

VERTROUWELIJK

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrechtwww.tno.nlT +31 88 866 42 56
F +31 88 866 44 75**TNO-rapport****TNO 2016 R11298****Gaswinning en zoutwinning in de komberging
Vlie**

Datum	14 oktober 2016
Auteur(s)	Karin van Thienen-Visser
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	31 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	SodM
Projectnaam	F1 - Bodemdaling
Projectnummer	060.20655/01.07.02

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

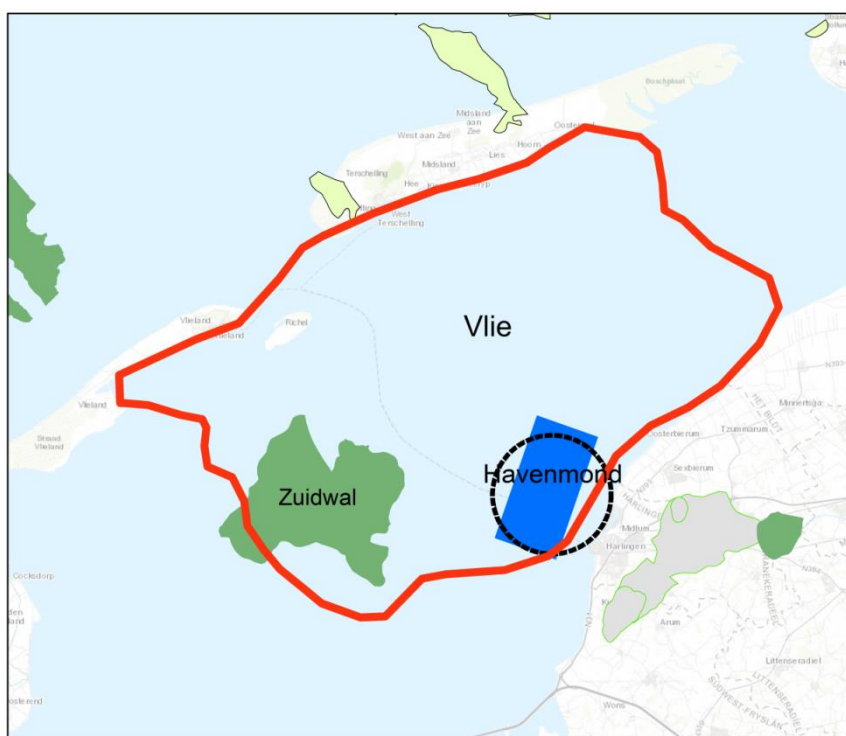
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2016 TNO

VERTROUWELIJK

Managementsamenvatting

In het kombergingsgebied¹ Vlie vindt naast gaswinning uit gasveld Zuidwal binnenkort (2017) mogelijk ook zoutwinning plaats (Havenmond) (zie Figuur A). De voorgestelde zoutwinning van Havenmond komt op 10 oktober 2016 ter zitting bij de Raad van State. Dit rapport is samengesteld, op verzoek van SodM, ter voorbereiding op deze Raad van State zitting.



Figuur A. Het kombergingsgebied Vlie, het gasveld Zuidwal en de zoutvergunning Havenmond. De gestippelde contour bij Havenmond geeft de 2 cm grens aan van de bodemdaling (Frisia 2012). De lichtgroene gasvelden zijn niet ontwikkeld en de grijze gasvelden zijn uitgeproduceerd.

Achtergrond

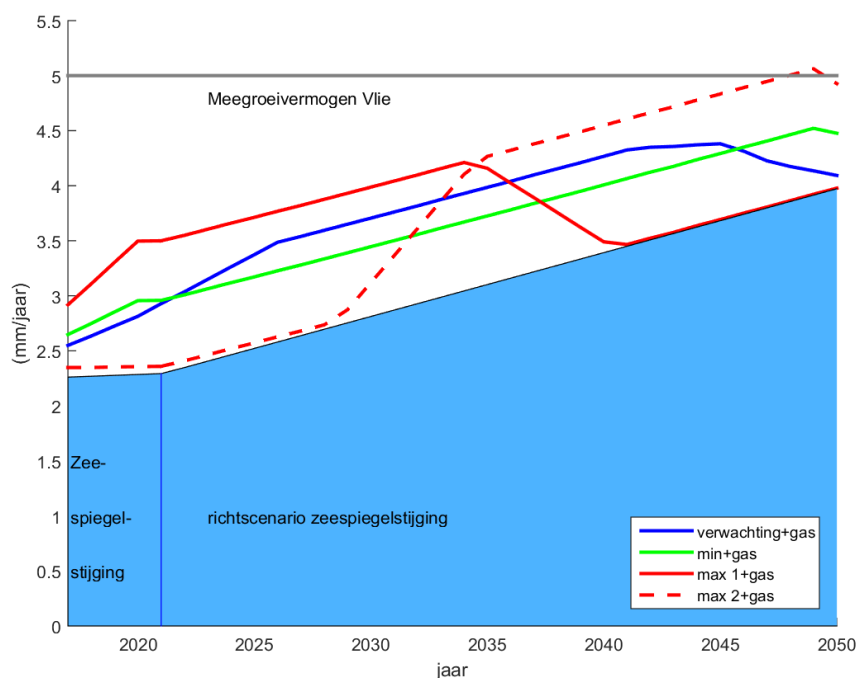
In de Waddenzee dient, sinds 2006, de betreffende mijnbouwonderneming bij nieuwe winning voorafgaand aan en gedurende de winning aan te tonen dat de prognose van het dalings tempo (de Belasting B) binnen de vastgestelde veilige gebruiksruimte (G) blijft ($B < G$). In EZ (2006) is vastgelegd dat in deze toets een periode van 6 jaar wordt gehanteerd (hier: 6jr-gebruiksruimtetoeets). Daarnaast moet een 19jr-meegroeivermogenstoets worden uitgevoerd om vast te stellen of, terugkijkend naar het verleden, de veroorzaakte belasting samen met de opgetreden zeespiegelstijging binnen het vastgestelde veilige Meegroeivermogen is gebleven. Beide toetsen zijn

¹ Zie Appendix A voor verklarende begrippenlijst

in dit rapport uitgevoerd voor de gaswinning en zoutwinning in het getijdebekken van Vlie.

6jr-gebruiksruimtetoets

Figuur B laat het resultaat van de 6jr-gebruiksruimtetoets zien. De belasting door gaswinning bedraagt maximaal 0,1 mm/jaar waardoor de belasting door zoutwinning de totale belasting domineert in de periode vanaf 2016. Alleen in het geval van een maximale zoutwinning van 1,56 kton per jaar vanaf 2031, waarbij in totaal 32 miljoen ton zout wordt gewonnen, wordt, met het huidige richtscenario voor de relatieve zeespiegelstijging, de gebruiksruimte in 2046 overschreden.



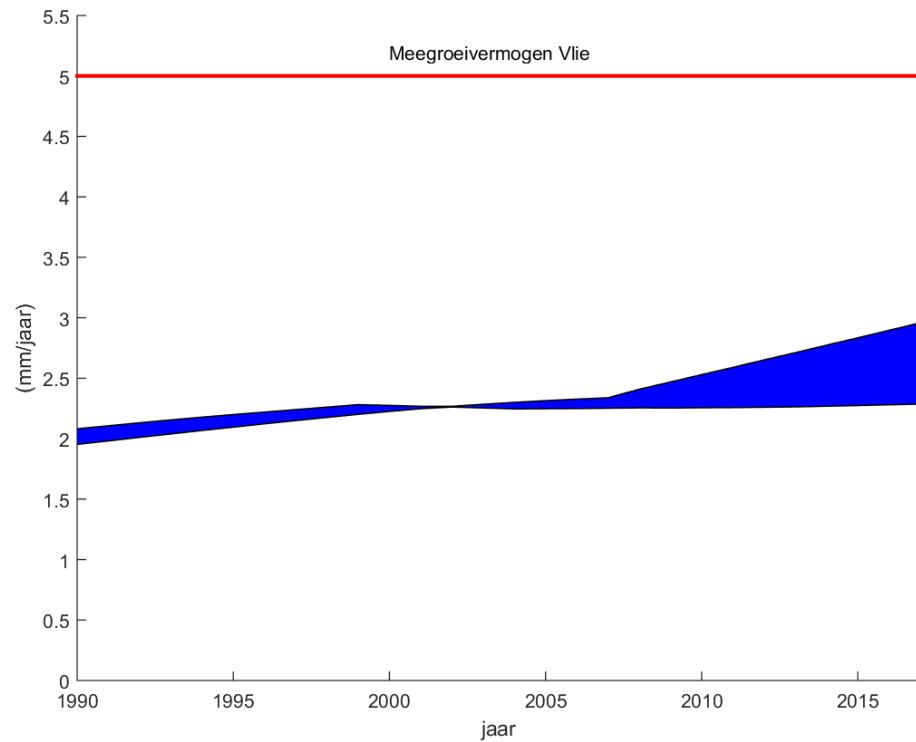
Figuur B. Voorspelde belasting voor de komberging Vlie door gaswinning Zuidwal en zoutwinning Havenmond. De belasting is aangegeven door lijnen bovenop de relatieve zeespiegelstijging onder het meegroeivermogen van de komberging Vlie

19jr-meegroeivermogenstoets

In de 19jr-meegroeivermogenstoets wordt bepaald of de realisatie van de belasting van de gaswinning Zuidwal binnen het meegroeivermogen van Vlie past. De prognose voor de zoutwinning van Havenmond wordt meegenomen in deze 19-jaars toets omdat in het 19-jaars gemiddelde van 2017 als laatste de periode 2006 tot 2026 moeten worden beschouwd. In deze periode zal waarschijnlijk ook zoutwinning plaatsvinden.

De belasting door de gaswinning van Zuidwal domineert het resultaat (Figuur C) tot 2006. Daarna komt de zoutwinning van Havenmond (verwachte start in 2017) in beeld en deze gaat de verwachte belasting van de komberging Vlie domineren. De 19jr-meegroeivermogenstoets tot 2017

geeft aan dat de wettelijk vastgelegde grenzen van het meegroeivermogen voor Vlie door de bestaande gaswinning uit het veld Zuidwal niet zijn overschreden.



Figuur C. Het resultaat van de 19jr-meegroeivermogenstoets Vlie in de periode 1990 tot 2017.

Inhoudsopgave

	Managementsamenvatting	2
1	Inleiding	8
2	De komberging Vlie	10
2.1	Meegroeivermogen.....	10
2.2	Zeespiegelstijgingsscenario	10
2.3	Gebruiksruimte Vlie	11
3	6jr-gebruiksruimtetoets Vlie	12
3.1	Gaswinning Zuidwal.....	12
3.2	Zoutwinning Havenmond	16
3.3	Resultaat 6jrs-gebruiksruimtetoets komberging Vlie	19
4	19jrs-meegroeivermogenoets komberging Vlie	21
4.1	Relatieve zeespiegelstijging	21
4.2	Bodemdalingsnelheid	21
4.3	Resultaat 19jr-meegroeivermogenoets	22
5	Bevindingen	23
6	Referenties	24
7	Ondertekening	25
	Bijlage(n)	
	A Begrippenlijst	
	B 6jr-gebruiksruimtetoets	
	C 19jr-meegroeivermogenoets	

Figuren

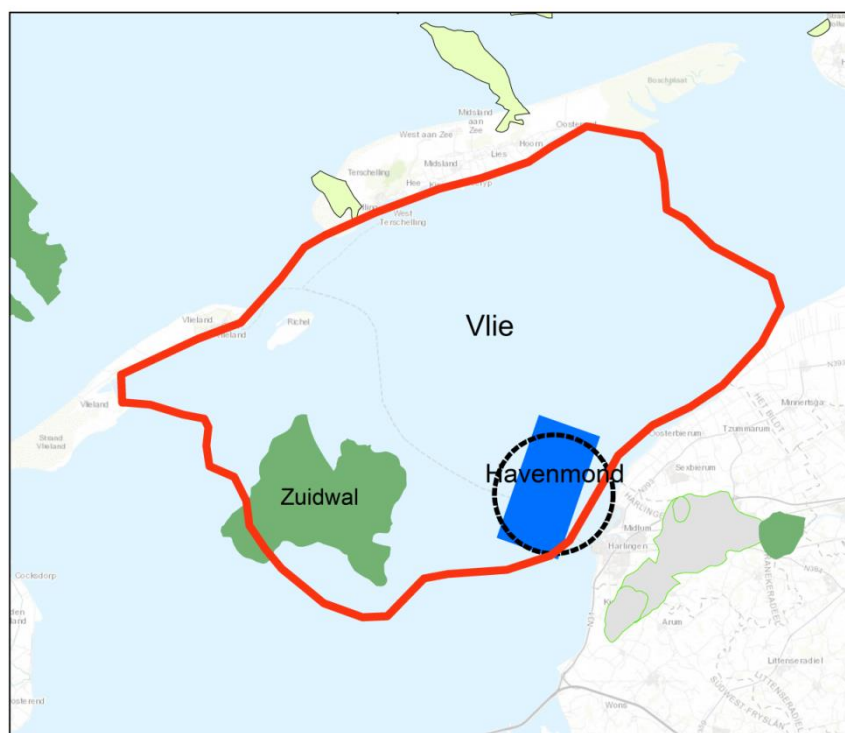
Figuur 1-1. Het kombergingsgebied Vlie, het gasveld Zuidwal en de zoutvergunning Havenmond. De gestippelde contour bij Havenmond geeft de 2 cm grens aan van de bodemdaling (Frisia 2012). De lichtgroene gasvelden zijn niet ontwikkeld en de grijze gasvelden zijn uitgeproduceerd.	8
Figuur 2-1. Gebruiksruimte voor delfstoffenwinning in de komberging Vlie. De doorgetrokken lijnen tot aan 2021 geven aan dat het relatieve zeespiegelstijgingsscenario (paragraaf 2.1) is vastgelegd. Na 2021 geldt een richtlijn voor de relatieve zeespiegelstijging.	11
Figuur 3-1. Het volume van de bodemdaling door gaswinning van Zuidwal in het verwachtingsscenario (a) en het worst case (WC) scenario (b).....	13
Figuur 3-2. Het maximum van de bodemdaling door gaswinning van Zuidwal in het verwachtingsscenario (a) en het worst case (WC) scenario (b).....	14
Figuur 3-3. Belasting door gaswinning Zuidwal voor de komberging Vlie.....	14
Figuur 3-4. Voorspelde belasting voor het worst case scenario (statisch en dynamisch) voor de komberging Vlie aangegeven door de lijnen bovenop de relatieve zeespiegelstijging onder het deel van het meegroeivermogen dat aan gaswinning is toegewezen.	15
Figuur 3-5. Percentage van gebruiksruimte voor gaswinning wat door de gaswinning in Zuidwal wordt veroorzaakt.....	16
Figuur 3-6. Belasting door zoutwinning Havenmond in de komberging Vlie voor de productiescenario's van Tabel 3-2. De belasting lijkt eerder te beginnen dan de zoutwinning vanwege de 6-jaars middeling ('moving average') die plaatsvindt van de bodemdaling (zie ook Appendix B).....	18
Figuur 3-7. Voorspelde belasting voor de komberging Vlie door zoutwinning Havenmond aangegeven door lijnen bovenop de relatieve zeespiegelstijging onder het deel van het meegroeivermogen dat aan zoutwinning is toegewezen.	19
Figuur 3-8. Voorspelde belasting voor de komberging Vlie door gaswinning Zuidwal en zoutwinning Havenmond. De belasting is aangegeven door lijnen bovenop de relatieve zeespiegelstijging onder het meegroeivermogen van de komberging Vlie.	20
Figuur 4-1. Het resultaat van de 19jr-meegroeivermogentoets Vlie in de periode 1990 tot 2017.	22

Tabellen

Tabel 3-1. Parameter waarden voor de twee aangeleverde scenario's van Vermilion (Vermilion 2015b). P_{ini} is de initiële druk, C_m is de compactiecoëfficiënt, k de diepte van het rigide basement en τ de vertragingstijd.	13
Tabel 3-2. Beschrijving van de zoutproductie scenario's.	17

1 Inleiding

In het kombergingsgebied² Vlie vindt naast gaswinning uit gasveld Zuidwal binnenkort (2017) mogelijk ook zoutwinning plaats (Havenmond) (zie Figuur 1-1). De voorgestelde zoutwinning van Havenmond komt op 10 oktober 2016 ter sprake in een Raad van State Zitting. Dit rapport is samengesteld, op verzoek van SodM, ter voorbereiding op deze Raad van State zitting.



Figuur 1-1. Het kombergingsgebied Vlie, het gasveld Zuidwal en de zoutvergunning Havenmond. De gestippelde contour bij Havenmond geeft de 2 cm grens aan van de bodemdaling (Frisia 2012). De lichtgroene gasvelden zijn niet ontwikkeld en de grijze gasvelden zijn uitgeproduceerd.

In de Waddenzee dient, sinds 2006, de betreffende mijnbouwonderneming bij nieuwe winning voorafgaand aan en gedurende de winning aan te tonen dat de prognose van het dalingstempo (de Belasting B) binnen de vastgestelde veilige gebruiksruijme (G) blijft ($B < G$). In (EZ 2006) is vastgelegd dat in deze toets een periode van 6 jaar wordt gehanteerd (hier: 6jr-gebruiksruijmetoets).

Om vast te stellen of de belasting binnen de vastgestelde veilige gebruiksruijme blijft, voor de realisatie dient een meegroeivermogenstoets te worden uitgevoerd voor een periode van 19 jaar terugkijkend naar het verleden (hier: 19jr-meegroeivermogenstoets). De keuze voor een periode van 19 jaar is gebaseerd op het optreden van een dominante sedimentatiecyclus met een periodiciteit van 18,5 jaar in de Waddenzee (EZ 2006 en referenties daarin).

² Zie Appendix A voor verklarende begrippenlijst

Bereik

Op verzoek van SodM heeft TNO voor de komberging Vlie de 6jrs-gebruiksruimtetoets uitgevoerd voor de bestaande gaswinning van Zuidwal en de toekomstige zoutwinning Havenmond. Aangezien gaswinning al plaatsvond voor 2006 hoeft in principe niet aan de passende beoordeling (EZ 2006b) worden voldaan. SodM heeft echter verzocht om ook de gaswinning van Zuidwal mee te nemen. Daarnaast heeft TNO de 19jr-meegroeivermogenstoets uitgevoerd voor de realisatie van de gaswinning Zuidwal en de prognose voor de zoutwinning Havenmond. De prognose voor de zoutwinning van Havenmond wordt meegenomen in deze 19-jaars toets omdat in het 19-jaars gemiddelde van 2017 als laatste de periode 2006 tot 2026 moeten worden beschouwd. In deze periode zal waarschijnlijk ook zoutwinning plaatsvinden.

Indeling

In deze notitie wordt eerst het meegroeivermogen van de komberging Vlie en het relatieve zeespiegelstijging scenario uiteengezet (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 wordt het effect van de gaswinning Zuidwal en de zoutwinning Havenmond op de komberging Vlie geanalyseerd en wordt de 6jr-meegroeivermogenstoets voor de prognose van gaswinning en zoutwinning uitgevoerd. Tenslotte behandeld hoofdstuk 4 de 19jrs-meegroeivermogenstoets van de komberging Vlie.

2 De komberging Vlie

2.1 Meegroeivermogen

Het meegroeivermogen van de kombergingsgebieden Vlie is gebaseerd op de studie van Cleveringa (2010), waarin deze is bepaald op 5 mm per jaar gemiddeld over een 19 jaarlijkse periode. In de contra-expertise van Deltares (2010) wordt uiteengezet dat voor de getijdebekkens Vlie en Marsdiep een meegroeivermogen van 5 mm/jaar heeft bestaan sinds de afsluiting van de Zuiderzee. Daarbij wordt opgemerkt dat de beoogde zoutwinning een vertragend effect zal hebben op de langzame vergroting van het plaatareaal die een reactie is op de afsluiting van de Zuiderzee.

Naast gaswinning uit gasveld Zuidwal vindt mogelijk binnenkort ook zoutwinning plaats (Havenmond) in de komberging Vlie. Het meegroeivermogen voor delfstoffenwinning in dit deel van de Waddenzee is daarom opgesplitst in een deel wat bestemd is voor de gaswinning (Zuidwal en eventuele andere gasvelden, die op dit moment nog niet in productie zijn) en een deel wat bestemd is voor zoutwinning (Havenmond)(zie ook EZ 2016). Het deel van de gebruikruimte beschikbaar voor gaswinning is vastgesteld op 0,42 mm/jaar (SodM 2013).

2.2 Zeespiegelstijgingsscenario

In 2016 is het relatieve zeespiegelstijgingsscenario vastgelegd voor de periode 2016 tot 2021 (EZ 2016 en TNO 2016). Vanaf 2021 geldt een richtlijn scenario voor de relatieve zeespiegelstijging (TNO 2016 en kader). Dit relatieve zeespiegelstijgingsscenario wordt gebruikt in de 6jrs-meegroeivermogenstoets voor de komberging Vlie (hoofdstuk 3 en 4).

Beleidsscenario, actualisering per 1.1.2016 uit TNO (2016)

De snelheid van relatieve zeespiegelstijging (Z):

tot 2021: $Z(J) = Z(2007) + (J - 2007) \cdot A_1$

met $Z(2007) = 2,181 \text{ mm/jaar}$
 en $A_1 = 0,0076 \text{ mm/(jaar)}^2$

m.i.v. 2021 $Z(J) = Z(2021) + (J - 2021) \cdot A_2$

met $A_2 = 0,058 \text{ mm/(jaar)}^2$

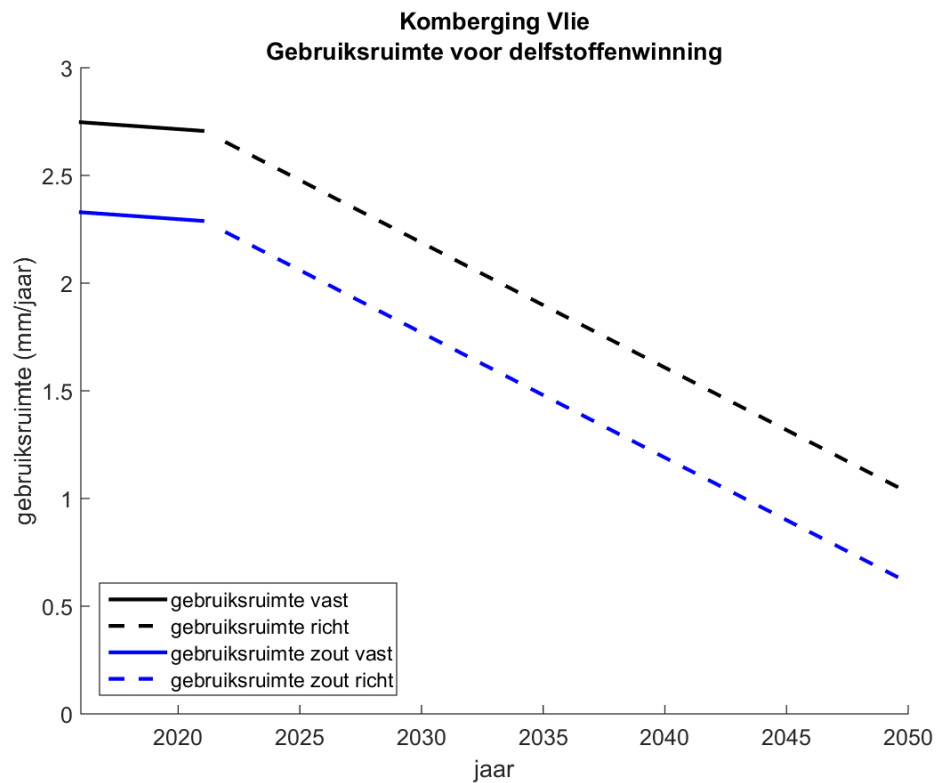
De waarden voor Z(J) gelden aan het begin van het kalenderjaar J.
 De coëfficiënten A_1 en A_2 representeren acceleratie in de zeespiegelstijging.

Het scenario-gedeelte 'm.i.v. 2021' wordt tot 1.1.2021 beschouwd als een richtscenario. Per die datum zal op grond van de dan bestaande informatie en inzichten over het gedrag van de zeespiegel het scenario voor (tenminste) de dan komende 5 jaar worden vastgesteld, alsmede een nieuw richtscenario voor de periode daarna, etc.

2.3 Gebruiksruimte Vlie

De gebruiksruimte is gedefinieerd als het verschil tussen het Meegroeivermogen van een kombergingsgebied en de relatieve zeespiegelstijgingsnelheid. Dit verschil, oftewel de gebruiksruimte, is de ruimte die te gebruiken is voor menselijke activiteiten die zandhonger genereren, zoals bijvoorbeeld bodemdaling door gaswinning en/of zoutwinning (EZ 2015).

De gebruiksruimte van Vlie is onderverdeeld in een gebruiksruimte bestemd voor huidige en toekomstige gaswinning en een gebruiksruimte bestemd voor zoutwinning (Figuur 2-1). De gebruiksruimte voor zoutwinning is het vastgestelde meegroeivermogen van Vlie minus het meegroeivermogen van de gaswinning minus de relatieve zeespiegelstijging.



Figuur 2-1. Gebruiksruimte voor delfstoffenwinning in de komberging Vlie. De doorgetrokken lijnen tot aan 2021 geven aan dat het relatieve zeespiegelstijgingsscenario (paragraaf 2.1) is vastgelegd. Na 2021 geldt een richtlijn voor de relatieve zeespiegelstijging.

3 6jr-gebruiksruimtetoets Vlie

In dit hoofdstuk wordt de 6jr-gebruiksruimtetoets uitgevoerd voor de gaswinning van Zuidwal in de komberging Vlie. Het meegroeivermogen van Vlie en de relatieve zeespiegelstijging van hoofdstuk 2 worden hierin meegenomen. De technische begrippen van de hand aan de kraan procedure, waarvan de 6jr-gebruiksruimtetoets onderdeel uitmaakt, zijn gedefinieerd in Appendix A. Appendix B zet de methodiek van de 6jr-gebruiksruimtetoets uiteen, conform de Passende Beoordeling bij het Rijksprojectbesluit (EZ 2006b).

3.1 Gaswinning Zuidwal

Het gasveld Zuidwal (Vermilion 2015b), in de Waddenzee tussen Texel en Harlingen, wordt sinds 1988 geproduceerd. Er zijn in totaal 10 putten geboord om het Zuidwal voorkomen zo efficiënt mogelijk te kunnen produceren. Het voorkomen is gelegen in het Vlieland bekken en bestaat uit een Vlieland zandsteen met kleiige en sideriet-rijke intervallen boven een in het Jura ontstane vulkaan. De afsluitende laag bestaat uit series Vlieland schalies. Het hoogste punt van het voorkomen is gelegen op ~1820 m. Het originele Gas-Water Contact (GWC) bevond zich initieel op een diepte van 1925 m. Het voorkomen is depletie gedreven wat betekent dat er natuurlijke stroming naar de put plaatsvindt waar de druk lager is dan in de rest van het reservoir. In de periode van 1988 tot 2015 is er in totaal 14,177 miljard Nm³ gas (Vermilion 2015b) geproduceerd uit het Zuidwal gasveld. Volgens de meest optimistische inschatting kan nog 70 miljoen Nm³ gas uit het veld worden geproduceerd (Vermilion 2015b).

3.1.1 Bodemdaling

De bodemdaling door Zuidwal wordt gemonitord op de locatie van het platform, wat gelegen is in de Waddenzee tussen het eiland Texel en Harlingen. In het begin van de winning werd de bodemdaling gemonitord door middel van waterpasmetingen en later door GPS en InSAR metingen. Deze datasets zijn aan elkaar gekalibreerd. Aangezien metingen alleen op de locatie van het platform beschikbaar zijn, is de bodemdaling daarnaast gemodelleerd door middel van een 3D model van het gasveld. Dit 3D model is gebaseerd op de 3D seismiek en de informatie van de logs en kernen uit de 10 geboorde putten. Daarnaast zijn de historische productie van het gasveld en de bodemdalingmetingen gebruikt om het model te kalibreren. De compactie uit het 3D model wordt door middel van Geertsema-Van Opstal (1974) omgezet in bodemdaling aan het oppervlak. De maximale bodemdaling is 100-140 mm en het totale volume van de bodemdalingssom bedraagt 2,5-5 miljoen m³ (Vermilion 2015b, zie verder paragraaf 3.1.2).

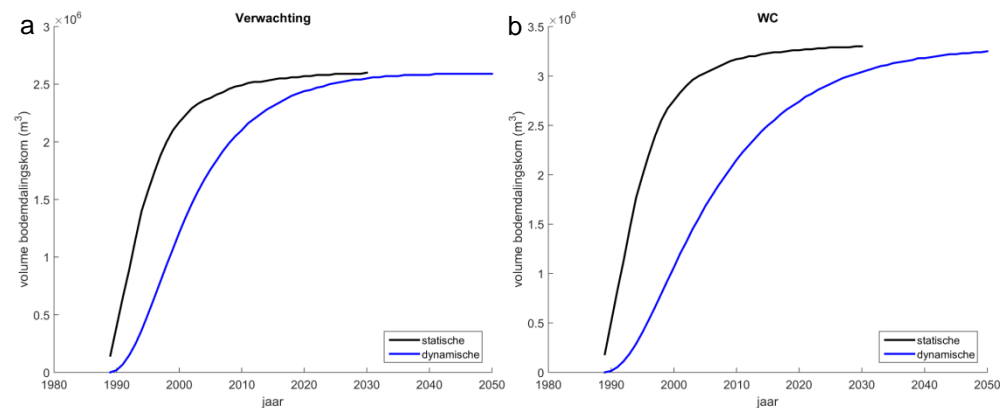
3.1.2 Bodemdalingsscenario's

Door de operator is het verwachte volume van de bodemdalingssom veroorzaakt door de gaswinning van Zuidwal en de maximale bodemdaling aangeleverd samen

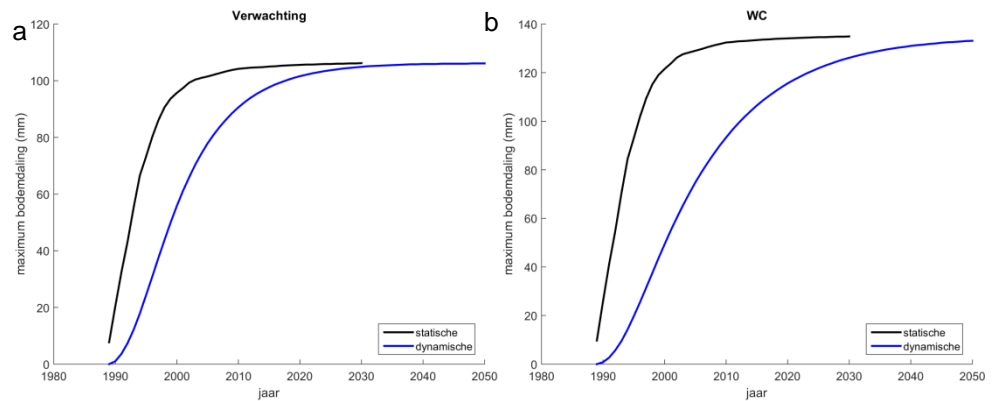
met het winningsplan Zuidwal (Vermilion 2015b). Er zijn twee scenario's meegeleverd. Het eerste scenario is het verwachtingsscenario en het tweede scenario is de worst case. De parameters van deze scenario's staan in Tabel 3-1. Het volume van de bodemdalingssom in de tijd en de maximale bodemdaling staan in Figuur 3-1 en Figuur 3-2, respectievelijk. In het statische scenario wordt in de vergelijking van Van Opstal (1974) geen variatie meegenomen in de diepte van het rigide basement (k) en wordt de bodemdaling bepaald door de depletie van het gasveld. In het dynamische scenario verandert de diepte van het rigide basement in de tijd, gemodelleerd met een exponentiële relaxatietijd (τ). In dit geval wordt de diepte van het rigide basement beschouwd als een fit parameter om de observatie van het vertraagd reageren van de bodemdaling op de productie te kunnen simuleren. Beide scenario's passen bij de gemeten bodemdaling. De prognoses zijn echter verschillend.

Tabel 3-1. Parameter waarden voor de twee aangeleverde scenario's van Vermilion (Vermilion 2015b). P_{ini} is de initiële druk, C_m is de compactiecoëfficiënt, k de diepte van het rigide basement en τ de vertragingstijd.

parameter	verwachtingsscenario	Worst case scenario
P_{ini}	222,3 bar	222,3 bar
C_m	$6,2 \cdot 10^{-6}$ 1/bar	$7,87 \cdot 10^{-6}$ 1/bar
k	2000 m	2000 m
τ	7,02 jaar	12,35 jaar
Maximum bodemdaling	10,6 cm	13,5 cm



Figuur 3-1. Het volume van de bodemdalingssom door gaswinning van Zuidwal in het verwachtingsscenario (a) en het worst case (WC) scenario (b).

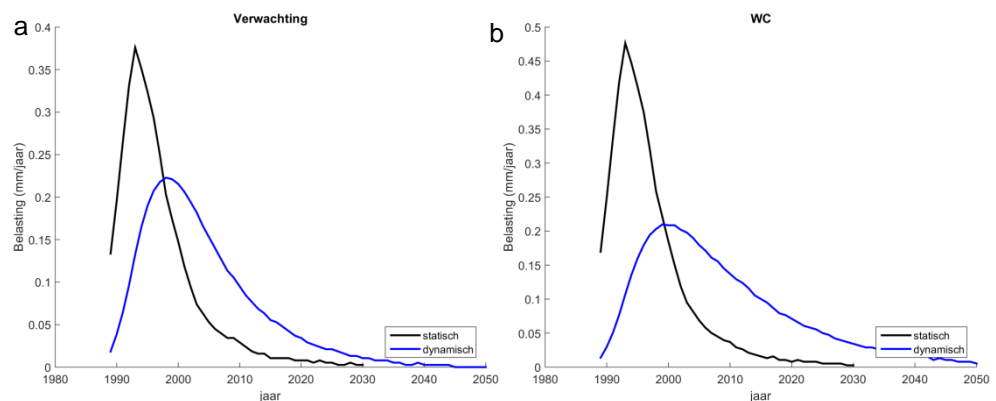


Figuur 3-2. Het maximum van de bodemdaling door gaswinning van Zuidwal in het verwachtingsscenario (a) en het worst case (WC) scenario (b).

3.1.3 Belasting door gaswinning Zuidwal op de komberging Vlie

Het effect van de bodemdaling op de gebruiksruimte van Vlie wordt bepaald door de belasting (B) te berekenen (Appendix B). Eerst wordt de gemiddelde bodemdalingssnelheid (S) over de komberging bepaald door de jaarlijkse snelheid waarmee het volume van de bodemdalingsskom veranderd te delen door het oppervlak van het kombergingsgebied. Hierbij wordt aangenomen dat de komberging Vlie een oppervlak heeft van 632 km² en dat alle bodemdaling door gaswinning Zuidwal in de komberging Vlie plaatsvindt. Een deel van de bodemdaling zal in het naastgelegen kombergingsgebied vallen (Marsdiep). De aanname dat alle bodemdaling in de komberging Vlie plaatsvindt zorgt voor een overschatting van de belasting voor de komberging Vlie. Daarna wordt de gemiddelde bepaald (Appendix B, EZ 2006, EZ 2006b) door middel van een 'moving average' om de belasting (B) te bepalen (Figuur 3-3).

Zoals verwacht neemt de belasting door de gaswinning aan de start van productie snel toe. De belasting is, op dit moment, aan het dalen aangezien het gasveld in de nadagen van productie is.

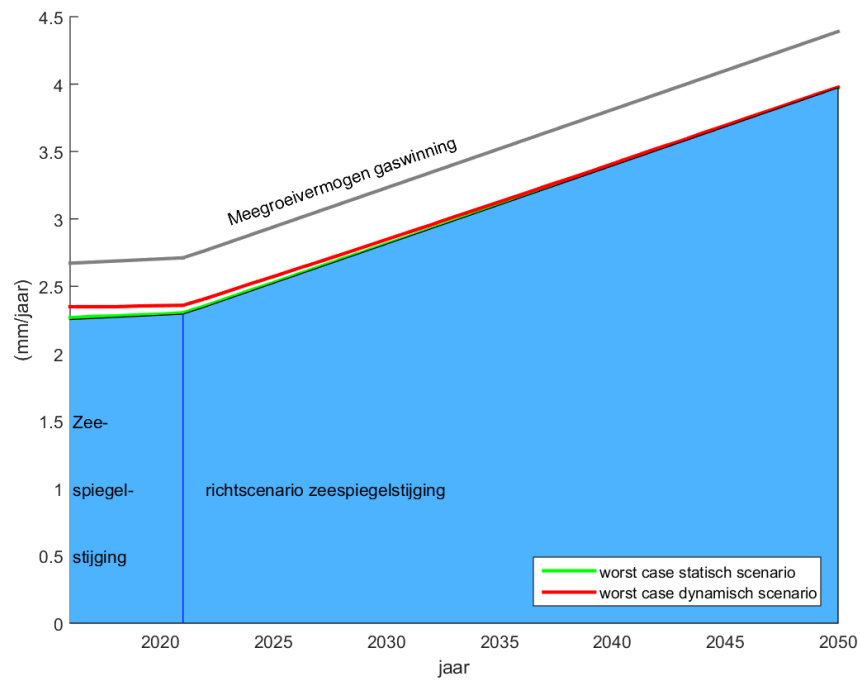


Figuur 3-3. Belasting door gaswinning Zuidwal voor de komberging Vlie.

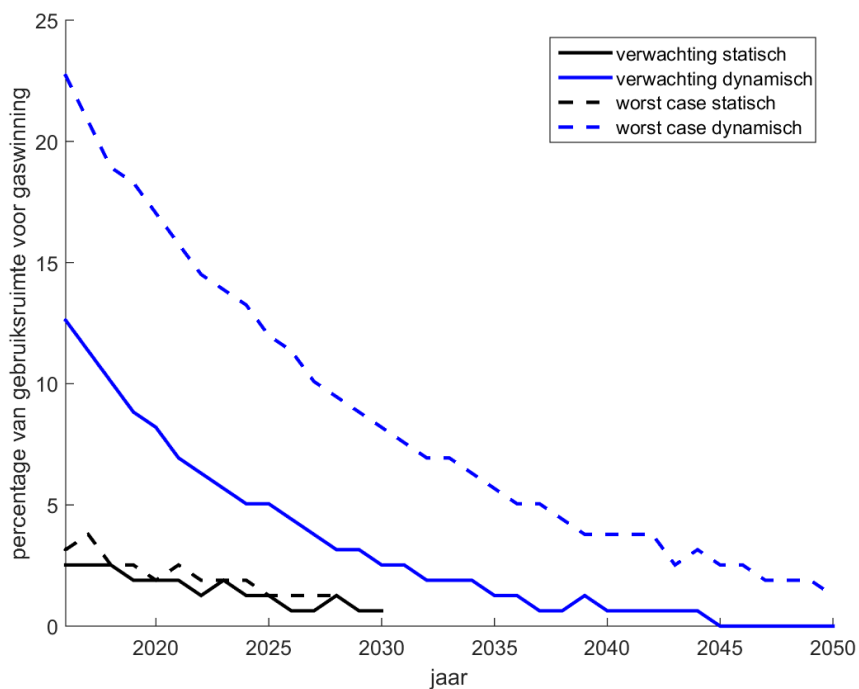
3.1.4 Resultaat 6jr-gebruiksruimtetoets gaswinning Zuidwal

Figuur 3-4 laat de belasting van de gaswinning van Zuidwal zien tezamen met de gebruiksruimte voor de komberging Vlie voor de periode vanaf 1-1-2016. In de figuur wordt alleen het worst case scenario getoond omdat dit scenario de hoogste waarden heeft voor de belasting in de periode vanaf 2016. De belasting door gaswinning van Zuidwal bedraagt maximaal 0,1 mm/jaar over de komberging van Vlie in de periode vanaf 2016.

De gebruiksruimte aangewezen voor gaswinning in de komberging Vlie (EZ 2016) bedraagt 0,42 mm/jaar. Als de belasting van Zuidwal ten opzichte van deze maximaal toegestane belasting voor gaswinning wordt berekend (Figuur 3-5), dan blijkt dat de gaswinning van Zuidwal in 2016 maximaal 3% tot 23% inneemt van de gebruiksruimte die bestemd is voor gaswinning. Dit percentage neemt af met de jaren in verband met de afnemende productie en is afhankelijk van het bodemdalingsscenario. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er ruimte overblijft voor een eventuele bodemdaling door gaswinning van Pollendam, welke grotendeels in dezelfde komberging valt.



Figuur 3-4. Voorspelde belasting voor het worst case scenario (statisch en dynamisch) voor de komberging Vlie aangegeven door de lijnen bovenop de relatieve zeespiegelstijging onder het deel van het meegroeivermogen dat aan gaswinning is toegewezen.



Figuur 3-5. Percentage van gebruikruimte voor gaswinning wat door de gaswinning in Zuidwal wordt veroorzaakt.

3.2 Zoutwinning Havenmond

Frisia heeft in 2012 een winningsplanaanvraag ingediend, Havenmond, voor de winning van steenzout buitendijks onder de Waddenzee bij Harlingen (Frisia 2012). De zoutwinning zal geschieden door middel van oplosmijnbouw, waarbij er in de zoutlaag met pekkel gevulde cavernes ontstaan. Het steenzout wat gewonnen gaat worden bevindt zich in de zoutafzettingen van de Zechstein groep. De Zechstein heeft in het gebied Havenmond een dikte van 700 m tot 1100 m. De top van het zoutpakket is gelegen op een diepte tussen 2300 en 2600 m. Er zijn vier cavernes gepland in de winningsvergunning Havenmond.

De zoutproductie van Havenmond zal, naar verwachting in 2017 starten. Het einde van de productie wordt verwacht in 2051.

3.2.1 Bodemdalingsscenario's

Er zijn een aantal mogelijke scenario's voor de zoutproductie van Havenmond. Het verwachtingsscenario geeft de verwachting van de operator weer en staat in bijlage 3A van het winningsplan (Frisia 2012). De operator verklaart verder dat de minimale productie 0,82 kton/jaar zal zijn en de maximale productie 1,56 kton/jaar met een maximum van 32 miljoen ton zout in totaal. Hieruit zijn een viertal scenario's gedefinieerd (Tabel 3-2). In het verwachtingsscenario en de twee maximale scenario's (max 1 en max 2) wordt de maximale productie van 32 miljoen ton zout gehaald in het minimale scenario (min) niet. Het verschil in de maximale scenario's 1 en 2 is de periode van de zoutwinning (start in 2017 en start in 2031).

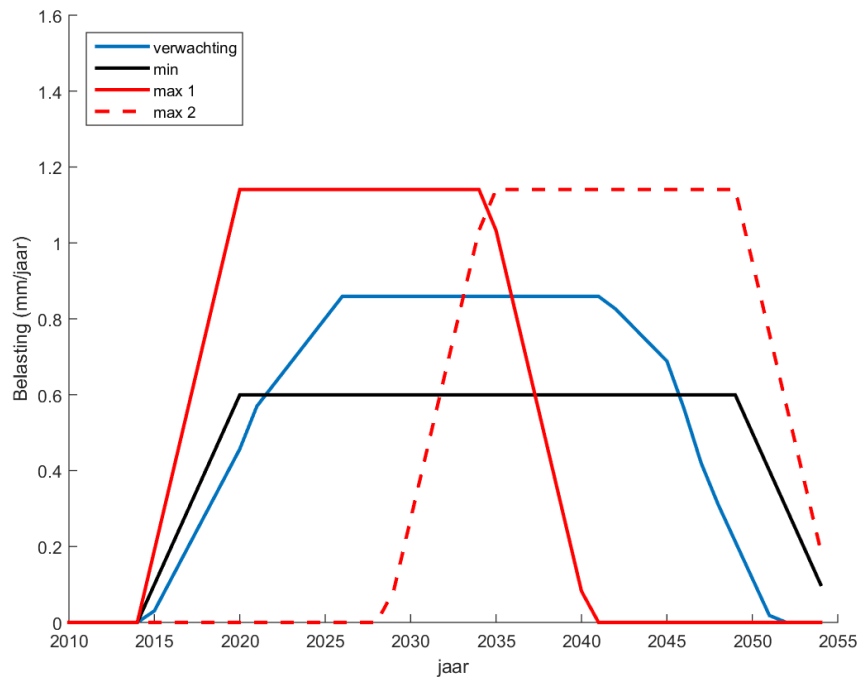
Tabel 3-2. Beschrijving van de zoutproductie scenario's.

Scenario	Beschrijving	Periode
verwachting	Productie volgens bijlage 3A	2017-2051
min	0,82 kton/jaar	2017-2051
max 1	1,56 kton/jaar	2017-2038
max 2	1,56 kton/jaar	2031-2051

3.2.2 *Belasting door zoutwinning Havenmond*

Het effect van de bodemdaling op de gebruiksruimte van Vlie wordt bepaald door de belasting (B) te berekenen (Appendix B). Om de belasting te bepalen wordt aangenomen dat het geproduceerde zoutvolume direct wordt omgezet in bodemdaling. Daarnaast wordt aangenomen dat alle bodemdaling door zoutwinning plaatsvindt in de komberging Vlie (met oppervlak 632 km²). Aangezien een klein deel van de bodemdalingsskom in de naastgelegen komberging Marsdiep ligt, krijg je hierdoor een overschatting van de belasting van de komberging Vlie. Eerst wordt de gemiddelde bodemdalingssnelheid (S) over de komberging bepaald door de jaarlijkse snelheid waarmee het volume van de bodemdalingsskom (=volume zoutwinning) veranderd te delen door het oppervlak van de komberging. Daarna wordt de gemiddelde bodemdalingssnelheid over de komberging over een periode van 6 jaar gemiddeld door middel van een 'moving average' om de belasting (B) te bepalen.

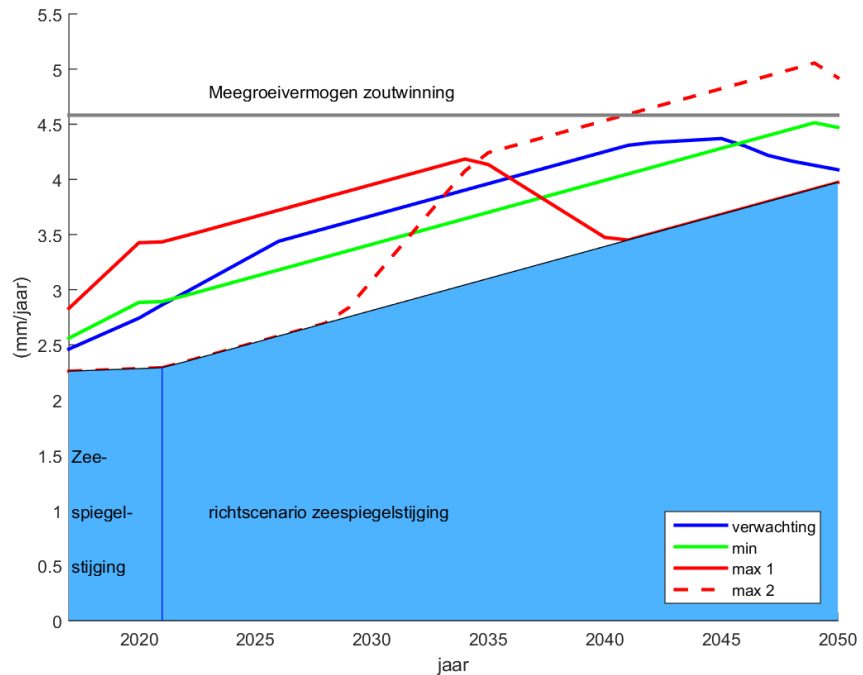
Figuur 3-6 laat de belasting zien voor de zoutwinning Havenmond voor de vier productiescenario's van Tabel 3-2. Na start van de zoutproductie neemt de belasting voor de komberging snel toe. Bij gelijke zoutproductie is de belasting gelijk. Bij afnemende productie of een stop in productie duurt het een aantal jaar voor de belasting nihil is vanwege de 6-jaars gemiddelde ('moving average') van de bodemdalingssnelheid die gebruikt wordt om de belasting te bepalen (Appendix B).



Figuur 3-6. Belasting door zoutwinning Havenmond in de komberging Vlie voor de productiescenario's van Tabel 3-2. De belasting lijkt eerder te beginnen dan de zoutwinning vanwege de 6-jaars middeling ('moving average') die plaatsvindt van de bodemdaling (zie ook Appendix B).

3.2.3 Resultaat 6jr-gebruiksruimtetoets zoutwinning Havenmond

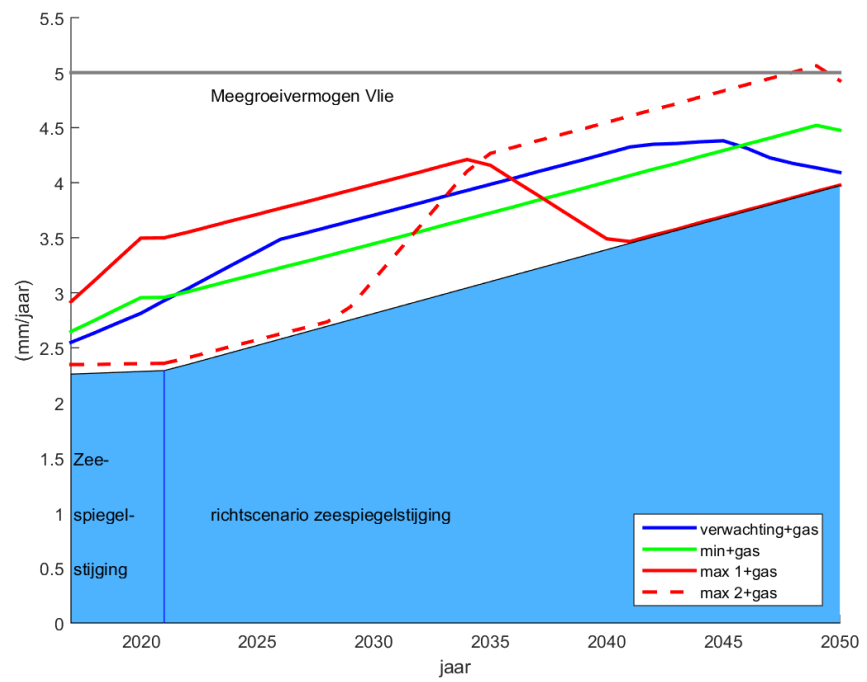
Figuur 3-7 laat de belasting van de zoutwinning Havenmond zien tezamen met de gebruiksruimte voor zoutwinning voor de komberging Vlie voor de periode vanaf 1-1-2016. In de figuur worden de vier productiescenario's getoond. De gebruiksruimte aangewezen voor zoutwinning in de komberging Vlie (EZ 2016) bedraagt het meegroeivermogen Vlie (5 mm/jaar) minus de relatieve zeespiegelstijging en minus het deel van de gebruiksruimte wat gereserveerd is voor gaswinning (0,42 mm/jaar). In het max 2 scenario komt de belasting door zoutwinning uit boven de gebruiksruimte in 2041. Dit scenario neemt aan dat de maximale hoeveelheid zout (32 miljoen ton zout) gewonnen zal worden door 1,56 kton per jaar te winnen geconcentreerd aan het einde van de periode 2017-2051. Als dit scenario optreedt, bijvoorbeeld door significante vertraging van de goedkeuring en/of besluiten t.o.v. de zoutwinning Havenmond, moet rekening gehouden worden met een verminderde mogelijke totale zoutwinning.



Figuur 3-7. Voorspelde belasting voor de komberging Vlie door zoutwinning Havenmond aangegeven door lijnen bovenop de relatieve zeespiegelstijging onder het deel van het meegroeivermogen dat aan zoutwinning is toegewezen.

3.3 Resultaat 6jrs-gebruiksruimtetoets komberging Vlie

Figuur 3-8 laat de belasting van de gaswinning van Zuidwal en de zoutwinning van Havenmond zien tezamen met de gebruiksruimte voor de komberging Vlie voor de periode vanaf 1-1-2016. De periode vanaf 1-1-2016 is gekozen omdat a. het relatieve zeespiegelstijgingsscenario vanaf deze datum is gedefinieerd en b. de belasting bepaald wordt door een 6-jaars 'moving average' waardoor de belasting door zoutwinning (bij een start van de winning in 2017) ook al in 2016 aanwezig is. De belasting door gaswinning bedraagt maximaal 0,1 mm/jaar (zie paragraaf 3.1.4) waardoor de belasting van de zoutwinning scenario's de totale belasting domineert. Alleen in het geval van een maximale zoutwinning van 1,56 kton per jaar vanaf 2031, waarbij in totaal 32 miljoen ton zout wordt gewonnen, wordt de gebruiksruimte overschreden in 2046.



Figuur 3-8. Voorspelde belasting voor de komberging Vlie door gaswinning Zuidwal en zoutwinning Havenmond. De belasting is aangegeven door lijnen bovenop de relatieve zeespiegelstijging onder het meegroeivermogen van de komberging Vlie.

4 19jrs-meegroeivermogenstoets komberging Vlie

In dit hoofdstuk wordt de methodiek en de parameters van de 19jr-meegroeivermogenstoets besproken.

De technische begrippen van de hand aan de kraan procedure, waarvan de 19jr-meegroeivermogenstoets onderdeel uitmaakt, zijn gedefinieerd in Appendix A. In appendix C wordt de methodiek van de 19jr-meegroeivermogenstoets uiteengezet. Het scenario voor de relatieve zeespiegelstijging is aangepast volgens (TNO 2016, zie ook paragraaf 2.1).

4.1 Relatieve zeespiegelstijging

De relatieve zeespiegelstijging wordt gemonitord aan de kust op tien locaties (TNO 2016). Voor de meetperiode 1891-2012 is voor de Nederlandse kust een relatieve zeespiegelstijging gemeten van gemiddeld 18.6 ± 1.5 cm/eeuw (CBS 2013). In zowel Dillingh (2010) als CBS (2013) wordt opgemerkt dat analyse van de samengestelde meetreeks langs de Nederlandse kust tot op heden geen versnelling laat zien in de periode tot en met 2012 voor de relatieve zeespiegelstijging.

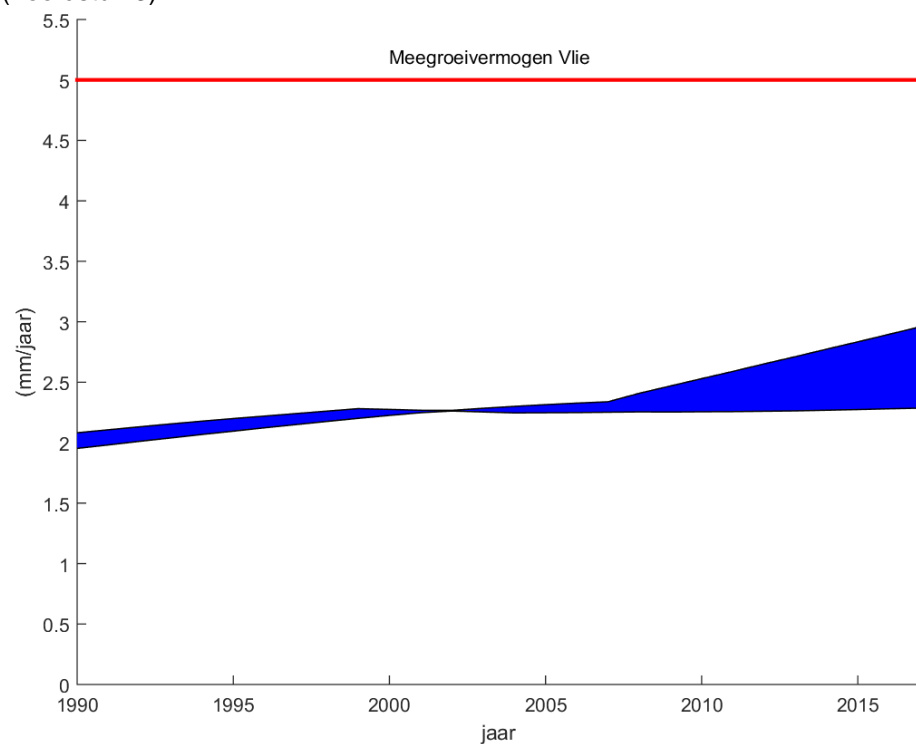
4.2 Bodemdalingssnelheid

Voor de gaswinning in Zuidwal is het 19-jaars gemiddelde van de bodemdalingssnelheid bepaald (zie appendix C) voor de verwachting en worst case scenario van paragraaf 3.1. Beide scenario's passen goed bij de bodemdalingmetingen tot aan januari 2013 (Vermilion 2013). De variatie tussen deze scenario's in de periode tot 2013 geeft de onzekerheid van de bodemdalingmetingen aan. De onzekerheid in de periode vanaf 2013 is groter en wordt vooral bepaald door de onzekerheid in de compactiecoëfficiënt. De 19jr-meegroeivermogenstoets middelt de bodemdalingssnelheid over 19 jaar. Dit betekent dat nu, in 2016, gekeken kan worden naar de periode van de start van de winning van Zuidwal tot aan 2005. Op verzoek van SodM is hier ook toekomstige winning meegenomen om de periode tot 2017 te kunnen evalueren. Om deze reden moeten ook de toekomstige mogelijke scenario's voor de zoutwinning van Havenmond meegenomen worden in deze toets. De scenario's voor de zoutwinning zijn beschreven in paragraaf 3.2. De belasting voor de zoutwinning van Havenmond is ook berekend met een 19-jaars middeling over de bodemdalingssnelheid. De gaswinning van Zuidwal wordt beschreven met twee scenario's en de zoutwinning van Havenmond met vier scenario's. Hierdoor zijn er 8 (2 x 4) scenario's voor de belasting door gaswinning en zoutwinning in de komberging van Vlie.

4.3 Resultaat 19jr-meegroeivermogenstoets

De 19jr-toets is de combinatie van de methodiek (Appendix C) met de invoerparameters (paragraaf 4.1 en 4.2). Het resultaat is gepresenteerd in Figuur 4-1. Deze laat per jaar de variatie in de berekende belasting, inclusief geobserveerde relatieve zeespiegelstijging zien. De belasting door gaswinning van Zuidwal domineert het resultaat tot 2006. Daarna domineert vooral de verwachte belasting door zoutwinning van Havenmond (verwacht vanaf 2017).

De 19jr-meegroeivermogenstoets tot 2017 geeft aan dat de wettelijk vastgelegde grenzen van het Meegroeivermogen voor Vlie niet zijn overschreden. Deze resultaten komen overeen met de resultaten van de 6jr-meegroeivermogenstoets (hoofdstuk 3).



Figuur 4-1. Het resultaat van de 19jr-meegroeivermogenstoets Vlie in de periode 1990 tot 2017.

5 Bevindingen

In het kombergingsgebied Vlie vindt naast gaswinning uit gasveld Zuidwal binnenkort (2017) mogelijk ook zoutwinning plaats (Havenmond). In deze notitie wordt de 6jr-gebruiksruimtetoets en de 19jr-meegroeivermogenstoets uitgevoerd door de komberging Vlie

In de 6jr-gebruiksruimtetoets wordt bepaald of de prognose voor belasting van de gaswinning Zuidwal en de zoutwinning Havenmond binnen het meegroeivermogen van Vlie past. De belasting door gaswinning bedraagt maximaal 0,1 mm/jaar waardoor de belasting van de zoutwinning de totale belasting domineert in de periode vanaf 2016. Alleen in het geval van een maximale zoutwinning van 1,56 kton per jaar vanaf 2031, waarbij in totaal 32 miljoen ton zout wordt gewonnen, wordt met het huidige richtscenario voor de relatieve zeespiegelstijging de gebruiksruimte overschreden in 2046.

In de 19jr-meegroeivermogenstoets wordt bepaald of de realisatie van de belasting van de gaswinning Zuidwal en de zoutwinning Havenmond binnen het meegroeivermogen van Vlie past. De belasting door de gaswinning van Zuidwal domineert het resultaat tot 2006. Daarna komt de zoutwinning van Havenmond (verwachte start in 2017) in beeld en deze gaat de verwachte belasting van de komberging Vlie domineren. De 19jr-meegroeivermogenstoets tot 2017 geeft aan dat de wettelijk vastgelegde grenzen van het meegroeivermogen voor Vlie niet zijn overschreden. Deze resultaten komen overeen met de resultaten van de 6jr-meegroeivermogenstoets.

6 Referenties

- CBS 2013 CBS, PBL, Wageningen UR (2013). Zeespiegelstand langs de Nederlandse kust en mondiaal, 1891-2012 (indicator 0229, versie 08, 24 september 2013). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR Wageningen.
- Cleveringa 2010 Meegroeivermogen en gebruiksruimte in de getijdebekkens Vlie en Marsdiep; Grootschalige morfologische ontwikkeling westelijke Waddenzee. Rapport A2062R3r5, Alkyon, 2010.
- Deltares 2010 Het meegroeivermogen van de westelijke Waddenzee, Advies aan het ministerie van Economische Zaken (kenmerk: 1202685-000-BGS-0007)
- Dillingh 2010 Dillingh, D., Baart, F., de Ronde, J. G., 2010. Deltares rapport 1201993-002. Definitie zeespiegelstijging voor bepaling suppletiebehoefte – rekenmodel t.b.v. handhaven kustfundament.
- EZ 2006 Rijksprojectbesluit Gaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, Ministerie van Economische Zaken, 2006.
- EZ 2006b Gaswinning binnen Randvoorwaarden, Passende Beoordeling van het rijksprojectbesluit gaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (Bijlage 3). Ministerie van Economische Zaken, 20 januari 2006.
- EZ 2016 Wijziging instemmingsbesluit winningsplan zoutwinning Havenmond. DGETTM-EO/16129869.
- Frisia 2012 Geactualiseerd winningsplan Havenmond. Versie 14 december 2012.
- Van Opstal 1974 The effect of base rock rigidity on subsidence due to compaction. Proceedings of the Third Congress of the International Society of Rock Mechanics, Denver Colorado, 1974, volume II, part B, National academy of sciences, Washington D.C.
- SodM 2013 Advies SodM/TNO winningsplan Havenmond, 27 juni 2013. Kenmerk 13113750
- TNO 2015 Meegroeivermogenstoets Waddenzee TNO 2015 R10885.
- TNO 2016 Actualisering beleidsscenario zeespiegelstijging voor delfstofwinning onder de Waddenzee, TNO-AGE 16-10.066.
- Vermilion 2015 Zuidwal subsidence modeling. Powerpoint Vermilion Energy 2015.
- Vermilion 2015b Winningsplan Zuidwal December 2015.

7 Ondertekening

Utrecht, 14-10-2016

TNO

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Dr. I.C. Kroon
Afdelingshoofd

Karin van Thienen-Visser
Auteur

A Begrippenlijst

Bodemdaling

Daling van de bodem als gevolg van samendrukking van de gasvoerende laag door de gaswinning (drukdaling). (Bodemdaling treedt ook op door autonome effecten in de diepe ondergrond en door bijvoorbeeld onttrekking van grondwater.)

Compactie

Samendrukking: hier gebruikt voor het samendrukken van het gasvoerende reservoirgesteente ten gevolge van de druksdaling door gasonttrekking.

Gaswinning

Het scheiden van gas uit het mengsel van gas, water en condensaat dat middels productieboringen onder hoge druk uit de grond wordt onttrokken.

Gebruiksruimte

Het verschil tussen het meegroeivermogen van een kombergingsgebied en de relatieve zeespiegelstijging (rZss). Dit verschil is de ruimte die te gebruiken is (na middeling over 6 jaar; voortschrijdend gemiddeld, symmetrisch) voor menselijke activiteiten, die zandhonger genereren. Zoals bijvoorbeeld bodemdaling veroorzaakt door gaswinning.

Geomorfologisch evenwicht (m.b.t. de Waddenzee):

De duurzame aanwezigheid van sedimentatie- en erosieprocessen, waarbij de verschillende geomorfologische elementen, zoals geulen en platen met een verschillende diepteligging, binnen dezelfde variatiebreedte als de afgelopen 100 jaar in stand blijven.

Jura

Geologisch tijdperk van ongeveer 145 tot 200 miljoen jaar geleden.

Kombergingsgebied

Het stroomgebied behorende bij één zeegat, begrensd door de dijk of kwelder of supragetijdse zandplaat aan de vastelandzijde en eilandzijde en door de wantijen van de aangrenzende kombergingsgebieden. Als gevolg van de getijdenwisselingen van de Noordzee stromen de kombergingsgebieden tijdens vloed vol tot hoogwater, waarna dit getijdewater er weer uitloopt tijdens eb tot laagwater.

Krijt

Het Krijt is een [geologisch tijdperk](#) dat duurde van ongeveer 145 tot 66 miljoen jaar ([Ma](#)) geleden.

Meegroeivermogen (van een kombergingsgebied)

Het natuurlijke vermogen van een kombergingsgebied, uitgedrukt in mm/jaar over het hele gebied, om de relatieve zeespiegelstijging (rZss) op lange termijn bij te houden terwijl het geomorfologisch evenwicht en de sediment balans in stand blijven.

Perm

Het [geologisch tijdperk](#) Perm duurde van $298,9 \pm 0,2$ tot $252,2 \pm 0,5$ miljoen jaar geleden ([Ma](#)).

Relatieve zeespiegelstijging (rZss)

De som van de stijgsnelheid van de zeespiegel en de daalsnelheid van de ondergrond, waarbij geen rekening is gehouden met erosie en sedimentatie.

Reservoir

Geïdentificeerde ondergrondse structuur die gasvoerend is (=gasveld).

Rpb

Afkorting Rijksprojectbesluit.

rZss

Relatieve zeespiegelstijging.

Sideriet

Sideriet is een mineraal dat zeer algemeen voorkomt en in allerlei verschillende typen [gesteenten](#) kan ontstaan. Het wordt gevormd in [biogeen afzettingsgesteente](#) als [kalksteen](#), en ook in [stollings-](#) en [metamorfe gesteenten](#). Het is een typisch mineraal dat ontstaat bij [verwerking](#) van andere gesteenten en zorgt voor de oranjebruine kleur van verweerde kalksteen. (bron:wikipedia)

Schalie

Schalie is een [sedimentair gesteente](#) dat bestaat uit geharde, [geconsolideerde klei](#). In tegenstelling tot [kleisteen](#) heeft schalie een duidelijke [splitsing](#). (bron:wikipedia)

Vlieland zandsteen

Een van de lagen van de Rijnland Groep. De is een [groep gesteentelagen](#) uit de [Nederlandse lithostratigrafie](#) uit het Vroeg-[Krijt](#).

Zeespiegelstijging

De lange termijn stijging van de gemiddelde zeespiegel: voor Nederland hangt deze op langere termijnen samen met de mondiale zeespiegelstijging.

Zechstein groep

Een pakket gesteentelagen in de ondergrond met o.a. steenzout uit het Midden tot laat Perm.

B 6jr-gebruiksruimtetoets

In deze paragraaf wordt de synthese gegeven van die elementen in de vorm van een eenduidig 'recept', op basis waarvan kan worden getoetst, of voorgenomen gaswinning kan worden toegestaan binnen de voorwaarden van de Vogel- en Habitatrichtlijn. Dit 'recept' is alleen project-specifiek in die zin, dat voor het kombergingsgebied waarop de gaswinning invloed heeft, te weten komberging Vlie, de gebruiksruimte is bepaald.

Meegroeivermogen per komberging

Het meegroeivermogen M wordt uitgedrukt in termen van de equivalente rZss:

$$\text{Vlie} \quad M = 5 \text{ mm/jaar}$$

Scenario snelheid relatieve zeespiegelstijging

Het gekozen scenario voor de snelheid van de relatieve zeespiegelstijging (Z) is gedefinieerd in twee perioden. De eerste periode is gebaseerd op de historische metingen en beslaat de periode 2007 tot 2021, de tweede periode is een richtscenario voor de zeespiegelstijging, waarbij uitgegaan is van een versnelling van de zeespiegelstijging vanaf 2021 (conform het TNO-AGE advies TNO 2016).

$$\text{2016 tot 2021:} \quad Z(j) = Z(2007) + (j-2007) \cdot A_1$$

$$\begin{aligned} \text{met} \quad Z(2007) &= 2,181 \text{ mm/jaar} \\ \text{en} \quad A_1 &= 0,00076 \text{ mm/(jaar)}^2 \end{aligned}$$

$$\text{m. i. v. 2021} \quad Z(j) = Z(2021) + (j-2021) \cdot A_2$$

$$\text{met} \quad A_2 = 0,058 \text{ mm/(jaar)}^2$$

De waarden voor Z(J) gelden aan het begin van het kalenderjaar J. De coëfficiënten A1 en A2 representeren acceleratie in de zeespiegelstijging.

Het scenario 'm. i. v. 2021' wordt tot 1.1.2021 beschouwd als een richtscenario. Per die datum zal op grond van de dan bestaande informatie en inzichten over het gedrag van de zeespiegel het scenario voor (tenminste) de dan komende 5 jaar wordt vastgesteld, alsmede een nieuw richtscenario voor de periode daarna, etc.

Gebruiksruimte

De gebruiksruimte G is gedefinieerd als het meegroeivermogen (M), verminderd met de belasting van dat meegroeivermogen door (autonome) relatieve zeespiegelstijging:

$$G(J) = 5 - Z(J) \text{ mm/jaar}$$

De waarden voor G(J) gelden aan het begin van het kalenderjaar J.

 criterium beoordeling inpassing bodemdaling t.g.v. gaswinning

De verwachting voor de bodemdalingssnelheid - gemiddeld over eenkombergingsgebied - wordt gegeven in een tijdreeks op jaarbasis:

S(J) met J = Jstart , Jstart+n. Jstart is het kalenderjaar van productiestart en n geeft de lengte in jaren van de prognose aan sinds het kalenderjaar van productiestart. De elementen uit die reeks zijn jaargemiddelden, die worden toegewezen aan het midden van het betreffende kalenderjaar.

In de eerder in dit rapport gegeven redenering rond het sediment-Invangend vermogen van kombergingen is aangegeven, dat het bovengenoemde meegroeivermogen van een komberging geldt op een tijdschaal van 19 jaar of langer. **Voor de initiatiefnemer is dit teruggebracht naar een periode van 6 jaar.** Daarmee in lijn moet worden beoordeeld (**voortschrijdend gemiddeld, symmetrisch**), welke invloed de bodemdaling ten gevolge van gaswinning op diezelfde tijdschaal heeft. Gedefinieerd wordt de belasting B als de bodemdalingssnelheid gemiddeld over een tijdvak van 6 jaren.

$$B(J) = [S(J-3) + S(J-2) + S(J-1) + S(J) + S(J+1) + S(J+2)] / 6$$

De waarde voor B(J) geldt aan het begin van het kalenderjaar J. De eis voor inpasbaarheid van bodemdaling t.g.v. gaswinning in een gegeven komberging is dan:

$$B(J) < G(J)$$

C 19jr-meegroeivermogenstoets

In deze appendix wordt de 19jr-meegroeivermogenstoets gedefinieerd. Deze toets kijkt naar de realisatie, in dit geval in de periode 2007 tot 2012.

Meegroeivermogen per komberging

Het meegroeivermogen M wordt uitgedrukt in termen van de equivalente rZ_{ss} :

$$\text{Vlie} \quad M = 5 \text{ mm/jaar}$$

Scenario snelheid relatieve zeespiegelstijging

Het gekozen scenario voor de snelheid van de relatieve zeespiegelstijging (Z) is gebaseerd op de historische metingen en beslaat de periode 2007 tot 2012.

Gebruiksruimte

De gebruiksruimte G is gedefinieerd als het meegroeivermogen (M), verminderd met de belasting van dat meegroeivermogen door (autonome) relatieve zeespiegelstijging:

$$\text{Vlie} \quad G(J) = 5 - Z(J) \text{ mm/jaar}$$

De waarden voor $G(J)$ gelden aan het begin van het kalenderjaar J .

Criterium beoordeling inpassing bodemdaling t.g.v. gaswinning

De verwachting voor de bodemdalingsnelheid - gemiddeld over een kombergingsgebied - wordt gegeven in een tijdreeks op jaarbasis:

$S(J)$ met $J = J_{\text{start}}, \dots, J_{\text{start}}+n$. J_{start} is het kalenderjaar van productiestart en n geeft de lengte in jaren van de prognose aan sinds het kalenderjaar van productiestart. De elementen uit die reeks zijn jaargemiddelden, die worden toegewezen aan het midden van het betreffende kalenderjaar.

In de eerder in dit rapport gegeven redenering rond het sediment-invangend vermogen van kombergingen is aangegeven, dat het bovengenoemde meegroeivermogen van een komberging geldt op een tijdschaal van 19 jaar of langer. Gedefinieerd wordt de belasting B^{19} als de bodemdalingsnelheid gemiddeld over een tijdvak van 19 jaren.

$$B^{19}(j) = [S(j-9) + S(j-8) + \dots + S(j) + S(j+1) + \dots + S(j+8) + S(j+9)] / 19$$

De waarde voor $B^{19}(J)$ geldt aan het begin van het kalenderjaar J . Hier wordt gekozen om een gemiddelde over een tijdvak van 19 jaar te nemen, waarbij 9 jaar achteruit wordt gekeken en 9 jaar vooruit. Dit komt overeen met de operationele toets, met als verschil dat deze over 6 jaar is gedefinieerd. De belasting in 2012 wordt dan gegeven door de belasting van 2003 tot 2021.

De toets voor inpasbaarheid van bodemdaling t.g.v. gaswinning in een gegeven komberging is dan:

$$B^{19} (J) < G (J)$$