[redacted]

2 INLEIDING

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Winningsvergunningen Groningen (KB 30/5/1963), Tietjerksteradeel IIIa en Noord-Friesland. 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.

Het originele winningsplan voor Wieringa is in 2013 ingediend. Het voorliggende document is de eerste actualisatie van het winningsplan.

DATUM (INDIENEN WINNINGSPLAN)	DOCUMENT
2013	Originele winningsplan
2025	Deze eerste actualisatie

De reden voor deze actualisatie van het winningsplan is enkel de verlengde levensduur tot en met 31 december 2032. Er is geen aanpassing nodig van het maximale totale productievolume ten opzichte van het vigerende winningsplan.

Dit winningsplan bevat een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen en een nieuwe seismische risicoanalyse. Alle gepubliceerde winningsplannen en besluiten voor gasveld Wieringa zijn te vinden onder veldcode WGA (Wieringa) op www.nlog.nl

2.2 Leeswijzer

Dit document beschrijft de wijze waarop het gas wordt gewonnen, de geologie en de eigenschappen van het ondergrondse gasvoorkomen, de voorspelde productiehoeveelheden, de mate van bodemdaling en het risico op aardbevingen. Onderstaand een overzicht per hoofdstuk.

- Samenvatting - geeft een overzicht van dit winningsplan en is bedoeld om de belangrijkste punten van het plan uit te leggen zonder technische details
- Hoofdstuk 2 - geeft een algemene inleiding en de opbouw van dit document
- Hoofdstuk 3 - Plaats van winning - geeft meer informatie over de locaties
- Hoofdstuk 4 - Boringen - geeft meer informatie over de 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 Wieringa voorkomen.
- Hoofdstuk 7 - Bodemdaling - beschrijft de historische en verwachte bodemdaling in het gebied rondom het voorkomen. De bodemdaling wordt regelmatig gemonitord volgens een meetplan conform de geldende normen, onder toezicht van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).
- Hoofdstuk 8 - Bodemtrilling - gaat verder in op de seismische risicoanalyse. De seismische risicoanalyse laat zien dat het gasvoorkomen in dit winningsplan in de laagste seismische risicocategorie valt (categorie I).
- 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 indien:

A. de totale productie uit het veld 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 boven het Wieringa veld niet groter is dan voorspeld in hoofdstuk 7 van het winningsplan (inclusief de aangehouden onzekerheidsmarges). Als de bodemdaling door gaswinning groter blijkt dan voorspeld, zal NAM het winningsplan dienen aan te passen;
D. de voorkomens die zijn behandeld in dit winningsplan in de 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.

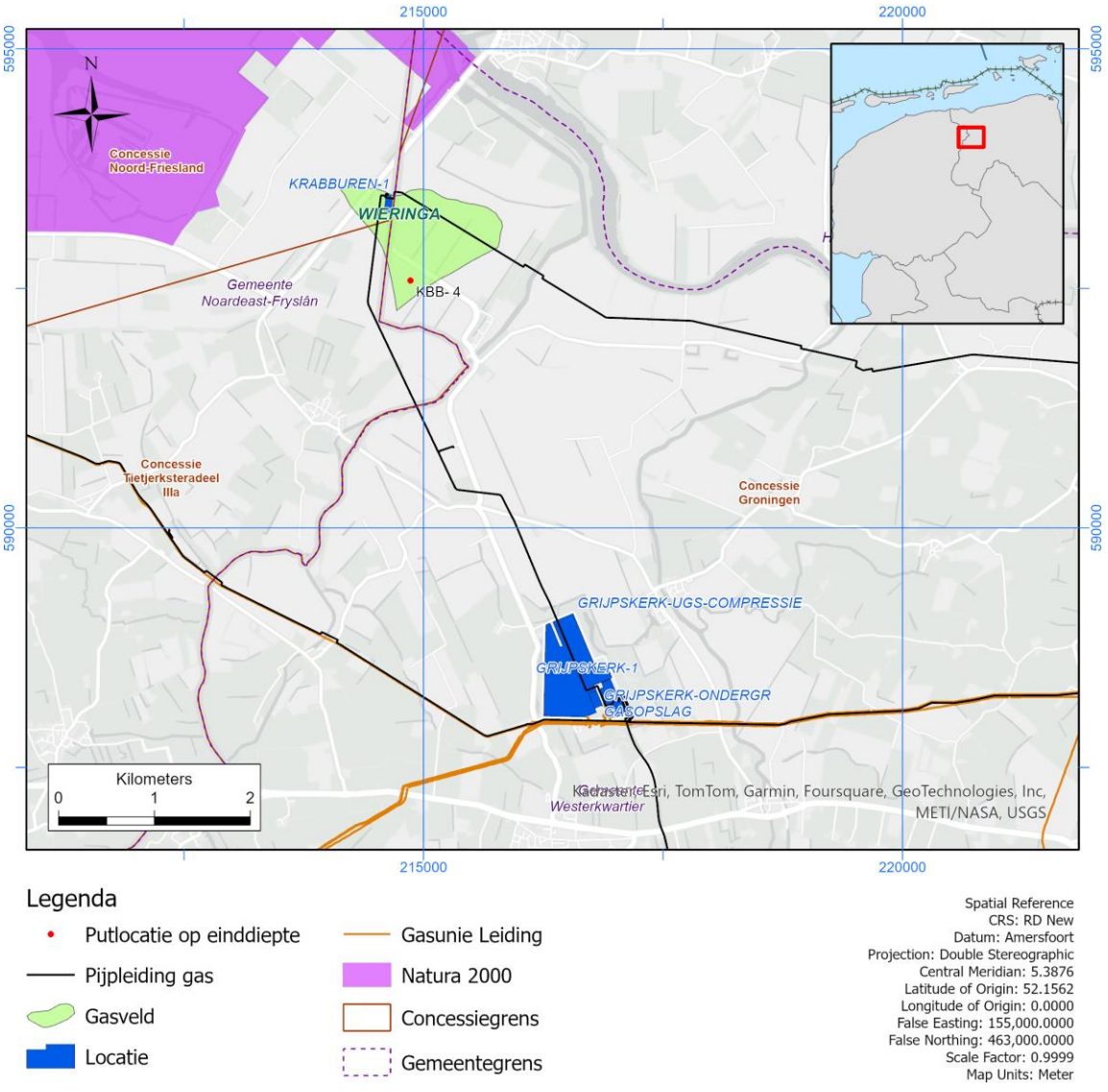
Eventuele toekomstige activiteiten op de locatie of in het reservoir (bijvoorbeeld activiteiten gerelateerd aan putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.

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

3 PLAATS VAN WINNING

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

Het Wieringa gasvoorkomen ligt in de gemeente Westerkwartier in de provincie Groningen (winningsvergunning Groningen) en in de gemeente Noardeast-Fryslân in de provincie Friesland (winningsvergunningen Noord-Friesland en Tietjerksteradeel IIIa). Het winningsgebied van dit winningsplan valt onder het werkgebied van de waterschappen Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân. Figuur 3-1 bevat een topografische kaart met de winningslocatie Krabburen-1 (KBB-1), put Krabburen-4 (KBB-4), het Wieringa voorkomen, de transportleidingen en de Natura 2000 gebieden. Het dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebied is Nietap en deze ligt op circa18,5 km van het gasveld Wieringa (ten zuidwesten van het gebied getoond in Figuur 3-1). Het dichtstbijzijnde Natura 2000 gebied is Lauwersmeer en deze ligt op circa 800m van het gasveld, en circa 700m van de productielocatie KBB-1.



Figuur 3-1: Kaart met de locatie van het Wieringa voorkomen, putten, oppervlaktelocatie, en transportleidingen. Inclusief (in de buurt gelegen) beschermde Natura 2000 gebieden.

Het Wieringa voorkomen wordt geproduceerd vanaf de locatie Krabburen-1, welke in de gemeente Noardeast-Fryslân ligt. De luchtfoto van de productielocatie is getoond in Figuur 3-2. Hoofdstuk 4.2 gaat dieper in op welke boringen in het voorkomen zijn gedaan.

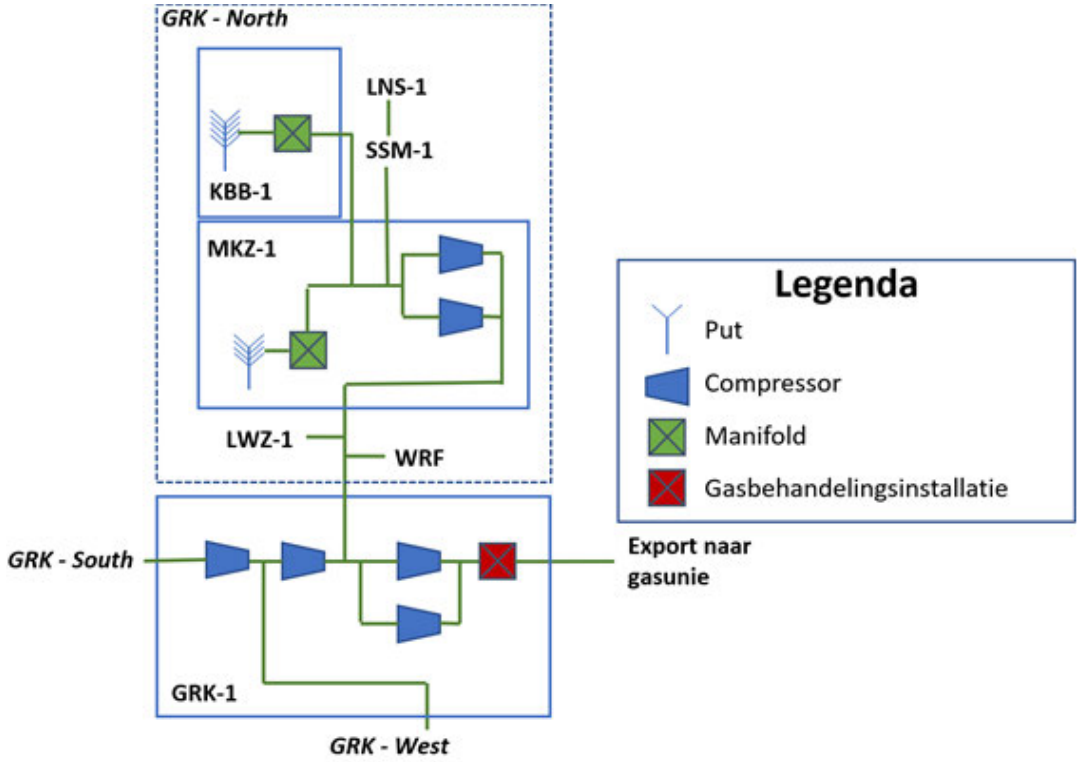


Figuur 3-2: Luchtfoto van productielocatie Krabburen-1 (KBB-1).

3.2 Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas

Figuur 3-3 geeft een schematische weergave van (een deel van) de gasstromen in het Grijpskerk-1 (GRK-1) productiesysteem. Het gas uit het gasveld Wieringa wordt gewonnen met de put KBB-4. De gasstroom uit deze put wordt vanaf de productielocatie Krabburen-1 (KBB-1) getransporteerd via pijpleiding naar de locatie Munnekezijl (MKZ-1). Daar wordt de gasstroom samengevoegd met het gas vanaf de locaties Leens-1 (LNS-1), Saaksum-1 (SSM-1) waarna het gas gecomprimeerd wordt en via pijpleiding richting de behandelingsinstallatie op locatie Grijpskerk-1 wordt gepompt. Voordat het daar aankomt wordt het gas dat geproduceerd wordt vanaf locaties Lauwerszijl en Warffum toegevoegd aan de gasstroom. Op Grijpskerk-1 wordt het gas behandeld, gecomprimeerd en geleverd aan het landelijk Gasunie netwerk. In Figuur 3-4 staat een luchtfoto van Grijpskerk-1.

De vloeistofstroom, een kleine hoeveelheid condensaat (vloeibare koolwaterstoffen) en water die meekomen met de gasproductie, wordt vanaf de locatie Grijpskerk-1 afgevoerd per transportleiding naar Delfzijl voor verdere verwerking en verkoop.



Figuur 3-3: Schematische weergave van de gasstroom vanaf de productielocatie KBB-1, door de behandelingsinstallatie GRK-1 en afvoer naar het gasunie netwerk.



Figuur 3-4: Luchtfoto van de behandelingsinstallatie Grijpskerk-1 (GRK-1) en Grijpskerk UGS Compressie (GRK-UC) in de achtergrond.

4 BORINGEN

4.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put

Figuur 4-1 geeft een schematische weergave van een gasproductieput. Hieronder volgt een korte beschrijving van hoe de putten in het verleden geboord zijn en de belangrijkste onderdelen van een put.

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.

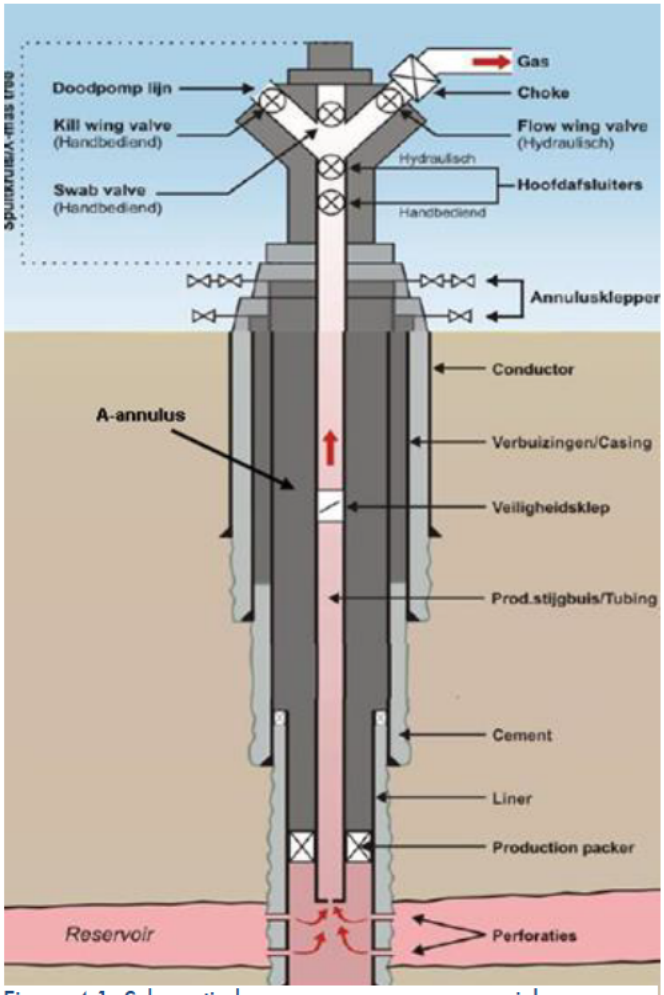
Tijdens het boorproces wordt er gebruik gemaakt van een boorvloeistof. Deze zorgt voor het aandrijven van de motor, het verwijderen van boorgruis en de koeling van de boorpijp. Ook levert deze boorvloeistof een hydrostatische druk in het boorgat om vloeistof-instroom te voorkomen.

Boven 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)

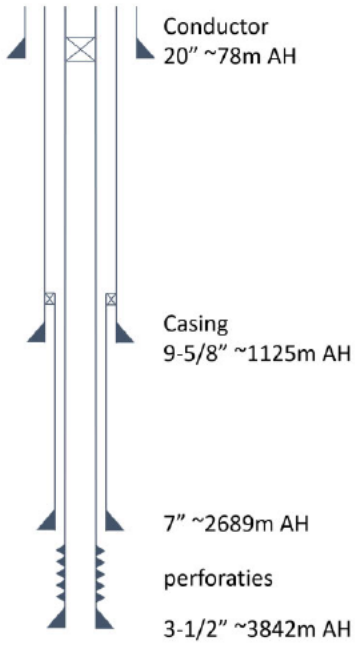
In Tabel 4-1 verdere algemene informatie weergegeven van de enige put die geboord is in het Wieringa voorkomen. Deze put is Krabburen-4, afgekort KBB-4. Zie verder hoofdstuk 6 voor de ontwikkelings-vooruitzichten.

Tabel 4-1: Specificaties van de Krabburen-4 put in het gasveld Wieringa. De boring is geperforeerd in delen van de Upper Slochteren reservoirs.

Locatie	Putnaam	Putvorm	Status:
Krabburen-1	Krabburen-4 (KBB-4)	Gedevieerd	Producerend

4.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en)

In Figuur 4-2 is schematisch de putverbuizing van de KBB-4 productieput weergegeven. Via perforaties door wordt het reservoir in verbinding gesteld met de gecementeerde 3-1/2" productie-stijgbuis



Figuur 4-2: Schematische weergave van de put verbuizing van de KBB-4 put, dieptes zijn aangegeven langs de put (m AH) gemeten vanaf de vloer van de boorinstallatie. Aangezien de put gedevieerd is geboord, is de verticale diepte t.o.v. de boorvloer (m TVDRT) altijd minder dan de 'along hole' diepte (m AH).

4.4 Putstimulatie

Gedurende het leven van een put kan het voorkomen dat er aanslag (zgn. *scaling*, bijv. kalk of zout) optreedt aan de binnenkant van de verbuizing, en in de perforaties. Om deze *scaling* te verwijderen kan het voorkomen dat de put met zuur behandeld wordt. Dit is een routinehandeling waarbij geen overdruk gebruikt wordt. Deze ontkalking duurt ongeveer een dag en wordt uitgevoerd door een kleine onderhoudsploeg (er is geen boortoren nodig).

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

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

5 ONDERGROND

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

5.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten

Voor het in beeld brengen van de ondergrond worden een groot aantal metingen uitgevoerd en modellen gemaakt die helpen om het voorkomen beter te begrijpen en een voorspelling te kunnen doen hoeveel gas er geproduceerd zal worden. Doordat de omvang van het veld alleen uit indirecte metingen kan worden vastgesteld, en doordat gesteente-eigenschappen alleen worden gemeten in en vlakbij bestaande putten, bestaat er een onzekerheid over de grootte en de andere eigenschappen van het gasveld. Voorspellingen zullen daardoor altijd een onzekerheidsmarge hebben. Die onzekerheidsmarge verschilt per parameter en zal dus een 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 is de voortplantingssnelheid van geluidsgolven in de gesteentelagen boven het voorkomen onzeker. De exacte diepte van het voorkomen is alleen bekend waar een put het gasreservoir binnengaat, dus op een beperkt aantal plaatsen. Het gevolg daarvan is dat er enige onzekerheid is over de omvang en exacte diepte van het veld. De fysische eigenschappen van gesteente, zoals dichtheid, weerstand en geluidssnelheid, zijn belangrijke parameters voor het bepalen van reservoireigenschappen als porositeit, saturatie en doorlaatbaarheid (permeabiliteit). Deze fysische eigenschappen worden bepaald met boorgatmetingen door na het boren van de putten meetinstrumenten in de boorgaten te laten zakken.

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

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

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

In deze sectie worden de geologische formaties beschreven, zowel die waarin het voorkomen zich bevindt als de bovenliggende formaties. Voor een volledige beschrijving met nadere uitwerking van gebruikte begrippen wordt verwezen naar *Geology of the Netherlands*, geschreven door Wong et al. in 2007.

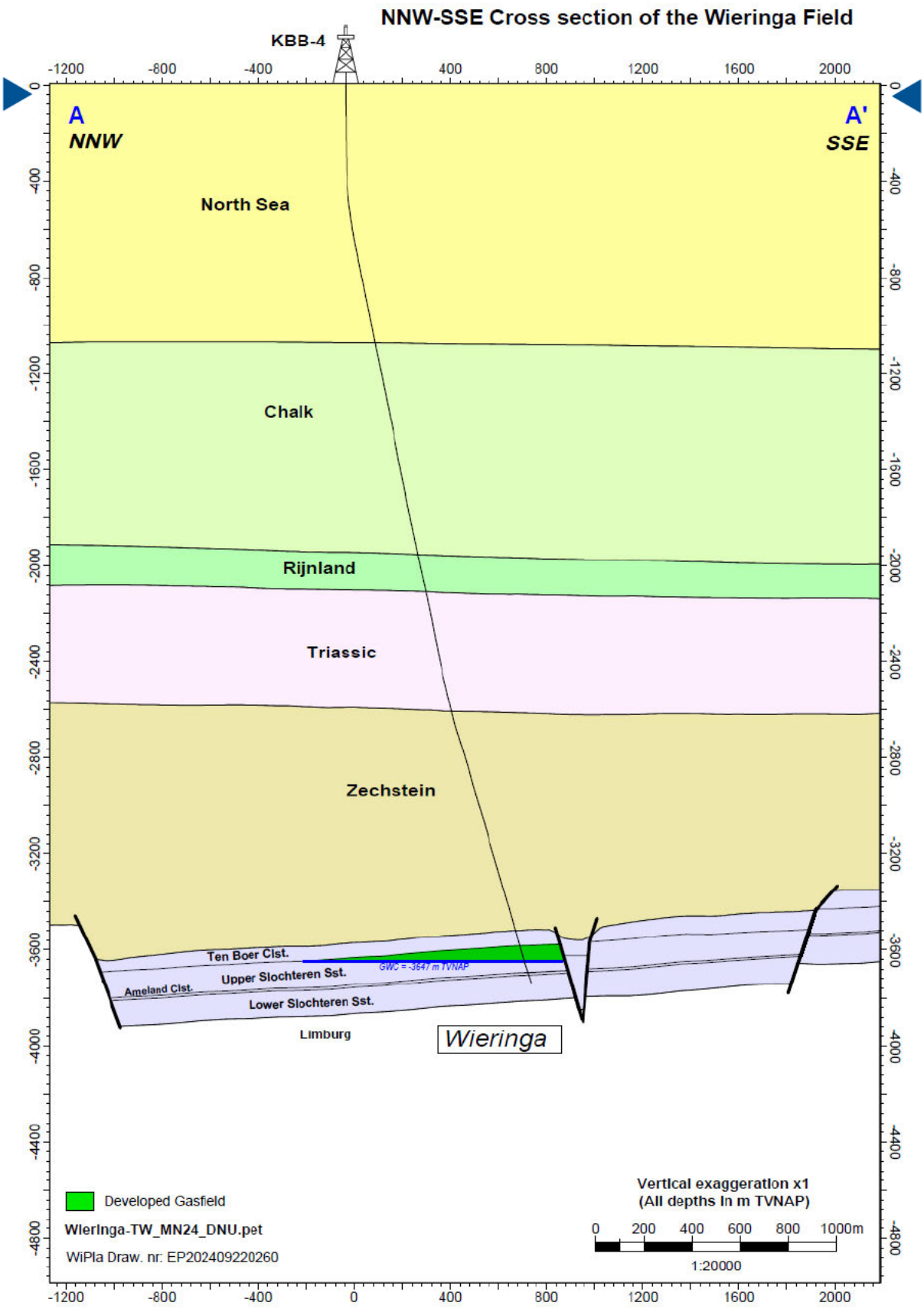
Het ontstaan van gasvoorkomens
Plantaardig en ander organisch materiaal dat aan het aardoppervlak gevormd wordt kan in de loop van de geologische geschiedenis worden begraven onder soms kilometers dikke lagen gesteente. Door de daarmee gepaard gaande hoge druk en temperatuur kan uit die organische bestanddelen aardgas of methaan worden gevormd. De gasmoleculen bewegen vanwege hun lage dichtheid door de poriën van het gesteente naar boven richting het aardoppervlak. Als onderweg een ondoordringbare gesteentelaag wordt aangetroffen hoopt het gas zich op in de poriën van het gesteente direct onder die afsluitende laag. Als ook de zijwaartse verspreiding wordt verhinderd ontstaat er een gasreservoir. Zijwaartse begrenzingen

worden vaak gevormd door natuurlijke breuken in het gesteente. Deze ontstaan door spanningen in de ondergrond als gevolg van bewegingen van en botsingen tussen de aardplaten (plaattektoniek).

Reservoir Formaties en Bron Koolwaterstoffen

Het gasvoerende reservoir van het gasveld Wieringa behoort tot de Boven-Rotliegend Groep die gevormd is tijdens het Perm tijdperk. Deze groep wordt onderverdeeld in de Slochteren Formatie en de Silverpit Formatie (zie Tabel 5-1). Binnen de Slochteren Formatie wordt nog onderscheid gemaakt tussen het Boven-Slochteren laagpakket en het Onder-Slochteren laagpakket. De zandstenen van de Slochteren Formatie vormen het belangrijkste reservoir. De formaties van de Boven Rotliegend Groep worden afgedekt door de Zechstein Groep. Deze groep bestaat voornamelijk uit ondoorlatende evaporietafzettingen (zout en anhydriet).

Het gas in het Wieringa voorkomen is gevormd in de steenkoollagen van de onderliggende Limburg Groep. Het gas is vervolgens naar boven gemigreerd tot in de poriën van de Slochteren en Silverpit formaties. De ondoorlaatbare formaties van de Zechstein Groep hebben daarna verhinderd dat het gas verder naar de oppervlakte kon ontsnappen.



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

Tabel 5-1: Geologische formaties

Ouderdom	Groep	Formatie	Laagpakket	Afkorting	
Tertiair	Noordzee (NS)	Boven		NU	
		Midden		NM	
		Onder	Asse	NLFFB	*Ondoorlatend*
			Zand van Brussel	NLFFS	
			Ieper	NLFFY	*Ondoorlatend*
			Basale Tuffiet van Dongen	NLFFT	
			Klei van Landen	NLLFC	*Ondoorlatend*
Boven Krijt	Krijtkalk (CK)	Ommelanden		CKGR	*Ondoorlatend*
		Texel		CKTX	
Onder Krijt	Rijnland (KN)	Holland		KNGL	
		Vlieland	Vlieland Kleisteen	KNNCM	
Trias	Boven-Germaanse Trias (RB)	Röt	Boven-Röt Kleisteen	RNROU	
			Röt Evaporiet	RNROE	
		Solling	Solling Kleisteen	RNSOC	
			Basale Solling Zandsteen	RNSOB	
		Volpriehausen	Volpriehausen Klei-Siltsteen	RBMVC	
			Onder-Volpriehausen Zandsteen	RBMVL	
	Onder Trias (RB)	Onder Bontzandsteen	Rogenstein	RBSHR	*Ondoorlatend*
			Hoofdkleisteen	RBSHM	
			Basal Bundsandstein Eqv.	RBSHL	
Perm	Zechstein (ZE)	Z4	Z4 Zout	ZEZ4H	*Ondoorlatend*
			Z4 Pegmatiet-Anhydriet	ZEZ4A	
			Rode Zoutklei	ZEZ4R	
		Z3	Z3 Zout	ZEZ3H	
			Z3 Hoofdanhydriet	ZEZ3A	
			Z3 Carbonaat	ZEZ3C	
			Grijze Zoutklei	ZEZ3G	*Ondoorlatend*
		Z2	Z2 Dakanhydriet	ZEZ2T	
			Z2 Zout	ZEZ2H	
			Z2 Basale Anhydriet	ZEZ2A	
			Z2 Carbonaat	ZEZ2C	
		Z1	Z1 Anhydriet	ZEZ1W	*Ondoorlatend*
			Z1 Carbonaat	ZEZ1C	
			Koperschalie	ZEZ1K	
Perm	Boven Rotliegend (RO)	Silverpit	Ten Boer	ROCLT	*Reservoir*
		Slochteren	Boven-Slochteren	ROSLU	
		Silverpit	Ameland	ROCLA	
		Slochteren	Onder-Slochteren	ROSLL	*Reservoir*
Carboon	Limburg (DC)			DC	*Oorsprong Gas*

Reservoireigenschappen

In Tabel 5-2 zijn de gemiddelde reservoireigenschappen van het producerende reservoirgesteente weergegeven. De verhouding van de hoeveelheid gesteente met reservoir kwaliteit (doorlatend en gasvoerend) ten opzichte van klei (ondoorlatend en niet producerend) wordt aangegeven met Net-to-Gross

of NtG. 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 ook gemeld worden dat het in de tabel om gemiddelde waarden gaat. In bijlage C zijn een schematische doorsnede en geologische kaart van het Wieringa voorkomen weergegeven.

Tabel 5-2: Gemiddelde fractie van net reservoir in de formatie (NtG), gemiddelde porositeit (Por) en permeabiliteit (Perm).

Producerende formatie	NtG (%)	Porositeit (%)	Permeabiliteit (mD)
Boven-Slochteren	99	14	3

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

In Tabel 5-1 worden de bovenliggende lagen genoemd, inclusief de belangrijkste eigenschappen van deze lagen. Deze tabel laat zien dat een deel van die formaties ondoorlatend is.

5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Waterwinning vindt plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee Groep, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat in zoutwater. Deze grens ligt in het dichtstbijzijnde waterwinningsgebied op ongeveer 200m diepte. Daaronder is al het grondwater of formatiewater van nature zout tot zeer zout. Het dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebied is Nietap op 18,5 km van het gasveld Wieringa. Door de grote afstand is er geen interactie tussen het gasvoorkomen en het waterwingebied. Productieactiviteiten zullen geen effect hebben op de samenstelling van het zoete grondwater.

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

Bodemwarmte haalt men tot enkele honderden meters diep uit de bodem en wordt gebruikt voor verwarming van woningen, gebouwen en kassen. Dit soort projecten wordt veel toegepast in Nederland. Omdat het boren zich beperkt tot de bovenste ~300m is er geen interactie met gaswinning.

Aardwarmte maakt gebruik van energie dieper uit de aarde zodat er dieper geboord moet worden (vaak meer dan 2 kilometer diep, afhankelijk van de locatie). Een dergelijk geothermieproject bestaat doorgaans uit een producerende put (deze pompt warm water uit het reservoir) en een injecterende put (deze brengt het afgekoelde water weer terug in hetzelfde reservoir). In de directe nabijheid van het gasveld Wieringa zijn dergelijke geothermie projecten nog niet uitgevoerd. SodM is toezichthouder op zowel olie- en gaswinning als geothermie.

Zoutwinning vindt plaats in Nederland uit verschillende zoutcavernes, maar niet in de nabijheid van het Wieringa voorkomen.

Gasopslag vindt plaats in de Grijpskerk UGS (Underground Gas Storage). Deze gasopslag bevindt zich op ongeveer 2,5 km ten zuiden van het Wieringa voorkomen. De bodembeweging van de Grijpskerk UGS wordt meegenomen in de berekeningen van de bodemdaling in deze regio (hoofdstuk 7).

6 ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN

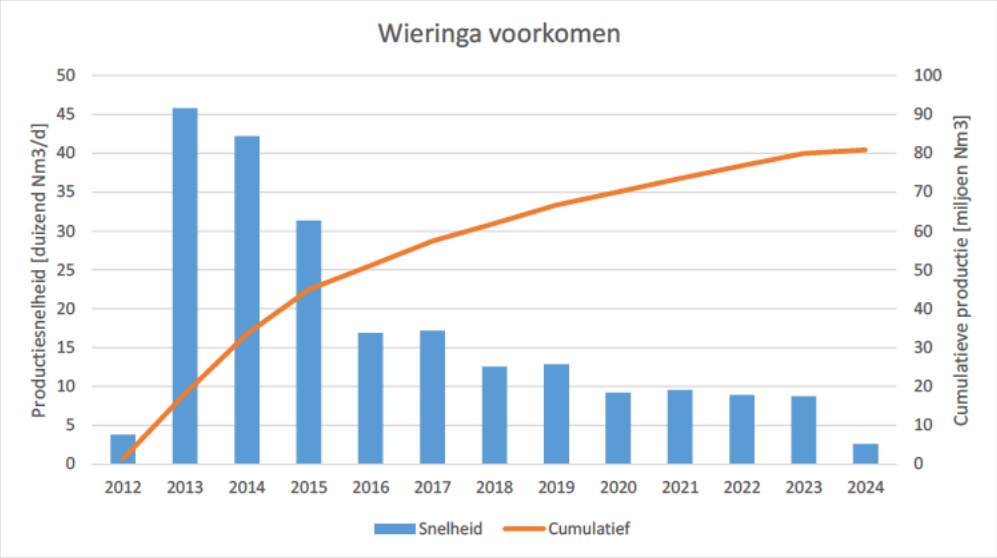
Dit hoofdstuk gaat in op de historische en toekomstige productie. Hierin worden de ontwikkelingsplannen van het gasveld Wieringa en de winningsstrategie meegenomen.

6.1 Inleiding

Het gasveld Wieringa is in 2012 aangeboord en getest door middel van de put KBB-4. In 2013 is de put aangesloten en in productie genomen.

6.2 Historische Productie

Tabel 6-1geeft de historische productie getalsmatig weer en

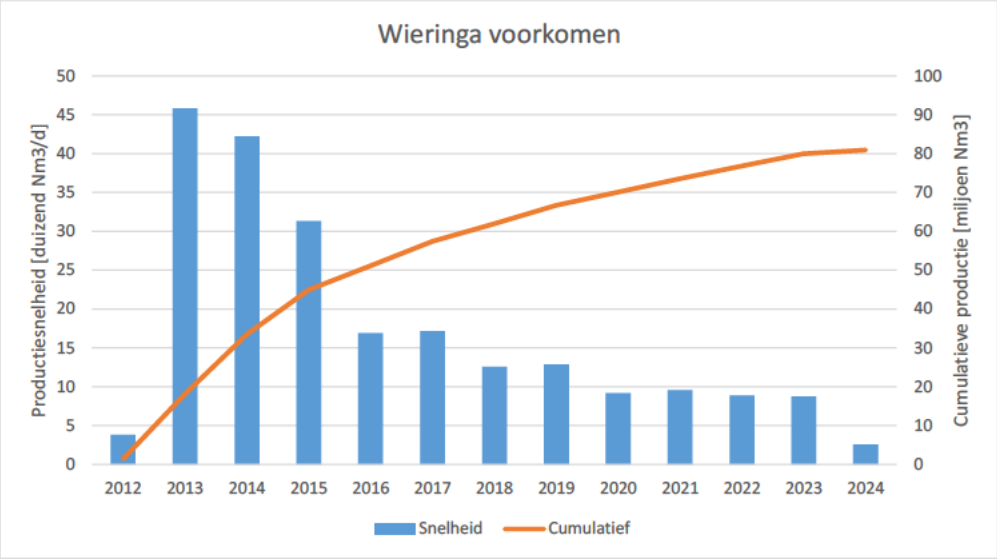


Figuur 6-1 geeft de productiesnelheid (staafdiagram) en cumulatieve productie (lijn) grafisch weer.

Tabel 6-1: Historische productie uit het Wieringa voorkomen.

Productie [in miljoen Nm^3]	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Wieringa	1	17	15	11	6	6	5	5	3	3

Productie [in miljoen Nm^3]	2022	2023	2024	Productie t/m 2024
Wieringa	3	3	1	81



Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie van het Wieringa voorkomen.

6.3 Onzekerheden

De onzekerheid van toekomstige productie van het gasveld Wieringa is afhankelijk van verschillende factoren:

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

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

6.4 Winningsstrategie en reservoirmanagement

De winning vindt plaats doordat gas naar de put stroomt als gevolg van de aanwezige reservoirdruk in combinatie met het verlagen van de druk aan het oppervlak door compressie. Het gas wordt zodanig gewonnen dat de faciliteiten optimaal worden benut.
In navolgend overzicht (Tabel 6-2) wordt de verwachte totale gaswinning gegeven. De “Statische GIIP” geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. De GIIP in het vigerend winningsplan was gebaseerd op het geologische model. Nu het grootste deel van de winning al voltooid is, is de GIIP in deze actualisatie nauwkeuriger dynamisch vastgesteld. Dat wil zeggen op basis van de gemeten drukdaling en gerealiseerd productievolume.
Het “Midden scenario” en “Hoog scenario” verwijzen naar de voorspellingen zoals beschreven in sectie 6.5. Het “winningspercentage” is gedefinieerd als het percentage van de verwachte totale winning ten opzichte van de oorspronkelijke hoeveelheid gas.

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

Voorkomen	Totale winning tot eind 2024	Statische GIIP (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (MIDDEN)	Verwacht winnings-percentage (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (HOOG)	Verwacht winnings-percentage (Hoog)
	[miljoen Nm^3]	[miljoen Nm^3]	[miljoen Nm^3]	[%]	[miljoen Nm^3]	[%]
Wieringa	81	142	95	67	112	79

De reservoirprestaties worden gemonitord door:

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

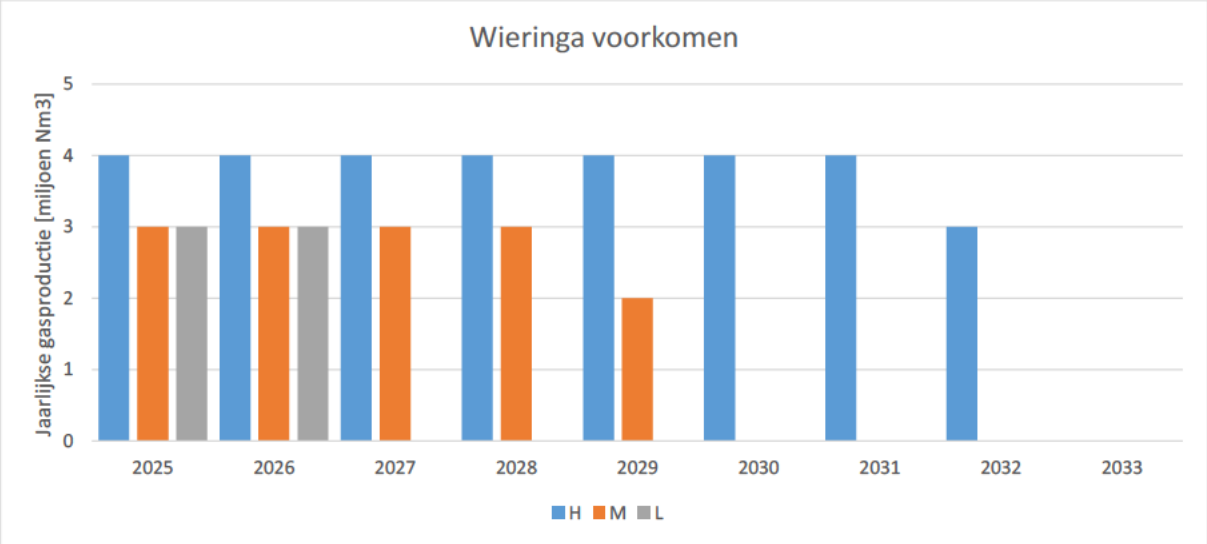
Met deze monitoring wordt de hoeveelheid aanwezig gas, de mogelijkheid van compartimentalisatie in het reservoir, en de invloed van mogelijk aanwezige aquifers geëvalueerd.
Indien de productieprestatie van de put vermindert, kan het nodig zijn de verbuizing onderin bij de perforaties schoon te maken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

6.5 Winningssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)

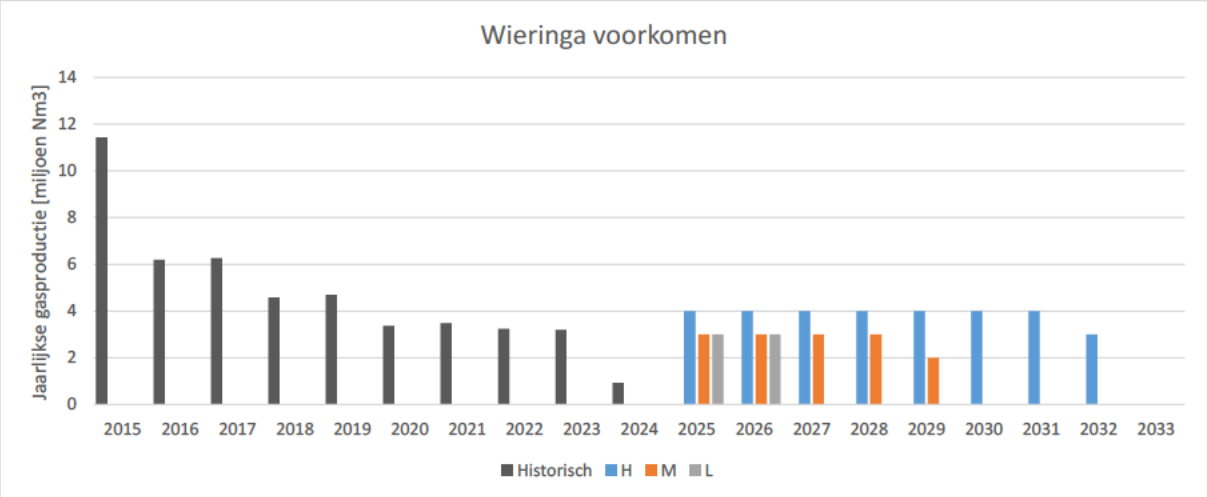
Deze paragraaf geeft de verwachte productieprofielen van het Wieringa voorkomen weer. Er zijn drie productieprofielen gegeven (laag, midden, hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Deze profielen zijn indicatief; de productie in de drie profielen geeft aan welke onzekerheid er verwacht wordt in de verdere productie uit het gasveld. De daadwerkelijke gerealiseerde productie zal dus niet precies overeenkomen met (één van) de hieronder geschetste profielen in Tabel 6-3. Echter, de uiteindelijke totale winning zal binnen de maximaal verwachte totale winning blijven.
Als NAM zijn we continue bezig de productie te optimaliseren door middel van put-, reservoir- en productieinstallatiebeheer. De KBB-4 put in het Wieringa voorkomen produceert al geruimd tijd niet continu. Door de continuiteit van de productie te verbeteren kan in het optimitische scenario, het hoog scenario, een hogere productie gerealiseerd worden. In het midden scenario gaat de productie door zoals die de afgelopen jaren is geweest en in het laag scenario stopt de productie in 2026 zoals in het oorspronkelijke winningsplan voorspeld was.

Tabel 6-3: Verwachte jaarlijkse productie.

Productie [in miljoen Nm^3]	Scenario	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Wieringa	H	4	4	4	4	4	4	4	3	
	M	3	3	3	3	2				
	L	3	3							



Figuur 6-2: Verwachte jaarlijkse productie.



Figuur 6-3: Verwachte jaarlijkse productie met historische 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 31 december 2032 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 locatie Krabbeburen wordt geen gas voor eigen gebruik aangewend. Op de behandelingslocatie Grijpskerk GDF wordt jaarlijks voor eigen gebruik (fornuis + fakkel/vent spoelgas + fakkel waakvlam) ca. 0,8 miljoen Nm^3 gas aangewend. Dit verandert niet naar aanleiding van dit winningsplan. Er wordt gestreefd naar een zo efficiënt mogelijke gaswinning met minimaal eigen gebruik.

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

Alle (natte) gasstromen van locatie Krabbeburen worden afgevoerd via de behandelingslocatie Grijpskerk GDF. Alleen bij geplande werkzaamheden wanneer een gedeelte van het systeem drukvrij gemaakt moet worden, kan een kleine hoeveelheid gas afgeblazen of afgefakkeld worden. Er wordt gestreefd naar zo weinig mogelijk emissies, onder andere door afblazen en affakkelen zo veel mogelijk te beperken.

Op de behandelingslocatie Grijpskerk GDF wordt op jaarbasis ca. 0,5 miljoen Nm^3 afgeblazen dan wel afgefakkeld. Deze gegevens zijn gebaseerd op recente werkelijke waarden en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de komende jaren.

6.9 Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

Tabel 6-4 geeft de samenstelling van het geproduceerde gas uit het Wieringa voorkomen, op basis van analyses van gasmonsters. De condensaat-gas ratio is constant over tijd, waardoor het jaarlijkse volume condensaat samen met de gasproductie afneemt over tijd. Samen met het gas wordt ook een beperkte hoeveelheid water meegeproduceerd, variërend tussen de 1000 en 1500 m^3 per jaar, afhankelijk van o.a. de jaarlijks geproduceerde gasvolumes.

Tabel 6-4: Overzicht gassamenstelling.

Gaseigenschap	*Wieringa*
Condensaat-gas ratio (sm^3/mln Nm^3)	3
Condensaat dichtheid (kg/Sm^3)	754
Relatieve Gas Dichtheid (lucht=1)	0,62
Verbrandingswarmte van het gas (MJ/Nm^3)	39,3
Wobbe index gas (MJ/Nm^3)	50,0
C_1 (mol%)	88
H_2S (mol%)	0,0
CO_2 (mol%)	0,0
N_2 (mol%)	6,7

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

De productievloeistof wordt van de behandelingslocatie Grijpskerk GDF per transportleiding getransporteerd naar het tankenpark Delfzijl waar het water en condensaat worden gescheiden. Het

condensaat wordt vervolgens verkocht en het water wordt per transportleiding naar locatie Borgsweer getransporteerd, waar het via een injectieput wordt teruggepompt in de diepe ondergrond volgens de best beschikbare techniek.

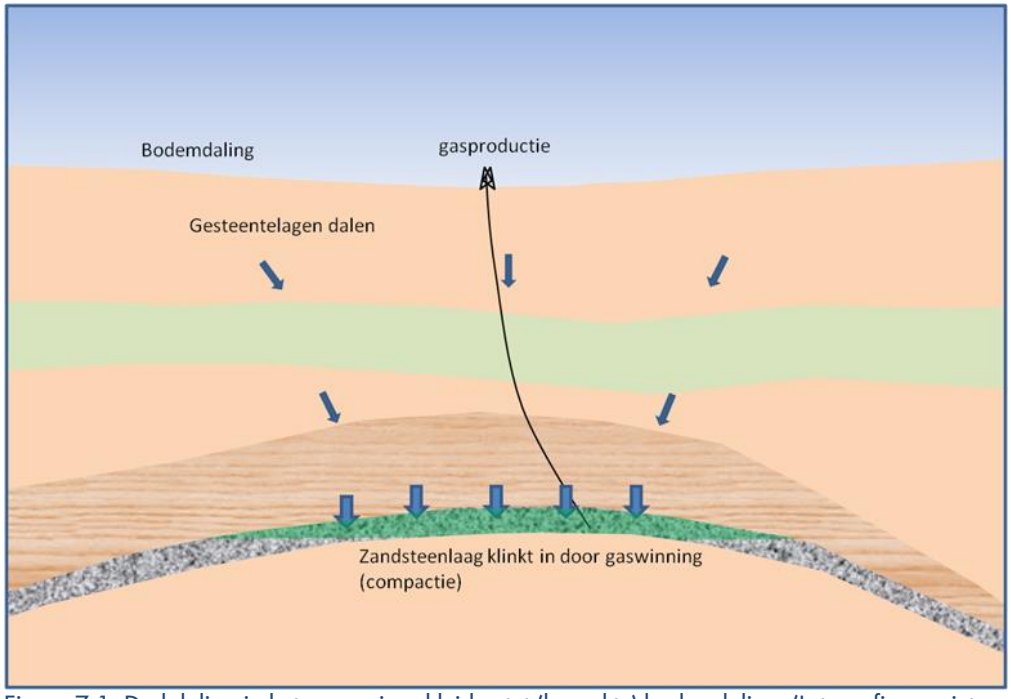
7 BODEMDALING

De bodemdalingsprognose van dit winningsplan laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven het gasveld Wieringa minder dan 2 cm bedraagt.

Het vigerend winningsplan toont een verwachte totale (door productie uit Wieringa en omliggende velden) bodemdaling van minder dan 10 cm boven Wieringa met een onzekerheid van 2 cm. Deze daling wordt voornamelijk veroorzaak door productie uit nabijgelegen gasvelden. In deze nieuwe aanvraag is de totale verwachte cumulatieve daling eveneens minder dan 10 cm en daarmee vergelijkbaar met het vigerend winningsplan. Inclusief de modelonzekerheid zal de daling maximaal 12 cm zijn.

Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

In een gasveld veroorzaakt de winning van aardgas een vermindering van de poriëndruk in de gasvoerende gesteentelaag. Daarbij wordt het gesteente van deze gasvoerende laag langzaam iets samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen. Deze samendrukking wordt ook wel compactie genoemd en hangt af van verschillende factoren zoals de materiaaleigenschappen van het reservoirgesteente, de grootte van de drukdaling en de dikte van de gasvoerende laag (Figuur 7-1). Deze compactie bedraagt over het algemeen 0,1 tot 0,2 % van de dikte van de gasvoerende laag bij de maximale drukdaling (depletie) in het gasveld. De mate waarin de compactie wordt omgezet in bodemdaling op maaiveld-niveau is onder meer afhankelijk van de diepte en omvang van het depleterende gasveld. Bij een zeer groot gasveld als Groningen zal de bodemdaling boven het centrum van het veld vrijwel gelijk zijn aan de ondergrondse compactie. Bij een klein gasveld zoals Wieringa, zal de maximale bodemdaling aan het aardoppervlak een fractie zijn van de compactie in de gasvoerende laag. Het volume van de bodemdalingskom is ongeveer even groot als de volumeverandering van het gasreservoir, waarbij de oppervlakte van de kom groter zal zijn dan de oppervlakte van het reservoir. Aan alle kanten van de reservoiromtrek komt er een afstand bij van ongeveer 1 à 2 maal de diepte van het reservoir. Figuur 7-1 geeft dit schematisch weer. Wanneer gasvelden dicht bij elkaar liggen kan er een overlap ontstaan van de verschillende bodemdalingskommen.

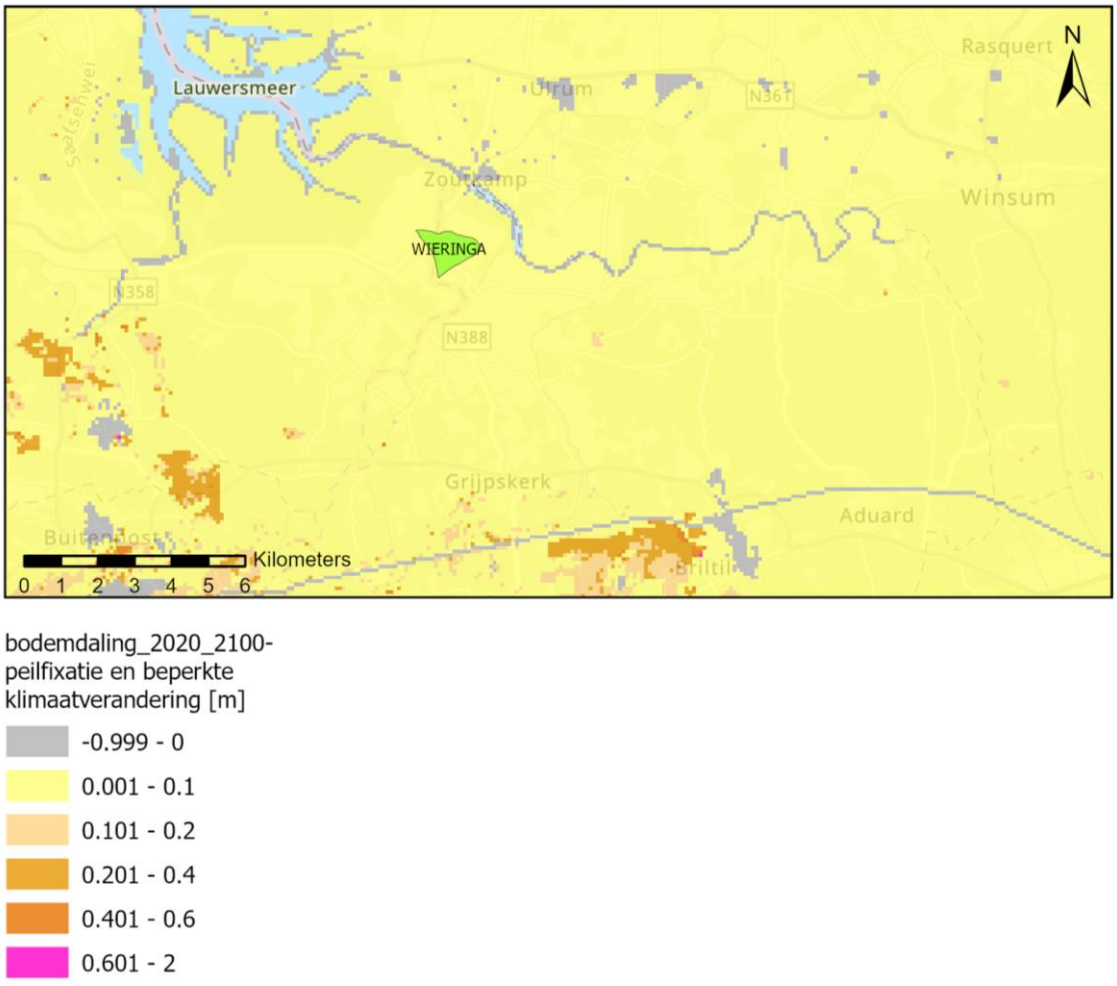


Figuur 7-1: Drukdaling in het reservoir zal leiden tot (beperkte) bodemdaling. (Let op: figuur niet op schaal).

7.1 Bodemdaling door natuurlijke processen

Ter informatie wordt in deze paragraaf de bodemdaling beschreven die niet wordt veroorzaakt door de gaswinning. Deze vorm van bodemdaling wordt samengevat onder de term autonome bodemdaling. De klimaateffectatlas[1] toont verschillende toekomstscenario's om de mogelijke autonome bodemdaling in Nederland in kaart te brengen. Veenoxidatie en veen/klei inklinking, door ontwatering, zijn in Nederland de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. Een vaak voorkomende oorzaak van ontwatering is een droge periode in de zomer.
Deze vorm van bodemdaling kan verminderd worden door het peil van het oppervlaktewater (en daarmee indirect de grondwaterstanden) hoog te houden (peilfixatie). Dit zorgt ervoor dat de bodem natter blijft, waardoor er minder veenafbraak zal plaatsvinden en daarmee minder autonome daling.
Het is onwaarschijnlijk dat peilfixatie overal in Nederland kan worden uitgevoerd, in veel omstandigheden zal het peil mee dalen met de bodemdaling waarbij de drooglegging constant wordt gehouden.
De aanname van peilfixatie is bedoeld om te laten zien op welke manier menselijk handelen, autonome bodemdaling kan beperken. In de meeste gevallen kan dit niet plaatsvinden zonder aanzienlijke aanpassingen in het landgebruik of de intensiteit daarvan. Het is daarom waarschijnlijker dat er ook in de toekomst (peil)maatwerk zal worden toegepast. Omdat nu nog niet duidelijk is welke maatregelen Nederland hiervoor gaat nemen, kan een scenario gebaseerd op peilmaatwerk nog niet worden doorgerekend.
Figuur 7-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2020-2100. De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil gefixeerd is en niet meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. Ook wordt een beperkte klimaatverandering zal optreden. Dit is dus een gunstig scenario dat de autonome daling kan onderschatten. Boven Wieringa is de autonome daling, volgens dit scenario, tussen de 0 en 10 cm, voor de periode 2020-2100.

[1] https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/



Figuur 7-2: Maaivelddaling (m) over een periode van 80 jaar bij handhaving van het huidige peil en bij een beperkte klimaatverandering. De waarden op deze kaart geven slechts een eerste orde schatting van de mogelijke autonome daling.

7.2 Meten en berekenen van bodemdaling door gaswinning

Meten van bodemdaling

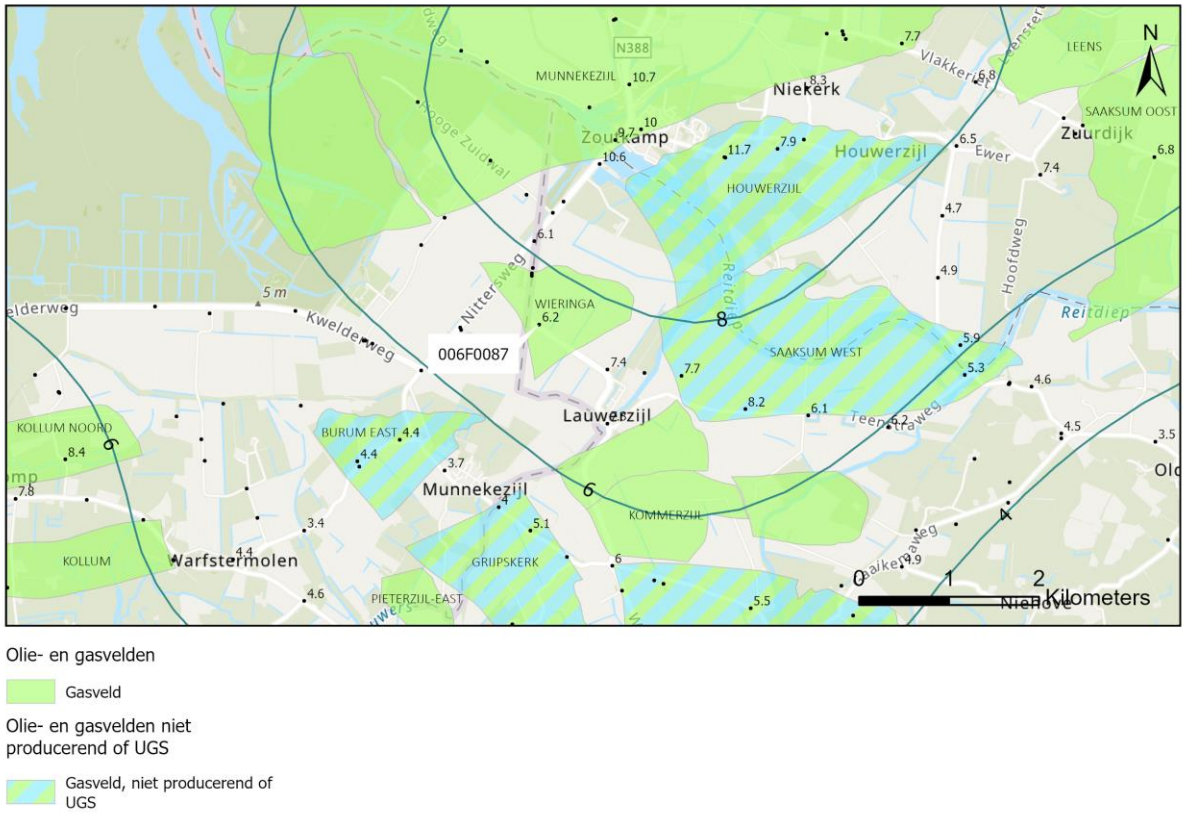
Voor alle delen in Nederland waar gas wordt gewonnen moet een *meetplan* worden opgesteld. Dit meetplan geeft inzicht in hoe de bodemdaling in een ruim gebied rondom het gasvoorkomen wordt gemeten. Dat gebeurt door waterpassing op een reeks punten in een meetnet, boven en rondom het voorkomen. Steeds vaker worden de traditionele waterpassingen vervangen door satellietmetingen (InSAR). Deze techniek zorgt voor frequentere metingen en een ruimere dekking van het gebied. Door een combinatie van berekeningsmethoden en meetpunten in gefundeerde huizen en andere infrastructuur, wordt de autonome bodemdaling zoveel mogelijk gescheiden van de bodemdaling door gaswinning. Voor het opstellen van een meetplan bestaan wettelijke regels waarbij tevens de zogenaamde 'Industrieleidraad – Geodetische basis voor Mijnbouw'[2] wordt gevolgd. De frequentie van de metingen, en de dichtheid en uitgebreidheid van het meetnet, worden gekozen in overleg met SodM. Het meetplan vereist de jaarlijkse goedkeuring van het ministerie van Klimaat en Groene Groei.

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

De bodemdaling wordt in dit gebied sinds de nulmeting in 1993 gemeten. De totale bodemdaling is het gevolg van productie van de gasvelden en de autonome daling. De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2023. De totale gemeten bodemdaling rond en boven het Wieringa voorkomen vanaf 1993 tot 2023 is minder dan 10 cm, inclusief autonome daling. De gemeten daling is getalsmatig in cm weergegeven naast de punten ("peilmerken") in Figuur 7-3. De reden dat er bij een aantal punten geen waarde staat is dat het punt in één van de jaren (1993 of 2023) niet gemeten is. Bij het kalibreren van het bodemdalingsmodel worden alle metingen, ook uit andere jaren, gebruikt.

Berekenen van bodemdaling

De bodemdaling door gaswinning wordt berekend met behulp van informatie van het gasveld, zoals dikte, drukdaling, grootte en de compressibiliteit of samendrukbaarheid van het gesteente (zie inleiding). De berekening van de onzekerheid is terug te vinden in Bijlage A.
Figuur 7-3 toont de gemodelleerde daling in de vorm van contourlijnen samen met de metingen die uitgevoerd zijn voor dezelfde periode.



Olie- en gasvelden

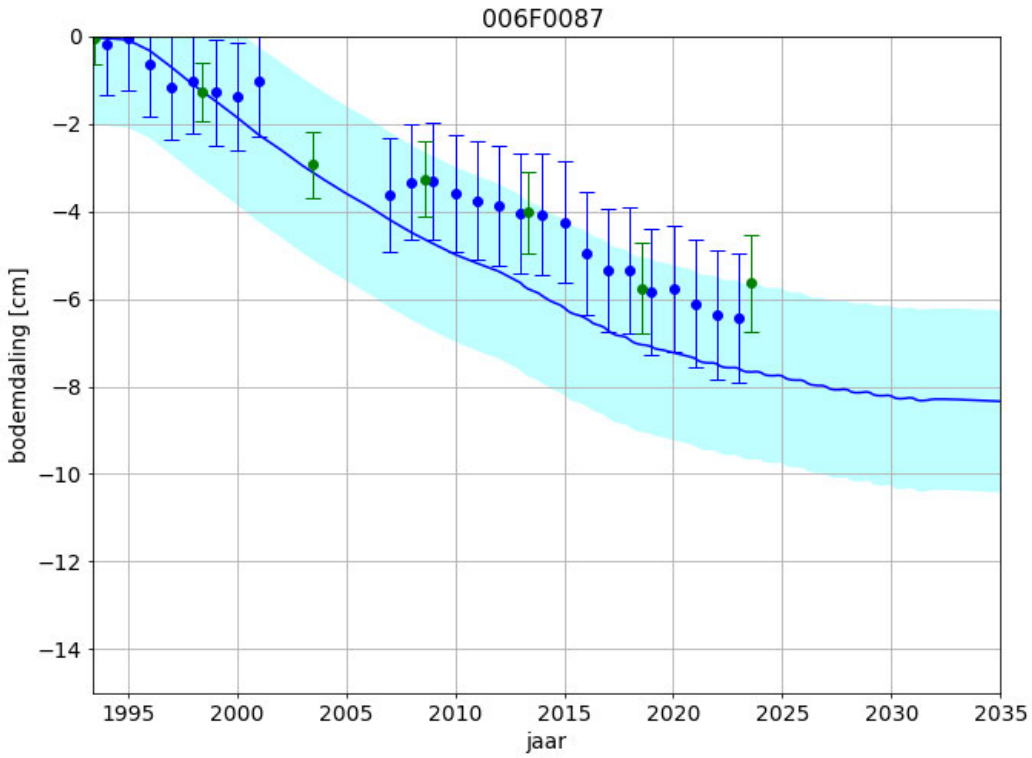
Gasveld

Olie- en gasvelden niet producerend of UGS

Gasveld, niet producerend of UGS

Figuur 7-3: Op peilmerken (punten) gemeten bodemdaling (in cm) in 2023 sinds 1993 vergeleken met gemodelleerde bodemdaling (contourlijnen) als gevolg van productie uit het Wieringa veld en naburige velden.

Om inzicht te verkrijgen over de kwaliteit van het model ten opzichte van de historische metingen zijn boven het gasveld Wieringa een aantal meetpunten geselecteerd waar meerdere keren in de tijd bodemdaling is gemeten (zie Figuur 7-4). Dit figuur laat ook de nog te verwachten totale bodemdaling zien door gasproductie voor deze punten. De oscillaties die in de bodemdalingsvoorspelling te zien zijn het gevolg van de bodembeweging door opslag en productie van gas uit de ondergrondse gasopslag van Grijpskerk.

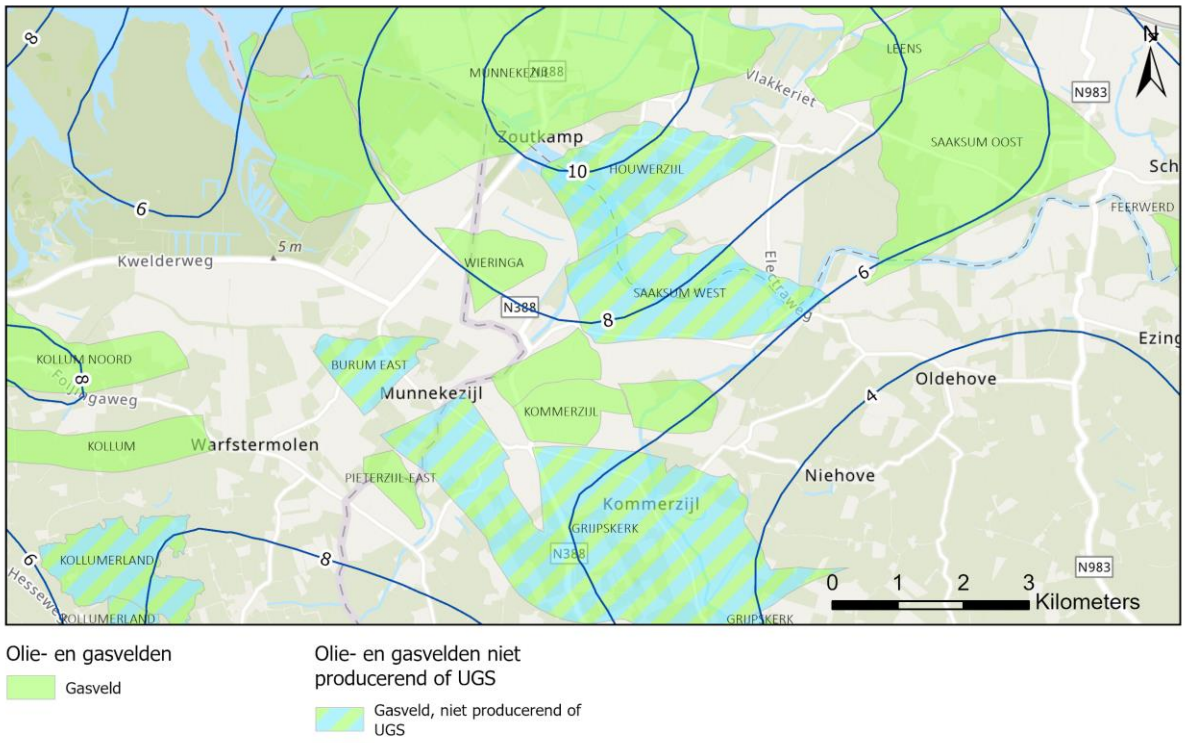


Figuur 7-4: Vergelijking van gemeten bodemdaling met behulp van waterpassing (groen) en InSAR (blauw) en berekende bodemdaling (blauwe lijn) voor het peilmerk 006F0087 boven het veld Wieringa (zie voor de ligging van het meetpunt Figuur 7-3). De meetonzekerheid in de metingen ligt in de orde van een cm per meetpunt (voor een specifiekere uitwerking van de nauwkeurigheid van geodetische metingen, zie het LTS-II vervolgstudie rapport[3]). De blauwe lijn toont de verwachte gemodelleerde bodemdaling op deze locatie. Het lichtblauwe gebied toont de onzekerheid van het model.

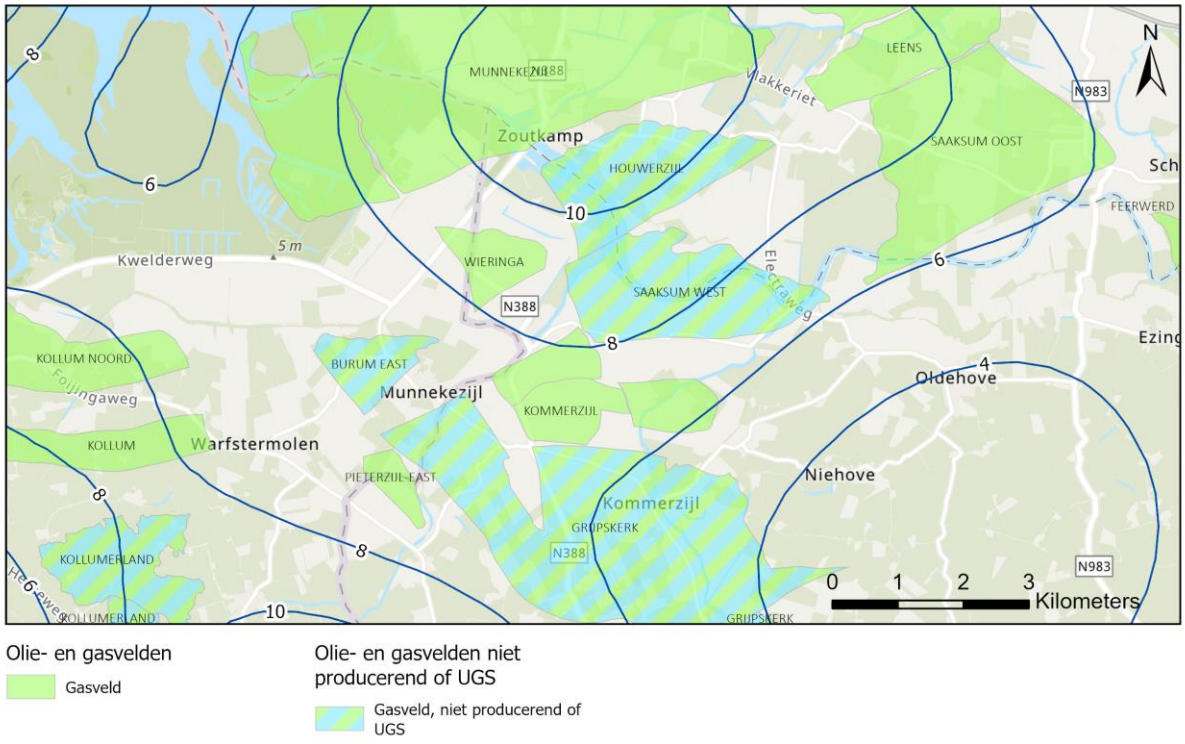
7.3 Bodemdalingsvooruitzichten

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 gasveld Wieringa opgesteld.
De toekomstige bodemdaling als gevolg van winning uit het gasveld Wieringa is minder dan 2 cm. Ook de totale bodemdaling, als gevolg van de gasproductie uit alleen het Wieringa gasveld, zal volgens verwachting onder de 2 cm blijven. Daarom zijn er geen contourkaarten getoond van de totale en de nog te verwachten bodemdaling van het gasveld Wieringa.
Figuur 7-5 geeft de bodemdaling weer na afloop van de gasproductie beschreven in dit winningsplan voor het jaar 2035. Figuur 7-6 toont de uiteindelijke totale verwachte cumulatieve bodemdaling door gaswinning vanaf de start van de gaswinningen in dit gebied voor het jaar 2080. Deze bodemaling is boven Wieringa maximaal 10 cm.
Voor Wieringa wordt aangenomen dat er geen drukdaling plaatsvindt in de aangrenzende laterale watervoerende laag of aquifer. Deze aanname past het beste bij de geobserveerde bodemdaling boven Wieringa.

[3] NAM (2017) Ensemble Based Subsidence application to the Ameland gas field – long term subsidence study part two (LTS-II) continued study, EP201710200509 (link)



Figuur 7-5: Totale bodemdaling door winning uit het gasveld Wieringa en naburige velden in 2035 na afloop van de gaswinning.



Figuur 7-6: Totale bodemdaling door winning uit het gasveld Wieringa en naburige velden in 2080, ruim na afloop van de gaswinning.

Onzekerheid in verwachte bodemdaling
De nog te verwachten bodemdaling door productie uit het gasveld Wieringa is minder dan 2 cm. Om de onzekerheid in de toekomstige bodemdaling te berekenen is de onzekerheid in drukdaling gecombineerd met de onzekerheid in de waarden voor de geomechanische parameters in het compactiemodel. Deze analyse wordt verder beschreven in Bijlage A.
De modelonzekerheid voor de totale cumulatieve bodemdaling boven het gasveld Wieringa wordt op minimaal 2 cm gesteld. Deze onzekerheid is ook zichtbaar gemaakt in Figuur 7-4.
De totale cumulatieve bodemdaling boven Wieringa zal inclusief onzekerheid maximaal 12 cm zijn.

7.4 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. Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is, wordt geen directe schade aan gebouwen/ bouwwerken en infrastructuur verwacht, omdat de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is. Hierbij wordt verwezen naar “Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen; een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987”. Meer recente rapporten die mogelijke oorzaken van schade beschrijven boven de Norg UGS en Groningen bevestigen dit beeld[4].
Mogelijke andere effecten door bodemdaling worden beschreven in hoofdstuk 9.

[4] Rapport diepe bodemdaling en stijging gepubliceerd (schadedoormijnbouw.nl)

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

Om de gevolgen van bodemdaling te beperken zijn maatregelen noodzakelijk die met name (maar niet uitsluitend) worden genomen in verband met waterbeheer. Het gasveld Wieringa ligt zowel in de provincie Groningen en Friesland.
Om een vergoedingsregeling te treffen voor de kosten, binnen het winningsgebied Groningen, die voortvloeien uit bodemdaling, werd op 31 augustus 1983 de overeenkomst Provincie Groningen - NAM "inzake de regeling vergoeding kosten bodemdaling aardgaswinning" aangegaan. Deze overeenkomst voorzag ook in de installatie op 9 maart 1984 van de gelijknamige Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning. De Commissie[5] heeft tot taak vast te stellen welke maatregelen aan te merken zijn als redelijkerwijs mogelijk of noodzakelijk om nadelige effecten van bodemdaling door aardgaswinning te voorkomen, te beperken of anderszins tegen te gaan. Ook beoordeelt de Commissie welke kosten de NAM op grond van de overeenkomst dient te vergoeden.
Om een vergoedingsregeling te treffen voor de kosten, binnen het winningsgebied Friesland, die voortvloeien uit bodemdaling, is sinds het jaar 2000 de onafhankelijke commissie van deskundigen, de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân (CBAF) actief[6]. Deze commissie, behandelt de aard van de schade en stelt de hoogte van de vergoeding vast. Dat gebeurt zowel voor de winning door de NAM (sinds 2000) en voor Vermilion en Tulip Oil (Donkerbroek) (sinds 2016). Dat is vastgelegd in overeenkomsten, die zijn gesloten tussen de bedrijven, de provincie Fryslân en het Wetterskip Fryslân.

Het gebied boven en rondom Wieringa kent een kunstmatig waterbeheer en de meeste effecten van bodemdaling door gaswinning kunnen dan ook opgevangen worden binnen dat beheer. Ter voorkoming of beperking van de effecten zijn de volgende maatregelen denkbaar: peilverlaging, dijk-, kade- en oeververhoging, inpoldering, verstuwing in de randgebieden en aanpassingen in het afwateringssysteem. Op dit moment zijn tal van bouwkundige en civiele maatregelen genomen waarvan de NAM de kosten heeft vergoed.

Indien er aanwijzingen zijn dat de bodemdaling een negatief effect heeft op de waterhuishouding zal dit door het Wetterskip Fryslân met de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân besproken worden of door het waterschap Noorderzijlvest en de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning.
De toekomstige bodemdaling zal volgens het meetplan Noord-Nederland worden gemonitord.

[5] https://commissiebodemdaling.nl/
[6] https://www.bodemdalingfryslan.nl/

8 BODEMTRILLING

De seismische risicoanalyse laat zien dat het Wieringa voorkomen in categorie I valt. Dit is de laagste risicocategorie. 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 ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. Wanneer deze beweging schoksgewijs plaatsvindt kan dit gevoeld worden als een aardbeving. De kans op een aardbeving in een gasveld hangt onder meer af van de hoeveelheid breuken, de drukdaling en de grootte en dikte van het reservoir.

8.2 Historische bevingen in het Wieringa gasveld

Boven het Wieringa voorkomen zijn tot nu toe geen bevingen geregistreerd.

8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd[7].
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≥1) door gaswinning;
- de theoretische 'maximale bevingsmagnitude' (Mmax) *als* er een beving zou plaatsvinden.

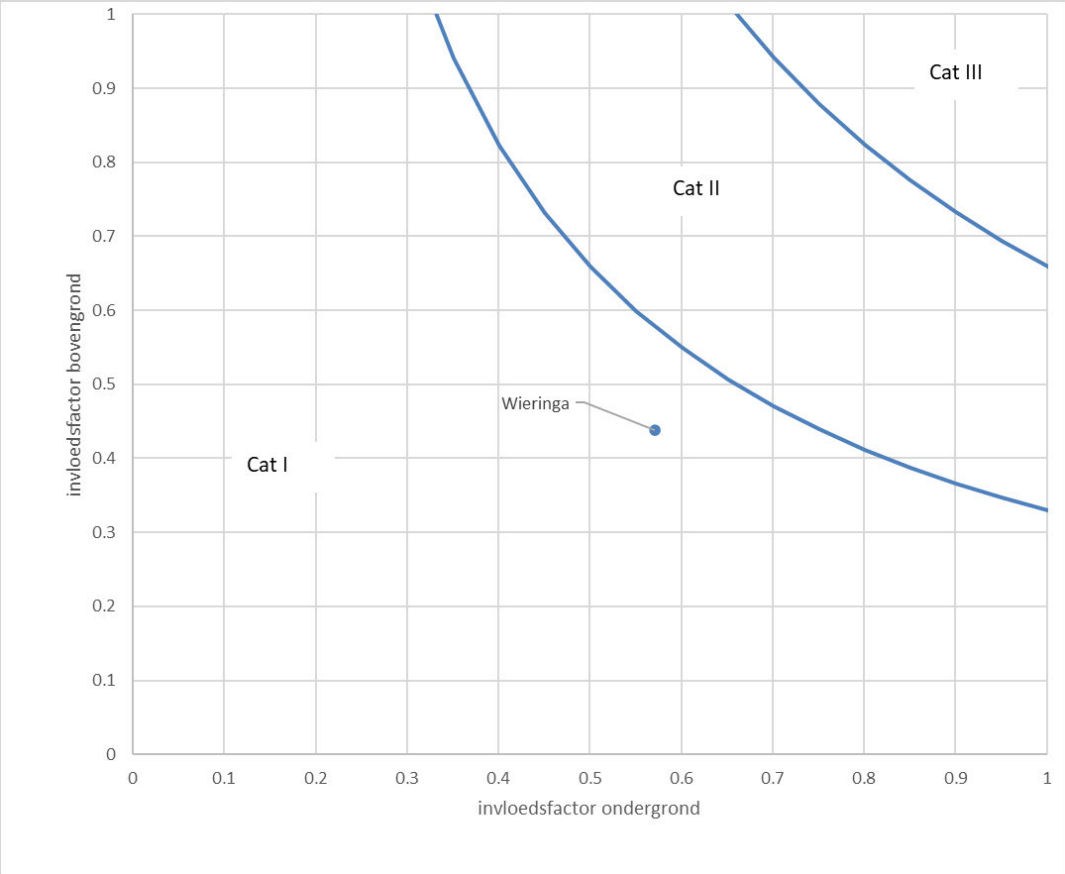
In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario. Meer details over de berekening van deze parameters staan in bijlage B.

Het Wieringa voorkomen valt in risicocategorie I. De positie van de velden in de risicomatrix wordt getoond in Figuur 8-1.Vergeleken met de wijziging instemmingsbesluit uit 2013 blijft Wieringa in dezelfde risicocategorie.

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS) is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. De DHAIS-uitkomst is één van de bepalende parameters in de SodM leidraad. In 2022 is deze studie geactualiseerd met de data tot en met 1 maart 2021[8]. 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 uitgebracht[9] welke gevolgd is in dit winningsplan.

[7] Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016
[8] TNO-rapport 2021 R10977, Roholl et al. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS), actualisatie 2021 (link)
[9] Advies TNO DHAIS update 2021 en invloed op de leidraad SRA (link)

In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario. Figuur 8-1 toont de positie van het gasveld Wieringa in de risicomatrix. Dit laat zien dat het gasveld Wieringa behoort tot de laagste risicocategorie; categorie 1. Meer details over de berekening van deze parameters staan in bijlage B.



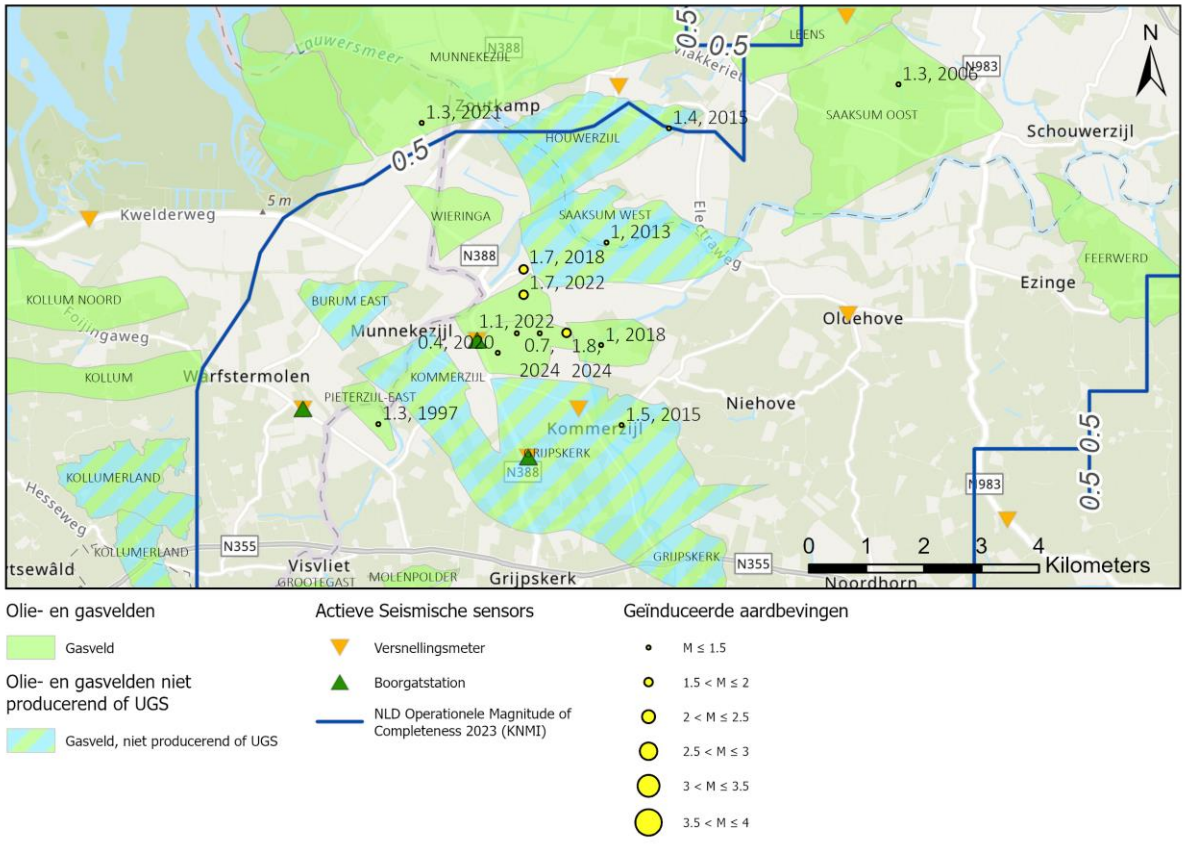
Figuur 8-1: Positie van het gasveld Wieringa in de risicomatrix. Wieringa valt volgens de risicomatrix in risicocategorie I.

8.4 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het gasveld Wieringa

De praktijkervaring met olie- en gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren 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 kwetsbaarheid van de bebouwing als de intensiteit van de beving een belangrijke rol.
Al in 1998 heeft KNMI beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macroseismische Schaal. Deze analyse toonde (kwalitatief) aan dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (bedoeld wordt scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele gebouwen. De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving en de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid.

8.5 Monitoring van bodemtrillingen

Seismische monitoringstations (versnellingsmeters en boorgatstations) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan met een online-verbinding in contact met het KNMI. Een boorgatstation bestaat uit een aantal geofoons die op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* worden aangebracht. Geregistreerde aardbevingen worden automatisch vermeld op de website van KNMI. Na interpretatie van de gegevens door de specialisten van het KNMI kan een kleine aanpassing van de sterkte en/of locatie plaatsvinden. De locatiedrempel is een maat voor de gevoeligheid van het netwerk. Deze drempel geeft de laagste aardbevingsmagnitude waarbij de locatie van de beving nog bepaald kan worden, de beving is dan door ten minste 3 monitoringstations waargenomen. Boven het gasveld Wieringa ligt de locatiedrempel rond magnitude 0,5 (Figuur 8-2). Tevens zijn er in de nabijheid van het veld een aantal versnellingsmeters geplaatst. Hiermee voldoet Wieringa (risicocategorie I) aan de strengere monitoringseisen die gesteld worden voor een risicocategorie II veld.



Figuur 8-2: Overzicht van de locatiedrempel boven Wieringa (status 2023)[10]. De driehoeken geven de locaties aan van de boorgatstations en de sterren van de versnellingsmeters

8.6 Afhandeling van schade

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

[10] https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/seismische-meetstations

Mijnbouwschade is benoemd door de minister van Klimaat en Groene Groei, en werkt volgens het instellingsbesluit en het schadeprotocol. Hierin staat dat de commissieleden volledig onafhankelijk zijn en beoordelen op basis van hun deskundigheid.

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

8.7 Seismisch risicobeheersplan

Het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden is te vinden op de NAM-website[11] en is van toepassing op het gasveld Wieringa. Hierin wordt uitgelegd welke acties er worden genomen indien bevingen worden geobserveerd, waarbij gebruik wordt gemaakt van een "verkeerslichtsysteem". De meest concrete actie die genoemd wordt is dat het veld wordt ingesloten op het moment er een beving plaatsvindt met een magnitude die groter is dan M=3. In dit beheersplan is ook meer informatie te vinden over de mogelijke schade door aardbevingen.

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

9 OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN

9.1 Algemeen

Sinds 1 januari 2024 door de invoering van de Omgevingswet valt de bescherming van de natuur in Nederland onder deze wet. Hierin wordt gesteld dat beschermde en aangewezen natuurwaarden niet nadelig mogen worden beïnvloed.
In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuurgebieden in de omgeving van het Wieringa voorkomen. Verder wordt de reikwijdte van de beoordeling van effecten op (beschermde) natuurwaarden voor de beschreven mijnbouwactiviteiten nader toegelicht.

Beschermde natuurgebieden
Het dichtst bijgelegen Natura-2000 gebied bij het Wieringa voorkomen is het Lauwersmeer. Het Lauwersmeer is een belangrijk broedgebied voor broedvogels bestaande uit rietmoerassen en rietruigtes. Dit gebied ligt op ongeveer 700 meter afstand van het Wieringa voorkomen (zie Figuur 9-1).

Reikwijdte van de effectbeoordeling
In deze effectbeoordeling wordt gekeken naar mogelijke negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van bodemdaling vanwege gasproductie uit het Wieringa voorkomen.

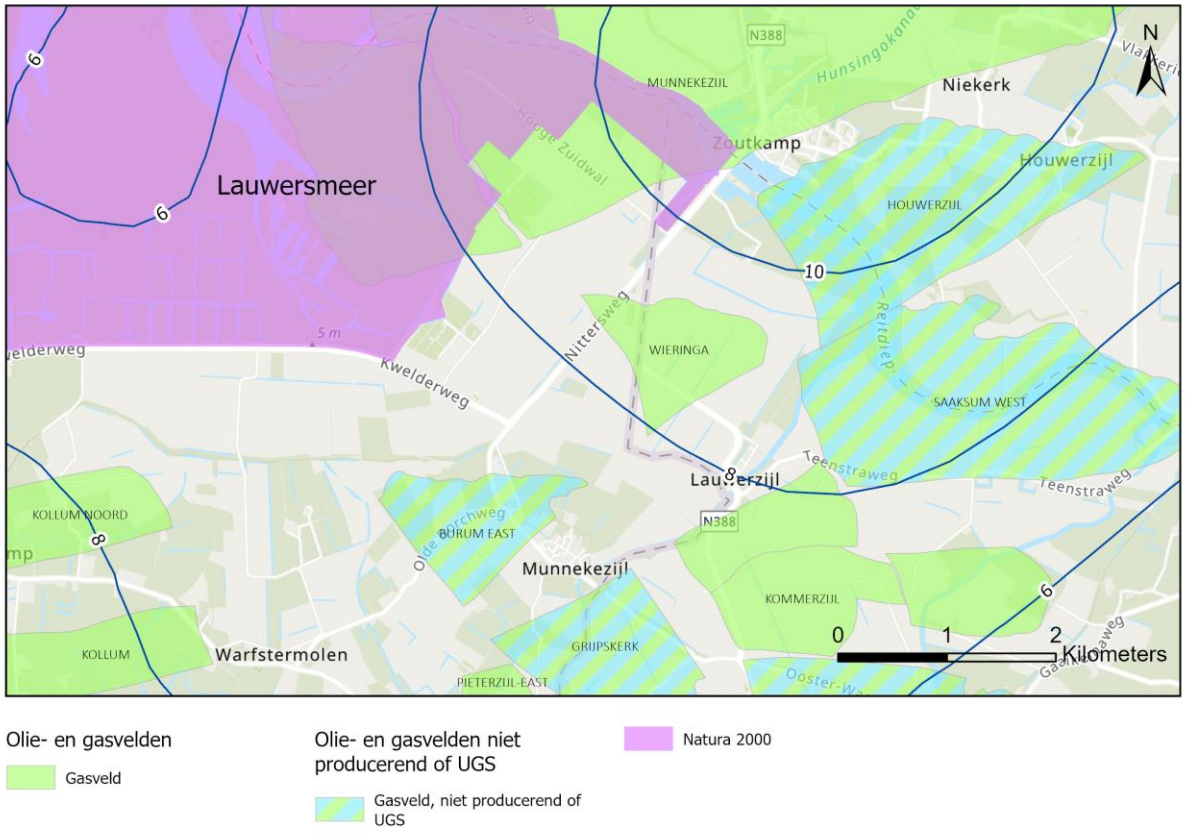
Het Wieringa voorkomen valt op basis van de uitgevoerde Seismische Risico Analyse in de laagste risicocategorie, namelijk risicocategorie I (zie hoofdstuk 8). De kans op meetbare nadelige effecten van bodemtrilling op de Natura 2000-gebieden worden, gezien de aard van de trillingen, als verwaarloosbaar geacht en valt buiten de reikwijdte van de effectbeoordeling.

Effecten op natuur en milieu vanwege bodemdaling
Als gevolg van de gaswinning zal bodemdaling optreden. De voorspelde toekomstige bodemdaling zoals die zal optreden door de gaswinning uit het Wieringa voorkomen bedraagt minder dan 2 cm (zie hoofdstuk 7).

Naast de bodemdaling door de gaswinning uit het Wieringa voorkomen, wordt er ook bodemdaling veroorzaakt door de winning van gas uit de omliggende voorkomens. De totale verwachte cumulatieve bodemdaling door gaswinning uit alle velden rond en inclusief het Wieringa voorkomen in 2080 is maximaal 10 cm boven het Wieringa voorkomen (Figuur 9-1). Deze bodemdaling wordt voornamelijk veroorzaakt door de naburige gasvelden. De bijdrage van de bodemdaling veroorzaakt door gaswinning uit het Wieringa voorkomen bedraagt is minder dan 2 cm.
Deze zeer geringe bijdrage aan de cumulatieve bodemdaling leidt zodoende in geen geval tot significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden van het Lauwersmeer Natura 2000 gebied. De cumulatieve bodemdaling door alle winningen van de NAM ligt rond de 6 cm. Tot nu toe zijn er geen aanwijzingen dat de opgetreden bodemdaling in een negatief effect heeft geresulteerd op de waterhuishouding in het Lauwersmeergebied. De waterhuishouding en het peilbeheer in het Lauwersmeer worden bepaald door de meteorologische omstandigheden. Mochten er aanwijzingen komen dat bodemdaling een factor is in de waterhuishouding, dan zal dit met het Wetterskip Fryslân en met de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân besproken worden of met het waterschap Noorderzijlvest en de Commissie Bodemdaling (Groningen) door Aardgaswinning.

Bodem- / grondwaterverontreiniging

NAM bouwt, onderhoudt en beheert installaties zo dat het risico op bodem-/grondwaterverontreiniging verwaarloosbaar klein is. De vigerende wetgeving en verleende vergunning bevatten regels hieromtrent die door NAM worden nageleefd. Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) ziet bovendien toe op naleving. Indien toch door een incident bodem-/grondwaterverontreiniging ontstaat, zal NAM deze verontreiniging saneren. SodM is hiervoor het 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.



Figuur 9-1: Totale verwachte cumulatieve bodemdaling (in cm) in 2080 ten gevolge van gaswinning uit alle velden inclusief de bodemdaling door Wieringa.

10 VERKLARENDE WOORDENLIJST

Aquifer	Ondergronds, watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
Cm	Uni-axiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente wanneer door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
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
KGG	Ministerie van Klimaat en Groene Groei
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 ^{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

Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose
Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor het Wieringa voorkomen is de onzekerheid in de Cm (compressibiliteit) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (DP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. Het compactiemodel dat in dit winningsplan wordt gebruikt is het *Rate Type Compaction Model* (RTCiM), waarbij de i staat voor isotachen, van TNO[12]. Dit model is geïntroduceerd in de long term subsidence studie voor het Ameland veld, welke is goedgekeurd door SodM. Tevens wordt dit model ook door NAM toegepast in het Statusrapport 2020[13] voor alle gasvelden in Noord-Nederland.
Boven het Ameland veld, maar ook boven andere velden wordt waargenomen dat de bodemdaling langzaam begint maar ook na-ijlt wanneer de productie stopt. Dit tijdseffect kan goed met het RTCiM model beschreven worden. Hieronder wordt meer uitleg wordt gegeven over de drie belangrijkste parameters van dit model. In het begin van de winning, wanneer de compactie achterblijft bij de drukdaling en de bodemdaling langzaam verloopt, wordt de compactie beschreven door de lage C_m factor (C_{md}). Na verloop van tijd, waarbij die tijd bepaald wordt door de b parameter verloopt de daling sneller en volgt de hogere C_m factor (C_{mref}). Deze overgang gaat echter geleidelijk. Na het einde van de productie kan de bodemdaling nog jaren doorgaan, wederom afhankelijk van diezelfde b factor.

De waarden die gebruikt zijn in de bepaling van de toekomstige bodemdaling en de onder- en bovengrens van deze daling worden in Tabel 11-1, Tabel 11-2 en Tabel 11-3 weergegeven. De bijbehorende drukprofielen zijn getoond in Bijlage D.

De op deze manier berekende bodemdalingsonzekerheid is getabuleerd in onderstaande tabel. De onzekerheid in de compressibiliteit is met het RTCiM model berekend door Cmref en Cmd met 25% te verhogen. De B factor is in deze berekening niet veranderd omdat de B factor alleen het tijdseffect veranderd.
Hieruit volgt dat de bovengrens voor de toekomstige bodemdaling door de gasproductie uit het Wieringa veld kleiner is dan 2 cm.

[12] Pruiksma, J.P. & Breunese, J.N. & Thienen-Visser, Karin & De Waal, Hans. (2015). Isotach formulation of the rate type compaction model for sandstone. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 78. 127-132. 10.1016/j.ijrmms.2015.06.002.
[13] NAM (2020) Bodemdaling door Aardgaswinning, NAM-gasvelden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe. EP202011201629. https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/bodemdaling/nl/aa0e05c7-704a-4f9f-a02c-ea7ece904905

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]	Cmref (10^{-5} bar^{-1})	Cmd (10^{-5} bar^{-1})	B [-]	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)
Wieringa	15	34	72	0,86	0,31	0,018	25%	<2	<2	<2

Tabel 11-2: Overzicht van input parameters gebruikt voor bodemdalingsprognose.

Voorkomen	Diepte veld [m]	Gemiddelde depleterende dikte [m]	Initiële druk [bar]	Huidige druk [bar]	Eind druk mid case productie scenario [bar]	Rigid basement [m]	Poissons ratio [-]
Wieringa	3537	112	423	150	116	5000	0,2

Tabel 11-3: Algemene RTCiM parameters

Parameter	Waarde
Reference Stress Rate	3,16 10^{-4} bar/jaar
Dichtheid gesteente bovenliggende lagen	2200 kg/m^3
Effectieve Reference Stress op 3537 m	340 bar

De effectieve reference stress wordt berekend met de volgende formule:

Effectieve Reference Stress= (Dichtheid*9,81*Diepte veld [m])/100000 – Initiële druk [bar]

12 BIJLAGE B: SEISMISCH RISICO: DETAILS EN ACHTERGRONDEN

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

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd[14]. 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≥1) door gaswinning;
- de theoretische 'maximale bevingsmagnitude' (Mmax) *als* er een beving zou plaatsvinden.

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

Theoretisch kader seismische risicoanalyse volgens de leidraad

1. Stap 1:

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

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

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

2. Stap 2:

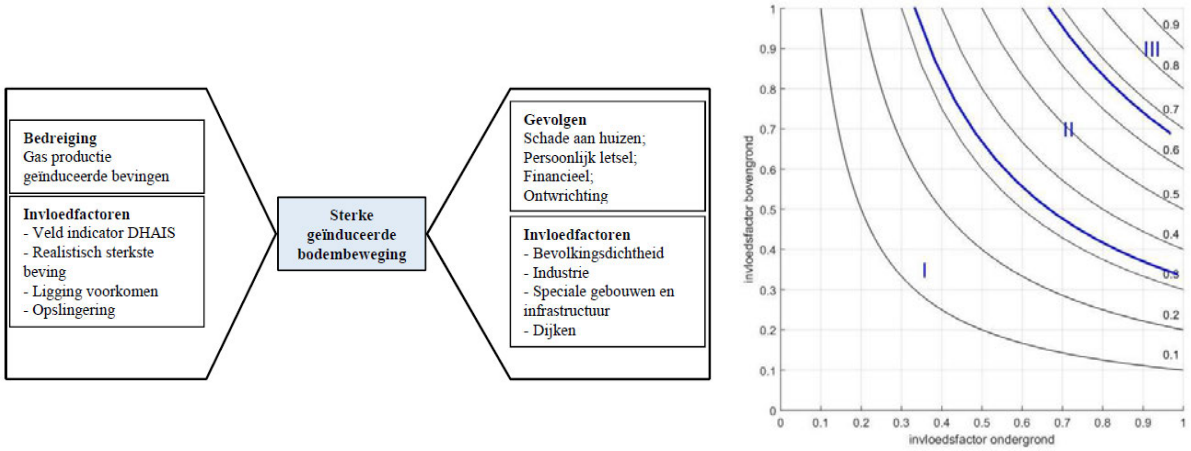
In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die:

- seismisch actief zijn geweest;
- óf een niet-verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor Mmax ≥ 2,5 is.

3. Stap 3:
   In deze stap worden alleen de voorkomens die in Categorie III vallen verder bestudeerd. Voor deze voorkomens dient een Kwantitatieve Risico Analyse uitgevoerd te worden. Van alle in Nederland bekende voorkomens valt alleen het Groningen-gasveld in deze categorie.

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

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



Figuur 12-1: Links: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen (SodM, 2016). Rechts: De risicomatrix. De zwarte lijnen zijn lijnen van gelijk genormaliseerd risico. De verdeling in categorieën is gedaan op basis van 1/3 en 2/3 van het genormaliseerde risico. (SodM, 2016).

In de risicomatrix-analyse worden de verschillende factoren zoveel mogelijk kwantitatief geanalyseerd en op basis van de uitkomst wordt per factor een score bepaald. De scores van de individuele factoren worden vervolgens opgeteld, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt verkregen. Deze scores worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor ondergrond c.q. bovengrond en in de risicomatrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie wordt bepaald (Figuur 12-1, rechts).

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

- *Veld indicator (DHAIS)*
  Deze methode beschrijft hoe de kans op het mogelijk optreden van een beving in een voorkomen kan worden berekend aan de hand van ondergrondse kenmerken. Deze kans moet gezien worden als een indicatie van de kans op *een* beving[15] gedurende de productietijd van het veld en die bepaald is op basis van alle observaties van bevingen boven alle gasvelden in Nederland.

- *Realistisch sterkste beving (Mmax)*
  Voor een theoretische inschatting van de sterkste beving zijn twee verschillende benaderingen genomen:
  1. een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving;
  2. een maat voor de mogelijke bevingsmagnitude als de langste breuk in het producerende veld in zijn geheel in één keer in beweging zou komen.

Methode [1] resulteert doorgaans in lagere waardes voor Mmax dan methode [2]. Dit kan erop wijzen dat de totale hoeveelheid beschikbare energie die tot een aardbeving kan leiden waarschijnlijk niet voldoende is om de grootste breuken in een veld in één keer in beweging te brengen.

- *Ligging van het voorkomen.*
  In de SRA-methodiek (SodM, 2016) wordt er een onderscheid gemaakt tussen velden ten noorden van de lijn Amsterdam - Arnhem en velden ten zuiden van deze lijn. Dit onderscheid is gemaakt op basis van observaties. Er is nog nooit een aardbeving door gaswinning waargenomen ten zuiden van de lijn Amsterdam - Arnhem.

[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.

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

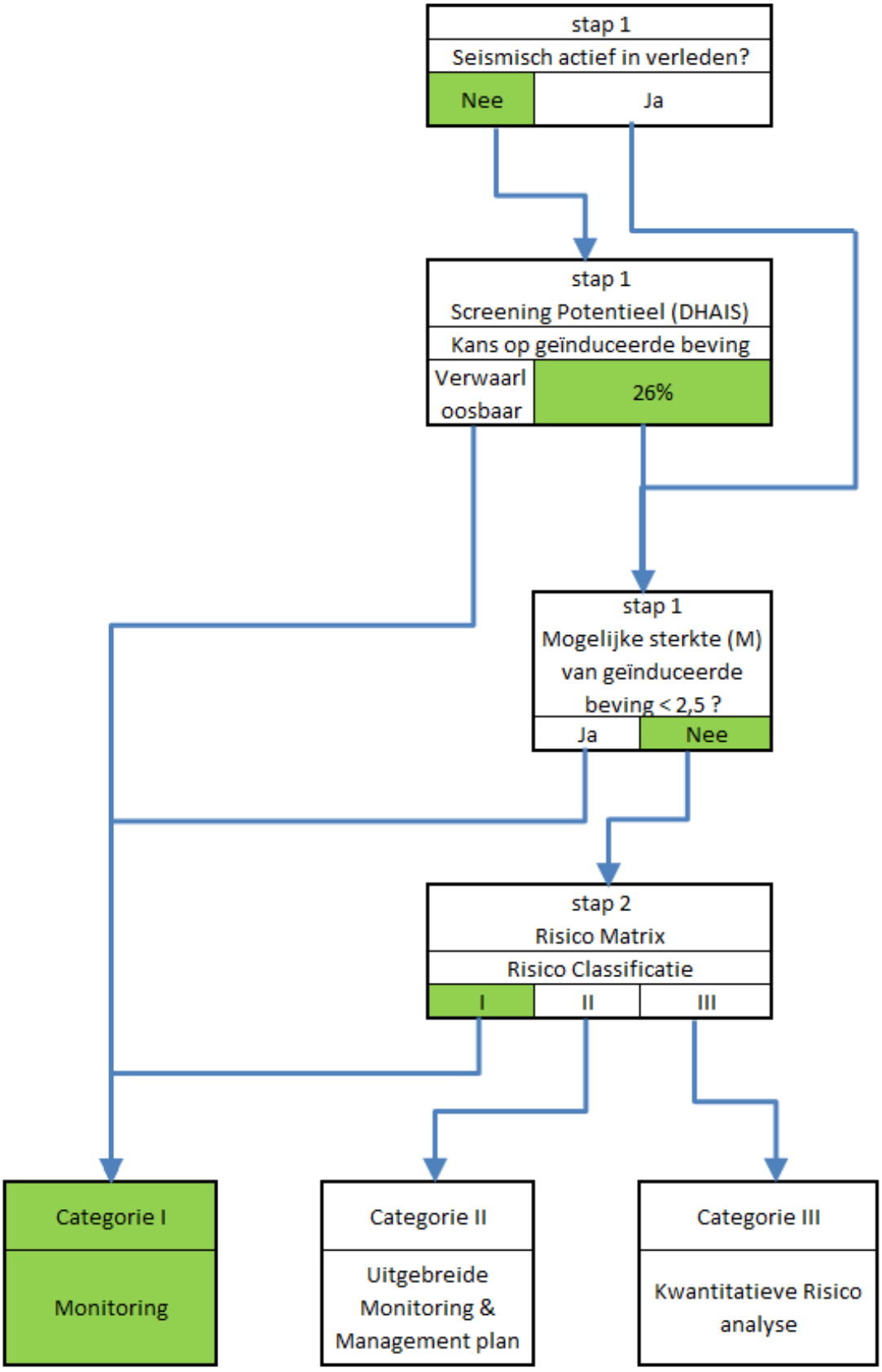
Het mogelijke gevolg van een beving volgt uit een analyse en score van de invloedfactoren bovengrond: bevolkingsdichtheid, industrie, speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken.
- voor de bepaling van de bevolkingsdichtheid wordt de CBS Statline data gebruikt; hierbij krijgt de categorie flats/appartementencomplexen extra aandacht in de uiteindelijke score;
- industriële inrichtingen, speciale gebouwen en vitale infrastructuur en dijken worden in kaart gebracht m.b.v. de risicokaart. (http://www.risicokaart.nl)

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

12.1 Seismische Risico Analyse voor het Wieringa voorkomen

In stap 1 van de risicoanalyse wordt gekeken of het veld al gebeefd heeft of wat de kans op een mogelijke beving is gedurende de levensduur van het veld. Daarnaast wordt een inschatting gemaakt van de maximale magnitude. In Figuur 12-2 staat voor de Wieringa de uitkomst in groen voor de verschillende stappen. Details van de berekening worden verder besproken in deze bijlage.

Voor Wieringa 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 Wieringa om de risicocategorie te bepalen.

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

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen
In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)[16] 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 2021[17]. 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 uitgebracht[18] 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/Pini: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (Pini) 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.

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

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	
$DP/P_{ini} \geq 20\%$	B ≥ 0,84 en E ≥1,07: Kans op beven
	B < 0,84 en/of E <1,07: Verwaarloosbare kans
$DP/P_{ini} < 20\%$	Verwaarloosbare kans

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

[16] TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit.
[17] TNO-rapport 2021 R10977, Roholl et al. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS), actualisatie 2021
[18] Advies TNO DHAIS update 2021 en invloed op de leidraad SRA (link)

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

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m)[19]	Initiële druk (bar)	Totale drukdaling volgens productie-scenario hoog (bar)	Totale breuk-lengte (km)	Reservoir oppervlakte (km²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aard-bevingen per jaar	DHAIS E[20]	DHAIS B	DHAIS kans
Wieringa	110	423	345	2,7	1,1	geen	geen	1,23	1,31	26%

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

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 "partitie coëfficiënt" die gegeven zijn in de leidraad (respectievelijk 5 MPa en 0,01). De veld-specifieke waarden die benodigd zijn voor de berekeningen en de uitkomsten voor de Mmax staan vermeld in Tabel 12-2.

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

Voorkomen	Langste breuklengte (km)[21]	Poisson's ratio[22]	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Wieringa	1,5	0,2	110	2,6	3,3

Stap 2: Risico matrix

Voor het Wieringa voorkomen is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken ("Stap 2" van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risicomatrix. In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen.

- Figuur 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 opslingering te bepalen.

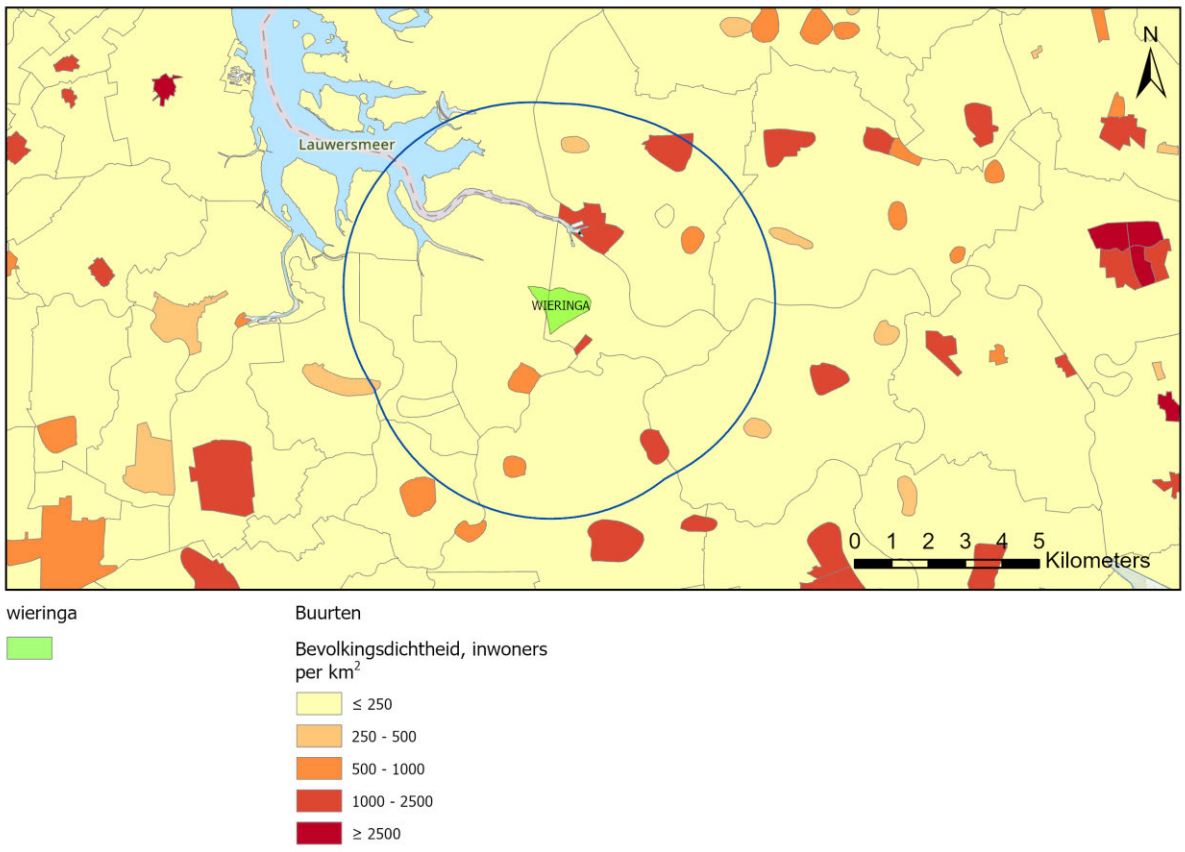
[19] Voor de DHAIS-berekening wordt zowel de hoogte van de gaskolom als de totale reservoirdikte beschouwd. Het minimum van deze twee wordt gekozen voor de berekening van de "B" waarde zoals voorgeschreven door de DHAIS-methodiek.

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

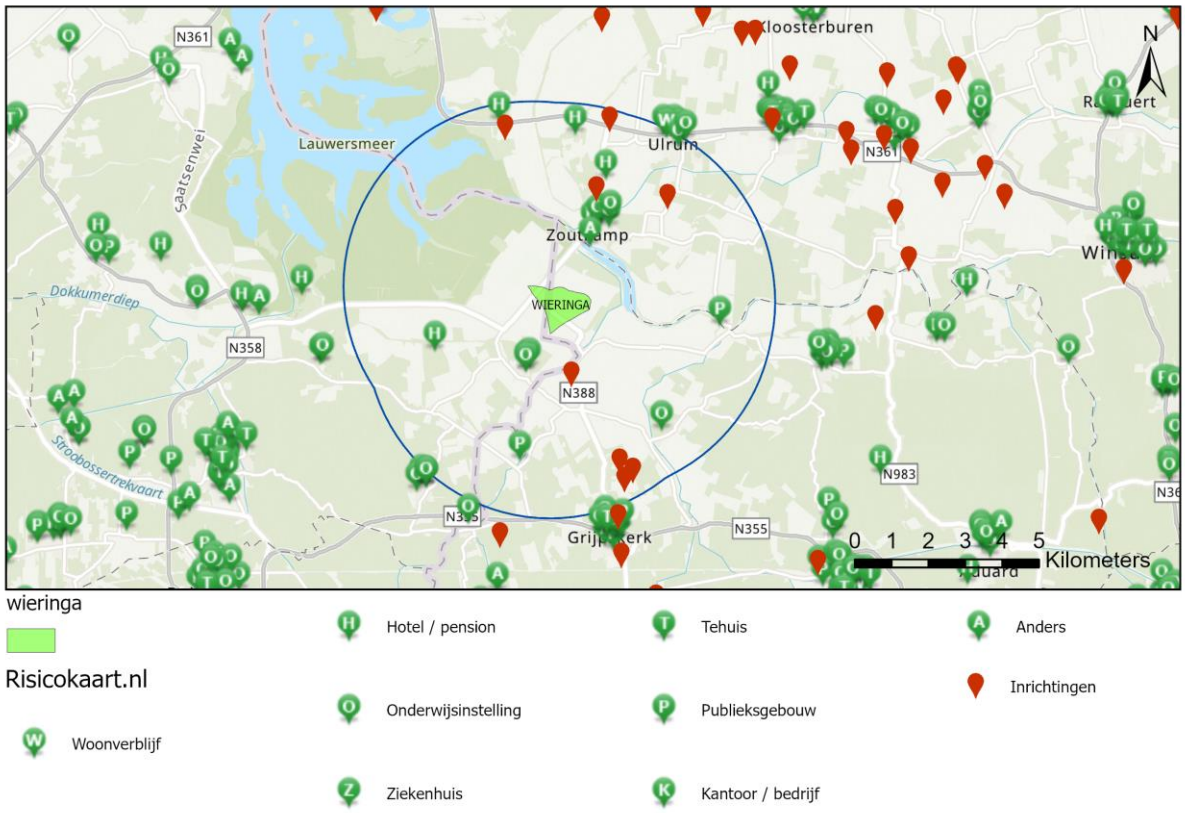
[21] Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in bijlage C met blauwe pijl

[22] Poisson's ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplug metingen

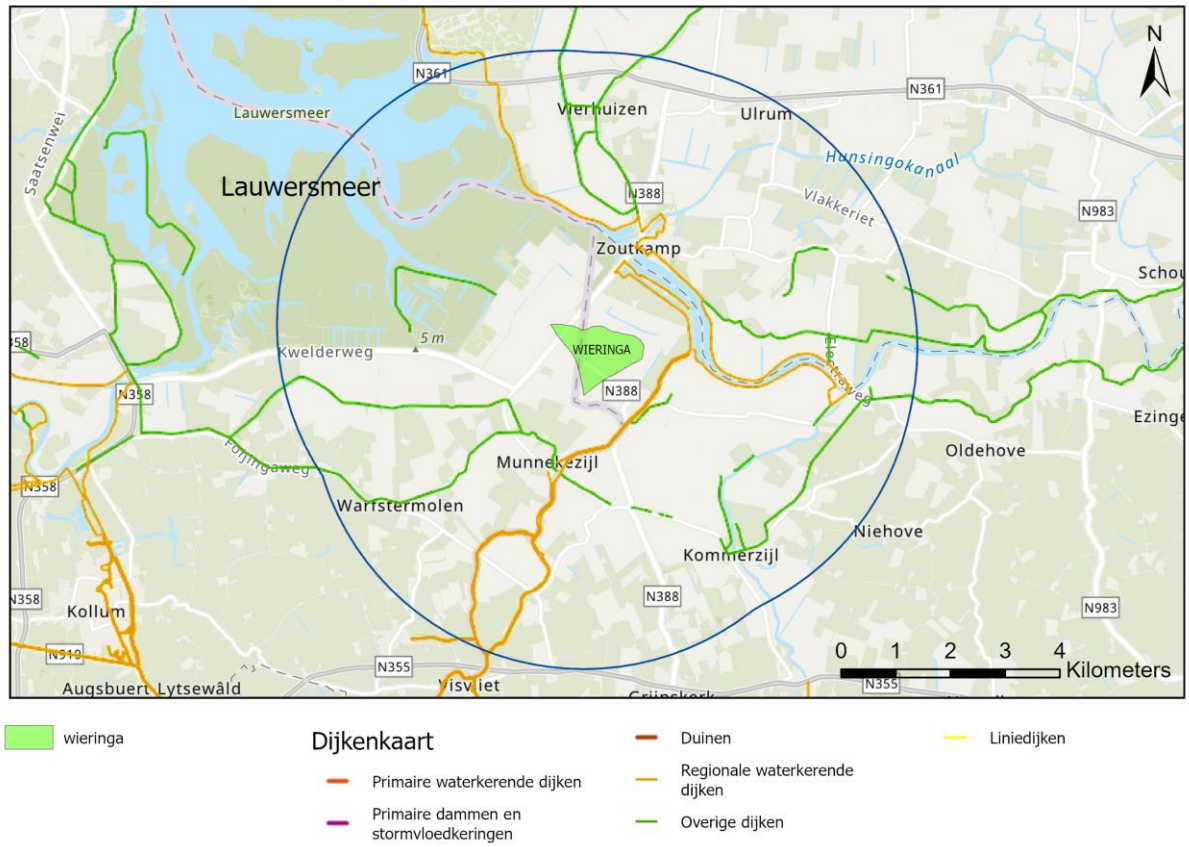
Voor de bevolkingsdichtheid is gekeken naar de gemiddelde dichtheid per buurt en per gemeente. De leidraad biedt de mogelijkheid om op beide manieren de gemiddelde dichtheid te bepalen binnen de bufferzone rondom het veld. Vanwege het verschil in oppervlakte tussen de wijken en de gemeentes zal het berekende gemiddelde binnen de buffer verschillend zijn. Bij de bepaling voor de score voor de bevolkingsdichtheid wordt uitgegaan van de maximumwaarde van de twee berekeningen. Beide berekeningen laten een waarde zien die kleiner is dan 250 per km^2.



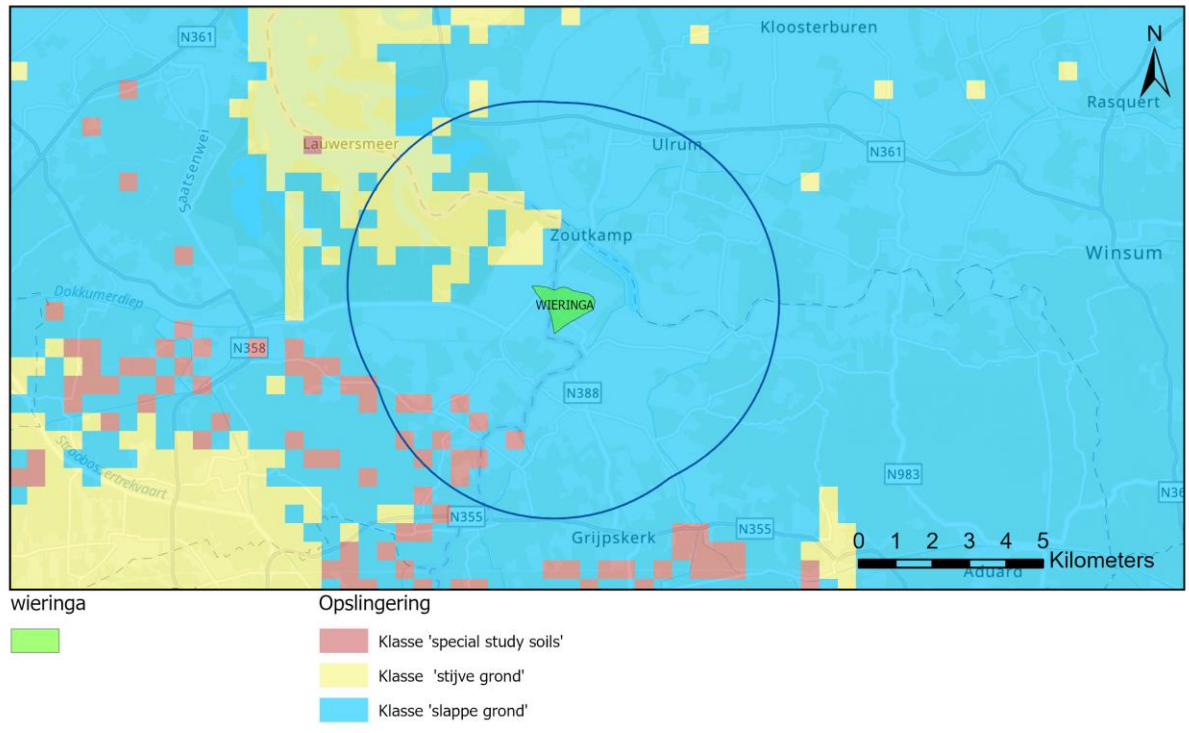
Figuur 12-3: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het voorkomen Wieringa. De blauwe contour geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-4: Overzicht van de industriële inrichtingen, ziekenhuizen, onderwijsinstellingen, tehuizen en publieksgebouwen boven het Wieringa voorkomen. De blauwe contour geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor deze SRA factor.



Figuur 12-5: Overzicht van dijken, waarbij de oranje lijnen de secundaire dijken aangeven. De blauwe contour geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor de bepaling van deze SRA-invloedfactor



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

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

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

A

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

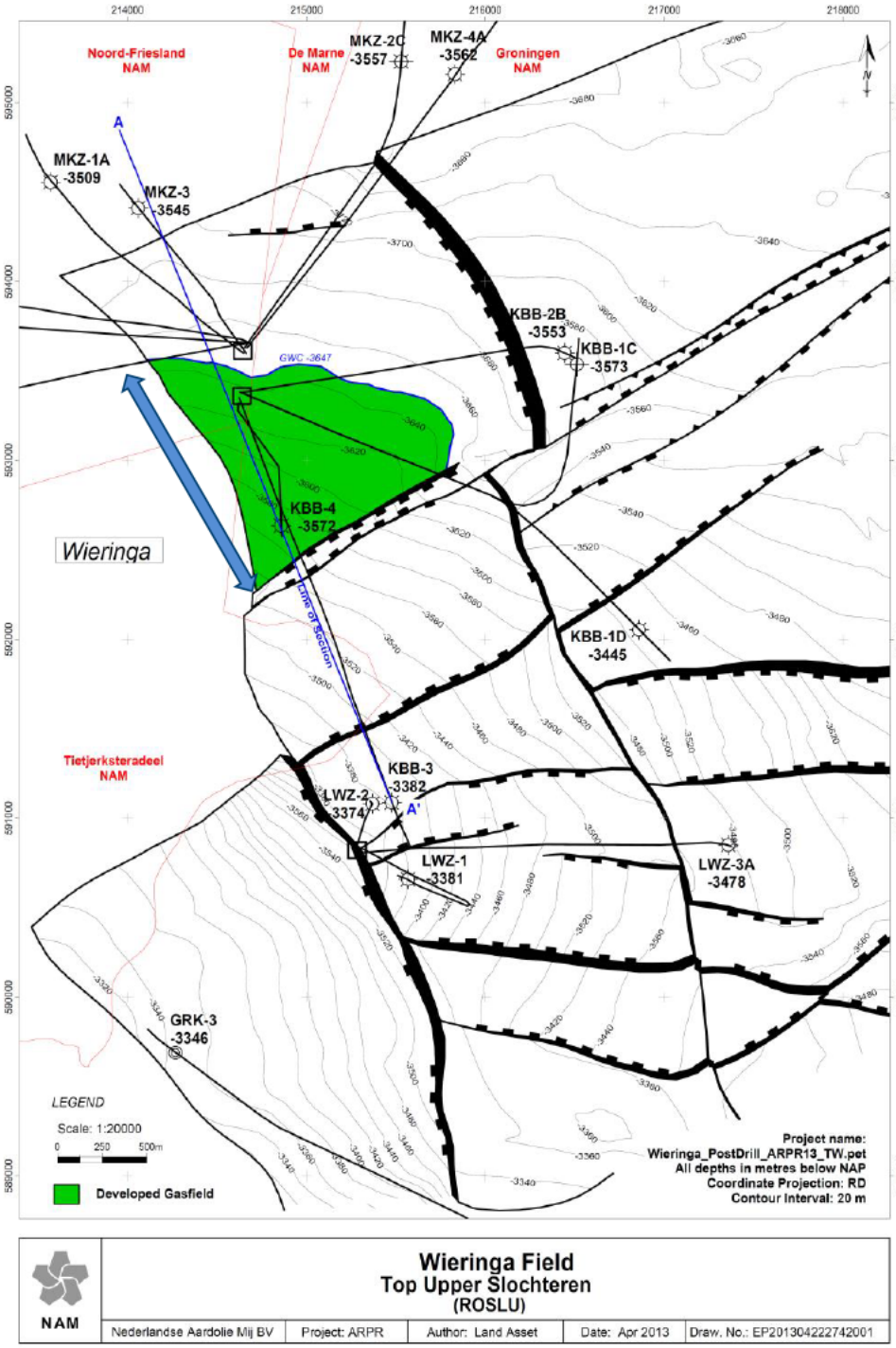
B

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

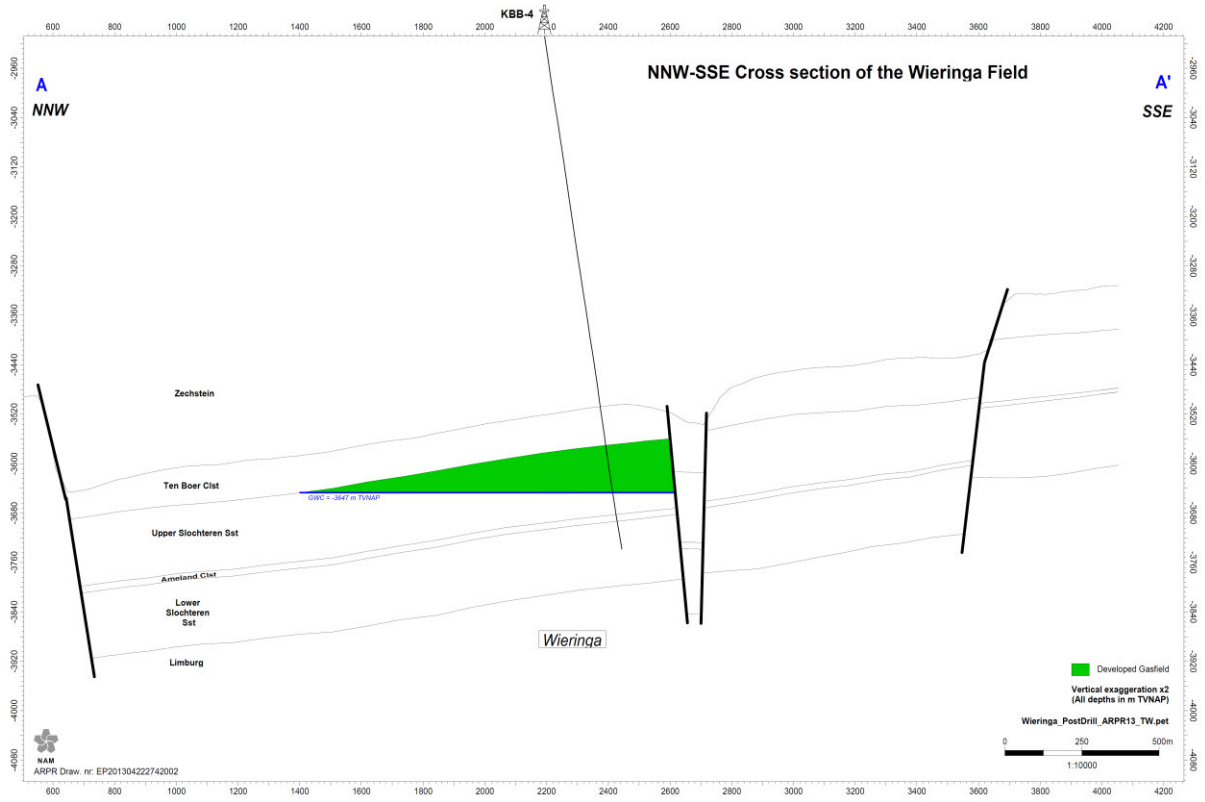
C

	Score invloedfactoren ondergrond					Score invloedfactoren bovengrond					
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
Wieringa	2	1	2	3	0,57	0	3	2	2	0,44	I

13 BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN HET VOORKOMEN



Figuur 13-1: Kaart van de top van het Wieringa gasveld, inclusief de breuken. De blauwe pijl geeft de langste breuk aan.



Figuur 13-2: Reservoirdoorsnede van het Wieringa gasveld.

14 BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR

	Druk scenario (bar)		
jaar	L	M	H
2011		423	
2012		416	
2013		341	
2014		286	
2015		251	
2016		233	
2017		216	
2018		203	
2019		191	
2020		183	
2021		174	
2022		166	
2023		158	
2024		150	
2025	143	143	138
2026	135	135	128
2027	135	128	118
2028	135	121	108
2029	135	116	101
2030	135	116	93
2031	135	116	86
2032	135	116	78
2033	135	116	78