

Aanvraag Instemming Winningsplan

Oostrum

5 september 2018

Blanco pagina

1 Samenvatting



Achtergrond winningsplannen – algemeen

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

De winning kan alleen plaatsvinden indien de Minister van Economische Zaken (EZ) instemt met het winningsplan. Het uitgangspunt hierbij is de Mijnbouwwet, waaraan voldaan moet worden. De procedure van een winningsplan duurt circa 10 maanden en bevat de volgende stappen:

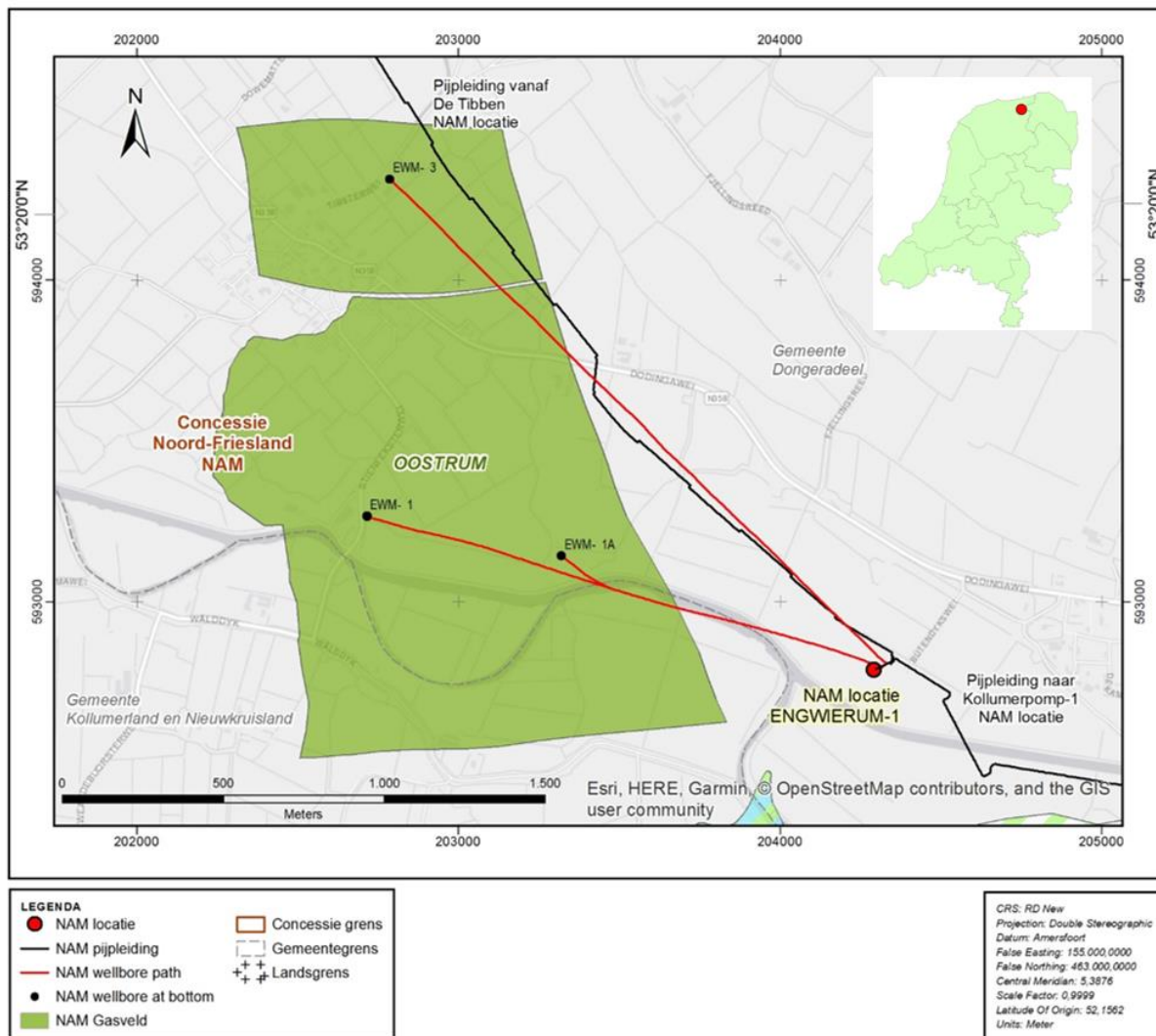
- NAM dient een winningsplan in bij de Minister van EZ en vraagt om instemming.
- De Minister van EZ vraagt advies aan verschillende partijen die bij de winning betrokken zijn, zoals: provincies, gemeenten, waterschappen, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), Technische commissie bodembeweging (Tcbb), TNO en de Mijnraad.
- Deze adviezen worden meegenomen in het ontwerp instemmingsbesluit van de Minister van EZ.
- 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 EZ een definitief instemmingsbesluit op. Uiteindelijk zal de Minister al dan niet instemmen met het winningsplan. Er kunnen ook aanvullende voorschriften worden gesteld.
- Het definitieve instemmingsbesluit gaat vervolgens nog 6 weken ter inzage voor beroep. Alleen belanghebbenden kunnen in deze fase 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
- Indien er afwijkingen zijn zal NAM een actualisatie van het winningsplan moeten indienen.

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

Achtergrond winningsplan Oostrum

Dit document is een actualisatie van het winningsplan voor het Oostrum gasveld. Het Oostrum gasveld (ook wel “voorkomen” genoemd in winningsplannen) ligt in de provincie Fryslân, in de gemeenten Kollumerland en Dongeradeel. Het Oostrum gasveld was eerder onderdeel van het winningsplan “Kollum”, een gecombineerd winningsplan voor de gasvelden Engwierum, Kollum, Kollum-Noord en Oostrum. Het Oostrum veld wordt geproduceerd uit putten vanaf de “Engwierum-1” locatie. Het gewonnen gas wordt vanaf de Engwierum-1 locatie via bestaande infrastructuur naar het landelijke Gasunie netwerk getransporteerd.

De reden voor de actualisatie van het winningsplan voor Oostrum is dat de uiteindelijke productievolumes hoger zullen zijn dan in het vigerende winningsplan Kollum is aangegeven voor dit voorkomen.



Figuur 1-1: Overzicht van het Oostrum voorkomen, inclusief infrastructuur. Putten zijn aangegeven met rode lijnen.

Hoeveel gas kan worden gewonnen?

Er is 1465 miljoen Nm³ aardgas geproduceerd uit het Oostrum veld in de periode tot en met 2017. NAM verwacht nog 62 tot 506 miljoen Nm³ aardgas te winnen uit het veld in de periode 2018-2034, afhankelijk van het productiescenario. De daadwerkelijke productie hangt af van het gedrag van bestaande putten.

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 kan zich aan de oppervlakte manifesteren in een lichte bodemdaling; een zeer geleidelijk proces, dat over decennia plaatsvindt en zich over een groot gebied uitstrekt. Om een beeld te geven; de 'helling' die ontstaat door bodemdaling door gaswinning is typisch een paar centimeter over de lengte van een kilometer. Op het niveau van een woning komt dit neer op een verschil van de dikte van 1 vel A4 papier tussen de voor- en achtergevel. Meer informatie staat op www.bodemdalingfryslan.nl, www.commissiebodemdaling.nl en op de TNO website www.natuurinformatie.nl.

Het winningsplan bevat een overzicht van de gemeten bodemdaling tot nu toe en een prognose van de bodemdaling door gaswinning aan het einde van de winning in 2034. Voor het meten van bodemdaling worden vaste peilmerken gebruikt die al sinds 1993 worden gemeten. Tegenwoordig gebeurt deze meting om de vijf jaar. De meest recente grootschalige meting is gedaan in 2013. In het gebied vindt plaatselijk autonome bodemdaling plaats. Autonome bodemdaling is de bodemdaling die in het gebied aanwezig is zonder invloed

van gaswinning (bijvoorbeeld door inklinking). Dit maakt directe meting van bodemdaling door gaswinning moeilijk. De verwachte bodemdaling door toekomstige gaswinning uit Oostrum is verwaarloosbaar: minder dan 2 cm. Dit is een zeer geringe bodemdaling die binnen de onzekerheidsmarge valt van de metingen naar bodemdaling. De totale bodemdaling (vanaf 2002) boven het veld, inclusief de daling veroorzaakt door de omliggende velden, blijft onder de 6 cm.

Schade door bodemdaling wordt niet verwacht omdat de bodemdaling door gaswinning beperkt, langzaam en over een groot gebied plaatsvindt. Hierdoor kunnen waterpeilen door het waterschap (Wetterskip Fryslân) worden aangepast. NAM is aansprakelijk voor eventuele meerkosten van bijvoorbeeld het peilbeheer als gevolg van bodemdaling door gaswinning. Bij een bodemdaling van minder dan 2 cm is daar overigens geen sprake van, omdat de jaarlijkse schommelingen in de waterstand aanzienlijk groter zijn.

Mocht de periodiek gemeten bodemdaling door gaswinning significant afwijken van de huidige voorspelling, dan zal NAM een actualisatie van het winningsplan moeten opstellen.

Toelichting risico van aardbevingen

In 2014 is een rapport van de Onderzoeksraad voor Veiligheid verschenen met een duidelijke boodschap: er moet meer aandacht komen voor de veiligheid bij gaswinning. Dit heeft geleid tot aanpassing van de Mijnbouwwet. In de tussentijd is door SodM een methodiek ontwikkeld om het risico van aardbevingen beter in beeld te brengen. Bedrijven als NAM moeten deze methodiek gebruiken in de winningsplannen. In het winningsplan Oostrum is het risico van aardbevingen volgens deze nieuwe methodiek uitgewerkt.

Op basis van verschillende parameters met betrekking tot de ondergrond en gasproductie is bepaald wat de waarschijnlijkheid is dat een gasveld zou kunnen beven. Daarnaast wordt op basis van de specifieke geologische eigenschappen een inschatting gemaakt van de sterkste beving waar theoretisch gezien rekening mee moet worden gehouden. Ook is rekening gehouden met andere elementen, zoals de opbouw van de ondiepe ondergrond en bevolkingsdichtheid.

Velden die zouden kunnen beven worden ingedeeld in 3 categorieën, waarbij categorie 1 de lichtste en categorie 3 de zwaarste is. Afhankelijk van de risicocategorie gelden er voor een veld monitoringsverplichtingen, beheersmaatregelen en onderzoeksverplichtingen. Alleen het Groningen gasveld valt in categorie 3. Het Oostrum gasveld valt in categorie 1, de laagste risicocategorie. Voor deze categorie velden zijn geen extra monitoringsmaatregelen nodig.

Hoewel de kans op een beving laag is, is theoretisch een beving niet onmogelijk. Omdat bodemtrillingen niet worden verwacht, wordt ook geen schade aan gebouwen verwacht. Echter, NAM is altijd wettelijk aansprakelijk voor schade die zij veroorzaakt volgens het Burgerlijk Wetboek. Mochten omwonenden toch schade ondervinden, dan kan dat gemeld worden bij NAM of bij het Landelijk Loket Mijnbouwschade. Het is belangrijk om te benadrukken dat het risico van aardbevingen en schade door gaswinning niet te vergelijken is met de situatie boven het Groningen gasveld vanwege de veel kleinere omvang van de reservoirs.

Inhoud

1	Samenvatting	3
	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, putten en voorkomen.....	12
3.2	Schematische weergave gasbehandeling en afvoer van het gas.....	13
4	Boringen	14
4.1	Inleiding: algemene beschrijving van een put	14
4.2	Overzicht boringen	15
4.3	Schematische voorstelling putverbuizingen	15
4.4	Putstimulatie.....	16
5	Ondergrond	17
5.1	Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten.....	17
5.2	Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	17
5.3	Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen.....	20
5.4	Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	20
6	Ontwikkelingsvooruitzichten	22
6.1	Inleiding	22
6.2	Historische Productie	22
6.3	Onzekerheden.....	23
6.4	Winningsstrategie & reservoir management	23
6.5	Winningsnelheid (productievolumes per jaar)	23
6.6	Duur van de winning	24
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning.....	24
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen.....	24
6.9	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	24
6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	25
7	Bodemdaling	26
7.1	Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	26
7.2	Bodemdalingsmodel & historische bodemdaling	27
7.3	Bodemdalingsvooruitzichten	29
7.4	Onzekerheid in verwachte bodemdaling	30
7.5	Monitoring van bodemdaling	30
7.6	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	31
7.7	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	31

8	Bodemtrilling.....	32
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand.....	32
8.2	Historische bevingen in het Oostrum veld	32
8.3	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse.....	32
8.4	Seismische Risico Analyse voor het Oostrum voorkomen	35
8.5	Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Oostrum gasveld	36
8.6	Monitoring van bodemtrillingen	37
8.7	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen of te beperken.....	37
8.8	Maatregelen die gevolgen van bodemtrillingen beperken of voorkomen	37
9	Overige omgevingsaspecten.....	38
9.1	Algemeen	38
9.2	Effecten op natuur en milieu	39
10	Verklarende woordenlijst.....	43
11	Bijlage A: Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose.....	44
12	Bijlage B: Seismische Risico Analyse	45
13	Bijlage C: Geologische kaarten voor het Oostrum veld	50

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

██████████@minez.nl

<u>Artikel</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming van het winningsplan Oostrum	☐ een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 12 zeemijlszone ☒ een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territorium tot 12 zeemijl uit de kust Het oostrum voorkomen was eerder onderdeel van het Kollum winningsplan.
	Algemene gegevens	
	<i>Naam indiener</i>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<i>Adres</i>	Postbus 28000 9400 HH Assen
	<i>Contactpersoon</i>	██████████
	<i>E-mail</i>	██████████@shell.com
Mw 34 lid 2	Indiener	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunninggebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning(en) • Noord-Friesland Gelegen in de Provincie Fryslân, Gemeentes Kollumerland en Dongeradeel.
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	• Oostrum
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

	Bedrijfs- en productiegegevens	Sectie
Mw 35 lid 1	Beknopte beschrijving van het winningsplan	1, 2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	3
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	5
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	Bijlage C
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, gasputten	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, 4.3
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	6.4, 6.5
Mb 24 lid 2	Productie filosofie	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/afgefakelde koolwaterstoffen	6.8
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	6.10
Mw 36 lid 1 sub b	Planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen	5.4
	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	7.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	7.2 – 7.4 Bijlage A
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.6
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	7.7
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemtrilling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	8.1, 8.2
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	8.3, 8.4, Bijlage B
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	8.5
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	8.6, 8.7
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	8.8
	Overige veiligheidsaspecten	Sectie
Mw 35 lid 1g	De risico's voor omwonenden, gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan met een risicobeoordeling, voor zover het winnen van delfstoffen niet geschiedt in het continentaal plat	9.1, 9.2
*Ondertekening  Naam:  Functie: Asset Manager – Asset Land		Datum: 5 september 2018 Plaats: Assen Mb 24 lid 1 Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen. Zie deel "vertrouwelijk"

2 Inleiding

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Winningsvergunning Noord-Friesland (KB, 17-2-1969). Conform artikel 34 van de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren in overeenstemming met een winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het winningsplan moet bevatten.

Dit winningsplan omvat het gasvoorkomen Oostrum. De reden voor actualisatie van het winningsplan is dat het Oostrum veld, oorspronkelijk onderdeel van het Kollum winningsplan, meer kan produceren dan voorspeld in het vigerende winningsplan.

Dit winningsplan bevat een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen, en een nieuwe seismische risicoanalyse voor het Oostrum voorkomen. Na instemming met dit winningsplan voor Oostrum, blijft het vigerende winningsplan "Kollum" van toepassing voor de velden Engwierum, Kollum en Kollum-Noord.

Hieronder een overzicht van winningsplannen en actualisaties:

Datum	Document
december 2003	Origineel winningsplan Kollum (voorkomens Engwierum, Kollum, Kollum-Noord en Oostrum)
februari 2009	Eerste actualisatie winningsplan Kollum
december 2012	Tweede actualisatie winningsplan Kollum (vigerend winningsplan)
augustus 2018	Oostrum winningsplan (dit winningsplan)

De oorspronkelijk winningsplannen en besluiten zijn te vinden op www.nlog.nl onder veldcode OSM.

2.2 Leeswijzer

In dit document wordt ingegaan op de manier waarop het gas gewonnen wordt, de geologie en de eigenschappen van het ondergrondse gasvoorkomen en de voorspelde productiehoeveelheden, mate van bodemdaling en het risico op aardbevingen. Hoofdstuk 1 (Samenvatting) geeft een overzicht van dit winningsplan en is bedoeld om de belangrijkste punten van het plan uit te leggen zonder technische details.

Het Oostrum gasvoorkomen wordt vanaf één locatie en door twee putten geproduceerd. Hoofdstuk 3 (Plaats van winning) en 4 (Boringen) geven meer informatie over de locaties en putten. Hoofdstuk 5 (Ondergrond) geeft een beschrijving van de ondergrond. In hoofdstuk 6 (Ontwikkelingsvooruitzichten) wordt ingegaan op de historische en toekomstige productie en de ontwikkelingsplannen voor het Oostrum voorkomen.

De nog te verwachten bodemdaling door toekomstige productie wordt beschreven in hoofdstuk 7 (Bodemdaling). 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 Oostrum gasvoorkomen in de laagste seismische risicocategorie valt (categorie I)

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

- a. de totale productie uit het Oostrum gasveld 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 gaat uitkomen boven de 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.
- c. de gemeten bodemdaling door gaswinning niet groter is dan voorspeld in hoofdstuk 7 van het winningsplan (inclusief de aangehouden onzekerheidsmarges). Als de bodemdaling door gaswinning groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal NAM het winningsplan dienen aan te passen;
- d. Oostrum ingedeeld blijft in seismische risicocategorie I. NAM zal het winningsplan dienen aan te passen als op basis van nieuwe gegevens of inzichten het seismisch risico van één of meer velden in dit plan groter blijkt te zijn.

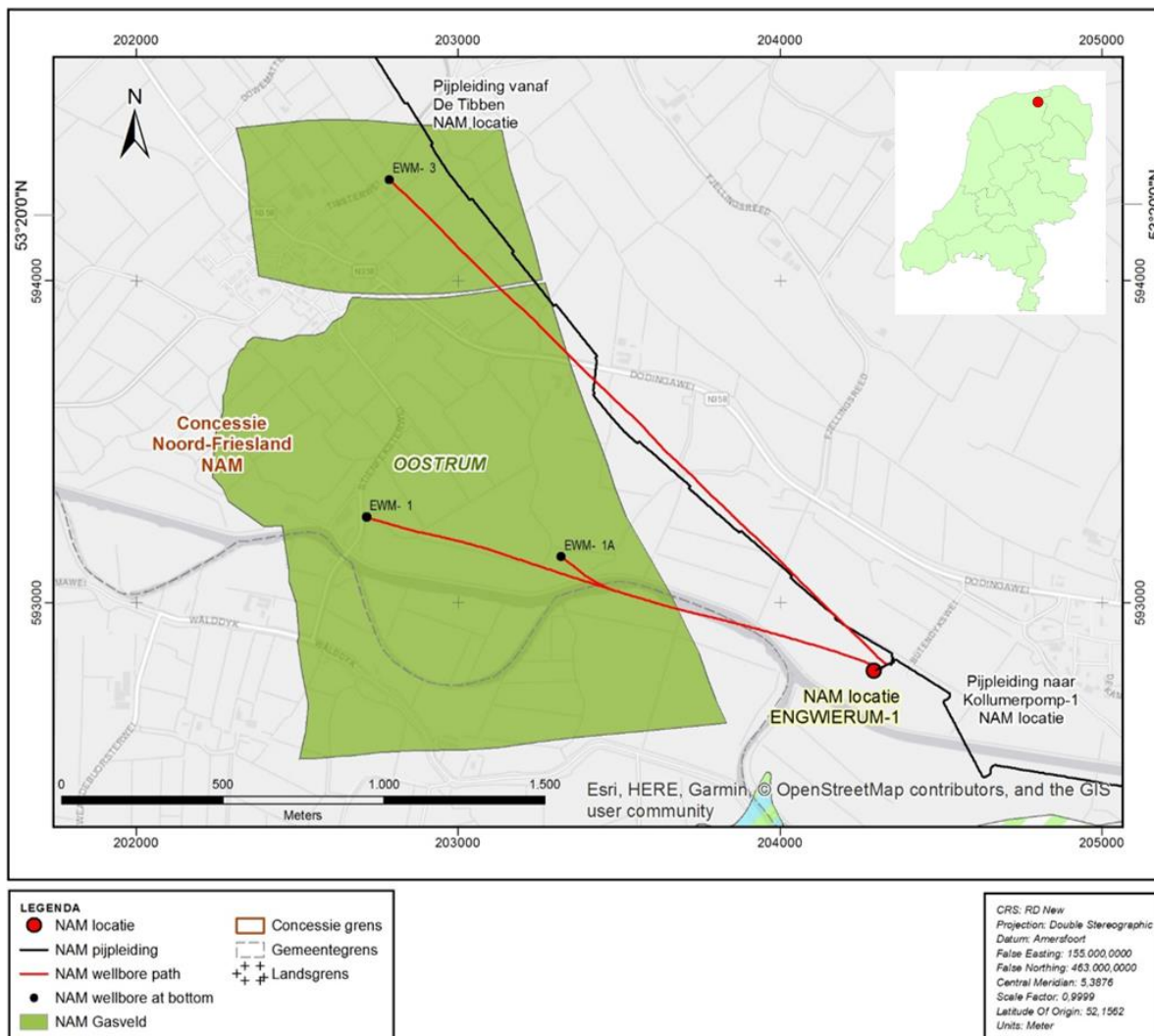
Eventuele toekomstige activiteiten op een locatie (bijvoorbeeld compressie) of in een reservoir (bijvoorbeeld extra putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.

Een klein onderdeel van het winningsplan wordt apart toegezonden aan het Ministerie van Economische Zaken. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie over de verwachte productie- en investeringskosten. Omdat openbaarmaking de concurrentiepositie van NAM kan beïnvloeden is dit onderdeel niet openbaar.

3 Plaats van winning

3.1 Productielocatie, putten en voorkomen

Het Oostrum gasvoorkomen wordt door twee putten vanaf één locatie geproduceerd. Het gasvoorkomen ligt in de provincie Fryslân en onder de gemeenten Dongeradeel en Kollumerland. Het voorkomen valt onder het waterschap van Friesland (Wetterskip Fryslân). Figuur 3-1 toont een topografische kaart met de locatie van het Oostrum veld, de putten, de oppervlaktelocatie Engwierum-1 en pijpleidingen. In Figuur 5-2 is een groter gebied getoond, waarin ook de waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden en beschermde natuurgebieden (inclusief Natura 2000) zijn aangegeven.



Figuur 3-1: Oostrum voorkomen en omgeving

De productielocatie "Engwierum-1" is gelegen in de gemeente Dongeradeel. Hieronder volgt een luchtfoto van de puttenlocatie.

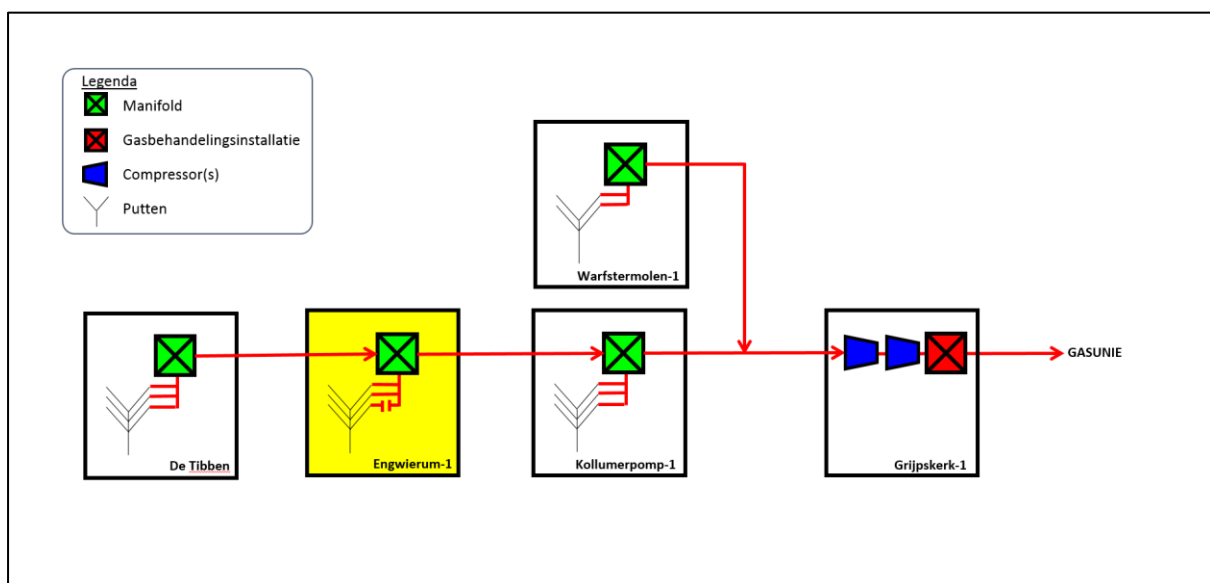


Figuur 3-2: De Engwierum-1 puttenlocatie.

3.2 Schematische weergave gasbehandeling en afvoer van het gas

Figuur 3-3 geeft een schematische weergave van de gasstromen in het westelijke gedeelte van het Grijskerk productiesysteem. Het gas uit het Oostrum veld wordt met gas uit de andere velden via een ondergrondse pijpleiding van de Engwierum-1 locatie naar de Grijskerk locatie vervoerd. Na het comprimeren van de gasstroom, wordt deze in de behandlingsinstallatie op specificatie gebracht en afgeleverd aan het Gasunie netwerk.

De condensaatstroom (een kleine hoeveelheid vloeibare koolwaterstoffen die meekomt met de gasproductie) wordt vanaf de Grijskerk locatie afgevoerd per pijpleiding naar Delftzijl voor verdere verwerking en verkoop.



Figuur 3-3: Schema van de gasstromen in het Grijskerk (west) systeem

4 Boringen

4.1 Inleiding: algemene beschrijving van een put

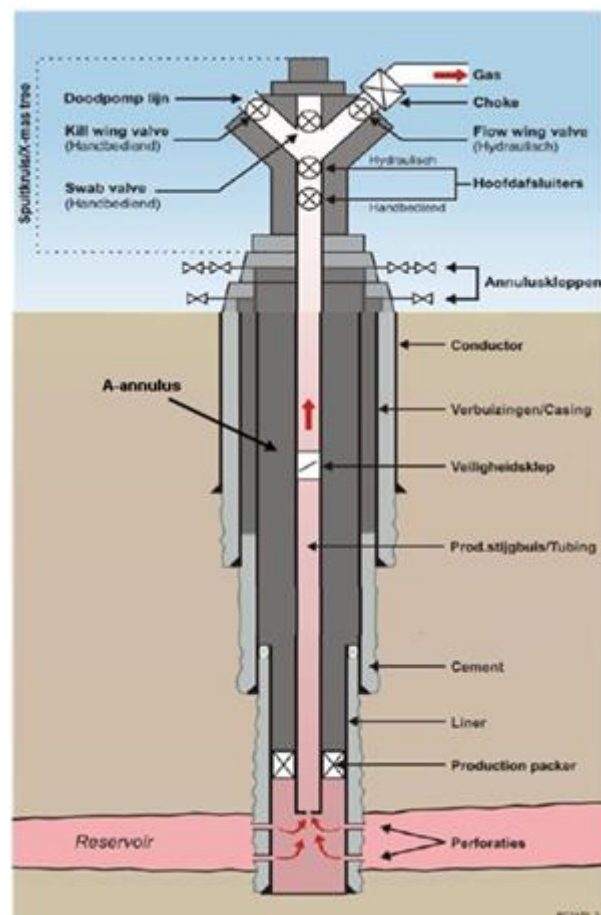
Figuur 4-1 geeft een schematische weergave van een gasproductieput. Hieronder volgt een korte beschrijving van het boren van een put en de belangrijkste onderdelen.

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

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

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

In de X-mas tree en in de installatie op de putlocatie zijn speciale meters aanwezig waarmee druk, temperatuur en gas-stroomsnelheid continu gemeten kunnen worden.



Figuur 4-1: Schematische weergave van een gasproductie-put. De tekening is niet op schaal (sterk verticaal gekrompen).

4.2 Overzicht boringen

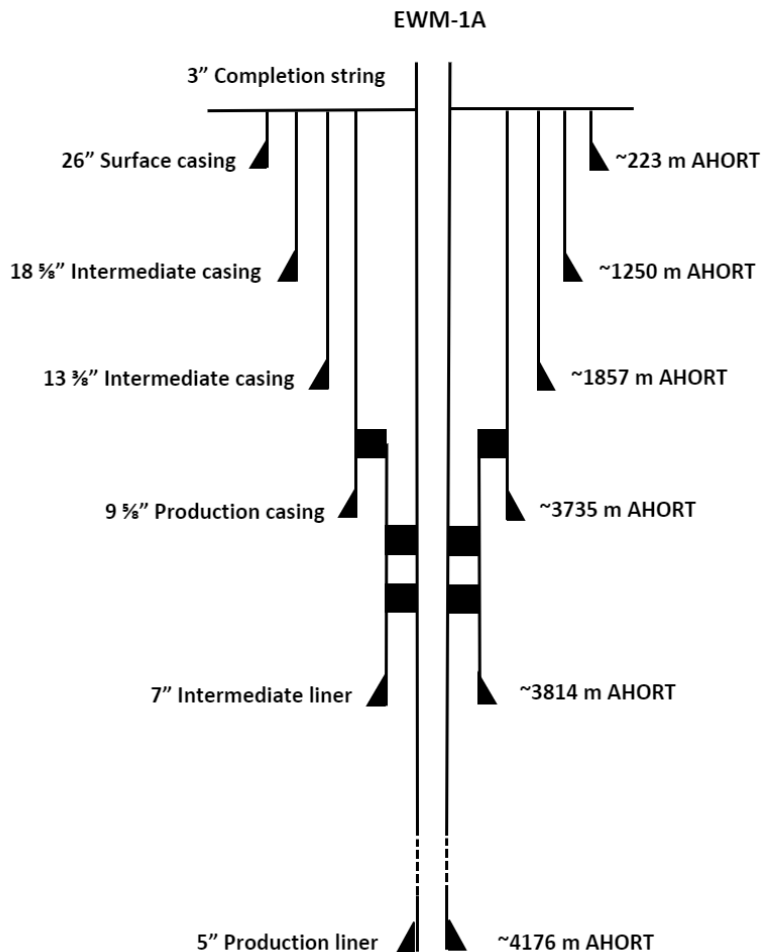
In Tabel 4-1 zijn de bestaande boringen in het Oostrum gasveld met verdere algemene informatie weergegeven. Op dit moment verwachten we voor het voorkomen geen nieuwe boringen.

Tabel 4-1: Lijst van boringen

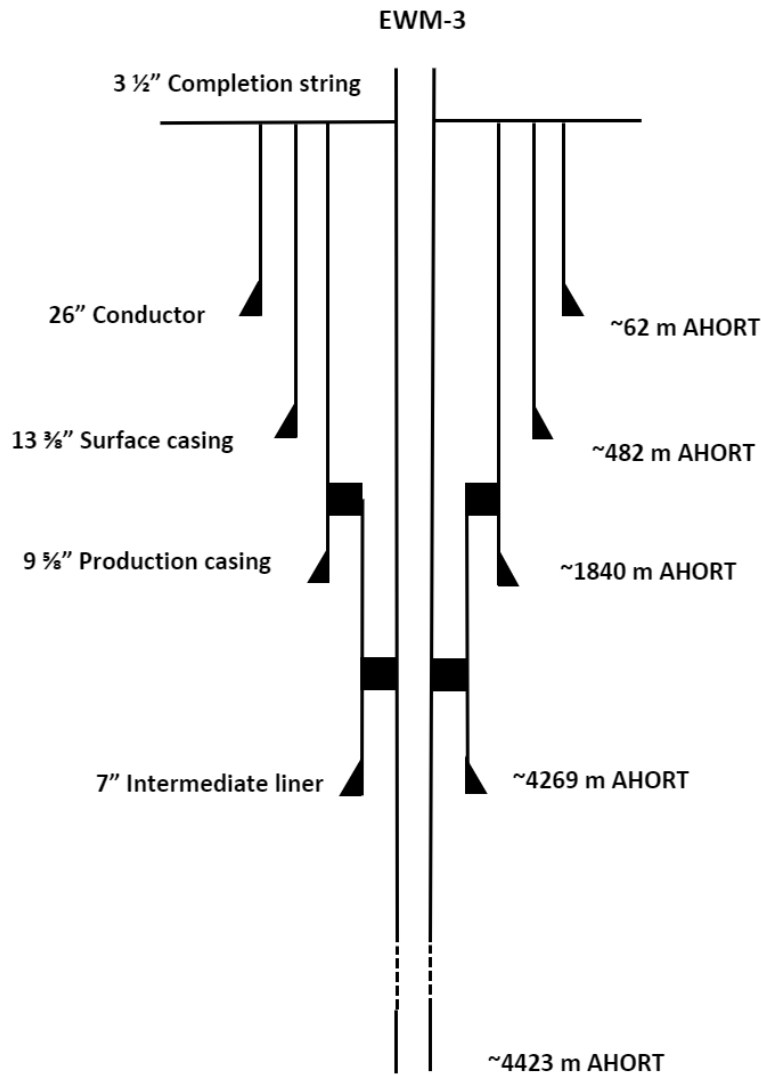
Voorkomen	NAM Locatie	Putnaam	Formatie	Putvorm	Putstatus
Oostrum	Engwierum-1	EWM-1A	Rotliegend	gedevieerd	producerend
Oostrum	Engwierum-1	EWM-3	Rotliegend	gedevieerd	producerend

4.3 Schematische voorstelling putverbuizingen

In Figuur 4-2 en Figuur 4-3 zijn schematisch de putverbuizingen van respectievelijk de EWM-1A put en EMW-3 put weergegeven.



Figuur 4-2: Schematische voorstelling van EWM-1A put. Dieptes zijn aangegeven langs de put (m AHORT). Aangezien de put gedevieerd is geboord, is de verticale diepte t.o.v. NAP (m TVDNAP) altijd minder dan de 'along hole rotary table' diepte (m AHORT)



Figuur 4-3 Schematische voorstelling van EWM-3 put. Dieptes zijn aangegeven langs de put (m AHORT). Aangezien de put gedevieerd is geboord, is de verticale diepte t.o.v. NAP (m TVDNAP) altijd minder dan de 'along hole rotary table' diepte (m AHORT)

De putten zijn op een diepte tussen de 3470 m TVD en 3530 m TVD door perforaties verbonden met het gashoudende Rotliegend reservoir.

4.4 Putstimulatie

Het reservoirgesteente van het Oostrum voorkomen is goed doorlaatbaar en er is geen reservoirstimulatie nodig.

5 Ondergrond

5.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten

Voor het in beeld brengen van de ondergrond worden een groot aantal metingen uitgevoerd en modellen gemaakt die helpen om het voorkomen beter te begrijpen. Deze informatie wordt gebruikt om een voorspelling te kunnen maken over hoeveel gas aanwezig is en hoeveel hiervan geproduceerd kan worden. Doordat de vorm van het veld alleen uit indirecte metingen kan worden vastgesteld, en doordat gesteente-eigenschappen alleen worden gemeten in en vlakbij de putten, bestaat er een onzekerheid over de grootte en andere eigenschappen van het voorkomen. Voorspellingen zullen daarom altijd een onzekerheidsmarge hebben. De grootte van de onzekerheidsmarge verschilt van parameter tot parameter, en zal dus een verschillende impact op de verschillende voorspellingen hebben.

De vorm en diepte van het veld wordt bepaald uit de analyse van geluidsgolven ("seismiek"). De seismiek heeft altijd een zekere mate van ruis. Bovendien zijn de voortplantingssnelheden van geluid in de lagen boven het voorkomen onzeker. De exacte diepte van het voorkomen is alleen exact bekend op een klein aantal plaatsen waar een put het reservoir binnengaat. Het gevolg daarvan is dat er onzekerheid is over de vorm en exacte diepte van het veld buiten de putten.

De fysische eigenschappen van gesteente, zoals dichtheid, elektrische weerstand en geluidssnelheid, zijn belangrijke parameters voor het bepalen van gesteente-eigenschappen als porositeit, saturatie in de poriën en doorlaatbaarheid van het gesteente voor stroming (permeabiliteit). Deze fysische eigenschappen worden bepaald door middel van metingen die verkregen zijn door na het boren meetinstrumenten in de boorgaten te laten zakken.

Uit deze boorgat-metingen worden de eigenschappen berekend van het gesteente rond de boorgaten. 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. Inherent hieraan zijn onzekerheden, omdat de eigenschappen van de gesteenten niet overal hetzelfde zijn. De informatie uit een klein aantal put-locaties moeten over een heel veld geëxtrapoleerd worden.

Diverse aspecten van de winning, zoals de hoeveelheid gas, de mogelijke productiesnelheid en het verloop van productie in de tijd, met de daarbij behorende drukdaling, bevatten daarom onzekerheid. De voorspellingen voor deze aspecten zijn daarom van onzekerheidsmarges voorzien.

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

Hieronder zullen de geologische formaties uiteengezet worden. Voor een volledige beschrijving met nadere uitwerking van gebruikte begrippen wordt verwezen naar geologische standaardliteratuur.¹

Tijdens de geologische geschiedenis (enkele honderden miljoenen jaren) worden lagen die organische bestanddelen bevatten soms diep begraven. Dat kan leiden tot het genereren van gas of olie. De olie of het gas dat daarna naar boven stroomt ('migreert') komt terecht in gesteente dat is afgesloten met een afdekkende laag waar zich dan het olie- of gasreservoir vormt.

¹ Geology of the Netherlands, Wong et al. (eds), Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007 / Amsterdam University Press, 2007

De gesteentelagen in de ondergrond zijn in het algemeen over grote afstanden aanwezig. Door bewegingen van aardplaten en botsingen tussen aardplaten in de geologische geschiedenis kunnen deze lagen opgerekt of samengedrukt worden. Dit kan leiden tot plooingen of breuken in het gesteente omdat gesteente niet goed buigzaam is. Het resultaat is dat het gesteente vaak uit licht schuin-liggende breukblokken bestaat.

Tabel 5-1: Geologische formaties

Ouderdom	Groep	Formatie	Member	Afkorting	
Tertiair	North Sea (NS)	Upper		NS	
		Mid	Rupel	NM	
		Lower	Asse Clay	NLFFB	<i>Impermeable</i>
			Brussels Sand	NLFFS	
			Ieper Clay	NLFFY	<i>Impermeable</i>
			Basal Tuffite	NLFFT	
			Landen Clay	NLLFC	<i>Impermeable</i>
Boven Krijt	Chalk (CK)	Ommelanden		CK	
		Texel	Plenus Marl	CKTXP	
				CKTXM	
Onder Krijt	Rijnland (KN)	Holland	Upper Holland Marl	KNGLU	<i>Impermeable</i>
			Middel Holland Claystone	KNGLM	
			Lower Holland Marl	KNGLL	
		Vlieland	Main Vlieland Claystone	KNNCM	
			Friesland Member	KNNSF	
Onder Triassic	Lower Trias (RB)	Lower Buntsandstein	Main Claystone member	RBSHM	<i>Impermeable</i>
			Basal Buntsandstein Eqv.	RBSHL	
Boven Perm	Zechstein (ZEZ)	Z2 & 3 & 4	Undifferentiated Salt	ZEZSA	<i>Impermeable</i>
		Z2	Z2 Anhydrite	ZEZ2A	
			Z2 Carbonate	ZEZ2C	
		Z1	Z1 Upper Anhydrite	ZEZ1T	<i>Impermeable</i>
			Z1 Halite	ZEZ1H	
			Z1 Anhydrite	ZEZ1W	
			Z1 Carbonate	ZEZ1C	
			Coppershale	ZEZ1K	
Onder Perm	Rotliegend (RO)	Silverpit Slochteren	Ten Boer Claystone	ROCLT	
			Upper Slochteren	ROSLU	<i>Reservoir</i>
			Ameland Claystone	ROCLA	
			Lower Slochteren	ROSLI	<i>Reservoir</i>
Carboon	Limburg (DC)			DC	<i>Gas Source</i>

Reservoir Formatie

De Slochteren formatie (Rotliegend groep, lichtpaars in Tabel 5-1) is het gashoudend reservoir voor het Oostrum voorkomen. Het Slochteren heeft zich ontwikkeld tijdens het Perm tijdperk (Rotliegend Groep). Het Rotliegend wordt opgedeeld in een Silverpit formatie en een Slochteren formatie. De eerste is een kleilaag (Ten Boer) waaruit, in dit gebied, geen gas wordt geproduceerd. Het Slochteren bestaat uit een zogenaamd Upper en Lower Slochteren. In dit gebied wordt uit het Upper Slochteren geproduceerd. Dit is een zandsteen van redelijk goede reservoir kwaliteit en relatief goede

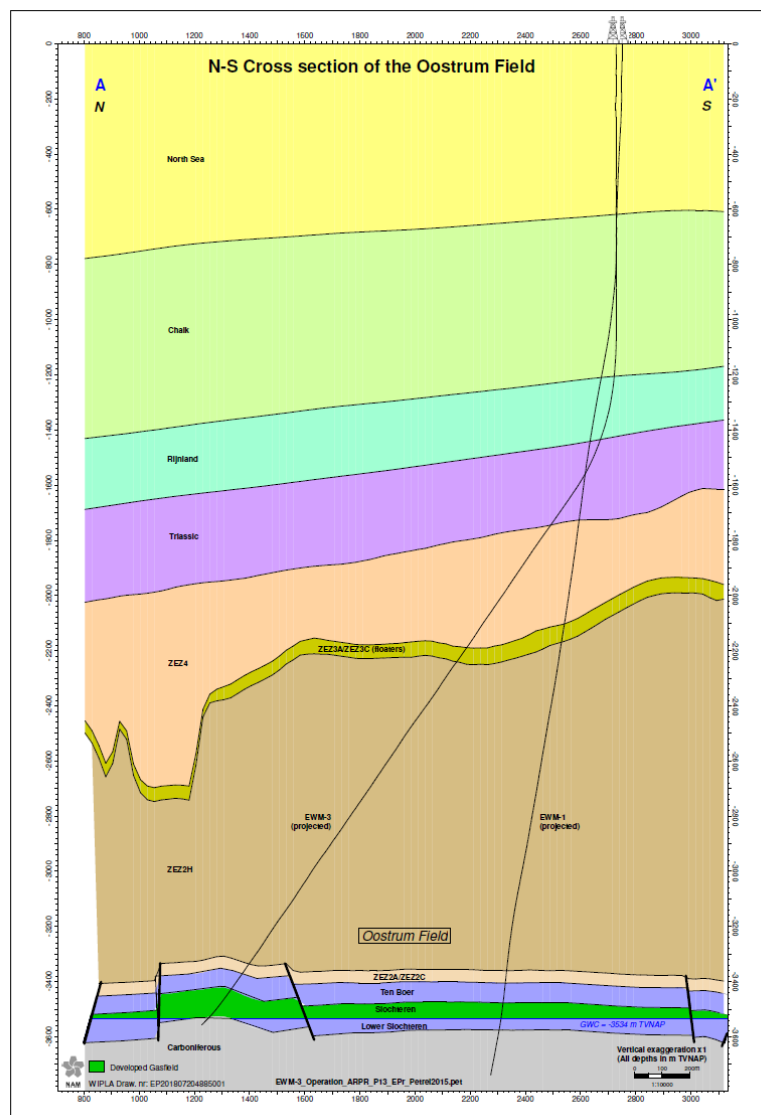
doorlatendheid. De Rotliggend groep wordt afgedekt door de Zechstein groep die een impermeabele afsluiting vormt en het gas in het reservoir insluit.

Bron Koolwaterstoffen

Het gas in het Oostrum Rotliggend voorkomen is gevormd in de onderliggende koollagen van het Carboon. Omdat dit diep is begraven, onder voldoende druk en temperatuur, zijn deze organische elementen gas gaan genereren. Omdat gas lichter is dan water, is dit gas in verloop van tijd omhoog gemigreerd langs breuken, door verticaal permeabele lagen en natuurlijke scheurtjes naar de bovenliggende zandsteenlagen van Perm ouderdom (Rotliggend reservoir). Het gas zal zich altijd verzamelen in de hoogste plaatsen van het reservoir omdat het lichter dan water is. Boringen zullen dan ook op zulke plaatsen gericht zijn.

Structuur

Het Oostrum gasveld bestaat uit twee hellende breukstructuren. Deze blokken zijn aan de zuid-, oost- en noordzijde begrensd door breuken. De structuur helt naar het westen waar het gasveld wordt afgesloten door het gas-water contact. Het veld wordt zowel aan de bovenkant als langs de randbreuken afgesloten door de ondoorlatende zouten van het Zechstein.



Figuur 5-1: Dwarsdoorsnede van maaiveld tot aan het reservoir over het Oostrum voorkomen.

Reservoir Eigenschappen:

In Tabel 5-2 zijn de gemiddelde gesteente-eigenschappen van het Slochteren reservoirgesteente weergegeven. Hierbij moet gemeld worden dat de eigenschappen een onzekerheid met zich meebrengen.

Tabel 5-2: Gemiddelde fractie van net reservoir in de formatie (NtG), gemiddelde porositeit en permeabiliteit van het zand in het Oostrum voorkomen

Producterende formatie	Gemiddelde Net-to-Gross (%)	Gemiddelde porositeit (%)	Permeabiliteit (mD)
Upper Slochteren	93	19	257

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

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de Slochteren formatie bevindt zich nog ongeveer 3500 m gesteente. Dat bestaat uit de volgende formaties van boven naar beneden (zie ook Tabel 5-1 en Figuur 5-1):

Tertiair

- Boven-Noordzee: Kleilagen (impermeabel) afgewisseld met zandlagen. Deze formatie beslaat de bovenste 300 - 400 m. Grondwater bevindt zich hierin.
- Onder-Noordzee: Kleilagen (impermeabel) afgewisseld met (permeabele) zandlagen.

Krijt

- Ommelanden: Krijtsteen Permeabel
- Vlieland: Klei. Impermeabel.

Trias

- Rogenstein Silt/Kleisteel Impermeabel
- Main Claystone : Klei. Impermeabel
- Basal BuntZandsteen Siltsteen Op plaatsen permeabel

Boven Perm

- Zout : Haliet (zout) Impermeabel
- Anhydriet : Anhydriet Impermeabel
- Carbonaat : Carbonaat Op plaatsen permeabel

Onder Perm

- Ten Boer : Kleisteel Impermeabel

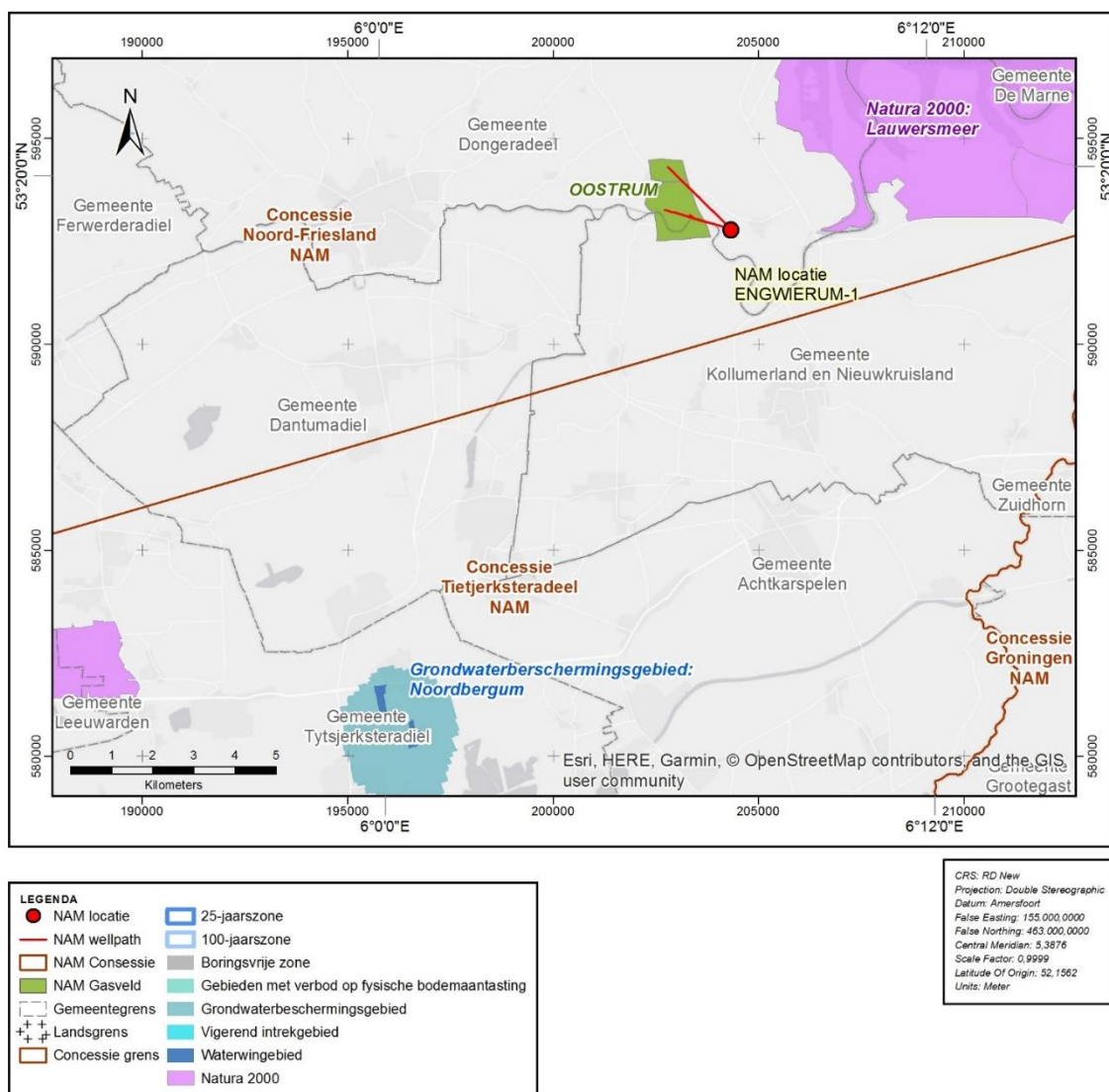
Dit overzicht laat zien dat er een groot aantal impermeabele en continue lagen ligt tussen het Oostrum gasveld en het oppervlak.

5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

In Nederland vindt waterwinning plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee formatie, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat tot zoutwater. Deze grens ligt meestal op ongeveer 20 tot 150m diepte. Zoutwater is aanwezig in de ondergrond tot aan de basis van het sedimentair bassin (>5km in Nederland) en vaak ook verder. In dit gebied is geen waterwinning (zie Figuur 5-2).

Geothermische projecten kunnen gescheiden worden in “bodemwarmte” en “aardwarmte”. Bodemwarmte haalt men tot enkele honderden meters diep uit de bodem en wordt gebruikt voor verwarming van woningen, gebouwen en kassen. Omdat het boren zich beperkt tot de bovenste ~300m is er geen interactie met gaswinning. Aardwarmte maakt gebruik van energie diep uit de aarde en putten moeten dieper geboord worden (meer dan 2 kilometer diep, afhankelijk van de locatie). SodM is toezichthouder op zowel gaswinning als geothermie, waardoor eventuele interactie voorkomen zal worden. Er zijn op dit moment geen geothermische projecten in de buurt van het Oostrum gasveld.

Zoutwinning vindt plaats in Nederland vanuit verschillende lagen. Ook in de provincie Fryslân wordt zout gewonnen maar niet in de buurt van het Oostrum gasveld. Gasopslag of ander gebruik van de diepe ondergrond is niet voorzien in dit gebied.



Figuur 5-2 : Positie van waterwinning- en grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van het Oostrum voorkomen.

6 Ontwikkelingsvooruitzichten

6.1 Inleiding

Het Oostrum gasveld ligt in de winningsvergunning Noord-Friesland. Het veld is in 1994 aangeboord met de EWM-1 put welke in 2002 in productie is genomen. In 2012 is deze put opnieuw geboord naar een hogere positie in het veld, met putnaam EWM-1A. In 2014 is het noordelijk deel van het veld aangeboord met de put EWM-3 en in productie genomen.

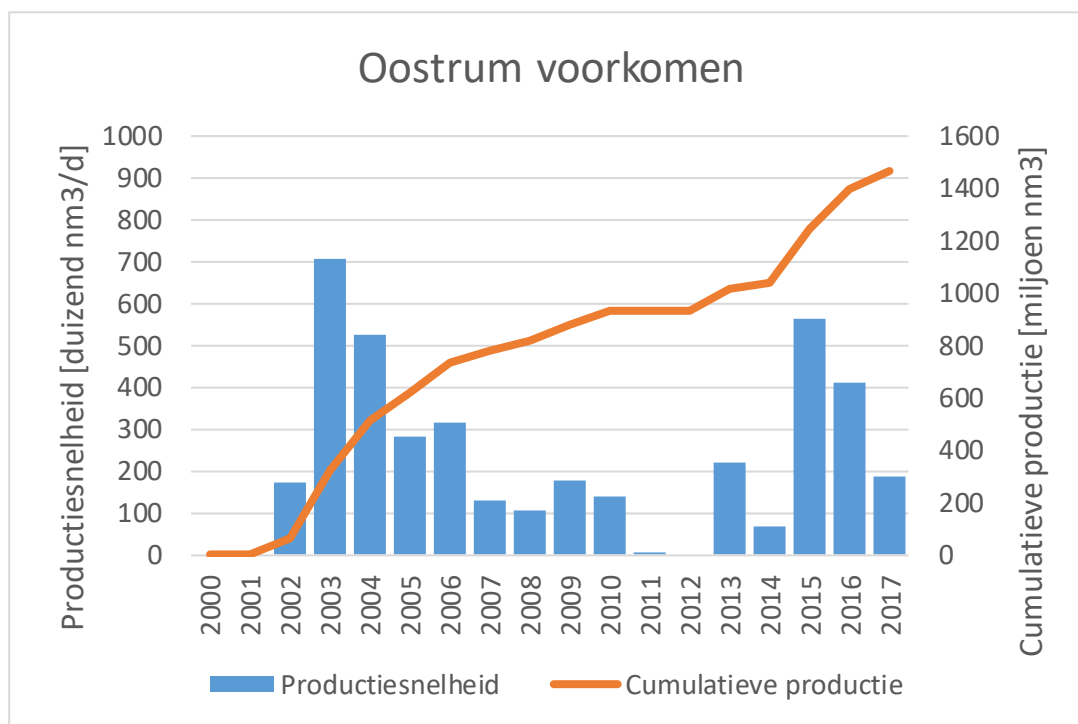
6.2 Historische Productie

De productie van het Oostrum voorkomen is gestart in 2002 en de historische productie per jaar is te vinden in Tabel 6-1.

Tabel 6-1: Historische productie

Productie [miljoen Nm ³]	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Historische productie t/m 2017
Oostrum	63	258	193	102	115	48	39	64	51	1	0	79	25	206	150	69	1,465

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



Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie voor Oostrum

6.3 Onzekerheden

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

- De hoeveelheid gas die nog verbonden is met de bestaande putten;
- De minimale productiesnelheid die putten nodig hebben om stabiel te produceren;

De onzekerheden kunnen afnemen door monitoring van reservoir- en productiegedrag.

6.4 Winningsstrategie & reservoir management

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

In navolgend overzicht (Tabel 6-2) wordt de verwachte totale gaswinning gegeven. De “statische GIIP” geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. Het “midden scenario” en “hoog scenario” verwijzen naar de voorspellingen zoals beschreven in sectie 6.5. Het “winningspercentage” is gedefinieerd als het percentage van het oorspronkelijke aanwezige gas dat geproduceerd wordt.

Tabel 6-2: Verwachte totale winning en winningspercentage

Voorkomen	Statische GIIP [miljoen Nm ³]	Totale winning tot eind 2017 [miljoen Nm ³]	Verwachte totale winning (M. scenario) [miljoen Nm ³]	Verwachte totale winning (H. scenario) [miljoen Nm ³]	Winnings- percentage (M. scenario)	Winnings- percentage (H. scenario)
Oostrum	2,565	1,465	1,636	1,971	64%	77%

6.5 Winningssnelheid (productievolumes per jaar)

Voor het voorkomen zijn er drie te verwachten productieprofielen gegeven (laag, midden, hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Tabel 6-3 geeft de verwachte productie uit het Oostrum voorkomen.

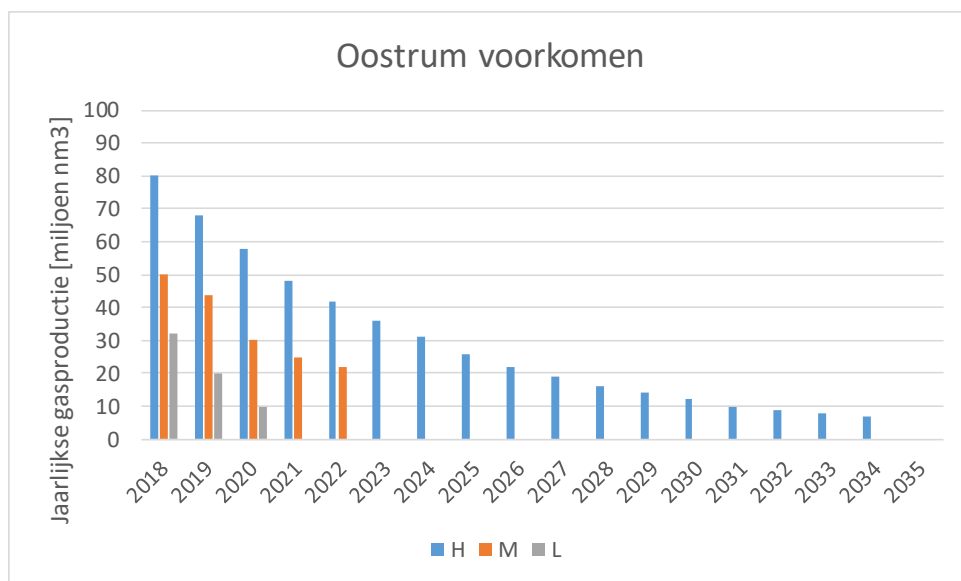
Het laag scenario (L) gaat uit van een conservatieve inschatting van de resterende hoeveelheden gas op basis van een zogenaamde p/Z analyse (geobserveerde drukafname als gevolg van productie).

Het midden scenario (M) is berekend aan de hand van een simulatiemodel (Integrated Production Modelling workflow), gecombineerd met verwachtingswaarde van de p/Z analyse.

Het hoog scenario (H) gaat uit van een hoge inschatting van de resterende hoeveelheden gas op basis van een zogenaamde p/Z analyse

Tabel 6-3: Jaarlijks verwachte productie [miljoen Nm³]

		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Oostrum	H	80	68	58	48	42	36	31	26	22	19	16	14	12	10	9	8	7
	M	50	44	30	25	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	L	32	20	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Figuur 6-2: Jaarlijks verwachte productie

6.6 Duur van de winning

De maximale duur van de winning uit het Oostrum gasveld is tot en met het jaar 2034 (op basis van het hoog productie scenario).

6.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning

Op de locatie Grijpskerk-1 wordt gas behandeld van meerdere voorkomens uit verschillende clusters. Er wordt per jaar ongeveer 0,8 mln Nm³ aan gas voor eigen gebruik aangewend (stookgas fornuizen en spoel/pilot gas fakkels). Dit is gebaseerd op de werkelijke waarde sinds april 2018 (na stookgas fornuismodificatie) en dient als indicatie gebruikt te worden voor de komende jaren.

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

Op de locatie Grijpskerk-1 wordt gas behandeld van meerdere voorkomens uit verschillende clusters. Op deze locatie wordt per jaar ongeveer 0,5 mln Nm³ aan gas afgefakkeld dan wel afgeblazen. Dit is gebaseerd op de werkelijke waarde in 2018 en dient als indicatie gebruikt te worden voor de komende jaren.

6.9 Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

De samenstelling van het gas is weergegeven in Tabel 6-4.

Tabel 6-4: Overzicht gassamenstelling

Gaseigenschap	Oostrum
Initiële gas-condensaat ratio (m ³ /mln Nm ³)	35
Condensaatdichtheid (kg/m ³)	762
Relative Gas Density (air=1)	0,65
GHV (MJ/Nm ³)	39,5
Wobbe (MJ/Nm ³)	49,1
C ₁ (mol%)	84,5
CO ₂ (mol%)	1,0
H ₂ S (mol%)	0
N ₂ (mol%)	7,7

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

Productiewater wordt samen met het gas via de locatie Grijpskerk-1 per pijpleiding getransporteerd naar locatie Borgsweer en wordt daar via een injectieput teruggepompt in de ondergrond. De waterinjectie op Borgsweer is vergund middels een Wabo vergunning met kenmerk DGETMEM/12365332 (gedateerd 26-11-2012).

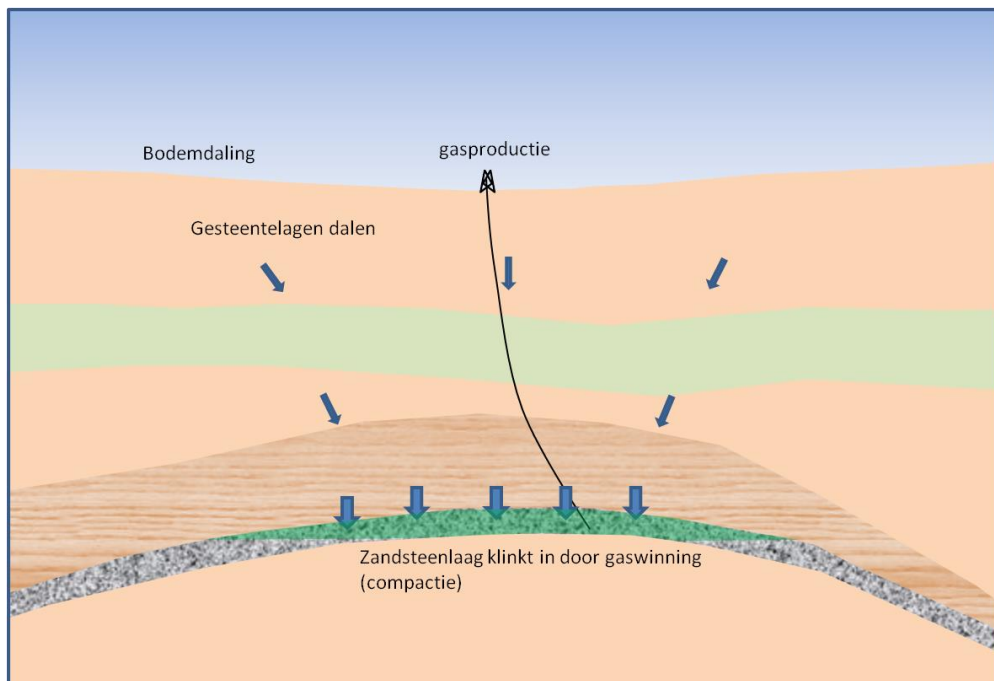
7 Bodemdaling

De bodemdalingsprognose van dit winningsplan laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven het Oostrum voorkomen minder dan 2 cm bedraagt. De totale bodemdaling boven Oostrum vanaf start winning in 2002 tot einde van de productie in 2034 bedraagt naar verwachting minder dan 6 cm.

7.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

In een gasveld veroorzaakt de winning van aardgas een vermindering van de poriëndruk in de gasvoerende gesteentelaag. Daarbij wordt het gesteente langzaam iets samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen. Deze samendrukking of compactie van het reservoir hangt af van verschillende factoren zoals de materiaaleigenschappen van het reservoirgesteente, de grootte van de drukdaling en de dikte van het depleterende gasveld (Figuur 7-1). 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 kleinere velden, zoals Oostrum, zal de maximale bodemdaling aan het aardoppervlak slechts een fractie van de compactie van het reservoirgesteente bedragen.

Bodemdaling kan gezien worden als een ondiepe schotel met een doorsnee van enkele kilometers. Deze bodemdalingsschotel van een veld beslaat een groter oppervlak dan het veld zelf. Wanneer gasvelden dicht bij elkaar liggen kunnen de bodemdalingsschotels elkaar overlappen.

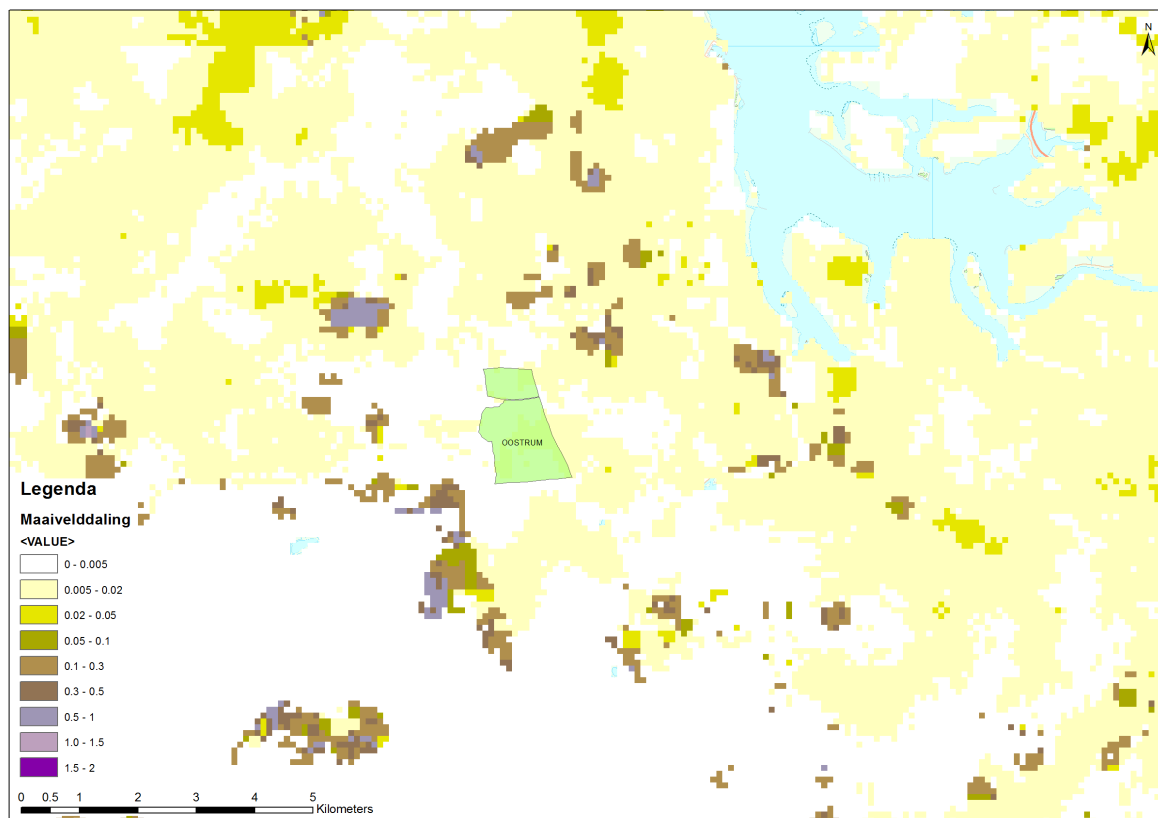


Figuur 7-1: Drukdaling in het reservoir resulteert in bodemdaling (Let op: de figuur is niet op schaal)

Bodemdaling door natuurlijke processen

Naast de bodemdaling ten gevolge van gas- of oliewinning zijn er ook andere oorzaken die leiden tot bodemdaling, samengevat onder de term autonome bodemdaling. Dit kan natuurlijke bodemdaling zijn of bodemdaling door drainage van veen- en kleigebieden. Veenoxidatie en veen/klei inklinking

zijn de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. De mate van autonome daling kan worden bepaald aan de hand van metingen en/of modelvoorspellingen. In deze modellen wordt oxidatie en inklinking berekend waarbij gebruik wordt gemaakt van laboratoriumgegevens en het voorkomen van bepaalde grondsoorten in de ondiepe ondergrond. Tegelijkertijd worden deze modellen gevalideerd en gekalibreerd door bodemdalingsmetingen. Voorspellingen van autonome bodemdaling gaan uit van bepaalde grondwaterscenario's. Dit zijn aannames over het toekomstig waterpeilbeheer door de waterschappen. Figuur 7-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2000-2050 (Deltares en PBL², 2011, Hopman et al. 2013³). De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. Geconcludeerd wordt dat de autonome bodemdaling in dit gebied op basis van deze aannames enkele centimeters kan zijn.



Figuur 7-2: Maaiveld daling (m) over een periode van 50 jaar bij handhaving van huidige drooglegging bij huidige klimaat. De waarden op deze kaart geven slechts een eerste orde schatting van de mogelijke autonome daling.

7.2 Bodemdalingsmodel & historische bodemdaling

De bodemdaling wordt berekend met behulp van informatie van het gasveld, zoals dikte, drukdaling,

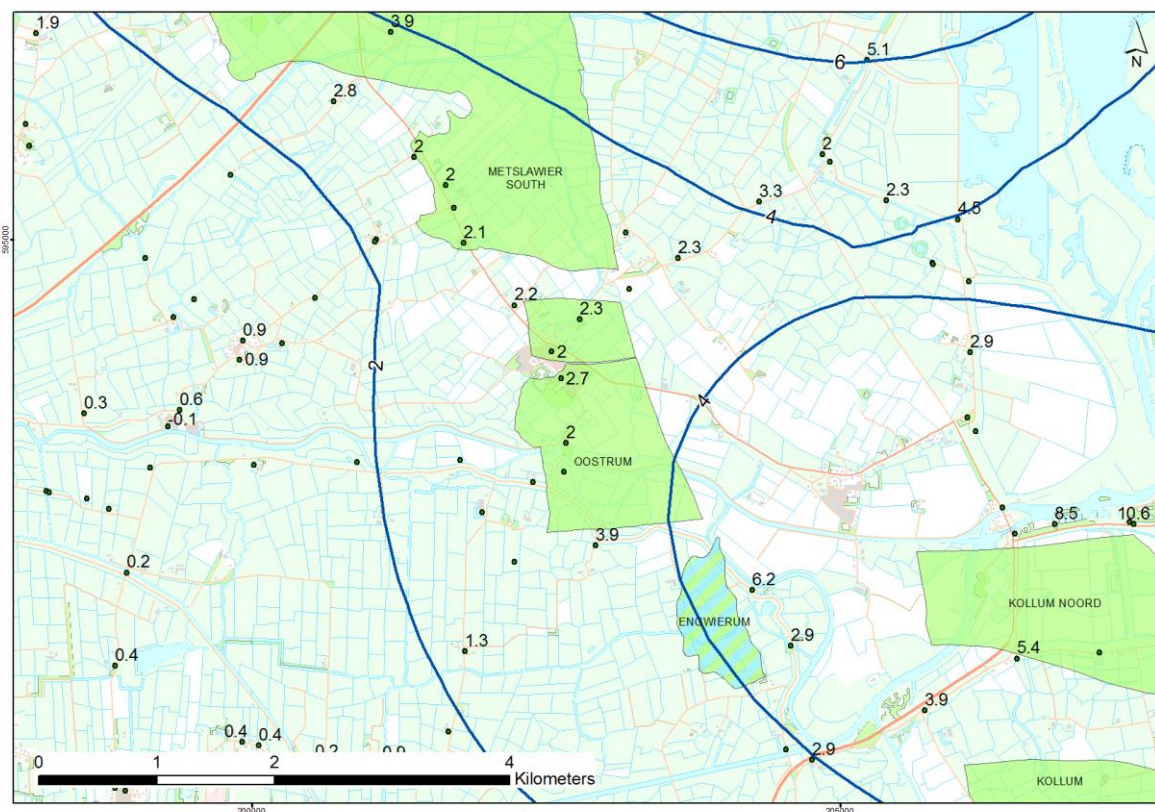
² Deltares en PBL, 2011, Deltascenario's Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012, Deltares rapport 1205747-000

³ Victor Hopman, Ger de Lange, Laura Vonhogen, Pauline Kruiver, Freek van Leijen, Raluca Ianoshi, Report on pilot service Rhine-Meuse Delta, Subcoast report D3.2.3, May 2013

grootte en de compressibiliteit of samendrukbaarheid van het gesteente (zie inleiding). De compactie en bodemdaling volgen dan uit de rekenmethode die beschreven is door Geertsma en van Opstal⁴.

De bodemdaling wordt in dit gebied sinds de nulmeting in 1993 om de 5 jaar gemeten. De metingen worden vergeleken met de gemodelleerde bodemdaling en indien nodig wordt het model aangepast aan deze metingen. De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2013. De gemeten daling is weergegeven naast de groene 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 2013) niet gemeten is.

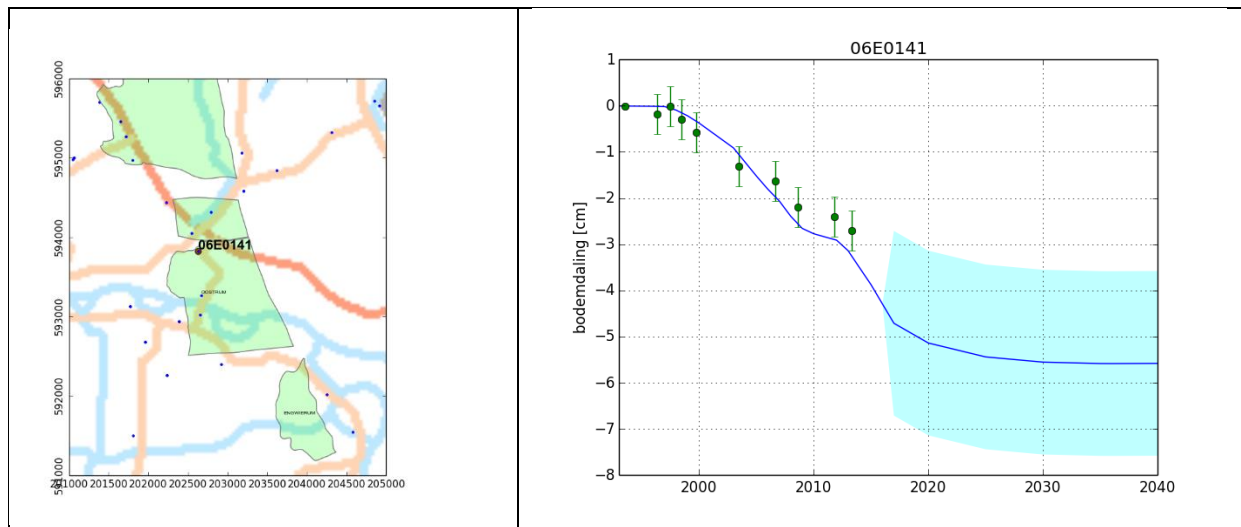
De totale gemeten bodemdaling rond het Oostrum voorkomen vanaf 1993 ligt tussen de 2 en 4 cm, inclusief autonome bodemdaling. Het model dat het best past bij deze metingen berekent ook een bodemdaling door gaswinning die kleiner is dan 4 cm in 2013 (contouren in Figuur 7-3).



Figuur 7-3: In 2013 gemeten bodemdaling sinds de nulmeting in 1993 weergegeven op de peilmerken (groene punten). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling in cm.

Om inzicht te verkrijgen over de kwaliteit van het model ten opzichte van historische metingen is boven het Oostrum voorkomen een meetpunt geselecteerd waar meerdere keren in de tijd bodemdaling is gemeten (Figuur 7-4). Tevens laat Figuur 7-4 de nog te verwachten totale bodemdaling door gasproductie zien boven dit punt. De 2 cm bodemdaling in de periode 2013-2018 is veroorzaakt door productie uit het Metslawier-Zuid veld.

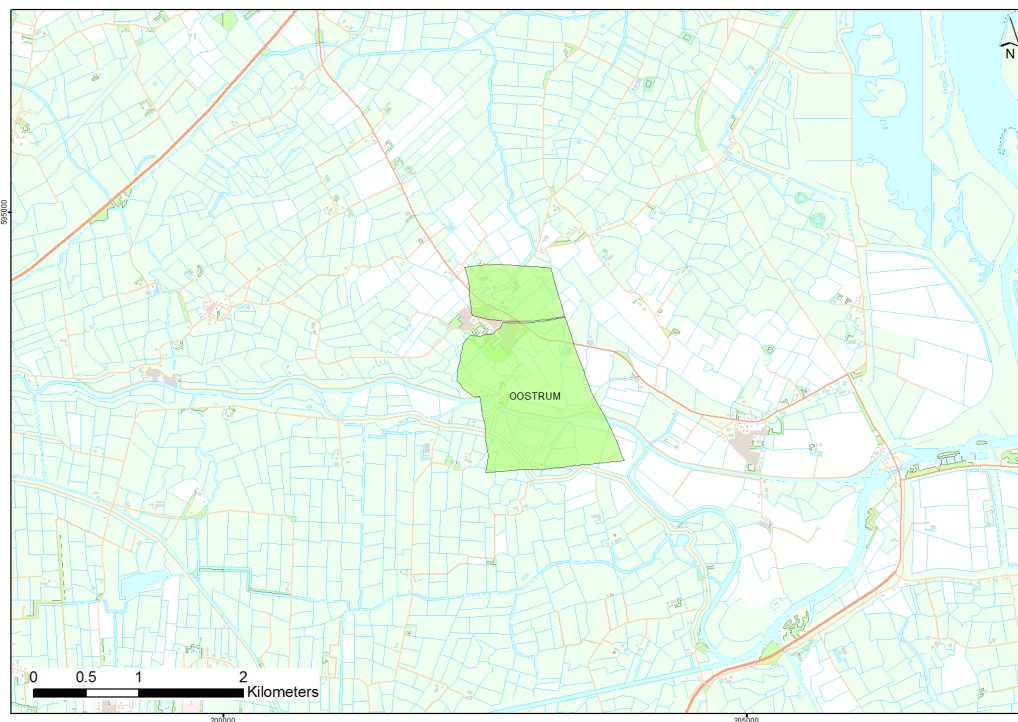
⁴ Geertsma, J. and van Opstal, G. (1973). A Numerical Technique for Predicting Subsidence Above Compacting Reservoirs, Based on the Nucleus of Strain Concept. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., 28, pp. 63-78



Figuur 7-4: Vergelijking van gemeten (groene punten) en berekende bodemdaling voor een peilmerk boven het Oostrum voorkomen. De meetonzekerheid in de metingen (gekozen als één standaarddeviatie) bedraagt 4 mm per meetpunt. De blauwe lijn toont de voorspelde bodemdaling op deze locatie, met de onzekerheid (lichtblauwe gebied) op de uiteindelijke bodemdaling. De minimale onzekerheid voor de voorspelling is +/- 2cm.

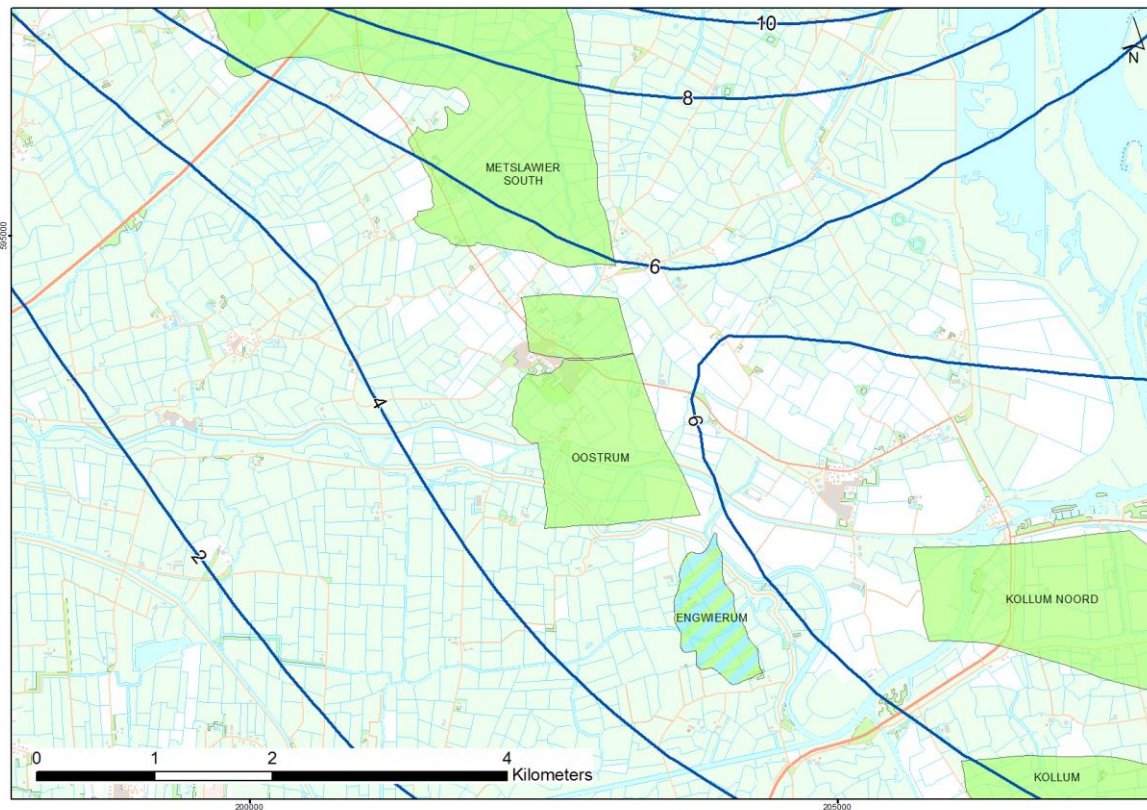
7.3 Bodemdalingsvooruitzichten

Met de beschikbare gegevens over de ondergrond en de productievoorspellingen is een prognose voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit het Oostrum voorkomen opgesteld. De toekomstige bodemdaling door gaswinning in dit gebied wordt weergegeven in Figuur 7-5. Er wordt geen noemenswaardige bodemdaling door gaswinning verwacht na beëindiging van productie in 2034. Omdat de nog te verwachten bodemdaling minder dan 2 cm is worden er geen contourlijnen getoond in dit figuur.



Figuur 7-5: Te verwachten bodemdaling (2018–2034) veroorzaakt door de gasproductie uit het Oostrum voorkomen.

Figuur 7-6 toont de uiteindelijke totale bodemdaling door gaswinning na afloop van de productie uit Oostrum in combinatie met de bodemdaling die veroorzaakt is door de winning uit naburige gasvelden. Deze laat zien dat de verwachte totale uiteindelijke bodemdaling onder de 6 cm blijft.



Figuur 7-6: Prognose voor 2034 van de totale bodemdaling door gaswinning voor het Oostrum voorkomen in combinatie met naburige voorkomens. De contourlijnen geven de voorspelde bodemdaling in cm aan.

7.4 Onzekerheid in verwachte bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling door productie uit het Oostrum gasveld 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 waarde van de compressibiliteit. De maximale nog te verwachten bodemdaling veroorzaakt door de gaswinning uit Oostrum is ook minder dan 2 cm en wordt verder onderbouwd in Bijlage A.

7.5 Monitoring van bodemdaling

De bodemdaling wordt gemeten volgens het meetplan voor alle Noord-Nederland voorkomens⁵. Geodetische technieken die voor de metingen gebruikt worden zijn waterpassen en InSAR (satelliet) metingen. Het meetplan wordt jaarlijks ter instemming aan SodM gestuurd. De meest recente waterpassing is uitgevoerd in 2013. Resultaten van de metingen worden middels een meetregister aan SodM verstrekt. Als de bodemdaling door gaswinning groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal NAM het winningsplan dienen aan te passen. Indien nodig zal productie in het aangepast winningsplan beperkt moeten worden.

⁵ NAM. 2017. Formulier actualisering meetplan Noord-Nederland 2018

7.6 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Die schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. Zoals in Figuur 7-5 is aangegeven, bedraagt de nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit het Oostrum voorkomen minder dan 2 cm over een periode van meer dan 15 jaar. Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is wordt geen directe schade aan gebouwen/bouwwerken, infrastructuur verwacht omdat de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is. Hierbij wordt verwezen naar “Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen; een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987”. Meer recente rapporten die mogelijke oorzaken van schade in het gebied rondom West-Groningen en Loppersum⁶ beschrijven bevestigen dit beeld.

Tevens is de kans klein dat de bodemdaling gevolgen kan hebben voor het normale beheer en het onderhoud van waterkeringen en waterlopen. Bij een daling van minder dan 2 cm in gebieden met een kunstmatig peilbeheer is de mate van bodemdaling aanzienlijk kleiner dan de jaarlijkse schommelingen in de waterstand (verschil zomer- en winterpeil). De waterhuishouding in het gebied is in de loop van eeuwen tot stand gekomen en wordt tegenwoordig volledig kunstmatig geregeld. Waterpeilen zijn vastgelegd in peilbesluiten. Indien een relatieve stijging van het waterpeil ten opzichte van het maaiveld de geldende norm dreigt te overschrijden, kan dit worden tegengaan door aanpassingen in de waterafvoer (compartimentering, versnelde afvoer waterbezwaar). Het waterschap is daarbij verantwoordelijk voor het waterbeheer in het beheersgebied. In het geval dat dit beheer, als gevolg van de door de gaswinning veroorzaakte bodemdaling, toch te maken meerkosten met zich meebrengt die voor vergoeding in aanmerking komen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden. Met het betreffende waterschappen zijn afspraken gemaakt in bilateraal verband.

De beperkte bodemdaling zal geen effect hebben op de natuur of het milieu, zoals beschreven in hoofdstuk 9.

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

De nog te verwachten bodemdaling door de toekomstige gaswinning is minder dan 2 cm over een periode van 15 jaar. Dit is een zeer geringe bodemdaling. De toekomstige bodemdaling zal volgens het meetplan Noord-Nederland worden vergeleken met de tot dan toe gemeten bodemdaling. Indien er aanwijzingen zijn dat de bodemdaling een negatief effect heeft op de waterhuishouding zal dit door NAM met de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân besproken worden.

⁶ http://www.commissiebodemdaling.nl/files/1202097-000-BGS-0003-r-Gebouwschade%20Loppersum_def_par_20110421.pdf

8 Bodemtrilling

De seismische risicoanalyse laat zien dat het Oostrum voorkomen in **categorie I (laagste risicocategorie)** valt. 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. In sommige gevallen kan dit resulteren in een aardbeving. De kans op een aardbeving in een gasveld hangt onder meer af van de hoeveelheid breuken, de drukdaling en de grootte en dikte van het reservoir.

8.2 Historische bevingen in het Oostrum veld

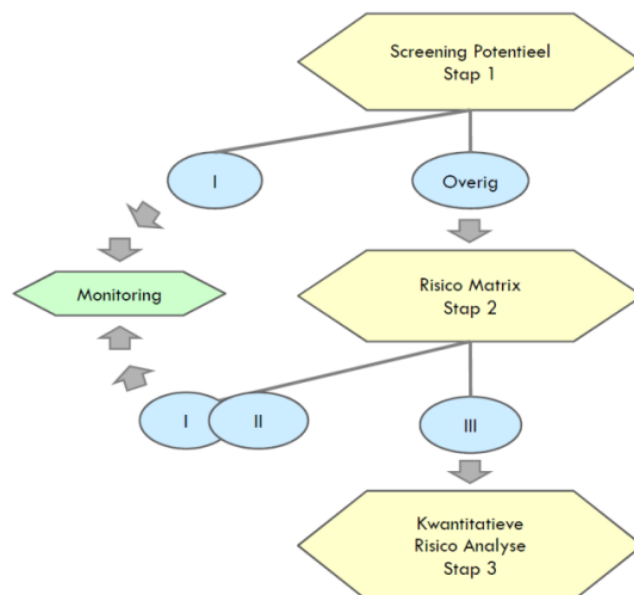
De boven het Oostrum voorkomen hebben tot op heden nog geen geïnduceerde bevingen plaatsgevonden.

8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd⁷. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 8-1. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

- De kans op een beving door gaswinning, hoe klein dan ook;
- 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.



Figuur 8-1: Schematische weergave van de verschillende stappen en risico categorieën (I, II, III) in de seismische risico inventarisatie (conform SodM, 2016)

⁷ methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016

Stap 1:

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

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

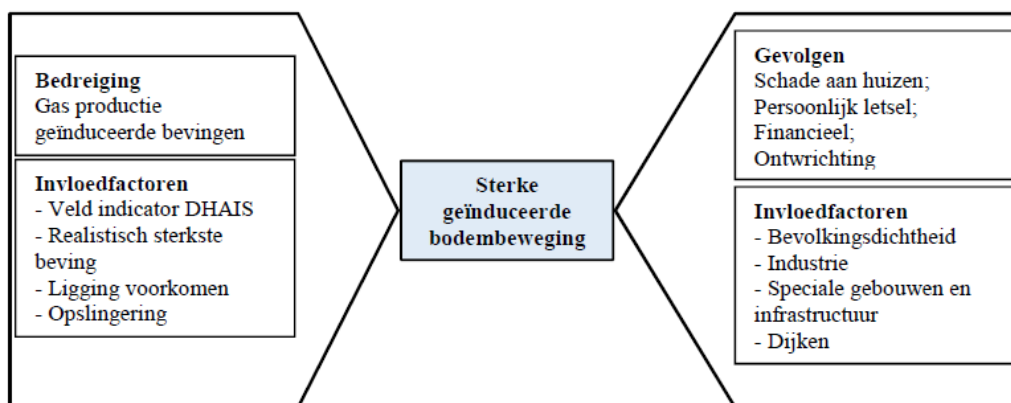
Voorkomens die niet aan deze criteria voldoen schuiven door naar stap 2.

Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die

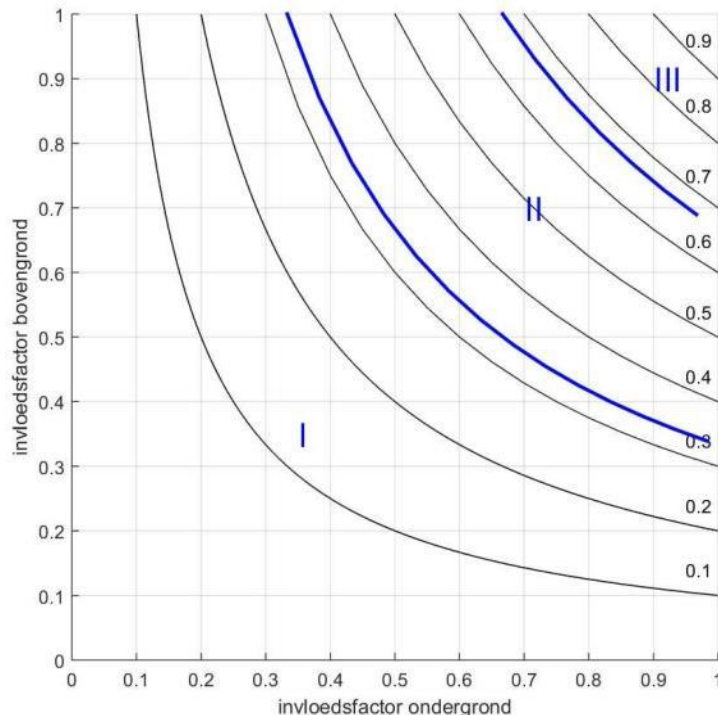
- seismisch actief zijn geweest
- óf een niet verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor M_{max} hoger uitvalt dan 2,5.

In stap 2 wordt op basis van een risicomatrix het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 8-2 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke groundbeweging (de “invloedfactoren ondergrond”) en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de “invloedfactoren bovengrond”).



Figuur 8-2: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen (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 8-3).



Figuur 8-3: 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).

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 beving⁸ gedurende de productietijd van het veld die bepaald is op basis van alle observaties van bevingen boven alle gasvelden in Nederland.
- Realistisch sterkste beving (Mmax). Voor een theoretische inschatting van de sterkste beving zijn twee verschillende benaderingen genomen:
 1. een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving
 2. een maat voor de mogelijke bevingsmagnitude als de langste breuk in het producerende veld in zijn geheel in één keer in beweging zou komen.
 Methode [1] resulteert doorgaans in lagere waarden voor Mmax dan methode [2]. Dit kan erop wijzen dat de totale hoeveelheid beschikbare energie die tot een beving kan leiden waarschijnlijk niet voldoende is om de grootste breuken in een veld in één keer in beweging te brengen.
- Ligging van het voorkomen. In de SRA methodiek (SodM, 2016) wordt er een onderscheid gemaakt tussen velden ten noorden van de lijn Amsterdam-Arnhem en velden ten zuiden van deze lijn. Dit onderscheid is gemaakt op basis van observaties. Er is nog nooit een aardbeving door gaswinning waargenomen ten zuiden van de lijn Amsterdam-Arnhem.
- 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).

⁸ De magnitude van een mogelijke beving ligt tussen de 1,5 en de magnitude voor de realistische sterkste beving, waarbij de kans logaritmisches afneemt met de magnitude.

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>)

De laatstgenoemde drie factoren (speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken) zijn van invloed op een mogelijk gevolgrisco voor schade en veiligheid. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat de geïnduceerde bevingen kunnen leiden tot een dergelijk gevolgrisco omdat de bevingen te zwak zullen zijn om een bedreiging te vormen voor deze objecten. Deze gevolgen zijn tot nu toe dan ook nooit waargenomen.

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

Stap 3:

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

8.4 Seismische Risico Analyse voor het Oostrum voorkomen

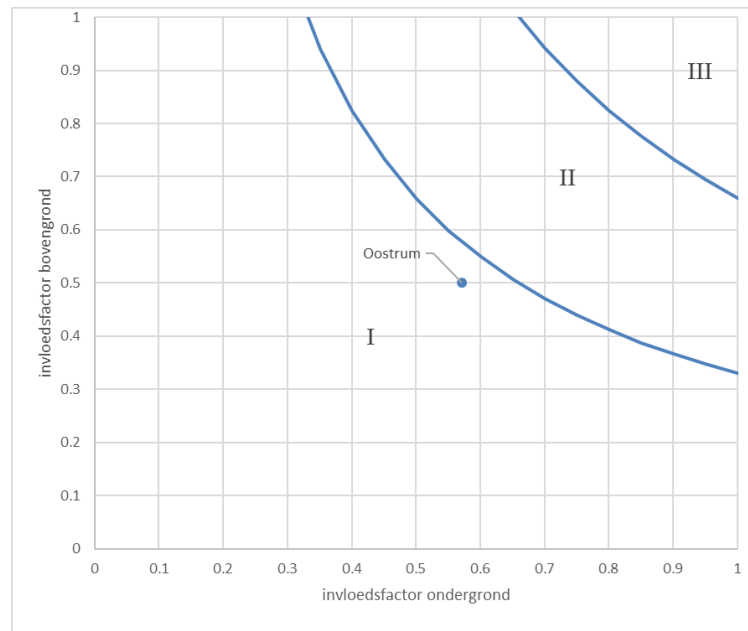
In stap 1 van de risicoanalyse wordt gekeken wat de kans op een mogelijke beving is gedurende de levensduur van het veld. In Tabel 8-1 staan de resultaten van de berekening voor deze kans. Details van de berekening staan in bijlage B.

Tabel 8-1: Scores voor veldindicator DHAIS kans op een beving

Voorkomen	DHAIS kans
Oostrum	19%

Het Oostrum voorkomen heeft volgens de berekening een niet-verwaarloosbare kans om te beven en bijlage B laat zien dat de theoretisch maximale magnitude boven de 2,5 ligt. Daarom wordt in “Stap 2” de positie van Oostrum in de risicomatrix bepaald.

In Figuur 8-4 staan de resultaten van de berekening voor “Stap 2”, de risicomatrix. Details van de berekening staan in bijlage B. Oostrum valt volgens de risicomatrix in risicocategorie I.



Figuur 8-4: Seismisch risico gepresenteerd in de seismische risicomatrix.

8.5 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Oostrum gasveld

De praktijkervaring met gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren leert dat lichte aardbevingen ten gevolge van 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. Dit laatste wordt bevestigd door de resultaten van de seismische hazard studie van TNO-NITG⁹. De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving en de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid. Deze afhankelijkheid wordt verder beschreven in een rapport van TNO¹⁰.

Onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke schade aan buisleidingen door potentiële aardbevingen (Deltares 2010, Schade aan buisleiding door aardbeving) toont aan dat mogelijke schade door geïnduceerde aardbevingen klein zal zijn (zowel in mogelijk aantal als ernst).

Hoofdstuk 9 beschrijft de verwachting dat bodemtrillingen geen effect hebben op de natuur of het milieu.

⁹ Wassing en Dost, 2012, TNO 2012 R11139

¹⁰ <http://nlog.nl/cmisis/browser?id=workspace%3A//SpacesStore/aaa232b1-e474-4d52-a0bb-ee580cfad188>

8.6 Monitoring van bodemtrillingen

Uit het KNMI rapport van 2012¹¹ blijkt dat het meetnetwerk voor dit gebied aardbevingen met een magnitude van 1,5 of hoger goed kan lokaliseren.

8.7 Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen of te beperken

De leidraad geeft aan dat voor de voorkomens in risicoklasse I geen additionele monitoringmaatregelen hoeven te worden getroffen.

8.8 Maatregelen die gevolgen van bodemtrillingen beperken of voorkomen

Voor mogelijke schade veroorzaakt door aardbevingen die worden veroorzaakt door gaswinning rust op de NAM de verplichting deze te vergoeden in overeenstemming met de regels van het burgerlijk recht. Er is een schaderegeling opgesteld voor schade veroorzaakt door aardbevingen als gevolg van gaswinning en/of opslag. Deze regeling is beschreven op de website www.nam.nl.

¹¹ Bernard Dost, Femke Goutbeek, Torild van Eck and Dirk Kraaijpoel, 2012, Monitoring induced seismicity in the North of the Netherlands: status report 2010

9 Overige omgevingsaspecten

9.1 Algemeen

De opsporing, winning en opslag van aardgas heeft bodembeweging tot gevolg dat zich kan uiten als bodemdaling aan het aardoppervlak of bodemtrillingen. Daarnaast leiden activiteiten op mijnbouwlocaties, zoals boringen of putonderhoud tot lichtuitstraling, geluidemissies en emissies naar de atmosfeer. Deze mogelijke gevolgen die niet het effect zijn van bodembeweging, worden beoordeeld door het bevoegd gezag in het kader van andere vergunningen dan het winningsplan.

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

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

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

Vergunningen

De volgende vergunningen zijn verleend ten behoeve van de uitvoering van het vigerende winningsplan "Kollum" en het aangepaste winningsplan Oostrum.

Locatie	Engwierum-1
Vergunning	Wabo 'milieu deel'
Verleend	d.d. 11 juni 2014 (revisie)
Bodem/grondwater	✓
Emissies	✓
Oppervlaktewater	✓
Externe Veiligheid	✓

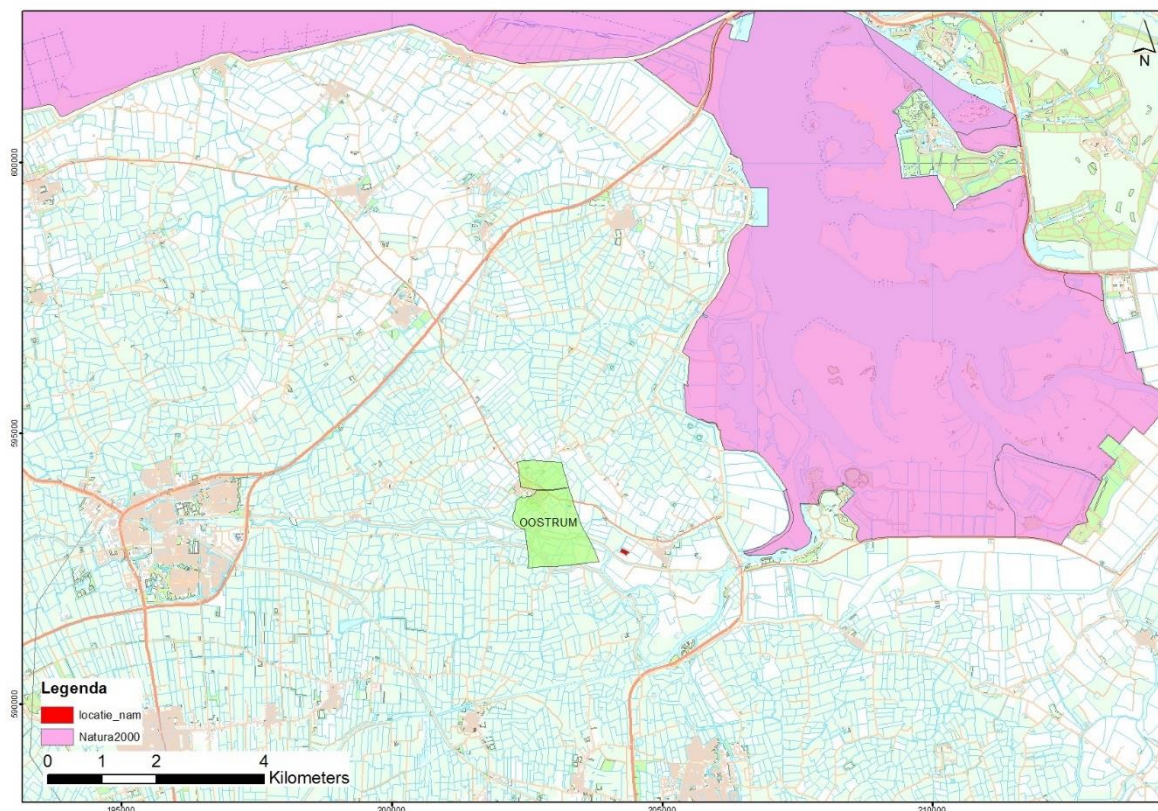
Met betrekking tot bovenstaande tabel zal hieronder worden aangegeven wat door de NAM wordt gedaan om genoemde gevolgen te voorkomen, dan wel de effecten hiervan te beperken.

9.2 Effecten op natuur en milieu

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

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuurgebieden in de omgeving van de mijnbouwlocatie Engwierum-1 (Figuur 9-1). Toegelicht wordt welke mijnbouwactiviteiten kunnen doorwerken op deze beschermde gebieden.

De locatie Engwierum-1 ligt niet in een Natura 2000-gebied. Ongeveer drie km ten oosten van de locatie begint het Natura 2000-gebied “Lauwersmeer” en zo’n tien km ten noorden van de locatie grenst het Natura 2000-gebied “Waddenzee”. Vanwege de afstand hebben activiteiten op de mijnbouwlocatie zelf, of eventueel transport van en naar de locatie, geen invloed op de kwaliteit van deze natuurgebieden. Het Natura 2000-gebied Waddenzee ligt buiten de invloedssfeer mogelijke bodembeweging als gevolg van de gaswinning Oostrum. In deze tekst beperken we ons daarom tot mogelijke effecten op het Lauwersmeergebied.



Figuur 9-1: Ligging Natura 2000-gebieden ten opzichte van het Oostrum gasveld.

Lauwersmeer

Het Lauwersmeergebied is een waterrijk natuurgebied dat in 1969 is ontstaan door afsluiting van de Lauwerszee. Met deze afsluiting verdween de getijdenstroming in het gebied en nam de invloed van zout zeewater snel af. Omdat er minder water door de geulen stroomde, waren de wadplaten en schorren onderhevig aan erosie en werden de geulen ondieper. Om te voorkomen dat de platen

zouden verdwijnen zijn de plaatranden op verschillende plekken verstevigd door er stenen te storten. In de loop der jaren is de vegetatie die karakteristiek is voor kwelders en duinvalleien verdwenen, met uitzondering van een paar plekken waar nog steeds invloed is van zout grondwater. Ook is op een aantal plekken in het gebied bos aangeplant. Het huidige beheer is erop gericht het landschap open te houden en de instandhoudingsdoelen na te streven. Dit beheer bestaat voornamelijk uit maaien en begrazing door vee. Een meer natuurlijk fluctuerend waterpeil zou goed zijn voor de rietontwikkeling in het gebied.

Het Lauwersmeer is in 2010 aangewezen als vogelrichtlijngebied. Deze aanwijzing heeft betrekking op 29 soorten die als “niet-broedvogels” worden beschermd en 13 soorten die als broedvogels worden beschermd, deels zijn dit dezelfde soorten. Van de niet-broedvogels zijn de volgende soorten ‘kwalificerende soorten’: fuut, aalscholver, lepelaar, kleine zwaan, wilde zwaan, kolgans, dwerggans, grauwe gans, brandgans, bergeend, smient, krakeend, wintertaling, wilde eend, pijlstaart, slobbeend, tafeleend, kuifeend, brilduiker, nonnetje, zeearend, meerkoet, kluut, bontbekplevier, goudplevier, grutto, wulp, zwarte ruiter en reuzenster. Bij de broedvogels gaat het om: roerdomp, bruine kiekendief, grauwe kiekendief, porseleinhoen, kluut, bontbekplevier, kempfaan, noordse stern, velduil, blauwborst, paapje, snor en rietzanger. Voor de meeste broedvogels worden de instandhoudingsdoelstellingen niet gehaald. Uitzonderingen zijn de blauwborst en de snor. Voor de niet-broedvogels blijven vooral de populaties steltlopers en enkele soorten eenden en ganzen achter (Aanwijzingsbesluit Lauwersmeer).

Kenmerkend zijn de soorten die voor hun broedsucces van waterriet afhankelijk zijn. Denk hierbij aan de roerdomp en het porseleinhoen. Het afkalven van de oevers en begrazing door vee leiden tot achteruitgang van waterriet in het gebied. Het stabiele, onnatuurlijke waterpeil houdt de uitbreiding van nieuw riet tegen. Het verbeteren van de plas-dras situatie langs de oevers van het Lauwersmeergebied en het uitbreiden van de rietkragen staat hoog op de agenda van de beheerder. Naast de invloed van veranderingen in vegetatiestructuur door beweiding en verruiging, heeft de vos waarschijnlijk een effect op de bruine kiekendief en de kluut. De bruine kiekendief heeft een groot areaal, hoge kwaliteit, landriet nodig om zijn nest effectief te verstoppen (Kleefstra et al. 2018)¹²

Mogelijke effecten van bodemdaling op het Lauwersmeergebied

Eventuele bodemdaling door gaswinning heeft geen effect op de omvang van het areaal land- of waterriet en ook niet op de kwaliteit van deze rietvoorkomens. Dit is bekend uit de jaarlijkse monitoring en het onderzoek dat NAM in het gebied laat uitvoeren als onderdeel van de Wet Natuurbeschermingsvergunning voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (zie bijvoorbeeld Kleefstra et al 2018). Deze monitoringresultaten worden jaarlijks gerapporteerd aan de Minister van Economische Zaken die ze ter kwaliteitscontrole voorlegt aan de commissie voor de m.e.r. De ontwikkeling van de vegetatie in het Lauwersmeergebied, als draagkracht voor de daar beschermde vogelsoorten, wordt zorgvuldig bestudeerd. Voor waargenomen veranderingen in natuurwaarden wordt getoetst of deze het effect kunnen zijn van bodemdaling door gaswinning. Hierbij wordt de bodemdaling als gevolg van alle verschillende winningen in de omgeving meegenomen. Ook de daling als gevolg van de gaswinning Oostrum wordt hierin betrokken. Zoals hierboven aangegeven zijn er tot dusver geen effecten van bodemdaling door gaswinning geconstateerd.

De geprognoseerde toename van de bodemdaling in de eindfase van de productie uit het Oostrum voorkomen is minder dan 2 centimeter. Effecten als gevolg van het voorgenomen gasproductie in het onderhavige winningsplan kunnen dan ook op voorhand worden uitgesloten. Afzonderlijke toetsing

¹² Kleefstra R., Bakker R., Beemster N., Bijkerk W., de Boer P., Buijs R., Ens B., Kampichler C. & Stahl J. 2018. Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie, vogels en muizen in het Lauwersmeer in 2017. Sovon-rapport 2018/15 en A&W-rapport 2466. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen/ Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv., Feanwâlden.

van de invloed op natuur en milieu door deze zeer beperkte mate van bodemdaling wordt derhalve niet noodzakelijk geacht.

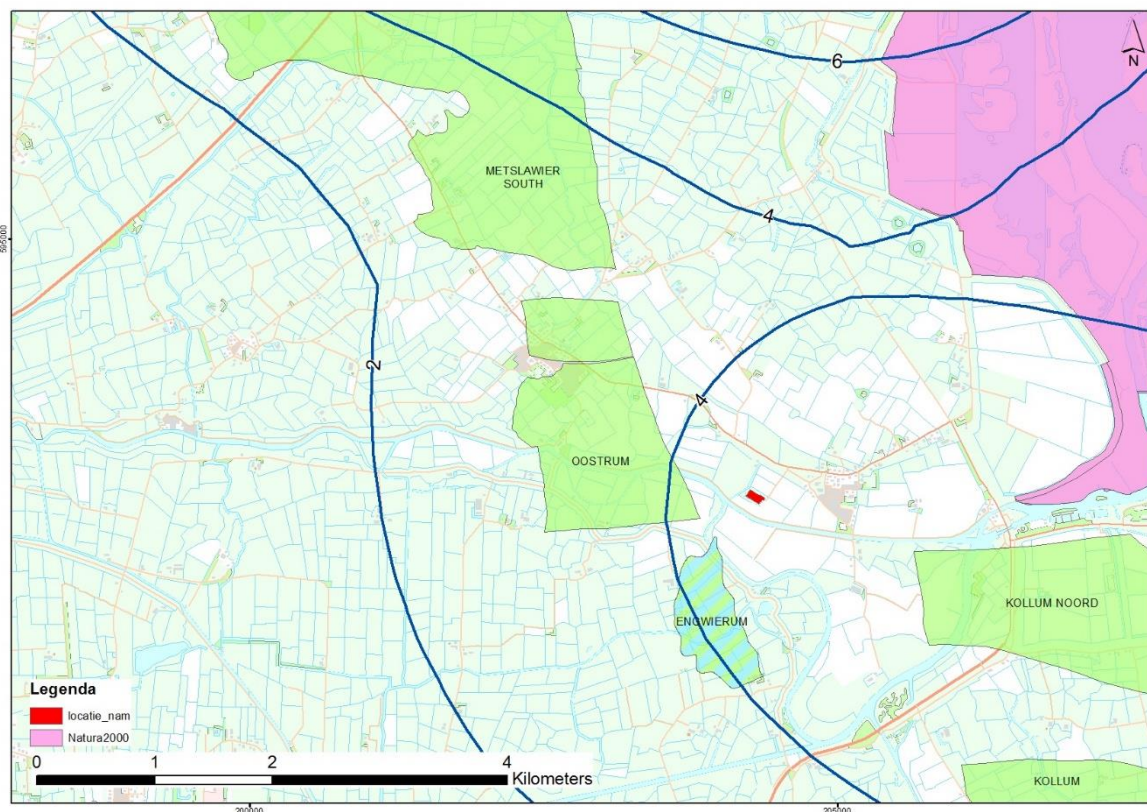
Cumulatie met andere winningen

Figuur 9-2 en Figuur 9-3 tonen de (geprognoseerde) bodemdaling in de omgeving van de mijnbouwlocatie Oostrum, in cumulatie met bodemdaling door andere gaswinning in de omgeving. In 2013 was dit 4 cm bodemdaling vanaf 1993. Daar komt in de periode tot 2034 minder dan 2 cm bij. Bestaande Wnb-vergunningen voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen kennen een zogenaamd Hand Aan de Kraan principe. Dit wil zeggen dat, indien de bodemdaling onder het Lauwersmeer leidt tot significante aantasting van instandhoudingsdoelen, de Minister van Economische Zaken handhavend kan optreden door de gasproductie te beperken of te staken. Hierbij hoeft de Minister zich niet tot de in die vergunningen genoemde gasvelden te beperken, maar kan alle winningen die bodemdaling veroorzaken onder het Lauwersmeergebied stilleggen indien daar ecologisch-juridisch gezien aanleiding toe is (Art. 3.4).

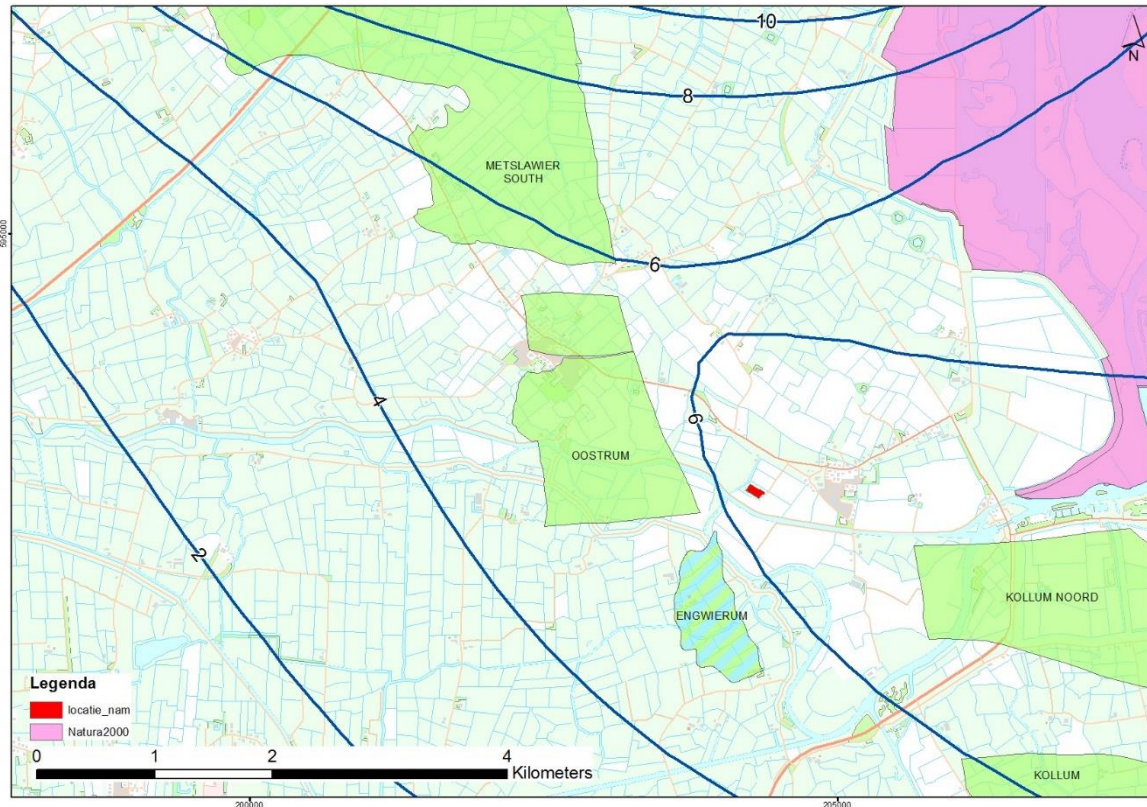
Samenvattend stellen we vast dat de bodemdaling als gevolg van de Oostrum winning verwaarloosbaar klein is en ook in cumulatie met andere winningen als zeer beperkt kan worden beschouwd. De hier bovengenoemde monitoringcyclus zorgt voor een jaarlijkse evaluatie van de relatie tussen bodemdaling en natuurdoelen in dit gebied.

Bodemtrilling in relatie tot Natuur- en Milieueffecten

Uit de Seismische Risico Analyse volgt dat de het gasveld Oostrum in categorie I valt (laagste risicocategorie). Negatieve gevolgen voor natuur en milieu door bodemtrillingen zijn dan ook niet te verwachten. Effecten van bodemtrilling op natuur worden derhalve niet nader beschouwd. De kans op nadelige meetbare effecten van bodemtrilling op het Natura 2000-gebied Lauwersmeer worden, gezien de aard van de trillingen, verwaarloosbaar geacht.



Figuur 9-2: In 2013 gemeten bodemdaling (in cm) van Oostrum in relatie tot Natura 2000-gebied Lauwersmeer.



Figuur 9-3: Gemodelleerde bodemdalingscontour (in cm) voor 2034 van het gasveld Oostrum in cumulatie met omliggende gasvelden ten opzichte van het Lauwersmeer

Bodem- / grondwaterverontreiniging

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

10 Verklarende woordenlijst

Aquifer	Ondergronds, watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
Cm	Uniaxiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente als door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
EZ	Ministerie van Economische Zaken
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 (in meter onder NAP)
Kern	Gesteentemonster uit de ondergrond verkregen bij het boren van een put
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
m RT	Diepte gemeten in m langs het boortraject, vanaf de boortafel (RT)
Mb	Mijnbouwbesluit
MER	Milieu-Effect-Rapportage
Mw	Mijnbouwwet
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
Nm ³	Gasvolume in kubieke meter bij 0 °C en 1.01325 bara
Permeabiliteit	De mate waarin een (poreuze) vaste stof een andere stof (gas of vloeistof) doorlaat. Indien een materiaal een andere stof niet doorlaat heet het materiaal voor die stof impermeabel.
Porositeit	Verhouding tussen het poriënvolume en het totale volume van het gesteente.
RD coördinaat	Coördinaten in het topografische kaartmateriaal zijn vermeld in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD). De auteursrechten en databankrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2006
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
SRA	Seismische Risico Analyse
TCBB	Technische Commissie Bodembeweging
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek

11 Bijlage A: Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor het Oostrum voorkomen is de onzekerheid in de C_m (compressibiliteit) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (ΔP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. De C_m onzekerheid bevat meerdere componenten: onzekerheid over het compactiegedrag, onzekerheid over de depleterende dikte en onzekerheid over de compressibiliteit op basis van coreplug metingen. Niet al deze onzekerheden zijn kwantitatief te bepalen en daarom is er voor een inschatting ervaring uit het verleden gebruikt. Voor een nieuw voorkomen op land wordt deze onzekerheid geschat op 75% op basis van ervaring uit het verleden. Na één of meerdere bodemdalingsmetingen is meer kennis beschikbaar gekomen over de combinatie van de depleterende dikte en compressibiliteit waarmee de onzekerheid geschat wordt op 25%. De onzekerheid voor de ΔP volgt uit de reservoirmodellen voor de laag-midden-hoog productiescenario's. De vermenigvuldiging van de C_m met de ΔP geeft een maat voor de compactie. Wanneer een hoge C_m met een hoge ΔP wordt vermenigvuldigd geeft dit een maximum scenario voor de onzekerheid. Een combinatie van lage waarden geeft een minimum. Een vertaling van compactie naar bodemdaling kan worden gemaakt met behulp van de Geertsma formule:

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

Waarbij:

D : Diepte veld [m]

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

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

ν Poisson's ratio [-]

R straal van het veld [km], waarbij de straal wordt gekozen op basis van een vergelijking met de contouren zoals getoond in Figuur 7-3.

De op deze manier berekenende bodemdalingsonzekerheid is getabuleerd in Tabel 11-1.

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

Voorkomen	Te verwachten drukdaling [bar] ¹³			Compressibiliteit (10^{-5} bar^{-1})	Onzekerheid compressibiliteit	Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)
	Midden productie scenario	Laag productie scenario	Hoog productie scenario					
Oostrum	26	9	78	0,4	25%	<2	<2	<2

¹³ T.o.v. de gemiddelde reservoir druk van het voorkomen in 2018

12 Bijlage B: Seismische Risico Analyse

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).

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor het Oostrum voorkomen.

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

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)¹⁴ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2012 is een update van deze studie uitgevoerd, waarin alle nieuwe data zijn meegenomen tot mei 2010¹⁵. Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

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

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

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

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

Waarbij:

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

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

A = De oppervlakte van het voorkomen gemeten binnen de GWC-dieptecontour (in vierkante meters);

De combinatie van de parameterwaarden geven een kans op beven voor een bepaald voorkomen gedurende de productietijd.

Reeds bevende voorkomens	
DP/P _{ini} ≥ 28%	$B > 0,86$ en $E \geq 1,34$: $P_h = 0.42 \pm 0.08$
	$B > 0,86$ en $1,01 \leq E \leq 1,33$: $P_f = 0.19 \pm 0.05$
	$B < 0,86$ en/of $E < 1,01$: verwaarloosbare kans
DP/P _{ini} < 28%	Verwaarloosbare kans

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

¹⁴ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit

¹⁵ TNO-rapport 2012 R10198. Van Thienen, 2012. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland.

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

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m) ¹⁶	Initiële druk (bar)	Totale druk daling volgens het hoog productie- scenario (bar)	Totale breuk- lengte (km)	Reservoir opper- vlakte (km ²)	Maximale waargenomen aard- beving	Aantal aard- bevingen per jaar	DHAIS E ¹⁷	DHAIS B	DHAIS kans
Oostrum	114	522	427	7,5	2,4	geen	geen	1,28	2,86	19%

Realistisch sterkste beving

Naast de kans op beven, wordt ook een theoretische waarde voor de “realistisch sterkste beving” (Mmax) bepaald. Er worden twee methoden gebruikt om de Mmax waarde te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. In de Seismisch Risico Analyse leidraad worden beide methoden gebruikt. Voor de berekeningen van de Mmax is uitgegaan van de standaardwaarden voor de “stress drop” en “partitie coëfficiënt” die gegeven zijn in de leidraad (respectievelijk 5 MPa en 0,01). De veld specifieke waarden die benodigd zijn voor de berekeningen en de uitkomsten voor de Mmax staan vermeld in Tabel 12-2.

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

Voorkomen	Langste breuklengte (km) ¹⁸	Poisson's ratio ¹⁹	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Oostrum	2,4	0,2	114	3,1	3,4

Stap 2: Risico matrix

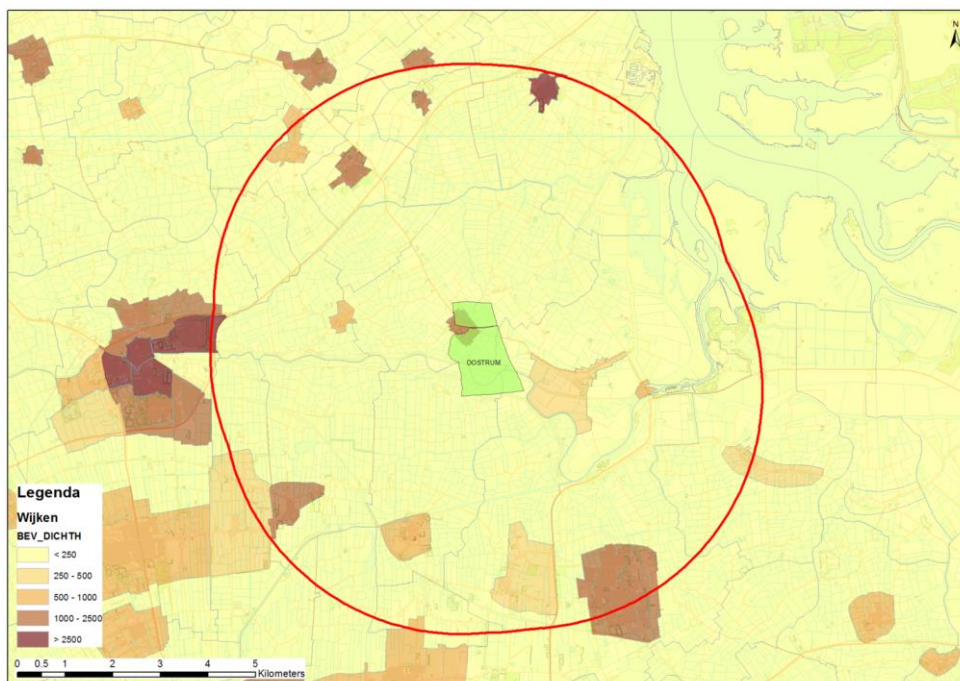
Voor het Oostrum voorkomen is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken (“Stap 2” van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risicomatrix. In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen. Figuur 12-1, Figuur 12-2 en Figuur 12-3 tonen de situaties voor respectievelijk “Bevolkingsdichtheid”, “Industriële inrichtingen”, “Speciale gebouwen en vitale infrastructuur” en “Dijken”. Figuur 12-4 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslinging te bepalen. Tabel 12-3 A en B tonen de evaluatie en scores voor de invloedfactoren. De risicomatrix is afgebeeld in Figuur 8-4.

¹⁶ Voor de DHAIS berekening wordt zowel de hoogte van de gaskolom als de totale reservoir dikte beschouwd. Het minimum van deze twee wordt gekozen voor de berekening van de “B” waarde zoals voorgeschreven door de DHAIS methodiek.

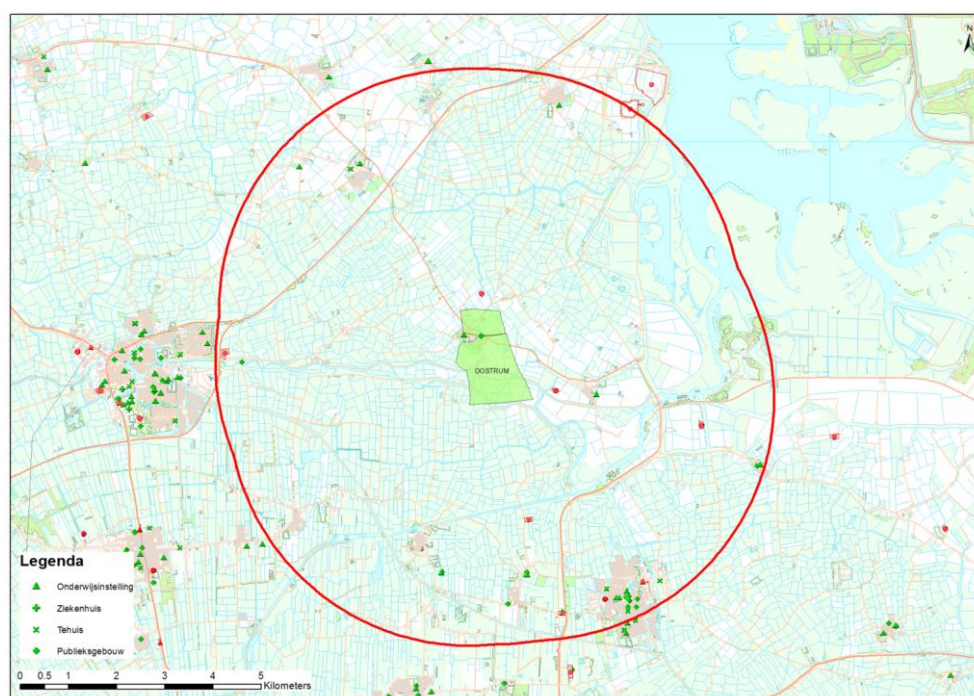
¹⁷ Young's moduli ratio volgens TNO rapport: Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde Seismiciteit, NITG 04-171-C. Voor nieuwe velden wordt de ratio van een analoog veld met dezelfde reservoir seal combinatie gebruikt.

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

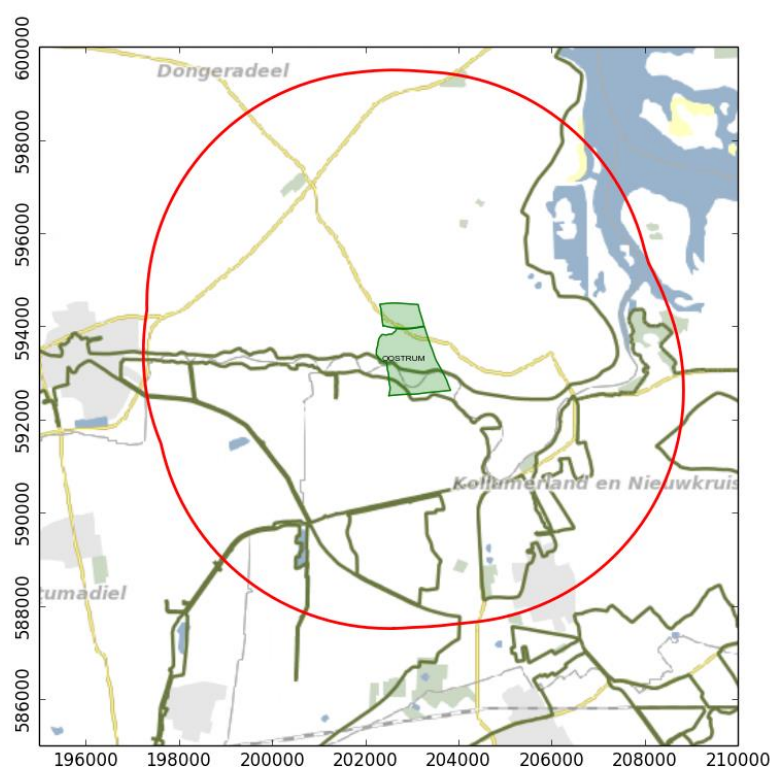
¹⁹ Poisson's ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplug metingen



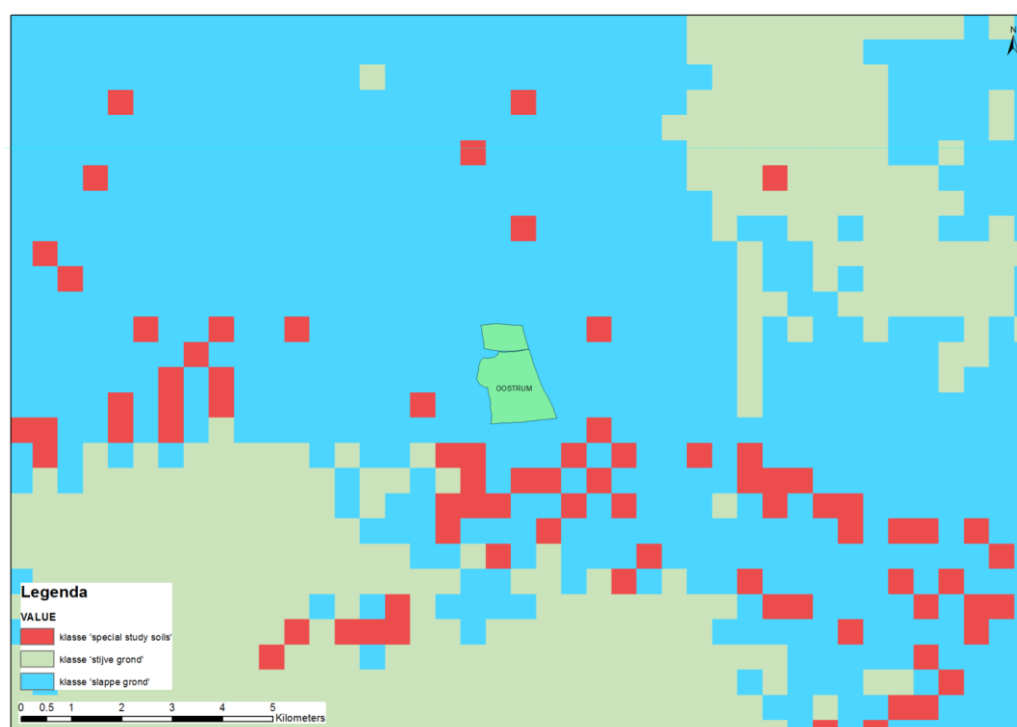
Figuur 12-1: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het Oostrum veld. De rode cirkel geeft de 5 km straal rond het Oostrum veld die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-2: Overzicht van de industriële inrichtingen (rode punt), ziekenhuizen (groene plus) onderwijsinstellingen (groene driehoek), tehuizen (groene x) en publieksgebouwen (groene ruit) boven het Oostrum veld. De rode cirkel geeft de 5 km straal rond het Oostrum veld aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-3: Overzicht van de dijken. De rode cirkel geeft de 5 km straal rond het Oostrum veld aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-4: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslingering te bepalen

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

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

A

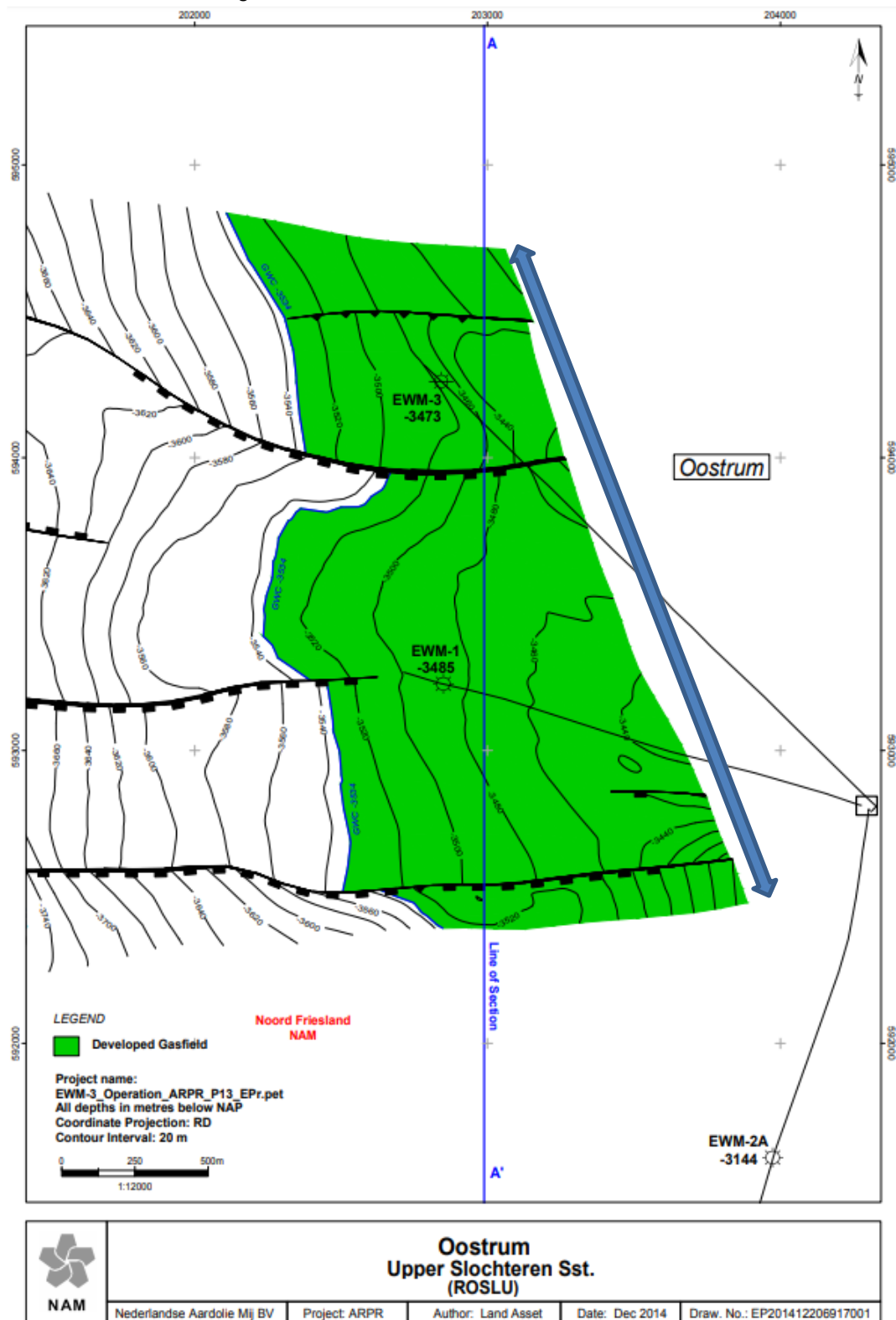
Voorkomen	Dhais	Mmax	Analoge velden	Opslintering	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km ²)	Industriele inrichting	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken
Oostrum	P=19%	Alle methodes 3,1 - 3,5	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	> 60 % slappe grond	< 250	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld

B

	score invloedfactoren ondergrond					score invloedfactoren bovengrond					
Voorkomen	Kans op beven of waargenomen bevingen	Magnitude	Ligging voorkomen	Opslintering	Genormaliseerde totaalscore ondergrond	Bevolkingsdichtheid	Industriele inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totaalscore bovengrond	Categorie
Oostrum	1	2	2	3	0,57	0	3	2	3	0,5	I

13 Bijlage C: Geologische kaarten voor het Oostrum veld

Kaart van het Oostrum gasveld



Doorsnede van het Oostrum gasveld

