



AANVRAAG INSTEMMING VERLENGING WINNINGSPLAN ZO-DRENTHE ZUUR





AANVRAAG INSTEMMING VERLENGING WINNINGSPLAN ZO-DRENTHE ZUUR

Versie 1.5

November 2024

1 SAMENVATTING

Achtergrond winningsplannen – algemeen

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

De winning van gas kan alleen plaatsvinden indien de minister van Klimaat en Groene Groei (KGG) instemt met het winningsplan. Het uitgangspunt hierbij is de Mijnbouwwet, waaraan voldaan moet worden. De procedure om tot een goedgekeurd winningsplan te komen bevat de volgende stappen:

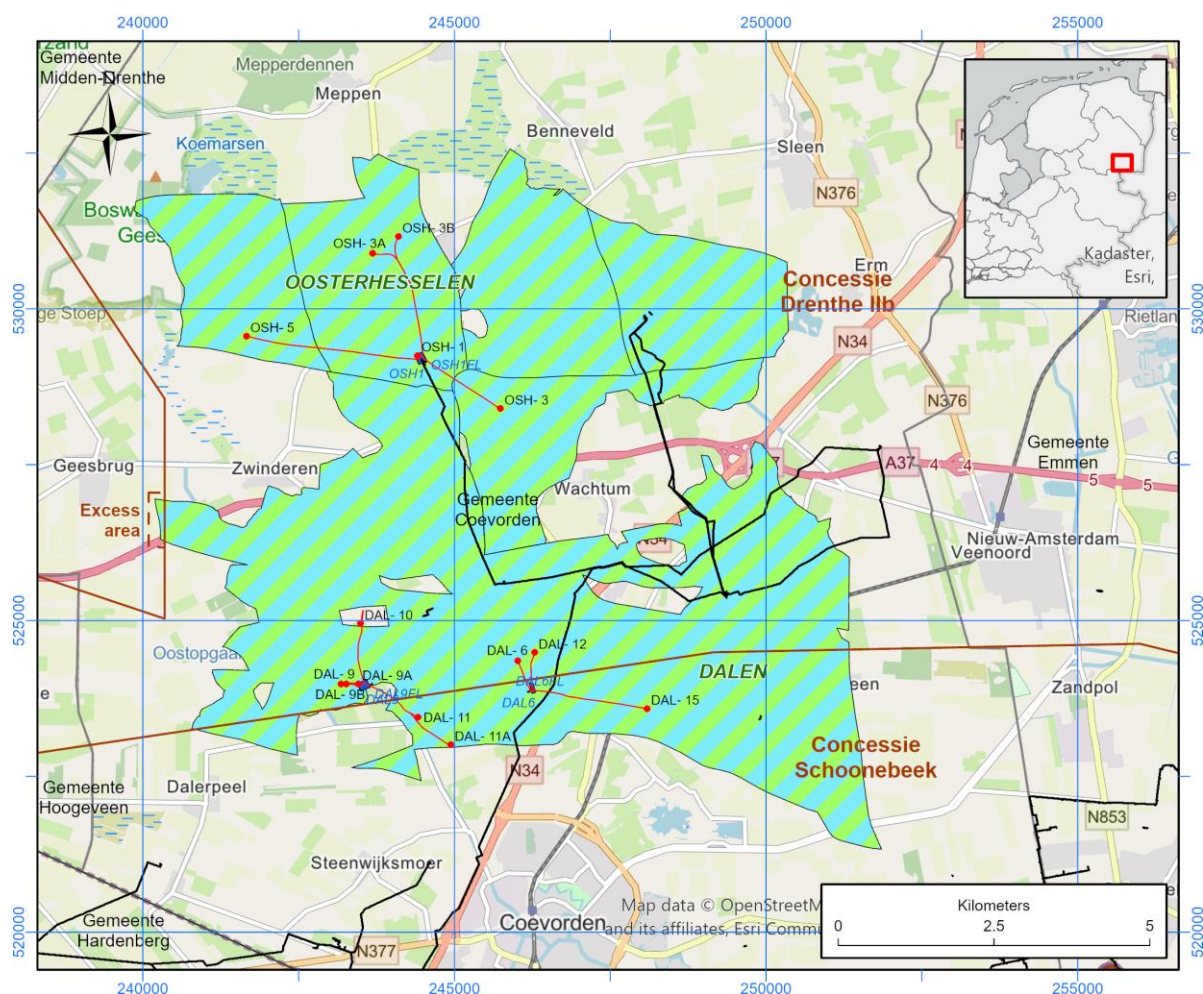
- NAM dient een winningsplan in bij KGG en vraagt om instemming.
- KGG vraagt advies aan verschillende partijen die bij de winning betrokken zijn, zoals: provincies, gemeenten, waterschappen, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), TNO en de Mijnraad.
- Deze adviezen worden meegenomen in het ontwerp instemmingsbesluit van de minister van KGG.
- Het ontwerp besluit ligt vervolgens voor een periode van 6 weken ter inzage. Iedereen kan in deze fase reageren door een zienswijze in te dienen.
- Vervolgens worden deze zienswijzen behandeld en stelt KGG een definitief instemmingsbesluit op. Uiteindelijk zal de minister al dan niet instemmen met het winningsplan. Er kunnen ook aanvullende voorschriften worden gesteld.
- Het definitieve instemmingsbesluit ligt vervolgens nog 6 weken ter inzage voor beroep. Alleen belanghebbenden kunnen in deze fase nog beroep aantekenen.
- Indien er beroep is ingediend zal de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State hierover oordelen.
- Bij een definitief winningsplan verloopt de gaswinning verder volgens dit winningsplan.
- Indien er een verwachting is dat er afgeweken gaat worden van het winningsplan zal NAM een actualisatie van het winningsplan moeten indienen. Het winningsplan dat nu ingediend wordt voor ZO-Drenthe Zuur is zo'n actualisatie.

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

Achtergrond winningsplannen – ZO-Drenthe Zuur

Dit winningsplan heeft betrekking op de gasvelden in het winningsplan ZO-Drenthe Zuur. De nog producerende gasvelden in dit winningsplan zijn Dalen DC, Dalen ZE2C en Oosterhesselen ZE2C. De gasvelden (ook wel "voorkomens" genoemd in winningsplannen) liggen in de gemeenten Coevorden en Emmen in de provincie Drenthe. Het gas uit de velden wordt vanaf de locaties, Dalen-6, Dalen-9 en Oosterhesselen-1 gewonnen. Het gewonnen gas wordt via bestaande infrastructuur naar het landelijke Gasunie netwerk getransporteerd. De ZO-Drenthe Zuur voorkomens zijn in de periode 1970-1980 aangeboord en in productie genomen. Het gas wordt aangemerkt als zuur omdat het een zekere concentratie H₂S gas bevat. Het originele winningsplan ZO-Drenthe Zuur omvatte 7 voorkomens. Het gasveld Emmen (2 voorkomens) is inmiddels verlaten. Ook de voorkomens Oosterhesselen DC en Emmen-Nieuw Amsterdam ZE2C produceren niet meer. Deze verlenging wordt dus aangevraagd voor de voorkomens Dalen ZE2C, Dalen DC en Oosterhesselen ZE2C.

De belangrijkste reden voor de actualisatie van het winningsplan is de verlengde levensduur van de nog producerende voorkomens. Er is geen aanpassing nodig van het maximale totale productievolume ten opzichte van het vigerende winningsplan. NAM heeft geen plannen voor hydraulische stimulatie (fracking) en ook niet voor het boren van nieuwe putten.



Legenda

- Putlocatie op einddiepte
- Puttraject
- Pijpleiding gas
- NAM Locaties
- Gasveld, tijdelijk uit productie
- Concessie grens
- Excess area
- Gemeente grens

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

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

Hoeveel gas kan er gewonnen worden?

Tot eind 2023 is in totaal 11141 miljoen Nm³ aardgas uit de drie nog producerende voorkomens geproduceerd. NAM verwacht nog tussen de 35 en 258 miljoen Nm³ aardgas te winnen over de periode 2024 tot en met 2032, afhankelijk van het productiescenario. De daadwerkelijke productie hangt af van hoe goed de putten kunnen blijven produceren.

Bodemdaling door gaswinning

Door de winning van gas uit diepe gesteentelagen neemt de druk van het gas in het gesteente langzaam af. Het gewicht van de gesteentelagen boven het gasveld zorgt ervoor dat de gashoudende gesteentelaag iets wordt samengedrukt. Dit kan zich aan de oppervlakte manifesteren in beperkte bodemdaling. Dit is een zeer geleidelijk proces, dat over decennia plaatsvindt en zich over een groot gebied uitstrekt. Om een beeld te geven; de helling die ontstaat door bodemdaling door gaswinning is typisch een paar centimeter over de lengte van een kilometer. Voor een individuele woning komt dit neer op een verschil van de dikte van 1 vel

A4 papier tussen de voor- en achtergevel wat in de praktijk en volgens onderzoekers geen schade aan gebouwen veroorzaakt. Meer informatie staat op www.commissiebodemdaling.nl en is te vinden in een recent TNO-rapport¹.

Dit winningsplan bevat een overzicht van de gemeten bodemdaling tot nu toe en een prognose van de bodemdaling door gaswinning aan het einde van de winning. Voor het monitoren van bodemdaling worden al sinds 1975 geodetische metingen uitgevoerd. Voor het Schoonebeek gasveld, dat zich onder het Schoonebeek olieveld bevindt is ook een nieuw winningsplan ingediend. Een nieuwe kalibratie van het bodemdalingsmodel voor Schoonebeek gas heeft ook invloed op de totale bodemdaling bij Dalen. De meest recente grootschalige meting is gedaan in 2024. Het bodemdalingsmodel is opnieuw gekalibreerd aan de metingen. Bij deze kalibratie wordt gebruik gemaakt van een verbeterd compactiemodel waarmee de na-ijling van de bodemdaling beter gekwantificeerd is.

De verwachte bodemdaling door toekomstige gaswinning is minder dan 2 cm boven de velden Oosterhesselen en Dalen. Dit is een zeer geringe bodemdaling die de onzekerheidsmarge van de metingen nauwelijks overstijgt.

De verwachte totale bodemdaling door de winning uit deze voorkomens is minder dan 4 cm.

Wanneer deze bodemdaling gecombineerd wordt met de bodemdaling veroorzaakt door de omliggende voorkomens, inclusief na-ijlperiode, zal de verwachte totale bodemdaling:

- boven Oosterhesselen minder dan 4 cm zijn.
- boven Dalen minder dan 8 cm zijn.

Voor de berekeningen van de totale bodemdaling wordt een onzekerheid aangehouden van 2 cm. Inclusief onzekerheid betekent dit dat de bodemdaling boven de zuidoostelijke punt van het Dalen veld minder dan 10 cm is.

Deze totale bodemdaling is meer dan geschat volgens het vigerende winningsplan. Boven Oosterhesselen werd minder dan 2 cm bodemdaling verwacht, boven Dalen minder dan 4 cm. Zoals eerder vermeldt, wordt een groot deel van de maximale bodemdaling veroorzaakt door de gas- en oliewinning bij Schoonebeek.

De bodemdaling is beperkt en het risico van de bodemdaling blijft onveranderd laag.

Toelichting risico van aardbevingen

In 2014 is een rapport van de Onderzoeksraad voor de Veiligheid verschenen met een duidelijke boodschap: er moet meer aandacht komen voor de negatieve gevolgen van de gaswinning. Dit heeft geleid tot aanpassing van de Mijnbouwwet. In de tussentijd is door SodM een leidraad² ontwikkeld om het risico van aardbevingen beter in beeld te brengen. Bedrijven als NAM moeten deze leidraad gebruiken in de winningsplannen. In dit winningsplan is het risico van aardbevingen volgens deze leidraad uitgewerkt. Op basis van verschillende parameters met betrekking tot de ondergrond en gasproductie is bepaald wat de waarschijnlijkheid is dat een gasveld zou kunnen beven. Daarnaast wordt op basis van de specifieke geologische eigenschappen een inschatting gemaakt van de sterkste beving waar theoretisch gezien rekening mee moet worden gehouden. Andere parameters in de SodM leidraad zijn onder andere de opbouw van de ondiepe ondergrond en bevolkingsdichtheid.

Velden waar aardbevingen in voor kunnen komen worden ingedeeld in 3 categorieën, waarbij categorie 1 het laagste en categorie 3 het hoogste risico draagt. Afhankelijk van de risicocategorie gelden er voor een veld monitoringsverplichtingen, beheersmaatregelen en onderzoeksverplichtingen. Alleen het Groningen gasveld valt in categorie 3. De voorkomens in dit winningsplan vallen allen in categorie 1. De risico-inschatting is onveranderd t.o.v. het vigerende winningsplan.

Boven de voorkomens zijn in het verleden aardbevingen geregistreerd met een maximale magnitude van $M=2,2$. Schade door aardbevingen kan niet worden uitgesloten en NAM is volgens het Burgerlijk Wetboek aansprakelijk voor schade die zij veroorzaakt. Mochten omwonenden schade denken te ondervinden als

¹ <https://repository.tno.nl/islandora/object/uuid%3Ab4983f09-4001-4677-845e-016b17130de6>

² https://www.nlog.nl/sites/default/files/fdb3cd42-ecba-49ce-969f-44318e9d1272_tijdelijke%20leidraad%20sra%20v1-2.pdf

gevolg van bodembeweging, dan kan dat gemeld worden bij de commissie mijnbouwschade (<https://www.commissiemijnbouwschade.nl>).

Inhoud

1	SAMENVATTING	3
	INHOUD	7
	FORMULIER AANVRAAG INSTEMMING WINNINGSPLAN	9
2	INLEIDING	11
2.1	Doel van het Winningsplan	11
2.2	Leeswijzer	11
3	PLAATS VAN WINNING	13
3.1	Productielocaties, putten en voorkomens	13
3.2	Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas	15
4	BORINGEN	17
4.1	Inleiding: Algemene beschrijving van een put	17
4.2	Overzicht boringen	18
4.3	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	19
4.4	Onderhoud van de putten	19
5	ONDERGROND	21
5.1	Inleiding: hoe worden de gesteente-eigenschappen gemeten	21
5.2	Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	21
5.3	Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen	25
5.4	Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	26
6	ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN	27
6.1	Inleiding	27
6.2	Historische Productie	27
6.3	Onzekerheden	29
6.4	Winningsstrategie en reservoirmanagement	29
6.5	Winningsnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	30
6.6	Duur van de winning	32
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning	33
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen	33
6.9	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	33
6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	33

7	BODEMDALING	34
7.1	Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	34
7.2	Metten en berekenen van bodemdaling door gaswinning	36
7.3	Bodemdalingsvooruitzichten	38
7.4	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	41
7.5	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	41
8	BODEMTRILLING	42
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand	42
8.2	Historische bevingen	42
8.3	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse	43
8.4	Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit de velden van dit winningsplan	43
8.5	Monitoring van bodemtrillingen	44
8.6	Afhandeling van schade	45
8.7	Seismisch risicobeheersplan	45
9	OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN	46
9.1	Algemeen	46
10	VERKLARENDE WOORDENLIJST	50
11	BIJLAGE A: BODEMDALING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN	51
12	BIJLAGE B: SEISMISCHE RISICO ANALYSE: DETAILS EN ACHTERGRONDEN	53
12.1	Seismische Risico Analyse voor de voorkomens in dit winningsplan	55
13	BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN DE VOORKOMENS	66
14	BIJLAGE D: DRUK DATA	69

Formulier aanvraag instemming winningsplan

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

Elektronisch in te dienen bij:

Ministerie van Economische Zaken

Directie Energie & Omgeving

mijnbouwaanvragen@minez.nl

Artikel	Onderwerp	Beschrijving
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming voor winningsplan ZO-Drenthe Zuur	☐ Een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 12 zeemijlszone ☒ Een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territorium tot 12 zeemijl uit de kust De wijziging / actualisatie bestaat uit een aangepaste productieduur, een actualisatie van de seismische risicoanalyse en bodemdalings- voorspellingen.
	Algemene gegevens	
	<i>Naam indiener</i>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<i>Adres</i>	Postbus 2800 9400 HH Assen
	<i>Contactpersoon</i>	
	<i>E-mail</i>	
Mw 34 lid 2	Indiener	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunning(s)gebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning(en) - Drenthe IIb (KB 4/11/1968, laatstelijk gewijzigd d.d. 16 Maart 2012 bij besluit ETM/EM/12015700) - Schoonebeek (KB 3/5/1948, laatstelijk gewijzigd d.d. 28 September 2018 bij besluit WJZ / 18243961)
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	☒ Dalen ZE2C ☒ Dalen DC ☒ Oosterhesselen ZE2C
Mb 24 lid 1a	Soort koolwaterstof die wordt gewonnen	☐ olie ☒ hoog calorisch gas ☐ Groningen kwaliteit gas ☐ laag calorisch gas ☒ zwavelhoudend gas ☒ aardgascondensaat
Mr 1.2.1 lid 3	Bestaande of nieuwe winning	☒ winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding) ☐ winningsplan voor nieuwe winning
Mw 34 lid 7	Coördinatie vergunningen	☐ ja: te weten met: ☐ Omgevingsvergunning ☐ Watervergunning ☐ Mijnbouwmilieuvergunning ☐ Anders, namelijk: ☒ nee (n.v.t.)

	Bedrijfs- en productiegegevens	Paragraaf
Mw 35 lid 1	Beknopte beschrijving van het winningsplan	1, 2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	3, 4
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	5
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	Bijlage C
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, putten	3.1
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	3.1
Mb 24 lid 1e,f	Overzicht boringen in voorkomen(s)	4.2
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	4.3
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden	3.2
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	6.4
Mb 24 lid 2	Productiefilosofie	6.4
Mb 24 lid 2	Reservoir management	6.4
Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	6.5
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	6.6
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	6.9
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks eigengebruik bij winning	6.7
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefaalde koolwaterstoffen	6.8
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	6.10
Mw 36 lid 1 sub b	Planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen	5.4
	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	7.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	7.2 – 7.3 Bijlage A, D
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.4
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	7.5
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	7.5
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemtrilling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	8.1, 8.2
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	8.3, 8.4, Bijlage B
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	8.4
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	8.6, 8.7
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	8.6, 8.7
	Overige veiligheidsaspecten	Sectie
Mw 35 lid 1g	De risico's voor omwonenden, gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan met een risicobeoordeling, voor zover het winnen van delfstoffen niet geschiedt in het continentaal plat	9.1
Ondertekening   		Datum: 5 november 2024 Plaats: Assen Mb24 lid I Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen. Zie deel "vertrouwelijk".

2 INLEIDING

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Winningsvergunning Schoonebeek en Drenthe IIb. Een zeer klein deel van het Dalen veld ligt in het vergunningsgebied Drenthe V van Vermilion. Met Vermilion zijn afspraken gemaakt om het gas te mogen produceren van het Dalen veld in deze vergunning met een overeengekomen afbakening. Deze afbakening is aangegeven in Figuur 3-1. Conform artikel 34 van de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren in overeenstemming met een winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het winningsplan moet bevatten.

Dit winningsplan omvat de voorkomens Dalen ZE2C / DC en Oosterhesselen ZE2C die liggen in de gemeente Coevorden. Deze voorkomens worden geproduceerd door middel van de putten op de locaties Dalen-6, Dalen-9, Oosterhesselen-1.

De reden voor de actualisatie van het winningsplan is de verlengde levensduur tot en met 2032. Er is geen aanpassing nodig van het maximale totale productievolume ten opzichte van het vigerende winningsplan. Dit aangepaste winningsplan bevat een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen, en een nieuwe seismische risicoanalyse. Dit is de derde actualisatie van het winningsplan ZO-Drenthe Zuur. De reden voor de vorige actualisatie in 2011 was eveneens het langer kunnen produceren dan voorzien. De actualisatie die in 2011 is ingediend is het **vigerend winningsplan** voor ZO-Drenthe Zuur. Hieronder een overzicht van winningsplannen en actualisaties:

DATUM (INDIENEN WINNINGSPLAN)	DOCUMENT
2003	Originele winningsplan*
2005	Eerste actualisatie
2011	Tweede actualisatie
2022	Derde actualisatie (dit document)

*Het oorspronkelijk winningsplan en actualisaties zijn te vinden onder bv de veldcode DAL (Dalen) op www.nlog.nl

Deze vijfde versie van de derde actualisatie is gemaakt om de laatste verbeteringen en verduidelijkingen mee te nemen en het besluit om het voorkomen Emmen-Nieuw Amsterdam niet meer te produceren en een aantal locaties in het gebied op te ruimen. Een aantal figuren zijn ook bijgewerkt naar aanleiding van recentere informatie.

2.2 Leeswijzer

In dit winningsplan wordt ingegaan op de manier waarop het gas gewonnen wordt, de geologie en de eigenschappen van het ondergrondse gasvoorkomen, de voorspelde productiehoeveelheden en mate van bodemdaling en het risico op aardbevingen.

- Hoofdstuk 1 - Samenvatting - geeft een overzicht van dit winningsplan en is bedoeld om de belangrijkste punten van het plan uit te leggen zonder technische details.
- Hoofdstuk 3 - Plaats van winning - en Hoofdstuk 4 - Boringen - geven meer informatie over de locaties en putten.
- Hoofdstuk 5 - Ondergrond - geeft een beschrijving van de ondergrond, en met name de geologie.
- Hoofdstuk 6 - Ontwikkelingsvooruitzichten - gaat in op de historische en toekomstige productie en de ontwikkelingsplannen voor de ZO Drenthe zuur gasvoorkomens.

- Hoofdstuk 7 - Bodemdaling - beschrijft de historische en verwachte bodemdaling in het gebied rondom het voorkomen. De bodemdaling wordt regelmatig gemonitord volgens een meetplan conform de geldende normen, onder toezicht van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).
- Hoofdstuk 8 - Bodemtrilling - gaat verder in op de seismische risicoanalyse. De seismische risicoanalyse laat zien dat het gasvoorkomen in dit winningsplan in de laagste seismische risicocategorie valt (categorie I).
- Hoofdstuk 9 - Overige omgevingsaspecten - beschrijft de mogelijke effecten van bodemtrilling en bodemdaling op natuur en milieu.

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

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

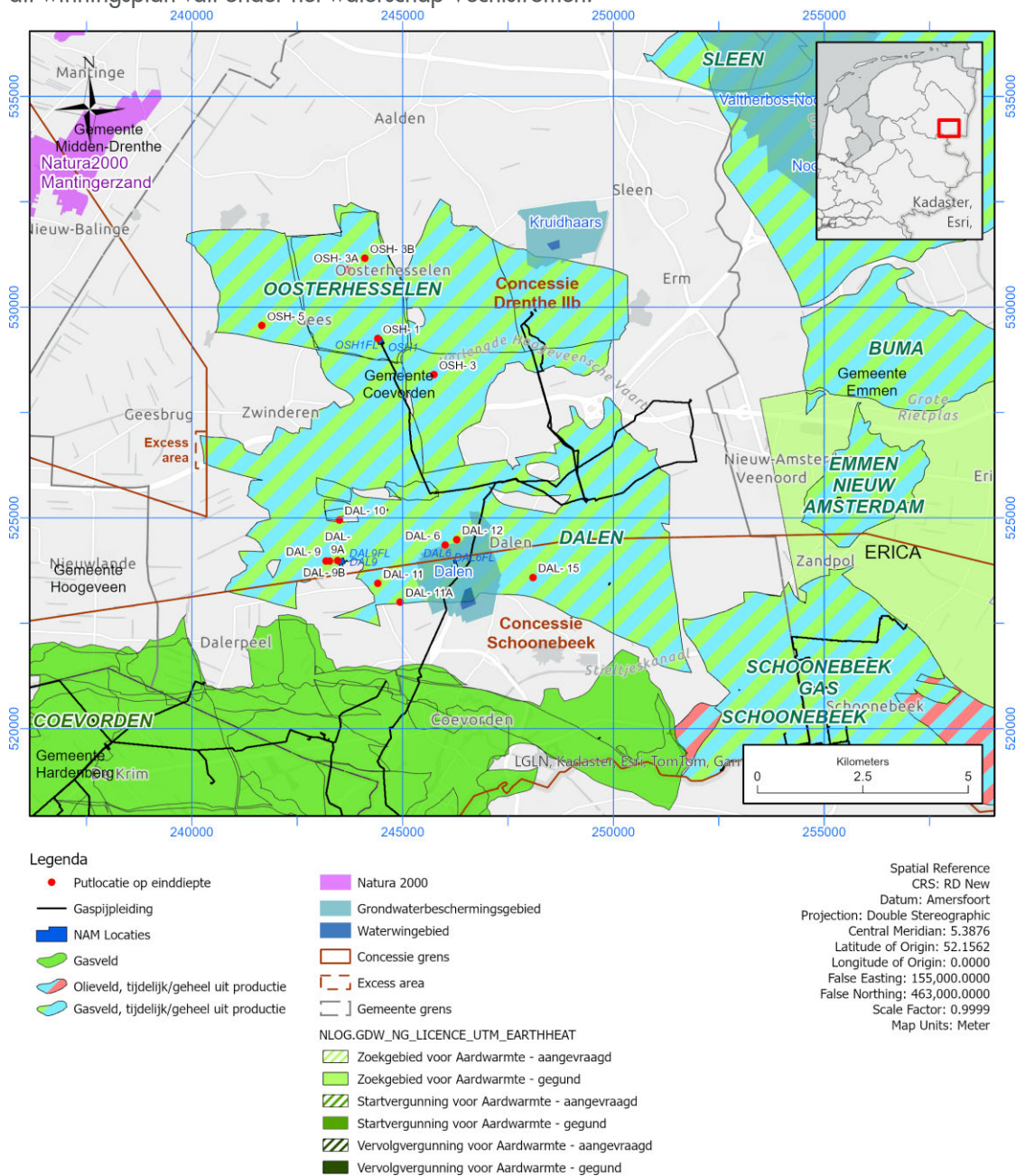
Eventuele toekomstige activiteiten op de locatie of in het reservoir (bijvoorbeeld activiteiten gerelateerd aan putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.

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

3 PLAATS VAN WINNING

3.1 Productielocaties, putten en voorkomens

Figuur 3-1 is een topografische kaart met de locatie van het voorkomen, de putten, de productielocaties en pijpleidingen. De gasvoorkomens liggen in de gemeente Coevorden in de provincie Drenthe en vallen onder de winningsvergunningen (concessies): Drenthe IIb en Schoonebeek. Het gehele winningsgebied van dit winningsplan valt onder het waterschap Vechtstromen.



Figuur 3-1: Kaart met de locatie van de Dalen en Oosterhesselengasvelden en productielocaties, inclusief (nabijgelegen) olie- en gasvelden, waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden en beschermde Natura-2000 gebieden. Er zijn exploratielicenties voor aardwarmtewinning bij de Emmen en Emmen-Nieuw Amsterdam voorkomens, maar voorsnog geen productielicenties of bestaande geothermieputten in de directe omgeving.

De waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden, de beschermde natuurgebieden (inclusief Natura-2000) zijn aangegeven. De dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebieden zijn Dalen en Kruidhaars die respectievelijk ten dele boven de Dalen en Oosterhesselen voorkomens liggen. Het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebieden is Mantingerzand. Deze ligt op 2,5 km vanaf het Oosterhesselen voorkomen. In hoofdstuk 9 gaan wij hier nader op in. Er zijn geen geothermieputten in dit gebied.

De Dalen voorkomens worden momenteel geproduceerd vanaf de locaties, Dalen-6 en Dalen-9. Het voorkomen Oosterhesselen wordt geproduceerd vanaf de locatie Oosterhesselen-1. De Dalen en Oosterhesselen locaties liggen in de gemeente Coevorden. t. Luchtfoto's van de productielocatie worden getoond in Figuur 3-2. Hoofdstuk 4.2 gaat dieper in op welke boringen in de voorkomens zijn uitgevoerd.

*Dalen-6**Dalen-9*



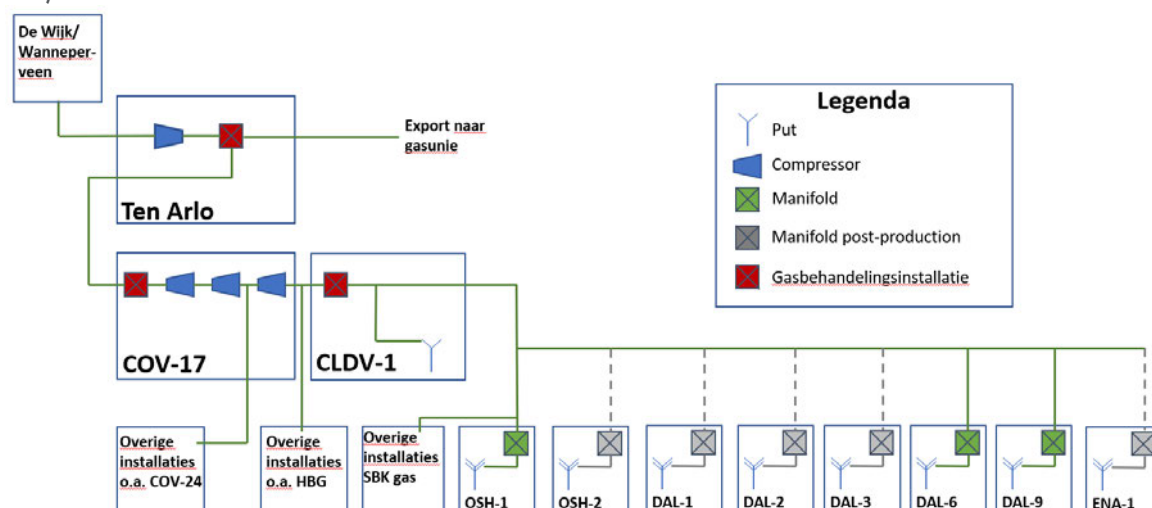
Oosterhesselen-1

Figuur 3-2: Luchtfoto's van de productielocaties

3.2 Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas

Figuur 3-3 geeft een schematische weergave van (een deel van) de gasstromen in het productiesysteem. Alle gasstromen vanaf de Dalen en Oosterhesselen locaties worden behandeld op de locaties Collendoornerveen-1, Coevorden-17 en Ten Arlo. Tevens wordt het gas gecomprimeerd op de locatie Coevorden-17. Op de locaties Coevorden-17 en Ten Arlo wordt het gas samengevoegd met de gasstromen van andere (satelliet) locaties. Uiteindelijk wordt het gas geleverd aan het landelijk Gasunie netwerk vanaf de Ten Arlo locatie.

De vloeistofstroom (een kleine hoeveelheid condensaat (vloeibare koolwaterstoffen) en water dat meekomt met de gasproductie) wordt afgevoerd per vrachtwagen naar een vergunde verwerkingsinstallatie (Figuur 3-4).



Figuur 3-3: Schematische weergave gasbehandeling en afvoer.

*Coevorden-17**Collendoornerveen-1**Figuur 3-4: Luchtfoto's van de behandelingsinstallaties*

4 BORINGEN

4.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put

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

Een put wordt geboord met een boortoren. Voordat de boortoren op een locatie wordt geplaatst wordt eerst een buis in de grond geheid tot een diepte van ongeveer 50 meter. Deze zogenaamde conductor voorkomt dat de ondiepe putwand het begeeft. De boortoren wordt daarna op deze buis opgebouwd, zodat hierdoorheen geboord kan worden met een uitrusting van boorpijpen, meetapparatuur, stabilisatoren, een motor en een beitel.

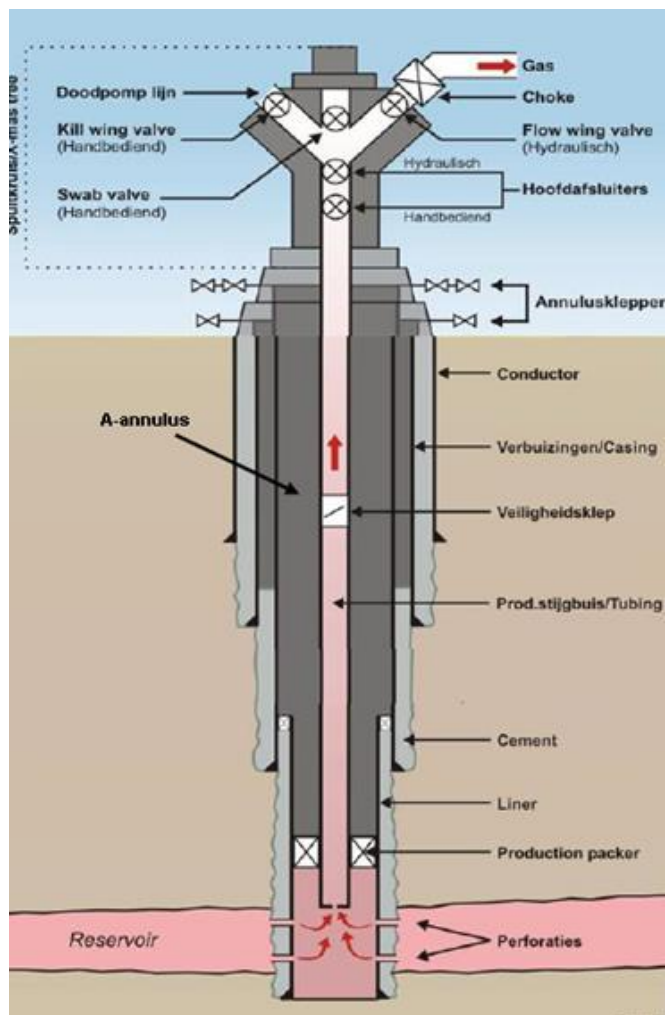
Tijdens het boorproces wordt gebruik gemaakt van een boorvloeistof. Deze zorgt voor het aandrijven van de motor, het verwijderen van boorgruis en de koeling van de beitel. Ook levert deze boorvloeistof een hydrostatische druk in het boorgat om vloeistof-instroom vanuit de gesteenteformaties te voorkomen.

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

Het boren van een put door de verschillende grondlagen gebeurt in secties waarvan de diameter afneemt met de diepte. Het boorgat wordt verstevigd door middel van een metalen buis: verbuizing ofwel 'casing' genoemd. De casing wordt in het boorgat vast gecementeerd waardoor een sterke en stabiele put ontstaat. Dit geeft bescherming en isolering van de bovenliggende grondlagen en het voorkomt contact met het grondwater. Het boren van secties en zetten van een casing herhaalt zich meerdere keren totdat het gasveld, dat zich op circa 3 kilometer diepte bevindt, is bereikt.

Voor de gasproductie wordt een aparte productie-stijgbuis ('tubing') gebruikt. Deze verbuizing zorgt ervoor dat het aardgas gecontroleerd omhoog kan stromen. De tubing is dus een buis in de casing en is zodoende een extra barrière tegen het ontsnappen van 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



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

kunnen waarborgen. De tubing beschikt ook over verschillende veiligheidskleppen die de gasstroom af kunnen sluiten.

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

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

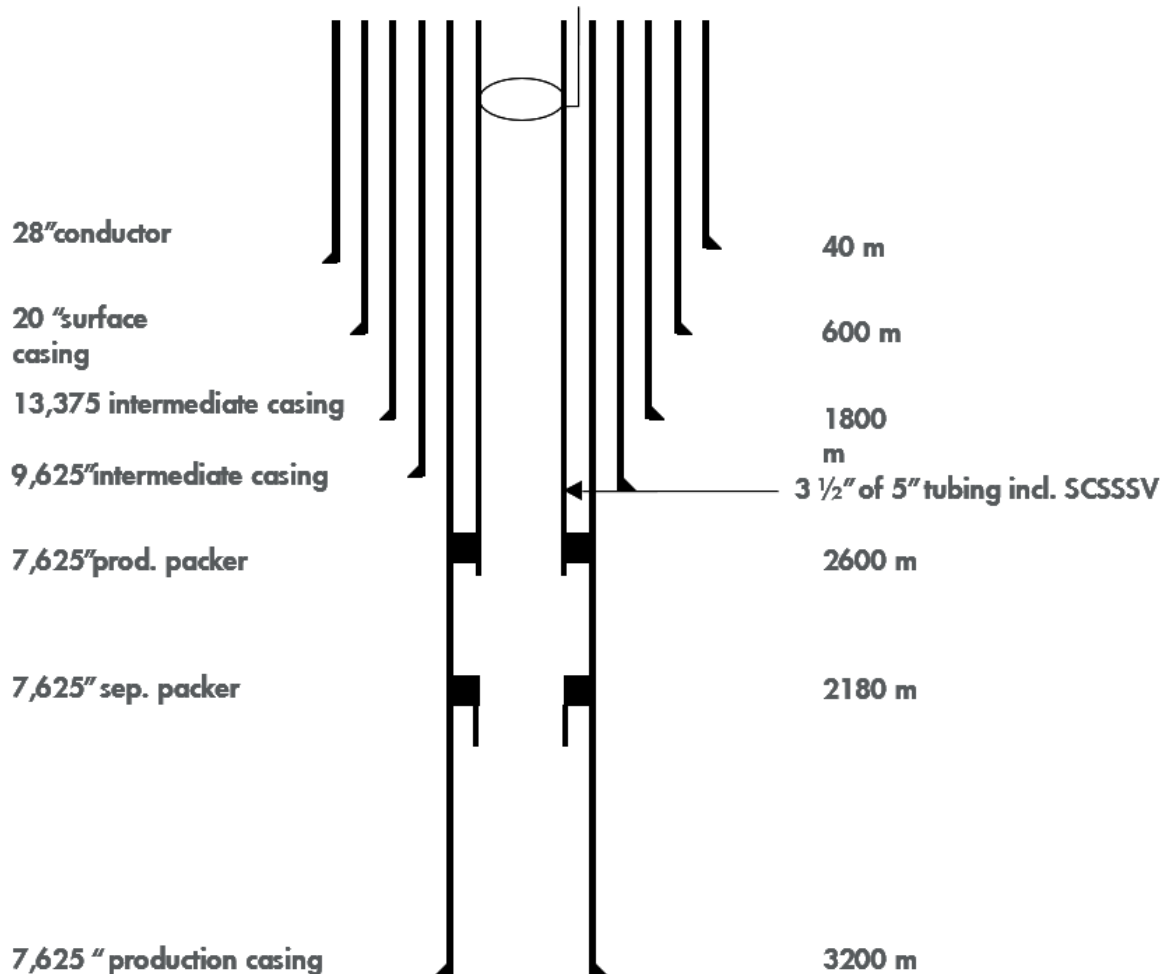
4.2 Overzicht boringen

In Tabel 4-1 zijn de boringen met aanvullende informatie weergegeven. In totaal zijn er 21 putten geboord in de voorkomens, waarvan 15 in het Dalen gasveld en 6 in het Oosterhesselen gasveld. Op dit moment zijn alle putten tijdelijk ingesloten. Sommige gesloten putten hebben echter nog potentie om gasproductie te hervatten na bijvoorbeeld een putinterventie of installatie-onderhoud, -inspectie of -modificatie. Door middel van dit winningsplan en eventuele ingrepen zullen ingesloten putten weer in productie worden genomen. Zie verder hoofdstuk 6 voor de ontwikkelingsvooruitzichten.

Tabel 4-1: Lijst van boringen in de betreffende gasvelden. DC = Carboon reservoir. ZEZ2C = Zechstein 2 Carbonaat reservoir. Gesloten = Ingesloten op moment van rapporteren, put heeft geen potentie meer en wacht op suspenderen en/of abandonneren. Tijdelijk ingesloten = Ingesloten op moment van rapporteren, put heeft echter nog potentie waardoor deze mogelijk in de toekomst weer gaat produceren (bijv. na een putinterventie of installatie-onderhoud/-inspectie en/of -modificatie). Een gesuspenderde put wacht in principe op abandonnering.

VOORKOMEN	LOCATIE/PLATFORM	PUTAAM	STATUS	RESERVOIR
Dalen	Dalen 1	DAL-1	Gesuspenderd	ZEZ2C
		DAL-8	Gesuspenderd	ZEZ2C
	Dalen 2	DAL-2	Gesloten	ZEZ2C
		DAL-4	Gesloten	ZEZ2C & DC
		DAL-5	Gesloten	ZEZ2C
		DAL-14	Gesloten	ZEZ2C & DC
	Dalen 3	DAL-3	Geabandonneerd	ZEZ2C
		DAL-7	Gesuspenderd	ZEZ2C
		DAL-13	Gesloten	ZEZ2C
	Dalen 6	DAL-6	Tijdelijk ingesloten	ZEZ2C
		DAL-12	Tijdelijk ingesloten	ZEZ2C
		DAL-15	Tijdelijk ingesloten	ZEZ2C
Oosterhesselen	Dalen 9	DAL-9	Tijdelijk ingesloten	ZEZ2C
		DAL-10	Tijdelijk ingesloten	DC
		DAL-11	Gesuspenderd	ZEZ2C
	Oosterhesselen 1	OSH-1	Tijdelijk ingesloten	ZEZ2C
		OSH-3	Gesuspenderd	ZEZ2C
		OSH-5	Tijdelijk ingesloten	ZEZ2C
	Oosterhesselen 2	OSH-2	Gesloten	ZEZ2C
		OSH-4	Gesloten	ZEZ2C
		OSH-6	Geabandonneerd	ZEZ2C

4.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en)



Figuur 4-2: Schematische weergave van de typische Dalen/Oosterhesselen putverbuizing. Dieptes zijn aangegeven langs de put, gemeten vanaf de vloer van de boorinstallatie ('along hole diepte'). Aangezien putten vaak schuin (gedevieerd) zijn geboord, is de verticale diepte ten opzichte van de boorvloer altijd minder dan de 'along hole' diepte.

4.4 Onderhoud van de putten

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

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

Het is niet nodig om de putten in de gasvoorkomens in dit winningsplan hydraulisch te stimuleren.

Integriteit van de afdekkende lagen

De reservoirs in de gasvoorkomens van Oosterhesselen en Dalen bestaan uit het Z2 Carbonaat Laagpakket in de Z2 Formatie (Zechstein Groep), en de Tubbergen Formatie (Limburg Groep) die bestaat uit zandsteen- en kleisteenlagen.

De Zechstein Groep bevat ook de belangrijkste afdekkende lagen die de gasvoorkomens afsluiten. Deze bestaan voornamelijk uit impermeabel zout (haliet) en anhydriet met een aantal eveneens impermeabele (zout)kleipakketten. De dikte van dit afdekkende interval is over de gasvoorkomens in totaal meer dan 50 meter en meestal honderden meters. Als extra afsluitende laag is er het Hoofdkleistein laagpakket uit het Trias met een totale dikte van meer dan 200 meter.

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

Tabel 4-2: Schematische aanduiding van het gashoudende gesteente (Z2 formatie) van het Oosterhesselen gasveld en de verschillende lagen daarboven en daaronder. De dieptes geven de bovenkant van de desbetreffende laag aan en zijn bij benadering, gebaseerd op put OSH-1. Zie Hoofdstuk 5 voor de volledige geologische beschrijving inclusief overliggende lagen.

GROEP	Stratigrafie Code	Formatie/Member	DIEPTE TV (m onder NAP)
Onder-Germaans Trias	RBSHM	Main Claystone Member	2672
Zechstein (ZE)	ZEUC	Zechstein Upper Claystone Formation	2696
	ZESAL	Lower Zechstein salt	3061
	ZEZ2A	Z2 Basal Anhydrite Member	3064
	ZEZ2C	Z2 Carbonate Member	3110
	ZEZ1W	Z1 Anhydrite Member	3153
	ZEZ1C	Z1 Carbonate Member	3157
	ZEZ1K	Coppershale Member	3157
Rotliegend (RO)	ROSL	Slochteren Formation	3167
Limburg (DC)	DCHL	De Lutte Formation	3347
	DCDT	Tubbergen Formation	3387

5 ONDERGROND

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de ondergrond van de gasvelden Dalen en Oosterhesselen vanaf de oppervlakte tot aan de diepte waarop de gasvoorkomens zich bevinden.

5.1 Inleiding: hoe worden de gesteente-eigenschappen gemeten

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

De omvang en diepte van de velden worden bepaald uit de analyse van geluidsgolven (zogenaamde seismiek). De gemeten seismiek bevat altijd een zekere hoeveelheid ruis. Bovendien zijn de voortplantingssnelheden in de gesteentelagen boven het voorkomen onzeker. De exacte diepte van het voorkomen is alleen bekend waar een put het gasreservoir binnengaat, dus op een beperkt aantal plaatsen. Het gevolg daarvan is dat de omvang en diepte van het veld alleen binnen een onzekerheidsband bepaald kan worden. De fysische eigenschappen van gesteente, zoals dichtheid, elektrische weerstand en de voortplantingssnelheid van geluid, zijn belangrijke parameters voor het bepalen van reservoir-eigenschappen als porositeit, saturatie en doorlaatbaarheid (permeabiliteit). Deze fysische eigenschappen worden bepaald door na het boren van de putten meetinstrumenten in de boorgaten te laten zakken.

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

Het gevolg is dat er onzekerheden bestaan over de diverse aspecten van het gasveld, zoals de hoeveelheid gas, de productiesnelheid en het verloop daarvan in de tijd, maar ook over de uiteindelijke bodemdaling. Dat leidt ertoe dat voorspellingen van onzekerheidsmarges voorzien zijn.

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

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

Het ontstaan van gasvoorkomens

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

de zijwaartse verspreiding wordt verhinderd ontstaat er een gasreservoir. Zijwaartse begrenzingen worden vaak gevormd door breuken in het gesteente als gevolg van natuurlijke bewegingen van de aardplaten.

Reservoirformaties en Bron Koolwaterstoffen

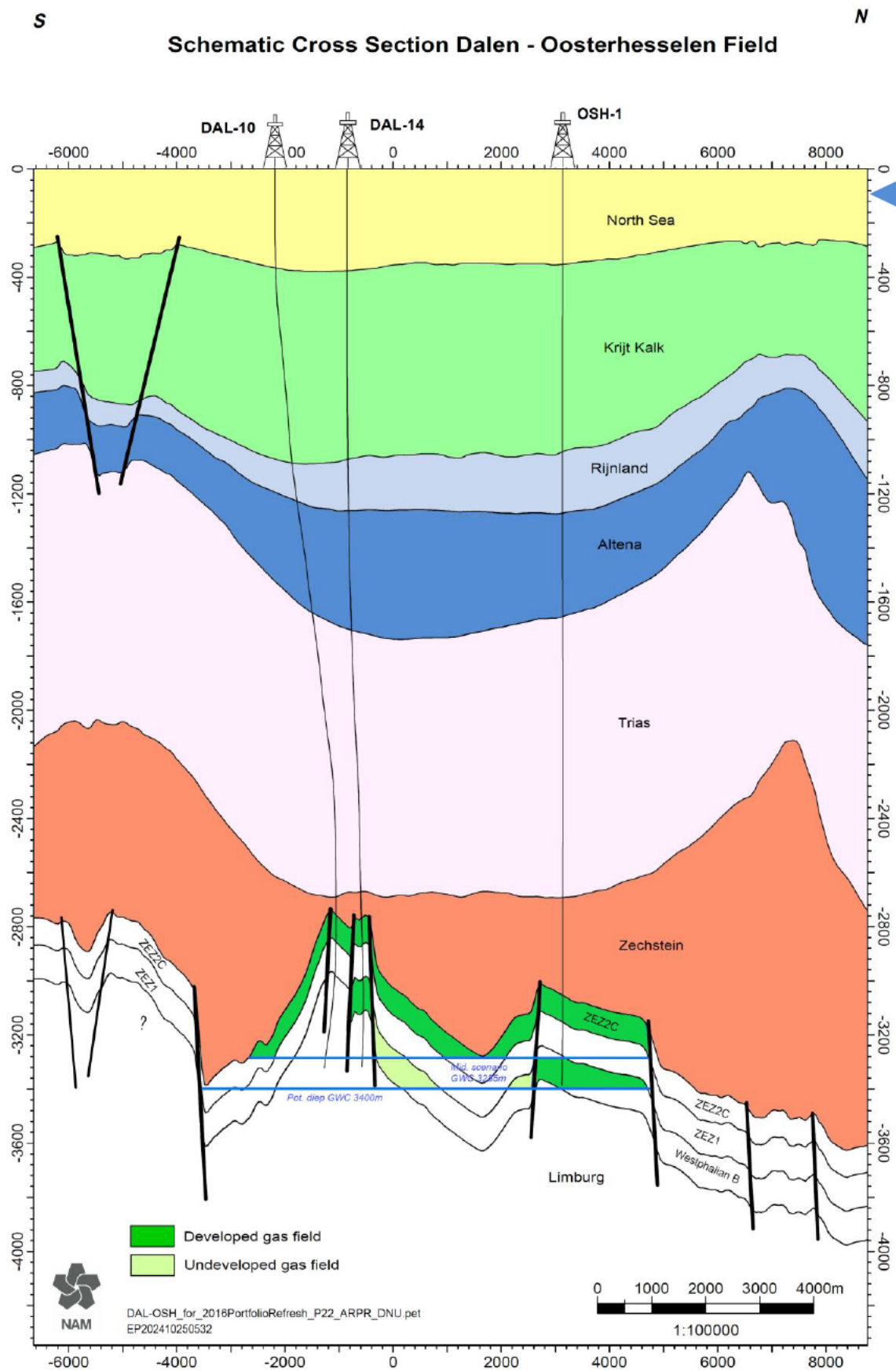
De gas-voerende reservoirs van de gasvelden Dalen en Oosterhesselen behoren tot de Zechstein Groep en voor Dalen tevens de Limburg Groep. De betreffende gasvelden bevinden zich in complex geplooiden structuren, welke zijn opgedeeld in een aantal breukblokken.

Limburg (DAL-DC)

De Limburg Groep is gevormd in het Carboon tijdperk. De gesteenteformaties van deze groep bestaan uit steenkool-, zandsteen- en kleisteenlagen. Het gas is gevormd in de steenkoollagen en gemigreerd naar bovenliggende poreuze zandsteenlagen van de Tubbergen Formatie. Deze zandsteenlagen laten een matige porositeit en slechte permeabiliteit zien. Hier bovenop liggen afsluitende Zechstein anhydriet- en haliet-lagen. Daardoor heeft het gas zich in de poreuze Tubbergen zandsteenlagen kunnen ophopen.

Zechstein Carbonaat (DAL-ZEZ2C en OSH-ZEZ2C)

De Zechstein Groep in de Dalen en Oosterhesselen voorkomens bestaat uit evaporitische gesteente (d.w.z. ontstaan door evaporatie van zeewater) en kalksteenlagen die zijn afgezet in het Late Perm tijdperk. De evaporitische gesteenten bestaan voornamelijk uit anhydriet en haliet. De reservoir kalksteenlagen aangeduid met "Z2 Carbonaat" (ZEZ2C) bestaan vooral uit dolomiet. Deze gesteentelagen hebben een lage porositeit en permeabiliteit. Plaatselijk wordt de stroming van gas vergemakkelijkt door van nature aanwezige open scheuren in het reservoirgesteente. Het gas is voor een deel gemigreerd vanuit de onderliggende Limburg Groep en is gedeeltelijk in het ZEZ2C laagpakket zelf gevormd. Door afsluitende Zechstein anhydriet-, klei- en halietlagen bovenop de "Zechstein Carbonaat" heeft het gas zich in dit voorkomen kunnen ophopen.



Figuur 5-1: Dwarsdoorsnede van maaiveld tot aan het reservoir van het Dalen en Oosterhesselen gasveld. Rechtsboven is met een blauwe wig de typische diepte voor waterwinning weergegeven (circa 70m).

Tabel 5-1: Stratigrafische tabel, met geologische tijdperken, formaties, laagpakketten en hun afkortingen, aanwezig in het gebied rond de Dalen en Oosterhesselen gasvoorkomens.

OUDERDOM	GROEP	FORMATIE	LAAG	AFKORTING	DOORSTROMING
Tertiair	North Sea (NS)	Boven		NS	
		Onder	Ieper	NILFFY	Ondoorlatend
			Basale Tuffiet van Dongen	NILFFT	
			Klei van Landen	NILFC	Ondoorlatend
Krijt	Krijtkalk (CK)	Ommelanden		CKGR	
		Texel		CKTX	
	Rijnland (KN)	Holland	Boven-Holland Mergel	KNGLU	Ondoorlatend
		Vlieland	Vlieland Kleisteen	KNNCM	
			Bentheim Zandsteen	KNNSP	
			Bentheim Kleisteen	KNNCV	Ondoorlatend
Jura	Nedersaksen	Coevorden	Boven-Coevorden	SKCFU	
			Midden-Coevorden	SKCFM	
			Onder-Coevorden	SKCFL	
		Weiteveen	Serpuliet	SKWFF	
			Weiteveen Boven-Mergel	SKWFE	
			Weiteveen Boven-Evaporiet	SKWFD	Ondoorlatend
			Weiteveen Onder-Mergel	SKWFC	
			Weiteveen Onder-Evaporiet	SKWFB	Ondoorlatend
			Weiteveen Basale Klastica	SKWFA	
	Altena (AT)	Aalburg		ATAL	
		Sleen		ATRT	
Trias	Boven-Germaanse Trias (RB)	Keuper	Dolomitische Keuper	RNKPD	Ondoorlatend
			Rode Keuper Kleisteen	RNKPR	
			Rode Keuper Evaporiet	RNKPE	
			Midden-Keuper Kleisteen	RNKPM	
			Hoofd-Keuper Evaporiet	RNKPS	
			Onder-Keuper Kleisteen	RNKPL	
		Muschelkalk	Boven-Muschelkalk	RNMUU	
			Midden-Muschelkalk Mergel	RNMUA	
			Muschelkalk Evaporiet	RNMUE	Ondoorlatend
		Röt	Onder-Muschelkalk	RNMUL	
			Boven-Röt Kleisteen	RNROU	Ondoorlatend
			Boven-Röt Evaporiet	RNRO2	
			Tussen-Röt Kleisteen	RNROM	
			Hoofd-Röt Evaporiet	RNRO1	
	Onder Trias (RB)	Solling	Solling Kleisteen	RNSOC	
			Basale Solling Zandsteen	RNSOB	
		Detfurth	Detfurth Kleisteen	RBMDL	Ondoorlatend
			Onder-Deffurth Zandsteen	RBMDL	
		Volpriehausen	Volpriehausen Klei-Siltsteen	RBMLC	Ondoorlatend
			Onder-Volpriehausen Zandsteen	RBMLV	
Perm	Zechstein (ZE)	Zechstein Boven-kleisteen		ZEUC	Ondoorlatend
			Z4 Zout	ZEZ4H	
			Z4 Pegmatiet-Anhydriet	ZEZ4A	
		Z4	Rode Zoutklei	ZEZ4R	
			Z3 Zout	ZEZ3H	
			Z3 Hoofdanhydriet	ZEZ3A	
		Z3	Z3 Carbonaat	ZEZ3C	
			Grijze Zoutklei	ZEZ3G	
		Z2	Z2 Dakanhydriet	ZEZ2T	Ondoorlatend
			Z2 Zout	ZEZ2H	
			Z2 Basale Anhydriet	ZEZ2A	
	Zechstein (ZE)	Z1	Z2 Carbonaat	ZEZ2C	Reservoir
			Z1 Boven-Anhydriet	ZEZ1T	Ondoorlatend
			Z1 Zout	ZEZ1H	
			Z1 Onder-Anhydriet	ZEZ1W	
			Z1 Carbonaat	ZEZ1C	
			Koperschalie	ZEZ1K	Ondoorlatend
Carboon	Limburg (DC)	De Lutte		DCHL	
		Tubbergen		DCDT	Bron

Reservoireigenschappen

In onderstaande tabel zijn de gemiddelde reservoireigenschappen van het producerende reservoirgesteente weergegeven. De verhouding van de hoeveelheid gesteente met reservoirkwaliteit (doorlatend en gasvoerend) ten opzichte van klei (ondoorlatend en niet producerend) wordt aangegeven met Net-to-Gross. Porositeit is de verhouding van het (gashoudend) poriënvolume ten opzichte van het totale gesteentevolume. De mate van doorlatendheid van het gesteente wordt aangeduid met permeabiliteit. In het geval van de ZE22 Carbonaat en Limburg reservoirs gaat dit hier om permeabiliteit van de gesteentematrix. Hiernaast is er in het ZE22C laagpakket van nature een breuknetwerk aanwezig dat de permeabiliteit vergroot en daarmee de produceerbaarheid domineert. Hierbij moet ook gemeld worden dat het in de tabel om gemiddelde waarden gaat. Het totaal van alle gemeten waarden laat een grote variatie zien. In bijlage C zijn een schematische doorsnede en geologische kaart van de Dalen en Oosterhesselen gasvoorkomens weergegeven.

Tabel 5-2: Hoogte van de gaskolom in meters, gemiddelde fractie van netto reservoir in de formatie (NtG), gemiddelde porositeit (Por) en permeabiliteit (Perm) van dat netto reservoir in het voorkomen.

Voorkomen	Producterende formatie	Gas kolom (m)	Dikte (m)	NtG (v/v)	Porositeit (%)	Permeabiliteit (mD)
Dalen	Zechstein 2 Carbonaat (ZE22C)	60	60	1	2,7	1*
	Limburg (DC)	50/78	50	0,29	6,7	0,2**
Oosterhesselen	Zechstein 2 Carbonaat (ZE22C)	45	45	1	1,8	1*

* Matrix permeabiliteit. ** Erg grote variatie in de DC zanden, deze waarde is gedomineerd door het reservoir met slechte kwaliteit.

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de Zechstein formaties bevindt zich nog een pakket van 2600 m tot 3400 m gesteente. Dit pakket bestaat uit de volgende groepen en formaties van boven naar beneden (zie ook Tabel 5-1):

Tertiair

- Boven & Midden Noordzee Groep: Zandsteenlagen met kleine hoeveelheden Silt & Klei. Deze formatie beslaat de bovenste ~200 m. Zoet grondwater bevindt zich hierin.
- Onder-Noordzee Groep Klei & Zand Impermeabel

Krijt

- Ommelanden Krijtsteen
- Texel Krijtsteen
- Holland Mergel Impermeabel
- Vlieland Zand/Silt & Klei
- Coevorden Zand/Silt & Klei

Jura

- Weiteveen Mergel & Evaporieten Impermeabel
- Aalburg Zand/Silt & Klei
- Sleen Klei Impermeabel

Boven-Germaanse Trias

- Keuper Klei & Evaporieten Impermeabel
- Muschelkalk Krijtsteen & Evaporieten Impermeabel
- Röt Klei & Evaporieten Impermeabel

- Solling Zand/Silt & Klei

Onder-Germaanse Trias

- Delfurth Zand/Silt & Klei
- Volprieausen Zand/Silt & Klei
- Onder Bontzandsteen Klei & Carbonaat laagjes, Silt & Klei

Tussen het maaiveld en het voorkomen bevindt zich dus een groot aantal impermeabele lagen.

5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Waterwinning vindt plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee Groep, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat tot zoutwater. De diepte van deze grens varieert in het winningsgebied tussen de 50 en 175m. Daaronder is al het grondwater of formatiewater van nature zout tot zeer zout. De dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebieden zijn Dalen, Kruidhaars en Valtherbos-Noordbargeres (zie Figuur 3-1). Door het grote verschil in diepte en de tussenliggende afsluitende lagen is er geen interactie tussen de gasvoorkomens en het waterwingebied.

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

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

Aardwarmte maakt gebruik van energie dieper uit de aarde zodat er dieper geboord moet worden (vaak meer dan 2 kilometer diep, afhankelijk van de locatie). Een dergelijk geothermieproject bestaat doorgaans uit een productieput (deze pompt warm water uit het reservoir) en een injectieput (deze brengt het afgekoelde water weer terug in hetzelfde reservoir). In de directe nabijheid van de betreffende gasvelden zijn dergelijke geothermie projecten nog niet uitgevoerd. Gezien de rol van geothermie in de energietransitie is het waarschijnlijk dat dit in de toekomst wel gaat gebeuren. Er zijn exploratielicenties vergund voor aardwarmtewinning bij de Emmen en Emmen-Nieuw Amsterdam voorkomens, maar vooralsnog geen productielicenties. Er zijn dus nog geen geothermieputten in de directe omgeving.

Zoutwinning vindt plaats in Nederland uit verschillende zoutcavernes, maar niet in de nabijheid van de gasvoorkomens in Dalen en Oosterhesselen.

Gasopslag of ander gebruik van de diepe ondergrond is niet voorzien in dit gebied.

6 ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN

6.1 Inleiding

De ZO-Drenthe Zuur voorkomens zijn in de periode 1970-1980 aangeboord en in productie genomen. Het gas wordt uit de Zechstein Groep (ZEZ2C laagpakket) en de Limburg Groep (Tubbergen formatie) gewonnen.

6.2 Historische Productie

Tabel 6-1 geeft de historische productie getalsmatig weer.

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

Tabel 6-1: Historische productie uit de gasvoorkomens³.

Productie [in miljoen Nm ³]	<i>Productie t/m</i> <i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>
Oosterhesselen ZEZ2C	2666	102	89	82	72	63	54	54	41	54
Dalen ZEZ2C	6360	72	87	70	58	60	37	35	30	35
Dalen DC	602	12	20	23	16	13	6	7	9	8

Productie [in miljoen Nm ³]	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2021</i>	<i>2022</i>	<i>2023</i>	<i>2024</i>	<i>Productie t/m</i> <i>2024</i>
Oosterhesselen ZEZ2C	50	48	6	2	18	15	13	0	0	3429
Dalen ZEZ2C	46	42	8	4	11	0	0	0	0	6956
Dalen DC	7	10	5	6	12	0	0	0	0	756

Na de sluiting van de gaszuiveringsinstallatie (GZI) in Emmen in januari 2018 worden de gasvelden via de Collendoornerveen (CLDV) locatie geproduceerd.

³ De jaarlijkse getallen in deze tabel zijn afgerond op miljoenen kubieke normaal meter, de totalen zijn berekend op basis van de niet afgeronde getallen.



Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie de gasvoorkomens.

6.3 Onzekerheden

De onzekerheid van toekomstige productie van de gasvelden wordt bepaald door verschillende factoren:

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

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

6.4 Winningsstrategie en reservoirmanagement

De winning vindt plaats doordat gas naar de put stroomt als gevolg van de aanwezige reservoirdruk in combinatie met het verlagen van de druk aan het oppervlak door compressie. Het gas wordt zodanig gewonnen dat de faciliteiten optimaal worden benut. Het Dalen ZE22C gas voorkomen werd in de periode 1995-2015 ook benut voor het terug injecteren van meegeproduceerd formatie water uit zure gas velden. Het meegeproduceerd formatie water wordt nu per vrachtwagen afgevoerd naar een vergunde verwerkingsinstallatie. In navolgend overzicht (Tabel 6-2) wordt de verwachte totale gaswinning gegeven. De "Statische GIIP" geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. Het "Midden scenario" en "Hoog scenario" verwijzen naar de voorspellingen zoals beschreven in sectie 6.5. Het "winningspercentage" is gedefinieerd als percentage van de oorspronkelijke hoeveelheid aanwezig gas dat in totaal gewonnen wordt.

De reservoirprestaties worden gemonitord door:

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

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

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

	Totale winning tot eind 2022	Statische GIIP (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (MIDDEN)	Verwacht winningspercentage (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (HOOG)	Verwacht winnings- percentage (Hoog)
VOORKOMEN	[miljoen Nm3]	[miljoen Nm3]	[miljoen Nm3]	[%]	[miljoen Nm3]	[%]
Oosterhesselen ZE22C	3.429	6.475	3.443	53%	3.558	55%
Dalen ZE22C	6.956	11.376	6.981	61%	7.043	62%
Dalen DC	756	7.404	778	11%	798	11%

6.5 Winingssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)

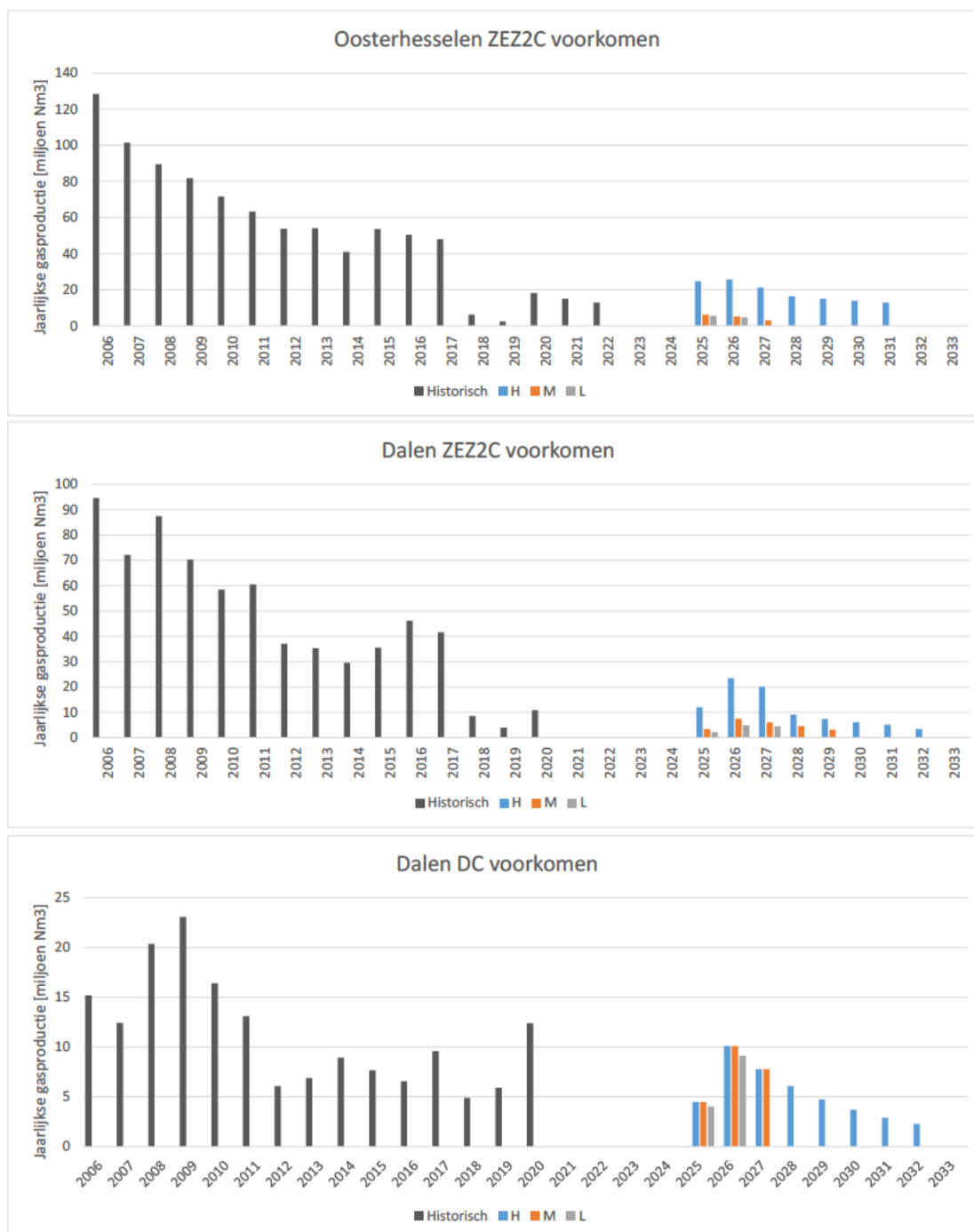
Deze paragraaf geeft de verwachte productieprofielen van de gasvoorkomens weer. Er zijn drie productieprofielen gegeven (laag, midden, hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Deze profielen zijn indicatief; de productie in de drie profielen geeft aan welke onzekerheid er verwacht wordt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

Tabel 6-3: Verwachte jaarlijkse productie

Productie [in miljoen Nm ³]	<i>Scenario</i>	<i>2025</i>	<i>2026</i>	<i>2027</i>	<i>2028</i>	<i>2029</i>	<i>2030</i>	<i>2031</i>	<i>2032</i>
Oosterhesselen ZE22C	H	25	26	21	16	15	14	13	
	M	6	5	3					
	L	6	5						
Dalen ZE22C	H	12	23	20	9	7	6	5	3
	M	3	7	6	5	3			
	L	2	5	4					
Dalen DC	H	4	10	8	6	5	4	3	2
	M	4	10	8					
	L	4	9						



Figuur 6-2: Verwachte jaarlijkse productie.



Figuur 6-3: Verwachte jaarlijkse productie met historische productie.

6.6 Duur van de winning

De productie zal worden gestopt als de totale productiekosten de productieopbrengsten zullen overstijgen. Naar verwachting zal de productie uiterlijk tot en met 2032 duren (op basis van het hoog scenario). Het einde van de productie zou eerder kunnen plaatsvinden als gevolg van onverwachte technische of andere oorzaken. In het bijzonder kan het in de eindfase gebeuren dat een put onverwacht stopt met produceren en dat het door de lage reservoirdruk niet meer mogelijk is de productie te herstellen.

6.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning

De geschatte hoeveelheid gas voor eigen gebruik is rond de 1,1 miljoen Nm³ per jaar. Dit wordt op de Coevorden-17, Ten Arlo en Collendoornerveen-1 behandelingslocaties gebruikt. Op deze locaties wordt ook het gas uit andere voorkomens behandeld die niet in dit winningsplan beschreven staan, zie ook Figuur 3-3. Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit 2021 (Tabel 6-4) en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de latere jaren.

Tabel 6-4: Overzicht eigen gebruik per behandelingslocatie in 2021

BEHANDELINGSINSTALLATIE	EIGEN GEBRUIK IN [NM ³]
Coevorden-17	578.229
Collendoornerveen-1	219.314
Ten Arlo	331.342

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

Tijdens normale productie wordt geen gas afgefakkeld of afgeblazen.

6.9 Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

Met de gasproductie worden water en condensaat mee-geproduceerd en gescheiden van de gasstroom. De samenstelling van het condensaat en gas uit de vier voorkomens die momenteel in productie zijn, is weergegeven in Tabel 6-5.

Tabel 6-5: Overzicht gassamenstelling

	OOSTERHESSELEN ZEZ2C	DALEN ZEZ2C	DALEN DC
Initiële condensaat-gas ratio (sm ³ /mln Nm ³)	13	12	8
Condensaat dichtheid (kg/sm ³)	760	760	792
Relatieve Gas Dichtheid (lucht=1)	0,62	0,61	0,61
Gross heating value (GHV) van het gas	38,5	37,9	38,0
Wobbe index gas (MJ/Nm ³)	48,9	48,5	48,7
C ₁ (mol%)	92,8	90,6	92,4
H ₂ S (mol%)	0,02	0,05	0,00
CO ₂ (mol%)	3,2	4,1	3,3
N ₂ (mol%)	4,1	3,0	2,9

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

In de ondergrond van deze voorkomens worden geen delfstoffen en/of andere stoffen teruggebracht.

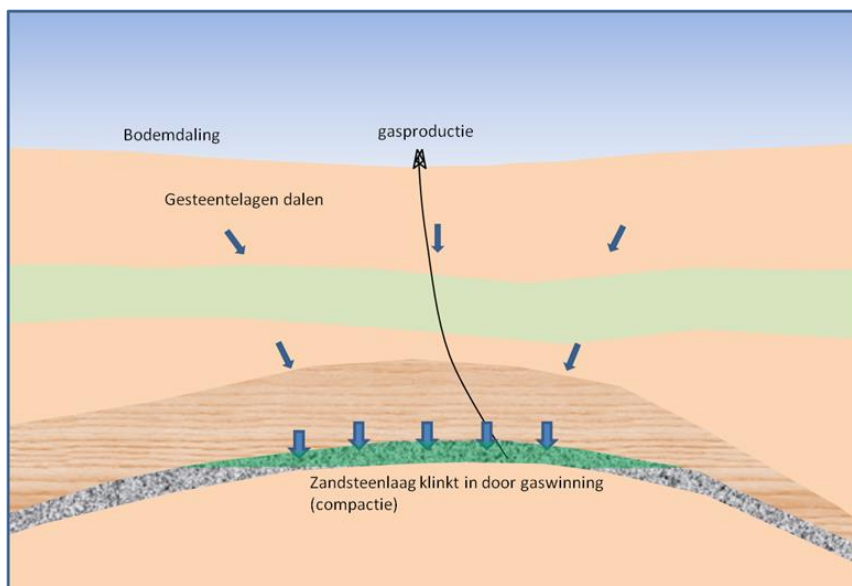
7 BODEMDALING

De bodemdalingsprognoses voor de voorkomens Dalen Zechstein, Dalen DC en Oosterhesselen Zechstein laten zien dat de nog te verwachten bodemdaling minder dan 2 cm zal zijn. De verwachte bodemdaling van alleen de velden van dit winningsplan tussen start winning van deze velden en 2100 bedraagt minder dan 4 cm. De verwachte totale bodemdaling, de bodemdaling van de velden van dit winningsplan inclusief de bodemdaling van de naburige velden, boven de voorkomens van dit winningsplan bedraagt vanaf start van de winning tot aan 2100 naar verwachting minder dan 8 cm. De onzekerheid voor de prognoses van de totale bodemdaling is 2 cm. Dit betekent dat de maximale bodemdaling boven de voorkomens minder dan 10 cm zal zijn.

7.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

Algemene achtergrond bodemdaling

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 kleine gasvelden zoals de voorkomens van dit winningsplan, zal de maximale bodemdaling aan het aardoppervlak een fractie zijn van de compactie in de gasvoerende laag. Het volume van de bodemdalingskom is ongeveer even groot als de volumeverandering van het gasreservoir, waarbij de oppervlakte van de kom groter zal zijn dan de oppervlakte van het reservoir; aan alle kanten van de reservoiromtrek komt er een afstand bij van ongeveer 1 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.



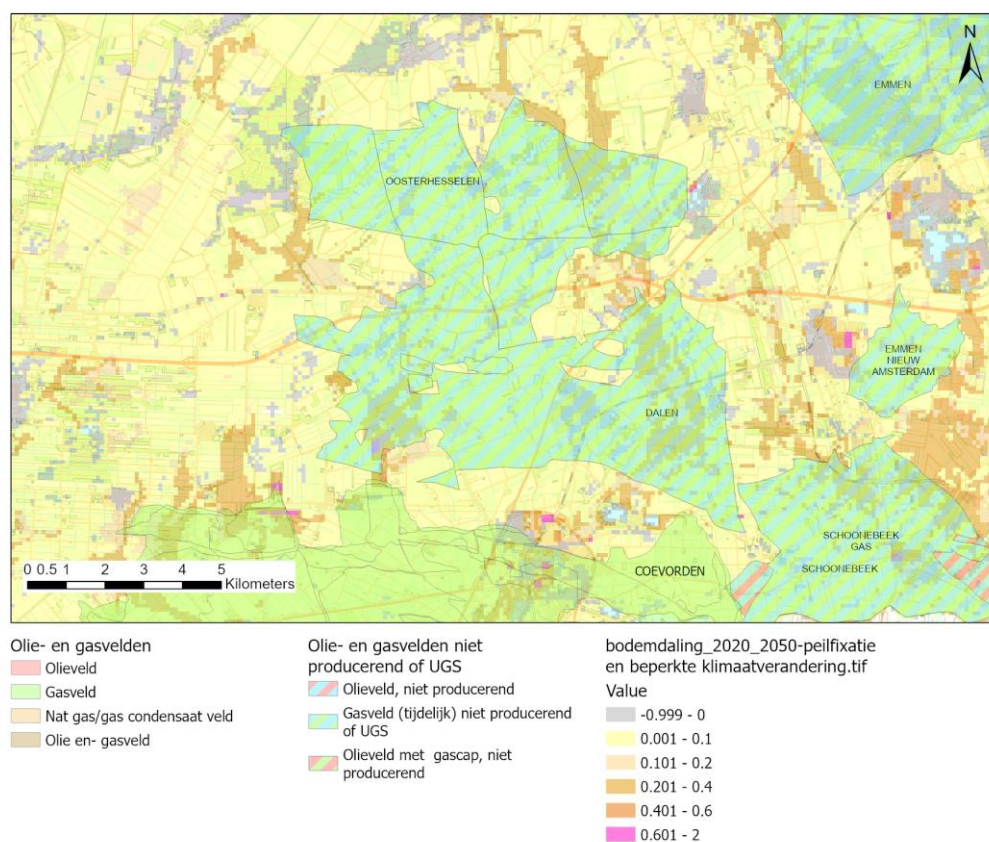
Figuur 7-1: Druk daling in het reservoir zal leiden tot (beperkte) bodemdaling. (Let op: figuur niet op schaal).

Bodemdaling door natuurlijke processen

Ter informatie wordt in deze paragraaf de bodemdaling beschreven die niet wordt veroorzaakt door de gaswinning. Deze vorm van bodemdaling wordt samengevat onder de term autonome bodemdaling. De klimaateffectatlas⁴ toont verschillende toekomstscenario's voor de mogelijke autonome bodemdaling in Nederland. Veenoxidatie en veen/klei inklinking, door ontwatering, zijn in Nederland de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. Deze bodemdaling kan verminderd worden door het peil van het oppervlaktewater (en daarmee indirect de grondwaterstanden) hoog te houden (peilfixatie). Wanneer de bodem natter wordt, zal er minder veenafbraak plaatsvinden en zal de bodem minder worden samengedrukt. In dit scenario is de peilfixatie gecombineerd met het gematigde klimaatscenario. Het resultaat toont een beperkte bodemdaling.

Het is onwaarschijnlijk dat peilfixatie overal in Nederland kan worden uitgevoerd. De grootschalige peilfixatie in deze studie is bedoeld om te laten zien op welke manier menselijk handelen bodemdaling kan beperken. Het is daarbij belangrijk om te realiseren dat peilfixatie tot een steeds langzamere bodemdaling leidt, die echter nog decennia kan aanhouden en tot steeds nattere omstandigheden kan leiden. In de meeste gevallen kan dit niet plaatsvinden zonder aanzienlijke aanpassingen in het landgebruik of de intensiteit daarvan. Het is daarom waarschijnlijker dat er (peil)maatwerk zal worden toegepast om de klimaatdoelen te halen. Omdat nu nog niet duidelijk is welke maatregelen Nederland hiervoor gaat nemen, kan een scenario gebaseerd op peilmaatwerk nog niet worden doorgerekend.

Figuur 7-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2020-2050. De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil gefixeerd is en niet meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. Boven de velden in dit winningsplan is de autonome daling tussen de 0 en 10 cm, met uitschieters tot 40 cm voor de periode 2020-2050.



Figuur 7-2: Maaiveld daling (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.

⁴ <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/>

7.2 Meten en berekenen van bodemdaling door gaswinning

Metten van bodemdaling

Voor alle delen van 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 geodetische metingen op een reeks punten in een *meetnet*, boven en rondom het voorkomen. Steeds vaker worden de traditionele waterpassingen vervangen door satellietmetingen (InSAR). Deze techniek zorgt voor frequentere metingen en een ruimere dekking van het gebied. Voor het opstellen van een meetplan bestaan wettelijke regels waarbij tevens de zogenaamde 'Industrieleidraad – Geodetische basis voor Mijnbouw'⁵ wordt gevolgd. Het meetplan vereist de jaarlijkse goedkeuring van EZK.

De bodemdaling wordt in dit gebied sinds de nulmeting in 1975 gemeten. De totale bodemdaling is het gevolg van productie uit de gasvelden genoemd in dit winningsplan tesamen met die van de naburige gas- en olievelden en de historische bodemdaling van de niet meer producerende gasvelden. De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2024. De totale gemeten bodemdaling vanaf 1975 is minder dan 5 cm, inclusief autonome daling. De gemeten daling is getalsmatig in cm weergegeven naast de blauwe punten ("peilmerken") in Figuur 7-3. De reden dat er bij een aantal punten geen waarde staat is dat het punt in één van de jaren (1975 of 2019) niet gemeten is. Bij het kalibreren van het bodemdalingmodel worden vanzelfsprekend alle metingen gebruikt.

Berekenen van bodemdaling

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

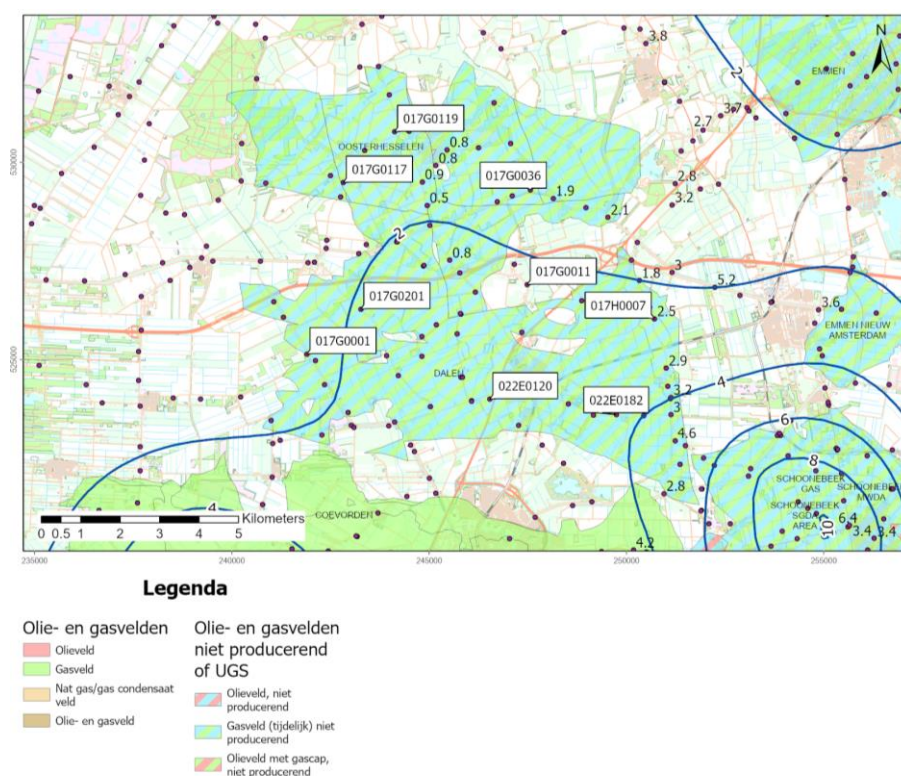
Voor de herkalibratie van het bodemdalingmodel voor de voorkomens uit dit winningsplan is het RTCiM model gebruikt, zoals dit nu ook gebruikt wordt voor Noord-Nederland⁶, zie ook Bijlage A. Het RTCiM model kan in tegenstelling tot het in het voorgaande winningsplannen gebruikte lineaire model, ook na-ijling berekenen. Bij de kalibratie van de bodemdaling wordt ook de bodemdaling meegenomen van alle velden (zowel producerende als uitgeproduceerde velden). Immers de metingen representeren de totale cumulatieve bodemdaling, waarbij er sprake kan zijn van overlappende bodemdalingen. De informatie van naburige voorkomens volgt uit de gegevens van de vigerende winningsplannen van de betreffende voorkomens die in deze regio liggen.

Het bodemdalingmodel berekent tussen 1975 en 2024 een bodemdaling boven de voorkomens in het winningsplan die kleiner is dan 6 cm in 2024 (contouren in Figuur 7-3).

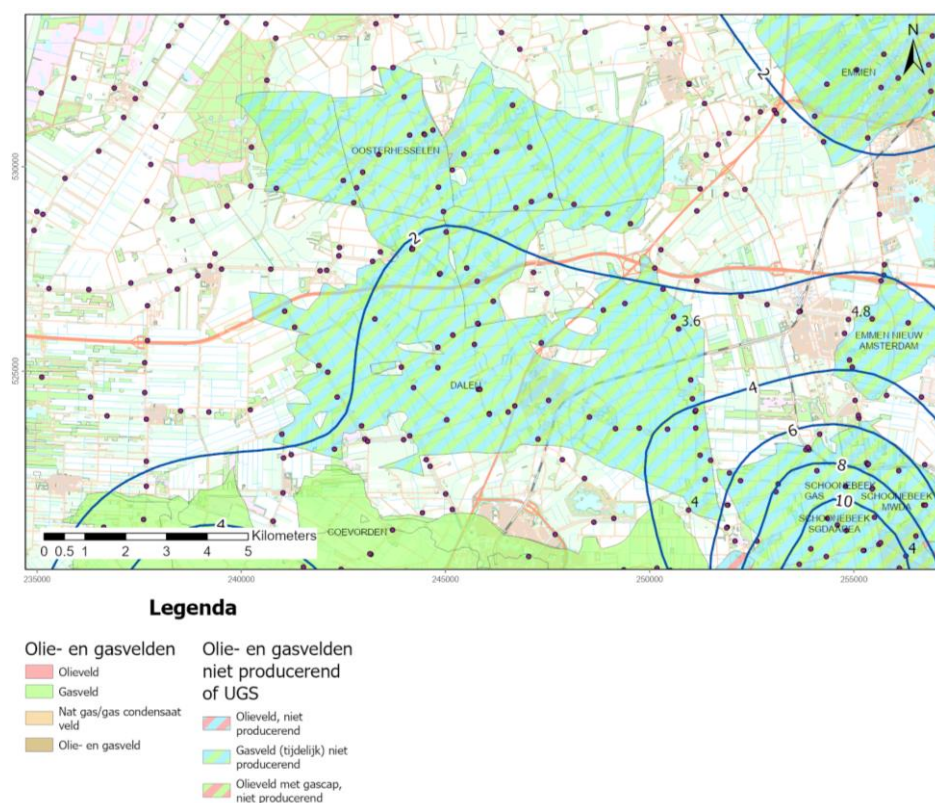
De gemodelleerde bodemdaling is ook getoond met de gemeten bodemdaling tussen 1952 en 2024 in Figuur 7-4. Dit figuur is gemaakt omdat er al eerder gas werd gewonnen uit het Schoonebeek gas -en olieveld. Echter in 1952 zijn bijna geen punten aangemeten boven de velden van ZO-Drenthe Zuur, waardoor een vergelijking met de gemodelleerde daling moeilijker te maken is.

⁵<https://www.tcbb.nl/file/download/57087366/Industrieleidraad%20Geodetische%20basis%20voor%20mijnbouw%20-%20V1.pdf>

⁶ NAM (2020) Bodemdaling door aardgaswinning - Statusrapport 2020 en Prognose tot het jaar 2080 (december 2020). <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/bodemdaling/nl/aa0e05c7-704a-4f9f-a02c-ea7ece904905>

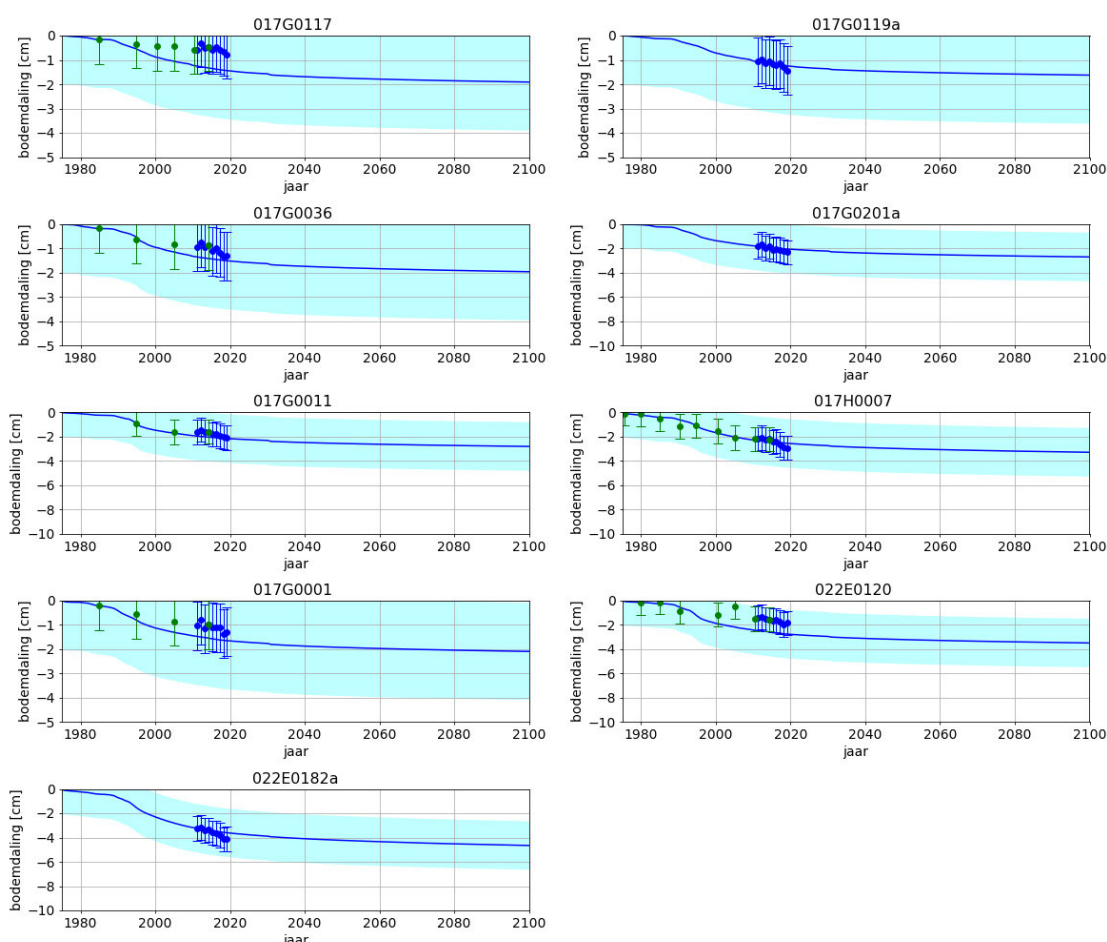


Figuur 7-3: Op peilmerken (blauwe punten) gemeten bodemdaling (in cm) in 2024 sinds 1975 vergeleken met gemodelleerde bodemdaling (contourlijnen) als gevolg van productie uit het uit de gas en olievelden. In Figuur 7-5 worden tijdseries op peilmerken getoond, de locaties van deze peilmerken zijn in dit figuur aangegeven.



Figuur 7-4: Op peilmerken (punten) gemeten bodemdaling (in cm) in 2024 sinds 1952 vergeleken met gemodelleerde bodemdaling (contourlijnen) als gevolg van productie uit het uit de gas en olievelden. Legenda geldt ook voor Figuur 7-3.

Om inzicht te verkrijgen in de kwaliteit van het model ten opzichte van historische metingen zijn boven de voorkomens enkele meetpunten geselecteerd waar meerdere keren in de tijd de bodemdaling is gemeten. De modelwaarden en de metingen van deze punten zijn te vinden in Figuur 7-5, waarbij ook de toekomstige bodemdaling wordt gegeven. De blauwe band laat de onzekerheid op de uiteindelijke bodemdaling zien. De bodemdaling van het lage en hoge scenario valt binnen de onzekerheidsband van de bodemdaling en is om deze reden niet getoond in dit figuur.



Figuur 7-5: Vergelijking van gemeten (groene punten zijn de waterpasmetingen en blauw zijn de InSAR metingen) en berekende bodemdaling op verschillende peilmerken. De meetonzekerheid in de metingen ligt in de orde van een cm per meetpunt (voor een specifiekere uitwerking van de nauwkeurigheid van geodetische metingen, zie het LTS-II vervolgstudie rapport⁷). De blauwe lijn toont de voorspelde bodemdaling op deze locatie, met de modelonzekerheid (lichtblauwe gebied) van 2 cm. De locatie van de peilmerken is aangegeven in Figuur 7-3.

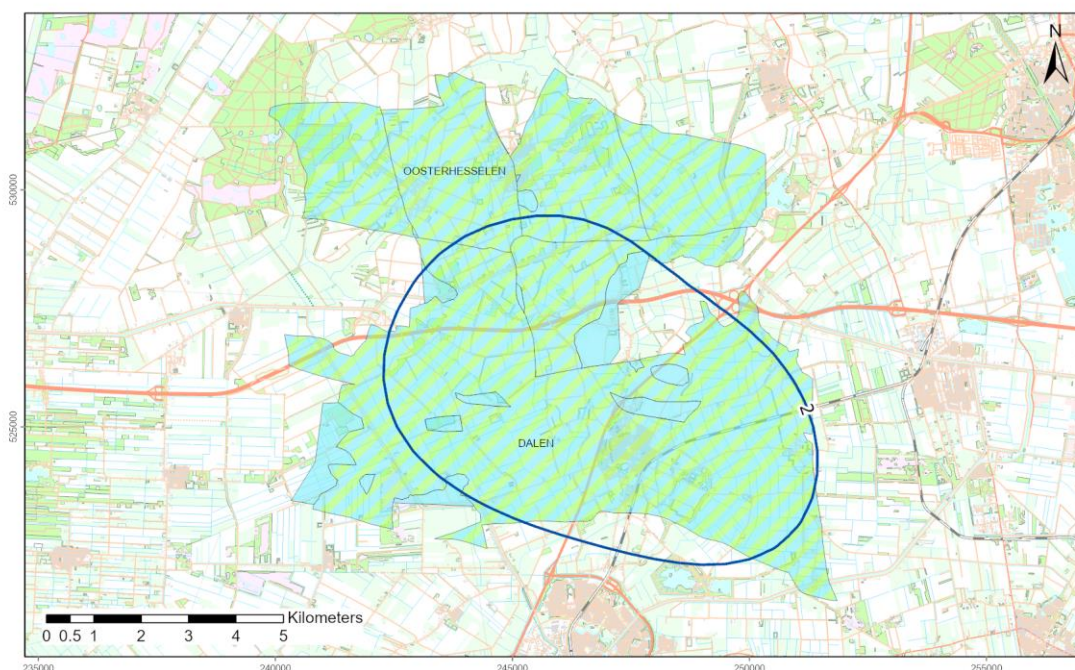
7.3 Bodemdalingsvooruitzichten

Met de beschikbare gegevens over de ondergrond en het productiescenario zoals beschreven in dit winningsplan is een prognose voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit de voorkomens van dit winningsplan opgesteld. Naast de drukdaling in het gasveld kan er ook drukdaling ontstaan in de aangrenzende delen van de reservoirlaag die watervoerend zijn, de zogenaamde laterale aquifers, weergegeven in blauw in Figuur 7-6. Ook deze delen van de reservoirlaag zullen bij drukdaling gaan compacteren en daardoor bijdragen aan de bodemdaling. Voor de drukdaling in deze aquifers is

⁷ NAM (2017) Ensemble Based Subsidence application to the Ameland gas field – long term subsidence study part two (LTS-II) continued study, EP201710200509 (<https://www.schadedoormijnbouw.nl/nieuws/rapport-diepe-bodemdaling-en-stijging-gepubliceerd>)

aangenomen dat deze tijdens de productiefase de helft is van die van het gasveld. Na het beëindigen van de productie is aangenomen dat de druk van de aquifer gelijk is aan de druk van het gasveld. De verwachte bodemdaling vanaf start winning tot 2100 van Dalen Zechstein, Dalen DC en Oosterhesselen Zechstein bedraagt minder dan 4 cm en is getoond in Figuur 7-6. De nog te verwachten bodemdaling bedraagt voor Dalen Zechstein, Dalen DC en Oosterhesselen Zechstein minder dan 2 cm en is om deze reden niet getoond in een figuur.

De totale verwachte bodemdaling door gas- en oliewinning in dit gebied, 3 jaar na beëindiging (2035) van de productie, wordt weergegeven in Figuur 7-7. Figuur 7-8 laat de verwachte totale cumulatieve bodemdaling in 2100 zien, ruim na beëindiging van de winning. Voor de bodemdaling boven Schoonebeek is uitgegaan van het in 2022 ingediende winningsplan Schoonebeek gas. De getoonde contouren in dit gebied zijn gebaseerd op een scenario zonder waterinjectie en representeren daarom een hoog bodemdalingsscenario. Hierin is te zien dat de verwachte totale bodemdaling boven Oosterhesselen minder dan 4 cm zal zijn en boven Dalen minder dan 8 cm. De verwachte totale bodemdaling is meer dan geschat volgens het vigerende winningsplan. Boven Oosterhesselen werd minder dan 2 cm bodemdaling verwacht, boven Dalen minder dan 4 cm. In het TNO-advies over een eerdere versie van dit winningsplan wordt de opmerking gemaakt dat TNO (kenmerk AGE 23-10.053) op meer dan 4 cm bodemdaling uitkomt boven de voorkomens Dalen en Oosterhesselen, terwijl de NAM op minder dan 4 cm uitkomt. Het blijkt hier om een verschil te gaan van enkele millimeters, rondom de 4 cm grens. Het verschil kan verklaard worden door geringe verschillen in de modelaanpak. Aangezien het verschil dermate gering is zijn de contouren niet aangepast in deze versie van het winningsplan. Figuur 7-6

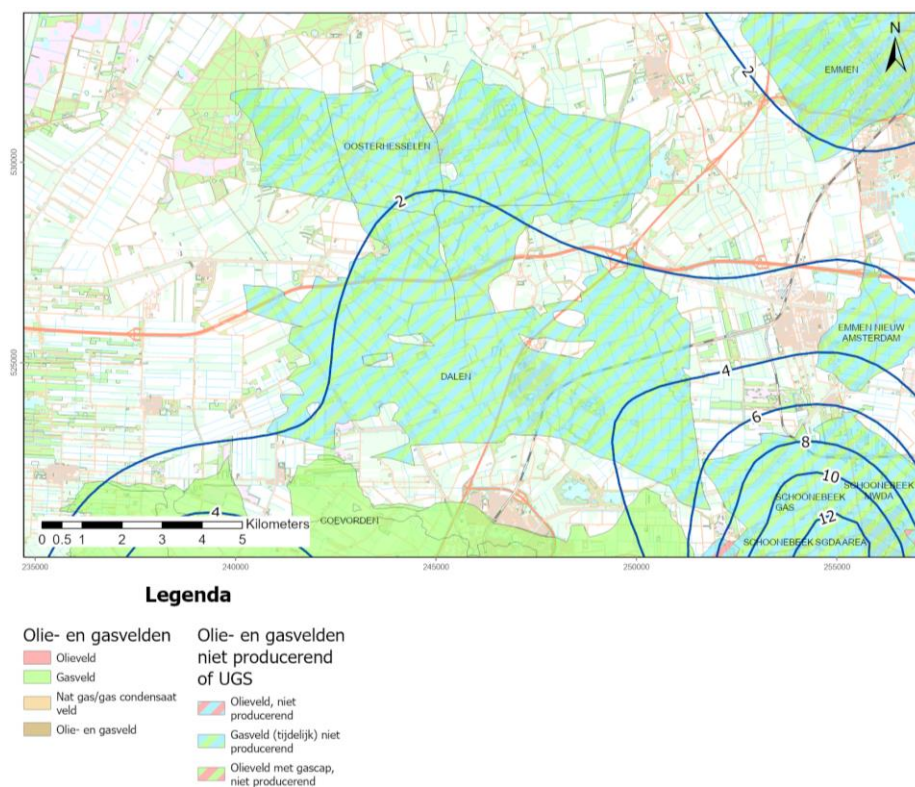


Legenda

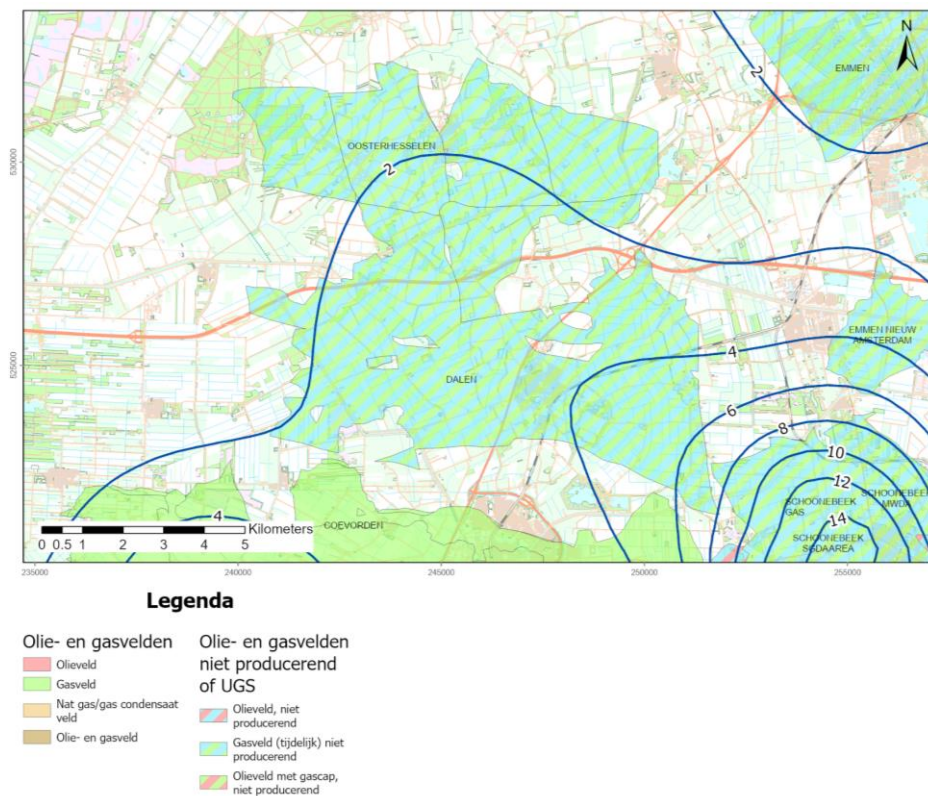
Olie- en gasvelden
niet producerend
of UGS

- Olieveld, niet producerend
- Gasveld (tijdelijk) niet producerend
- Olieveld met gascap, niet producerend

Figuur 7-6: Bodemdaling als gevolg van de gaswinning uit de velden van dit winningsplan vanaf de start winning tot 2100, zo'n 70 jaar na beëindiging van de productie in de voorkomens van dit winningsplan. De blauwe polygonen geven de watervoerende lagen zoals gebruikt in het bodemdalingsmodel aan.



Figuur 7-7: Voorspelling van de totale bodemdaling in 2035 door gas- en oliewinning, 3 jaar na beëindiging van de productie.



Figuur 7-8: Voorspelling van de totale bodemdaling in 2100 door gas- en oliewinning, ongeveer 70 jaar na beëindiging van de productie. Legenda geldt ook voor Figuur 7-7.

Onzekerheid in de bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling, als gevolg van historische en toekomstige gasproductie uit de voorkomens van dit winningsplan, is minder dan 2 cm. Om de onzekerheid in de toekomstige bodemdaling te berekenen is de onzekerheid in drukdaling gecombineerd met de onzekerheid in de waarden voor de geomechanische parameters in het compactiemodel. Deze analyse wordt verder beschreven in Bijlage A. Voor de onzekerheid in de berekeningen van het bodemdalingsmodel, die de totale bodemdaling in het gebied beschrijft, wordt een minimum aangehouden van 2 cm (zie de lichtblauwe band in Figuur 7-5Figuur 7-5).

Inclusief de onzekerheid is de maximale bodemdaling veroorzaakt door de gaswinning uit de voorkomens van dit winningsplan 6 cm. Inclusief onzekerheid is de totale maximale cumulatieve bodemdaling 10 cm boven de meest zuidoostelijke punt van het Dalen veld.

7.4 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Die schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. Zoals eerder is beschreven bedraagt de nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens minder dan 4 cm.

Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is wordt geen directe schade aan gebouwen/bouwwerken, infrastructuur verwacht omdat de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is. Hierbij wordt verwezen naar "Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen; een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987".

Meer recente rapporten die mogelijke oorzaken van schade beschrijven boven de Norg UGS en Groningen bevestigen dit beeld⁸.

Mogelijke andere effecten door bodemdaling worden beschreven in hoofdstuk 9.

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

De nog te verwachten bodemdaling veroorzaakt door de winning uit Oosterhesselen en Dalen is minder dan 2 cm over een periode van ongeveer 80 jaar. Dit is een zeer beperkte bodemdaling en derhalve worden geen maatregelen voorzien om bodemdaling te voorkomen dan wel te beperken. De toekomstige bodemdaling zal volgens het meetplan Zuidoost-Drenthe worden gemonitord.

⁸ <https://www.schadedoormijnbouw.nl/nieuws/rapport-diepe-bodemdaling-en-stijging-gepubliceerd>

8 BODEMTRILLING

Dit hoofdstuk beschrijft de seismische risicoanalyse. Gaswinning uit de Zechstein voorkomens van Oosterhesselen en Dalen heeft in het verleden geleid tot lichte aardbevingen.

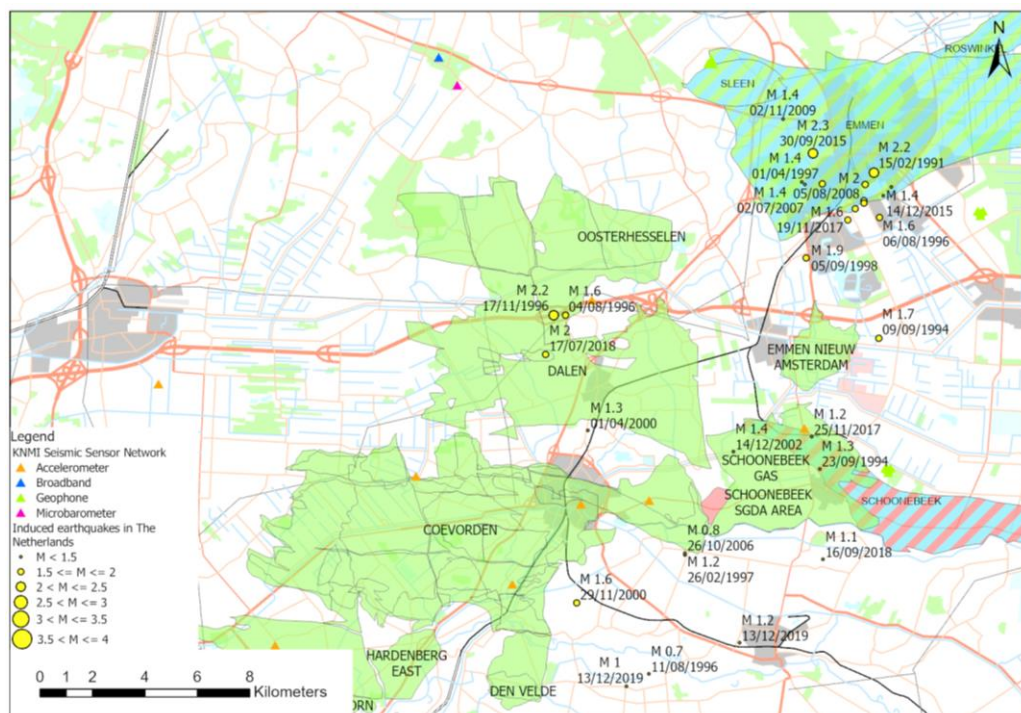
De seismische risicoanalyse laat zien dat alle voorkomens van dit winningsplan in categorie I vallen. Dit is de laagste risicocategorie. Hieronder wordt uiteengezet hoe deze categorisering tot stand is gekomen en wat dit betekent in termen van reëel seismisch risico.

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

Als gevolg van de drukdaling in het gasveld treden in het reservoirgesteente spanningsveranderingen op. Spanningsverandering op een ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. Wanneer deze beweging schoksgewijs plaatsvindt kan dit gevoeld worden als een aardbeving. De kans op een aardbeving in een gasveld hangt onder meer af van de hoeveelheid breuken, de drukdaling en de omvang en dikte van het reservoir.

8.2 Historische bevingen

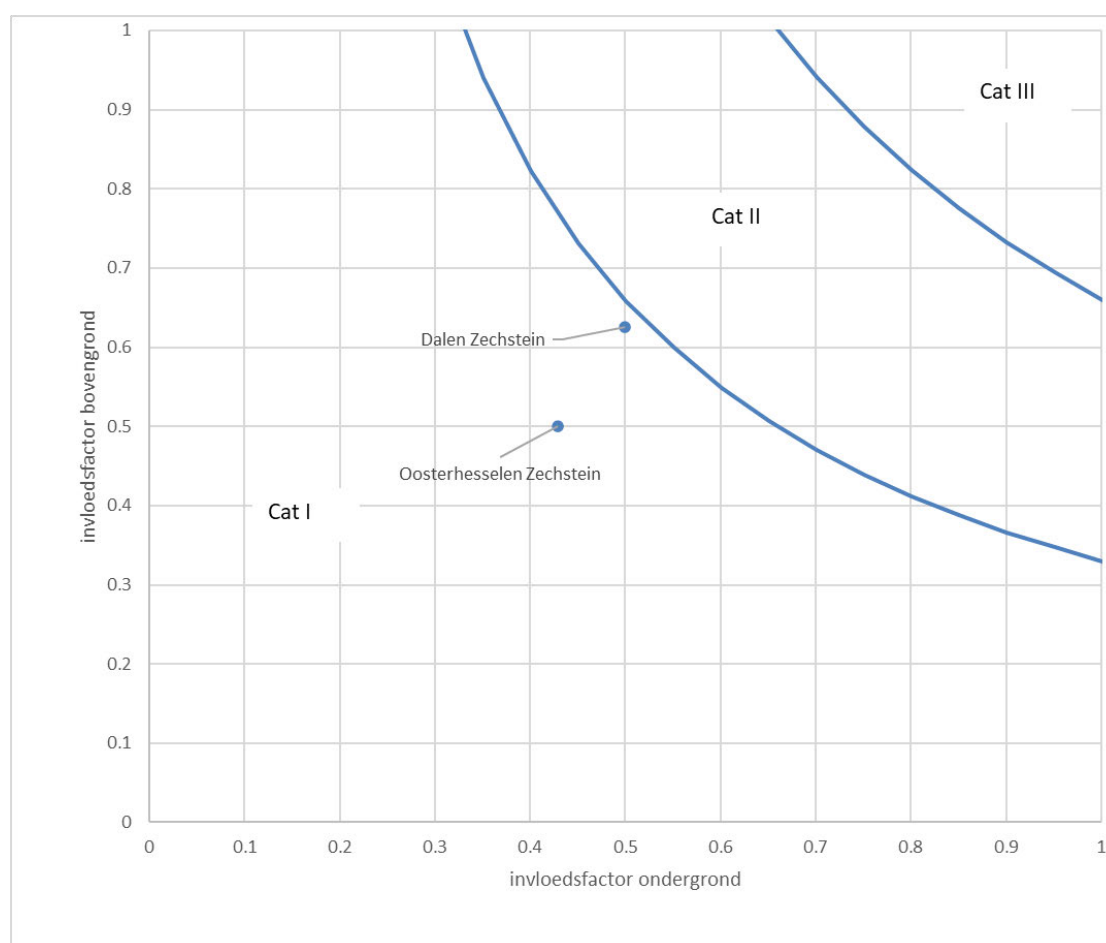
Boven de voorkomens van dit winningsplan gas zijn tot nu toe vier bevingen door het KNMI geregistreerd. Alle vier vonden er vier plaats boven het Dalen veld waarvan de sterkste beving een magnitude $M_I=2,2$ had en plaatsvond nabij Wachtum op 17 november 1996. Figuur 8-1 geeft deze en andere bevingen weer op een kaart.



Figuur 8-1: Kaart van de geregistreerde bevingen boven de velden van dit winningsplan. De getallen naast de markers geven magnitude en datum (in het formaat dd-mm-jiji). Tevens zijn in dit figuur de locaties van de KNMI-stations weergegeven.

8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd⁹. In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario. Figuur 8-2 toont de positie van de velden in dit winningsplan in de risicomatrix. Dit laat zien dat deze velden in de laagste risicocategorie; categorie 1 zitten. Het Dalen DC veld heeft een lage maximale magnitude, kleiner dan 2,5, en valt om deze reden automatisch in categorie I en behoeft geen verdere analyse. Daarom wordt dit voorkomen niet getoond in Figuur 8-2. Meer details over de berekening van het seismisch risico staan in bijlage B.



Figuur 8-2: Positie van de voorkomens in dit winningsplan in de risicomatrix. Alle voorkomens vallen in risicocategorie I.

8.4 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit de velden van dit winningsplan

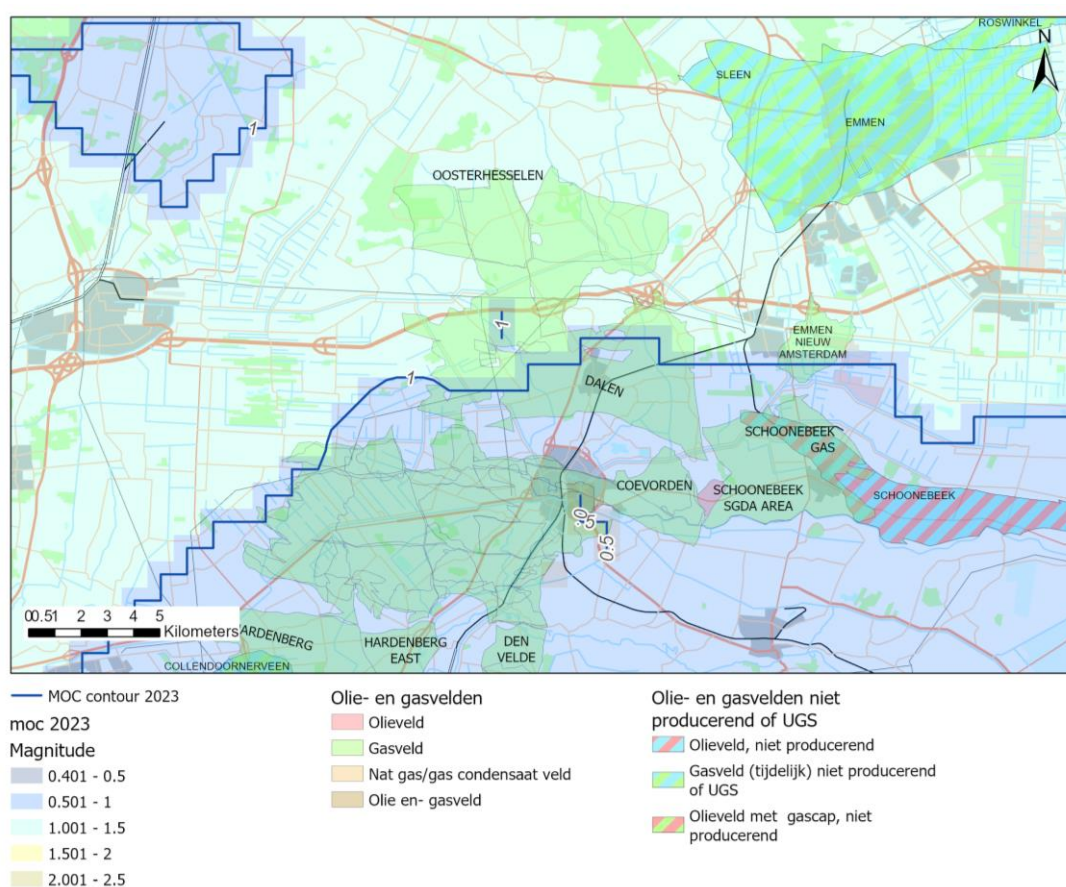
De praktijkervaring met olie- en gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren leert dat lichte aardbevingen ten gevolge van olie- en gasproductie in de meeste gevallen niet leiden tot schade. Toch kan de kans op schade aan bebouwing in de nabije omgeving van het epicentrum van een geïnduceerde aardbeving niet worden uitgesloten. Hierbij speelt zowel kwetsbaarheid van de bebouwing als de intensiteit van de beving een belangrijke rol.

⁹ Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016

KNMI heeft in 1998¹⁰ beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macroseismische Schaal. Deze analyse toonde (kwalitatief) aan dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (bedoeld wordt scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele gebouwen. De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving en de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid.

8.5 Monitoring van bodemtrillingen

Seismische monitoringstations (versnellingsmeters en boorgatstations) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan met een online-verbinding in contact met het KNMI. Een boorgatstation bestaat uit een aantal geofoons die op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* worden aangebracht. Geregistreerde aardbevingen worden automatisch vermeld op de website van KNMI. Na interpretatie van de gegevens door de specialisten van het KNMI kan een kleine aanpassing van de sterkte en/of locatie plaatsvinden. De locatiedrempel is een maat voor de gevoeligheid van het netwerk. Deze drempel geeft de laagste aardbevingsmagnitude waarbij de locatie van de beving nog bepaald kan worden, de beving is dan door ten minste 3 monitoringstations waargenomen. Voor de voorkomens in dit winningsplan ligt de locatiedrempel tussen magnitude 0,5 en 1,5 (Figuur 8-3).



Figuur 8-3: Overzicht van de locatiedrempel in de regio ZO Drenthe (status september 2023)¹¹.

¹⁰ KNMI (1998) seismisch risico in Noord-Nederland.

¹¹ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/seismische-meetstations>

8.6 Afhandeling van schade

Particulieren en micro-ondernemers die denken dat zij schade hebben door mijnbouw kunnen zich bij de Commissie Mijnbouwschade melden. De Commissie Mijnbouwschade helpt de juiste route te volgen bij het melden van deze schades. De Commissie Mijnbouwschade is benoemd door de minister van Economische Zaken en Klimaat, en werkt volgens het instellingsbesluit en het schadeprotocol. Hierin staat dat de commissieleden volledig onafhankelijk zijn en beoordelen op basis van hun deskundigheid. De website van de Commissie Mijnbouwschade (www.commissiemijnbouwschade.nl) geeft verdere informatie. Het uitgangspunt van de Commissie Mijnbouwschade bij het behandelen van een schademelding is dat dit laagdrempelig, transparant en snel is. Om de schadeafhandeling eenvoudig te maken, nemen ze in de praktijk de bewijslast van de schademelder over. De Commissie Mijnbouwschade doet onderzoek en geeft onafhankelijk en deskundig advies. De mijnbouwonderneming zal dit advies volgen en de toegekende schade door mijnbouwactiviteiten vergoeden.

Onveranderd seismisch risico ten opzichte van het vigerende winningsplan

De inschatting van het seismische risico is niet veranderd ten opzichte van het vigerend winningsplan. In het vigerend winningsplan behoort Dalen ZE2C gasveld tot de zogenaamde B-categorie en Oosterhesselen ZE2C en Dalen DC tot de zogenaamde C-categorie, gebaseerd op de categorisering die werd gebruikt tot 2016. De B-categorie betrof voorkomens waar aardbevingen met magnitudes kleiner dan 3,0 zijn opgetreden, en de C-categorie voorkomens waar geen bevingen zijn geregistreerd. Dit is nog steeds het geval.

In het vigerende winningsplan uit 2005 is aangegeven dat de maximale magnitude 3,9 kan worden. In bijlage B is een nieuwe berekening gemaakt van de maximale magnitude die uitkomt op een lagere waarde van $M=3,5$.

8.7 Seismisch risicobeheersplan

Het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden is te vinden op de NAM-website¹² en is van toepassing op de velden in dit winningsplan. 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 $M=3$.

¹² <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>

9 OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN

9.1 Algemeen

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

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuurgebieden in de omgeving van de Dalen en Oosterhesselen gasvelden. Verder wordt de reikwijdte van de beoordeling van effecten op (beschermde) natuurwaarden voor de beschreven mijnbouwactiviteiten nader toegelicht.

Beschermde natuurgebieden

Het dichtst bijgelegen beschermde natuurgebied is het Natura-2000 gebied Mantingerzand, op zo’n 5 kilometer afstand van de rand van Oosterhesselen (zie Figuur 9-1).

Het Mantingerzand is een stuifzandgebied begroeid met vochtige en droge heide en jeneverbessen. Verspreid in het gebied liggen enkele kleine naald- en loofbossen en in de laagten zijn vochtige gebieden aanwezig waaronder enkele zure vennen. Een aanzienlijk deel van het gebied bestaat uit voormalige landbouwgronden die worden ontwikkeld tot natuur.

Reikwijdte van de effectbeoordeling

In deze effectbeoordeling wordt gekeken naar mogelijke negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van bodemdaling vanwege gasproductie uit de Dalen en Oosterhesselen gasvelden in cumulatie met overige gas- en oliewinning.

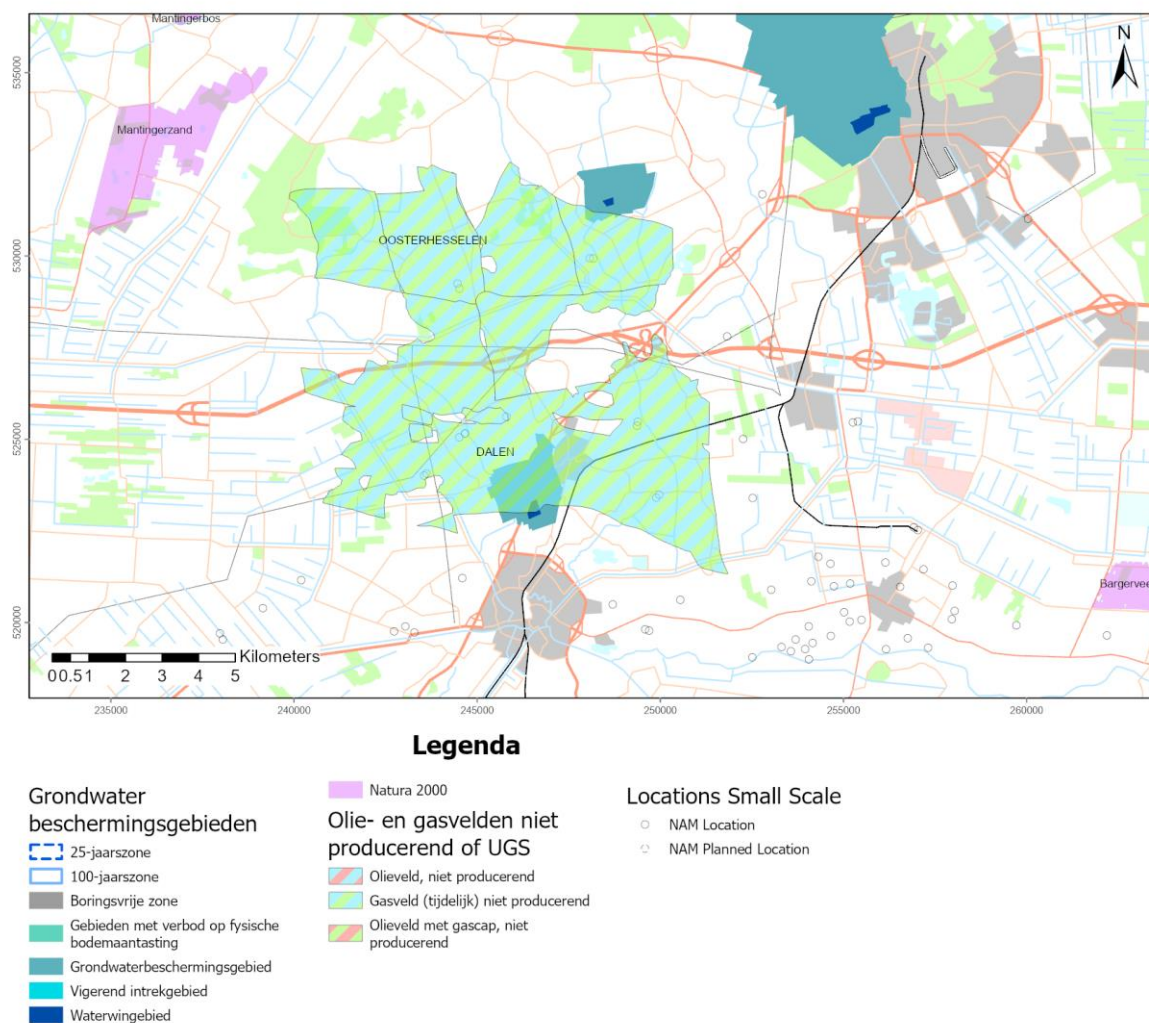
Mogelijke negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van bodemtrillingen worden niet verwacht. Uit de richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) blijkt dat de Dalen en Oosterhesselen gasvelden in de laagste risicocategorie, categorie 1 zitten. Op basis van dezelfde analyse is vastgesteld dat de kans op bevingen met significante schade klein is. De kans op nadelige meetbare effecten van bodemtrilling op de Natura-2000 gebieden worden, gezien de aard van de trillingen, als verwaarloosbaar geacht. Effecten van bodemtrilling op natuur worden daarom niet nader beschouwd.

Eventuele effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van voorgenomen bovengrondse activiteiten (zoals bijvoorbeeld de aanleg van productiefaciliteiten), worden beschouwd in relevante vergunningtrajecten zoals die in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) en worden daarom in dit hoofdstuk buiten beschouwing gelaten.

Effecten op natuur en milieu vanwege bodemdaling

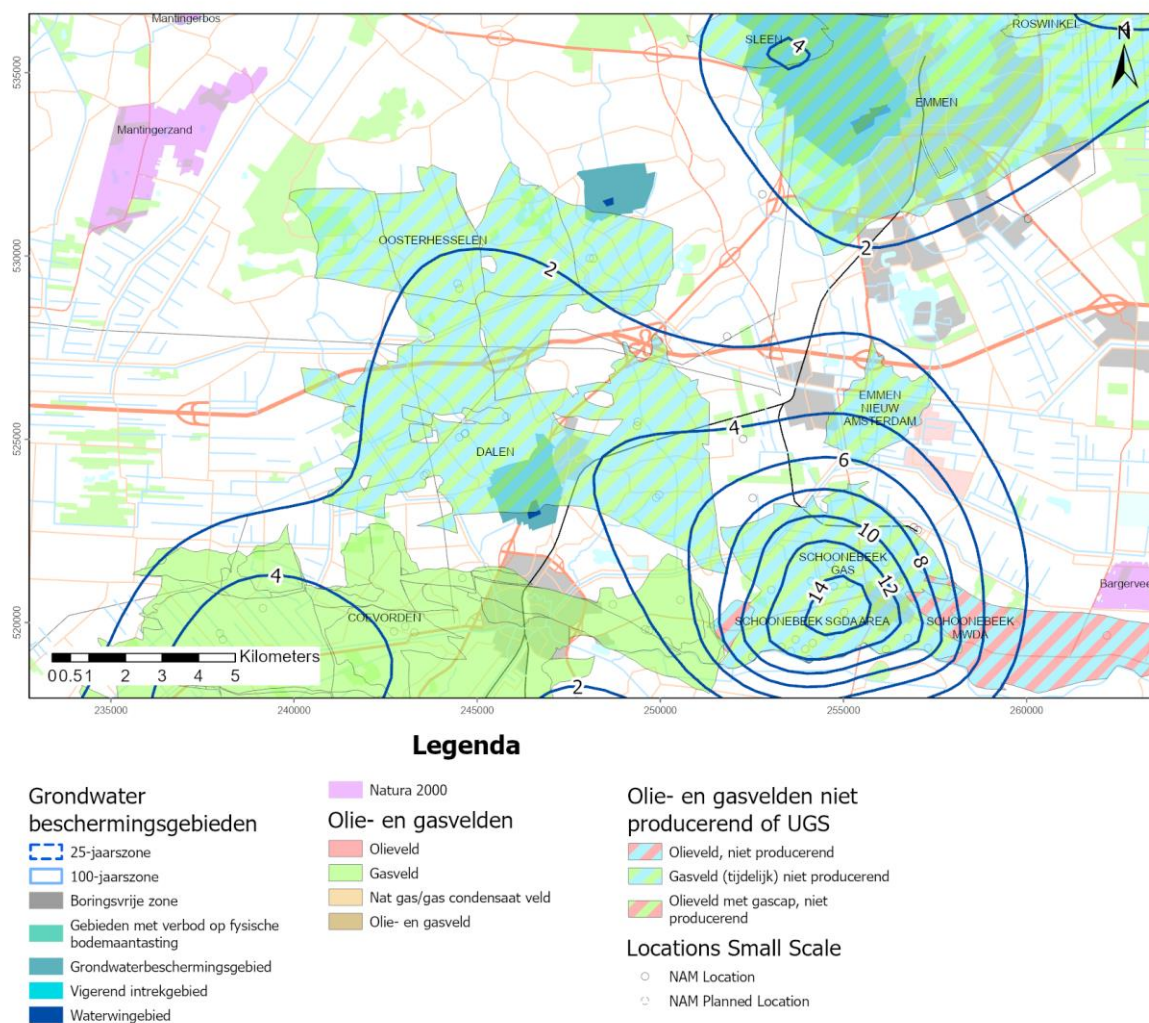
Als gevolg van het winnen van gas uit de ondergrond kan inklinking van de grond optreden met bodemdaling tot gevolg.

In hoofdstuk 7 is aangegeven dat de nog te verwachten bodemdaling boven de voorkomens Dalen Zechstein, Dalen DC en Oosterhesselen Zechstein minder dan 2 centimeter bedraagt (zie Figuur 9-1).



Figuur 9-1: Te verwachten bodemdaling (2025 – 2100), zo'n 70 jaar na beëindiging van de productie in de voorkomens van dit winningsplan. De bodemdaling bedraagt minder dan 2 cm.

De totale (cumulatieve) verwachte bodemdaling (in cm) in 2100 (Figuur 9-2) ten gevolge van gas- en oliewinning uit alle velden inclusief de bodemdaling door winning uit de Dalen en Oosterhesselen gasvelden, laat zien dat ter plekke van het beschermde Natura-2000 gebied Mantingerzand, ten noordwesten van de voorkomens, minder dan 2 cm bodemdaling te verwachten is. Voor enkele waterwingebieden geldt dat de totale (cumulatieve) bodemdaling minder dan 4 cm zal zijn. Deze bodemdaling is beperkt en daarom worden er geen nadelige effecten verwacht.



Figuur 9-2: Voorspelling van de totale bodemdaling in 2100 door gas- en oliewinning, ongeveer 70 jaar na beëindiging van de productie.

Uitwerking toetsing Wet natuurbescherming

Relevant voor de toetsing zijn mogelijke effecten op beschermde gebieden (gebiedsbescherming Wnb en NNN) en beschermde soorten (soortbescherming Wnb art. 3.5, art. 3.10 en zorgplicht van de Wnb).

De nog te verwachten bodemdaling (in cm) veroorzaakt door gaswinning uit de Dalen en Oosterhesselen gasvelden reikt niet tot aan het Natura-2000 gebied Mantingerzand. De verwachte cumulatieve bodemdaling ten gevolge van gas- en oliewinning uit alle velden bedraagt minder dan 2 centimeter ter plaatse van dit Natura-2000 gebied. Deze zeer geringe bodemdaling zal niet van wezenlijk invloed zijn op de waterhuishouding. De bodemdaling leidt zodoende in geen geval tot significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden, of tot een significante vermindering van de oppervlakte van het NNN-gebied, of van de samenhang tussen de gebieden. Er hoeft geen NNN-toets/ "nee, tenzij" toets te worden uitgevoerd. Vervolgstappen zijn niet aan de orde.

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

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

Bodem- / grondwaterverontreiniging

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

Nieuwe activiteiten in relatie tot Natuur en Milieueffecten

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

10 VERKLARENDE WOORDENLIJST

Aquifer	Ondergronds, watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
Cm	Uniaxiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente wanneer door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GIIP	Volume gas initieel aanwezig in het voorkomen (in Nm ³)
GPS	Global Positioning System: systeem voor plaats- en hoogtebepaling met behulp van satellieten
GWC	Gas-water contact diepte (verticaal in meter onder NAP)
FWL	Diepte waarvanaf water de dominante vloeistof is (verticaal 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
sm ³	Gasvolume in kubieke meter bij 15 °C en 1.01325 bara
SRA	Seismische Risico Analyse
TCBB	Technische Commissie Bodembeweging
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek

11 BIJLAGE A: BODEMDALING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor de voorkomens in dit winningsplan is de onzekerheid in de C_m (compressibiliteit) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (DP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. Het compactiemodel dat in dit winningsplan wordt gebruikt is het Rate Type Compaction Model (RTCiM) van TNO¹³, waarbij de i staat voor isotachen. Dit model is geïntroduceerd in de long term subsidence studie voor het Ameland veld, welke is goedgekeurd door SodM. Tevens wordt dit model ook door NAM toegepast in het Statusrapport 2020¹⁴ voor alle gasvelden in Noord-Nederland.

Boven het Ameland veld, maar ook boven andere velden wordt waargenomen dat de bodemdaling langzaam begint maar ook na-ijlt wanneer de productie stopt. Dit tijdseffect kan goed met het RTCiM model beschreven worden. Hieronder wordt meer uitleg gegeven over de drie belangrijkste parameters van dit model. In het begin van de winning, wanneer de compactie achterblijft bij de drukdaling en de bodemdaling langzaam verloopt, wordt de compactie beschreven door de lage C_m factor (C_{md}). Na verloop van tijd, waarbij die tijd bepaald wordt door de b parameter, verloopt de daling sneller en volgt de hogere C_m factor (C_{mref}). Deze overgang gaat echter geleidelijk. Na het einde van de productie kan de bodemdaling nog jaren doorgaan, wederom afhankelijk van diezelfde b factor.

De waarden die gebruikt zijn in de bepaling van de onder- en bovengrens voor de toekomstige bodemdaling worden in Tabel 11-1, Tabel 11-2 en Tabel 11-3 weergegeven.

De op deze manier berekende bodemdalingsonzekerheid is getabuleerd in onderstaande tabel. De onzekerheid in de compressibiliteit is met het RTCiM model berekend door verschillende combinaties van RTCiM parameters te kiezen die nog redelijk passen bij de metingen. De parameters voor de ondergrens zijn bepaald voor het scenario waarbij een lineair model, zoals in het vorig winningsplan, wordt gemodelleerd. De bovengrens is gemodelleerd met een scenario waarbij de b -factor relatief hoog is waardoor er veel na-ijling in de toekomst plaats zal vinden. Dit scenario is ook gebruikt in het winningsplan van Schoonebeek gas dat in 2022 door NAM is ingediend. De tijdseries, getoond in Figuur 7-5, laten zien dat bodemdaling in de verschillende scenario's niet ver uiteenloopt.

De velden Dalen Zechstein, Dalen DC en Oosterhesselen Zechstein zijn sterk gecompartmentaliseerd. De weergegeven drukken in Tabel 11-2 zijn gemiddelde drukken van de producerende compartimenten. In bijlage D zijn de gemiddelde drukken per veld getabuleerd.

Hieruit volgt dat de bovengrens voor de toekomstige bodemdaling voor de individuele voorkomens kleiner is dan 2 cm.

¹³ Pruiksma, J.P. & Breunese, J.N. & Thienen-Visser, Karin & De Waal, Hans. (2015). Isotach formulation of the rate type compaction model for sandstone. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 78. 127-132. 10.1016/j.ijrmms.2015.06.002.

¹⁴ NAM (2020) Bodemdaling door Aardgaswinning, NAM-gasvelden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe. EP202011201629 (<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/bodemdaling/nl/aa0e05c7-704a-4f9f-a02c-ea7ece904905>).

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

	Nog te verwachten drukdaling [BAR]			Onzekerheid Compressibiliteit			Onzekerheid toekomstige bodemdaling		
	Laag productie scenario [bar]	Midden productie scenario [bar]	Hoog productie scenario [bar]	$C_{mref} (10^{-5} \text{ bar}^{-1})$	$C_{md} (10^{-5} \text{ bar}^{-1})$	$B [-]$	Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)
VOORKOMEN				L - M - H	L - M - H	L - M - H			
Dalen DC	1	2	3	0,2 - 0,7 - 0,8	0,2 - 0,17 - 0,05	0,02 - 0,045 - 0,046	<2	<2	<2
Dalen Zechstein	2	3	5	0,2 - 0,7 - 0,8	0,3 - 0,26 - 0,07	0,02 - 0,045 - 0,046	<2	<2	<2
Oosterhesselen Zechstein	2	5	17	0,1 - 0,4 - 0,5	0,1 - 0,10 - 0,03	0,02 - 0,045 - 0,046	<2	<2	<2

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

VOORKOMEN	Diepte veld [m]	Gemiddelde depletende dikte [m]	Initiële druk [bar]	Huidige druk [bar]	Eind druk mid case productie scenario [bar]	Poissons ratio	Rigide basement [m]
Dalen DC	2769	19	380	188	186	0,2	5000
Dalen Zechstein	2700	60	377	111	108	0,2	5000
Oosterhesselen Zechstein	2966	45	380	85	80	0,2	5000

Tabel 11-3: Algemene RTCiM parameters

Parameter	Waarde
Reference Stress Rate	$3,16 \cdot 10^{-4} \text{ bar/jaar}$
Dichtheid gesteente bovenliggende lagen	2200 kg/m^3
Effectieve Reference Stress per voorkomen	
Dalen DC (2769 m)	218 bar
Dalen Zechstein (2700m)	206 bar
Oosterhesselen Zechstein (2966m)	260 bar

De effectieve reference stress wordt berekend met de formule:

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

12 BIJLAGE B: SEISMISCHE RISICO ANALYSE: DETAILS EN ACHTERGRONDEN

De winning van aardgas gaat gepaard met een daling van de druk in de ondergrond met als gevolg een verandering van de gesteentespanningen. Deze verandering van spanning kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor mogelijk een lichte aardbeving kan plaatsvinden. In Nederland is/wordt door NAM uit ongeveer 80 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven vijf 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) gepubliceerd¹⁵. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-2. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

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

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

Theoretisch kader seismische risicoanalyse volgens de leidraad

Stap 1:

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

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

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

Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die:

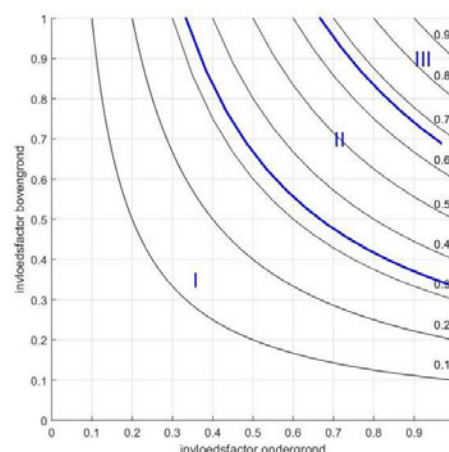
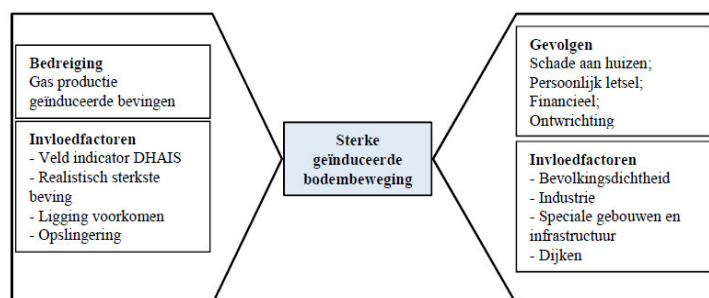
- Seismisch actief zijn geweest;
- óf een niet-verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor $M_{max} \geq 2,5$ is.

Stap 3:

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

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

¹⁵ 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 invloedsfactoren 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 invloedsfactoren ondergrond als de invloedsfactoren 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 invloedsfactoren 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* beving¹⁶ gedurende de productietijd van het veld en die bepaald is op basis van alle observaties van bevingen boven alle gasvelden in Nederland.
- *Realistisch sterkste beving (Mmax)*
Voor een theoretische inschatting van de sterkste beving zijn twee verschillende benaderingen genomen:
 1. Een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving;
 2. Een maat voor de mogelijke bevingsmagnitude als de langste breuk in het producerende veld in zijn geheel in één keer in beweging zou komen.

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

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

¹⁶ De magnitude van een mogelijke beving ligt tussen de 1,5 en de magnitude voor de realistische sterkste beving, waarbij de kans logaritmisch afneemt met de magnitude.

- *Opslingering*

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

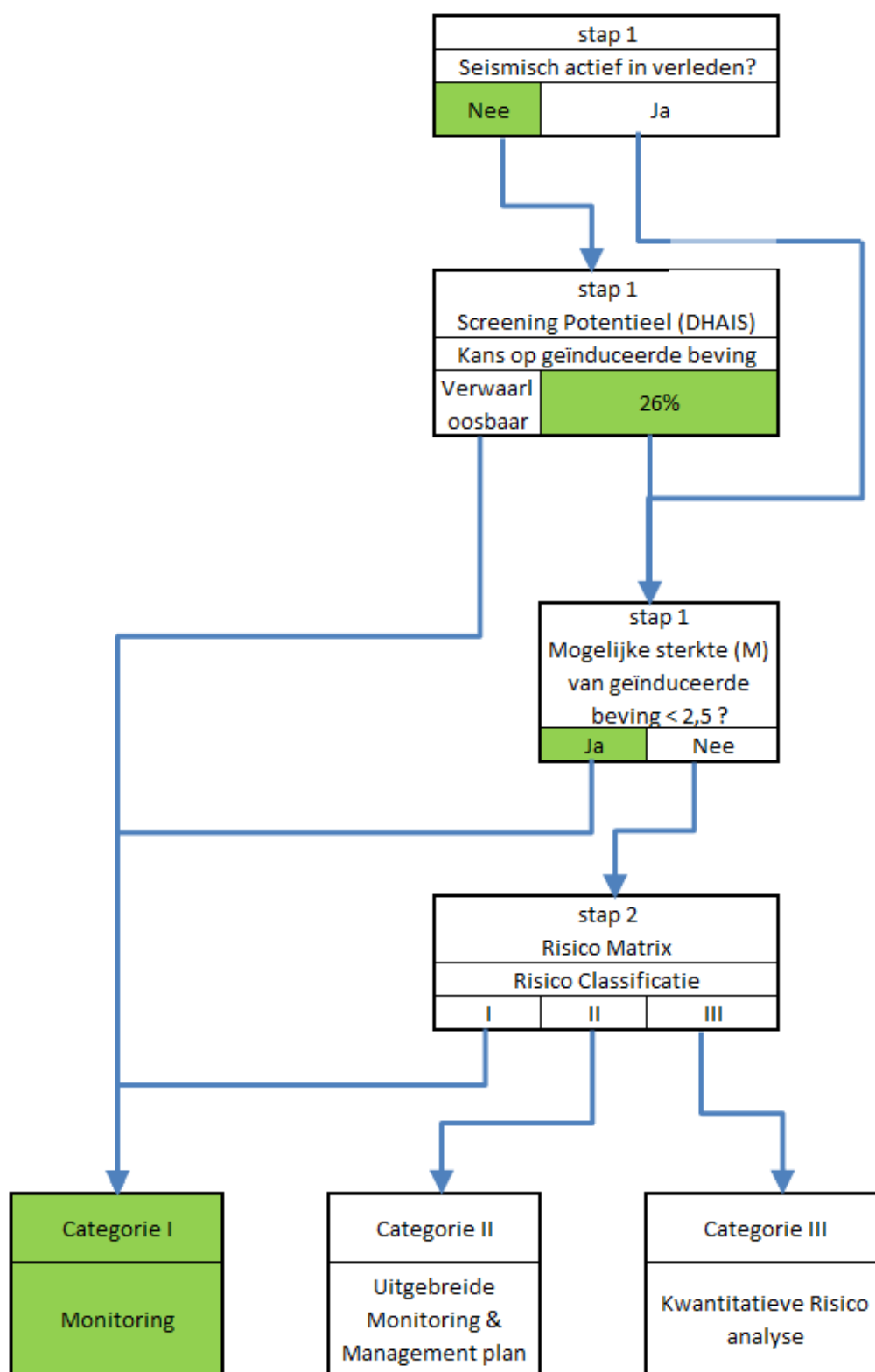
Het mogelijke gevolg van een beving volgt uit een analyse en score van de invloedfactoren bovengrond: bevolkingsdichtheid, industrie, speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken.

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

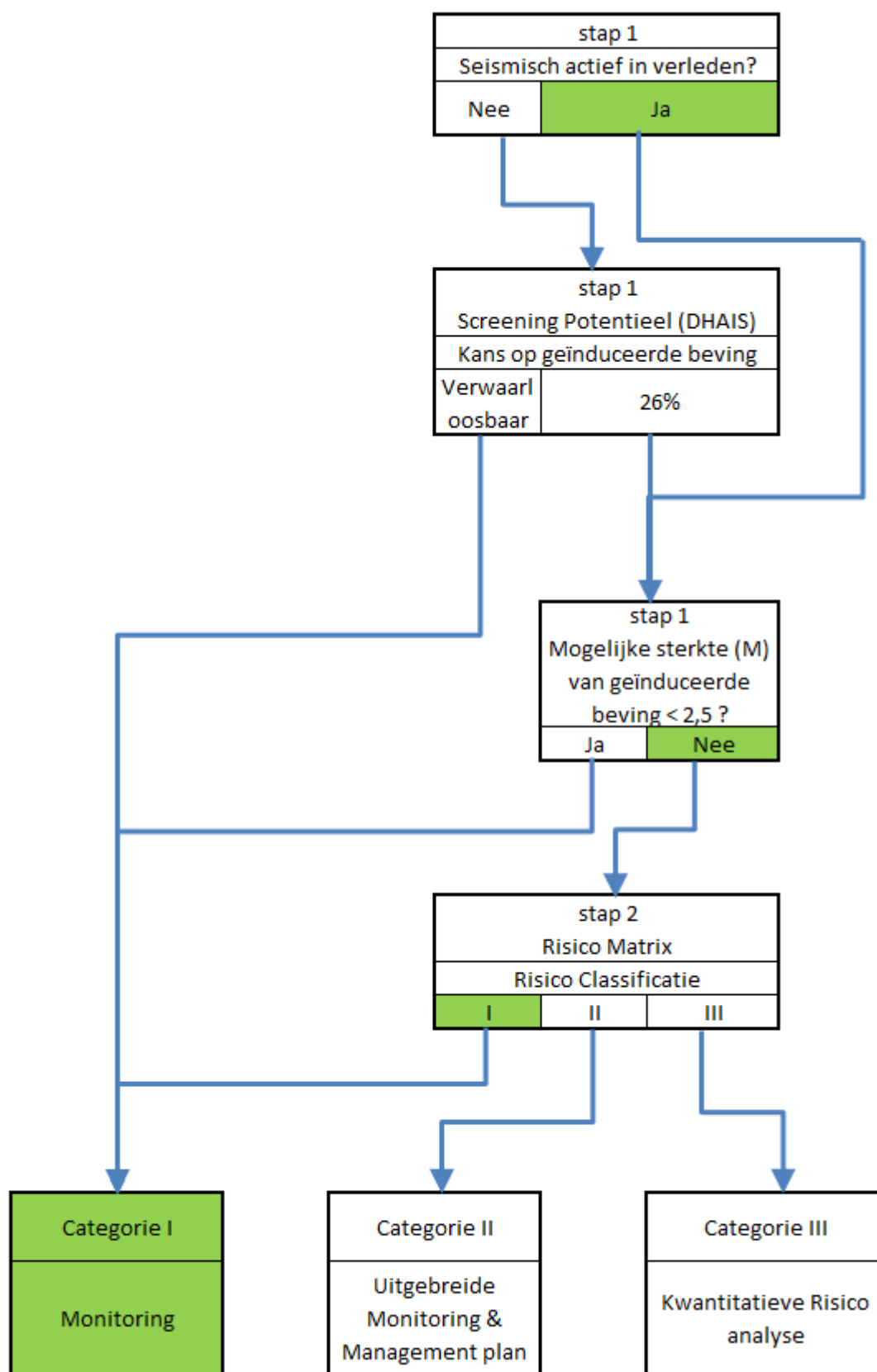
Indien uit het voorgaande blijkt dat voorkomen(s) binnen een Winningsplan in risico categorie III vallen gaan deze door naar Stap 3.

12.1 Seismische Risico Analyse voor de voorkomens in dit winningsplan

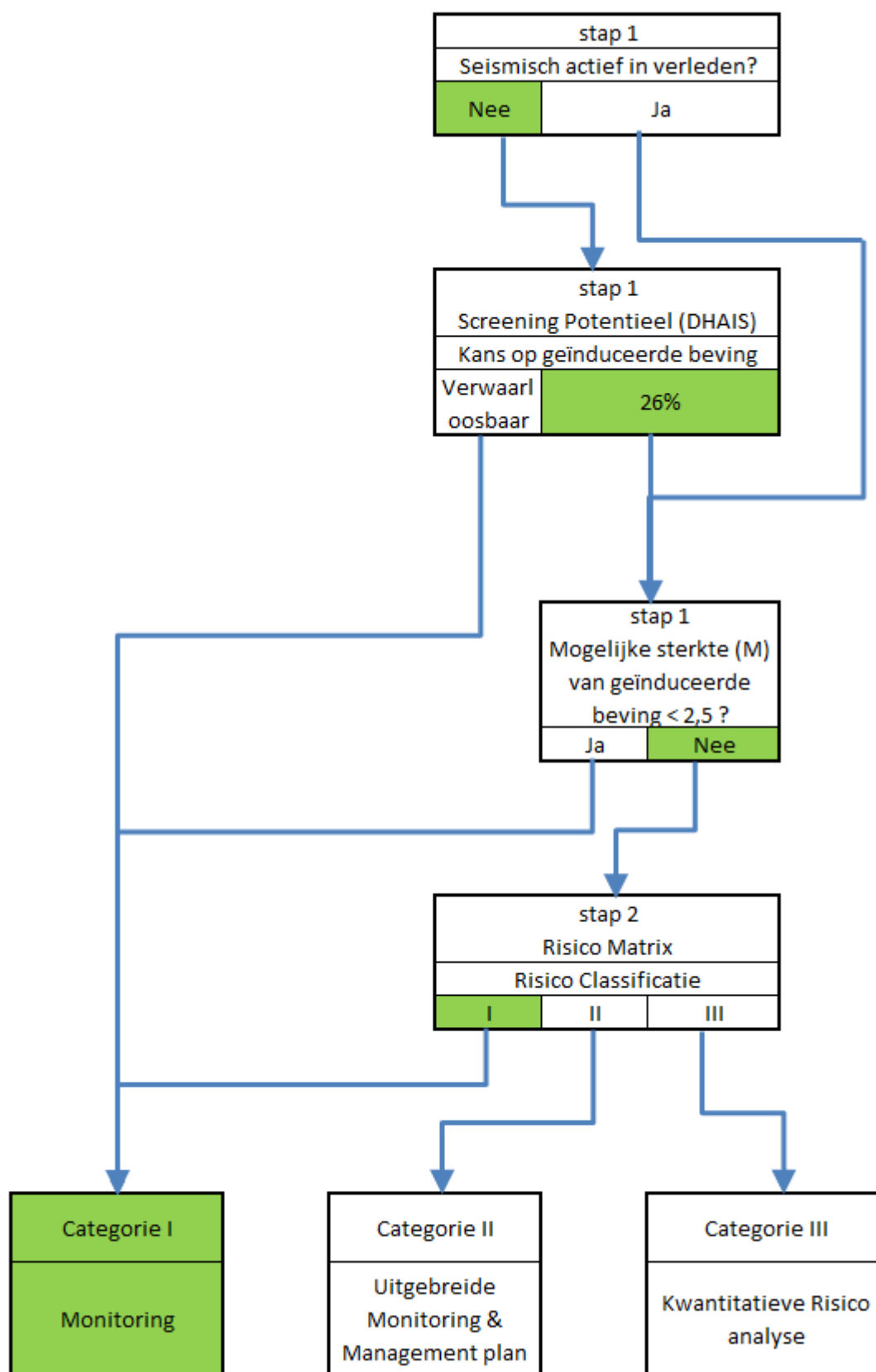
In stap 1 van de risicoanalyse wordt gekeken of het veld al gebeefd heeft of wat de kans op een mogelijke beving is gedurende de levensduur van het veld. Daarnaast wordt een inschatting gemaakt van de maximale magnitude. In Figuur 12-2, Figuur 12-3 en Figuur 12-4 staan voor respectievelijk Dalen Zechstein, Dalen DC, en Oosterhesselen Zechstein van dit winningsplan de uitkomsten in groen voor de verschillende stappen.



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



Figuur 12-3: De verschillende stappen die doorlopen zijn voor **Dalen Zechstein** om de risicocategorie te bepalen.



*Figuur 12-4: De verschillende stappen die doorlopen zijn voor **Oosterhesselen Zechstein** om de risicocategorie te bepalen.*

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor de verschillende voorkomens.

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

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen

In de studie ‘Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)¹⁷ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2022 is deze studie geactualiseerd met de data tot en met 1 maart 2021¹⁸. Deze actualisatie van de DHAIS-studie heeft ook invloed op de score van de kans op beven in de SodM leidraad. TNO heeft hiervoor een advies uitgebracht¹⁹ dat gevolgd is in dit winningsplan.

Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

- DP/P_{ini}: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (P_{ini}) in het reservoir;
- E: de verhouding tussen de Young’s moduli (stijfheidsmoduli) voor de afsluitende laag (“seal”) en het reservoirgesteente;

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

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

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

Waarbij:

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

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

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

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

Reeds bevende voorkomens	
DP/P _{ini} ≥ 20%	B ≥ 0,84 en E ≥ 1,07: Kans op beven
	B < 0,84 en/of E < 1,07: Verwaarloosbare kans
DP/P _{ini} < 20%	Verwaarloosbare kans

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

¹⁷ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit.

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

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

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

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m) ²⁰	Initiële druk (bar)	Totale drukdaling volgens productie-scenario hoog (bar)	Totale breuk-lengte (km)	Reservoir oppervlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS _{E²¹}	DHAIS _B	DHAIS
Dalen DC	19	380	195	6,4	1	geen	geen	1,33	2,28	26%
Dalen Zechstein	60	377	271	108,6	47,9	2,2	< 5 per jaar	1,21	5,79	bevend veld
Oosterhesselen Zechstein	45	380	302	52,3	25,5	geen	geen	1,21	3,15	26%

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

Realistisch sterkste beving

Omdat het Dalen Zechstein velden bevend is en de Dhais kans voor Dalen DC en Oosterhesselen niet verwaarloosbaar is, wordt ook de waarde voor de (theoretisch) realistisch sterkste beving (M_{max}) bepaald om tot een oordeel te komen of een niveau 2 risicoanalyse noodzakelijk is.

In de Seismisch Risico Analyse leidraad worden twee methoden gebruikt om de M_{max} waarde te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. 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.

²⁰ Voor de DHAIS berekening wordt zowel de hoogte van de gaskolom als de totale reservoirdikte beschouwd. Het minimum van deze twee wordt gekozen voor de berekening van de "B" waarde zoals voorgeschreven door de DHAIS methodiek.

²¹ Young's moduli ratio volgens TNO rapport: Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde Seismiciteit, NITG 04-171-C. Voor nieuwe velden wordt de ratio van een analoog veld met dezelfde reservoir seal combinatie gebruikt.

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

Voorkomen	Langste breuklengte (km) ²²	Poisson's ratio ²³	Breukhoogte (m)	M_{max} energiebalans	M_{max} breukslip
Dalen DC	1,2	0,2	19	1,9	2,2
Dalen Zechstein	11,4	0,2	60	3,5	3,5
Oosterhesselen Zechstein	4,8	0,2	45	3,2	3,1

Stap 2: Risico matrix

Voor de voorkomens in dit winningsplan, met uitzondering van het voorkomen Dalen DC (met M_{max} kleiner dan 2,5), 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 12-5, Figuur 12-6 en Figuur 12-7 tonen de situaties voor respectievelijk 'Bevolkingsdichtheid', 'Industriële inrichtingen', 'Speciale gebouwen en vitale infrastructuur' en 'Dijken'. Voor de bepaling van de bevolkingsdichtheid is zowel de informatie over de dichtheid per gemeente als de dichtheid per buurt gebruikt. De hoogste waarde die volgt uit beide analyses is gebruikt in de SRA-beoordeling.
- De kaartlaag voor de 'Industriële inrichtingen', 'Speciale gebouwen en vitale infrastructuur' wordt van het internet geladen. Echter, op dit moment kan deze kaartlaag niet geladen worden omdat de url naar de bronhouder tijdelijk niet werkt. Om deze reden is een oudere versie van de risicokaart gebruikt. Bij het vergelijken van de kaarten is geconstateerd dat dit verder geen gevolgen heeft voor de bepaling van het risico.
- Figuur 12-8 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen.

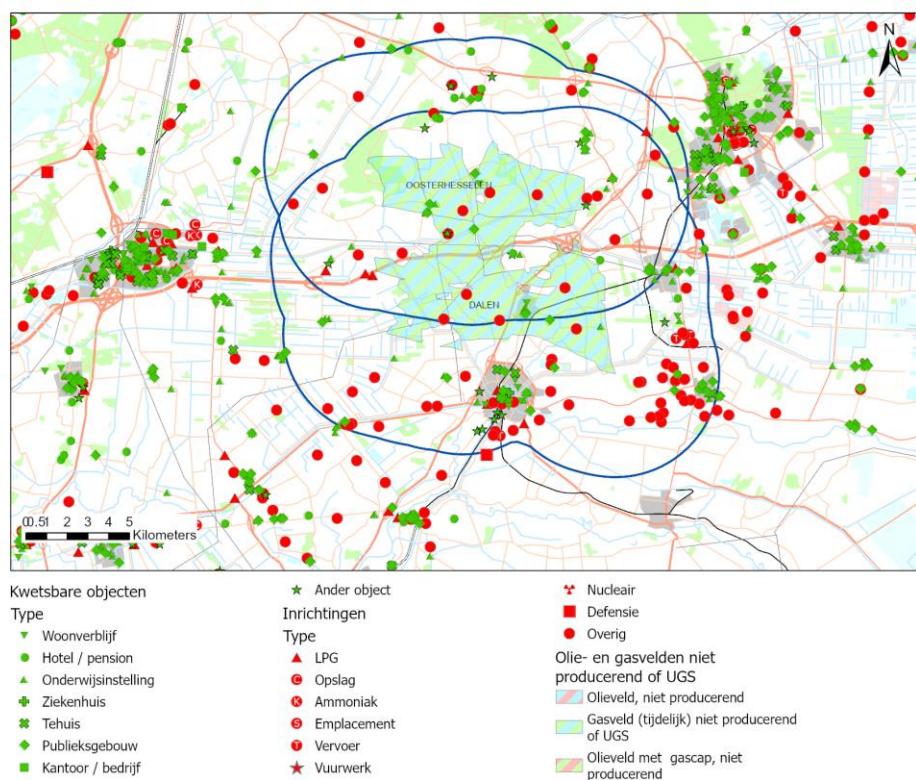
Voor de bevolkingsdichtheid is gekeken naar de gemiddelde dichtheid per buurt en per gemeente. De leidraad biedt de mogelijkheid om op beide manieren de gemiddelde dichtheid te bepalen binnen de bufferzone rondom het veld. Vanwege het verschil in oppervlakte tussen de wijken en de gemeentes zal het berekende gemiddelde binnen de buffer verschillend zijn. Bij de bepaling voor de score voor de bevolkingsdichtheid wordt uitgegaan van de maximumwaarde van de twee berekeningen. Beide berekeningen laten een waarde zien die kleiner is dan 250 per km².

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

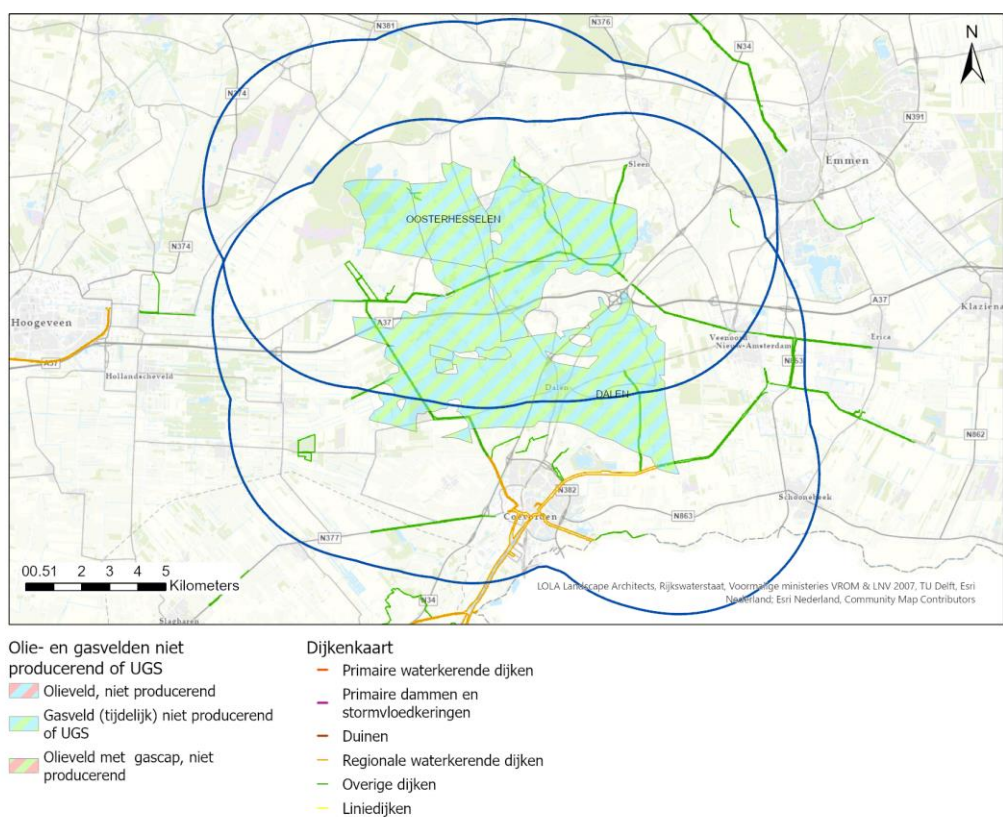
²³ Poisson's ratio gebaseerd op basis van kernplug metingen



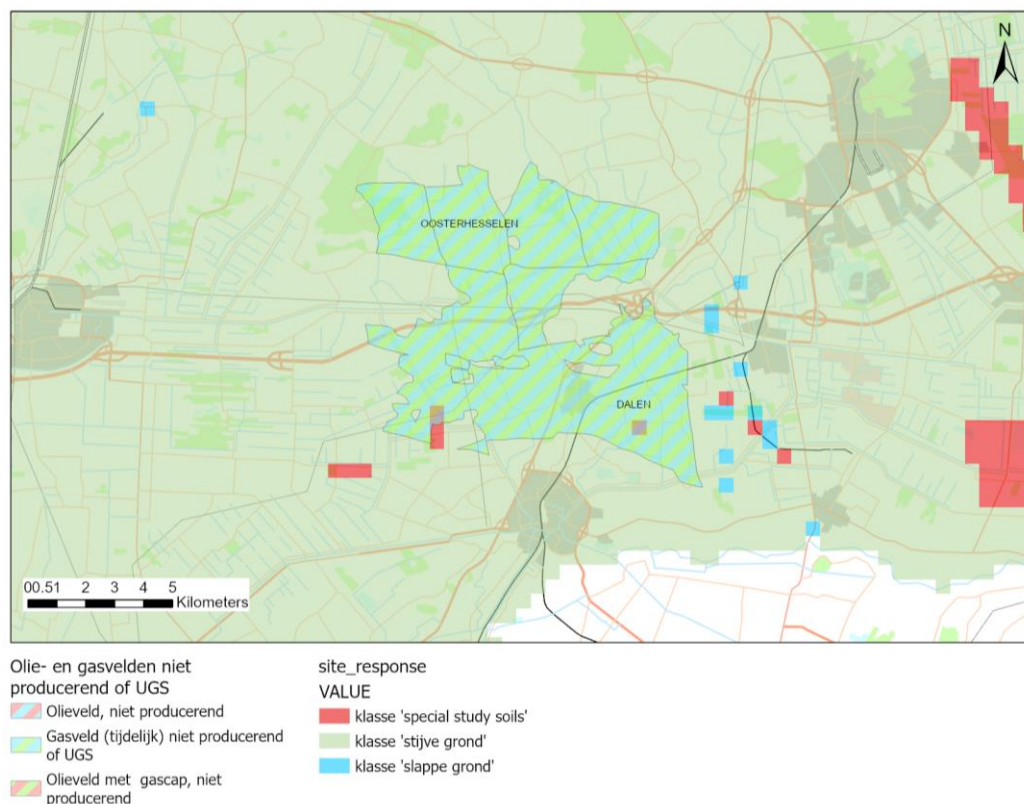
Figuur 12-5: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven de voorkomens van dit winningsplan. De blauwe contouren geven de 5 km straal rond de voorkomens aan die relevant zijn voor de SRA.



Figuur 12-6: Overzicht van de industriële inrichtingen (rode punten), en speciale gebouwen (groene punten) boven de voorkomens van dit winningsplan. De blauwe contouren geven de 5 km straal rond de voorkomens aan die relevant zijn voor deze SRA factor.



Figuur 12-7: Overzicht van dijken, waarbij de oranje lijnen de secundaire dijken weergeven. De blauwe contouren geven de 5 km straal rond de voorkomens aan die relevant zijn voor de bepaling van deze SRA-invloedfactor.



Figuur 12-8: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslingering te bepalen.

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

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

INVLOEDFACTOREN ONDERGROND A

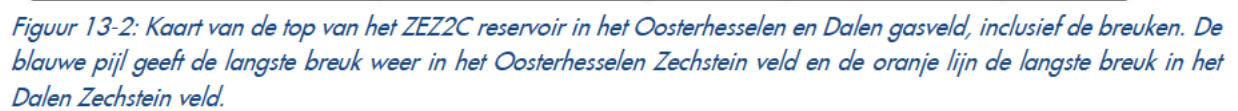
Score	DHAIS	M	Ligging voorkomen	Opslintering
5		Alle methodes > 4,5		
4	Bevend veld > 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$	1 methode > 4,5 én/of alle methodes 4,1 – 4,5		
3	Bevend veld < 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$ DAL ZE	1 methode 4,1 – 4,5 én/of alle methodes 3,6 – 4,0		>60% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) en/of >30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
2	P=26% of Bevend veld $M < 1,5$ OSH ZE	1 methode 3,6 – 4,0 én/of alle methodes 3,1 – 3,5	Boven de lijn Amsterdam-Arnhem	30-60% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) en/of 15-30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
1		1 methode 3,1 – 3,5 én/of alle methodes 2,6 – 3,0		10-30% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) en/of 5-15% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
0	P=Verwaarloosbaar	1 methode 2,6 – 3,0 én/of alle methodes $\leq 2,5$	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	<10 % slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) en/of < 5% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.

INVLOEDFACTOREN BOVENGROND B

Score	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km ²)	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen En vitale infrastructuur	Dijken
4	> 2500	Meerdere direct boven het veld	Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Primaire dijken boven het veld
3	1000-2500 en/of 500-1000 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuizen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
2	500-1000 en/of 250-500 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld DAL ZE
1	50-500 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 OSH ZE

SCORES C

	Score invloedfactoren ondergrond					Score invloedfactoren bovengrond					
Voorkomen	Kans op beven of waargenomen bevingen	Magnitude	Ligging voorkomen	Opslingering	Genormaliseerde totaalscore ondergrond	Bevolkingsdichtheid	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totaalscore bovengrond	Categorie
Dalen Zechstein	3	2	2	0	0,5	1	4	3	2	0,63	I
Oosterhesselen Zechstein	2	2	2	0	0,43	1	4	3	0	0,5	I





Figuur 13-3: Reservoir doorsnede van het Oosterhesselen en het Dalen gasveld.

14 BIJLAGE D: DRUKDATA

Drukdata van het Dalen DC veld 1970 – 2024 historische drukken en 2025- 2032 toekomstige drukken.

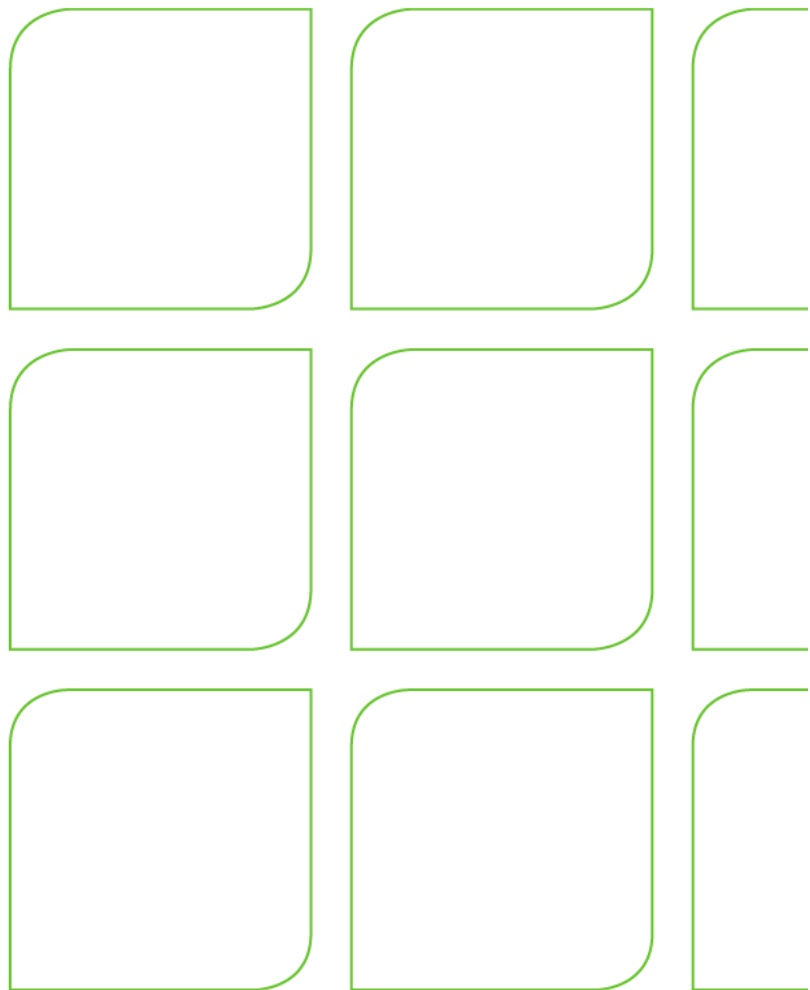
jaar	Druk [bar]	jaar	Druk [bar]		
1970	380	2005	219		
1975	380	2006	215		
1976	380	2007	211		
1977	380	2008	208		
1978	380	2009	204		
1979	380	2010	203		
1980	380	2011	201		
1981	380	2012	200		
1982	380	2013	197		
1983	373	2014	195		
1984	370	2015	192		
1985	370	2016	191		
1986	370	2017	189		
1987	370	2018	189		
1988	363	2019	188		
1989	347	2020	188		
1990	335	2021	188		
1991	324	2022	188		
1992	315	2023	188		
1993	310	2024	188		
1994	305				
1995	289	Laag	Midden	Hoog	
1996	279	2025	187	187	187
1997	267	2026	187	187	187
1998	259	2027	187	186	186
1999	252	2028	187	186	186
2000	245	2029	187	186	186
2001	240	2030	187	186	185
2002	234	2031	187	186	185
2003	228	2032	187	186	185
2004	223				

Drukdata voor het Dalen Zechstein veld 1970 – 2024 historische drukken en 2025- 2032 toekomstige drukken.

jaar	Druk [bar]	jaar	Druk [bar]		
1970	377	2005	134		
1975	373	2006	131		
1976	369	2007	130		
1977	367	2008	129		
1978	365	2009	127		
1979	364	2010	127		
1980	361	2011	125		
1981	358	2012	124		
1982	354	2013	123		
1983	344	2014	122		
1984	335	2015	117		
1985	333	2016	115		
1986	333	2017	114		
1987	333	2018	113		
1988	332	2019	112		
1989	326	2020	112		
1990	310	2021	111		
1991	291	2022	111		
1992	276	2023	111		
1993	263	2024	111		
1994	237				
1995	204		Laag	Midden	Hoog
1996	166	2025	111	111	111
1997	154	2026	110	110	110
1998	146	2027	110	110	109
1999	141	2028	109	109	108
2000	138	2029	109	109	108
2001	137	2030	109	109	107
2002	136	2031	109	108	107
2003	135	2032	109	108	106
2004	135				

Drukdata voor het Oosterhesselen Zechstein veld 1970 – 2024 historische drukken en 2025- 2032

jaar	Druk [bar]	jaar	Druk [bar]		
1970	380	2005	149		
1975	379	2006	140		
1976	379	2007	133		
1977	377	2008	127		
1978	375	2009	120		
1979	369	2010	113		
1980	359	2011	109		
1981	352	2012	106		
1982	347	2013	103		
1983	344	2014	100		
1984	342	2015	96		
1985	340	2016	93		
1986	340	2017	90		
1987	340	2018	89		
1988	338	2019	89		
1989	333	2020	87		
1990	324	2021	86		
1991	316	2022	85		
1992	310	2023	85		
1993	305	2024	85		
1994	298				
1995	294	Laag	Midden	Hoog	
1996	292	2025	84	84	84
1997	277	2026	83	82	83
1998	246	2027	83	81	82
1999	223	2028	83	80	81
2000	206	2029	83	80	80
2001	196	2030	83	80	80
2002	180	2031	83	80	79
2003	165	2032	83	80	78
2004	159				



BRON VAN ONZE ENERGIE