

Aanvraag Instemming Winningsplan

Ezumazijl

5 november 2019

Blanco pagina

1 Samenvatting



Dit document betreft het winningsplan 'Ezumazijl' voor het voorkomen Ezumazijl. Het Ezumazijl voorkomen heeft eerder geproduceerd als onderdeel van het winningsplan 'Anjum'. In het winningsplan 'Anjum' werd verwacht dat productie uit het Ezumazijl voorkomen tot 2017 zou duren. Door optimalisatie van de productiefaciliteiten in de Moddergat en Lauwersoog satellieten en door het installeren van derde-traps compressie in het Anjum systeem, kan de productieperiode van het voorkomen Ezumazijl worden verlengd. NAM B.V. is voornemens om de productie uit het voorkomen te verlengen tot maximaal 2031. De productie zal plaatsvinden met een bestaande put in het voorkomen, die op dit moment niet produceert. Er zijn geen nieuwe boringen voorzien. De gaswinning blijft binnen het maximum volume waarmee was ingestemd in het vorige winningsplan 'Anjum'.

Het voorkomen Ezumazijl is in 1998 aangeboord door put Anjum-3 (ANJ-3) en in 1999 in productie genomen. Hierna is nog een put geboord ten noorden van ANJ-3, maar deze is nooit in productie genomen. Van het oorspronkelijk aanwezige gasvolume is tot 2019 al 42,4% geproduceerd. Vanaf 2020 is het nog te produceren volume maximaal 7% van het oorspronkelijk aanwezige gasvolume. Het overige deel van het gas is niet winbaar met de huidige technische middelen. Het winningspercentage van Ezumazijl blijft achter ten opzichte van het nabije Anjum voorkomen ten gevolge van slechtere reservoirkwaliteit.

De maximale productie uit het Ezumazijl gasveld, de uiterlijke einddatum van de productie, de maximaal verwachte bodemdaling en het seismisch risico staan aangegeven in de tabel hieronder.

Ezumazijl voorkomen		
Productie tot uiterlijk:	2031	
Maximale totale gaswinning:	1025	miljoen Nm ³
waarvan voor 1-1-2019:	879	miljoen Nm ³
waarvan na 1-1-2019:	146	miljoen Nm ³
Seismisch Risico Categorie:	I	
Verwachte bodemdaling door gaswinning Ezumazijl (1973-2050):	<2	cm
waarvan na 1-1-2020 verwacht maximaal*:	<2	cm
Maximale totale bodemdaling door alle gaswinning:	<12	cm
waarvan na 1-1-2020 verwacht maximaal*:	<2	cm

*Maximaal betekent hier de maximale daling boven het Ezumazijl voorkomen.

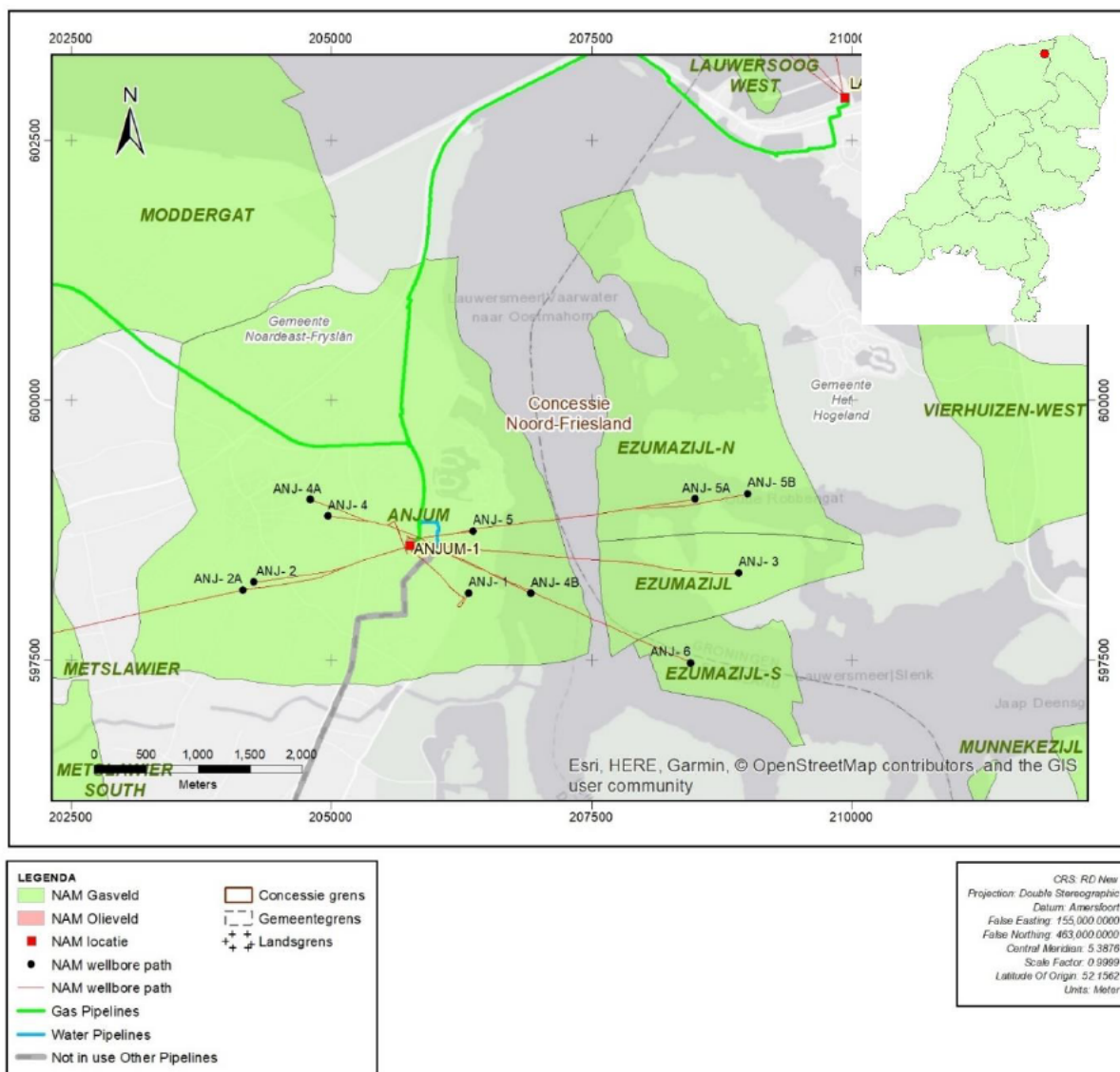
De daadwerkelijke bodemdaling zal worden gemonitord volgens het meetplan Noord-Nederland. Het meetplan wordt jaarlijks ter instemming aan SodM gestuurd en de analyse van de meetgegevens wordt met hen gedeeld.

Het seismische risico voor het Ezumazijl voorkomen wordt ingeschaald in categorie I volgens de SodM leidraad. Het optreden van verdere bodemtrillingen wordt gemonitord via het KNMI-metnet. Het Ezumazijl gasveld heeft in het verleden niet gebeefd. Mochten omwonenden schade

ondervinden, dan kan dat gemeld worden bij het Landelijk Loket Mijnbouwschade of direct bij de NAM. Sectie 8.6 geeft nader uitleg over de procedures die gevolgd kunnen worden.

Het gasvoorkomen is gelegen onder het volgende gebied (Figuur 1-1):

Voorkomen	Provincies	Waterschappen	Gemeentes
Ezumazijl	Friesland en Groningen	Waterschap Noorderzijlvest	Noardeast-Fryslân en Het Hogeland



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

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	3
	Inhoudsopgave.....	5
	Formulier aanvraag instemming winningsplan.....	7
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.....	15
5	Ondergrond	16
5.1	Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten.....	16
5.2	Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	16
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	25
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning.....	25
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen	25
6.9	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	25
6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	26
7	Bodemdaling	27
7.1	Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	27
7.2	Metten en berekenen van bodemdaling door gaswinning	28
7.3	Bodemdalingsvooruitzichten	30
7.4	Onzekerheid in verwachte bodemdaling	33
7.5	Monitoring van toekomstige bodemdaling	33
7.6	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	33

7.7	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	34
8	Bodemtrilling.....	35
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand.....	35
8.2	Historische bevingen in het Ezumazijl veld	35
8.3	Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Ezumazijl gasveld ..	35
8.4	Monitoring van bodemtrillingen en risicobeheersplan.....	35
8.5	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse	36
8.6	Afhandeling van schade	37
9	Overige omgevingsaspecten.....	38
9.1	Algemeen	38
9.2	Effecten op natuur en milieu	38
9.2.1	Gebiedsbeschrijving	39
9.2.2	Bodemdaling en natuur	39
9.2.3	Bodemtrilling.....	41
10	Verklarende woordenlijst.....	42
11	Bijlage A: Beschrijving compactiemodel en onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose.....	43
11.1	Compactiemodel	43
11.2	Parameterwaarden in het bodemdalingsmodel en onzekerheidsanalyse	43
12	Bijlage B: Seismische Risico Analyse	46
12.1	Seismische Risico Analyse voor het Ezumazijl voorkomen.....	49
13	Bijlage C: Geologische kaart.....	56

Formulier aanvraag instemming winningsplan

ex artikel 34 lid 1 Mijnbouwwet (Mw) juncto art kel 24 M jnbouwbesluit (Mb)

Elektronisch in te dienen bij:

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Directie Energie & Omgeving

<u>Artikel</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming van het winningsplan Ezumazijl	☐ 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
	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>	
Mw 34 lid 2	Indiener	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunninggebied(en) Liggende Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning(en) • Concessie: Noord-Friesland (KB 17/2/1969) - Provincies: Friesland en Groningen - Gemeentes: Noardeast-Fryslân en Het Hogeland
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	Ezumazijl
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

Wettelijk kader	Bedrijfs- en productiegegevens	Document sectie		Wijziging
		vigerend	aangepast	
Mw 35 lid 1	Beknopte beschrijving van het winningsplan	B1	1, 2	Verduidelijkt
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	B1.1	3	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	B2	5	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	B2.1	Bijlage C	Verduidelijkt
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, gasputten	B3	3.1	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	B3.1	3.1	Geactualiseerd
Mb 24 lid 1e,f	Overzicht boringen in voorkomen(s)	B4	4.2	Geen putten toegevoegd
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	B4.1	4.3	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden	B4.2	3.2, 4.3	Verduidelijkt
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	B5	6.4, 6.5	Verduidelijkt
Mb 24 lid 2	Productie filosofie	B5.1	6.4	Verduidelijkt
Mb 24 lid 2	Reservoir management	B5.2	6.4	Verduidelijkt
Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	B5.3	6.5	Geactualiseerd Totale winning binnen volumes van vigerend plan
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	B5.4	6.6	Geactualiseerd naar 2031
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	B6	6.9	Geactualiseerd
Mb 24 lid 1i	Jaarlijks eigengebruik bij winning	B7	6.7	Geactualiseerd
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakelde koolwaterstoffen	B8	6.8	Geactualiseerd
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	B9	6.10	Verduidelijkt
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	N.a.w.	5.4	Geactualiseerd
	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning			
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	C1	7.1	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingsprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	C2, C2.1	7.2 – 7.4 Bijlage A	Geactualiseerd. Totale bodemdaling binnen vigerend plan
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	C4	7.6	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	C5	7.5	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	C6	7.7	Verduidelijkt
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning			
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemtrilling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	C1	8.1, 8.2	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	C3	8.3, 8.4, Bijlage B	Geactualiseerd met SRA Risico onveranderd
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	C4	8.5	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	C5	8.6, 8.7	Geactualiseerd met seismisch risicobeheersplan
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	C6	8.8	Geactualiseerd met schadeprotocol

	Overige veiligheidsaspecten			
Mw 35 lid 1g Mw 26 lid 1c,d (natuur & milieu)	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	n.v.t.	9.1, 9,2	Geactualiseerd – risico onveranderd
*Ondertekening  Naam: - Functie: Asset Manager – Asset Land		Datum: 05 November 2019 Plaats: Assen Mb 24 lid 1 Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen. Zie deel "vertrouwelijk"		

2 Inleiding

Dit document betreft een het winningsplan 'Ezumazijl'. Voorheen maakte het Ezumazijl voorkomen deel uit van het winningsplan 'Anjum'.

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Winningsvergunning Noord-Friesland, waarin het voorkomen Ezumazijl gelegen is. 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. De reden voor wijziging van het vigerende winningsplan is de verlenging van de verwachte duur van gasproductie (van 2016 naar 2031). De bodemdalinganalyse en seismische risicoanalyse is aangepast, waarbij het risico ongewijzigd is ten opzichte van het vorige winningsplan.

De langere verwachte duur van gasproductie is het gevolg van optimalisatie van de faciliteiten en toevoegen van derde-traps compressie voor productie uit de Ezumazijl put. De gaswinning blijft binnen het maximum volume waarmee was ingestemd in het vorige winningsplan.

Hieronder een overzicht van winningsplannen en actualisaties:

Datum	Document
december 2003	Origineel winningsplan 'Anjum'
september 2011	Wijziging winningsplan 'Anjum' – verlenging en verhoging productie
november 2019	Winningsplan 'Ezumazijl' – dit winningsplan – verlenging productie

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

2.2 Leeswijzer

In dit document wordt ingegaan op de manier waarop het gas gewonnen wordt, de geologische eigenschappen van het ondergrondse gasvoorkomen, de verwachte productiehoeveelheden, de mate van bodemdaling en het risico op aardbevingen.

Hoofdstuk 1 (Samenvatting) geeft een overzicht van dit winningsplan en is bedoeld om de belangrijkste punten van het plan uit te leggen zonder technische details. Hoofdstuk 3 (Plaats van winning) en 4 (Boringen) geven meer informatie over de locaties en putten. Hoofdstuk 5 (Ondergrond) geeft een beschrijving van de ondergrond, en met name de geologie. In hoofdstuk 6 (Ontwikkelingsvooruitzichten) wordt ingegaan op de historische en toekomstige productie en de ontwikkelingsplannen voor het Ezumazijl voorkomen. Hoofdstuk 7 (Bodemdaling) beschrijft de historische en verwachte bodemdaling in het gebied rondom het voorkomen. Hoofdstuk 8 (Bodemtrilling) gaat verder in op de seismische risicoanalyse. Ten slotte beschrijft Hoofdstuk 9 de mogelijke effecten van bodemtrilling en bodemdaling op natuur en milieu.

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

- Totala productie uit het Ezumazijl 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 aanpassen;
- 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 worden ingediend.

- c. 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 aanpassen;
- d. Ezumazijl ingedeeld blijft in seismische risicocategorie I. NAM zal het winningsplan aanpassen als op basis van nieuwe gegevens of inzichten het seismisch risico van het Ezumazijl veld groter blijkt te zijn.

Een actualisatie zoals hierboven genoemd vereist de instemming van de minister van Economische Zaken en Klimaat. 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 en Klimaat. 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.

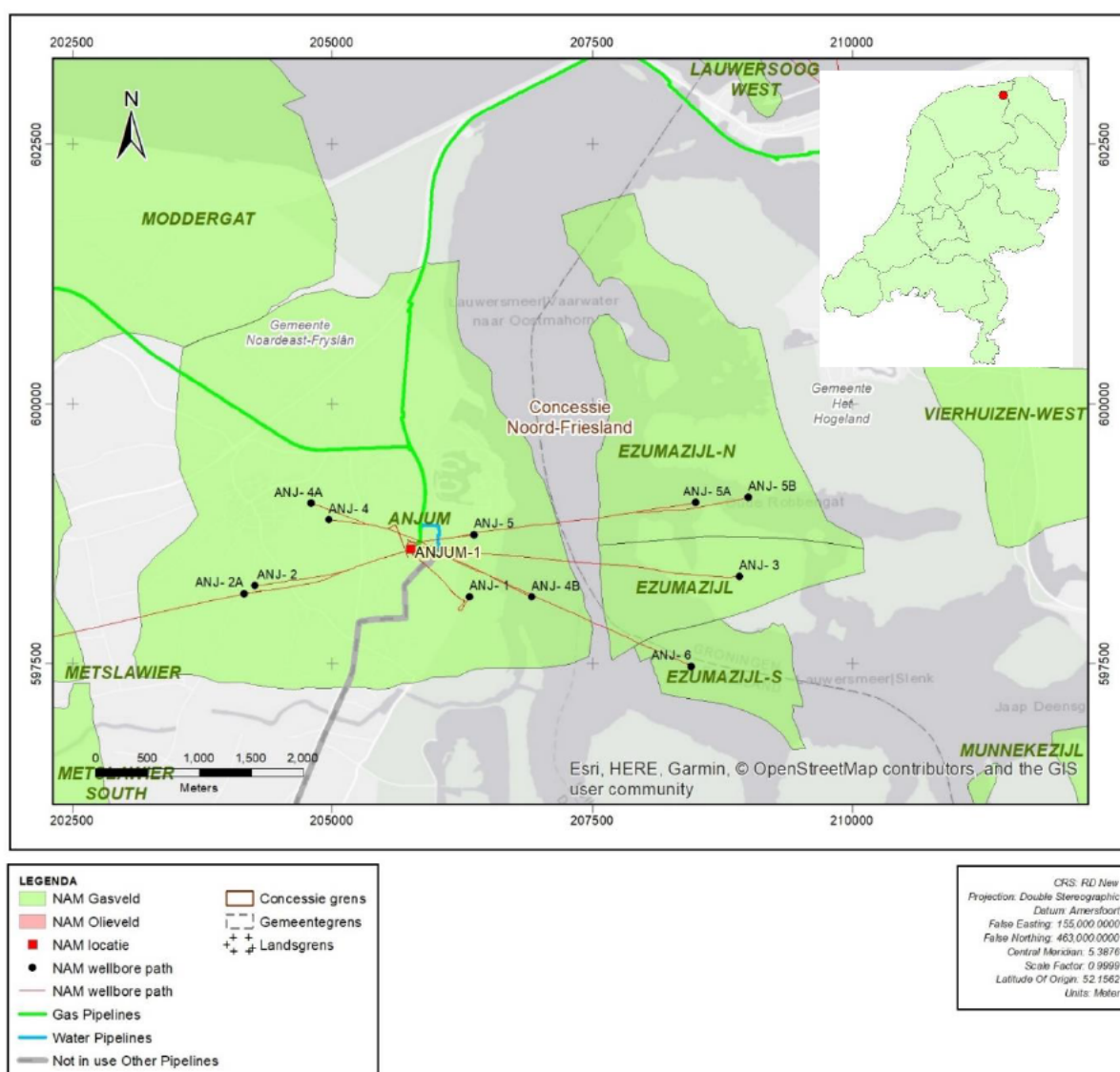
3 Plaats van winning

3.1 Productielocatie, putten en voorkomen

Het Ezumazijl gasvoorkomen wordt door één put vanaf de Anjum-1 locatie geproduceerd. Daarnaast is er één geabandonneerde put die niet geproduceerd is (ANJ-5A,B). Het voorkomen ligt onder de provincies Friesland (gemeente Noardeast-Fryslân) en Groningen (gemeente Het Hogeland). Het voorkomen valt binnen het beheer van Waterschap Noorderzijlvest.

Figuur 3-1 toont de topografische kaart van gasvoorkomen Ezumazijl, inclusief infrastructuur als locatie, putten en pijpleidingen. De put ANJ-6 heeft in het zuidelijke blok; Ezumazijl-South, een ander gas-water contact aangetoond en vanwege de geringe hoeveelheid gas is deze put geabandonneerd. Op de locatie Anjum-1 wordt het gas behandeld en op specificatie gebracht voor aflevering aan de GasTerra b.v. In Figuur 3-2 wordt een luchtfoto getoond van de Anjum-1 locatie.

De aanwezige beschermde natuurgebieden (Natura 2000-gebieden), waterwingebieden, grondwaterbeschermings- en zoutwinningsgebieden worden in Figuur 5-2 getoond.



Figuur 3-1: Kaart van het Ezumazijl voorkomen en de infrastructuur.

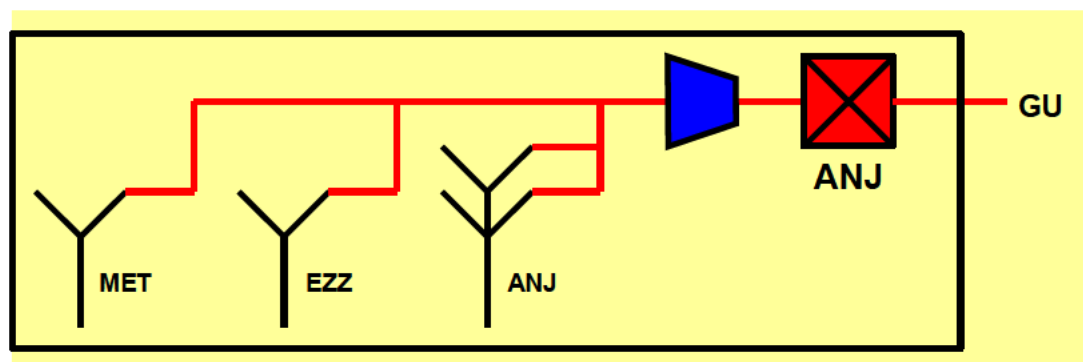


Figuur 3-2: Gasbehandelingsinstallatie Anjum-1 locatie.

3.2 Schematische weergave gasbehandeling en afvoer van het gas

In Figuur 3-3 staat een schematische weergave van de gasstromen uit de voorkomens Metslawier (MET), Ezumazijl (EZZ) en Anjum (ANJ), die worden behandeld op de locatie Anjum-1. De gasstromen worden, voordat behandeling plaatsvindt, door compressoren geleid (blauwe trapezium in Figuur 3-3).

De condensaatstroom (een kleine hoeveelheid vloeibare koolwaterstoffen die meekomt met de gasproductie) wordt afgevoerd per truck naar Grijskerk, waarna het via een pijpleiding naar Delfzijl gaat voor verdere verwerking.



Figuur 3-3: Schema van de gasstromen op de Anjum-1 locatie.

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. Voor het voorkomen Ezumazijl worden geen nieuwe boringen verwacht. Onderstaande beschrijving is ter informatie en verduidelijking van de constructie van de bestaande putten.

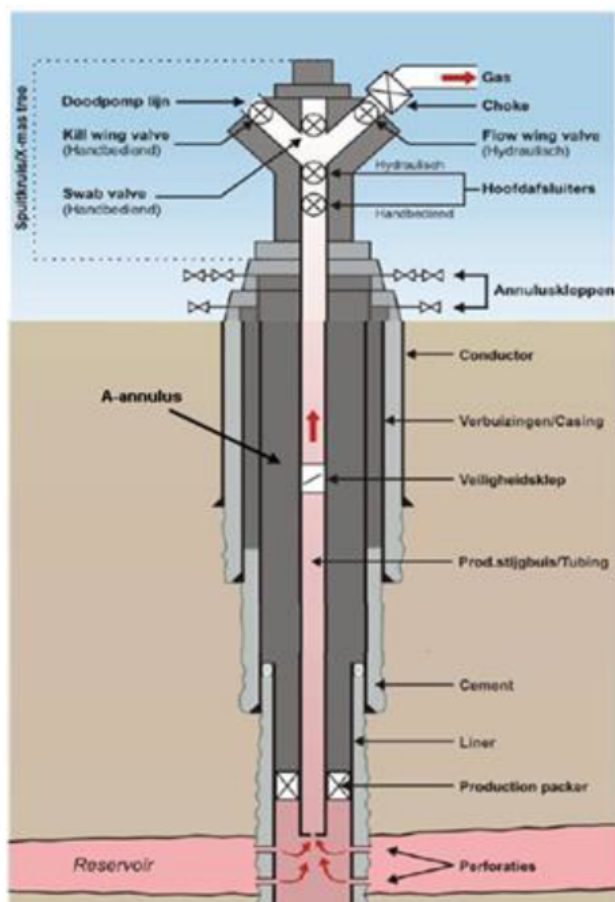
Het boren van een put gebeurt met een boortoren. Voordat de boortoren op locatie wordt geplaatst wordt er een buis, ook wel conductor genoemd, in de grond geheid (ongeveer 50 meter diep). De boortoren wordt daarna boven op deze geheide buis opgebouwd. Een boorpijp bestaat van onder naar boven uit een 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 herhaalt 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 gasstroomsnelheid continu gemeten kunnen worden.



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

4.2 Overzicht boringen

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

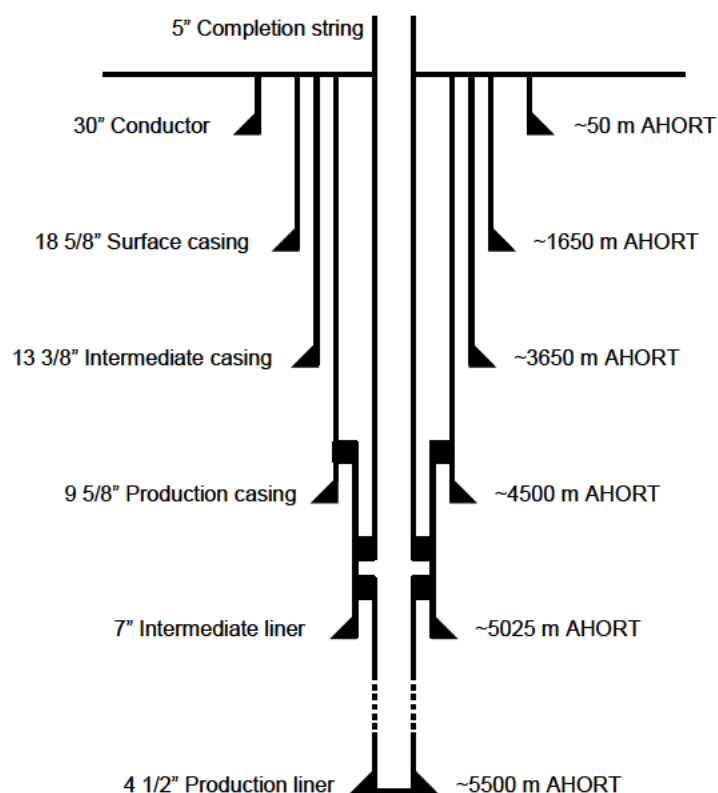
Tabel 4-1: Lijst van boringen.

Putnaam	Putvorm	Locatie	Status
ANJ-3	Gedevieerd	Anjum-1	Ingesloten
ANJ-5B	Gedevieerd	Anjum-1	Geabandonneerd

De ANJ-6 put ten zuiden van het Ezumazijl voorkomen heeft een ander gas-water contact gevonden en om deze reden is dit een ander voorkomen met de naam Ezumazijl-South. ANJ-6 is gesuspendeerd.

4.3 Schematische voorstelling putverbuizingen

In Figuur 4-2 is schematisch de verbuizingen van de ANJ-3 put weergegeven met de dieptes van de casings. De verbuizingen van de andere Ezumazijl put volgt een vergelijkbaar schema. De put ANJ-3 is op een diepte tussen 4002 en 4065 meter TVD door perforaties verbonden met het gashoudende Rotliegend reservoir.



Figuur 4-2: Schematische voorstelling van ANJ-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).

4.4 Putstimulatie

Het reservoirgesteente van het Ezumazijl voorkomen is voldoende 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 vervolgens worden 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 gasvoorkomen is alleen bekend op een klein aantal plaatsen waar een put het reservoir binnengaat. Het gevolg daarvan is dat er onzekerheid is over de vorm en 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. Een boorgat heeft een diameter van typisch 6 inch of 15 cm, van waaruit de instrumenten ongeveer een decimeter ver kunnen meten. Het Ezumazijl veld is ongeveer 2,5 km lang en 1 km breed. 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, en de informatie uit de put-locaties over het gehele 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 gegenereerde olie of gas dat in het doorlatend gesteente naar boven stroomt ('migreert'), doordat het lichter is dan water, kan gevangen worden in een gesteente dat is afgesloten met een ondoorlatende laag waaronder zich dan het olie- of gasreservoir vormt. 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 plooiingen of breuken in het

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

gesteente omdat gesteente niet goed buigzaam is. Het resultaat is dat het gesteente vaak uit licht schuin-liggende breukblokken bestaat.

Tabel 5-1: Lijst van formaties.

Ouderdom	Groep	Formatie	Member	Afkorting
Tertiair	North Sea (NS)	Upper	Upper NS	NU
		Middle	Middle NS	NM
			Asse Clay	NLFFB
			Brussels Sand	NLFFS
			Ieper Clay	NLFFY
			Basal Tuffite	NLFFT
			Landen Clay	NLLFC
Boven Krijt	Chalk (CK)	Ommelanden Chalk	Ommelanden	CKGR
		Texel Chalk	Plenus marl	CKTP
			Texel Marl	CKTXM
Onder Krijt	Rijnland (KN)	Holland	Upper Holland Marl	KNGLU
			Middel Holland Claystone	KNGLM
			Lower Holland Marl	KNGLL
		Vlieland	Vlieland Claystone	KNNC
			Vlieland sandstone	KNNSF
Trias	Upper Trias	Muschelkalk	Lower Muschelkalk	RNMUL
		Rot	Upper Rot Claystone	RNROU
			Rot Evaporite	RNROE
		Solling	Solling Claystone	RNSOC
		Volpriehausen	Volpriehausen Claystone	RBMVC
	Lower Trias (RB)		Volpriehausen Sandstone	RBMVL
		Lower Buntsandstein	Rogenstein	RBSHR
			Main Claystone member	RBSHM
			Basal Buntsandstein Eqv.	RBSHL
Boven Perm	Zechstein (ZEZ)	ZE	ZE Salt	ZESA
		Z2	Z2 Anhydrite	ZEZ2A
			Z2 Carbonate	ZEZ2C
		Z1	Z1 Upper Anhydrite	ZEZ1T
			Z1 Halite	ZEZ1H
			Z1 Anhydrite	ZEZ1W
			Z1 Carbonate	ZEZ1C
			Coppershale	ZEZ1K
Onder Perm	Rotliegend (RO)		Ten Boer Claystone	ROCLT
			Slochteren Sandstone	ROSLN
Carboon	Limburg (DC)			DC

Reservoir Formatie

De Rotliegend formatie (lichtpaars in Tabel 5-1) is het gashoudend reservoir voor het Ezumazijl voorkomen. Het Rotliegend heeft zich ontwikkeld tijdens het Perm tijdperk. Het Rotliegend wordt opgedeeld in een Ten Boer formatie en een Slochteren formatie. De eerste is een kleisteen waaruit in

dit gebied geen gas gewonnen wordt. Het Slochteren is een dik pakket zandsteen waaruit wel gas gewonnen wordt in het Ezumazijl veld. Deze zandsteen is van redelijk goede reservoirkwaliteit en relatief goede doorlatendheid. De Rotliegend groep wordt afgedekt door de Zechstein groep die een ondoorlatende afsluiting vormt en het gas in het reservoir insluit.

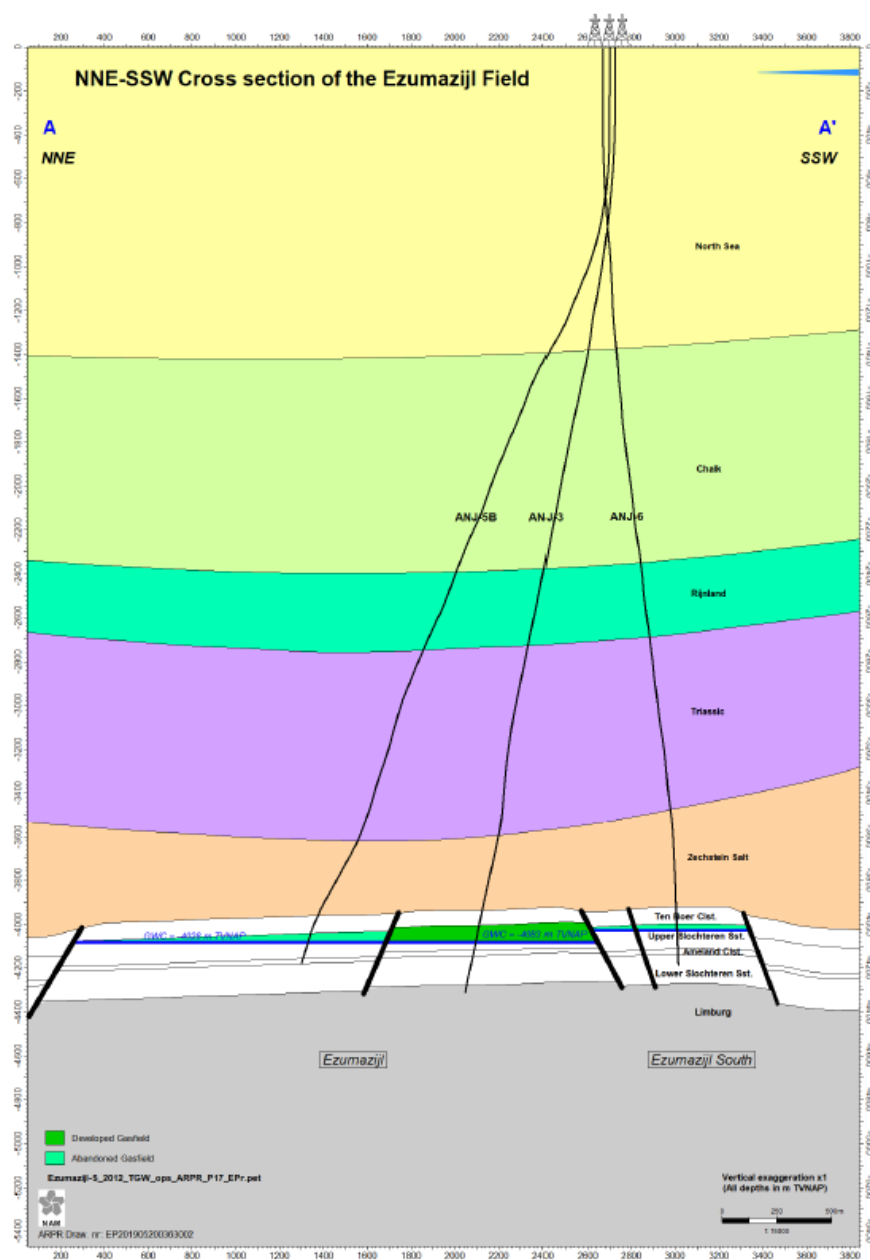
Bron Koolwaterstoffen

Het gas in het Ezumazijl Rotliegend 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 naar de bovenliggende zandsteenlagen van Perm ouderdom (Rotliegend reservoir). Dit gebeurde langs breuken, door verticaal permeabele lagen en natuurlijke scheurtjes. Het gas verzamelt zich in de hoogste plaatsen van het reservoir en boringen zullen dan ook op zulke plaatsen gericht zijn.

Structuur

Het Ezumazijl voorkomen bestaat uit drie breukblokken die worden gescheiden door breuken. Het zuidelijke blok heeft een ondieper gas water contact dan het centrale blok en is dus niet in druk communicatie. Dit is het geabandonneerde Ezumazijl-Zuid veld. Ook het noordelijke blok met daarin de geabandonneerde ANJ-5B put, wordt niet verondersteld mee te produceren met het centrale blok. Het centrale blok waaruit het gas geproduceerd wordt is een enigszins wigvormig langwerpige blok dat aan de noord, oost en zuidzijde wordt begrensd door breuken en aan de westzijde door het gas water contact.

Het veld wordt zowel aan de bovenkant als langs de randbreuken afgesloten door de ondoorlatende Ten Boer kleien en zouten van het Zechstein (Figuur 5-1).



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

Reservoireigenschappen

In Tabel 5-2 zijn de gemiddelde gesteente-eigenschappen van het Rotliegend reservoirgesteente weergegeven. De verhouding van zand (doorlatend en gashoudend) ten opzichte van klei (ondoorlatend en niet producerend) wordt aangegeven met Net-to-Gross. De verhouding van het (gashoudend) poriënvolume ten opzichte van het totale gesteentevolume is aangegeven met de porositeit. De mate van doorlatendheid van het gesteente wordt aangeduid met permeabiliteit. Hierbij moet gemeld worden dat de eigenschappen een onzekerheid met zich meebrengen.

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

Producterende formatie	Gemiddelde Net-to-Gross (%)	Gemiddelde porositeit (%)	Permeabiliteit (mD)
Slochteren	96	13,7	29

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

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de Rotliegend formatie bevindt zich nog ongeveer 4000 m gesteente dat bestaat uit gelaagde pakketten. Hieronder staan de formaties beschreven (van boven naar beneden) die boven het Rotliegend van het Ezumazijl voorkomen te vinden zijn (zie ook Tabel 5-1 en Figuur 5-1):

Tertiair

- Boven-Noordzee: Kleilagen (ondoorlatend) afgewisseld met zandlagen. Deze formatie beslaat de bovenste 300 - 500 m. Grondwater bevindt zich hierin.
- Onder-Noordzee: Kleilagen (ondoorlatend) afgewisseld met (doorlatende) zandlagen.

Krijt

- Ommelanden: Krijtsteen Doorlatend
- Texel Mergel Half-doorlatend
- Holland & Vlieland: Mergel & Klei Ondoorlatend.

Trias

- Muschelkalk Kalksteen Doorlatend
- Rot Klei & Evaporiet Ondoorlatend.
- Upper Bunter Klei & Evaporie Ondoorlatend.
- Rogenstein Silt/Kleisteel Op plaatsen doorlatend
- Main Claystone : Klei. Ondoorlatend.
- Basal BuntZandsteen Siltsteen Op plaatsen doorlatend

Boven Perm

- Zout : Haliet (zout) Ondoorlatend
- Anhydriet : Anhydriet Ondoorlatend
- Carbonaat : Carbonaat Op plaatsen doorlatend

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

5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

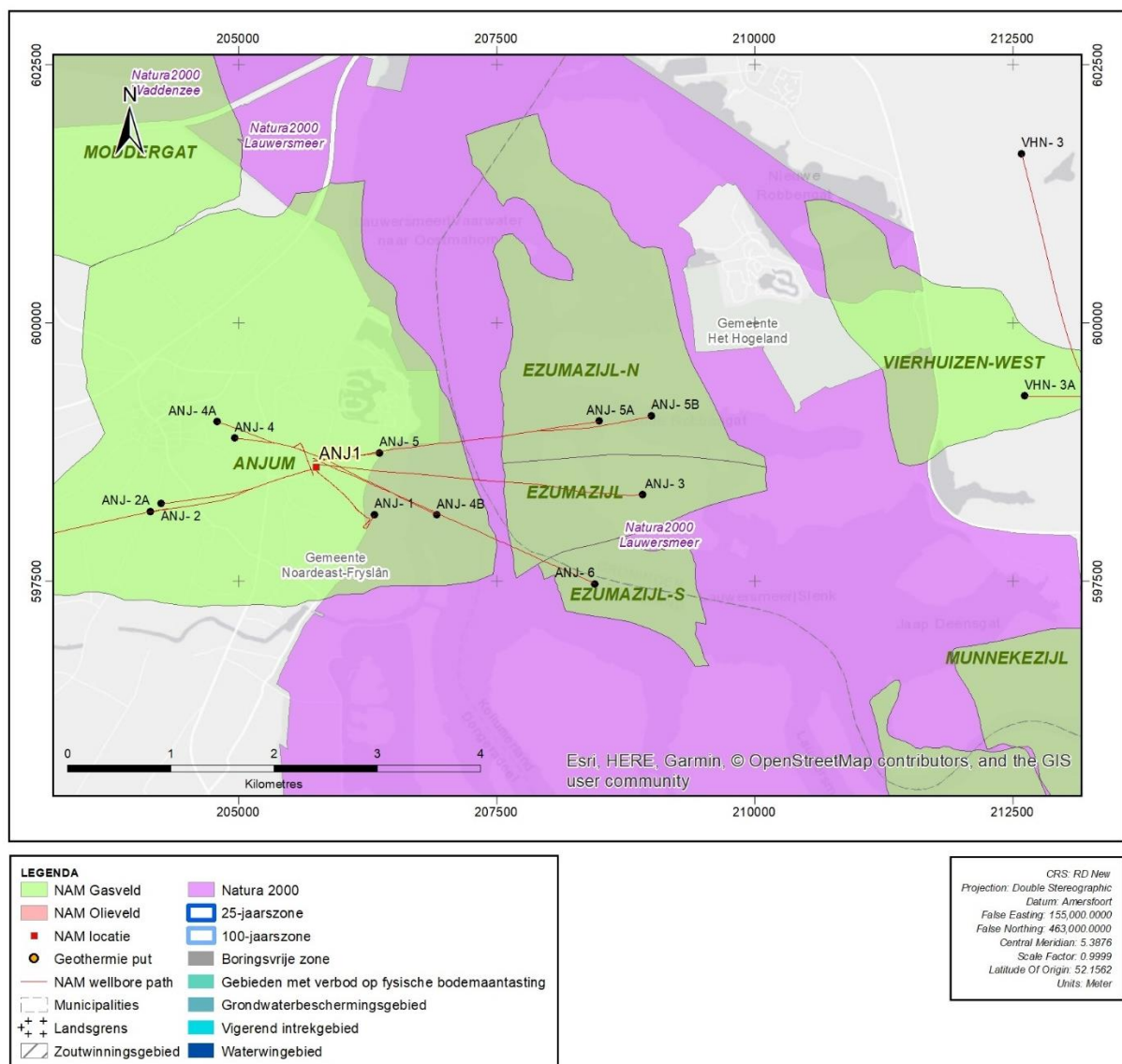
In Nederland vindt waterwinning plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee formatie, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat tot zoutwater. Deze grens ligt meestal op ongeveer 20 tot 150m diepte. Zoutwater is aanwezig in de ondergrond tot aan de basis van het sedimentair bassin (>5km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

Er zijn op dit moment geen geothermische projecten voorzien in de buurt van het Ezumazijl gasveld.

Mochten er in de toekomst toch geothermische projecten gerealiseerd worden, dan moeten eventuele ongewenste interacties voorkomen worden. SodM ziet hierop toe als toezichthouder voor zowel gaswinning als geothermie.

Zoutwinning vindt plaats in Nederland vanuit verschillende lagen. Ook in de provincies Groningen en Friesland wordt zout gewonnen. Deze winning is echter niet in de buurt van het Ezumazijl veld en er wordt daarom geen interactie verwacht.

De Gasopslag van Grijpskerk bevindt zich meer dan 5 km ten Zuiden van het Ezumazijl veld op een diepte van ongeveer 3 km. Er wordt geen interactie verwacht, maar eventuele interactie die toch plaatsvindt wordt gemonitord zoals beschreven in het meetplan.



Figuur 5-2 : De positie (afwezigheid) van waterwinning- en grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van het Ezumazijl voorkomen.

6 Ontwikkelingsvooruitzichten

6.1 Inleiding

Het Ezumazijl voorkomen is in 1998 aangeboord met de put ANJ-3 en in 1999 in productie genomen. De productiesnelheid is sindsdien sterk afgenomen door de afnemende reservoirdruk. De ontwikkeling van het Ezumazijl voorkomen is inmiddels in de eindfase. Van het oorspronkelijk aanwezige gasvolume is tot 2019 al 42% geproduceerd, waarbij in 2016 voor het laatst is geproduceerd. Vanaf 2019 is het nog te produceren volume maximaal 7% van het oorspronkelijk aanwezige gasvolume. Het overige deel van het gas is niet winbaar met de huidige technische middelen.

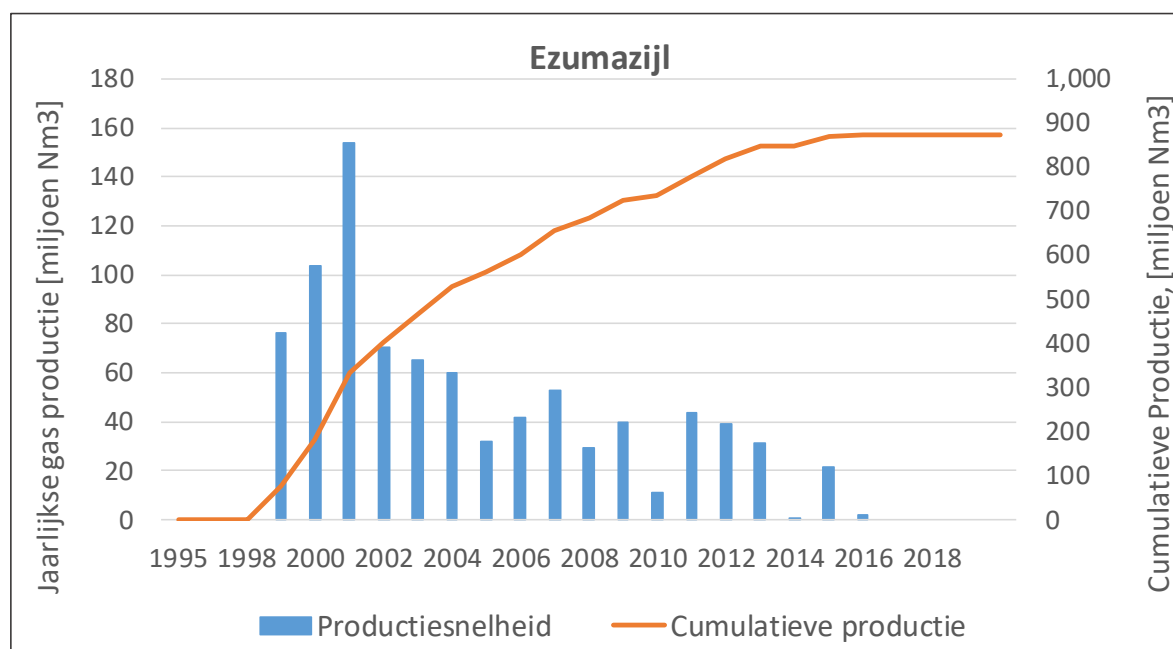
6.2 Historische Productie

De historische gasproductie uit het Ezumazijl voorkomen vond plaats door middel van 1 put op de locatie Anjum-1. De historische productie per jaar is te vinden in Tabel 6-1.

Tabel 6-1: Historische productie.

Productie [miljoen Nm ³]	Voor 2003	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Historische productie t/m 2019
Ezumazijl	404	65	60	32	42	53	29	40	11	44	39	31	0	21	2	0	0	879

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



Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie voor Ezumazijl.

6.3 Onzekerheden

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

- De productiesnelheid van de ANJ-3 put na opstarten van de compressor i.v.m. eventuele zandproductie.
- De hoeveelheid gas die nog verbonden is met de ANJ-3 put.
- De minimale productiesnelheid die putten nodig hebben om stabiel te produceren.

De onzekerheden kunnen afnemen door monitoring van reservoir- en productiegedrag (inclusief zandproductie).

6.4 Winningsstrategie & reservoir management

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

In 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 de totale winning als percentage van het oorspronkelijke aanwezige gas.

Tabel 6-2: Verwachte totale winning en winningspercentage.

Voorkomen	Statische GIIP [miljoen Nm ³]	Totale winning tot eind 2018 [miljoen Nm ³]	Verwachte totale winning (M. scenario) [miljoen Nm ³]	Maximaal verwachte totale winning (H. scenario) [miljoen Nm ³]	Winnings- percentage (M. scenario)	Maximaal winnings- percentage (H. scenario)
Ezumazijl	2070	879	999	1025	48%	50%

De reservoirprestaties worden gemonitord door:

- Water-, condensaat- en gasproductiemetingen (kunnen van afstand uitgelezen worden).
- Regelmatige drukmetingen.

Indien de productieprestatie van een put vermindert, kan het nodig zijn de verbuizing onderin bij de perforaties schoon te maken (*clean-out*), om opnieuw te perforeren, of om de influx van zand vanuit het reservoir in de put te verminderen door installatie van ‘screens’ in de put.

6.5 Winningssnelheid (productievolumes per jaar)

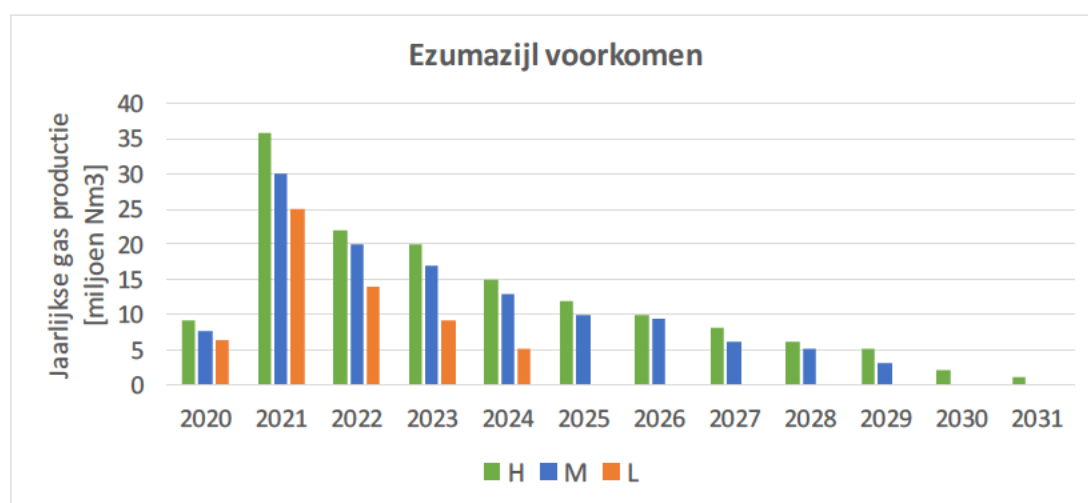
Deze paragraaf geeft de verwachte productieprofielen van de Ezumazijl voorkomen weer. Er zijn drie productieprofielen gegeven (laag, midden, hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Deze profielen zijn indicatief; de productie in de drie profielen geeft aan welke onzekerheid er verwacht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

Productie uit ANJ-3 is gepland te starten in de tweede helft van 2020 als de Anjum locatie is aangesloten op de compressor. Het laag scenario (L) gaat uit van een conservatieve inschatting van de resterende hoeveelheden gas op basis van een zogenaamde Decline Curve Analyse (DCA). Het

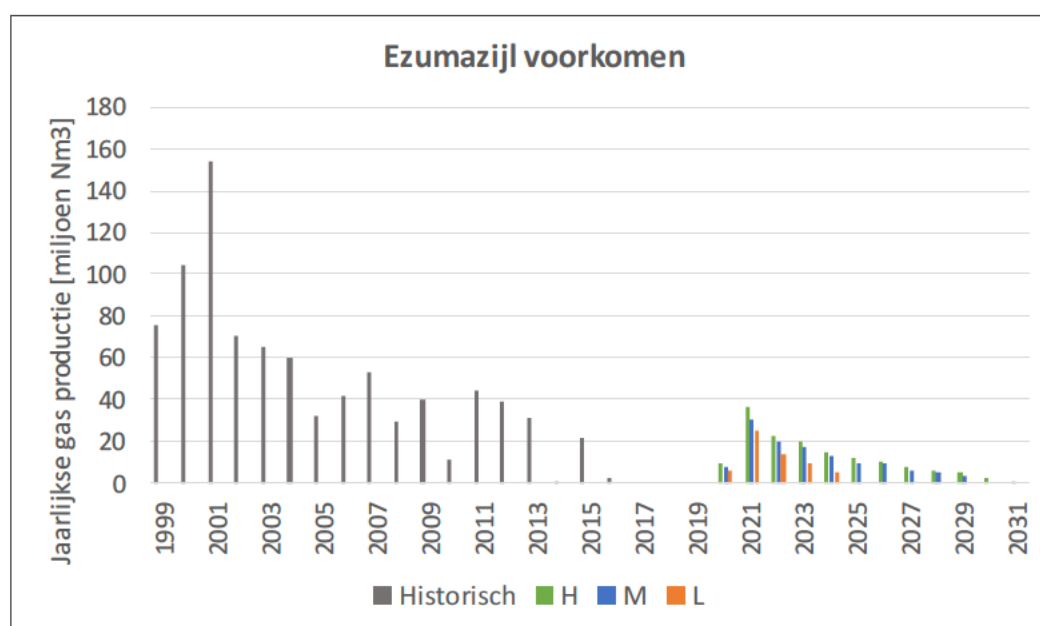
midden scenario (M) is berekend aan de hand van een productievoorspellingsmodel (Integrated Production System Modelling). Het hoog scenario (H) gaat uit van een hoge inschatting van de resterende hoeveelheden gas op basis van DCA.

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

		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Ezumazijl	H	9	36	22	20	15	12	10	8	6	5	2	1
	M	8	30	20	17	13	10	9	6	5	3	0	0
	L	6	25	14	9	5	0	0	0	0	0	0	0



Figuur 6-2: Jaarlijks verwachte productie.



Figuur 6-3: Jaarlijks historische productie en verwachte productie zoals in de vorige figuur.

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 in 2031 duren (op basis van het hoog productiescenario).

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 de 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

Er wordt op de locatie Anjum-1 circa 0.6 miljoen Nm³ gas per jaar voor eigen gebruik aangewend (fornuis + fakkel/vent spoelgas + fakkel waakvlam). Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit het jaar 2015 t/m 2018 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de komende jaren. Er wordt gestreefd naar een zo efficiënt mogelijke gaswinning met minimaal eigen gebruik.

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

Alle (natte) gasstromen worden afgevoerd via de behandelingslocatie Anjum-1. 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 min mogelijke emissies, onder meer door afblazen en affakkelen tot het minimum te beperken.

Op de locatie Anjum-1 wordt op jaarbasis circa 0,3 miljoen Nm³ afgeblazen dan wel afgefakkeld. Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit 2018 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 Ezumazijl voorkomen, op basis van analyses van gasmonsters uit het Ezumazijl voorkomen.

Tabel 6-4: Overzicht gassamenstelling.

Gaseigenschap	Ezumazijl
Initiële condensaat-gas ratio (m ³ /mln Nm ³)	7,5
Relative Gas Density (air=1)	0,61
GHV (MJ/Nm ³)	40,67
Wobbe (MJ/Nm ³)	51,59
C ₁ (mol%)	91,53
CO ₂ (mol%)	1,88
H ₂ S (mol%)	0
N ₂ (mol%)	2,04

De daadwerkelijke totale hoeveelheid aardgascondensaat en water die wordt mee geproduceerd voor de ANJ-3 put varieerde in de jaren 2014 tot 2016 tussen de 2 en 5 m³ per maand.

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

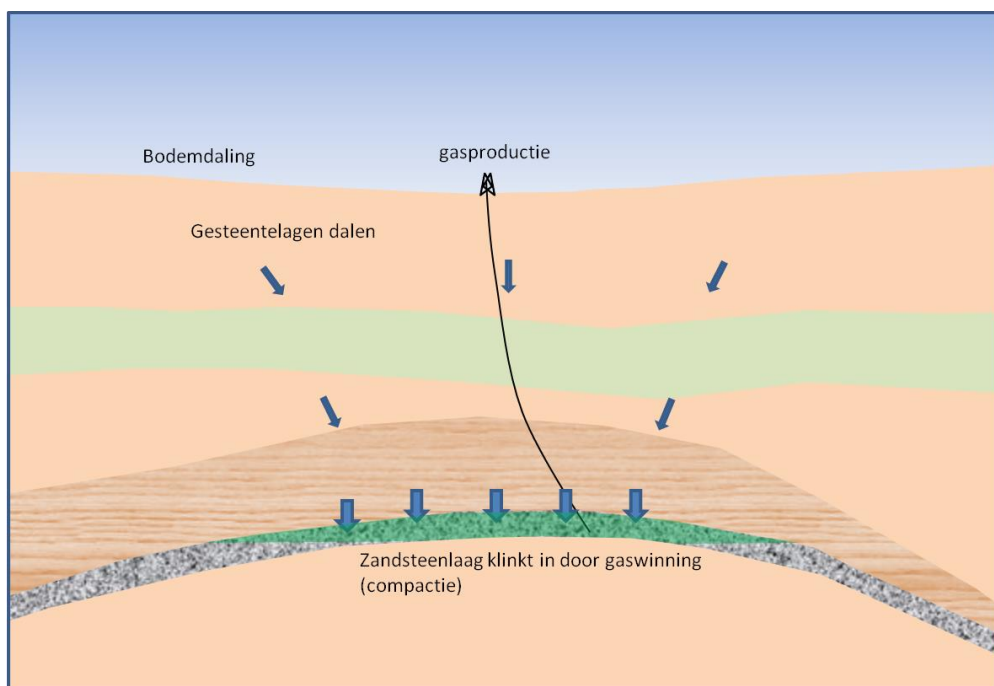
Het productiewater wordt samen met het aardgascondensaat van de behandelingslocatie Anjum-1 afgevoerd per truck naar Grijpskerk, waarna het via een pijpleiding naar Delfzijl gaat. Hier wordt het water en condensaat gescheiden. Het water wordt vervolgens per pijpleiding naar de Borgsweer locatie getransporteerd, waar het via een injectieput wordt 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 Ezumazijl voorkomen door gasproductie uit het Ezumazijl voorkomen minder dan 2 cm bedraagt. Naast de productie uit Ezumazijl zorgt bijvoorbeeld ook de productie uit het Anjum veld voor bodemdaling in dit gebied. De totale bodemdaling veroorzaakt door alle winningen wordt de “samengestelde bodemdaling” genoemd. De samengestelde bodemdaling boven Ezumazijl vanaf de start van de winning in 1998 tot het einde van de productie in 2031 bedraagt naar verwachting maximaal 12 cm boven het veld Ezumazijl.

7.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

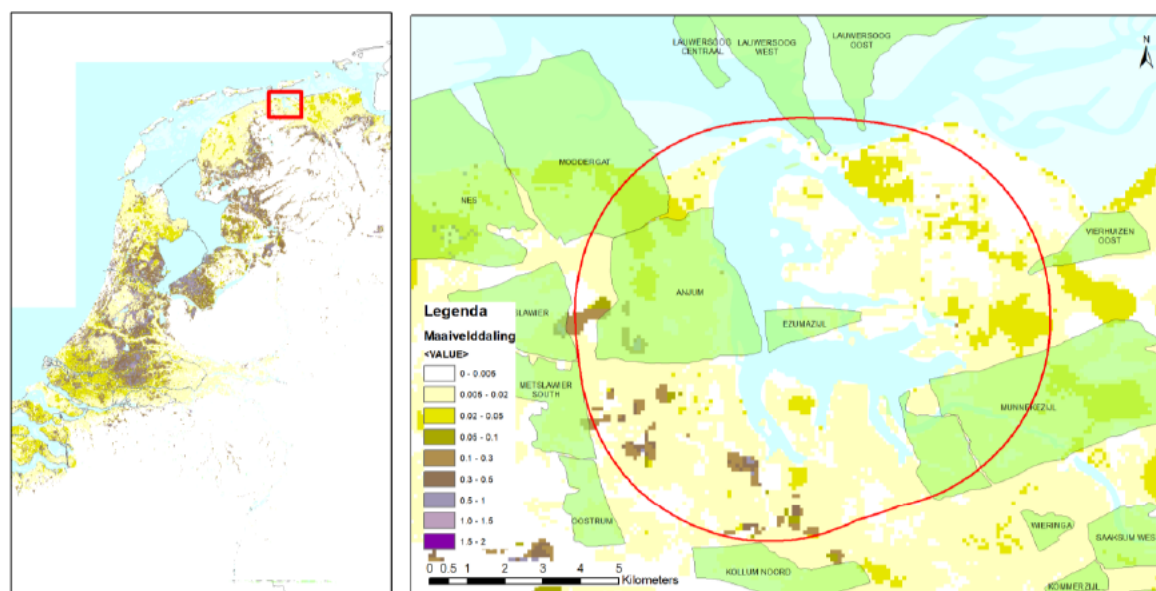
In een gasveld veroorzaakt de winning van aardgas een vermindering van de poriëndruk in de gasvoerende gesteentelaag. Daarbij wordt het gesteente van deze gasvoerende laag langzaam iets samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen. Deze samendrukking wordt ook wel compactie genoemd en hangt af van verschillende factoren zoals de materiaaleigenschappen van het reservoirgesteente, de grootte van de drukdaling en de dikte van de gasvoerende laag (Figuur 7-1). Deze compactie bedraagt over het algemeen 0,1 tot 0,2 % van de dikte van de gasvoerende laag bij de maximale drukdaling (depletie) in het gasveld. De mate waarin de compactie wordt omgezet in bodemdaling op maaiveld-niveau is onder meer afhankelijk van de diepte en omvang van het depleterende gasveld. Bij een zeer groot gasveld als Groningen zal de bodemdaling boven het centrum van het veld vrijwel gelijk zijn aan de ondergrondse compactie. Bij een minder groot gasveld zoals Ezumazijl, 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 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: Druk daling 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, onafhankelijk van de gaswinning, die leiden tot bodemdaling. Deze zijn samengevat onder de term autonome bodemdaling. Veenoxidatie en veen/klei inklinking zijn in Nederland 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 over het algemeen beperkt is, maar lokaal kan oplopen tot 100 cm in 50 jaar.



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

7.2 Meten en berekenen van bodemdaling door gaswinning

Meten:

Voor alle delen in Nederland waar gas wordt gewonnen moet een *meetplan* worden opgesteld. Dit meetplan geeft inzicht in hoe de bodemdaling in een ruim gebied rondom het gasvoorkomen wordt gemeten. Dat gebeurt door waterpassing op een reeks punten in een *meetnet*, boven en rondom het voorkomen, vaak aangevuld met GNSS (GPS)-metingen op specifieke locaties. Steeds vaker worden de traditionele waterpassingen vervangen door satellietmetingen (InSAR). Deze techniek zorgt voor frequentere metingen en een ruimere dekking van het gebied. Voor het opstellen van een meetplan

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 Ianoschi, Report on pilot service Rhine-Meuse Delta, Subcoast report D3.2.3, May 2013

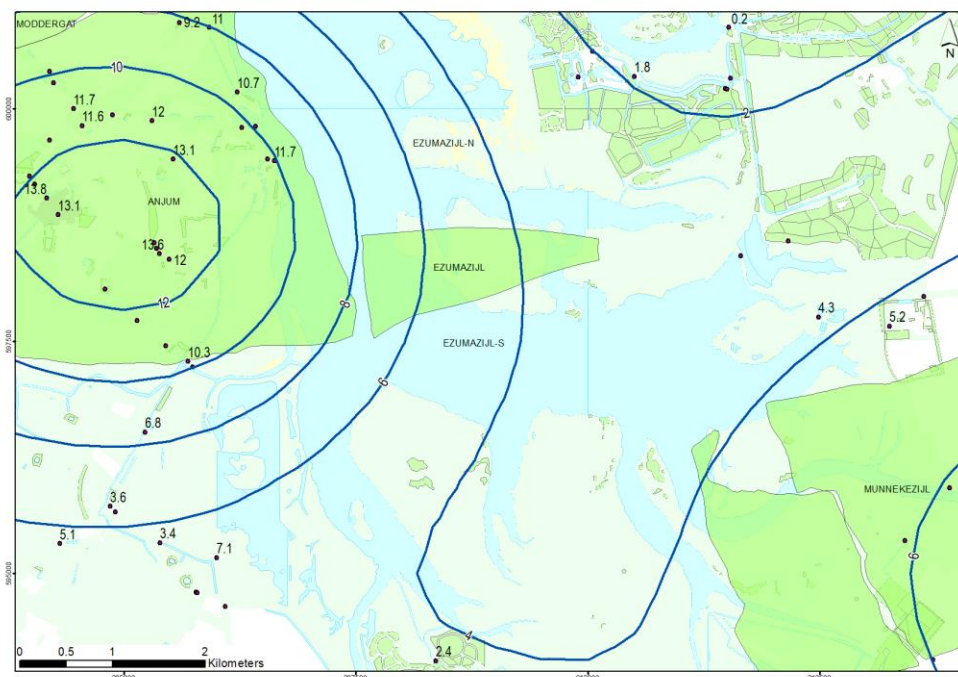
bestaan wettelijke regels waarbij tevens de zogenaamde 'Industrieleidraad – Geodetische basis voor Mijnbouw'⁴ wordt gevolgd. De frequentie van de metingen, en de dichtheid en uitgebreidheid van het meetnet, worden gekozen in overleg met SodM en de Technische Commissie Bodembeweging (Tcbb). Het meetplan vereist de jaarlijkse goedkeuring van de minister van Economische Zaken en Klimaat.

De bodemdaling wordt in dit gebied sinds de nulmeting in 1997 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 2018. De gemeten totale bodemdaling rond het Ezumazijl voorkomen vanaf 1997 is minder dan 8 cm, inclusief autonome bodemdaling. De gemeten daling in cm is getalsmatig weergegeven naast de punten ("peilmerken") in Figuur 7-4. De reden dat er bij een aantal punten geen waarde staat is dat het punt in één van de jaren (2006 of 2018) niet gemeten is. Bij het kalibreren van het bodemdalingsmodel worden vanzelfsprekend alle metingen gebruikt.

Berekenen:

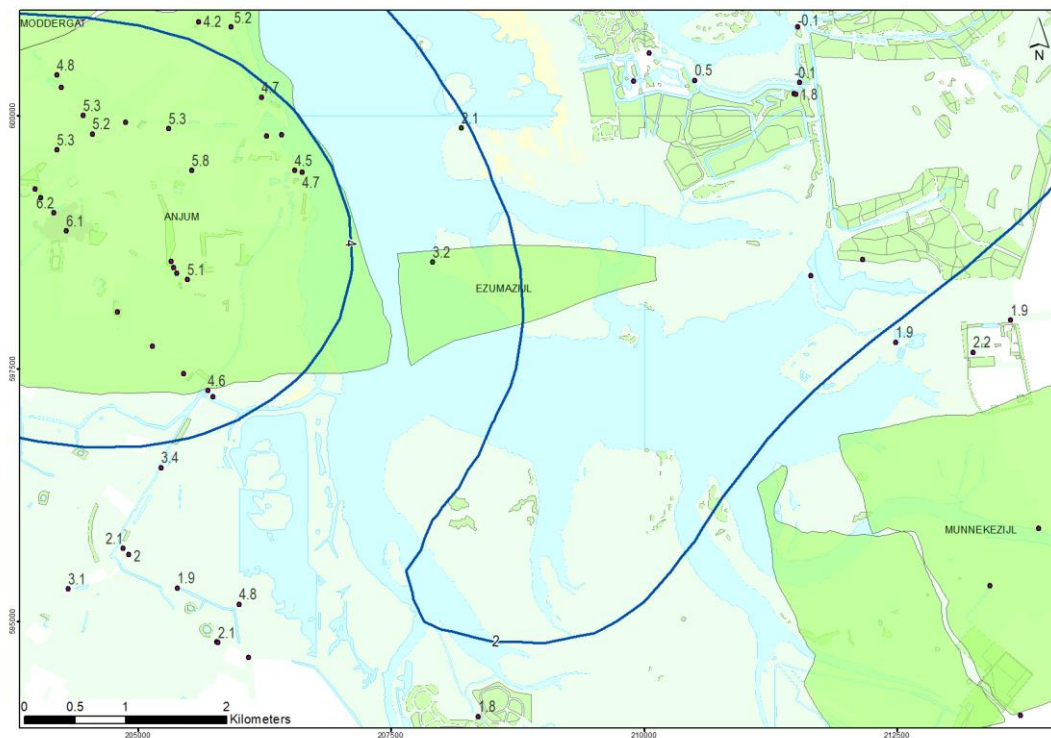
De bodemdaling door gaswinning wordt berekend met behulp van informatie van het gasveld, zoals dikte, drukdaling, grootte en de compressibiliteit of samendrukbaarheid van het gesteente (zie inleiding). Een gedetailleerde beschrijving van het bodemdalingsmodel voor Ezumazijl en de berekening van de onzekerheid is terug te vinden in Bijlage A.

In het gebied rondom Ezumazijl is een bodemdaling door gaswinning berekend die kleiner is dan 8 cm in 2018 (contouren in Figuur 7-3) overeenkomstig de metingen. Sinds de start van de winning in de Waddenzee wordt de bodemdaling ook gemeten in het Lauwersmeergebied. De nulmeting van dit gebied was in 2006. Figuur 7-4 geeft de gemeten en gemodelleerde bodemdaling weer tussen 2006 en 2018. Het grootste deel van de bodemdaling boven Ezumazijl wordt veroorzaakt door de gasproductie uit het Anjum veld.



Figuur 7-3: In 2018 gemeten bodemdaling sinds de nulmeting in 1997, weergegeven op de peilmerken (groene punten). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling in cm.

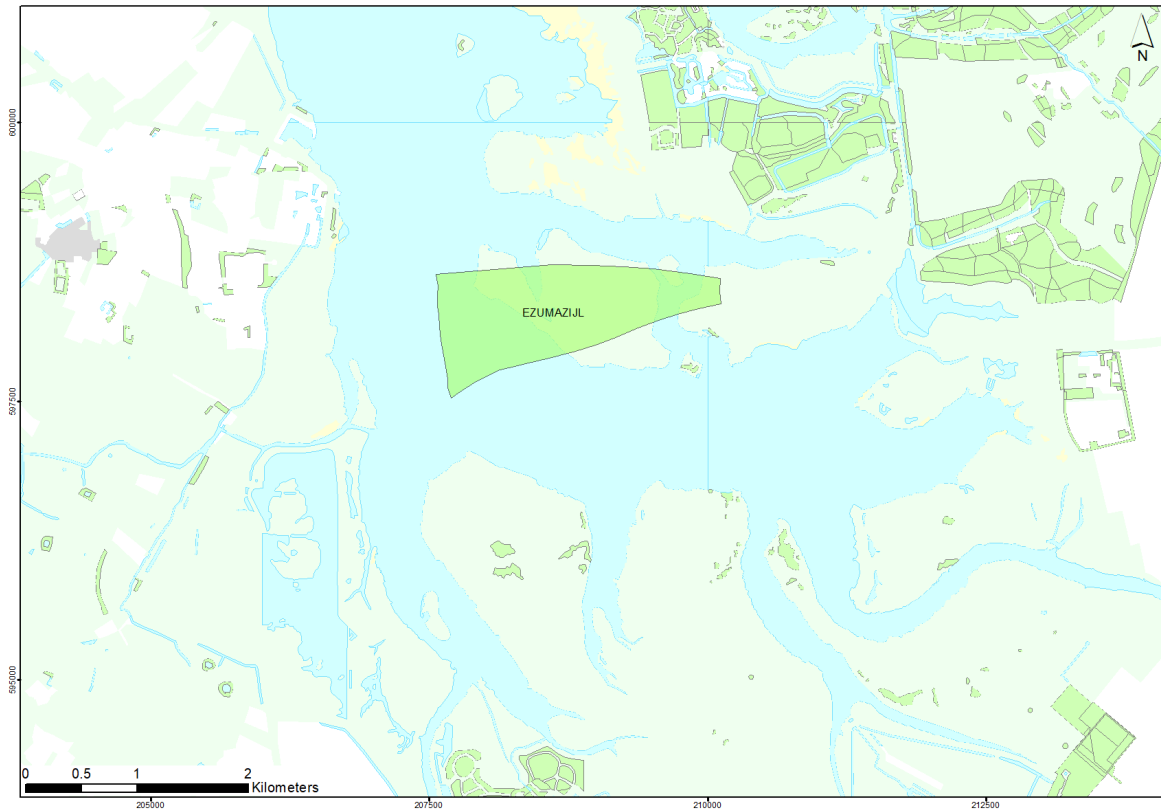
⁴ http://www.tcbb.nl/pdf/Leidraad%20Document_V1.pdf



Figuur 7-4: In 2018 gemeten bodemdaling sinds 2006 weergegeven op de peilmerken (punten). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling in cm.

7.3 Bodemdalingsvooruitzichten

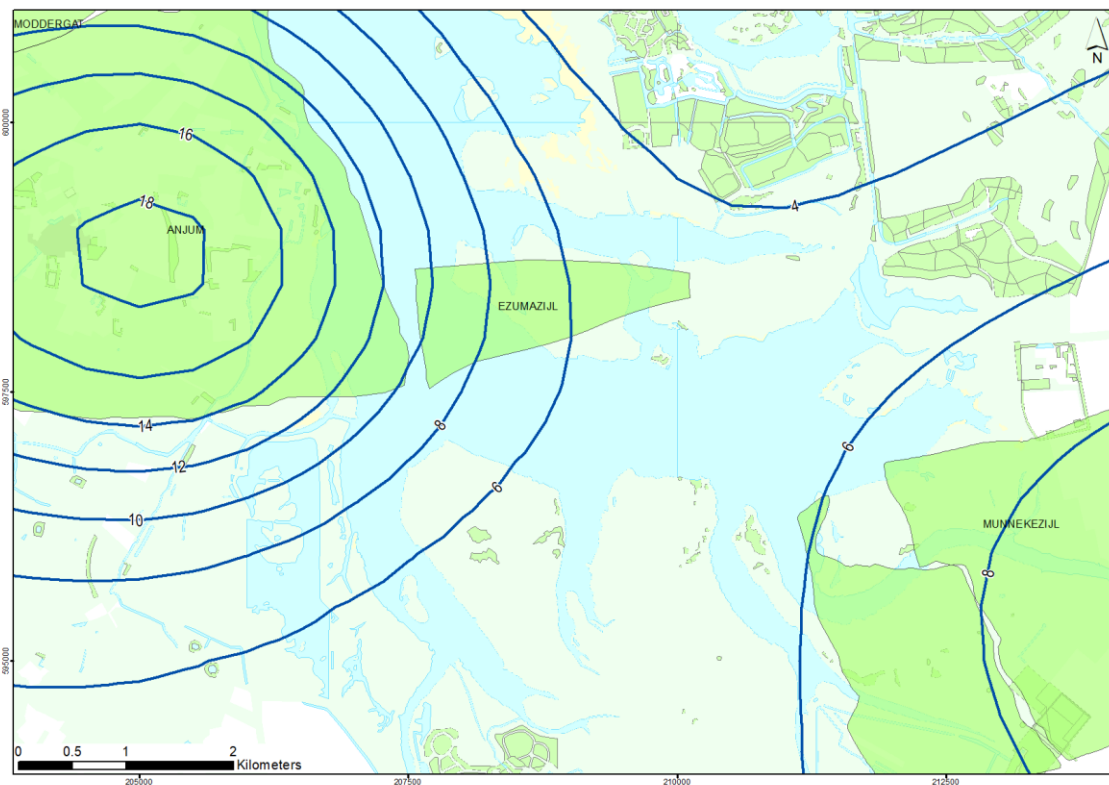
Met de beschikbare gegevens over de ondergrond en de productievoorspellingen is een prognose voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van alleen de gaswinning uit Ezumazijl opgesteld. Deze prognose wordt weergegeven in Figuur 7-5. Er wordt nog zeer beperkte (< 2 cm) bodemdaling door gaswinning verwacht tot na beëindiging van productie in 2031. Omdat de nog te verwachten bodemdaling minder dan 2 cm is worden er geen contourlijnen getoond in dit figuur.



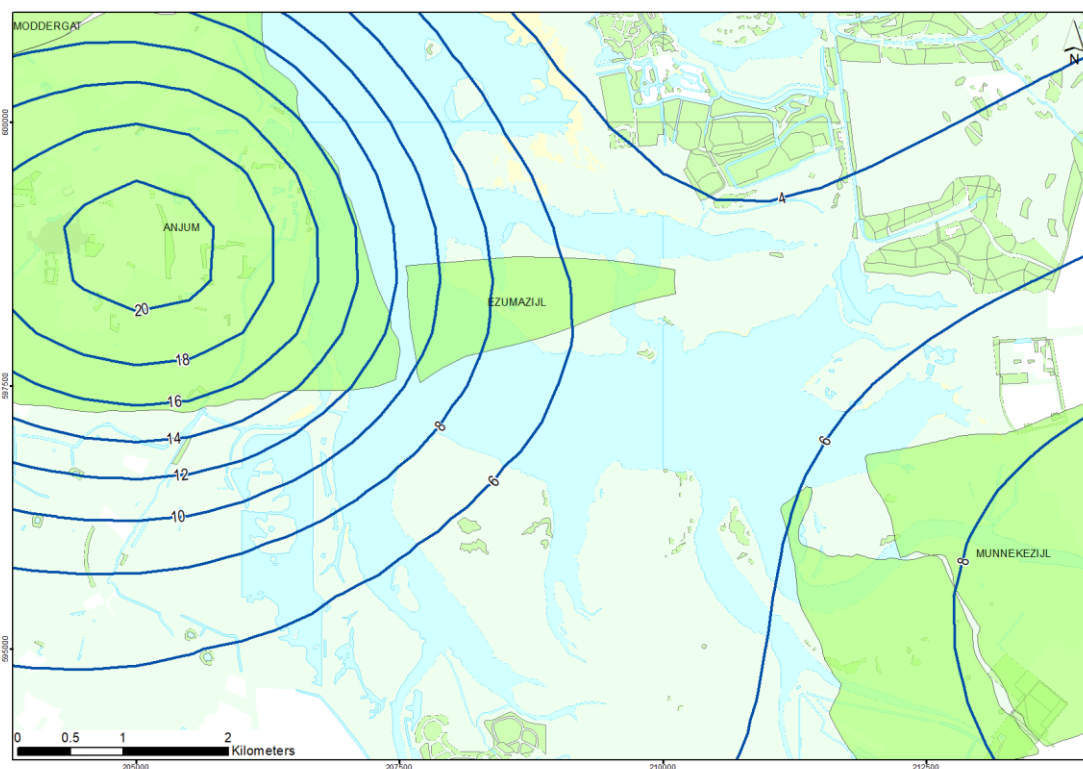
Figuur 7-5: De nog te verwachten bodemdaling (2019–2031) veroorzaakt door de gasproductie uit alleen het Ezumazijl voorkomen. Omdat de bodemdaling, alleen veroorzaakt door deze productie, minder dan 2 cm is worden er geen contourlijnen getoond.

Figuur 7-6 toont de verwachte totale (sinds start productie van de velden) bodemdaling door gaswinning na afloop van de productie uit Ezumazijl (2031) in combinatie met de bodemdaling die veroorzaakt is door de winning uit naburige gasvelden. In dit figuur is valt duidelijk waar te nemen dat de bodemdaling in het gebied voornamelijk wordt veroorzaakt door de winning van gas uit het Anjum veld.

Figuur 7-7 toont de verwachte totale bodemdaling door gaswinning in dit gebied voor het jaar 2050. De totale bodemdaling boven Ezumazijl blijft volgens verwachting onder de 12 cm.



Figuur 7-6: Prognose voor 2035 (4 jaar na beëindiging van de winning in Ezumazijl) van de totale bodemdaling door gaswinning voor het Ezumazijl voorkomen in combinatie met naburige voorkomens. De contourlijnen geven de voorspelde bodemdaling in cm aan.



Figuur 7-7: Prognose voor 2050 van de totale bodemdaling door gaswinning voor het Ezumazijl voorkomen in combinatie met naburige voorkomens, 19 jaar na beëindiging van de winning in Ezumazijl. De contourlijnen geven de voorspelde bodemdaling in cm aan.

7.4 Onzekerheid in verwachte bodemdaling

De nog te verwachte bodemdaling door productie uit het Ezumazijl 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 voor geomechanische parameters in het compactiemodel. Deze analyse wordt verder beschreven in Bijlage A. Inclusief deze onzekerheid is de maximale nog te verwachte bodemdaling veroorzaakt door de gaswinning uit Ezumazijl minder dan 2 cm.

7.5 Monitoring van toekomstige bodemdaling

De bodemdaling zal worden gemeten volgens het meetplan voor alle Noord-Nederland voorkomens⁵. Resultaten van de metingen worden middels een meetregister aan SodM verstrekt. Als de bodemdaling door gaswinning duidelijk groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal NAM een nieuw winningsplan indienen.

7.6 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Deze schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is en omdat de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is, wordt geen directe schade aan gebouwen/bouwwerken, infrastructuur verwacht. 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.

Een verwachte totale bodemdaling van 12 cm boven het Ezumazijl voorkomen kan een effect hebben op de waterhuishouding van dit gebied. 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. Noorderzijlvest is het waterschap dat het peil beheert boven het Ezumazijl veld. Dit waterschap heeft regelmatig contact met de Commissie Bodemdaling (Groningen)⁷. De Commissie Bodemdaling is in 1984 ingesteld op grond van de bodemdalingsovereenkomsten tussen de NAM en de provincie Groningen en de NAM en het Rijk. De taak van de Commissie Bodemdaling is om vast te stellen welke maatregelen moeten worden getroffen om schade als gevolg van bodemdaling door gaswinning te voorkomen of te compenseren en na te gaan wat daarvan de kosten zijn.

⁵ https://www.nlog.nl/sites/default/files/2019-06/2019_bijlage5_formulier_actualisering_meetplan_noord_nederland_2019.pdf

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

⁷ <https://www.commissiebodemdeling.nl/>

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

De nog te verwachte bodemdaling door de toekomstige gaswinning uit Ezumazijl 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 zullen er maatregelen worden voorgelegd door het waterschap aan de Commissie Bodemdaling.

8 Bodemtrilling

De seismische risicoanalyse laat zien dat het Ezumazijl voorkomen in **categorie I** 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 Ezumazijl veld

In het gebied boven het Ezumazijl voorkomen zijn geen aardbevingen geregistreerd

8.3 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Ezumazijl gasveld

Al in 1998 heeft KNMI beschreven wat de te verwachte 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 enkele⁸ 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, de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid. Deze afhankelijkheid wordt verder beschreven in een kalibratiestudie van TNO¹⁰.

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

8.4 Monitoring van bodemtrillingen en risicobeheersplan

Seismische monitoringstations (geofoons) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan met een online-verbinding in contact met het KNMI. Een geofoon wordt op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* aangebracht. Geregistreerde aardbevingen worden automatisch vermeld op de website van KNMI. Na interpretatie van de gegevens door de specialisten van het KNMI kan een kleine aanpassing van de sterkte en/of locatie plaatsvinden.

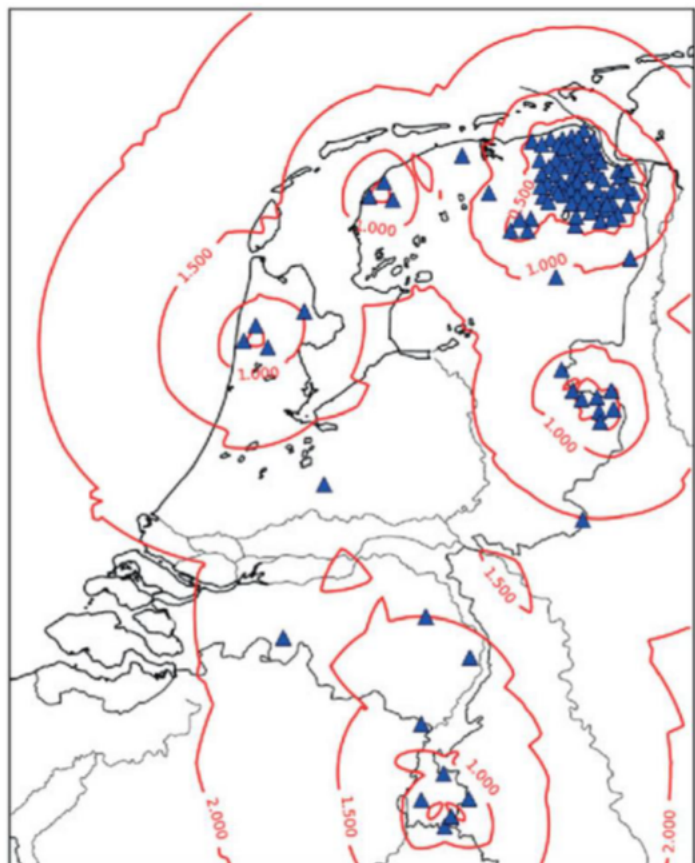
De locatiedrempel is een maat voor de gevoeligheid van het netwerk. Deze drempel geeft de laagste aardbevingsmagnitude waarbij de locatie van de beving nog bepaald kan worden, de beving is dan door ten minste 3 monitoringstations waargenomen. Voor Ezumazijl ligt deze grens dicht tegen de magnitude 1 (Figuur 8-1).

⁸ Met "enkele" wordt hier bedoeld dat deze schade niet uit te sluiten valt, maar ook niet verwacht kan worden bij veel gebouwen.

⁹ Wassing en Dost, 2012, TNO 2012 R11139

¹⁰ <https://www.nlog.nl/sites/default/files/tno-034dtm-2009-04435.zip>

Het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden is te vinden op de NAM-website¹¹. 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 $M=3$.



Figuur 8-1: Overzicht van de locatiedrempel in Nederland in 2017¹². De driehoeken geven de locaties aan van de geofoons.

8.5 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd¹³. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-2. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

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

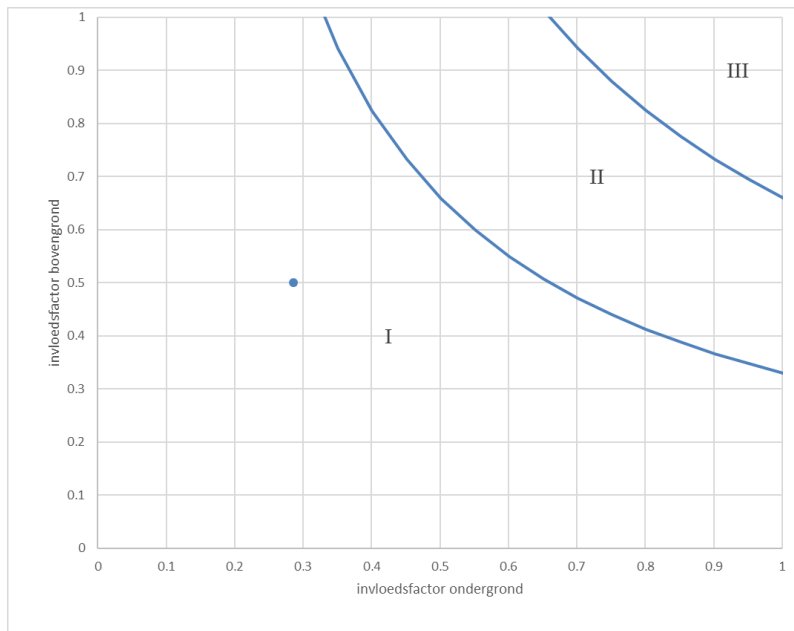
In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario. Meer details over de berekening van deze parameters staan in bijlage B.

Figuur 8-2 toont de positie van Ezumazijl in de risicomatrix. Ezumazijl valt volgens de risicomatrix in categorie I.

¹¹ <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>

¹² Dost, B., Ruigrok, E., and Spetzler, J. (2017). Development of seismicity and probabilistic hazard assessment for the Groningen gas field. *Netherlands Journal of Geosciences*, 96(5), S235-S245. doi:10.1017/njg.2017.20

¹³ Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016



Figuur 8-2: Seismisch risico gepresenteerd in de seismische risicomatrix.

8.6 Afhandeling van schade

De Minister van Economische Zaken en Klimaat werkt aan een “Landelijke Aanpak Afhandeling Mijnbouwschade”, zoals beschreven in de Kamerbrief van 8 juli 2019. De inzet van de landelijke aanpak voor mijnbouwschade is dat deze afhandeling laagdrempelig, transparant, onafhankelijk en snel is, en dat de burger daarin centraal staat. De brief beschrijft een verwachting dat het schadeprotocol definitief zal zijn voor einde van het jaar, gelijktijdig met de vaststelling van het beleidskader voor de landelijke aanpak voor de afhandeling van mijnbouwschade.

Totdat de Landelijke Aanpak ingesteld is, zal NAM de afhandeling van schademeldingen zelf uitvoeren. Hierbij gebruikt NAM zoveel mogelijk het advies¹⁴ van Technische commissie bodembeweging (Tcbb) aan de Minister van Economische Zaken en Klimaat, dat de basis vormt van de Landelijke Aanpak. Als een schademelder het oneens is met de beoordeling van NAM, kan hij zich melden bij de Tcbb voor advies. NAM neemt in principe het advies van Tcbb over.

¹⁴ Het advies van Tcbb rond “Landelijke Aanpak Afhandeling Mijnbouwschade en Schadeprotocol Gaswinning uit Kleine Velden op Land” is te vinden op de Tcbb website www.tcbb.nl

9 Overige omgevingsaspecten

9.1 Algemeen

De vorige hoofdstukken beschreven de mogelijke gevolgen van gaswinning uit Ezumazijl op bodembeweging. Een overzicht van de andere 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

Met betrekking tot bovenstaande tabel zal in paragraaf 9.2 worden aangegeven wat door de NAM wordt gedaan om genoemde gevolgen te voorkomen, dan wel de effecten hiervan te beperken.

De Minister van Economische Zaken en Klimaat 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.

De volgende vergunningen zijn verleend ten behoeve van de uitvoering van het vigerende winningsplan en dit aangepaste winningsplan Ezumazijl.

Locatie	Anjum
Vergunning	Wabo 'milieu deel'
Verleend	d.d. 10 februari 2014 (revisie) d.d. 19 juli 2019 (milieuneutraal veranderen)
Bodem/grondwater	✓
Emissies	✓
Oppervlaktewater	✓
Externe Veiligheid	✓

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). Voor natuur geldt een zorgplicht. Indien significante nadelige effecten door mijnbouwactiviteiten op beschermde natuurgebieden niet op voorhand kunnen worden uitgesloten, dienen deze activiteiten "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 het Ezumazijl voorkomen (Figuur 9-1). Toegelicht wordt welke mijnbouwactiviteiten kunnen doorwerken op deze beschermde gebieden en of het onderhavige winningsplan er aanleiding toe geeft dit nader te onderzoeken in een passende beoordeling.

9.2.1 *Gebiedsbeschrijving*

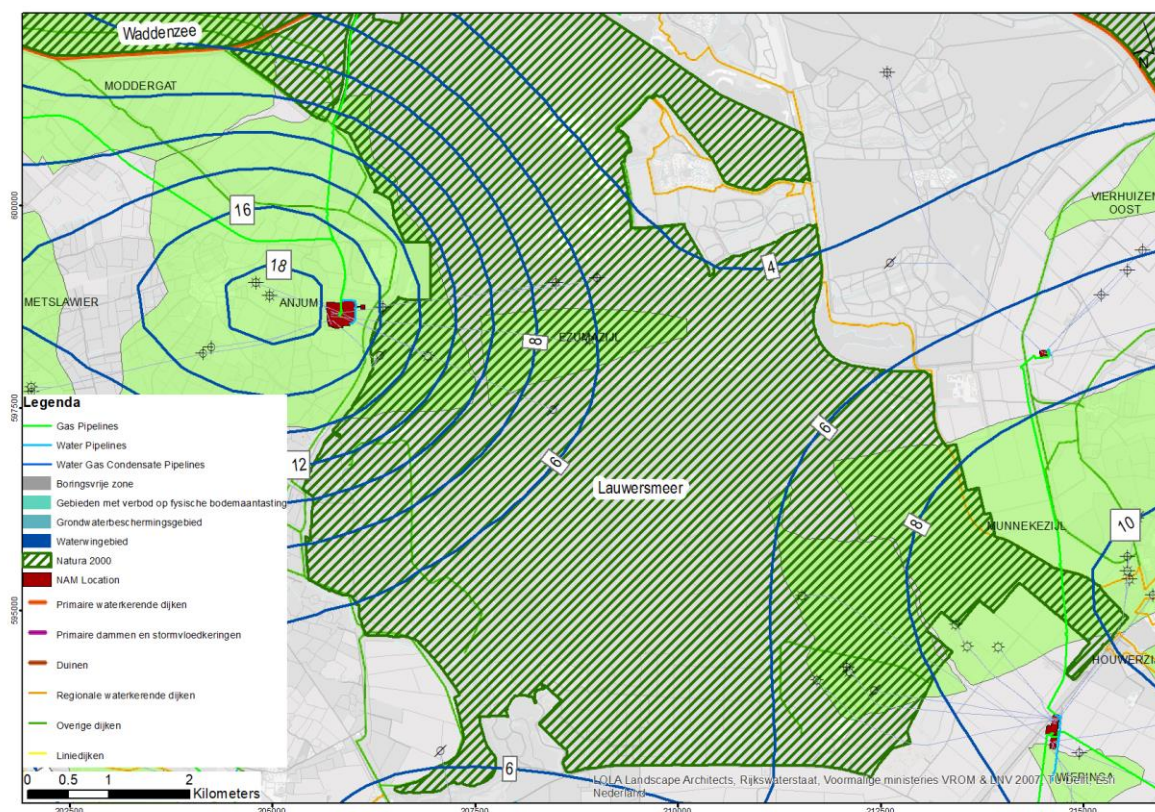
Figuur 9-1 toont het gebied rondom het gasvoorkomen Ezumazijl. Het gasvoorkomen Ezumazijl ligt onder het Natura 2000-gebied Lauwersmeer dat overlapt met de gemeenten Noardeast-Fryslân (provincie Friesland) en Het Hogeland (provincie Groningen). Het Lauwermeergebied is een waterrijk natuurgebied dat in 1969 is ontstaan door afsluiting van de Lauwerszee. Met de afsluiting van de Waddenzee verdween de getijdenstroming in het gebied en nam de invloed van zout zeewater snel af. Omdat er minder water door de geulen stroomde, waren de wadplaten en schorren onderhevig aan erosie en werden de geulen ondieper. Om te voorkomen dat de platen zouden verdwijnen zijn de plaatranden op verschillende plekken verstevigd door er stenen te storten. In de loop der jaren is de vegetatie, die karakteristiek is voor kwelders en duinvalleien, grotendeels verdwenen. Een uitzondering hierop vormt een paar plekken waar nog steeds invloed is van zout grondwater. Ook is op een aantal plekken in het gebied bos aangepland. Het huidige beheer is erop gericht het landschap open te houden en de instandhoudingsdoelen na te streven. Dit beheer bestaat voornamelijk uit begrazing door vee en maaien. Een meer natuurlijk fluctuerend waterpeil zou goed zijn voor de beoogde rietontwikkeling in het gebied.

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

9.2.2 *Bodemdaling en natuur*

Zoals toegelicht in hoofdstuk 7 leidt gaswinning tot bodemdaling. Aan het aardoppervlak leidt bodemdaling tot een relatieve stijging van het grondwater, of tot het frequenter inunderen van overstromingsgebieden. Tenslotte kan bodemdaling ook de afwatering / drainage vertragen of versnellen.

In de nabijheid van het gasvoorkomen Ezumazijl liggen andere gasvoorkomens, namelijk het Anjum gasveld ten westen, Lauwersoog Centraal, West en Oost ten noorden, Vierhuizen Oost ten westen en Munnekezijl ten zuiden van het gasvoorkomen Ezumazijl. De geprognoseerde cumulatieve bodemdaling tot 2035 is weergegeven in Figuur 9-1 ten opzichte van de ligging van het Natura 2000-gebied.



Figuur 9-1: Ligging Natura 2000-gebieden en regionale en overige keringen ten opzichte van de bodemdalingscontouren van totale bodemdaling tot 2035.

In het kader van de gaswinning vanaf de mijnbouwlocatie Vierhuizen vindt sinds 2006 een uitgebreide ecologische monitoring plaats die het gehele Lauwersmeergebied dekt. Deze monitoring is er op gericht de mogelijke effecten van bodemdaling in het gebied op de natuur, met name de instandhoudingsdoelen, te toetsen. Deze monitoring wordt uitgevoerd door de onderzoeksbureaus Altenburg & Wybinga en Sovon Nederland. Over deze monitoring wordt ieder jaar gerapporteerd aan de Ministeries van Economische Zaken en Klimaat en aan LNV. Ook de beheerder (Staatsbosbeheer) en andere belanghebbenden worden actief bij de resultaten betrokken.

Uit de bovengenoemde monitoring blijken de volgende ontwikkelingen en oorzaken daarvan. Dit valt na te lezen in Stahl et al. (Sovon-rapport 2019/24) 'Analyse van de effecten van bodemdaling op de vegetatie en vogels in het Lauwersmeergebied in 2018':

- Het gebied is nog steeds aan natuurlijke successie onderhevig. Als de beheerder niets doet, verandert het gebied langzaam in een bos. Deze verstruweling is op verschillende plaatsen in de monitoringresultaten zichtbaar en heeft een positief effect op broedvogels die van struweel afhankelijk zijn.
- De beheerder zet veel vee in om de verstruweling tegen te gaan. Het vee eet echter liever waterriet. Broedvogelsoorten zoals de Roerdomp en de Porseleinhoen hebben daar last van. Deze soorten beperken zich in hun verspreiding tot nieuw aangelegde moerasjes binnen het gebied. Ook richt het vee veel schade aan in zogenaamd "dicht landriet". Dit heeft een negatief effect op de Bruine Kiekendief.
- In kolonies broedende vogels zijn uit het gebied verdwenen sinds de komst van de Vos.
- De aantallen niet-broedvogels worden niet beïnvloed door de fluctuaties in het meerpeil. Wel is er een duidelijke relatie met de waterstanden in de Waddenzee.
- Er zijn momenteel geen aanwijzingen voor effecten van de cumulatieve bodemdaling door gaswinning in het gebied.

Verleende Wnb-vergunningen voor gaswinning onder het Lauwersmeergebied 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 en Klimaat 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.

De geprognoseerde toename van de bodemdaling in de eindfase van de productie uit het voorkomen Ezumazijl is kleiner dan 2 centimeter. Effecten als gevolg van de voorgenomen gasproductie in het onderhavige winningsplan kunnen dan ook op voorhand worden uitgesloten. Afzonderlijke toetsing van de invloed op natuur en milieu door deze zeer beperkte mate van bodemdaling wordt derhalve niet noodzakelijk geacht en de verwachting is dat het Hand aan de Kraan principe niet toegepast hoeft te worden voor Ezumazijl. Gezien de grootte van het veld en het ontbreken van laterale aquifers wordt er geen naijl-effect verwacht. Zoals hierboven beschreven worden de mogelijke effecten van de cumulatieve bodemdaling onder het gebied jaarlijks gecontroleerd.

9.2.3 Bodemtrilling

Uit de Seismische Risico Analyse (SRA) die is uitgevoerd voor het veld Ezumazijl volgt dat het veld in categorie-I valt (laagste seismische 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 Lauwersmeer gebied wordt, gezien de aard van de trillingen, verwaarloosbaar geacht.

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
DCA	Decline Curve Analysis; methode om toekomstige productie te voorspellen op basis van historische gegevens.
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GIIP	Volume gas initieel aanwezig in het voorkomen (in Nm ³)
GPS	Global Positioning System: systeem voor plaats- en hoogtebepaling met behulp van satellieten
GWC	Gas-water contact diepte (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: Beschrijving compactiemodel en onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

11.1 Compactiemodel

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor het Ezumazijl voorkomen is gebruik gemaakt van het compactiemodel dat ook gebruikt is bij de voorspelling van de bodemdaling boven het Groningen veld en de Waddenzee velden. Het compactiemodel past beter bij de observatie van bodemdaling boven velden aan het einde van hun levensduur. In dergelijke velden vindt er nauwelijks meer drukdaling plaats terwijl er nog steeds bodemdaling kan optreden.

Het compactiemodel dat in deze studies wordt gebruikt heet het *Rate Type Compaction Model* (RTCM). Het model dat door de NAM geïmplementeerd is in het bodemdalingsmodel, volgt het RTCiM (waarbij de *i* staat voor isotachen) van TNO¹⁵. 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 TNO toegepast in verschillende bodemdalingsstudies in Nederland.

Doorgaande bodemdaling is waar te nemen in de geodetische metingen boven Ezumazijl. De bodemdalingmetingen laten een tijdseffect zien, wat betekent dat de bodemdaling niet lineair met de drukdaling. De bodemdaling begint langzamer en na een verloop van tijd (jaren) wordt een hogere bodemdalingssnelheid bereikt. 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.

11.2 Parameterwaarden in het bodemdalingsmodel en onzekerheidsanalyse

De parameters voor het RTCiM model zijn geschat middels een Monte Carlo-simulatie voor de Meet en Regelrapportage van 2018. Als onzekerheid in de toekomstige bodemdaling is een bandbreedte van 25%, met een minimum van 2 cm gebruikt. Voor het voorkomen Ezumazijl betekent dit een onzekerheid van +/- 2 cm.

Tabel 11-1: Parameterwaarden die gebruikt worden voor de bodemdalingsberekeningen.

Reservoirparameters	Invoerwaarde
Diepte veld [m]	3991
Reservoirdikte [m]	117
Initiële druk [bar]	493
Huidige druk [bar]	95
Einddruk basis scenario [bar]	56 (alleen voor gaslaag)
Poisson's ratio [-]	0,2
Effectieve reservoirstraal [m]	2229

¹⁵ Puijsma, 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.

RTCiM parameters	Waarde
C_{mref} (factor) [$10^{-5}bar^{-1}$] (C_{mref} bij porositeit van 14%)	1,0
C_{md} (factor) [$10^{-5}bar^{-1}$] (C_{md} bij porositeit van 14%)	0,44
b [-]	0,022

Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor Ezumazijl is de onzekerheid in de C_m (compressibiliteit) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (DP) 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 "core plug" 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 DP volgt uit de productiescenarios voor de "low-mid-high case". De vermenigvuldiging van de C_m met de DP geeft een maat voor de compactie. Wanneer een hoge C_m met een hoge DP wordt vermenigvuldigd geeft dit een maximum scenario voor de onzekerheid. Een combinatie van lage waarden geeft een minimum.

De verwachte bodemdaling is doorgerekend met de Geertsma en van Opstal methode¹⁶. Om de impact van de onzekerheid in de gekozen parameters te berekenen is gebruik gemaakt van Geertsma¹⁷. Geertsma geeft een eenvoudige formule om de maximale bodemdaling te berekenen voor een cilindrisch compacterend reservoir:

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

De straal van dit model (effectieve reservoir straal in Tabel 11-1) is dusdanig gekozen dat de verwachte bodemdaling in het diepste punt overeenkomt met de waarde die wordt berekend met het Geertsma en van Opstal model. Na deze kalibratiestap wordt de bovenstaande formule gebruikt om de onzekerheid voor de bodemdaling te bepalen.

Waarbij:

D : Diepte veld (m)

H : Depleterende reservoir dikte (m), in deze analyse constant gehouden omdat 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

¹⁶ Geertsma J. and Van Opstal G., "A Numerical Technique for Predicting Subsidence Above Compacting Reservoirs Based on the Nucleus of Strain Concept", Verhandelungen Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., Vol. 28, pp. 63-78, 1973a.

¹⁷ Geertsma, J., A basic theory of subsidence due to reservoir compaction: The homogeneous case, Verh. K. Ned. Geol. Mijnbouwk. Genoot., 28, 43 – 62, 1973a.

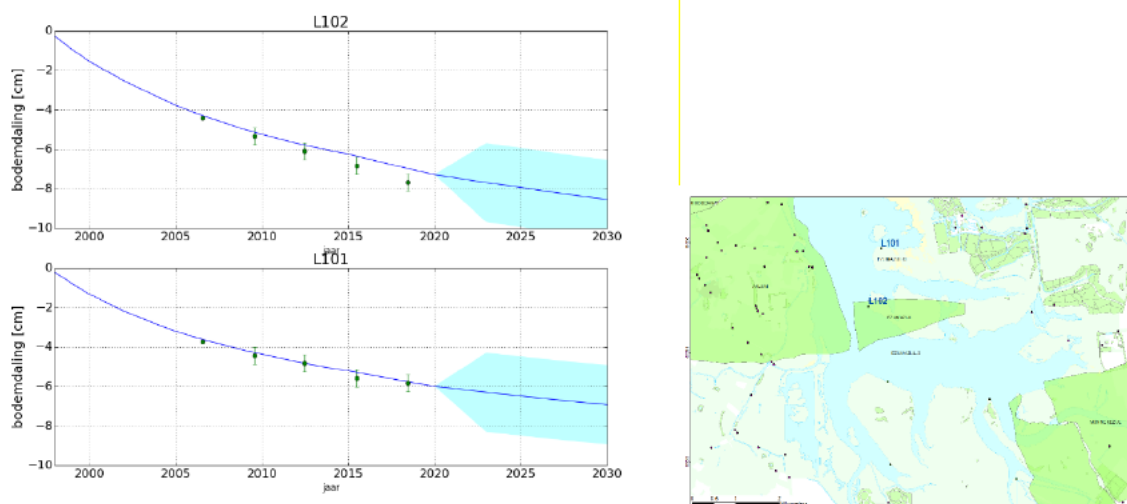
R (km) "effectieve" straal van het veld, waarbij de straal wordt gekozen op basis van een vergelijking tussen de maximale voorspelde bodemdaling zoals berekend met het bodemdalingsmodel gebaseerd op de werkelijke veldgeometrie.

C_m : Compressibiliteit van het veld (10^{-5} bar $^{-1}$).

De parameters die gebruikt zijn in deze onzekerheidsanalyse zijn te vinden in Tabel 11-1.

Tabel 11-2: Onzekerheid voor de voorspelde bodemdaling (2016 tot einde productie).

Voorkomen	Nog te verwachten drukdaling (bar)	Toekomstige drukdaling "low case productie" (bar)	Toekomstige drukdaling "high case productie" (bar)	Compressibiliteit (10^{-5} bar $^{-1}$)	Onzekerheid compressibiliteit	Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)
Ezumazijl	39	18	50	1.00	25%	<2	<2



Figuur 11-1: Vergelijking van gemeten (punten) en berekende bodemdaling voor een aantal peilmerken boven het Ezumazijl voorkomen. De meetonzekerheid in de metingen (gekozen als een standaarddeviatie) bedraagt 4 mm per meetpunt. De blauwe lijn toont de bodemdaling volgens het best passende model op deze locatie. Het lichtblauwe vlak geeft het bereik van de onzekerheid aan.

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).

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd¹⁸. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-2. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

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

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

Theoretisch kader seismische risicoanalyse volgens de leidraad

Stap 1:

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

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

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

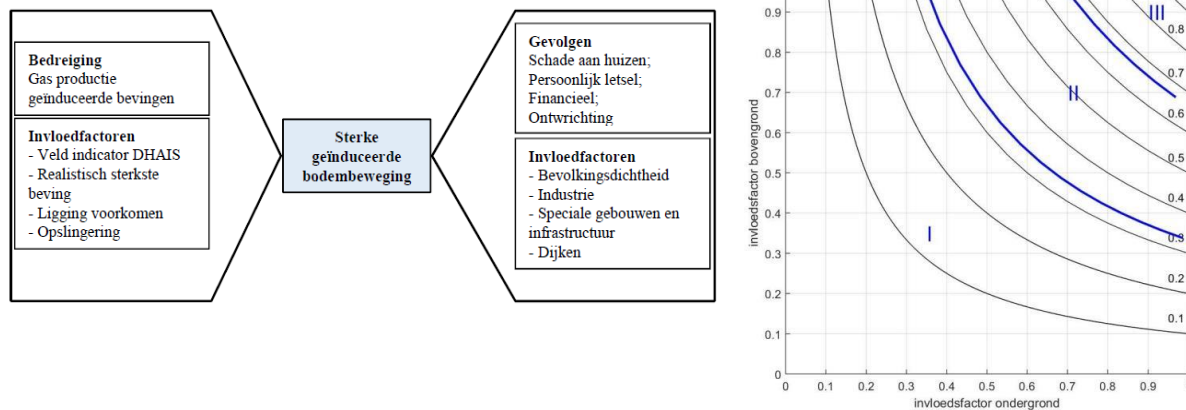
Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die

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

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

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



Figuur 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 beving¹⁹ gedurende de productietijd van het veld die bepaald is op basis van alle observaties van bevingen boven alle gasvelden in Nederland.
- Realistisch sterkste beving (Mmax). Voor een theoretische inschatting van de sterkste beving zijn twee verschillende benaderingen genomen:
 1. een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving
 2. een maat voor de mogelijke bevingsmagnitude als de langste breuk in het producerende veld in zijn geheel in één keer in beweging zou komen.

Methode [1] resulteert doorgaans in lagere waardes 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 opslinging veroorzaken van de seismische golven en wordt daarom boven het veld gekarakteriseerd. Voor relatief slappe ondergrond (veen, klei) is dit effect groter dan voor relatief stevige ondergrond (zand).

¹⁹ 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.

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

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

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

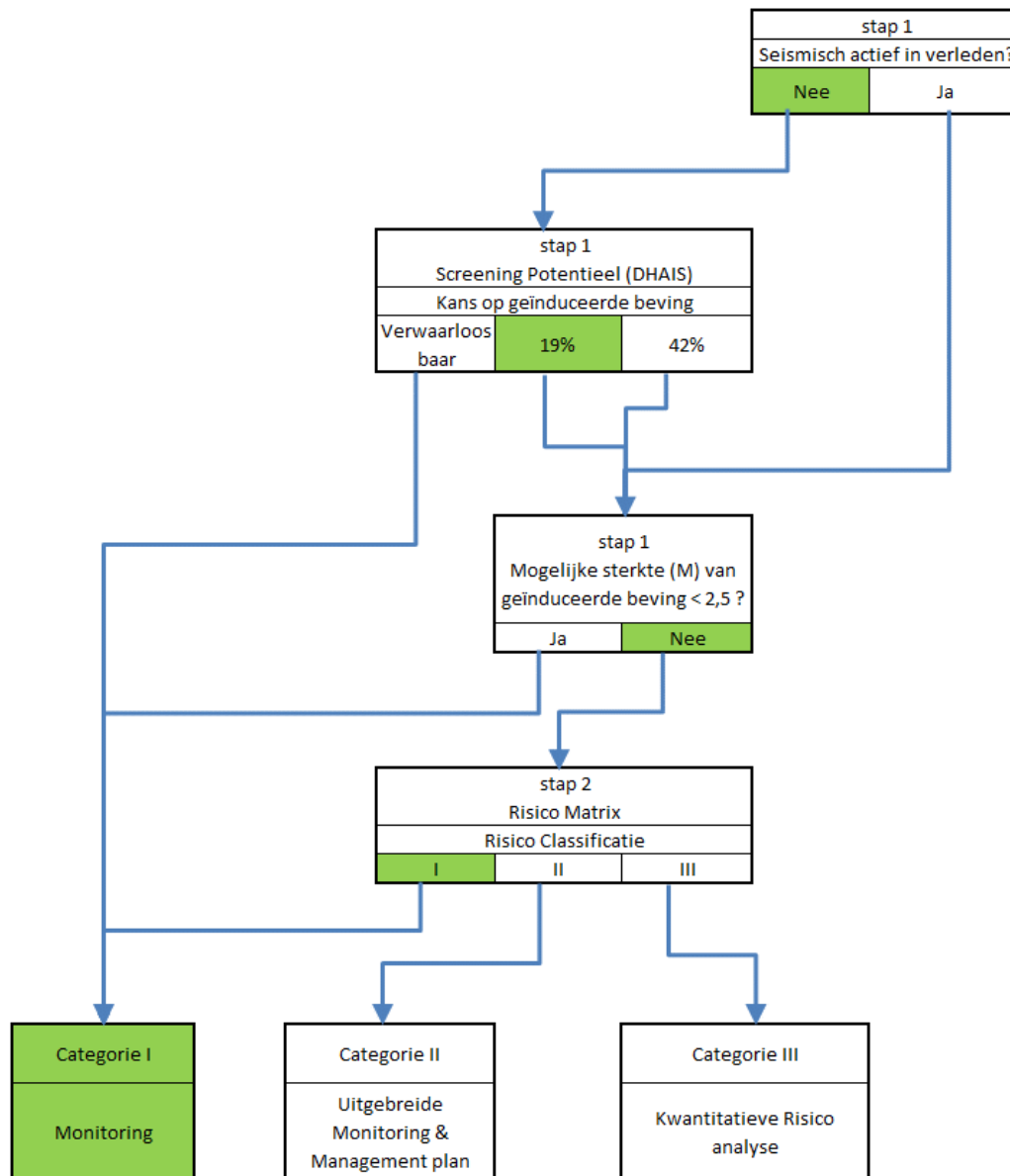
Stap 3:

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.

12.1 Seismische Risico Analyse voor het Ezumazijl 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 staan voor Ezumazijl de uitkomsten in groen voor de verschillende stappen. Details van de berekening staan in bijlage B.

Boven het Ezumazijl voorkomen is de kans op een geïnduceerde beving niet verwaarloosbaar en de wordt de maximale beving op $\geq 2,5$ ingeschat. Daarom wordt in “Stap 2” de positie van Ezumazijl in de risicomatrix bepaald.



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

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor het Ezumazijl 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)²⁰ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2012 is een update van deze studie uitgevoerd, waarin alle nieuwe data zijn meegenomen tot mei 2010²¹. Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

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

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

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

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

Waarbij:

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

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

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

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

Reeds bevende voorkomens	
DP/P _{ini} ≥ 28%	$B > 0,86$ en $E \geq 1,34$: $P_h = 0,42 \pm 0,08$
	$B > 0,86$ 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.

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

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m) ²²	Ini iële druk (bar)	Totale drukdaling volgens het hoog productie-scenario (bar)	Totale breuk-lengte (km)	Reservoir oppervlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aard-bevingen per jaar	DHAIS E ²³	DHAIS B	DHAIS kans
Ezumazijl	92	493	448	5,3	1,8	geen	geen	1,28	2,1	19%

Realistisch sterkste beving

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

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

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

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

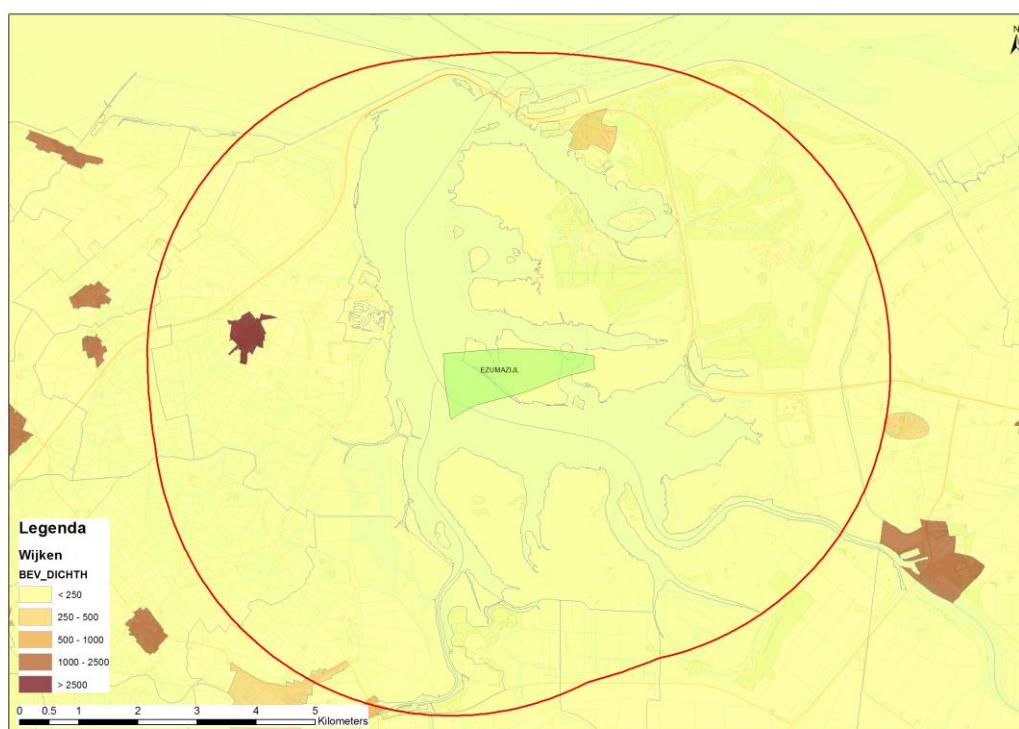
Naast de kans op beven, wordt ook een theoretische waarde voor de “realistisch sterkste beving” (M_{max}) bepaald. Er worden twee methoden gebruikt om de M_{max} waarde te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. In de Seismisch Risico Analyse leidraad worden beide methoden gebruikt. Voor de berekeningen van de M_{max} 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 M_{max} staan vermeld in Tabel 12-2.

Tabel 12-2 : Invoergegevens voor de bepaling van de M_{max} , en de M_{max} waarden volgens de twee methoden.

Voorkomen	Langste breuklengte (km) ²⁴	Poisson's ratio ²⁵	Breukhoogte (m)	M_{max} energiebalans	M_{max} breukslip
Ezumazijl	2,5	0,2	92	2,8	3,3

Stap 2: Risico matrix

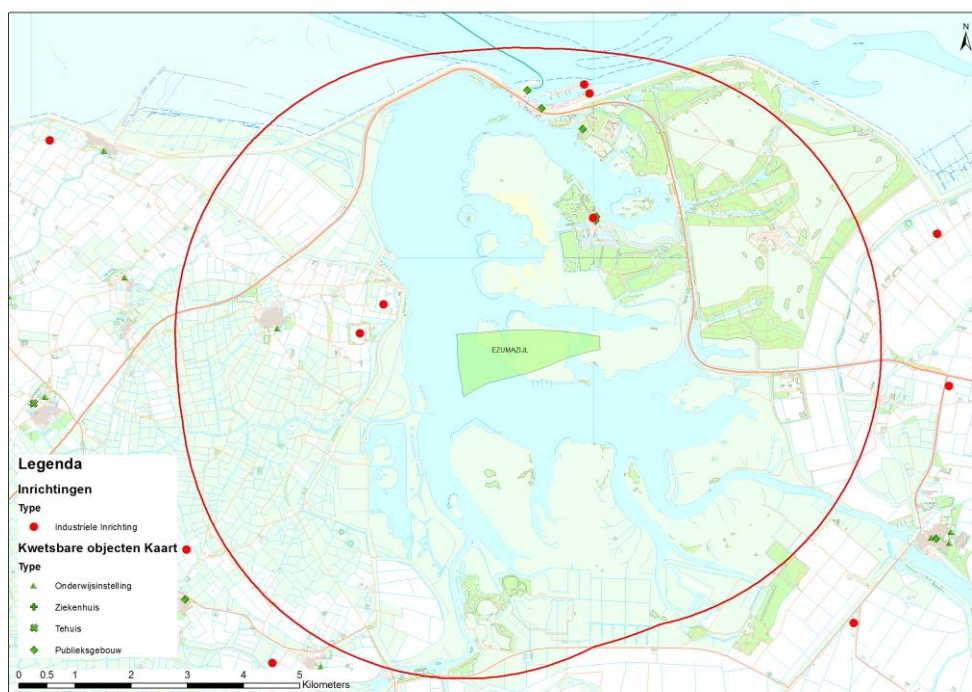
Voor het Ezumazijl voorkomen is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken (“Stap 2” van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risicomatrix. In dit deel van de bijlage worden de figuren 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 8-2.



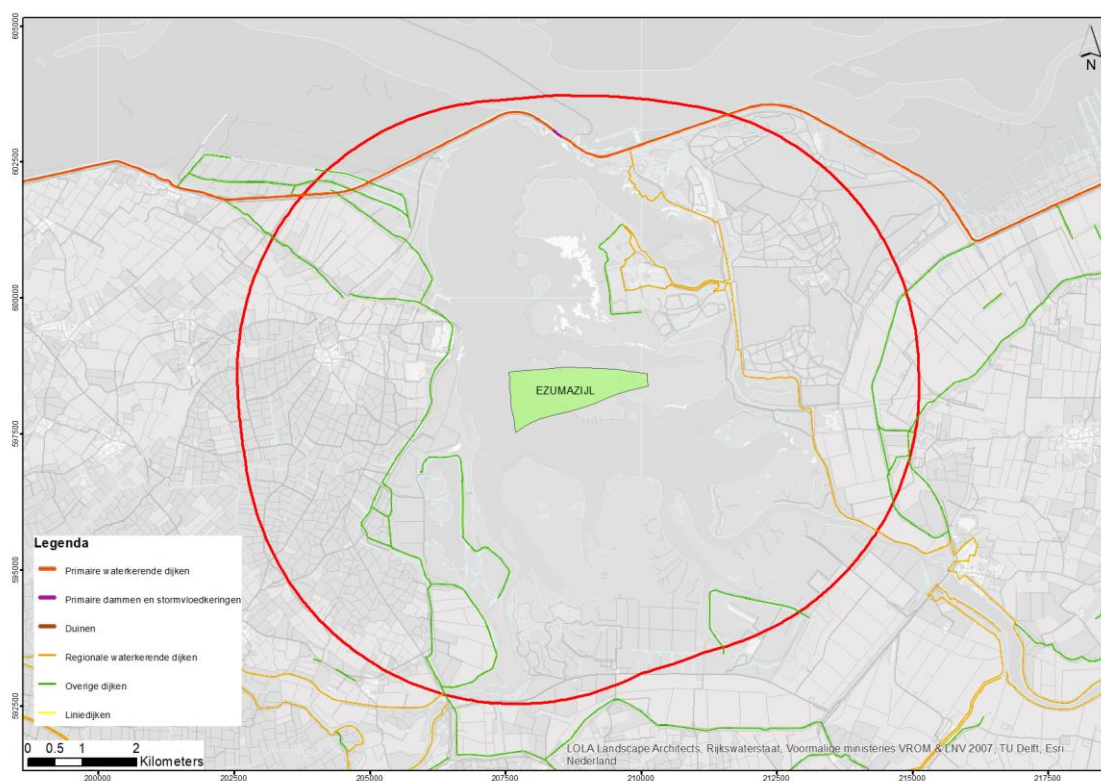
Figuur 12-1: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het Ezumazijl veld. De rode omtrek geeft de 5 km straal rond het Ezumazijl veld die relevant is voor de SRA.

²⁴ Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in bijlage C met blauwe pijl

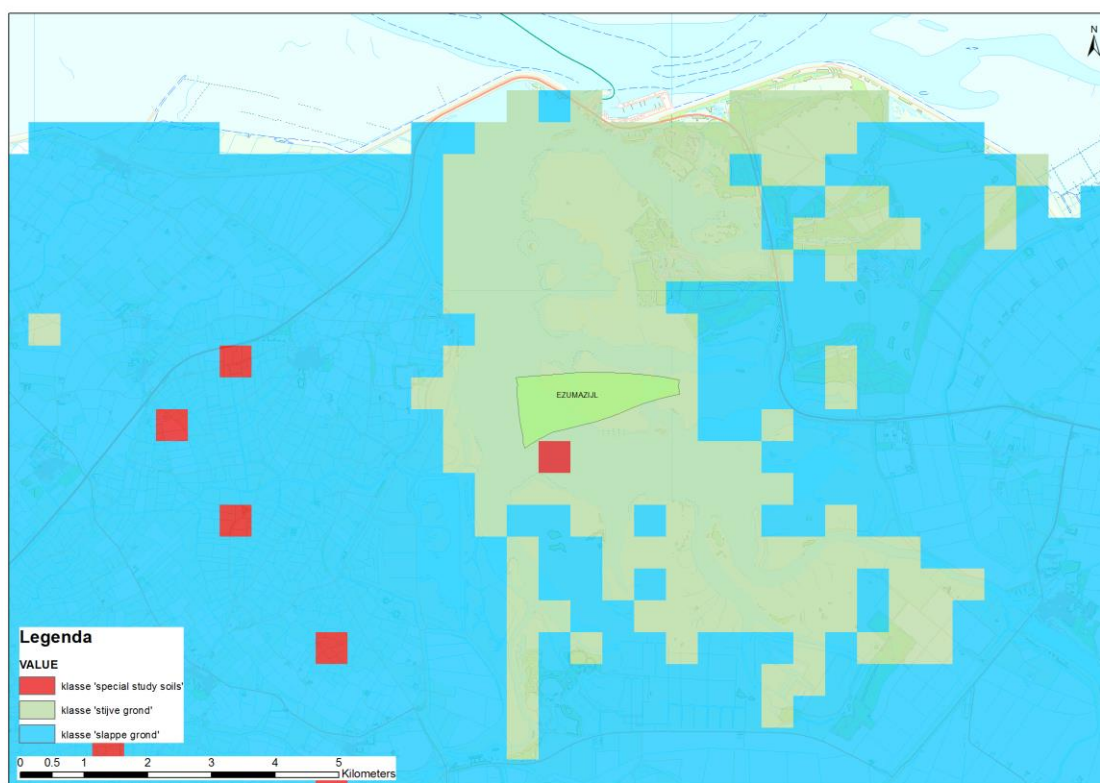
²⁵ Poisson's ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplug metingen



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 Ezumazijl veld. De rode omtrek geeft de 5 km straal rond het Ezumazijl veld aan die relevant is voor de SRA.



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



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

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

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

A

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

B

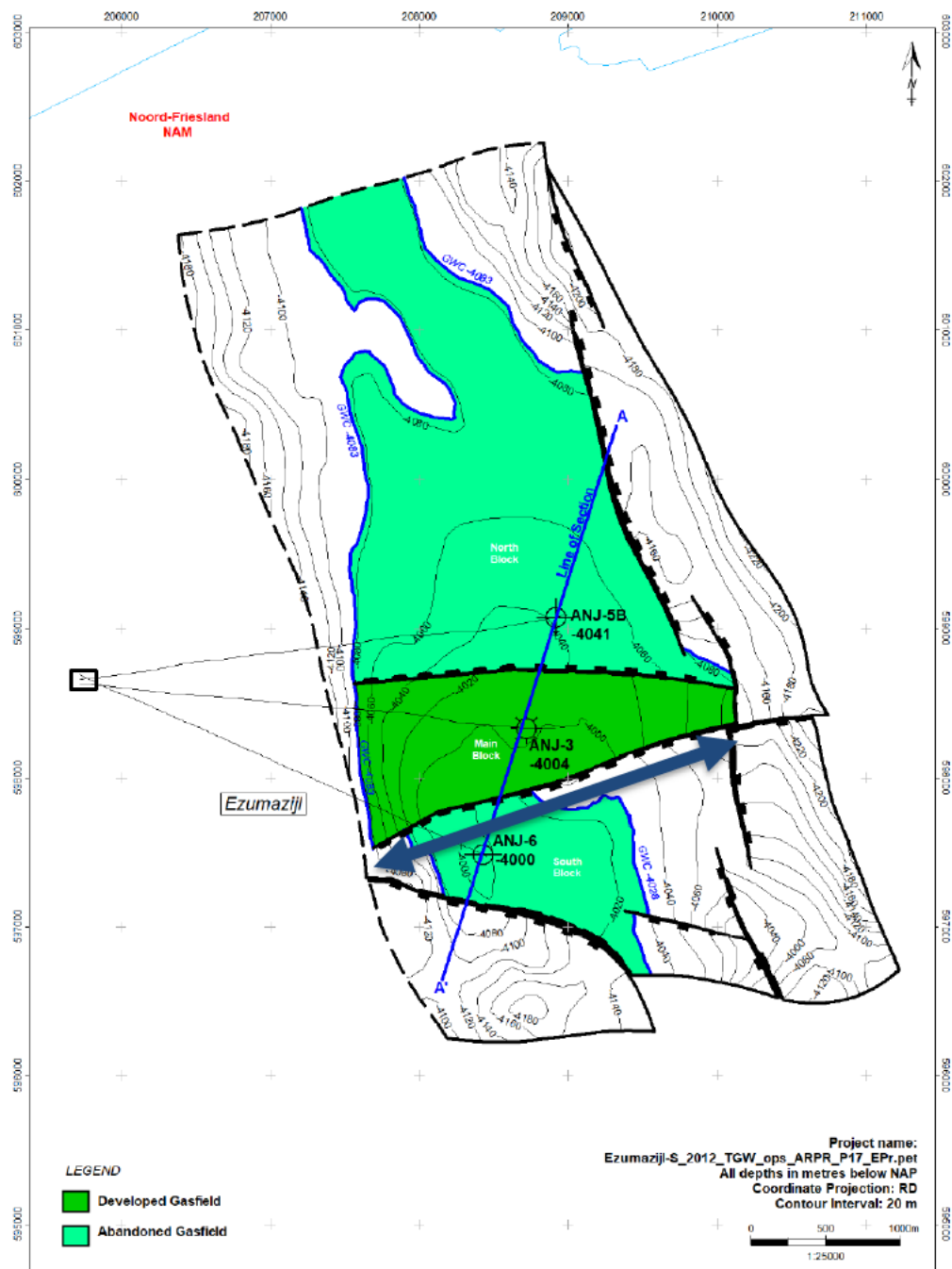
Score	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km^2)	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen En vitale infrastructuur	Dijken
4	> 2500	Meerdere direct boven het veld	Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Primaire dijken boven het veld
3	1000-2500 en/of 500-1000 met wijken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

Voorkomen	Kans op beven of waargenomen Magnitude Ligging voorkomen Opslingering				Genormaliseerde totaalscore	Bevolkingsdichtheid Industriële inrichtingen Speciale gebouwen en vitale infrastructuur Dijken				Genormaliseerde totaalscore	Categorie
Ezumazijl	1	1	2	0	0,29	0	3	2	3	0,5	I

13 Bijlage C: Geologische kaart

Kaart van het Ezumazijl gasveld met putten ANJ-3 en ANJ-5B (geabandonneerd). ANJ-6 vond een ander gas-water contact en bevindt zich in het Ezumazijl Zuid veld. De blauwe pijl geeft de langste breuk aan zoals gebruikt in de SRA.



 NAM	Ezumazijl Top Upper Slochteren Sst. (ROSLU)				
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: ARPR/WIPLA	Author: Land Asset	Date: Oct 2019	Draw. No.: EP201905200363001

