

Aanvraag Instemming Winningsplan

Botlek

26 september 2017

1 Samenvatting



Achtergrond winningsplannen – algemeen

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

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

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

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

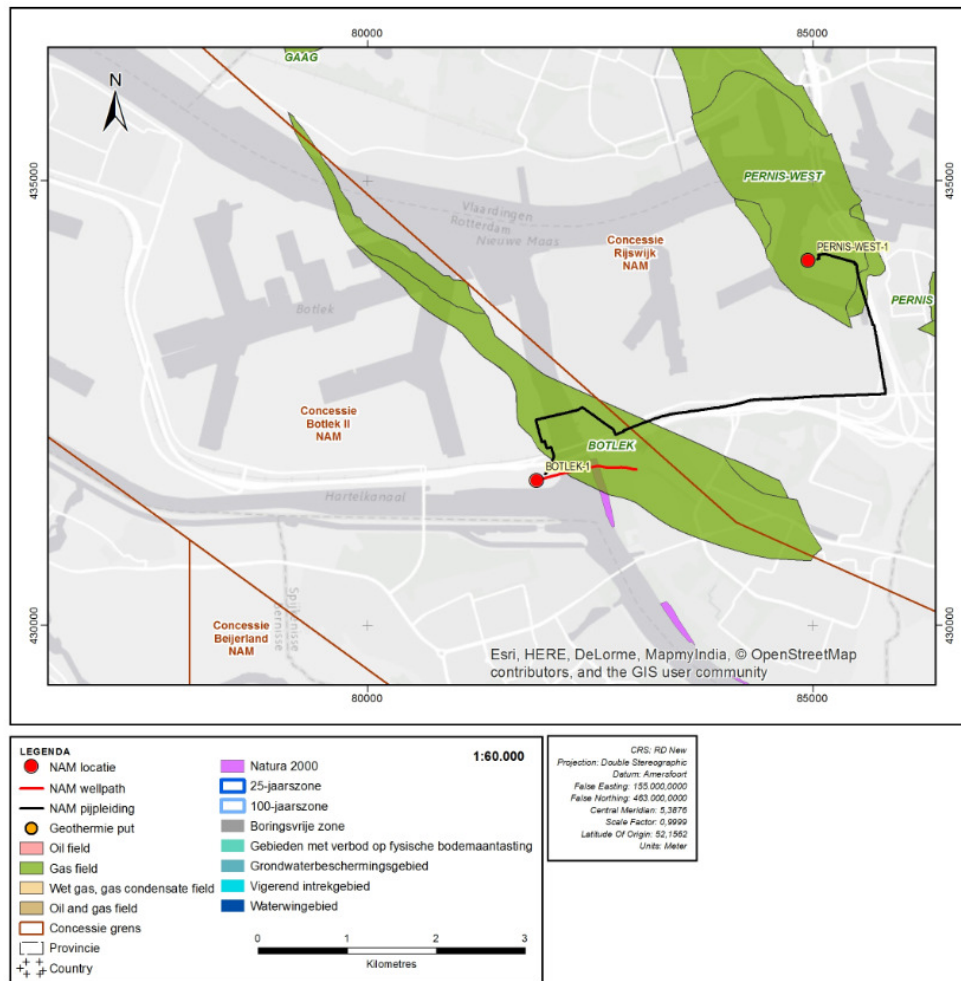
Achtergrond winningsplan Botlek

Dit winningsplan omvat het gasveld Botlek. Het veld (ook wel "voorkomen" genoemd in winningsplannen) ligt in de provincie Zuid-Holland en gemeente Rotterdam. Het Botlek veld wordt door één put op de Botlek locatie geproduceerd. Het gewonnen gas wordt via bestaande infrastructuur naar het landelijke Gasunie netwerk getransporteerd. Gasproductie uit dit veld vindt al sinds 1992 plaats. De actualisatie betreft een wijziging van productieperiode voor het voorkomen Botlek als gevolg van installatie van een tweede-traps compressie op de Botlek locatie.

Hoeveel gas kan worden gewonnen?

Tot 2017 is 11432 miljoen Nm³ aardgas uit het Botlek veld geproduceerd. NAM verwacht uit dit veld nog 330 tot 1430 miljoen Nm³ aardgas te winnen over de periode 2017-2030, afhankelijk van het productiescenario. De daadwerkelijke productie hangt af van het gedrag van de bestaande put. Het gaat hier om de laatste productievolumes van een bestaande winning: afhankelijk van het productiescenario is de resterende productie

ongeveer 10% van de totale productie uit dit veld.



Bodemdaling door gaswinning

Door de winning van gas uit diepe gesteentelagen neemt de druk van het gas in het gesteente langzaam af. Het gewicht van kilometers dikke gesteentelagen boven het gasveld zorgt ervoor dat de gashoudende gesteentelaag iets wordt samengeperst. Dit kan zich aan de oppervlakte manifesteren in een lichte bodemdaling. 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 maximaal een paar centimeter over de lengte van een kilometer. Op het niveau van een woning komt dit neer op een verschil van de dikte van 1 vel A4 papier tussen de voor- en achtergevel. Meer informatie staat op www.commissiebodemdaling.nl en op de TNO website www.natuurinformatie.nl.

Het winningsplan bevat een overzicht van de gemeten bodemdaling tot nu toe en een prognose van de bodemdaling door gaswinning aan het einde van de winning. Voor het meten van bodemdaling worden vaste peilmerken gebruikt die al sinds 1989 om de 3 jaar worden gemeten. De meest recente grootschalige meting is gedaan in 2016. In het gebied vindt plaatselijk sterke autonome bodemdaling plaats. Autonome bodemdaling is de bodemdaling die in het gebied aanwezig is zonder invloed van gaswinning (bijvoorbeeld door inklinking). Dit maakt directe meting van bodemdaling door gaswinning moeilijk. De verwachte bodemdaling door toekomstige gaswinning is verwaarloosbaar: minder dan 2 cm. Dit is een zeer geringe bodemdaling die binnen de onzekerheidsmarge valt van de metingen naar bodemdaling. De totale bodemdaling sinds het begin van de productie in 1992 blijft onder de 6 cm.

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

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

Toelichting risico van aardbevingen

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

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

Velden die zouden kunnen beven worden ingedeeld in 3 categorieën, waarbij categorie 1 de lichtste en categorie 3 de zwaarste is. Afhankelijk van de risicocategorie gelden er voor een veld monitoringsverplichtingen, beheersmaatregelen en onderzoeksverplichtingen. Alleen het Groningen gasveld valt in categorie 3.

Onder de lijn Amsterdam-Arnhem hebben zich in Nederland nooit aardbevingen door gaswinning voorgedaan (tot 2017 konden in dit gebied trillingen met een magnitude groter dan 2 gedetecteerd worden, in de toekomst kunnen ook kleinere, niet-voelbare trillingen gemeten worden). Theoretisch is een beving echter niet onmogelijk. Vanwege de mogelijke bovengrondse effecten als er toch een beving zou plaatsvinden is het Botlek gasveld ingedeeld in categorie 2. Hierdoor zijn extra monitoringsmaatregelen nodig, bijvoorbeeld om de detectiegrens te verlagen. Het is belangrijk om te benadrukken dat het risico van aardbevingen en schade door gaswinning niet te vergelijken is met de situatie in Groningen vanwege de kleine omvang van het Botlek gasveld.

Omdat bodemtrillingen niet worden verwacht, wordt ook geen schade aan gebouwen verwacht. Echter, NAM is altijd wettelijk aansprakelijk voor schade die zij veroorzaakt volgens het Burgerlijk Wetboek. Mochten omwonenden toch schade ondervinden, dan kan dat gemeld worden bij NAM of bij het Landelijk Loket Mijnbouwschade.

Inhoud

1	Samenvatting	2
	Inhoud	5
	Formulier aanvraag instemming winningsplan.....	7
2	Inleiding	9
2.1	Doel van het Winningsplan	9
2.2	Leeswijzer	9
3	Plaats van winning	11
3.1	Productielocatie, put(ten) en voorkomen(s)	11
3.2	Schematische weergave gasbehandeling en afvoer van het gas.....	12
4	Boringen	13
4.1	Inleiding: Algemene beschrijving van een put.....	13
4.2	Overzicht boring(en) in voorkomen(s).....	14
4.3	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	14
4.4	Putstimulatie.....	14
5	Ondergrond	15
5.1	Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten.....	15
5.2	Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	15
5.3	Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen.....	18
5.4	Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	18
6	Ontwikkelingsvooruitzichten.....	21
6.1	Inleiding	21
6.2	Historische Productie	21
6.3	Onzekerheden.....	22
6.4	Winningsstrategie & reservoir management.....	22
6.5	Winningsnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	23
6.6	Duur van de winning	24
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning.....	24
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen.....	24
6.9	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd.....	24
6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	24
7	Bodemdaling	25
7.1	Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	25
7.2	Bodemdalingsmodel & historische bodemdaling	26
7.3	Bodemdalingsvooruitzichten	28
7.4	Onzekerheid in verwachte bodemdaling.....	30
7.5	Monitoring van bodemdaling	30
7.6	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	31
7.7	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	31
8	Bodemtrilling.....	32
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand.....	32
8.2	Historische bevingen in Bottlek.....	32

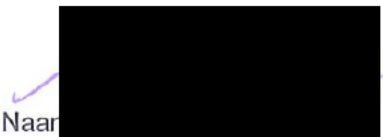
8.3	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse.....	32
8.4	Seismische Risico Analyse voor het Botlek veld	35
8.5	Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Botlek veld.....	36
8.6	Monitoring van bodemtrillingen	36
8.7	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen of te beperken.....	36
8.8	Maatregelen die gevolgen van bodemtrillingen beperken of voorkomen	38
9	Overige omgevingsaspecten.....	39
9.1	Algemeen	39
9.2	Effecten op natuur en milieu	40
10	Verklarende woordenlijst.....	45
11	Bijlage A: Bodemdaling: Details en Achtergronden	46
12	Bijlage B: Seismische Risico Analyse.....	47
13	Bijlage C: Geologische kaarten voor de voorkomens.....	53

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

<u>Artikel</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming voor een wijziging / actualisatie van het winningsplan Botlek	☐ 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 verlengde productievoorspelling wegens de installatie van tweede-traps compressie.
	Algemene gegevens	
	Naam indiener	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	Adres	Postbus 28000 9400 HH Assen
	Contactpersoon	
	E-mail	@shell.com
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) • Rijswijk – KB. dd. 3 januari 1955, N069 • Botlek II – Besluit EZ 03-03-2014, kenmerk DGETM-EM/14022843 • Gemeente Rotterdam • Provincie Zuid-Holland
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	Botlek Bunter
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	Sectie
Mw 35 lid 1	Beknopte beschrijving van het winningsplan	1, 2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	3
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	5
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	Bijlage C
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, gasputten	3.1
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	3.1
Mb 24 lid 1e,f	Overzicht boringen in voorkomen(s)	4.2
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	4.3
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden	3.2
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	6.4
Mb 24 lid 2	Productie filosofie	6.4
Mb 24 lid 2	Reservoir management	6.4
Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	6.5
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	6.6
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	6.9
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks eigengebruik bij winning	6.7
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakelde koolwaterstoffen	6.8
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	6.10
Mw 36 lid 1 sub b	Planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen	5.4
	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	7.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	7.2 – 7.4 Bijlage A
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.6
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	7.5
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	7.7
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemtrilling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	8.1, 8.2
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	8.3, 8.4, Bijlage B
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	8.5
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	8.6, 8.7
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	8.8
	Overige veiligheidsaspecten	Sectie
Mw 35 lid 1g	De risico's voor omwonenden, gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan met een risicobeoordeling, voor zover het winnen van delfstoffen niet geschiedt in het continentaal plat	9.1, 9.2
Ondertekening  Naar Functie: Asset Manager – Asset Land Mb 24 lid 1 Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen.		Datum: 26 september 2017 Plaats: Assen Zie deel “vertrouwelijk”

2 Inleiding

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Winningsvergunning Botlek (1991, No. 91.006135) en Rijswijk (1955, NO69). Conform artikel 34 van de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren in overeenstemming met een winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het winningsplan moet bevatten.

Dit winningsplan omvat het gasvoorkomen Botlek. De reden voor de actualisatie van het winningsplan is de verlengde levensduur van het voorkomen als gevolg van installatie van tweede-traps compressie. Dit winningsplan bevat een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen, en een nieuwe seismische risicoanalyse. Dit is de eerste actualisatie van het winningsplan Botlek sinds 2003. Hieronder een overzicht van winningsplannen en actualisaties.

Datum	Versie	Document
December 2003	1.0	Originele winningsplan
September 2017	2.0	Deze (eerste) actualisatie

Het oorspronkelijk winningsplan en besluiten voor Botlek zijn te vinden onder veldcode BTL op www.nlog.nl

2.2 Leeswijzer

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

Het Botlek veld wordt vanaf een bestaande locatie en door één put geproduceerd. Hoofdstuk 3 (Plaats van winning) en 4 (Boringen) geven meer informatie over de locatie en de huidige put. Hoofdstuk 5 (Ondergrond) geeft een beschrijving van de ondergrond. In hoofdstuk 6 (Ontwikkelingsvooruitzichten) wordt ingegaan op de historische en toekomstige productie en de ontwikkelingsplannen voor Botlek veld.

De nog te verwachten bodemdaling door toekomstige productie wordt beschreven in hoofdstuk 7 (Bodemdaling). De bodemdaling wordt regelmatig gemonitord volgens een meetplan conform de geldende normen, onder toezicht van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). Hoofdstuk 8 (Bodemtrilling) gaat verder in op de seismische risicoanalyse. De seismische risicoanalyse laat zien dat het Botlek veld in risicocategorie II valt.

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

- 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 put 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;
- 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;
- 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. het veld van dit winningsplan in de risicocategorie blijft 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 het veld in dit plan groter blijkt te zijn.

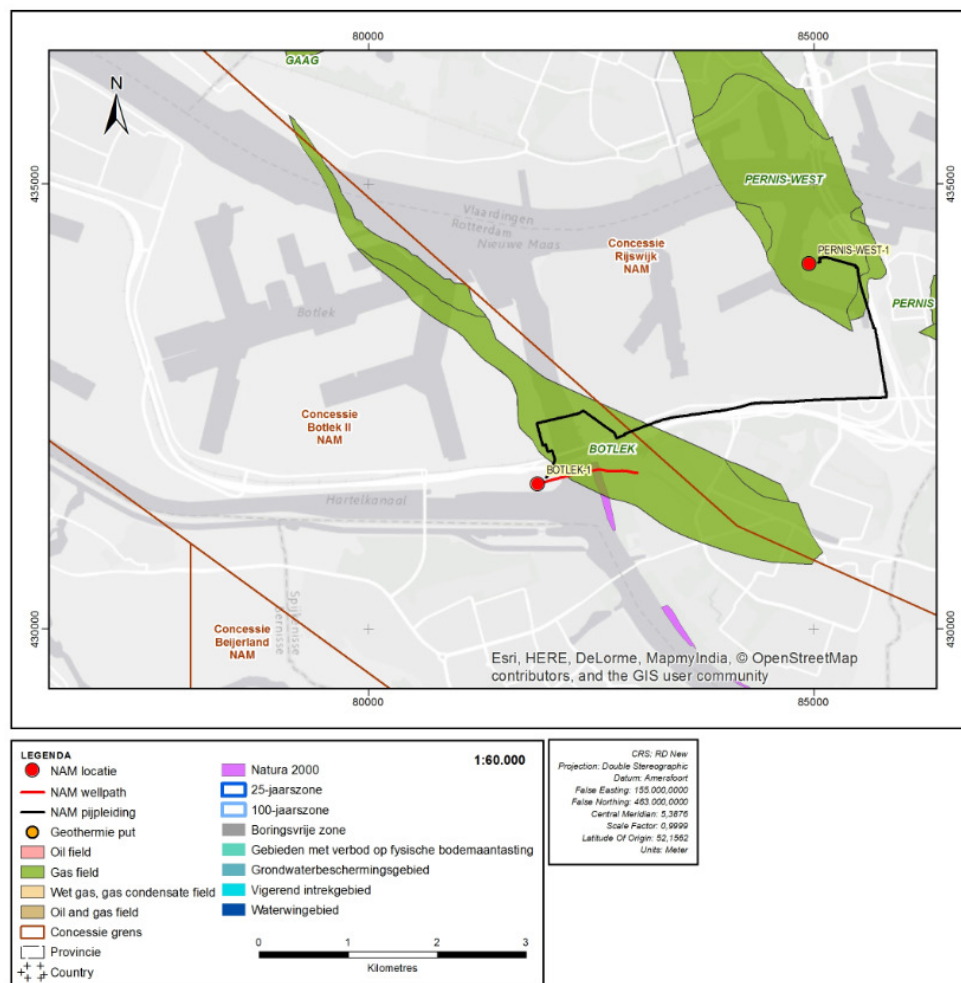
Eventuele toekomstige activiteiten op de locatie (bijvoorbeeld verdere compressie) of in het reservoir (bijvoorbeeld activiteiten gerelateerd aan putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen. Een klein onderdeel van het winningsplan wordt apart toegezonden aan het Ministerie van Economische Zaken. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie over de verwachte productie- en investeringskosten. Omdat openbaarmaking de concurrentie-positie van NAM in gevaar zou kunnen brengen is dit onderdeel niet openbaar.

3 Plaats van winning

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

Het Botlek gasvoorkomen wordt vanaf de Botlek locatie door één put geproduceerd, put BTL-1. Het gasvoorkomen ligt in de provincie Zuid-Holland en gemeente Rotterdam. In Figuur 3-1 is een topografische kaart, met de locatie van het Botlek voorkomen en omringende velden, de putten, de oppervlakte locaties en pijpleidingen weergegeven. In Figuur 3-1 staan naast de voorkomens ook de waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden, beschermde natuurgebieden (inclusief Natura 2000 locaties) en eventueel bestaande geothermieputten aangegeven.

Het nabijgelegen Pernis-West voorkomen is via een put op de locatie Pernis-West en een pijpleiding verbonden met de Botlek locatie. Naast de BTL-1 put van waaruit het Botlek voorkomen produceert is er op deze locatie ook nog een observatie-put BTL-OBS tot een diepte van 450m geboord om compactie in de ondiepe ondergrond te monitoren.



Figuur 3-1: Topografische kaart met locaties, voorkomens, putten en pijpleidingen

Een luchtfoto van de Botlek locatie en behandelingsinstallatie volgt hieronder:

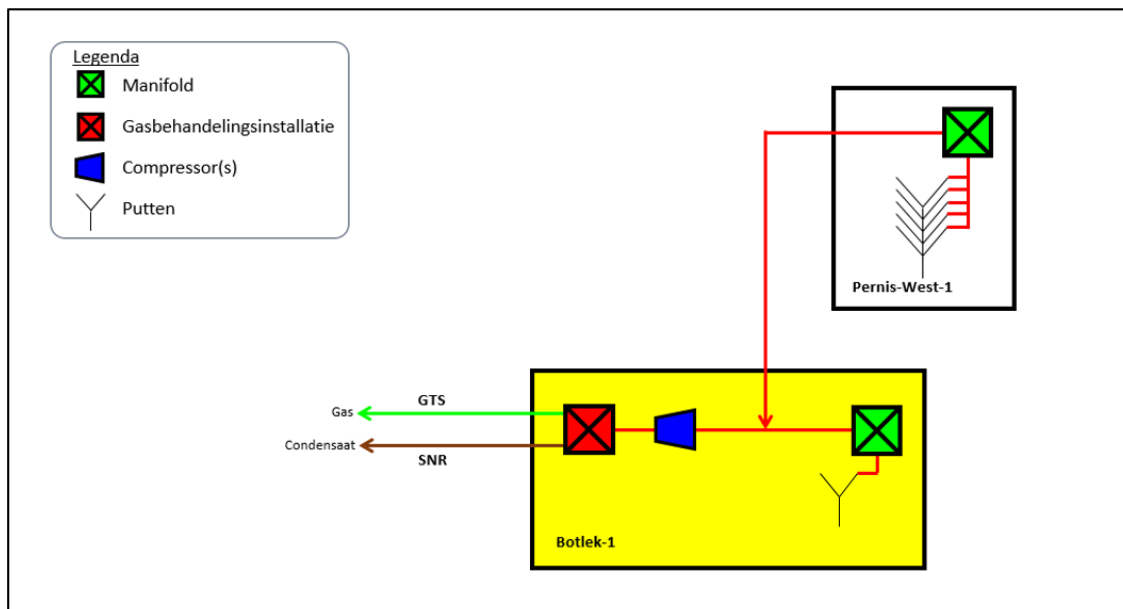


Figuur 3-2: Luchtfoto van de Botlek locatie

3.2 Schematische weergave gasbehandeling en afvoer van het gas

Het gas uit het Botlek voorkomen wordt geproduceerd via de BTL-1 productie put op de Botlek-1 locatie. De gasstroom wordt samengevoegd met de gasstroom van de Pernis-West-1 locatie. Na de gasstromen te comprimeren, wordt deze in de behandelingsinstallatie van Botlek op specificatie gebracht, alvorens af te leveren aan GTS, Gasunie Transport Services B.V., eigenaar en beheerder van het landelijk gastransportnet (zie Figuur 3-3).

Het gestabiliseerde condensaat wordt gepompt naar een verderop gelegen tankterminal van Shell Nederland Raffinaderij B.V. (SNR). Het gestabiliseerde formatiewater wordt middels tankwagenverlading afgevoerd naar een verwerkingsinstallatie.



Figuur 3-3: Schematische weergave gasbehandeling en afvoer

4 Boringen

4.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put

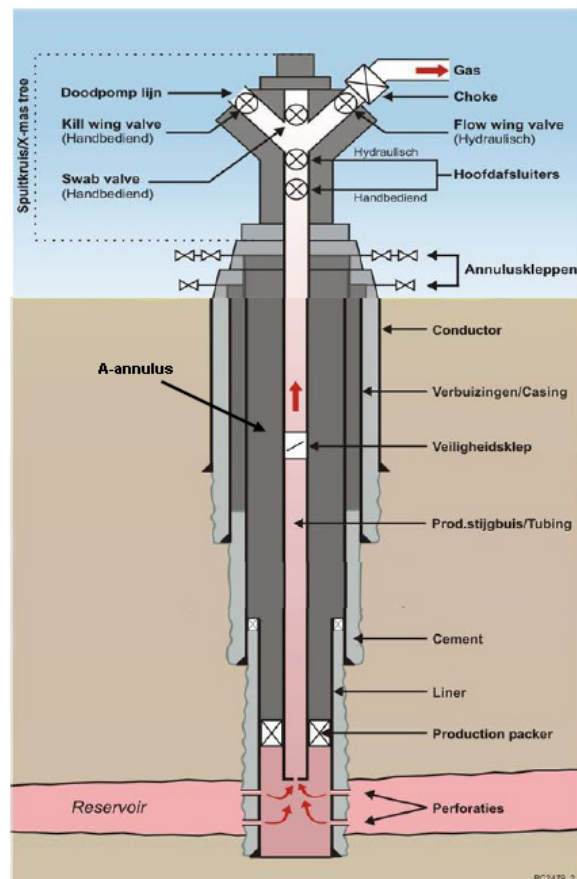
Figuur 4-1 geeft een schematische weergave van een gasproductie-put. Hieronder volgt een korte beschrijving van het boren van een put en de belangrijkste onderdelen.

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

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

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

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



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

4.2 Overzicht boring(en) in voorkomen(s)

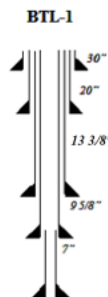
In Tabel 4-1 is de boring in het Botlek voorkomen weergegeven. Momenteel worden geen extra boringen in het Botlek voorkomen voorzien.

Tabel 4-1: Boring in het Botlek voorkomen.

Voorkomen	NAM Locatie	Putnaam	Formatie	Putvorm	Putstatus
Botlek	Botlek 1	BTL-1	Bunter	Gedevieerd	Producterend

4.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en)

Hieronder in Figuur 4-2 is de putverbuizing van BTL-1 weergegeven. De completering van de put bestaat uit perforaties door de 4½" gecementeerde productiebuis, die de formatie in verbinding stelt met de productie-stijgbuis. Via de productie-stijgbuis worden de koolwaterstoffen naar het oppervlak geproduceerd.



BTL-1					
Strings					
Wellbore Name	NOM.OD (inches)	Type	Strings Top Depth TVNAP (m)		Strings Bottom Depth TVNAP (m)
		Put			
BTL- 1	30.000	Conductor	-2		53
BTL- 1	20.000	Surface casing	-2		583
BTL- 1	13.375	Intermediate casing	-2		1737
BTL- 1	9.625	Intermediate casing	-3		2394
BTL- 1	7.000	Production liner	2352		3015
		Productie-stijgbuis			
BTL- 1	4.000	Packer with tail	2459		2465
BTL- 1	4.000	Packer with tail	2587		2593
BTL- 1	4.500	Completion String	-5		2342
BTL- 1	4.000	Packer with tail	2341		2351

Figuur 4-2: De BTL-1 put heeft een totale diepte van 3015 mTVNAP en is tussen 2423 mTVNAP en 2622 mTVNAP door perforaties in de verbuizing verbonden met het gashoudende Bunter reservoir.

4.4 Putstimulatie

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

Daarnaast kan het voorkomen dat er nieuwe perforaties gemaakt worden om een iets groter deel van de formatie met de put in communicatie brengen. Deze activiteit duurt ongeveer een dag of twee, en wordt uitgevoerd door een kleine onderhoudsploeg (er is geen boortoren nodig). Tijdens het leven van de put kan het nodig zijn de productie-stijgbuis te vervangen. Tenslotte zullen er gedurende de levensduur van een put diverse andere onderhoudshandelingen plaatsvinden aan verbuizingen, kleppen, etc. Alle operationele handelingen worden uitgevoerd overeenkomstig de daarvoor geldende regelgeving.

Door de goede Bunter reservoir eigenschappen wordt er geen hydraulische stimulatie van het Botlek reservoir voorzien.

5 Ondergrond

5.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten

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

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

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

Uit deze boorgatmetingen worden de eigenschappen berekend van het gesteente rond de boorgaten. De eigenschappen van de gesteenten verder weg van de boorgaten worden verkregen door correlatie tussen de verschillende boorgaten, met behulp van een geologisch model van de ondergrond. Inherent hieraan zijn onzekerheden, omdat de eigenschappen van de gesteenten niet overal hetzelfde zijn, en metingen op een klein aantal locaties over een heel veld geëxtrapoleerd moeten worden.

Het gevolg van deze omstandigheden is dat er onzekerheden bestaan over de diverse aspecten van het voorkomen, zoals de hoeveelheid gas, de mogelijke productiesnelheid, het verloop daarvan in de tijd, maar ook over de uiteindelijke bodemdaling. Dat leidt ertoe dat voorspellingen aangaande deze zaken van onzekerheidsmarges voorzien zullen zijn.

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

Hieronder zullen de geologische formaties uiteengezet worden, zowel die waarin het voorkomen zich bevinden, als de bovenliggende formaties. De relevante gesteentelagen (geologische formaties en members) zijn weergegeven langs de geologische tijdschaal in Figuur 5-1. Voor een volledige beschrijving met nadere uitwerking van gebruikte begrippen wordt verwezen naar Wong *et al.* (2007) (*Geology of the Netherlands, (eds), Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007 / Amsterdam University Press, 2007*).

Tijdens de geologische geschiedenis (enkele honderden miljoenen jaren) worden lagen die organische bestanddelen bevatten soms diep begraven. Dat kan leiden tot het genereren van gas of olie. Het gas wat daarna vanuit die lagen naar boven stroomt ('migreert') komt terecht in gesteente wat het reservoir vormt en welke is afgesloten door een afdekkende laag.

De gesteentelagen in de ondergrond zijn in het algemeen over grote afstanden aanwezig. Door bewegingen van aardplaten en botsingen tussen aardplaten gedurende de geologische geschiedenis zijn er golven ontstaan in de lagen. Omdat gesteente niet zo buigzaam is leidt dit tot breuken. Het resultaat is dat het gesteente uit enigszins schuin-liggende ('tilted') breukblokken bestaat.

Ouderdom	Groep			Formatie	Member	Afkorting		
Tertiair	North Sea (NS)			Upper		NS		
				Mid	Rupel	NM		
				Lower	Asse Clay	NLFFB	Impermeable	
					Brussels Sand	NLFFS		
					Ieper Clay	NLFFY	Impermeable	
					Basal Tuffite	NLFFT		
Landen Clay	NLLFC	Impermeable						
Boven Krijt	Chalk (CK)			Ommelanden		CK		
				Texel	Plenus Marl	CKTXP		
						CKTXM		
Onder Krijt	Rijnland (KN)			Holland	Upper Holland Marl	KNGLU	Impermeable	
					Middel Holland Claystone	KNGLM	Impermeable	
					Holland Greensand	KNGLG	Reservoir	
					Lower Holland Marl	KNGLL	Impermeable	
				Vlieland	De Lier Sandstone	KNNSL	Reservoir	
					Main Vlieland Claystone	KNNCM	Impermeable	
					Rijswijk Sandstone	KNNSR	Reservoir	
Jura	Schieland			Delftland (DF)		SLD		
	Altena (AT)			Werkendam		ATWD		
				Posidonia Shale		ATPO	Oil Source	
				Aalburg Shale		ATAL	Impermeable	
				Sleen Shale		ATRT	Impermeable	
Trias	Upper Trias (RN)	BUNTER		UPPER	Keuper		RNKP	Impermeable
					Muschelkalk		RNMU	Impermeable
	Lower Trias (RB)			MIDDEL	Rot	Rot Fringe Sst	RNROF	Reservoir
					Solling	S. Claystone	RNSOC	
					Hardeggen		RBMH	Reservoir
					Detfurth	D. Claystone	RBMDL	
						Lower D. Sandstone	RBMDL	Reservoir
					Volpriehausen	V. Clay-Siltstone	RBMVC	
						V. Sandstone	RBMVL	Reservoir
LOWER	Lower Buntsandstein		RBSH					
	Perm	Rotliegend (RO)			Slochteren		RO	
Carboon	Limburg (DC)					DC	Gas Source	

Figuur 5-1: Geologische tijdschaal met bijbehorende geologische members en hun afkortingen. Enkele van deze gesteentelagen in het Trias zijn reservoirgesteente voor aardgas en zijn afgedekt met een niet-doorlatende laag (zie rechter kolom). In de praktijk wordt meestal gesproken over Upper Bunter en Middel Bunter reservoir in plaats van de specifieke geologische member, waar eigenlijk naar gerefereerd wordt.

Reservoir Formaties

Bunter Groep (Trias, licht Roze)

De Bunter groep is het gashoudend reservoir voor het Botlek voorkomen. De Bunter heeft zich ontwikkeld tijdens het Trias tijdperk en bestaat in deze voorkomens uit afwisselende lagen van zandsteen en kleisteen, met soms wat laagjes carbonaten. De Bunter kan worden opgedeeld in een

Lower, Middel en Upper Bunter, binnen welke individuele Formaties & Members bestaan. Voor het Botlek voorkomen is alleen de Upper Bunter gashoudend (zie Figuur 5-1).

Bron Koolwaterstoffen:

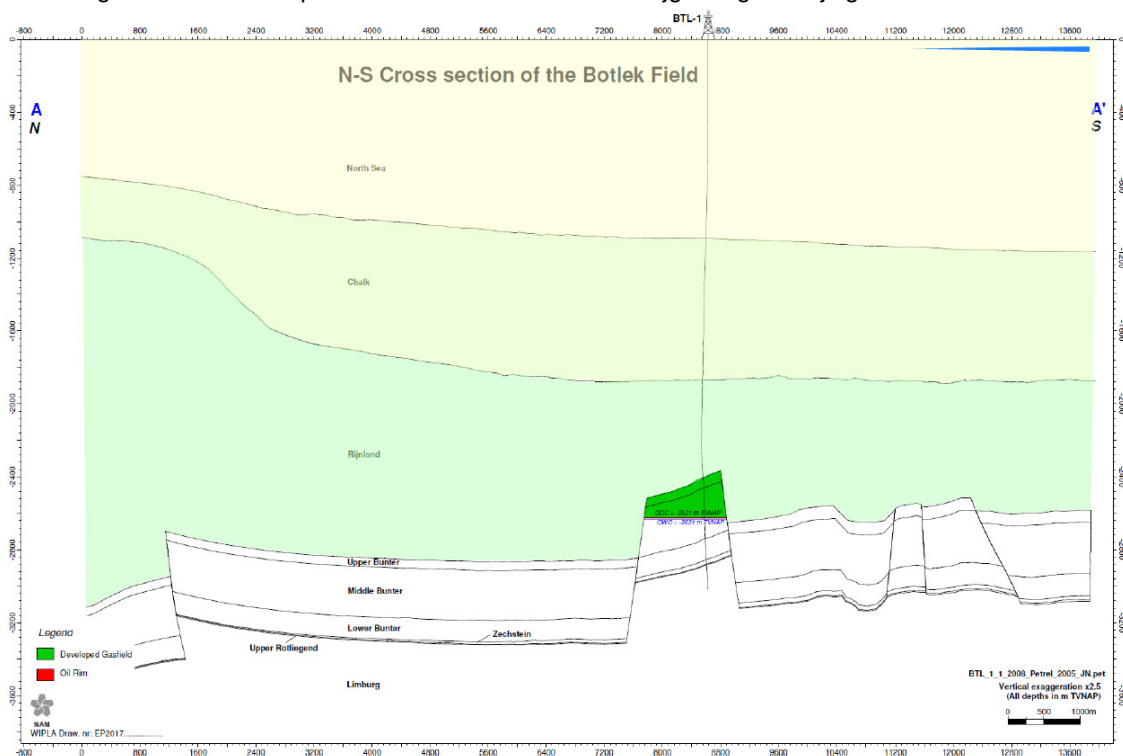
Het gas in de Bunter voorkomens is gevormd in de koollagen van het Carboon. Omdat dit diep is begraven, onder voldoende druk en temperatuur, zijn deze organische elementen gas gaan genereren. Omdat gas lichter is dan water, is dit gas in verloop van tijd omhoog gemigreerd langs breuken, door verticaal permeabele lagen en natuurlijke fractures naar de bovenliggende zandsteenlagen van Trias ouderdom met goede reservoir eigenschappen (Bunter reservoir). Het gas zal, omdat het lichter dan water is, zich verzamelen in de hoogste plaatsen; boringen zullen dan ook op zulke plaatsen gericht zijn.

De olie in het Botlek voorkomen is afkomstig uit de Posidonia kleilagen van Jura ouderdom, welke door breuken lateraal naast de Bunter is komen te liggen (*Juxtaposition*). Deze koolwaterstoffen zijn lateraal gemigreerd door de breuken naar het reservoir en vormen een dunne olie 'rim'. Deze olie wordt niet geproduceerd.

Structuur

Het Botlek voorkomen is gevormd door breukstructuren. Het reservoir is in noord-, zuid- en oost-richting begrensd door breuken en dipt richting het noordwesten onder het GWC. Het reservoir wordt afgesloten door bovenliggende kleilagen van Trias en Jura ouderdom.

Figuur 5-2 laat ter overzicht van de structurele situatie van de ondergrond een dwarsdoorsnede van de ondergrond zien. De dieptekaart van het voorkomen is bijgevoegd in Bijlage C.



Figuur 5-2: Geologische Noord-Zuid dwarsdoorsnede vanaf het maaiveld tot aan het Bunter voorkomen. De bovenliggende lagen zijn weergegeven op Groep niveau. Aardgas houdend gesteente is aangeduid in donkergroen. Ook is rechtsboven met een blauwe wig de typische diepte voor waterwinning weergegeven (tot ~50m).

Reservoireigenschappen

In Tabel 5-1 zijn de gemiddelde gesteente-eigenschappen van het Bunter reservoir weergegeven. Hierbij moet vermeld worden dat deze eigenschappen een significante onzekerheid met zich meebrengen, gezien de redenen zoals uiteengezet in sectie 5.1.

Het Bunter reservoir is in Botlek wat betreft doorlatendheid erg goed ontwikkeld. Om deze reden is het verwachte winningspercentage hoog.

Tabel 5-1: Gemiddelde fractie van net reservoir in de formatie (NtG), gemiddelde porositeit en permeabiliteit van dat net zand in het voorkomen

Voorkomen	Producterende Formatie	Ave NtG (%)	Ave Por %	Ave Perm (mD)
Botlek	Upper Bunter	0.96	0.13	172

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de Bunter formatie, die hierboven besproken is, bevindt zich nog ongeveer 1900 m gesteente. Dat bestaat uit de volgende formaties van boven naar beneden (zie ook Figuur 5-1):

Tertiair

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

Krijt

- Ommelanden: Krijtsteen
- Texel: Krijtsteen
- Holland: Kleilagen en Mergel. Impermeabel. Holland Greensand reservoir.
- Vlieland: Klei. Impermeabel. De Lier zandsteen reservoir.

Jura

- Delftland: Silt & Klei
- Werkendam: Silt & Klei
- Posidonia: Klei. Impermeabel. Bron voor olie.
- Aalburg: Klei. Impermeabel.
- Sleen: Klei. Impermeabel.

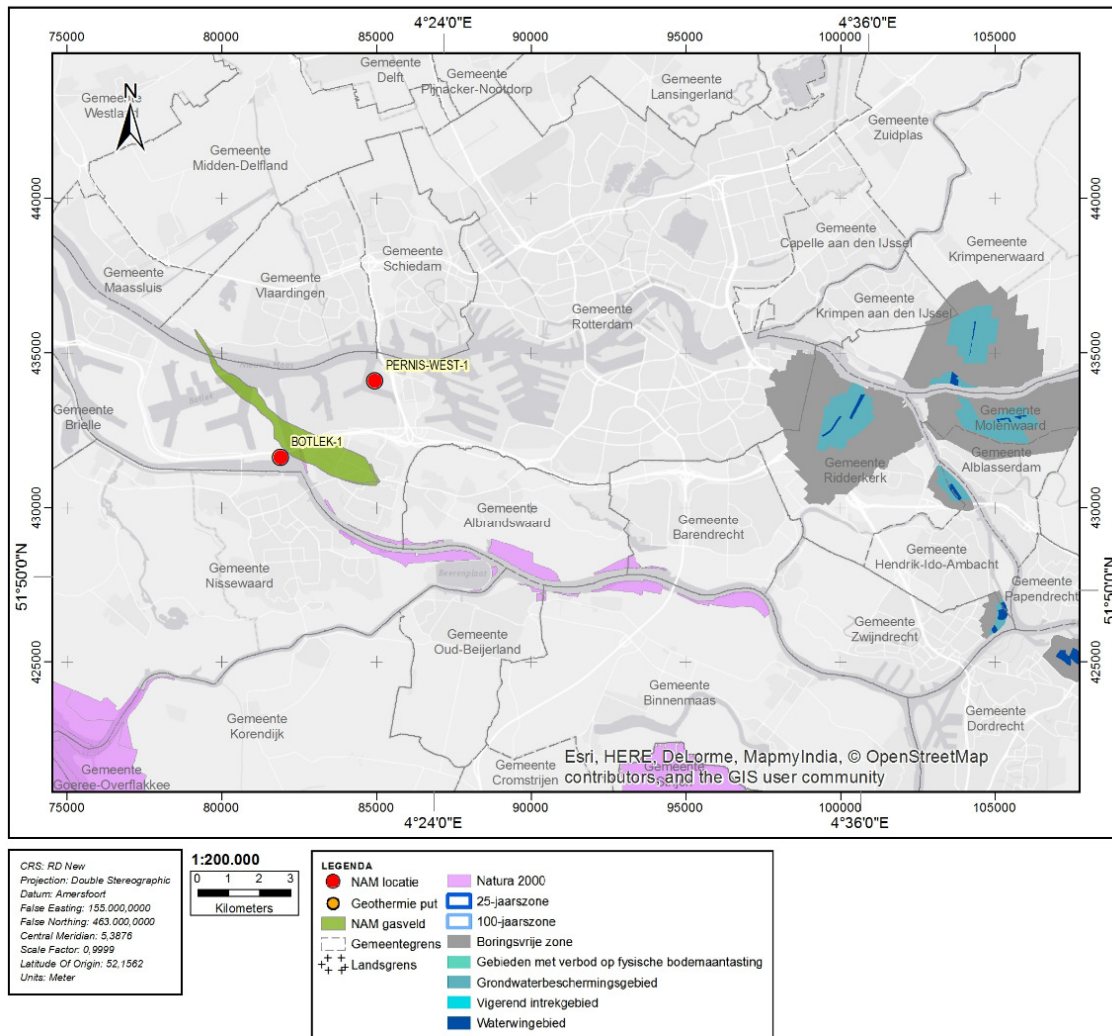
Trias

- Keuper: Klei. Impermeabel
- Muschelkalk: Klei en kalksteen. Impermeabel

Voor het Botlek voorkomen geldt dus dat deze op grote diepte ligt en dat zich een groot aantal impermeabele en continue lagen tussen het voorkomen en het oppervlak bevinden.

5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Waterwinning vindt plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee formatie, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat tot zoutwater. Deze grens ligt meestal op ongeveer 20 tot 150m diepte. Zoutwater is aanwezig in de ondergrond tot aan de basis van een sedimentair bassin (>5km in Nederland), en vaak ook verder. Het dichtstbijzijnde waterwingebied ligt op ongeveer 18km van de Botlek productie locatie (zie Figuur 5-3). Door de grote afstand is er geen interactie tussen het gasvoorkomen en het waterwingebied.



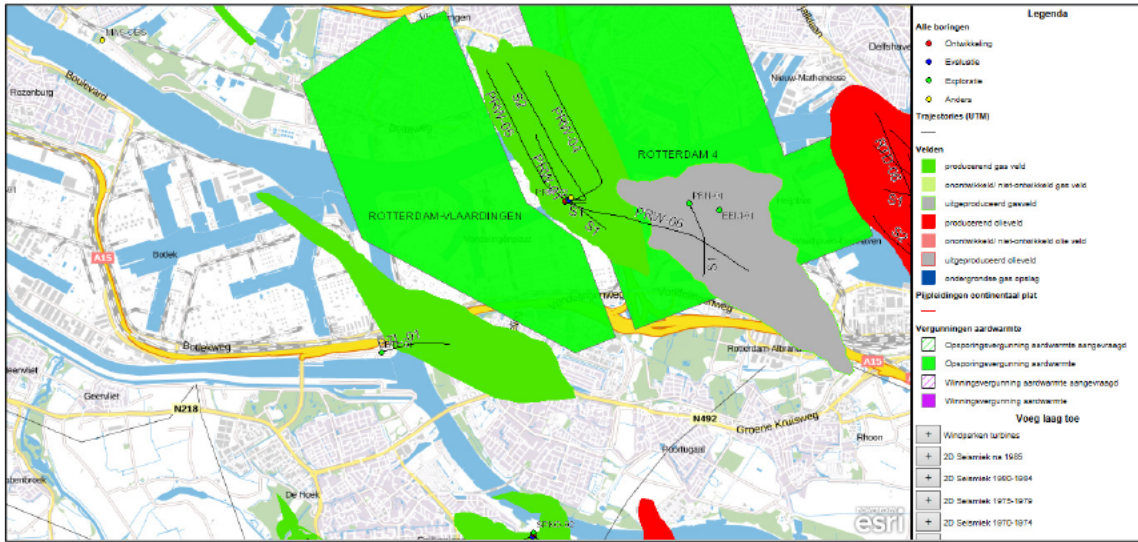
Figuur 5-3: Topografische kaart met de locatie van het Botlek voorkomen, de put, de oppervlaktelocatie, de waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden en de beschermde natuurgebieden (inclusief Natura 2000).

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

Aardwarmte maakt gebruik van energie uit de kern van de aarde en moet heel diep gewonnen worden (> ~2km, afhankelijk van de locatie).

Voor de Botlek winningslocatie en voorkomen geldt nog geen 'Opsporingsvergunning aardwarmte'. Dit is wel het geval in het gebied ten noordoosten van het Botlek voorkomen (Figuur 5-4). Er zijn geen geothermie putten, noch plannen voorzien voor aardwarmte en geothermie projecten in het Botlek voorkomen of vanaf de Botlek-1 locatie. SodM is toezichthouder op zowel gaswinning als geothermie, waardoor eventuele interactie voorkomen zal worden.

Zoutwinning, gasopslag of ander gebruik van de diepe ondergrond is niet voorzien in dit gebied.



Figuur 5-4: Het Botlek voorkomen en Botlek-1 locatie ligt buiten de gebieden met aardwarmte vergunningen.

6 Ontwikkelingsvooruitzichten

6.1 Inleiding

Het Botlek voorkomen ligt in het zuidelijk deel van de Rijswijk winningsvergunning en in het noordelijk deel van de Botlek winningsvergunning. Het Botlek gasvoorkomen produceert via de Botlek behandelingsinstallatie. Het voorkomen produceert sinds 1992. De productievooruitzichten zijn geactualiseerd als gevolg van installatie van een tweede-traps compressie. Voor het Botlek voorkomen zijn er naast de productie uit de bestaande put op dit moment geen verdere ontwikkelingsplannen. Een extra boring of een derde-traps compressie kan echter niet uitgesloten worden, maar de productie als gevolg van deze extra activiteiten zal naar verwachting binnen de bandbreedte van de productievoorspelling van dit huidige winningsplan vallen. Indien in de toekomst besloten wordt om dit soort activiteiten uit te voeren, zullen de gangbare vergunningprocedures worden gevolgd.

6.2 Historische Productie

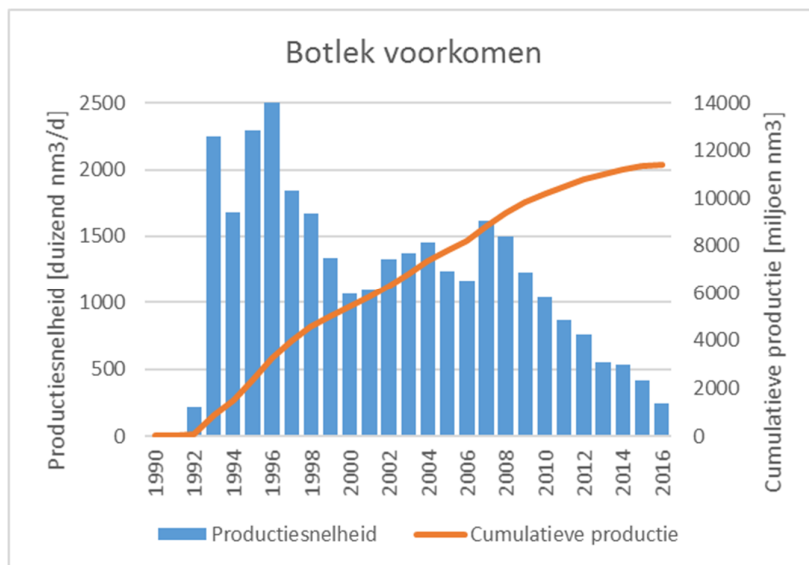
Het navolgend overzicht geeft aan sinds wanneer productie plaatsvindt uit het Botlek veld:

Voorkomen	NAM Locatie	Jaar productiestart
Botlek	Botlek	1992

De historische productie per jaar zijn te vinden in het overzicht hieronder. Voor de productie tot en met 2002 is alleen de totale hoeveelheid gegeven.

Productie [in miljoen Nm ³]	Historische productie t/m 2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Historische productie t/m 2016
Botlek	6321	501	533	452	426	589	549	449	378	315	277	203	196	153	90	11432

Figuur 6-1 geeft de historische productiesnelheid (staafdiagram) en cumulatieve productie (lijn) grafisch weer. Uit de grafiek valt af te lezen dat de productiesnelheid in de jaren na start van productie (meer dan 2 miljoen Nm³/d) aanzienlijk hoger was dan in de laatste jaren (nog maar 200 tot 300 duizend Nm³/d in 2016), voorafgaand aan de start van de tweede-traps compressie. Deze compressie kwam in januari 2017 in bedrijf.



Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie voor het Botlek voorkomen

6.3 Onzekerheden

De aanwezige tweede-traps compressie op de Botlek locatie brengt het gas vanaf de putmond op een druk die benodigd is voor het behandelingsproces. Als gevolg van de steeds verder dalende druk in het reservoir kan het 'werkgebied' waarin de compressoren kunnen functioneren worden aangepast door het plaatsen van nog een extra compressiestap. Op dit moment is nog moeilijk te voorzien of, en wanneer, een derde-traps compressie nodig is.

Naast onzekerheid over toekomstige compressieprojecten, is de onzekerheid van toekomstige productie afhankelijk van de volgende factoren:

- De gasproductie-snelheid van een eventuele nieuwe put.
- De hoeveelheid gas die nog verbonden is met de bestaande put.
- De mate waarin de aanpalende breukblokken ook gas-gevuld zijn.
- De mate waarin waterproductie de gasproductie zal hinderen of uiteindelijk stoppen.

Deze onzekerheden kunnen afnemen door monitoring van reservoir gedrag.

6.4 Winningsstrategie & reservoir management

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

Voor het Botlek voorkomen zijn nog geen extra boringen voorzien die de winning van het veld kunnen verbeteren. Eventuele verdere installatie van compressiecapaciteit of extra putten zal de gangbare vergunningsprocedures volgen.

In navolgend overzicht wordt de verwachte totale gaswinning gegeven. De "statische GIIP" geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. De "Mid Case" en "High Case" verwijzen naar de voorspellingen zoals beschreven in sectie 6.5. Het "winningspercentage" is gedefinieerd als het percentage van het oorspronkelijke aanwezige gas dat geproduceerd wordt.

Voorkomen	Statische GIIP [miljoen Nm ³]	Totale winning tot eind 2016 [miljoen Nm ³]	Verwachte totale winning [Mid case] [miljoen Nm ³]	Verwachte totale winning [High case] [miljoen Nm ³]	Verwacht winnings- percentage [Mid case]	Verwacht winnings- percentage [High case]
Botlek	13088	11432	12239	12963	94%	99%

De reservoirprestaties worden gemeten door de volgende methodes:

- Voortdurende drukmeting in de 'X-mas tree' (metingen worden van afstand uitgelezen);
- Water-, condensaat- en gasproductiemetingen;
- Regelmatige drukmetingen bij het reservoir;
- Saturatie-logs om veranderingen in het gas-water contact rond de put te monitoren.

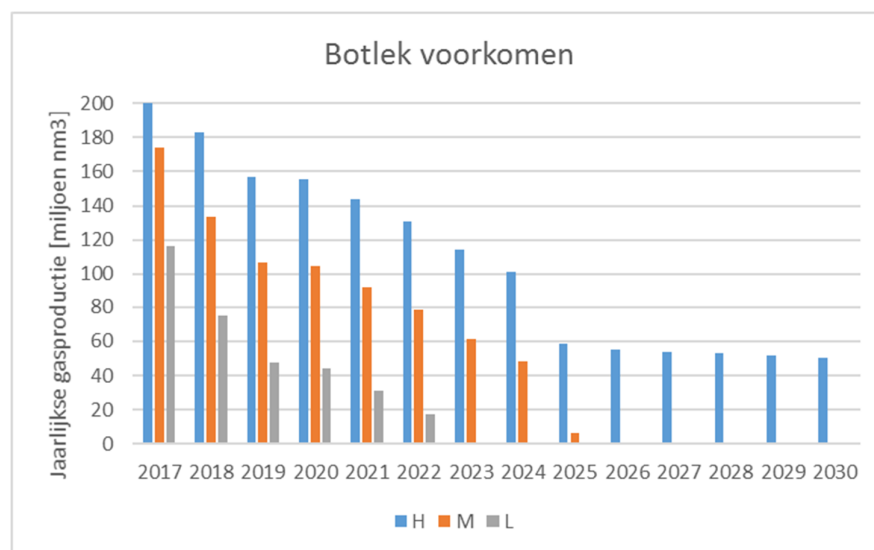
Met deze monitoring wordt de hoeveelheid aanwezig gas, de mogelijkheid van compartimentalisatie in het reservoir en de invloed van mogelijk aanwezige aquifers geëvalueerd.

6.5 Winningsnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)

Voor het Botlek voorkomen zijn er drie te verwachten productieprofielen gegeven (Laag, Midden, Hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Tabel 6-1 en Figuur 6-2 geven de verwachte productie uit het Botlek voorkomen. Opgemerkt dient te worden dat de gegeven getallen jaargemiddelden zijn en op dag-basis kunnen andere waarden voorkomen.

Tabel 6-1: Verwachte jaarlijkse productie

Miljoen Nm ³	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
H	222	183	157	156	144	131	115	101	59	55	54	53	52	50
M	174	134	107	105	92	78	62	48	7	-	-	-	-	-
L	116	75	47	44	31	17	1	-	-	-	-	-	-	-



Figuur 6-2: Verwachte jaarlijkse productie.

6.6 Duur van de winning

Tabel 6-1 en Figuur 6-2 laten zien tot wanneer de winning voortduurt voor de verschillende productiescenarios. Het laatste jaar van productie voor het gehele winningsplan in het High-case productiescenario is 2030.

6.7 Jaarlijks eigegebruik bij winning

De geschatte hoeveelheid gas voor eigen gebruik is ongeveer 0,225 mln Nm³ per jaar voor de Botlek verwerkingsinstallatie (waaronder gebruik op Pernis-West satellielocatie).

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

In beginsel wordt tijdens normale productie geen restgas afgefakkeld of afgeblazen. Het restgas wordt door middel van een compressor teruggevoerd in de installatie.

6.9 Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

Samenstelling van het gas:

Voorkomen	BOTLEK
Init Condensate NGL Cont Exp	107.0
Condensate Density (kg/m ³)	783.0
GHV (MJ/Nm ³)	42.8
Wobbe (MJ/Nm ³)	54.1
C ₁ (mol%)	90.4
CO ₂ (mol%)	1.1
H ₂ S (mol%)	0
N ₂ (mol%)	0.4

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

Productiewater uit het Botlek voorkomen wordt per vrachtwagen vervoerd naar locatie Pernis-West. Op locatie Pernis-West wordt het water via een injectieput terug in de ondergrond op circa 2000 meter diepte gepompt. De waterinjectie op Pernis-West is vergund middels een Wabo vergunning met kenmerk DGETMEM/12060373 (gedateerd 01-06-2012). In deze vergunning is het voorschrift opgenomen dat NAM jaarlijks een rapportage dient op te stellen met daarin onder andere de hoeveelheden geïnjecteerd productiewater en injectiedrukken.

7 Bodemdaling

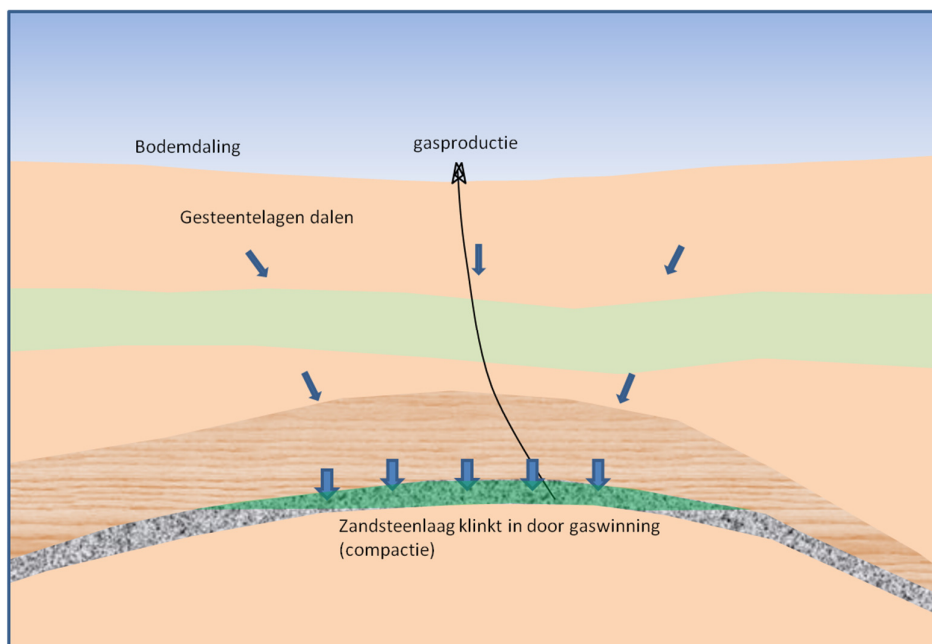
De bodemdalingsprognose laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven het Botlek voorkomen minder dan 2 cm bedraagt. De totale bodemdaling, vanaf start winning in 1992 tot einde van de productie in 2030 bedraagt naar verwachting minder dan 6 cm boven het Botlek voorkomen.

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 langzaam iets samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen. Figuur 7-1 illustreert dit proces. Deze zogenaamde compactie van het reservoir hangt af van verschillende factoren zoals de materiaaleigenschappen van het reservoirgesteente, de grootte van de drukdaling en de dikte van het depleterende gasveld. De mate waarin de compactie wordt omgezet in bodemdaling op maaiveld-niveau is onder meer afhankelijk van de diepte en omvang van het depleterende gasveld. Bij een zeer groot gasveld als Groningen zal de bodemdaling boven het centrum van het veld vrijwel gelijk zijn aan de ondergrondse compactie. Bij kleinere velden zal de maximale bodemdaling aan het aardoppervlak slechts een fractie van de compactie van het reservoirgesteente bedragen.

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

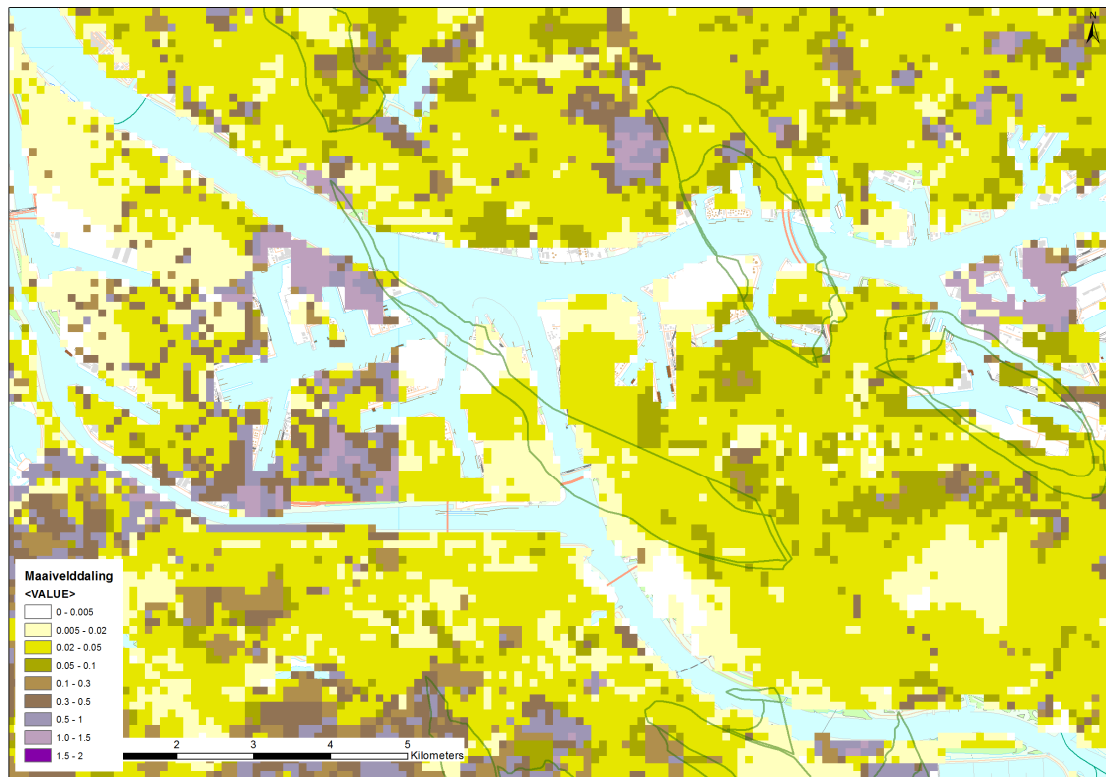


Figuur 7-1: Drukval in het reservoir kan resulteren in bodemdaling. (NB figuur niet op schaal).

Bodemdaling door natuurlijke processen

Naast de bodemdaling ten gevolge van gas- of oliewinning zijn er ook andere oorzaken die leiden tot bodemdaling, samengevat onder de term autonome bodemdaling. Dit kan natuurlijke bodemdaling zijn of bodemdaling door drainage van veen- en kleigebieden. Veenoxidatie en veen/klei inklinking zijn de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. De mate van autonome daling kan worden bepaald aan de hand van metingen en/of modelvoorspellingen. In deze modellen

wordt oxidatie en inklinking berekend waarbij gebruik wordt gemaakt van laboratoriumgegevens en het voorkomen van bepaalde grondsoorten in de ondiepe ondergrond. Tegelijkertijd worden deze modellen gevalideerd en gekalibreerd door bodemdalingsmetingen. Voorspellingen van autonome bodemdaling gaan uit van bepaalde grondwaterscenario's. Dit zijn aannames over het toekomstig waterpeilbeheer door de waterschappen. Figuur 7-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2000-2050 (Deltares en PBL¹, 2011, Hopman et al. 2013²). De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. Geconcludeerd wordt dat de autonome bodemdaling in dit gebied op basis van deze aannames enkele centimeters kan zijn tot lokaal 10 cm voor de periode 2000-2050.



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

7.2 Bodemdalingsmodel & historische bodemdaling

De bodemdaling wordt berekend met behulp van informatie van het gasveld, zoals dikte, drukdaling, grootte en de compressibiliteit of samendrukbaarheid van het gesteente. De compactie en bodemdaling volgen dan uit de methode die beschreven is door Geertsma en van Opstal³.

¹ Deltares en PBL, 2011, Deltascenario's Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012, Deltares rapport 1205747-000

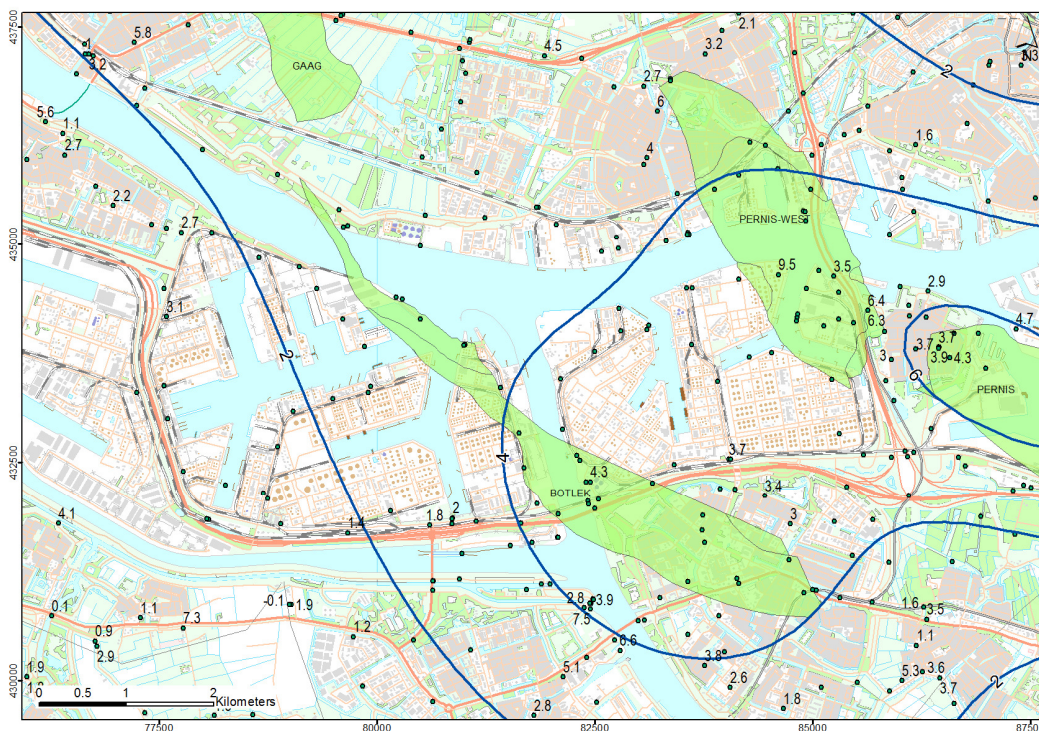
² Victor Hopman, Ger de Lange, Laura Vonhogen, Pauline Kruiver, Freek van Leijen, Raluca Ianoshi, Report on pilot service Rhine-Meuse Delta, Subcoast report D3.2.3, May 2013

³ Geertsma, J. and van Opstal, G. (1973). A Numerical Technique for Predicting Subsidence Above Compacting Reservoirs, Based on the Nucleus of Strain Concept. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouw. Gen., 28, pp. 63-78

De bodemdaling wordt in dit gebied sinds de nulmeting in 1989 om de 3 jaar gemeten. De metingen worden vergeleken met de gemodelleerde bodemdaling en indien nodig wordt het model aangepast aan deze metingen. De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2016. De gemeten daling is weergegeven naast de groene punten ("peilmerken") in het figuur. De reden dat er bij veel punten geen waarde staat is dat het punt in één van de jaren (1989 of 2016) niet gemeten is.

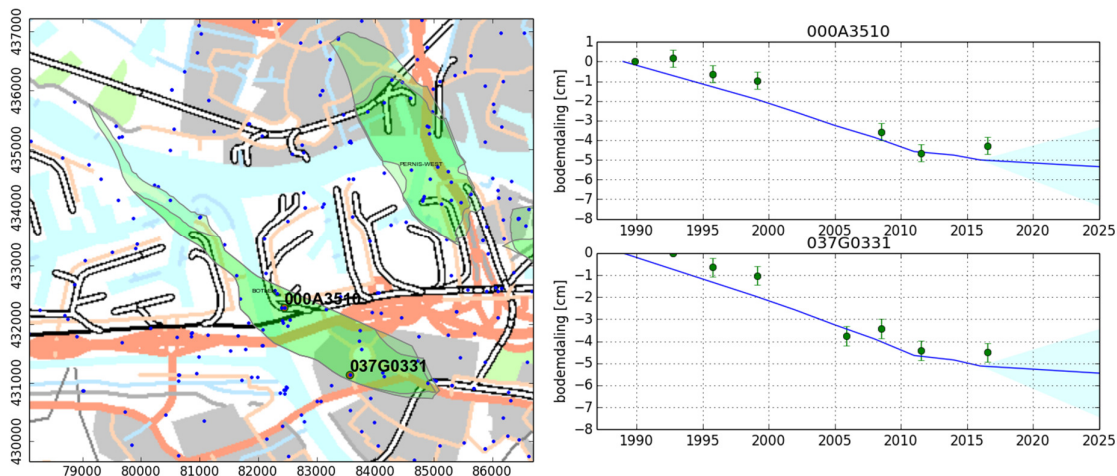
Opvallend in dit plaatje is dat hogere waarden voor sommige metingen worden omringd door punten met lagere waarden. Deze hogere waarden worden verklaard door de combinatie van autonome daling en bodemdaling als gevolg van gaswinning. De metingen met minder daling zijn daarom representatiever voor de bodemdaling door alleen gaswinning. Immers de bodemdaling veroorzaakt door twee effecten zal altijd meer zijn dan de bodemdaling veroorzaakt door één effect.

De gemeten bodemdaling door gaswinning boven het Botlek voorkomen is minder dan 6 cm (4,3 cm). De contourlijnen in Figuur 7-3 tonen de bodemdaling die door het model is gegenereerd. Hierbij wordt geconcludeerd dat het model aansluit bij de metingen die representatief zijn voor de bodemdaling door gaswinning (nogmaals, de minst dalende punten).



Figuur 7-3: In 2016 gemeten bodemdaling sinds de nulmeting in 1989 weergegeven op de peilmerken (groene punten). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling door gaswinning in cm.

Om inzicht te verkrijgen in de kwaliteit van het model ten opzichte van historische metingen zijn boven het Botlek voorkomen meetpunten geselecteerd waar meerdere keren in de tijd de bodemdaling is gemeten en die representatief zijn voor de bodemdaling door gaswinning (relatief minst dalende punten). Figuur 7-4 toont de resultaten voor deze meetpunten. Tevens laat dit figuur de nog te verwachten totale bodemdaling zien. Deze totale bodemdaling wordt veroorzaakt door productie uit het voorkomen zelf en de bodemdaling die wordt veroorzaakt door omliggende producerende voorkomens.

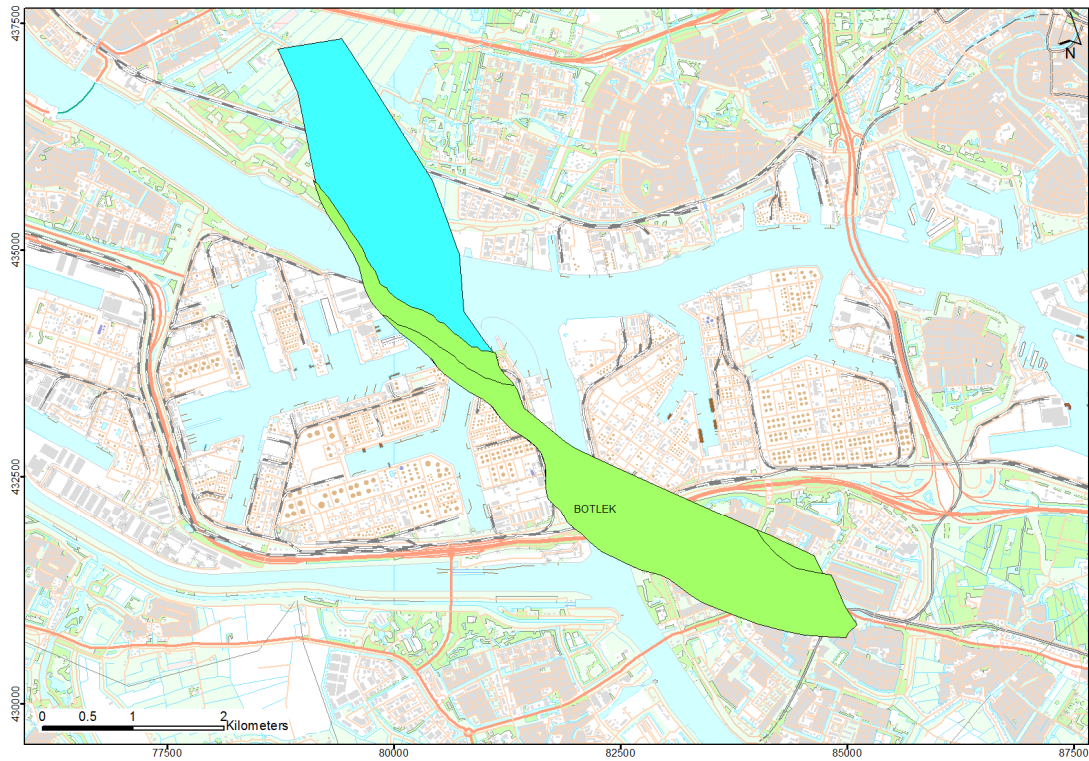


Figuur 7-4: Vergelijking van gemeten bodemdaling (groene punten in figuur rechts) en berekende bodemdaling (lijn) voor twee peilmerken boven het Botlek voorkomen. Hierbij zijn peilmerken gekozen met de minste autonome bodemdaling om het effect van autonome bodemdaling te minimaliseren. De meetonzekerheid in de metingen (gekozen als één standaarddeviatie) bedraagt 4 mm per meetpunt. De blauwe lijn toont de berekende bodemdaling op deze locatie, met de onzekerheid (licht blauwe gebied) op de voorspelde bodemdaling. De uiteindelijke onzekerheid voor de voorspelling is +/- 2cm.

7.3 Bodemdalingsvooruitzichten

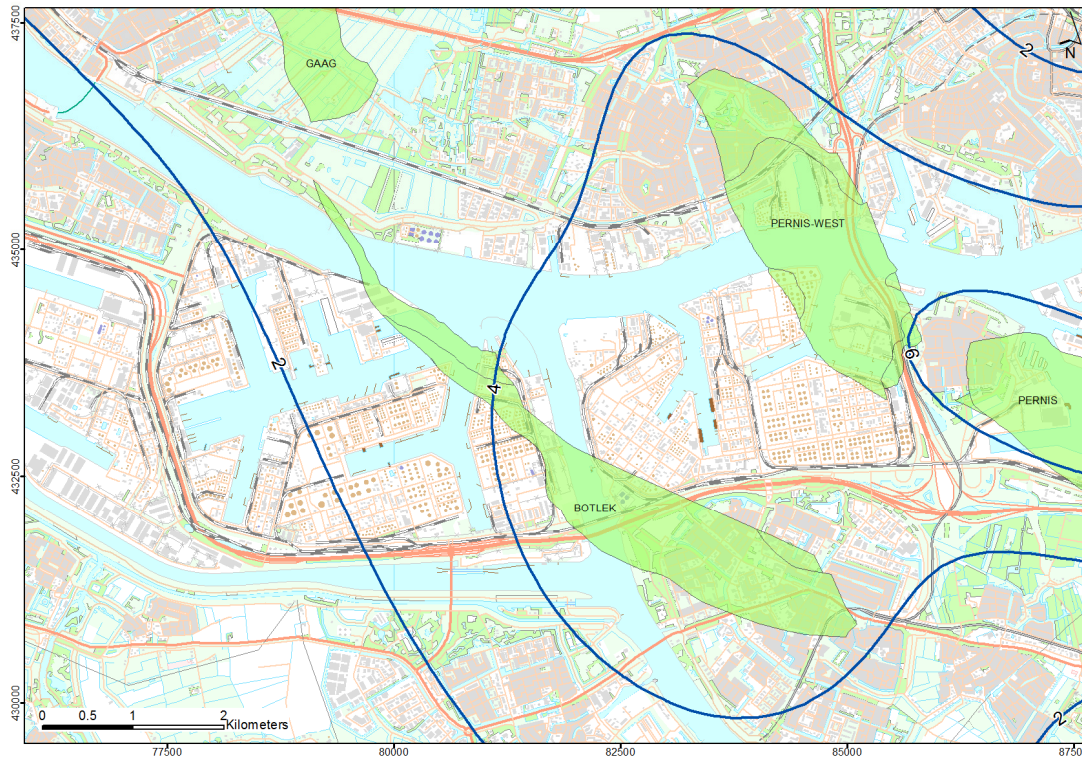
Met de beschikbare gegevens over de ondergrond en de productievoorspelling zoals beschreven in dit winningsplan is een prognose voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit het Botlek veld opgesteld. De toekomstige bodemdaling door gaswinning in dit gebied wordt weergegeven in Figuur 7-5. Hierbij is ook rekening gehouden met mogelijke drukdaling in ondergrondse watervoerende pakketten die aan de gasvelden grenzen. Aangenomen is dat de drukdaling in deze watervoerende pakketten de helft zal zijn van de maximale drukdaling van het gasveld. Er wordt geen noemenswaardige bodemdaling door gaswinning verwacht na beëindiging van productie.

De nog te verwachten bodemdaling door gaswinning is minder dan 2 cm aan het einde van de gasproductie. Aangezien de voorspelde daling kleiner is dan de onzekerheid van de berekening en het ook niet mogelijk is een dergelijke kleine daling met voldoende precisie te meten, zijn er geen contouren getoond.



Figuur 7-5: Te verwachten bodemdaling (2016 – 2030) veroorzaakt door de gasproductie uit het Botlek veld. De bodemdaling door gaswinning bedraagt minder dan 2 cm. Het gasvoerend gedeelte van het voorkomen is aangegeven in groen en het watervoerend gedeelte in blauw.

Figuur 7-6 toont de uiteindelijke totale bodemdaling door gaswinning na afloop van de productie beschreven in dit winningsplan. De totale bodemdaling blijft kleiner dan 6 cm.



Figuur 7-6: Voorspelling van de totale bodemdaling door gaswinning in 2030. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

7.4 Onzekerheid in verwachte bodemdaling

De te verwachten drukdaling in het Botlek veld is gering. Ook is de onzekerheid in deze toekomstige drukdaling gering. De onzekerheid in drukdaling is gecombineerd met onzekerheid in de waarde van de compressibiliteit, is gebruikt om de onzekerheid in de toekomstige bodemdaling te berekenen. Deze toekomstige bodemdaling is maximaal 2 cm in alle scenario's. Dit is verder uitgewerkt in bijlage A.

7.5 Monitoring van bodemdaling

De bodemdaling wordt gemeten volgens het meetplan voor alle Zuid-Holland gasvelden⁴. Geodetische technieken die voor de metingen gebruikt worden zijn waterpassen en InSAR (satelliet) metingen. Het meetplan wordt jaarlijks ter instemming aan SodM gestuurd. In het meetplan is opgenomen dat de nulmeting in 1989 is verricht en dat elke 3 jaar een herhalingsmeting wordt uitgevoerd. De meest recente meting is uitgevoerd in 2016 (zie Figuur 7-3). Resultaten van de metingen worden middels een meetregister aan het SodM verstrekt. Als de bodemdaling door gaswinning groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal NAM het winningsplan dienen aan te passen. Indien nodig zal productie in het aangepast winningsplan beperkt moeten worden.

⁴ NAM. 2016. Formulier actualisering meetplan Zuid-Holland 2017

7.6 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Die schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. Zoals in Figuur 7-5 is aangegeven, bedraagt de nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit het Botlek veld minder dan 2 cm over een periode van meer dan 10 jaar. Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is wordt geen directe schade aan gebouwen/bouwwerken, infrastructuur verwacht omdat de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is. Hierbij wordt verwezen naar “Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen; een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987”. Meer recente rapporten die mogelijke oorzaken van schade in het gebied rondom West-Groningen en Loppersum beschrijven bevestigen dit beeld.

Tevens is kans klein dat de bodemdaling gevolgen kan hebben voor het normale beheer en het onderhoud van waterkeringen en waterlopen. Bij een daling van minder dan 2 cm in gebieden met een kunstmatig peilbeheer is de mate van bodemdaling aanzienlijk kleiner dan de jaarlijkse schommelingen in de waterstand (verschil zomer- en winterpeil). De waterhuishouding in het gebied is in de loop van eeuwen tot stand gekomen en wordt tegenwoordig volledig kunstmatig geregeld. Waterpeilen zijn vastgelegd in peilbesluiten. Indien een relatieve stijging van het waterpeil ten opzichte van het maaiveld de geldende norm dreigt te overschrijden, kan dit worden tegengaan door aanpassingen in de waterafvoer (compartimentering, versnelde afvoer waterbezwaar). Het waterschap is daarbij verantwoordelijk voor het waterbeheer in het beheersgebied. In het geval dat dit beheer, als gevolg van de door de gaswinning veroorzaakte bodemdaling, toch te maken meerkosten met zich meebrengt die voor vergoeding in aanmerking komen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden. Met de betreffende waterschappen kunnen afspraken worden gemaakt in bilateraal verband. De beperkte bodemdaling zal geen effect hebben op de natuur of het milieu, zoals beschreven in hoofdstuk 9.

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

De nog te verwachten bodemdaling door de toekomstige gaswinning uit dit winningsplan is minder dan 2 cm over een periode van meer dan 10 jaar. Dit is een zeer geringe bodemdaling die binnen de onzekerheidsmarge valt van de metingen naar bodemdaling.

De toekomstige bodemdaling zal volgens het meetplan Zuid-Holland worden vergeleken met de tot dan toe gemeten bodemdaling. Gevolgen zullen door NAM besproken worden met het waterschap Hollandse Delta.

8 Bodemtrilling

De seismische risicoanalyse laat zien dat Botlek in categorie II valt. Hieronder wordt uiteengezet hoe deze categorisering tot stand is gekomen en wat dit betekent in termen van reëel seismisch risico.

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

Als gevolg van de drukdaling in het gasveld treden in het reservoirgesteente spanningsveranderingen op. Spanningsverandering op een ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. In sommige gevallen kan dit resulteren in een aardbeving. De kans op een aardbeving in een gasveld hangt onder meer af van de hoeveelheid breuken, de drukdaling en de grootte en dikte van het reservoir.

8.2 Historische bevingen in Botlek

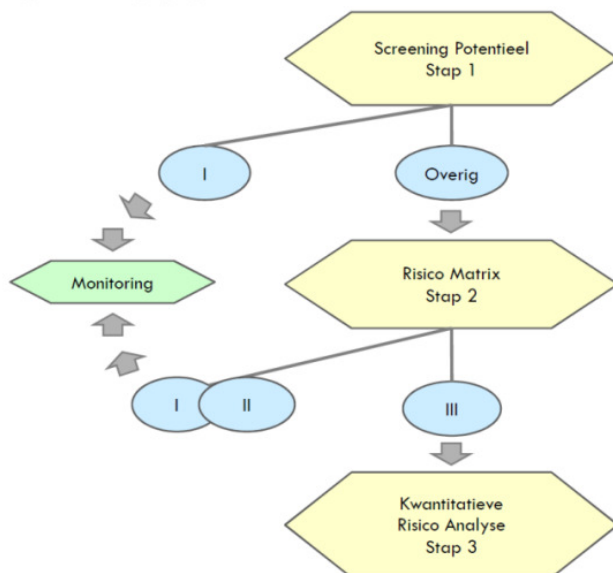
In Zuid-Holland hebben geen bevingen plaatsgevonden door gaswinning. Daarmee wordt geconstateerd dat de gasvelden in deze regio minder gevoelig zijn voor aardbevingen. SodM onderschrijft dat “in Zuid-Holland is echter de kans op aardbevingen zeer gering omdat ze in gebieden liggen met een stabiele ondergrond.”⁵

8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

Recent heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd⁶. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 8-1. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

- De kans op een beving door gaswinning, hoe klein dan ook;
- De theoretische “maximale bevingsmagnitude” (Mmax) als er een beving zou plaatsvinden.

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



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

⁵ <https://www.sodm.nl/documenten/rapporten/2017/07/13/staat-van-de-sector-geothermie>

⁶ methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016

Stap 1:

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

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

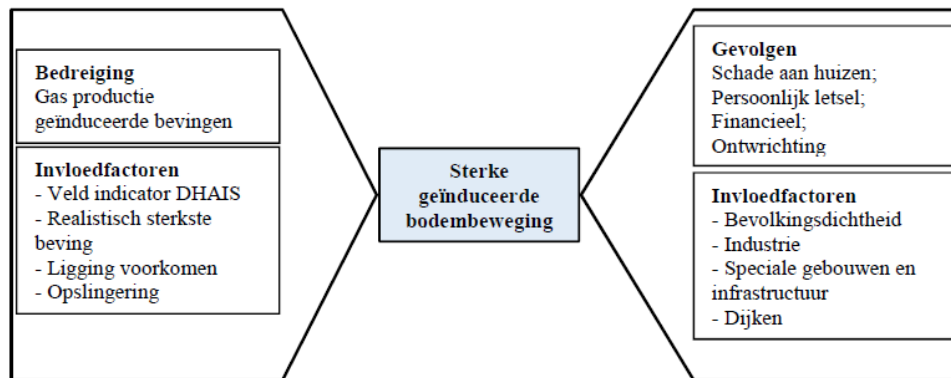
Voorkomens die niet aan deze criteria voldoen schuiven door naar stap 2.

Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die

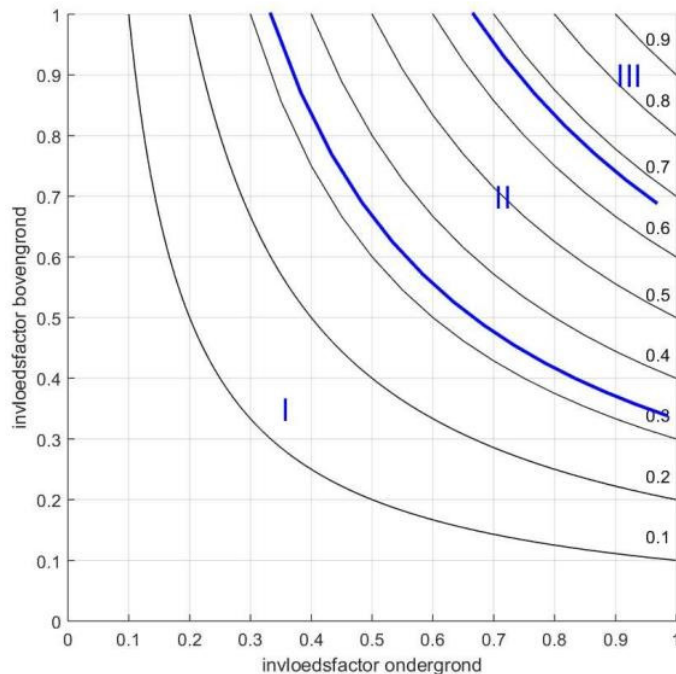
- seismisch actief zijn geweest
- óf een niet verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor M_{max} hoger uitvalt dan 2,5.

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



Figuur 8-2: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen (SodM, 2016).

In de risicomatrix-analyse worden de verschillende factoren zoveel mogelijk kwantitatief geanalyseerd en op basis van de uitkomst wordt per factor een score bepaald. De scores van de individuele factoren worden vervolgens opgeteld, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt verkregen. Deze scores worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor ondergrond c.q. bovengrond en in de risicomatrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie wordt bepaald (Figuur 8-3).



Figuur 8-3: De risicomatrix. De zwarte lijnen zijn lijnen van gelijk genormaliseerd risico. De verdeling in categorieën is gedaan op basis van 1/3 en 2/3 van het genormaliseerde risico. (SodM, 2016).

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

- Veld indicator DHAIS. Deze methode beschrijft hoe de kans op het mogelijk optreden van een beving in een voorkomen kan worden berekend aan de hand van ondergrondse kenmerken. Deze kans moet gezien worden als een indicatie van de kans op een beving⁷ gedurende de productietijd van het veld die bepaald is op basis van alle observaties van bevingen boven alle gasvelden in Nederland.
- Realistisch sterkste beving (Mmax). Voor een theoretische inschatting van de sterkste beving zijn twee verschillende benaderingen genomen:
 1. een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving
 2. een maat voor de mogelijke bevingsmagnitude als de langste breuk in het producerende veld in zijn geheel in één keer in beweging zou komen.

Methode [1] resulteert doorgaans in lagere waarden voor Mmax dan methode [2]. Dit kan erop wijzen dat de totale hoeveelheid beschikbare energie die tot een beving kan leiden waarschijnlijk niet voldoende is om de grootste breuken in een veld in één keer in beweging te brengen.
- Ligging van het voorkomen. In de SRA methodiek (SodM, 2016) wordt er een onderscheid gemaakt tussen velden ten noorden van de lijn Amsterdam-Arnhem en velden ten zuiden van deze lijn. Dit onderscheid is gemaakt op basis van observaties. Er is nog nooit een aardbeving door gaswinning waargenomen ten zuiden van de lijn Amsterdam-Arnhem.
- Opslingering; de ondiepe ondergrond kan een opslinging veroorzaken van de seismische golven en wordt daarom boven het veld gekarakteriseerd. Voor relatief slappe ondergrond (veen, klei) is dit effect groter dan voor relatief stevige ondergrond (zand).

⁷ De magnitude van een mogelijke beving ligt tussen de 1,5 en Mmax, waarbij de kans logaritmisches afneemt met de magnitude.

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

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

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

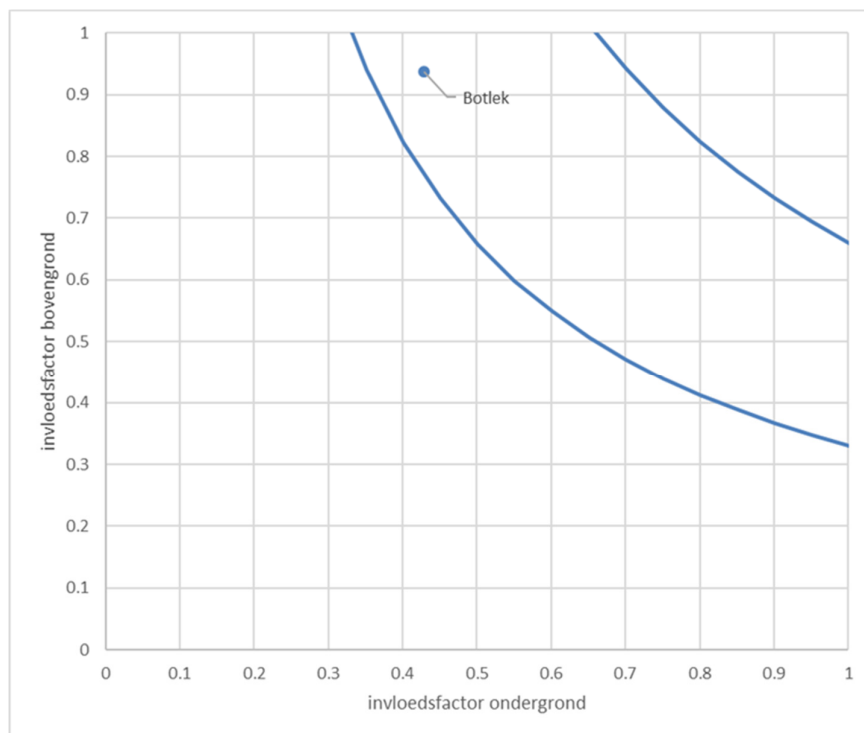
Indien uit het voorgaande blijkt dat voorkomens binnen een Winningsplan in risico categorie III vallen gaan deze door naar Stap 3

Stap 3:

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

8.4 Seismische Risico Analyse voor het Botlek veld

Uit de screening potentieel voor Stap 1 volgt dat voor het voorkomen Botlek de kans op enige beving in dit voorkomen (DHAIS kans) wordt ingeschat op 19%, wat resulteert in een stap 2 analyse. Uit deze stap 2 analyse volgt dat Botlek in risicocategorie II valt (Figuur 8-4).



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

8.5 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Bottlek veld

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

Al in 1998 heeft KNMI beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macroseismische Schaal. Deze analyse toonde (kwalitatief) aan dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (bedoeld wordt scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele gebouwen. Dit laatste wordt bevestigd door de resultaten van de seismische hazard studie van TNO-NITG⁸. De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving en de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid. Deze afhankelijkheid wordt verder beschreven in een rapport van TNO⁹.

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

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

8.6 Monitoring van bodemtrillingen

Uit het KNMI rapport van 2012¹⁰ blijkt dat het meetnetwerk voor dit gebied aardbevingen met een magnitude van 2 of hoger goed kan lokaliseren. In paragraaf 8.7 wordt uitgelegd welke verbeteringen van het netwerk voor dit gebied worden voorzien.

8.7 Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen of te beperken

De leidraad (SodM, 2016), geeft aan dat voor voorkomens die in de categorie II vallen dient te worden voldaan aan de volgende verwachtingen:

1. Duiding van de uitkomst van de risicomatrix analyse (Mbw 34.g en Mbb. 24.1.q);
2. Monitoring met een minimale cataloguscompleteit in de omgeving van het veld van magnitude 1,5;
3. Monitoring in de omgeving van het veld aanvullen met accelerometers op de geofoonlocaties;
4. Implementeren generiek seismisch-risicobeheersplan.

⁸ Wassing en Dost, 2012, TNO 2012 R11139

⁹ Kalibratiestudie schade door aardbevingen (TNO-rapport, TNO-034-DTM-2009-04435, 11 november 2009).

¹⁰ Bernard Dost, Femke Goutbeek, Torild van Eck and Dirk Kraaijpoel, 2012, Monitoring induced seismicity in the North of the Netherlands: status report 2010

Ad 1

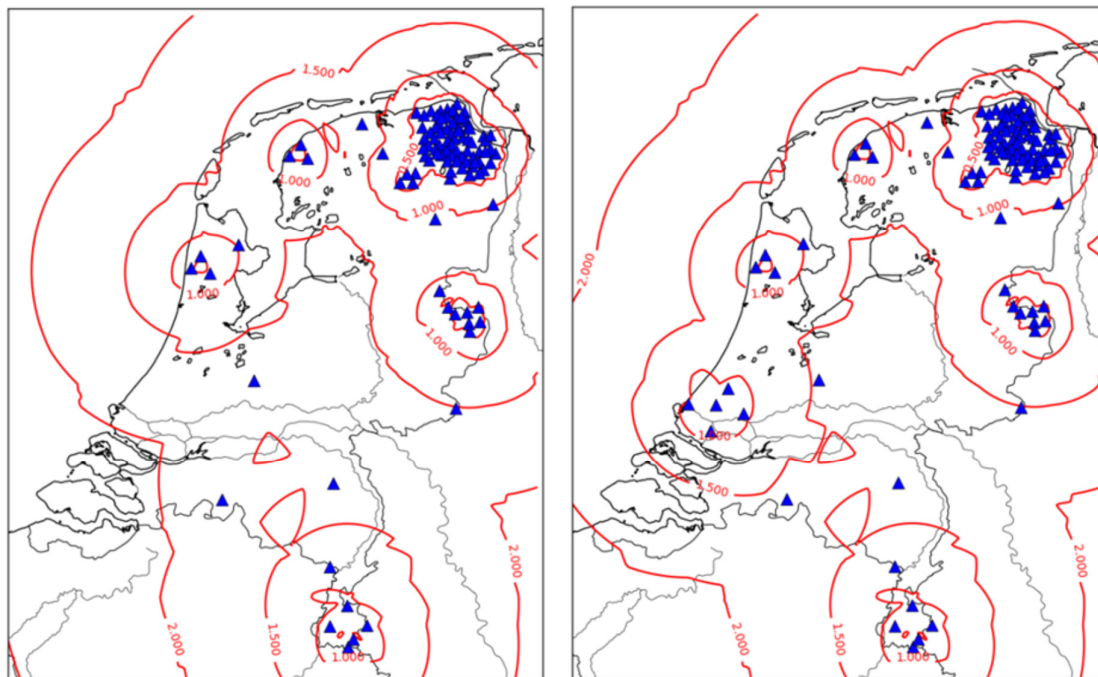
Het verhoogde seismische risico boven Botlek wordt voornamelijk veroorzaakt door de bovengrondse kenmerken. Belangrijk blijft de observatie dat er nog nooit bevingen zijn geregistreerd in Zuid-Holland. Hierbij met de kanttekening dat de locatiedrempel in het verleden rond de magnitude 2,0 lag waardoor eventuele niet-voelbare bevingen niet kunnen worden uitgesloten.

De theoretische “maximale realistische magnitude” is berekend tussen de $M_I=3,3$ en $M_I=3,9$ (zie bijlage B). De kans dat een dergelijke beving optreedt is verwaarloosbaar: voor alle bevingen tot nu toe (inclusief Groningen) ligt de maximale waargenomen aardbeving per veld onder de berekende maximale sterkste beving voor datzelfde veld. Met andere woorden, de berekende sterkste beving is nog nooit waargenomen boven een gasveld.

Tevens is het onwaarschijnlijk dat aardbevingen tot $M_I=4$ het vermogen hebben om dusdanige schade aan te richten aan industrie en speciale gebouwen waardoor een vervolgrisico kan ontstaan, zoals het doorbreken van dijken. Daarmee is de kans op een veiligheidsrisico verwaarloosbaar. Wel bestaat er een kleine kans op schade. Voor een verdere beschrijving van de mogelijke schade wordt verwezen naar paragraaf 8.5.

Ad 2

Het huidige KNMI netwerk in deze regio voldoet nog niet aan de eis van magnitude 1,5 detectie. De locatiegrens voor het huidige netwerk ligt rond $M_I=2,0$. De overheid heeft het KNMI verzocht om het aantal geofoons uit te breiden in dit gebied. Deze additionele stations zullen een de detectiegrens beneden 1,5 brengen voor dit gebied. De verwachting is dat dit nieuwe netwerk in 2018 operationeel zal zijn. (Figuur 8-5)



Figuur 8-5: Overzicht van de locatie drempel voor de situatie zonder (links) en met (rechts) het nieuwe netwerk voor Zuid-Holland (KNMI 2017, Voorstel seismische monitoring Zuid-Holland).

Ad 3

In het bovengenoemde voorstel voor de uitbreiding van de geofoonstations zullen aan de oppervlakte ook accelerometers worden geplaatst.

Ad 4

NAM stelt voor kleine gasvelden een seismisch risicobeheersplan op dat besproken zal worden met SodM. Voor het einde van 2017 zal dit plan worden overlegd met SodM.

8.8 *Maatregelen die gevolgen van bodemtrillingen beperken of voorkomen*

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

9 Overige omgevingsaspecten

9.1 Algemeen

De winning van aardgas kan bodembeweging tot gevolg hebben die zich kan uiten als bodemdaling aan het aardoppervlak of bodemtrillingen. Daarnaast kunnen activiteiten op mijnbouwlocaties, zoals boringen of putonderhoud, leiden tot lichtuitstraling, geluidemissies en emissies naar de atmosfeer. De mogelijke gevolgen worden beoordeeld door het bevoegd gezag in het kader van andere vergunningen dan het winningsplan, zoals onderstaand in grote lijnen is weergegeven.

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

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

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

Vergunningen

De volgende vergunning is verleend ten behoeve van de uitvoering van het vigerende en het nieuwe winningsplan.

Locatie	Bottlek
Vergunning	Wabo 'milieu deel'
Verleend	2 november 2015 (revisie)
Bodem/grondwater	Meegenomen in omgevingsvergunning
Emissies	Meegenomen in omgevingsvergunning
Oppervlaktewater	Meegenomen in omgevingsvergunning
Externe Veiligheid	Meegenomen in omgevingsvergunning
Natuur	n.v.t.

In het geval van Bottlek zijn de benodigde vergunningen al verleend, zodat coördinatie niet meer aan de orde is. De bovengenoemde mogelijke gevolgen zijn al betrokken in de respectievelijke vergunningsprocedures. Met betrekking tot bovenstaande tabel zal hieronder worden aangegeven wat door NAM wordt gedaan om genoemde gevolgen te voorkomen, dan wel de effecten hiervan te beperken.

9.2 Effecten op natuur en milieu

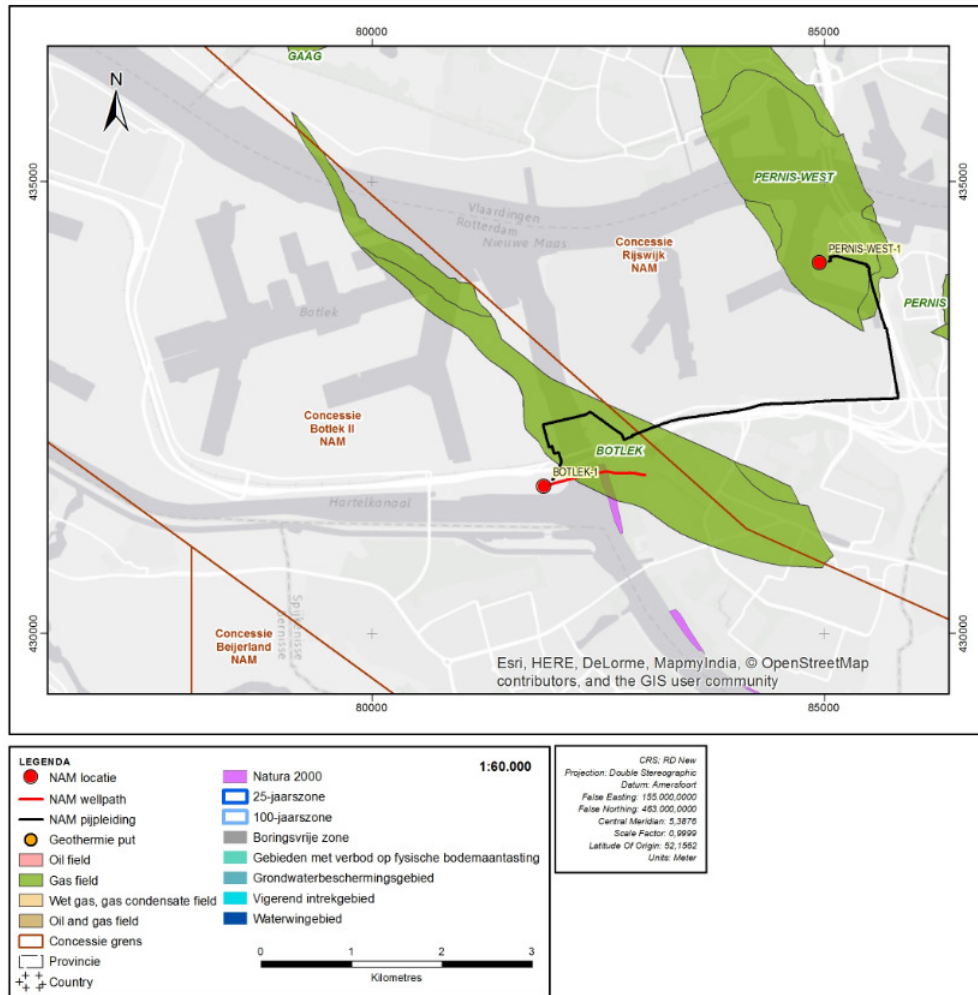
Algemeen

Voor natuur geldt een zorgplicht vanuit de Wet natuurbescherming. Beschermd en aangewezen natuurwaarden mogen niet nadelig worden beïnvloed. Indien nadelige effecten van mijnbouwactiviteiten niet op voorhand uitgesloten kunnen worden, dienen deze "Passend Beoordeeld" te worden en dient er een vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming te worden aangevraagd.

De Wet natuurbescherming regelt in Nederland de beschermde en aangewezen natuurgebieden. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuurgebieden in de omgeving van de mijnbouwlocatie Botlek-1 en het gasvoorkomen Botlek (zie Figuur 9-1). Toegelicht zal worden hoe mijnbouwactiviteiten kunnen doorwerken op beschermde natuurwaarden.

Voor bodembeweging als gevolg van gasproductie zal beoordeeld worden in hoeverre nadelige effecten op voorhand kunnen worden uitgesloten. Directe effecten van bodemdaling op beschermde natuur is niet aan de orde omdat de activiteit plaatsvindt in de ondergrond. Wel kan de gaswinning en bijkomende bodemdaling indirecte gevolgen hebben voor beschermde natuurwaarden doordat eventuele bodemdaling de waterhuishouding aan het aardoppervlak kan beïnvloeden.

Overige mogelijke effecten op de beschermde natuurwaarden als gevolg van de in dit winningsplan voorgenomen bovengrondse activiteiten, zijn beschouwd in het Wabo vergunningentrajec en worden in dit hoofdstuk buiten beschouwing gelaten. De formele beoordeling van deze effecten in het kader van de Wet Natuurbescherming vindt plaats voorafgaand aan de uitvoering van deze activiteiten, zodat rekening kan worden gehouden met seizoeninvloed e.d. op de migratie van beschermde soorten en de invloed van bijvoorbeeld stikstofdepositie.



Figuur 9-1: Plangebied Winningsplan Botlek met de Natura 2000-gebieden (paars). De rode stippen geven de ligging van de mijnbouwlocaties weer. De rode lijn is de put die vanaf de gaswinlocatie naar het gasveld Botlek (groen) loopt. De zwarte lijnen representeren de pijpleidingen waardoor het gas wordt afgevoerd.

Reikwijdte van de effectbeoordeling

In de effectbeoordeling wordt gekeken naar de mogelijke effecten als gevolg van eventuele bodembeweging door gasproductie uit het gasveld Botlek.

Beschrijving relevante natuurgebieden in relatie tot bodemdaling door gaswinning uit Botlek

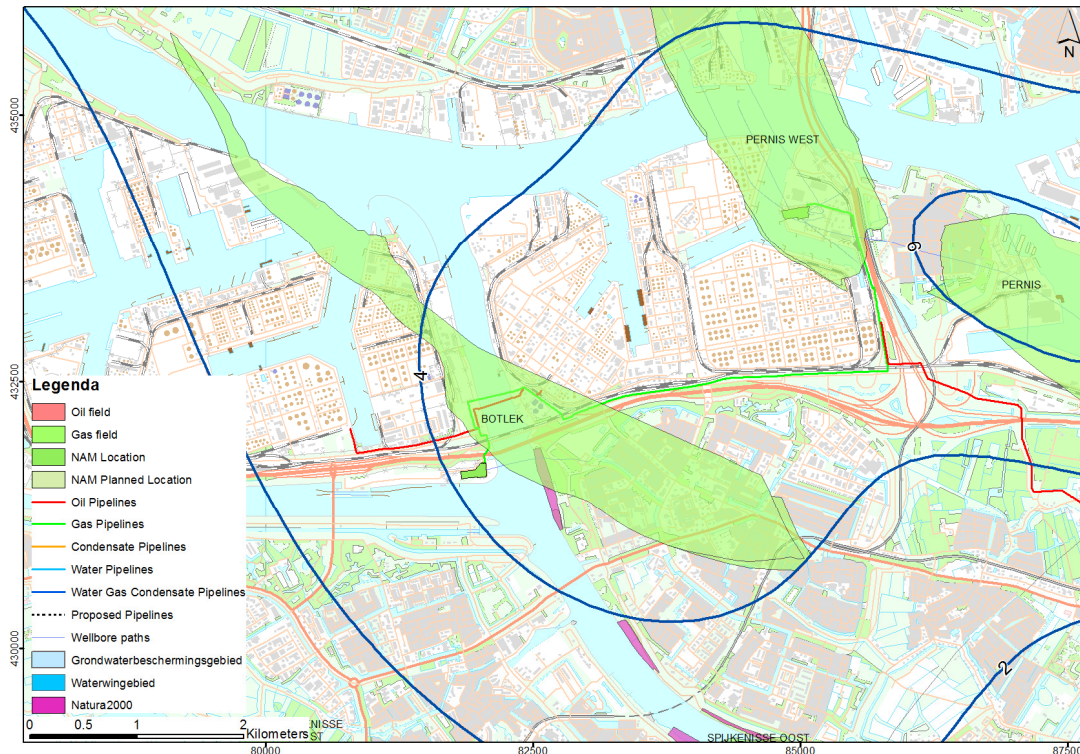
De aangewezen natuur die aanwezig is binnen de invloedsfeer van het Plangebied Winningsplan Botlek betreft het Natura 2000-gebied *Oude Maas* (zie Figuur 9-1). De Oude Maas is een rivierloop ten zuiden van Rotterdam. Deze rivierstroom staat nog onder invloed van getijdewerking vanuit de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet. Voor het Natura 2000-gebied Oude Maas zijn enkele slikken, platen, gorzen en grienden aangewezen. Ook de zomerpolders, de ondiep-waterzones en het intertijdsgebied zijn aangewezen als Natura 2000-gebied. De rivier zelf valt buiten de begrenzing van het Natura 2000-gebied.

Voor het habitattype “ruigten en zomen” is er sprake van afname van oppervlak. Dit komt door het ontbreken van gericht beheer. Voor de overige habitattypen worden de gestelde doelen gehaald. Het gebied is aangewezen voor de Noordse woelmuis en de bever. Voor de bever wordt de huidige doelstelling gehaald en voor deze soort zijn geen directe knelpunten te benoemen. Voor de Noordse

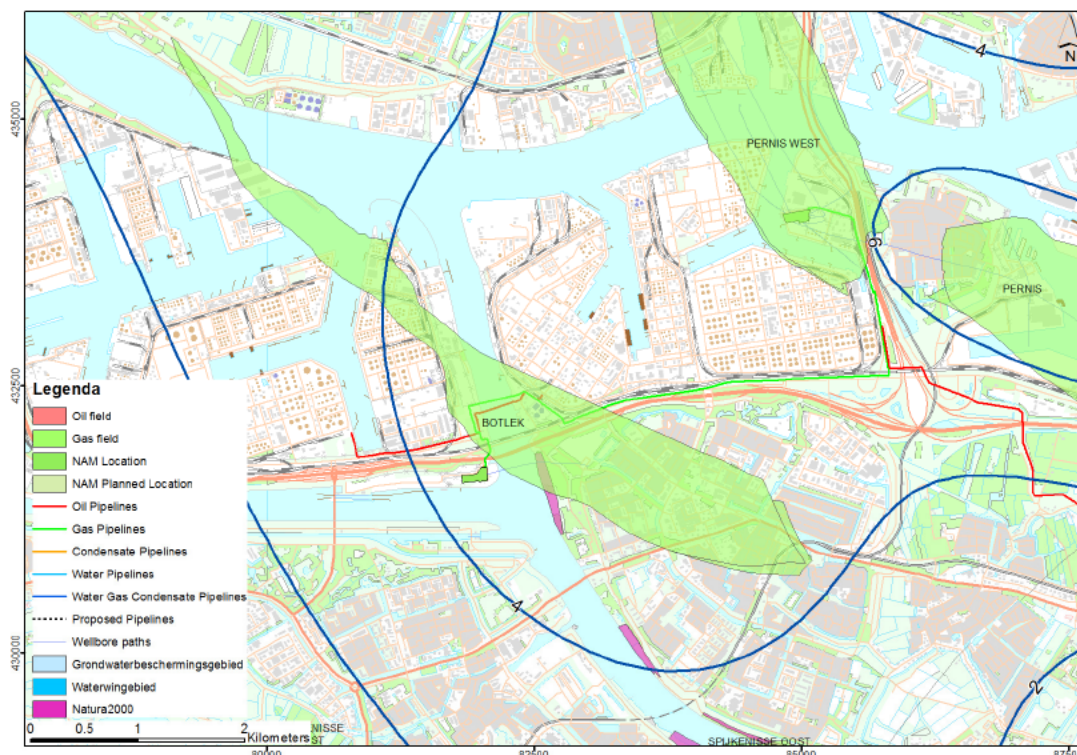
woelmuis is het wel van belang om bestaand leefgebied uit te breiden en de bestaande kwaliteit van het leefgebied te verbeteren zodat ook voor deze soort de doelstellingen gehaald worden.

Bodemdaling in relatie tot Natuur en Milieueffecten

Gaswinning vanaf de locatie Botlek veroorzaakt relatief weinig bodemdaling (zie Figuur 9-2 en Figuur 9-3, respectievelijk voor situatie in 2016 en situatie in 2027). In dit Botlek winningsplan gaat het voornamelijk om het continueren van een bestaande productie via bestaande faciliteiten. De voorspelde bodemdaling vanaf 2016 tot het einde van de productie in 2030 is kleiner dan 2 centimeter.



Figuur 9-2: Natuurgebieden, gasvelden en gemodelleerde bodemdalingscontouren in het gebied boven het gasveld Botlek in 2016.



Figuur 9-3: Gasvelden en gemodelleerde bodemdalingscontouren in het gebied rond Botlek in 2030.

Gaswinning kan indirect invloed hebben op natuur wanneer bodemdaling de waterhuishouding beïnvloedt. De natuurwaarden van de Oude Maas worden beïnvloed door de dynamiek van het omliggende watersysteem. Invloed van bodemdaling op deze dynamiek hoeft niet zonder meer negatief te zijn: bodemdaling kan ook resulteren in meer frequente en langere inundatie van oeverzones, graslanden en bosgebieden.

De effecten van de bodemdaling door productie uit het Botlek gasveld zelf zijn zeer gering. De bodemdaling bedraagt minder dan 2 cm en zal niet van wezenlijke invloed zijn op de bestaande waterhuishouding van het Natura 2000 – gebied Oude Maas. Daarmee zijn eventuele effecten op natuurwaarden in de Oude Maas als gevolg van het gasveld Botlek uit te sluiten.

Wanneer naar de invloed van cumulatie met andere gasvelden gekeken wordt, zal ook daar de invloed op de bestaande waterhouding zeer beperkt zijn. Binnen de 4 cm bodemdalingscontour zijn twee kleinere deelgebieden van de Oude Maas gelegen (zie Figuur 9-3). Binnen deze 4 cm bodemdalingscontour zijn het Ruigplaatbos gelegen en een bosgebied iets meer naar het zuiden. Eventuele bodemdaling zal hier hooguit resulteren in een kleine toename van de dynamiek wat voor de aangewezen habitattypen niet zal resulteren in negatieve effecten op de doelstellingen. Leefgebied van de bever of de Noordse Woelmuis is in dit deel van het Natura 2000-gebied niet aanwezig. Daarmee zijn negatieve effecten op deze habitatrichtlijnsoorten niet aan de orde.

Bodemtrilling in relatie tot Natuur en Milieueffecten

Uit de Seismische Risico Analyse die is uitgevoerd voor het Botlek voorkomen volgt dat dit veld in Categorie II valt. Negatieve gevolgen voor natuur en milieu door bodemtrillingen zijn niet te verwachten. Effecten van bodemtrilling op natuur worden derhalve niet nader beschouwd.

De kans op nadelige meetbare effecten van bodemtrilling op het Natura 2000 gebied worden, gezien de aard van de trillingen, als verwaarloosbaar geacht.

Bodem- / grondwaterverontreiniging

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

Nieuwe activiteiten in relatie tot Natuur en Milieueffecten

Indien in de toekomst besloten wordt voor alsnog extra compressie of een nieuwe put te boren dan zal een separate omgevingsvergunning voor deze nieuwe activiteiten worden aangevraagd.

10 Verklarende woordenlijst

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

11 Bijlage A: Bodemdaling: Details en Achtergronden

Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

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

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

Waarbij:

D : Diepte veld [m]

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

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

ν : Poisson's ratio [-]

R : straal van het veld [km], waarbij de straal wordt gekozen op basis van een vergelijking met de contouren zoals getoond in Figuur 7-5.

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

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

Voorkomen	Te verwachten drukdaling [bar] ¹¹					Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm) Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm) Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)		
	Mid Case productie scenario	Low Case productie scenario	High Case productie scenario	Compressibiliteit ¹² (10 ⁻⁵ bar ⁻¹)	Onzekerheid compressibiliteit			
Bottlek	17	7	33	0,5	25%	<2	<2	<2

¹¹ T.o.v. de gemiddelde reservoir druk van het voorkomen per eind 2016

¹² De compressibiliteit is de C_m waarde die voor bodemdaling wordt gebruikt. Deze is gekalibreerd aan de gemeten bodemdaling en is in lijn met "coreplug experimenten"

12 Bijlage B: Seismische Risico Analyse

De winning van aardgas gaat gepaard met een daling van de druk in de ondergrond met als gevolg een verandering van de gesteentespanningen. Deze verandering van spanning kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor mogelijk een lichte aardbeving kan plaatsvinden. In Nederland is/wordt uit ongeveer 140 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven ongeveer 20% van de velden zijn bevingen geregistreerd. Boven 11 velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (Magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter). Boven de velden in Zuid-Holland zijn nog nooit aardbevingen geobserveerd.

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor de verschillende voorkomens. Voor het inschatten van het risicopotentieel is uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het "high case" productieprofiel.

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)¹³ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2012 is een update van deze studie uitgevoerd, waarin alle nieuwe data zijn meegenomen tot mei 2010¹⁴. Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

- DP/Pini: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (Pini) in het reservoir;
- E: de verhouding tussen de Young's moduli (stijfheidsmoduli) van de 'overburden' en het reservoirgesteente¹⁵;

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

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

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

Waarbij:

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

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

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

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

¹³ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit

¹⁴ TNO-rapport 2012 R10198. Van Thienen, 2012. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland.

¹⁵ De gebruikte Young's moduli ratio volgt het 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.

Reeds bevende voorkomens	
DP/P _{ini} ≥ 28%	B > 0,86 en E ≥ 1,34: P _B = 0.42 ± 0.08
	B > 0,86 en 1,01 ≤ E ≤ 1,33: P _B = 0.19 ± 0.05
	B < 0,86 en/of E < 1,01: verwaarloosbare kans
DP/P _{ini} < 28%	Verwaarloosbare kans

De waarden die zijn gebruikt in de bepaling van de DHAIS kans zijn gegeven in Tabel 12-1. De analyse is uitgevoerd voor parameters die horen bij het High Case productiescenario.

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

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom ¹⁶ (m)	Initiële druk (bar)	Verwachte totale drukdaling (bar)	Totale breuk- lengte (km)	Reservoir opper- vlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E	DHAIS B	DHAIS kans
Botlek	205	269	266	10,5	3,7	geen	geen	1,06	4,12	19%

Realistisch sterkste beving

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

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

Voorkomen	Langste breuklengte (km) ¹⁷	Poisson's ratio ¹⁸	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Botlek	3,5	0,2	205	3,3	3,9

Stap 2: Risico matrix

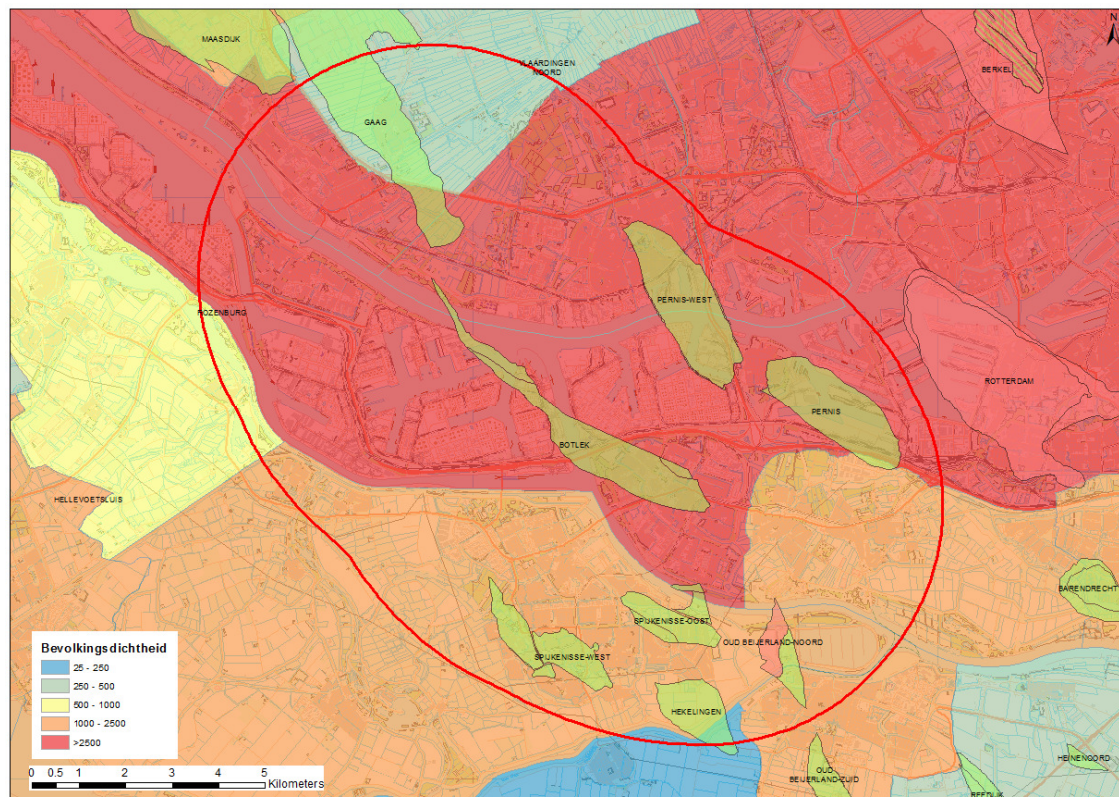
Voor het voorkomen Botlek is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken (“Stap 2” van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risico matrix.

In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen. Figuur 12-1, Figuur 12-2 en Figuur 12-3 tonen de situaties voor respectievelijk “Bevolkingsdichtheid”, “Industriële inrichtingen en Speciale gebouwen en vitale infrastructuur” en “Dijken”. Figuur 12-4 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen. Tabel 12-3 A en B toont de evaluatie en scores voor de invloedfactoren. De risico matrix is afgebeeld in Figuur 8-4.

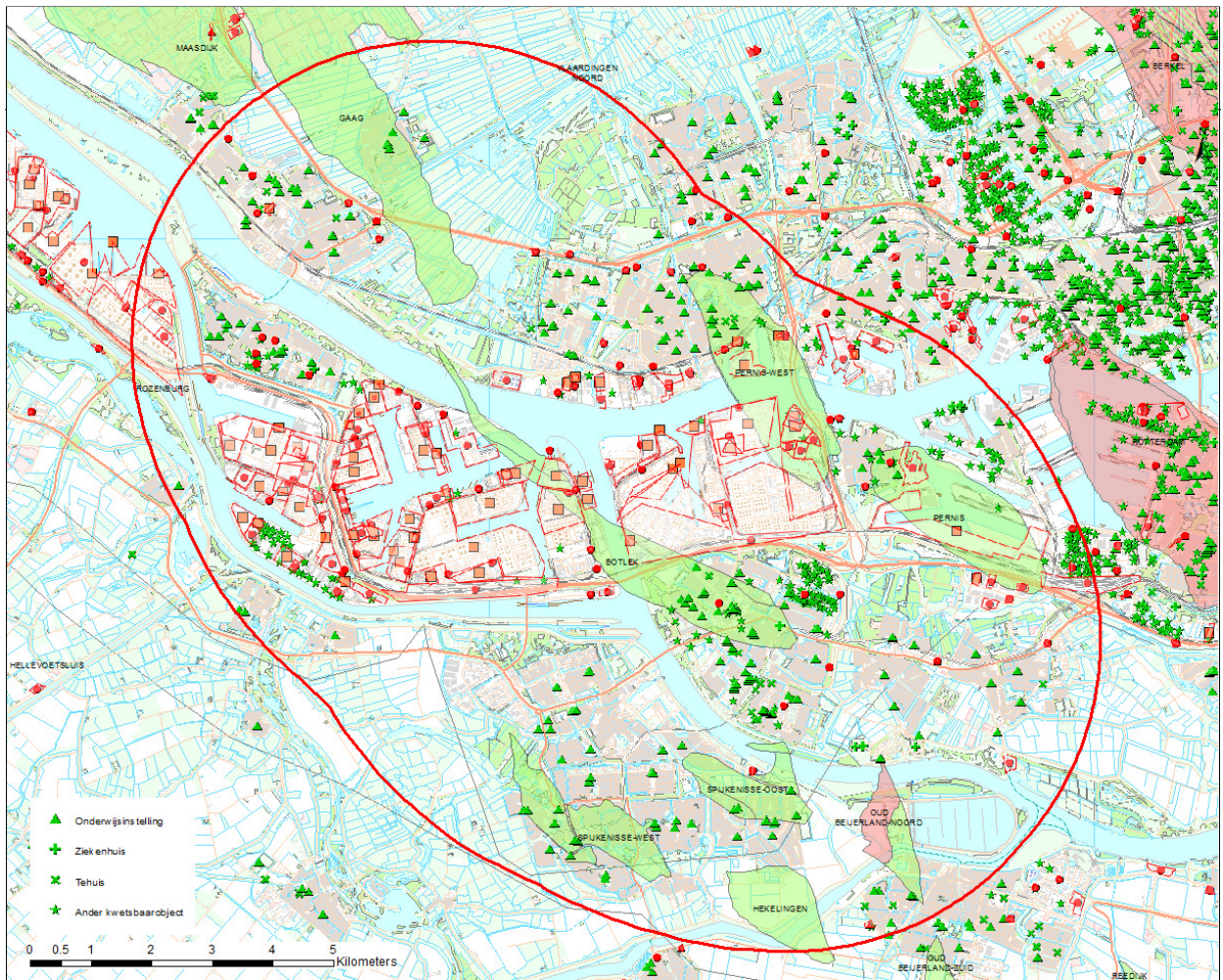
¹⁶ Voor de DHAIS berekening wordt zowel de hoogte van de gaskolom als de totale reservoirdikte beschouwd. Het minimum van deze twee wordt gekozen voor de berekening van de “B” waarde zoals voorgeschreven door de DHAIS methodiek

¹⁷ Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in bijlage C met blauwe pijl

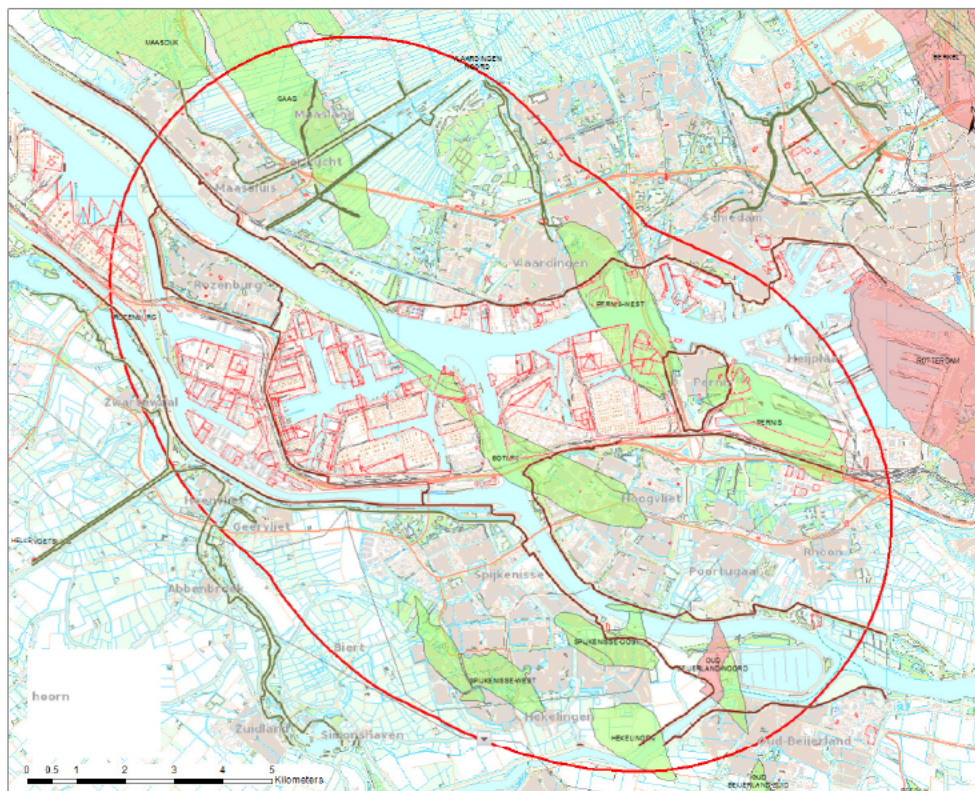
¹⁸ Poisson's ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplug metingen



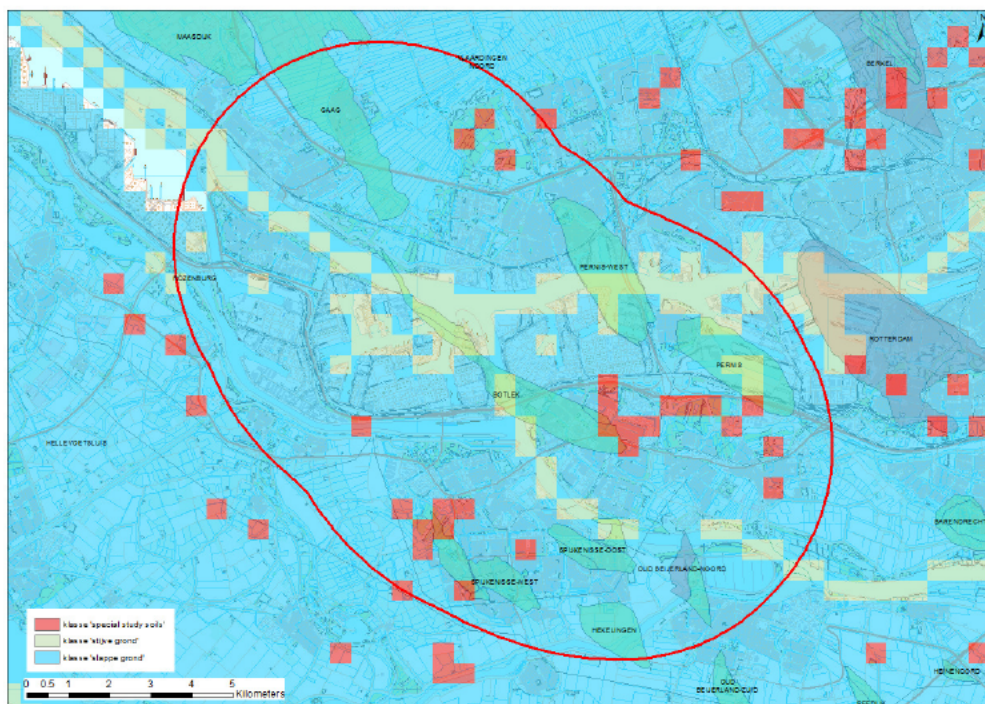
Figuur 12-1: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het Botlek voorkomen.



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



Figuur 12-3: Overzicht van de dijken (bruin: primaire dijken, groen: secundaire dijken). De rode cirkels geven de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor de SRA.



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

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

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

A

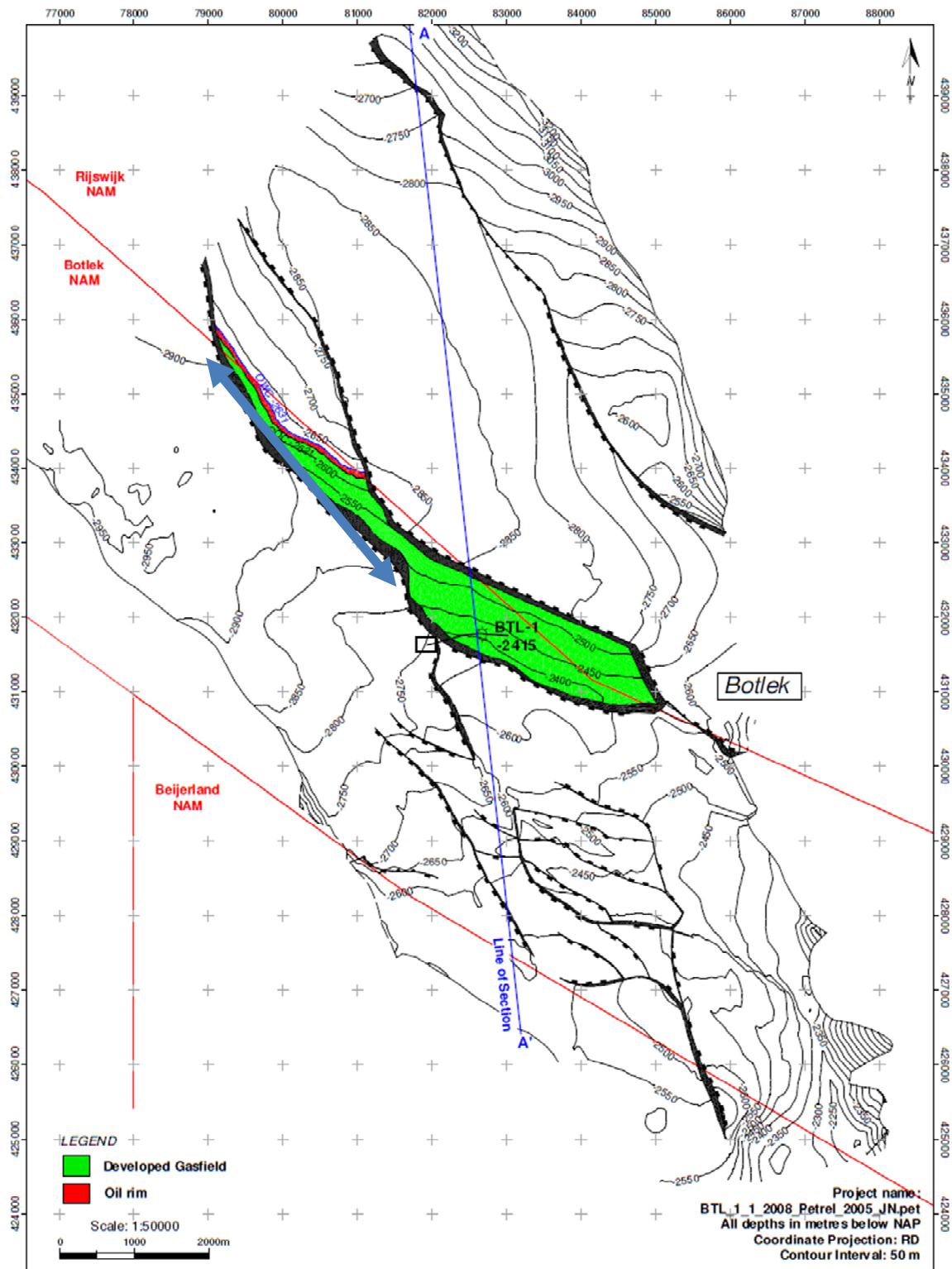
Voorkomen	Dhais	Mmax	Analoge velden	Opslingering	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km ²)	Industriële inrichting	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken
Botlek	P=19%	1 methode 3,6 - 4,0	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	> 60 % slappe grond	> 2500	Meerdere direct boven het veld	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuisen en/of publieksgebouwen direct boven het veld ¹⁹	Primaire dijken boven het veld

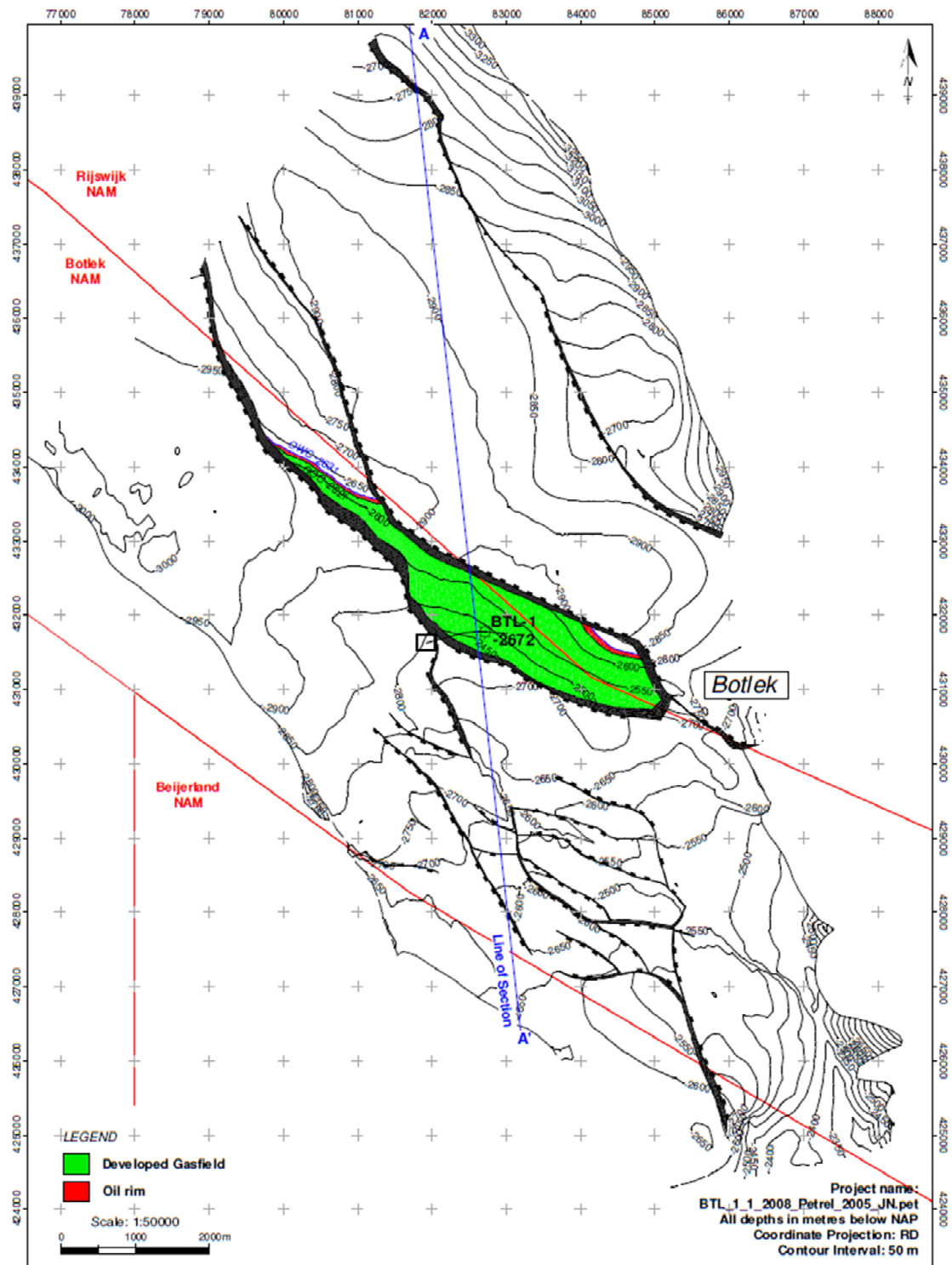
B

	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
Botlek	1	2	0	3	0,43	4	4	3	4	0,94	II

¹⁹ Bij het Botlek veld is één ziekenhuis direct boven het veld en meerdere binnen 5 km rond het veld. Er zijn meerdere scholen direct boven het veld

13 Bijlage C: Geologische kaarten voor de voorkomens





 NAM	Botlek Field Middle Bunter (RBBM)				
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: ARPR	Author: Land Asset	Date: Sep 2012	Draw. No.: EP20120920644 1001

