



Inhoudsopgave

7	Effecten productie op het Lauwersmeergebied	260
7.1	Inleiding	260
7.2	Waterhuishouding	260
7.2.1	Inleiding.....	260
7.2.2	Effecten grondwatersysteem	261
7.2.3	Effecten oppervlaktewatersysteem.....	265
7.2.4	Mitigerende maatregelen	274
7.3	De levende natuur.....	276
7.3.1	Inleiding.....	276
7.3.2	Effecten bodemdaling Anjumvelden en nieuwe velden	279
7.3.3	Effecten bodemdaling van de nieuwe winningen (Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen).....	286
7.3.4	Mitigerende maatregelen	287
7.3.5	Aandachtspunten voor de effectenvoorspelling	287



7 Effecten productie op het Lauwersmeergebied

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten ten gevolge van bodemdaling door aardgaswinning uit de zes velden beschreven voor het Lauwersmeergebied. Evenals in [hoofdstuk 4](#) wordt een tweedeling aangehouden ten aanzien van effecten op het abiotische systeem (de waterhuishouding) enerzijds en het biotische systeem (levende natuur) anderzijds. De huidige waterhuishoudkundige en ecologische situatie en ontwikkelingen in het studiegebied zijn beschreven in [hoofdstuk 4](#).

Ten behoeve van de effecten op de waterhuishouding is door Grontmij de 'Effectenstudie aardgaswinningen Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen' uitgevoerd [[ref. 7.2](#)]. Dit rapport is als achtergronddocument aan dit MER toegevoegd. De belangrijkste passages met betrekking tot de effecten van bodemdaling door gaswinning uit dit rapport zijn opgenomen in [paragraaf 7.2](#).

Ten behoeve van de effecten op de levende natuur van de natuurgebieden binnen het studiegebied is door Altenburg&Wymenga de studie 'Natuurwaarden in het Lauwersmeergebied en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning' uitgevoerd [[ref. 7.1](#)]. Ook dit rapport is als achtergronddocument aan dit MER toegevoegd. De belangrijkste passages uit dit rapport zijn opgenomen in [paragraaf 7.3](#).

De effecten van de winning van de Kollumerpomperpomp- en Munnekezijlvelden aan de zuidzijde van het Lauwersmeer, zijn niet in de rapportages meegenomen. Deze winningen vallen, evenals de winning van de Anjumvelden, onder de 'autonome ontwikkeling'. De bodemdaling veroorzaakt door de Kollumerpomperpomp- en Munnekezijlwinning cumuleert niet met de van de nieuwe winningen maar wel met die van de Anjumwinning terwijl de bodemdaling van de Anjum wel cumuleert met die van de nieuwe winningen. Daarom zijn de effecten van de winning van de Anjumvelden wel en die van de Kollumerpomperpomp/Munnekezijlvelden niet in de studies meegenomen. De 2 cm bodemdalingscontour van de Kollumerpomperpomp/Munnekezijlwinning raakt echter het zuidelijke deel het studiegebied en beïnvloedt daarmee het beheer van gebieden die deel uitmaken van het studiegebied, zij het in beperkte mate (maximaal ca 2 cm). Daarom is in dit hoofdstuk het cumulatieve effect van de bodemdaling door de Kollumerpomperpomp/Munnekezijlwinning ingeschat aan de hand van de bevindingen in de rapporten.

In [paragraaf 7.2.4](#) wordt kort stilgestaan bij de effecten op de overige functies binnen het studiegebied.

7.2 Waterhuishouding

7.2.1 Inleiding

Het watersysteem in het binnendijkse studiegebied is vrijwel geheel kunstmatig. Effecten van bodemdaling hangen nauw samen met de beïnvloeding van peilregelende kunstwerken waardoor negatieve effecten meestal kunnen worden opgevangen binnen het waterbeheer.

De meest voor de hand liggende effecten van bodemdaling bij een ongewijzigd peilbeheer hebben betrekking op het oppervlaktewatersysteem. Het gaat daarbij om de stijging van het oppervlaktewaterpeil ten opzichte van de (dalende) omgeving. Voor de betreffende gronden brengt dat een toename in het areaal geïnundeerd gebied en de inundatiefrequentie en hoogte met zich mee; voor de betreffende peilregelende kunstwerken veranderde lozingsomstandigheden.

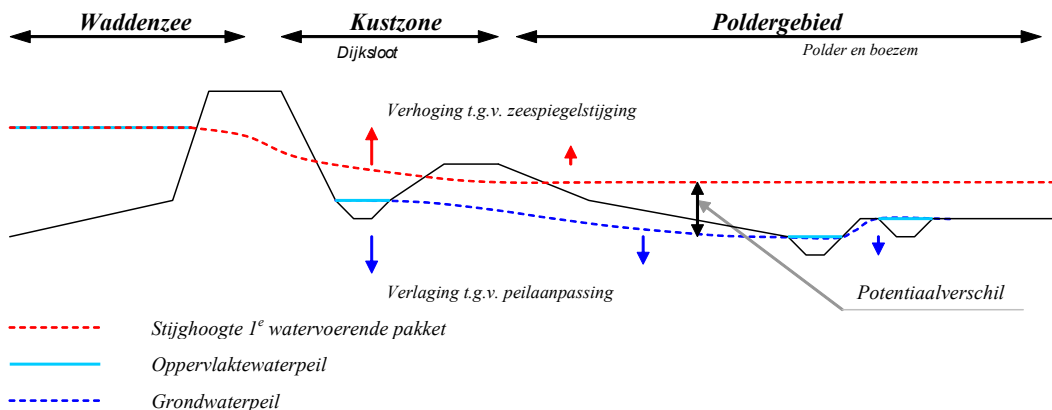


De effecten van bodemdaling op het grondwatersysteem (het watersysteem beneden de grondwaterspiegel) zijn minder direct en eenduidig omdat ze mede bepaald worden door:

- de afstand van het dalingsgebied tot de kust (in verband met de weerstand van de ondergrond die toeneemt met de afstand)
- de regionale en lokale grondwatersituatie
- de hydraulische eigenschappen van de ondergrond
- het gevoerde waterbeheer

Bodemdaling heeft in eerste instantie een effect op de drooglegging van de gronden. Om de gewenste drooglegging te handhaven of te herstellen, kan binnen het beheer worden besloten tot peilaanpassingen. Effecten van bodemdaling zijn over het algemeen pas merkbaar als de peilaanpassing wordt doorgevoerd omdat daardoor het verschil tussen de opwaartse waterdruk vanuit de ondergrond (stijghoogte eerste watervoerende pakket) en de 'tegendruk' van het grondwater (dat samenhangt met het oppervlaktewaterpeil) wordt beïnvloed. Wijzigingen in het potentiaalverschil hebben een effect op de kwelstromen. In het geval van bodemdaling houdt dat meestal een drukverhoging vanuit de ondergrond in waardoor de verzilting kan toenemen. Of binnen het beheer het waterpeil wordt aangepast is afhankelijk van de doelstellingen van het gebied zoals landgebruik en de mate van acceptatie van een zoutere en nattere situatie.

Schematisch is de invloed van zeespiegelstijging en oppervlaktewaterpeilverlaging op de grondwaterstroming in onderstaand dwarsprofiel (figuur 7.1) weergegeven. Bij zeespiegelstijging neemt de stijghoogte toe terwijl door verlaging van het oppervlaktewaterpeil ook het peil van het grondwater afneemt. In beide gevallen kan daardoor het potentiaalverschil toenemen wat gevolgen kan hebben voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Deze processen zijn in de figuur met gekleurde peilen weergegeven.



Figuur 7.1. Dwarsprofiel noord-zuid ten westen Lauwersmeergebied [ref 7.2]

De effecten op het grondwatersysteem worden beschreven aan de hand van veranderingen in het potentiaalverschil als gevolg van bodemdaling al dan niet in combinatie met peilaanpassingen om de effecten van bodemdaling op te vangen. Het effect van veranderingen in het potentiaalverschil is verschillend voor de zones die binnen het studiegebied op basis van de afstand tot de kust en de hoogteligging zijn onderscheiden: de kustzone, het poldergebied en het Lauwersmeergebied (zie Hoofdstuk 4).

De effecten op het oppervlaktewatersysteem worden beschreven aan de hand van de die aspecten die van belang zijn voor zowel het water als het natuurbeheer. Nagenoeg alle effecten van bodemdaling door gaswinning kunnen door beheermaatregelen worden opgevangen. Hiervoor zijn of worden in overleg met betrokkenen al structuren opgezet en voorzieningen getroffen (zie H4). Bij het bepalen van de effecten is rekening gehouden met de onzekerheidsmarges zoals aangegeven in hoofdstuk 5.

7.2.2 Effecten grondwatersysteem

Binnen het grondwatersysteem worden in het onderliggende rapport [ref. 7.2] een drietal zones onderscheiden. De effecten van bodemdaling door gaswinning worden eerst per



zone op hoofdlijnen besproken. Tot slot wordt een overzicht gegeven van de te verwachten effecten en waarbij de effecten voor zover mogelijk worden gekwantificeerd.

De kustzone

De kustzone is een relatief hoog gelegen gebied met een drooglegging van circa 1,50 m. Een vermindering van de drooglegging met bijvoorbeeld 12 cm (de maximale bodemdaling door gaswinning) hoeft geen nadelige effecten te hebben op de akkerbouw in dit gebied (zie verder [paragraaf 7.4](#)). Daarom is het in de kustzone niet altijd noodzakelijk het waterpeil met de bodemdaling mee te laten zakken. Als peil aanpassingen nodig zijn kan het potentiaalverschil en daarmee ook de verzilting in het gebied toenemen temeer als door zeespiegelstijging het potentiaalverschil verder oploopt en de deklaag boven het watervoerende pakket een geringe weerstand heeft.

Het poldergebied

Het poldergebied is een relatief laaggelegen gebied met een laag polderpeil (circa NAP - 1,50 m). Door het grote peilverschil tussen de zee en de polder en de lokaal zeer dunne weerstandsbiedende laag (afgeticheld), is de (zoute) kweldruk er hoog en daarmee ook de chloride concentraties in het oppervlaktewater en natte percelen.

Ook in het poldergebied gaat bodemdaling niet automatisch gepaard aan een peil aanpassing. Peil aanpassingen worden alleen doorgevoerd als sprake is van een ongewenste verandering in de drooglegging of waterafvoer. Grote delen van het poldergebied zijn in verband met de huidige zilte toestand alleen nog maar geschikt voor grasland en hebben een beperkte drooglegging ([zie verder paragraaf 7.4](#)). Hierdoor leidt een beperkte stijging van het grondwater door bodemdaling niet meteen tot een onwenselijke situatie. afhankelijk van de grondwatersituatie, de hydraulische eigenschappen van de ondergrond en de afstand tot de kust kan peil aanpassing een toename van de zoute kwel en de verzilting met zich mee kan brengen.

Zeespiegelstijging heeft in het poldergebied niet tot nauwelijks invloed op de verzilting vanwege de grote weerstand van de ondergrond (a.g.v. de afstand tot de kust). Verhoogde indringing van zeewater en een verhoogde kweldruk speelt hier dan ook geen rol van betekenis

In het poldergebied liggen ook natuurgebieden waar gewaardeerde zilte vegetaties voorkomen. In dergelijke gebieden kan enige mate van verzilting en/of vernatting vanuit het oogpunt van natuurbeheer zelfs wenselijk zijn. In het natuurgebied de Anjumer Kolken is dit het geval. Daar leidt het verlagen van de waterstand tot het stimuleren van de zoute kwel, wat een positief effect heeft op de voor deze brakke polders kenmerkende flora en fauna. Om inklinking en oxidatie van het veen te voorkomen kan ook vernatting juist wenselijk zijn. Echter, het veenpakket is ter plekke al zo dun dat peil aanpassingen niet of nauwelijks effect hebben.

Het Lauwersmeer

Voor wat het grondwater betreft is het Lauwersmeer onderverdeeld in de kustzone van het meer en het resterende deel. Door de peilverschillen tussen het oppervlaktewater van het Lauwersmeer, het omliggende gebied en de Waddenzee, is er lokaal sprake van grondwaterstroming van en naar het Lauwersmeer. Het peilverschil tussen Waddenzee en de kustzone van het Lauwersmeer veroorzaakt een landinwaarts gerichte 'dijkswel'. De toename in dijkswel als gevolg van bodemdaling door gaswinning is relatief klein gelet op de verwachte daling en zeer klein vergeleken met de toename door zeespiegelstijging. De bodemdalingsprognose in de kustzone van het Lauwersmeer laat namelijk een daling tussen de 1,5 en 6 cm zien tot 2040. Absoluut gezien is er dan sprake van een toename met enkele millimeters per jaar.

Een effect van de bodemdaling door gaswinning op de verzilting van het Lauwersmeer zelf wordt niet verwacht gelet op de grote 'tegendruk' van het oppervlaktewater en het beperkte effect van bodemdaling op de grondwaterstromen. Bovendien valt het verziltingeffect weg tegen de schommelingen in het zoutgehalte van het water als gevolg van de wisselende aanvoer van water uit het achterland in de loop van het jaar (laag in de zomer; hoog in winter).



TNO onderzoek

In 1997 heeft TNO-NITG [ref. 7.8] onderzoek gedaan naar het effect van aardgas- en zoutwinning en zeespiegelstijging (60 cm/eeuw) op de verzilting. Daarbij is de bodemdaling gelijkgesteld aan peilverlaging en is uitgegaan van een relatief grote bodemdaling. Uit het onderzoek is gebleken dat het effect merkbaar is langs de Waddenzeekust, rond het Lauwersmeer en in Noord oost Friesland. Langs de kust is de toename in (kwel)fluxen zeer klein (<10mm/j), rond het Lauwersmeer klein (10-20 mm/j) en in Noord-Oost Friesland het grootst. De toename van de zoutbelasting op de deklaag is echter niet groot (maximaal een toename van 500-1.000 kg/ha/jaar) en vindt plaats in de westelijke omgeving van het Lauwersmeer. De daadwerkelijke extra verzilting die optreedt als gevolg van bodemdaling is zeer klein 0,1-0,2 kg/m³ [ref. 7.8]. Door zeespiegelstijging neemt de stijghoogte van het eerste watervoerende pakket in de kustzone toe. De toename is gering maar merkbaar tot 6 km landinwaarts vooral in Noodoost Friesland. De toename van de zoutbelasting op de deklaag is merkbaar in de randzone langs de kust en het sterkst bij het Lauwersmeer. De extra verzilting die daardoor kan optreden is niet groot (tot 0,4 kg/m³).

Conclusie

Bodemdaling heeft in het plangebied, gelet op de relatief geringe daling en het beperkte effect op de grondwaterstromen, géén effect op de verzilting. Echter, door peilverlagingen die soms nodig zijn om de effecten van bodemdaling op te heffen, kan vooral in (laaggelegen) poldergebieden de kwel flux toenemen. Peilaanpassingen zijn niet noodzakelijk als ten aanzien van het gebruik een kleinere drooglegging of een toename van de kwel flux met enkele millimeters per jaar acceptabel is. Zeespiegelstijging heeft voornamelijk een effect op de verzilting in de kustzone en met name die van het Lauwersmeer. Het effect is echter niet groot.

Overzicht effecten op grondwatersysteem

De effecten van bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging op het grondwatersysteem zijn per zone in geschat omdat lokaal niet over voldoende detailinformatie kon worden beschikt. Om een zo goed mogelijke kwantitatieve inschatting van de effecten te kunnen maken, is gebruik gemaakt van de veranderingen in het peilverschil tussen de Waddenzee en het binnendijkse gebied. Veranderingen in het peilverschil gaan gepaard met veranderingen in het potentiaalverschil tussen het eerste watervoerende pakket en het freatische grondwater/oppervlaktewatersysteem. Afhankelijk van de veranderingen in het peil/potentiaalverschil, de afstand van het gebied tot de kust en de hydraulische omstandigheden in de ondergrond neemt de verzilting in de binnendijkse gebieden toe of af (zie 7.2.1). Een toename van het potentiaalverschil gaat over het algemeen gepaard met een toename van de (zoute) kweldruk en daarmee de verzilting van het oppervlaktewater.

De veranderingen in de peilverschillen zijn voor de verschillende zones binnen het grondwatersysteem, samengevat in tabellen 7.1 t/m 7.3. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de veranderingen als gevolg van de autonome ontwikkeling (Anjum-, Kollumpomp en Munnekezijlvelden; tabel 7.1), de nieuwe winningen (Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen; tabel 7.2) en alle winningen vanaf het begin van de Anjum-Kollumerpomp- en Munnekezijlwinning (tabel 7.3).

Tabel 7.1a Veranderingen in de peilverschil tussen de Waddenzee en het binnendijkse gebied in de autonome ontwikkeling

Autonome ontwikkeling			
Dijkswel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Kustzone Fryslân	2-10	30	62-70
Kustzone Lauwersmeer	2-8	30	125-128
Kustzone Groningen	2-4	30	182-184
Grondwaterkwel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Poldergeb. Fryslân	2-12	geen invloed	67-77
Poldergeb. Groningen	4-6	geen invloed	12-14
Lauwersmeer	4-8	geen invloed	4-8



Tabel 7.1b Percentuele bijdrage en toe-/afname van bodemdaling in de toename van het peilverschil.

Autonome ontwikkeling			
Dijkswkel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Kustzone Fryslân	32-40	3-14	7-33
Kustzone Lauwersmeer	32-38	26-30	2-9
Kustzone Groningen	32-34	1-2	1-3
Grondwaterkwel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Poldergeb. Fryslân	2-12	3-16	3-18
Poldergeb. Groningen	4-6	33-43	50-75
Lauwersmeer	4-8	100	0

Conclusies autonome ontwikkeling

Als gevolg van de bodemdaling door gaswinning van de huidige winningen neemt het peilverschil in de kustzones en de poldergebieden toe. De toename van het verschil als gevolg van bodemdaling neemt vooral in de kustzone van Fryslân toe en in het poldergebied van Groningen toe.

Tabel 7.2a Veranderingen in de peilverschil tussen de Waddenzee en het binnendijkse gebied door de nieuwe winningen

Nieuwe winningen Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen			
Dijkswkel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Kustzone Fryslân	2-10	30	62-70
Kustzone Lauwersmeer	2-4	30	125-127
Kustzone Groningen	0	30	180
Grondwaterkwel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Poldergeb. Fryslân	2-8	geen invloed	67-73
Poldergeb. Groningen	0	geen invloed	8
Lauwersmeer	0	geen invloed	0

Tabel 7.2b Percentuele bijdrage en toe-/afname van bodemdaling in de toename van het peilverschil

Nieuwe winningen Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen			
Dijkswkel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Kustzone Fryslân	32-40	3-14	7-33
Kustzone Lauwersmeer	32-34	2-3	2-4
Kustzone Groningen	0	0	0
Grondwaterkwel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Poldergeb. Fryslân	2-8	3-11	3-12
Poldergeb. Groningen	0	0	0
Lauwersmeer	0	0	0

Conclusies nieuwe velden

Als gevolg van de nieuwe winningen neemt het peilverschil toe in de kustzone van Fryslân, Lauwersmeer en het poldergebied van Fryslân. Er zijn geen effecten in de kustzone van Groningen en de poldergebieden Groningen en Lauwersmeer.



Tabel 7.3a Veranderingen in de peilverschil tussen de Waddenzee en het binnendijkse gebied door alle winningen vanaf het begin van de Anjum- en Munnekezijlwinning

Alle winningen vanaf begin Anjum-, Kollumerpomp- en Munnekezijlwinning			
Dijkswkel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Kustzone Fryslân	2-16	30	62-76
Kustzone Lauwersmeer	4-12	30	127-135
Kustzone Groningen	2-4	30	182-184
Grondwaterkwel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Poldergeb. Fryslân	2-16	geen invloed	67-81
Poldergeb. Groningen	4-6	geen invloed	12-14
Lauwersmeer	4-10	geen invloed	4-10

Tabel 7.3b Percentuele bijdrage en toe-/afname van bodemdaling in de toename van het peilverschil

Alle winningen vanaf begin Anjum-, Kollumerpomp- en Munnekezijlwinning			
Dijkswkel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Kustzone Fryslân	32-46	3-21	7-53
Kustzone Lauwersmeer	34-42	3-9	4-13
Kustzone Groningen	32-34	1-2	1-3
Grondwaterkwel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Poldergeb. Fryslân	2-16	3-20	3-25
Poldergeb. Groningen	4-6	33-43	50-75
Lauwersmeer	4-10	100	0

Conclusies alle winningen vanaf begin Anjum-, Kollumerpomp- en Munnekezijlwinning

Als gevolg van alle winningen neemt het peilverschil tussen toe in de kustzones en poldergebieden. De toename van het verschil als gevolg van bodemdaling neemt vooral in de kustzone van Fryslân en Lauwersmeer toe en in het poldergebied van Friesland en Groningen. Toename van het peilverschil kan een verhoging van de verzilting veroorzaken

Eindconclusie effecten op het grondwatersysteem

Uit een vergelijking van de tabellen over de dijkswkel en de grondwaterkwel in de autonome ontwikkeling en als gevolg van alle winningen, valt op te maken dat de nieuwe winningen relatief weinig effect hebben op het potentiaalverschil en daarmee de verzilting in het binnendijkse gebied. Als gevolg van de nieuwe winningen neemt het potentiaalverschil bij de dijkswkel in de kustzone van Fryslân en het Lauwersmeer iets toe en neemt ook het potentiaalverschil bij de grondwaterkwel in de poldergebieden van Fryslân en het Lauwersmeer iets toe. De toename van de verschillen kunnen echter als marginaal worden beschouwd.

7.2.3 Effecten oppervlaktewatersysteem

Binnen het oppervlaktewatersysteem worden in het onderliggende MER-rapport ([ref. 7.2]) enkele deelgebieden en een groot aantal afwateringsgebieden onderscheiden. Een bespreking van alle gebieden afzonderlijk is te omslachtig temeer daar er in veel afwateringsgebieden niet af nauwelijks sprake is van een duidelijk effect en om het verschillende soorten effecten gaat. Daarom worden eerst de effecten op die onderdelen besproken die van belang zijn voor het water/natuurbeheer waarbij in grote lijnen wordt aangegeven in welk deel van het studiegebied ze een rol van betekenis spelen. Tot slot wordt een overzicht gegeven van de te verwachten effecten waarbij de effecten zoveel mogelijk worden gekwantificeerd en wordt aangegeven in welke deel- of afwateringsgebieden het effect zich voordoet.



Gebieden met een eigen peilbeheer (agrarisch en militair gebied)

Verhang, waterstanden, opvoerhoogte en drooglegging

Door bodemdaling als gevolg van aardgaswinning daalt niet alleen het maaiveld, maar ook het peilregelende kunstwerk (gemalen, stuwen en inlaten). Zonder maatregelen vindt er in het gebied automatisch een peilverhoging plaats ter grootte van de daling. Daarmee neemt ook de opvoerhoogte van het gemaal toe en de gemaalcapaciteit af.

Wanneer de daling slechts in een deel van een gebied plaatsvindt, kan er een verandering in het verhang en de waterafvoer optreden. Een gebied kan meer gaan hellen, of juist minder gaan hellen. Wanneer een gebied meer gaat hellen, kan de afwatering zodanig versnellen dat gebieden droger worden, wanneer een gebied minder gaat hellen, kan er vernatting optreden door het stagneren van de afvoer. Dit kan de waterhuishouding zowel negatief als positief beïnvloeden.

Voor het bepalen van deze effecten op peilbeheer wordt een methodiek (zie tekstkader) toegepast zoals die algemeen geaccepteerd is door provincies en waterbeheerders. De methodiek wordt onder andere toegepast in de onderzoeken voor de Bodemdalingcommissie en is uitgebreid verwoord in het waterhuishoudkundige rapport dat in het kader van dit MER is uitgevoerd ([paragraaf 5.2.2](#)) [[ref. 7.2](#)].

Methodiek

aandachtsgebied

Onderzocht is waar het verschil in bodemdaling binnen een afwateringsgebied 4 centimeter of meer bedraagt. Deze norm wordt doorgaans gehanteerd bij het bepalen van compenserende maatregelen. Een daling van minder dan 4 centimeter is in het dagelijks waterbeheer nauwelijks merkbaar.

Als eerste stap is de minimale daling per afwateringsgebied bepaald. Vervolgens is per afwateringsgebied de maximale daling bepaald. Indien dit verschil 4 centimeter of meer bedraagt is sprake van een aandachtsgebied.

drooglegging

De verandering in drooglegging kan worden bepaald door de nieuwe hoogte van het peilregelende kunstwerk te berekenen. Wanneer er vanuit wordt gegaan dat er geen aanpassingen aan het kunstwerk worden doorgevoerd zal ook het peil evenzoveel zakken. Op basis van deze nieuwe peilen is een nieuwe drooglegging berekend.

Het berekenen van de drooglegging kan op basis van de peilgebieden en maaiveldhoogte worden uitgevoerd. Echter is dit niet de werkelijke drooglegging. Daarbij spelen zaken als opbolling, opstuwing van water door krappe duikers en dergelijke eveneens een belangrijke rol. Wanneer er sprake is van gebieden met een hoge interne weerstand en de daling van het peil is beperkt (circa 5-10 centimeter) mag worden aangenomen dat de daadwerkelijke drooglegging in een groot deel van het gebied niet of nauwelijks wijzigt.

watergangen en kleine niet-peilregelende kunstwerken

Watergangen en kleine kunstwerken zijn in de methodiek niet meegenomen. Uit andere bodemdalingstudies is gebleken dat effecten van bodemdaling door gaswinning op de watergangen en niet-peilregelende kunstwerken binnen afwateringseenheden tot circa 1000 hectare verwaarloosbaar klein zijn [[ref. 7.2](#)].

Het Lauwersmeer

Capaciteit Lauwersoog spuisluizen

De spuisluizen bij Lauwersoog dalen als gevolg van de gaswinning enkele cm. Onder normale omstandigheden houdt dat geen verandering in voor de lozingsomstandigheden. De capaciteit van de kokers wordt theoretisch iets groter door een groter nat profiel. Bij extreem hoge waterstanden zal het water de bovenzijde van de kokers iets sneller "raken" waardoor als gevolg van wrijvingsverlies de capaciteit iets kan afnemen. Vooralsnog mag worden aangenomen dat de invloed van aardgaswinning weinig tot geen negatieve invloed op de capaciteit van de spuisluizen zal hebben.



Door een daling van de onderzijde van de spuiokers kan bij gelijkblijvende spuipeilen de indringing van het zeewater tijdens het spuien (de zogenaamde zouttong) iets toenemen omdat het doorstromingsoppervlak iets toeneemt en het zeewater een hoger soortelijk gewicht heeft dan het zoete binnenwater. Gelet op de grote variatie in de peilen waarbij het waterbezwaar wordt geloosd, wordt er geen invloed van betekenis op de verzilting verwacht.

Inundatie, berging en kaden

Door bodemdaling in het Lauwersmeer zal - bij gelijkblijvend peil - een groter gebied inunderen en zal de inundatiefrequentie en -hoogte van de aangrenzende gronden veranderen. De mate waarin dit zal plaatsvinden is alleen modelmatig te kwantificeren omdat hierin hydraulische omstandigheden en de morfologie van het gebied een belangrijke rol speelt. De volgende analyse is kwalitatief te maken. Door de daling van het maaiveld zal bij een gelijkblijvend peil het oppervlak aan open water toenemen; een groter gedeelte van het oevergebied van het meer komt onder water te staan. Als het oppervlak toeneemt, is relatief meer water nodig om een bepaalde peiloverschrijding te krijgen. De overschrijdingsfrequentie zal dan ook afnemen terwijl de hoogste overschrijdingen minder frequent zullen optreden. Een en ander hangt samen met de morfologie van de oevers (het inundatiegebied).

Door het toenemende wateroppervlak zal het bergingsvolume toenemen als de waakhoogte van de kades behouden blijft door ophoging of bijstelling binnen het beheer. Als de kades niet worden opgehoogd en de huidige waakhoogte wordt aangehouden, neemt het bergingsvolume af. Overigens is voor het peilbeheer van het Lauwersmeer het bergingsvolume minder van belang dan de bergingscapaciteit.

De gebieden/wateren die direct afwateren op het Lauwersmeer

De peilregelende kunstwerken van de Electraboezem en Friese Boezem en de aanliggende gronden dalen niet. Bij gelijkblijvend streefpeil op het Lauwersmeer heeft dat geen negatieve effecten voor de Electraboezem en de Friese boezem.

In de gebieden die in open verbinding staan met het Lauwersmeer kan, bij een gelijkblijvend streefpeil (NAP $-0,93$ m), de drooglegging afnemen omdat ze als gevolg door de relatieve peilstijging sneller en frequenter inunderen.

Overzicht effecten oppervlaktewatersysteem

Effecten van bodemdaling door gaswinning op het oppervlaktewatersysteem hebben nagenoeg allemaal betrekking op zaken die binnen het beheer kunnen worden opgevangen. Zoals in [Hoofdstuk 5](#) is aangegeven zijn en worden daarvoor in overleg met betrokkenen structuren opgezet en voorzieningen getroffen.

Het studiegebied is opgebouwd uit een groot aantal afwateringsgebieden waarvan de meeste een min of meer eigen waterbeheer hebben. In het waterhuishoudkundige rapport dat voor dit MER is opgesteld ([ref. 7.1](#)) wordt per afwateringsgebied de effecten van de bodemdaling door gaswinning op de afwatering en de kerende hoogte van kaden en dijken beschreven. Daarom wordt hier niet uitgebreid ingegaan op de veranderingen in de afzonderlijke afwateringsgebieden en wordt volstaan met een overzicht van de effecten in de deelgebieden zoals die in het oppervlaktewatersysteem in Hoofdstuk 4 zijn onderscheiden. De effecten van bodemdaling door gaswinning op de hoogte van kaden en dijken, de drooglegging en de opvoerhoogte van gemalen worden beschreven voor de autonome ontwikkeling (Anjum-, Kollumerpomperpomp- en Munnekezijlvelden), de nieuwe winningen (Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen) en alle winningen samen vanaf het begin van de Anjum-, Kollumerpomperpomp- en Munnekezijlwinning.

In het studiegebied ligt in totaal 183,2 kilometer kade. Daarvan ligt ongeveer 113,7 kilometer langs de Friese Boezem (Dokkumer Ee). Ten behoeve van de analyse zijn de kaden en dijken opgedeeld in 3.875 kadevakken. Per kadevak is de maximale daling bepaald. De laagste en hoogste daling ter plaatse van een kade bedraagt respectievelijk 0 (buiten het dalingsgebied) en 12 centimeter. De totale verdeling van de bodemdaling is in de tabellen weergegeven.



De zeewering in het studiegebied ligt vooral in het Friese gedeelte. De totale lengte van het gedeelte binnen het dalingsgebied is in ongeveer 43,4 kilometer. Ten behoeve van de analyse is dit opgedeeld in 2100 kadevakken. De laagste en hoogste daling bedraagt respectievelijk 0 en 12 centimeter. De totale verdeling van de daling is in de tabellen weergegeven.

Autonome ontwikkeling (Anjum-, Kollumerpomp- en Munnekzijvelden)

Als gevolg van de huidige gaswinningen daalt de bodem rondom het Lauwersmeer tot 12 cm. Het diepste deel van de schotelvormige daling ligt nabij het noordelijke deel van Anjumer Kolken. De sluizen bij Lauwersoog dalen 2 cm. Dit heeft waarschijnlijk nauwelijks effect op de spuicapaciteit.

Het Lauwersmeer zelf inclusief de vrij afstromende gronden binnen het Lauwersmeer dalen tussen 4 a 6 cm in het oostelijke deel tot 6 a 10 cm in het westelijke deel. Bij gelijkblijvend streefpeil zullen lage, vrij afstromende gronden richting Lauwersmeer sneller inunderen en zal de drooglegging minder worden minder. Bij de gemalen die op het Lauwersmeer uitslaan wordt de opvoerhoogte groter.

De effecten op de Friese Boezem, de Electra Boezem en de aanliggende gronden zijn in de studie niet meegenomen. Waarschijnlijk zal de bodemdaling op de afvoercapaciteit van beide boezems geen nadelige effecten opleveren. De kaden rondom het Lauwersmeer, langs de Friese Boezem en de Electra Boezem en de zeedijk dalen binnen de dalingsschotel (zie tabel 7.4). In de autonome ontwikkeling daalt de zeedijk 3 cm of meer over 14 km. Bij de kade om het Lauwersmeer is dit 27,9 km.

Voor de effecten op de droogligging en opvoerhoogte in de afwateringsgebieden wordt verwezen naar tabel 7.5.

Tabel 7.4a: Verdeling bodemdaling over kadevakken Lauwersmeerkade

Lauwersmeerkade autonome ontwikkeling										
Daling (cm)	<3	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
Lengte	5,2	5,8	5,5	9,2	7,4	1,4	1,9	2,0	2,7	41,1 kilometer
Percentage	12,7	14,1	13,4	22,4	18,0	3,4	4,6	4,9	6,6	100,0 % t.o.v. totaal

Tabel 7.4b: Verdeling bodemdaling over kadevakken zeewering

Zeedijk autonome ontwikkeling						
Daling (cm)	<3	3	4	5	6	Totaal
Lengte	16,3	3,9	2,8	1,3	3,4	27,7 kilometer
Percentage	58,8	14,1	10,1	4,7	12,3	100,0 % t.o.v. totaal

Tabel 7.5: Effectenmatrix drooglegging en opvoerhoogte in de autonome ontwikkeling

NB: de gebiedsnummers verwijzen naar de afwateringsgebieden uit het waterhuishoudkundige rapport.

Gebied	Wijziging:	
	Drooglegging + = toename - = afname cm	opvoerhoogte gemaal + = toename - = afname cm
Het Lauwersmeer	-4 in zuidoosten -9 in noordwesten -9 gebied 20	+6 gemaal gebied 29
Marnervaard	-	+2 gemaal Robbengat



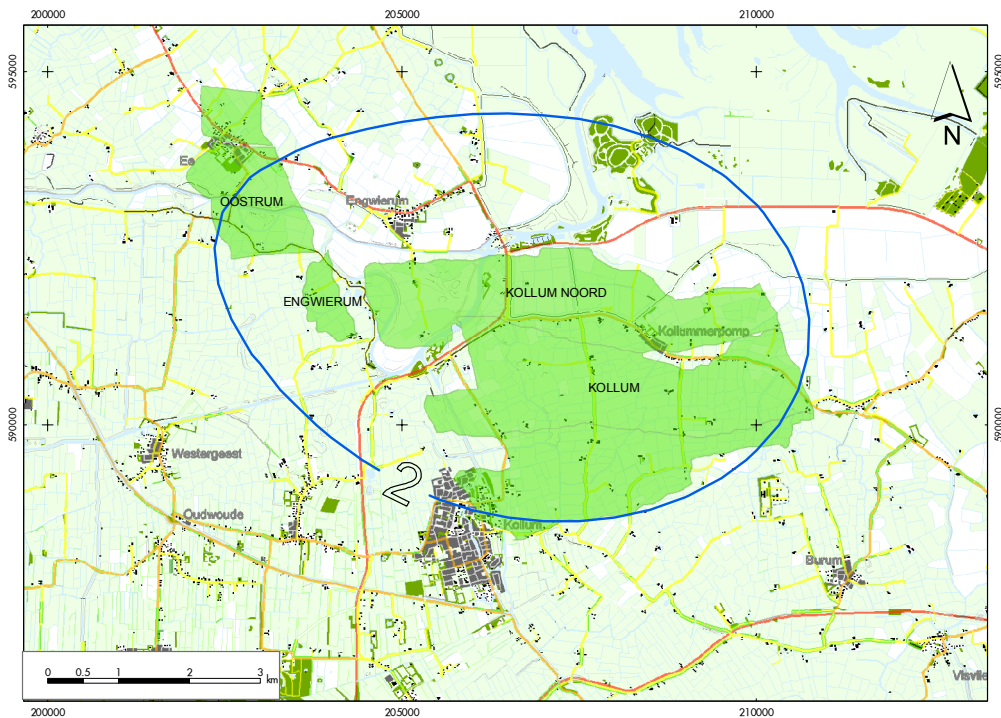
Dongerdielen	+4 in gebied 26 +4 in gebied 11 -4 in gebied 2 +9 in gebied 18	+1 gemaal gebied 11 +1 gemaal gebied 12 +5 gemaal gebied 3,4,7,8 +2 gemaal gebied 13 +9 gemaal Dongerdielen
--------------	---	---

Zoals aangegeven in [paragraaf 7.1](#) zijn de Kollumerpomperpomp- en Munnekezijlvelden niet in de studies meegenomen. In [figuur 7.2 en 7.3](#) zijn de dalingscontouren uit de laatste winningsplannen van de betreffende locaties weergegeven. De nog te verwachten bodemdaling door de winning van de Kollumerpomperpomp- en Munnekezijlvelden is ca 2 cm. Uit de kaarten blijkt dat de bodemdalingsgebieden de grenzen van het studiegebied raken en daarmee het beheer in het studiegebied beïnvloeden, zij het marginaal (circa 2 cm).

Ten aanzien van de betrokken agrarische gebieden betekent dit:

- Dat er meer agrarisch gebied binnen de te beschouwen dalingschotel valt
- Dat het areaal agrarisch gebied binnen de 4 cm-contour van het studiegebied niet groter wordt
- Dat de 'nieuwe' agrarische gebieden binnen het uitgebreide bodemdalingsgebied een daling kennen van ca 2 cm wat conform de bevindingen van de Grontmij geen waarneembare effecten met zich mee brengt

In het gebied langs de zuidrand van het studiegebied worden geen negatieve effecten op de waterhuishouding verwacht door cumulatie van de bodemdaling als gevolg van de nieuwe en alle bestaande winningen (Anjum, Kollumerpomperpomp, Munnekezijl).



Figuur 7.2 Nog te verwachten bodemdaling (2003 – 2017) veroorzaakt door de gasproductie uit de Kollumerpomperpomp velden (cm)

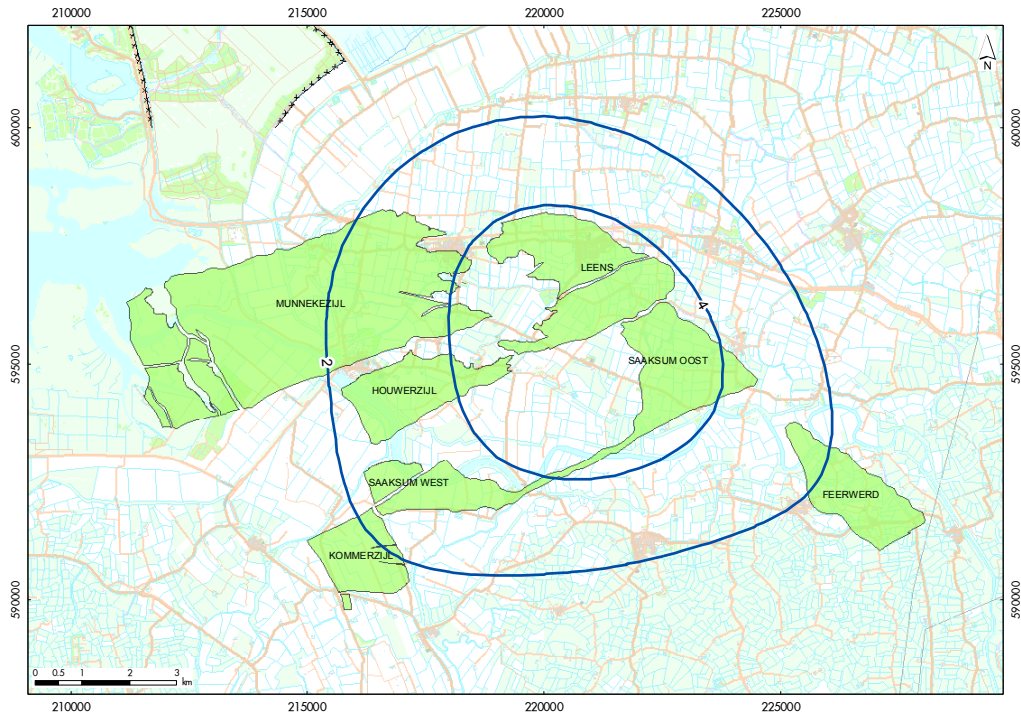


Fig. 7.3 Te verwachten totale bodemdaling (2005 – 2029) veroorzaakt door de gasproductie uit de Munnekezijl velden (cm).

Nieuwe winningen (Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen)

De winning op locatie Vierhuizen heeft nauwelijks effect. De bodemdaling als gevolg van deze winning is minder dan 2 cm.

De winning op de locatie Lauwersoog heeft enig effect. De contourlijn van 2 cm daling raakt de Zeedijk tussen De Hoek van Band en de polder De Marnewaard die daarmee maximaal 2 cm daalt. De sluzen bij Lauwersoog dalen 2 cm. Dit heeft nauwelijks effect op de spuicapaciteit. Het Lauwersmeer zelf en de omliggende gebieden dalen niet of nauwelijks.

De bodemdaling als gevolg van de winning op de locatie Moddergat bedraagt maximaal 10 cm. Het diepste deel van de schotelvormige daling ligt nabij de Waddenkust ter hoogte van afwateringsgebied 25. Het Lauwersmeer daalt alleen in het uiterste noordwesten tussen 2 en 6 cm. De oostelijk gelegen lage gronden van de Hoek van Band krijgen daardoor een kleinere drooglegging en zullen frequenter inunderen. Binnen de afwateringsgebieden in het noorden van het Friese deel wordt de drooglegging overwegend kleiner.

Indien alle drie de nieuwe winningslocaties in productie worden genomen beïnvloeden de dalingsschotels elkaar. De winning vanaf locatie Vierhuizen heeft geen zichtbaar effect op de contourlijnen. Door de winning vanaf locatie Lauwersoog buigen de contourlijnen van 2 en 4 cm, veroorzaakt door de winning vanaf locatie Moddergat wat meer in oostelijke richting af. Globaal kan worden gesteld dat de effecten op de waterhuishouding in het Friese deel gelijk zijn als bij de winning vanaf locatie Moddergat. Bij gezamenlijke winning is er ook effect op de spuisluis van Lauwersoog, zij het minimaal. De zeedijk daalt 3 cm of meer over een afstand van 18,2 km; de kade om het Lauwersmeer over een afstand van 3,6 km (tabel 7.6). Voor de effecten op de drooglegging en opvoerhoogte in de afwateringsgebieden wordt verwezen naar tabel 7.7.



Tabel 7.6a Verdeling bodemdaling over kadevakken Lauwersmeerkade nieuwe winningen

Lauwersmeerkade winning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen							
Daling (cm)	<3	3	4	5	6	7	Totaal
Lengte	37,5	1,5	0,7	0,6	0,5	0,3	41,1 kilometer
Percentage	91,2	3,6	1,7	1,5	1,2	0,7	100,0 % t.o.v. totaal

Tabel 7.6b Verdeling bodemdaling over kadevakken zeewering nieuwe winningen

Zeedijk winning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen										
Daling (cm)	<3	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
Lengte	9,5	4,6	2,1	2,0	1,5	1,0	1,1	1,2	4,7	27,7 kilometer
percentage	34,3	16,6	7,6	7,2	5,4	3,6	4,0	4,3	17,0	100,0 % t.o.v. totaal

Tabel 7.7 Effectenmatrix droogligging en opvoerhoogte nieuwe winningen

Wijziging: Gebied	Drooglegging + = toename - = afname cm	opvoerhoogte gemaal + = toename - = afname cm
Het Lauwersmeer	-5 in noordwesten	
Marnervaard		
Dongerdieren	-4 in gebied 26 (nw) -10 in gebied 2 -8 in gebied 18	+2 gemaal gebied 11 +2 gemaal gebied 12

Alle winningen vanaf het begin van de Anjum, Kollumerpomperpomp en Munnekezijl

Als gevolg van de nieuwe winning neemt de bodemdaling met 4 cm toe tot 16 cm in het diepste punt van de dalingschotel. Het diepste deel van de dalingschotel verschuift in noordwestelijke richting. De contourlijnen verschuiven in het westen iets in noordwestelijke richting. In het zuidoostelijke deel van het Lauwersmeer wijzigen de contourlijnen nauwelijks. In het noordelijke deel van het Lauwersmeer buigen de contourlijnen meer naar het noorden af.

In het Lauwersmeer dalen de spuisluizen bij Lauwersoog 5 á 6 cm in plaats van 2 cm. De vrij liggende gronden in het Lauwersmeer dalen in het westen en noordoosten circa 2 tot 4 cm meer. Hierdoor wordt de drooglegging van deze gronden minder en zullen ze vaker inunderen.

De effecten op de Friese Boezem en de Electra Boezem zijn waarschijnlijk in de autonome situatie gelijk aan de situatie met de drie nieuwe winningen.

De bodemdalingseffecten van de nieuwe winningen op de waterhuishouding in de afwateringsgebieden in het Friese en het Groningse deel zijn vergelijkbaar met de effecten zonder de nieuwe winningen. De effecten verschillen iets op lokaal niveau en zijn vaak iets groter.

De zeedijk daalt 3 cm of meer over 22,4 km. Bij de kade om het Lauwersmeer is de lengte van kade dat 3 cm of meer daalt 41,1 km. Ten opzichte van de autonome ontwikkeling neemt door de nieuwe winningen de lengte van zeedijk dat 3 cm of meer daalt met 8,4 km toe. Bij de kade van het Lauwersmeer is de toename 13 km. Zowel bij de zeedijk als de kade om het Lauwersmeer is de daling ook groter (tabel 7.8). Voor de effecten op de drooglegging en opvoerhoogte in de afwateringsgebieden wordt verwezen naar tabel 7.9.

Tabel 7.8a: Verdeling bodemdaling over kadevakken Lauwersmeerkade alle winningen

Lauwersmeer alle winningen																
Daling (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Totaal
lengte	0,0	0,0	0,0	1,9	13,1	9,9	7,9	0,8	0,5	0,5	0,7	2,0	2,2	1,3	0,3	41,1 kilometer
percentage	0,0	0,0	0,0	4,6	31,9	24,1	19,2	1,9	1,2	1,2	1,7	4,9	5,4	3,2	0,7	100,0 % t.o.v. totaal

Tabel 7.8b: Verdeling bodemdaling over kadevakken zeewering alle winningen

Zeedijk alle winningen																		
Daling (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Totaal
lengte	0,0	0,0	5,3	5,1	2,1	1,8	1,6	1,2	1,0	0,7	1,0	0,8	0,9	0,9	1,3	1,6	2,4	27,7 kilometer
percentage	0,0	0,0	19,1	18,4	7,6	6,5	5,8	4,3	3,6	2,5	3,6	2,9	3,2	3,2	4,7	5,8	8,7	100,0 % t.o.v. totaal

Tabel 7.9 Effectenmatrix droogligging en opvoerhoogte alle winningen

Wijziging: Gebied	Drooglegging + = toename - = afname cm	opvoerhoogte gemaal + = toename - = afname cm
Het Lauwersmeer	-12 in westen -4 in zuiden	+6 gebied 29
Marnervaard		+6 gemaal Robbengat
Dongerdielen	-4 in gebied 26 +5 in gebied 11 -4 in gebied 12 -12 in gebied 2 +10 in gebied 18 -6 in gebied 18	+2 gemaal gebied 11 +2 gemaal gebied 12 +5 gemalen gebieden 3,4,7,8 +2 gemaal gebied 13 +10 gemaal Dongerdielen

Eindconclusie effecten nieuwe velden en Anjumvelden op het oppervlakte-watersysteem

De diverse effecten op het oppervlaktewatersysteem zijn samengevat in onderstaande matrix (tabel 7.10). Voor een toelichting op de criteria en de gebiedsbeschrijving zie hoofdstuk 4 en het waterhuishoudkundig rapport [ref. 7.2].



Tabel 7.10a. Effectenmatrix (verhang, waterstand en opvoerhoogte)

Wijziging: Gebied	verhang afwateringsge- bied (afwatering- richting) t.o.v. peilregelend kunstwerk	waterstanden	opvoerhoogte gemaal
Het Lauwersmeer	< 4 cm	Huidig streefpeil handhaven (NAP -0,93 m)	Geen wijzigingen
Engwierumpolder	< 4 cm	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen
Dongerdielen	Afwateringsge- beden 2, 18, 25 > 4 cm	Wijziging waterstand t.g.v. daling gemaal Dongerdielen 3,5 cm	- Afwateringsgebied 3,4, 7,8 afname 1,5 cm (verwaarloosbaar) - Afwateringsgebied 13 afname 1,5 cm (verwaarloosbaar) - Afwateringsgebied 18 toename opvoerhoogte 3,5 cm
Anjumer Kolken	Afwaterings- gebied 12 > 4cm	Hogere waterstanden t.o.v. maaiveld aan noordzijde afwateringsgebied	Daling gelijk aan ontvangende gebied
Friese Boezem	< 4 cm	Huidig streefpeil handhaven (NAP -052 m)	Geen wijzigingen
Marnervaard	< 4 cm	< 4 cm wijziging	Toename 1,5 cm (verwaarloosbaar)
Elektraboezem	< 4 cm	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen
Westpolder	< 4 cm	< 4 cm	< 4 cm

Tabel 7.10b. Effectenmatrix (kunstwerken, drooglegging, waterberging, kades)

Wijziging: Gebied	overige peilregelende kunstwerken	drooglegging	mogelijke waterberging	kruihoogte kaden en dijken
Het Lauwersmeer	Spuicapa-citeit blijft nagenoeg gelijk	Uitsluitend zone Hoek van de Band ten oosten van de weg Dokkum - Lauwersoog	Bij gelijk-blijvend streefpeil toename waterberging	Daling krui- hoogte van 1-12 cm (lengte 32,9 kilometer)
Engwierumpolder	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen	Zie "Het Lauwersmeer"
Dongerdielen	Afwaterings- gebied 12 kleinere stuwen < 4cm aanpassing	- Afwateringsgebied 2 afname droogleg- ging ca. 10 cm - Afwaterings-gebied 18 afname drooglegging 7,5 cm	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen
Anjumer Kolken	Geen wijzigingen	Drooglegging in noord- westelijk deel neemt af	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen
Friese Boezem	Geen afname spuicapa-citeit	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen	Geen daling boezemkades
Marnervaard	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen	Zie "Het Lauwersmeer"
Elektraboezem	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen	Geen daling boezemkades
Westpolder	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen	Geen wijzigingen	Zie "Het Lauwersmeer"

Door de verwachte bodemdaling zijn met name in de Anjumer Kolken en polder Dongerdielen effecten te verwachten ten aanzien van de waterstanden en peilregelende kunstwerken. In het noordwestelijke deel van het Lauwersmeer is (bij gelijkblijvend



streefpeil) een toename in inundatie te verwachten. In de Anjumer Kolken en in delen van de polder Dongerdielen treedt een afname van de drooglegging als effect op. Door de bodemdaling wordt de kerende hoogte van kaden en dijken aan de westzijde van het Lauwersmeer en van de zeewering langs de Waddenzee lager.

7.2.4 Mitigerende maatregelen

Voor de verschillende gevolgen van bodemdaling veroorzaakt door aardgaswinning zijn een aantal principemaatregelen te formuleren. De maatregelen beperken zich in dit onderzoek tot:

- maatregelen aan stuwen en gemalen;
- maatregelen aan oevers en kaden/zeeweringen;
- maatregelen ten aanzien van de drooglegging;
- maatregelen ten aanzien van verzilting.

Maatregelen aan kunstwerken

Bij aanpassingen van kunstwerken is van belang of de aanpassingen wel mogelijk zijn binnen de bestaande behuizing en of de aanpassingen nog wel rendabel is in verband met de restwaarde van het kunstwerk. In een vervolgfase zal op basis van technische gegevens en het bouwjaar van een kunstwerk worden bekeken welke maatregelen nodig zijn.

Gemalen

Bij gemalen kunnen er effecten ontstaan doordat streefpeilen voor en/of na een gemaal wijzigen. Wijzigen van een streefpeil kan voorkomen door daling van een peilregelend kunstwerk en/of door aanpassing van het streefpeil in verband met de drooglegging.

Uitgangspunt is dat de huidige capaciteit (inclusief de ingebouwde reserve) behouden blijft.

Bij vijzelgemalen kan het voor het behoud van de capaciteit nodig zijn het vulpunt te wijzigen, de vijzel te verplaatsen en/of te verlengen en/of het vermogen te wijzigen. Bij pompen kan gedacht worden aan aanpassingen waaier of zuigleiding en het wijzigen van het vermogen. Indien binnen de bestaande behuizing een wijziging niet kan worden doorgevoerd komt nieuwbouw in beeld.

Stuwen

Net als bij gemalen geldt als uitgangspunt dat de huidige capaciteit (inclusief de ingebouwde reserve) behouden blijft. De capaciteit kan afnemen als gevolg van:

- een afname natte profiel doordat de afstand tussen streefpeil bovenstrooms en de drempelhoogte verminderd;
- afname verschil waterstand bovenstrooms en benedenstrooms in de afvoersituatie, waardoor de stuw “verdrongen” raakt.

Indien het nodig is dat het streefpeil bovenstrooms hoger moet worden, kan het zijn dat de klep of schuif te kort is of niet hoog genoeg opgetrokken kan worden. De constructie moet dan worden aangepast.

Maatregelen aan oevers en kaden/zeewering

Als gevolg van bodemdaling dalen ook de oevers en kaden. Belangrijk voor kaden en de zeewering is dat de “waakhoogte” niet afneemt. De waakhoogte wordt bepaald door de maatgevende waterstand en de kruinhoogte. In dit MER is gesignaleerd wanneer de waakhoogte meer dan 4 cm afneemt. In dat geval zal de kade/zeewering op den duur moeten worden verhoogd. Dit kan bijvoorbeeld door bij groene dijken (waaronder de zeewering) een laag grond aan te brengen of in geval van damwanden er een extra gording of deksloof aan te brengen. Alle (primaire en secundaire) waterkeringen worden 5-jaarlijks getoetst, zodat tijdig een tekort aan hoogte kan worden vastgesteld en via verbeteringswerken hersteld.

Afslag (en inundatie) van oevers kan zoals beschreven in [paragraaf 7.3](#) via het aanbrengen of verhogen van oeververdediging worden voorkomen.



Maatregelen ten behoeve van de drooglegging

Uitgangspunt is het herstellen van de huidige drooglegging in gebieden met functies die daarom vragen (met name landbouw). Door bodemdaling kan de drooglegging toenemen of afnemen. Daarbij zijn de volgende maatregelen denkbaar:

- toename drooglegging (droger),
 - peilaanpassing (tot 8 cm verschil: zodat maximum van 4 cm verschil niet meer wordt overschreden);
 - nieuwe stuw plaatsen (op plaats van > 4 cm grens, indien nodig plaatsen meerdere stuwen zodat 4 cm verschil ook in resterende gebied niet wordt overschreden);
 - bestaande stuw aanpassen;
- afname drooglegging (natter),
 - peilaanpassing (tot 8 cm verschil: zodat 4 cm verschil niet meer wordt overschreden);
 - onderbemaling (op grens >4 cm).

Anjumer Kolken

In het natuurgebied de Anjumer Kolken, is een aanpassing van de drooglegging vanuit natuur ook gewenst. Door het verlagen van de waterstand wordt – zoals eerder gemeld - de zilte kwel gestimuleerd om daarmee de voor deze brakke polders kenmerkende flora en fauna weer een kans te geven. Om inklinking en oxidatie van het veen te voorkomen is echter juist vernatting meer gewenst. Omdat het veenpakket zodanig dun is (< 40-60 cm), zullen maatregelen echter geen effect meer hebben (en worden geen eisen aan de waterpeilen gesteld), zodat peilverlaging voor de hand ligt. Overigens zijn de effecten zoals hiervoor beschreven zeer beperkt.

Maatregelen ten aanzien van verzilting

De effecten van verzilting zijn gering. De effecten op de landbouw zijn ook niet 1:1 te vertalen omdat enerzijds grasland een zekere tolerantie heeft voor verzilting, maar anderzijds een geringe toename wel net een bepaalde grens overschrijdt. Zo is water met een Chloride gehalte boven de 2.000 mg/l is minder geschikt voor veedrenking. Gezien het hoge Chloride gehalte dat lokaal voorkomt (met name in het gebied tussen Anjum en Ee) kan deze grens lokaal worden overschreden. Echter, extra doorspoeling is een mogelijke mitigerende maatregel vormen. Voor de eventuele (rest)schade kan financiële compensatie worden gezocht.

Overig

Naast bovengenoemde maatregelen die direct gekoppeld zijn aan het hoofdwatersysteem kunnen er ook afgeleide maatregelen noodzakelijk zijn om schade te voorkomen. Te denken valt aan:

- aanpassingen fundering gebouwen en wegen, als gevolg van een gewijzigd streefpeil en daarmee de grondwaterstand;
- compensatie afname capaciteit van ondergrondse pijpleidingen door afname verhang;
- peilschalen en peilmerken weer op de juiste hoogte aanbrengen;
- beschoeiing aanpassen aan de nieuwe waterstanden.



7.3 De levende natuur

7.3.1 Inleiding

Zoals in [hoofdstuk 4](#) is beschreven, worden de effecten als gevolg van bodemdaling door aardgaswinning op de levende natuur veroorzaakt door veranderingen die kunnen optreden in de waterhuishouding. In de [paragraaf 7.2](#) is dit al aan de orde gekomen. Hier wordt eerst de belangrijkste abiotische effecten nader omschreven om de betekenis voor de levende natuur beter in te kunnen schatten. De belangrijkste abiotische parameters die worden beïnvloed door bodemdaling en door kunnen werken in de levende natuur zijn:

- inundatiefrequentie en –duur (overstromingskans)
- waterdiepte
- verzilting
- erosie/oeverafslag;

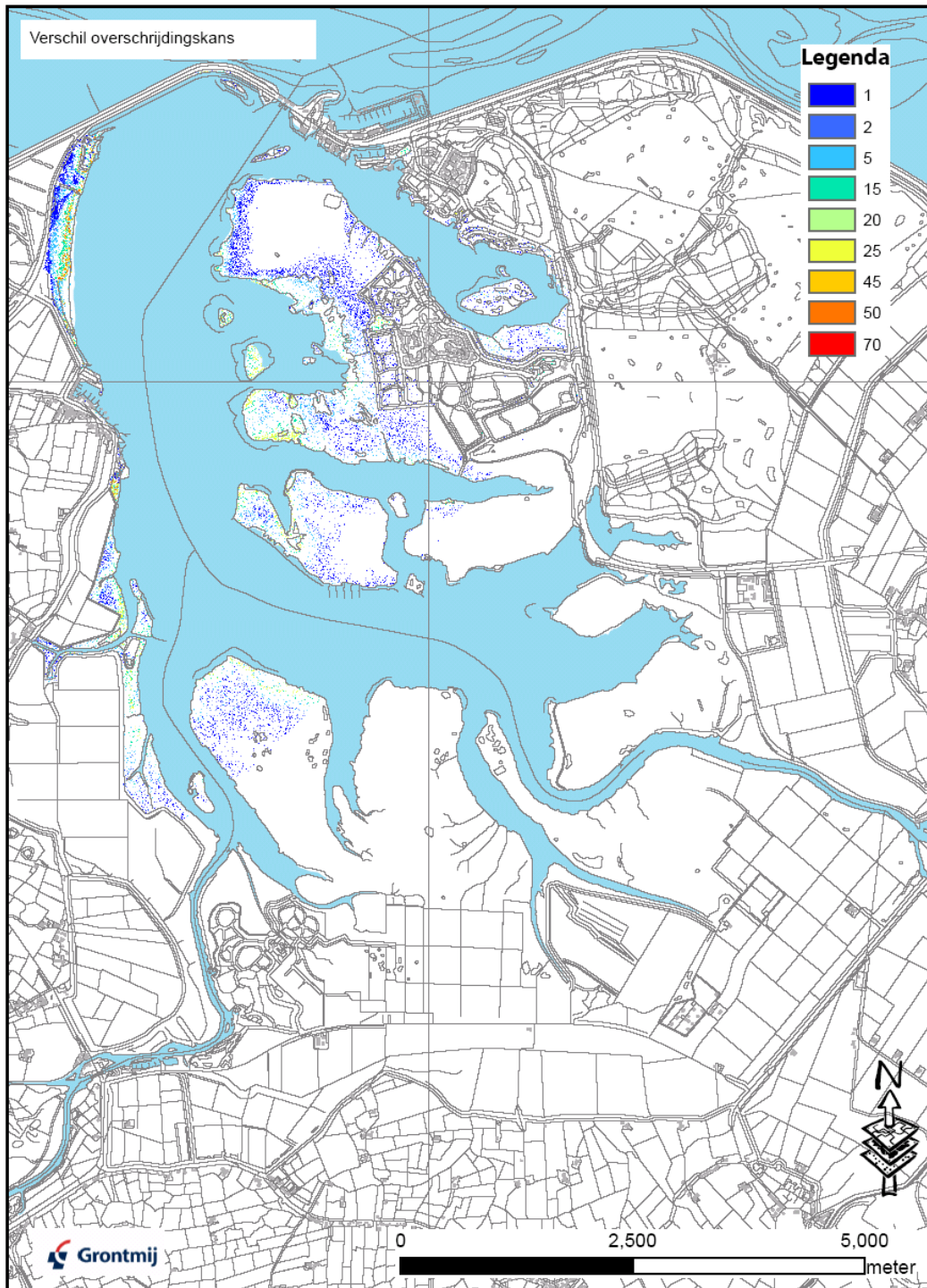
Inundatie/Overstromingskans

Uitgaande van een gelijkblijvend streefpeil en gelijkblijvende variatie in het te bergen watervolume, zal bodemdaling tot gevolg hebben dat de kans op inundatie van het maaiveld toeneemt in de niet-bekade delen. Op basis van de overschrijdingsfrequentie van de maximale dagelijkse waterstanden, gemeten in Lauwersoog in 2003 en 2004, zijn twee overstromingskanskaarten vervaardigd: één van de huidige situatie en één van de situatie na bodemdaling. Omdat aan de hand van de kaarten het verschil moeilijk te zien is, is het verschil in overstromingskans weergegeven in een overstromingsverschilkaart ([zie kaart 7.2; \[ref. 7.2\]](#)).

Hierbij is geen rekening gehouden met de relatief kleine veranderingen in de waterhuishouding zoals:

- een geringe toename van het bergingsvolume door bodemdaling
- een mogelijk geringe verandering (toe/afname) in de lozingscapaciteit van de spuisluizen Lauwersoog
- een afname van de lozingscapaciteit van de spuisluizen Lauwersoog in de toekomst door zeespiegelstijging en de daaraan gepaard gaande toename in het te bergen volume

[Figuur 7.4](#) laat het verschil in overstromingskans zien tussen de situatie voor en na bodemdaling van de vrij liggende gronden rond het Lauwersmeer. Uit de kaart valt op te maken dat de toename van de inundatiekans zeer gering is. Kleine verschuivingen treden op langs de Bantswal, de laaggelegen plaatranden van de Zuidelijke Lob, het zuidelijke eiland in Achter de Zwart en in de zuidwestelijke hoek van De Rug [[ref. 7.1](#)].



Figuur 7.4 Overstromingsverschilkaart van het Lauwersmeer voor de situatie voor en na bodemdaling door gaswinning (1% = 3,65 dagen; zie uitleg [paragraaf 7.3.2](#))

Toename waterdiepte

Door bodemdaling zal de waterdiepte, bij gelijkblijvend streefpeil, in de permanent geïnundeerde delen toenemen en kunnen oevergronden in plaats van periodiek, permanent onder water komen te staan, wat veranderingen in de vegetatie en fauna met zich mee kan brengen.

Grondwater en verzilting

Door Zoetendal et al. (2005) [[ref. 7.3](#)] is beschreven, dat zoute kwel in het poldergebied en in het noordelijk deel van het Lauwersmeer enigszins toe kan nemen. Dit kon niet worden gekwantificeerd, maar wel is duidelijk dat het effect hierop door zeespiegelrijzing



een grotere invloed heeft dan dat van de bodemdaling door gaswinning ([zie ook paragraaf 7.2.2](#)).

Daarnaast kan bodemdaling een gering effect hebben op lokale grondwaterstromingen op de platen. Door maaiveldzakking neemt het potentiaalverschil, bij gelijkblijvend streefpeil, in geringe mate af tussen het ondiepe grondwater in de hogere delen en dat van de lagere delen. Dit effect is naar verwachting gering. Een ander effect is dat de zoetwaterbel onder de platen iets dunner wordt. Lokale grondwaterstromen kunnen zo het onderliggende zoutere grondwater aan de randen van de plaat iets omhoog duwen. De gevolgen hiervan zijn:

- dat de zone waarin kalkrijk grondwater uittreedt iets minder breed wordt;
- dat aan de lagergelegen randen het zoute grondwater, via capillaire opstijging in de zomerperiode, een grotere invloed krijgt.

De mate waarin beide effecten optreden zijn zonder nadere kwantificering niet goed aan te geven, maar zijn naar verwachting van geringe omvang.

Erosie/Oeverafslag

Bij het huidige waterpeilbeheer en het huidige peilverloop vindt op onbeschermden oevers plaatselijk al afslag plaats. De ervaring leert dat afslag met name plaats vindt bij een licht verhoogd peil. De golfwerking treft dan de lokaal aanwezige steilranden maximaal. Bij een verder oplopend peil gaan de golven over de platen heen en ontstaat minder schade. Bodemdaling kan daarom tot een lichte verhoging van de afslag leiden, met name langs de Bantswal en aan de westoever van De Rug. Plaatselijke aanleg van (natuurlijke) oeververdediging kan dit gevaar eenvoudig teniet doen.

Vertaling naar effecten op levende natuur

Aan de hand van bovenstaande effecten van bodemdaling op het abiotische systeem, zijn de effecten op de levende natuur ingeschat. Zoals in [hoofdstuk 4](#) al is aangegeven zijn in de effectvoorspelling ook een aantal uitgangspunten (zie tekstkader) gehanteerd, die ondermeer betrekking hebben op de autonome ontwikkeling.

Uitgangspunten

Bij de inschatting van effecten worden de volgende uitgangspunten gehanteerd [\[7.1\]](#):

- het streefpeil in het Lauwersmeer blijft gelijk (93 cm -NAP), waardoor het bergingsvolume van water in Lauwersmeer iets zal toenemen en een groter deel van het platengebied overstroomt raakt;
- het waterhuishoudkundige systeem in het Lauwersmeer blijft gelijk. De scenario's die thans worden bestudeerd (Gedempt tij, Hoog brak, Laag brak en Nat en zoet) zijn niet meegenomen in de autonome ontwikkeling;
- het waterhuishoudkundige systeem in Noord-Nederland blijft gelijk;
- de gebruikte hoogtekaart is accuraat (hoewel we uit eigen gebiedskennis verwachten dat de hoogtes in de moerassen te hoog zijn aangegeven);
- de overschrijdingsfrequenties gebaseerd op de jaren 2003 en 2004 geven een voldoende beeld van de variatie in waterpeil;
- daarnaast zijn de voorspellingen voor wat betreft de effecten op het grondwaterregime, waaronder de verwachte geringe toename van verzilting, gebaseerd op Zoetendal et al.(2005) [[ref. 7.3](#)];
- de te verwachten zeespiegelstijging (circa 30 cm in de periode tot 2050) en de effecten ervan op het peilbeheer zijn niet meegenomen.

Om een goed beeld van de effecten van bodemdaling door gaswinning op de levende natuur te krijgen, is in eerste instantie gekeken naar de effecten van de nieuwe velden samen met de Anjumvelden (autonome ontwikkeling). De bodemdaling door de nieuwe velden afzonderlijk is relatief klein (maximaal ca 2 tot ca 5 cm) waardoor er van de velden afzonderlijk niet of nauwelijks effecten worden verwacht. Om ook een indruk te krijgen van de effecten van bodemdaling door de nieuwe velden, is vervolgens gekeken naar mogelijke effecten van de nieuwe velden afzonderlijk of samen. Tenslotte wordt aangegeven of en hoe de effecten van de bodemdaling door de Kollumerpomp- en Munnekezijlwinning cumuleren met die van de Anjumvelden.



Voor een logische opbouw vanuit ecologisch oogpunt zijn eerst de effecten op vegetatie en flora beschreven, gevolgd door de effecten op vogels en zoogdieren. De effecten op vogels zijn van belang omdat het Nationaal Park Lauwersmeer gebied beschermd is op grond van de EU Vogelrichtlijn. Dit betreft met name de passende beoordeling (zie onder) die in het kader van dit MER moet worden uitgevoerd. Tot slot wordt nog een paragraaf gewijd aan effecten op het aquatische ecosysteem en overige effecten (zie paragraaf 7.3.3).

7.3.2 Effecten bodemdaling Anjumvelden en nieuwe velden

7.3.2.1 Effecten op vegetatie en flora

Effecten van veranderingen in het oppervlaktewatersysteem (verhoging waterpeil)

Als bij bodemdaling het streefpeil van het meer niet wordt aangepast, stijgt het waterpeil in de aangrenzende gebieden die een open (water)verbinding hebben met het meer. Hierdoor neemt in die gebieden, afhankelijk van de maaiveldhoogte, de inundatie/overstromingskans toe.

Overstromingsduur

Indien er vanuit wordt gegaan dat de inundatiekans gelijk gesteld kan worden met de inundatieduur (in dagen per jaar), dan is dat één van de factoren die sturend is voor de vegetatieontwikkeling (zie paragraaf 7.3.1). Daarnaast speelt een rol dat terreinen door inundatie in natte periodes minder bereikbaar zijn voor het grazende vee [ref 7.1].

Zoals blijkt uit de verschilkaart (ref. 7.2 - figuur 7.4) samengesteld uit de inundatiekans vóór en ná de bodemdaling door gaswinning, zijn de veranderingen hierin minimaal. Op de Bantswal treden over een gering oppervlak verschuivingen op naar een klasse met een hogere inundatiekans in delen die ook in de huidige situatie al een hoge overschrijdingskans hebben (> 50% van het jaar). Het betreft hier voornamelijk vegetaties met Zilte rus en vegetaties met Kortarige zeekraal en Schorrenkruid.

Dergelijke, in oppervlakte geringe verschuivingen, treden eveneens op langs de laaggelegen plaatranden van de Zuidelijke lob en het zuidelijke eiland in Achter de Zwarten. De vegetaties die hier voorkomen zijn voornamelijk: brakke verlandingsvegetaties met Ruwe bies of Heen; voedselrijke graslanden met Rietzwenkgras; overstromingsgraslanden met Fioringras en Geknikte vossenstaart.

In de zuidwestelijke hoek van De Rug treedt een verschuiving op van delen die nu niet worden geïnundeerd en die na bodemdaling een kans van één dag per jaar hebben om te overstromen. Ook hierbij geldt dat het oppervlak waarop dit betrekking heeft, gering is. De aanwezige vegetaties zijn: Kruiwilgstruweel en vochtige tot natte ruigten [ref. 7.1].

Effecten van bodemdaling, en daarmee relatief hogere waterpeilen, op de bereikbaarheid voor grazers zijn te verwaarlozen. De stijging bedraagt namelijk hooguit enkele centimeters in extreem natte situaties. Bovendien is de topografie in het gebied waar dit optreedt niet dusdanig, dat er in dergelijke natte situaties onbereikbare eilanden ontstaan [ref. 7.1].

De conclusie voor wat betreft de langere overstromingsduur is dan ook dat in delen van de genoemde vegetaties soorten van natte omstandigheden zich enigszins zullen uitbreiden. Aangezien het begraasde situaties betreft, in soms nog relatief zilte plaatsen, is het niet te verwachten dat hieruit rietvegetaties zullen ontstaan. Daarnaast is het oppervlak waarop dit speelt (zeer) gering [ref. 7.1].

Effecten door afslag

Afslag kan plaatselijk leiden tot het verdwijnen van laaggelegen vegetaties. Naar verwachting betreft dit voornamelijk de seizoensbeweide situaties, omdat in de onbeweide of jaarrond beweide situatie veelal een rietoever afslag zal tegengaan. Daarmee zijn het vooral de overstromingsgraslanden die in geringe mate in oppervlak achteruit kunnen gaan [ref. 7.1].

Effecten op watervegetaties

Daar waar de waterdiepte langs de oeverzone groter wordt, kan dit aan de diepere zijde tot gevolg hebben dat waterplanten hier verdwijnen. Aan de ondiepe kant is een



verschuiving ten gunste van waterplantenvegetaties te verwachten. Dit laatste effect zal mogelijk minder optreden indien de oeverzone al is ingenomen door Riet en biezen [ref.7.1].

Effecten van veranderingen in het grondwatersysteem

In paragraaf 7.3.1 is beschreven dat bodemdaling een effect kan hebben op verzilting. Enerzijds door dijkskwel, anderzijds door het omhoog brengen van zouter grondwater ('grondwaterkwel'). Daarnaast kan bodemdaling lokaal, langs randen van hoge zandige platen, een effect hebben op de zone waarin zoete en kalkrijke kwel optreedt. Deze zone zou kleiner kunnen worden [ref. 7.1].

Als genoemde effecten al doorwerken in de vegetatie, dan zal dat voornamelijk op de zandige platen van De Rug, De Lasten en Ballastplaat een rol kunnen spelen. Ook in de bemalen terreintjes met duinvalleivegetaties (Terreintje van Juffrouw Alie, het terreintje bij de Staatsbosbeheer werkschuur) zou dit op kunnen treden. De duinvalleivegetaties van De Rug en in het Ballastbos liggen op hogere delen. Het lijkt daarom onwaarschijnlijk dat kalkrijke kwel hier een sturende rol speelt. Veeleer ligt het voor de hand te veronderstellen dat het kalkrijke substraat in combinatie met de niet al te diep wegzakkende grondwaterstanden op deze locaties sturend zijn voor de aanwezigheid van de natte duinvalleivegetaties [ref. 7.1].

In de lager gelegen of bemalen duinvalleivegetaties kan enige afname van kalkrijke kwel een negatieve invloed op deze vegetaties hebben. Van belang is dat het gaat om een relatief beperkte bodemdaling (1-3 cm), welke in principe via een geringe peilaanpassing te mitigeren is. Een mogelijke verzilting kan ook negatieve effecten hebben, maar dat is sterk afhankelijk van de mate waarin dit optreedt. Naar verwachting is deze zeer gering [ref. 7.1].

In de poldergebieden zal bodemdaling, bij gelijkblijvend peil, leiden tot een geringere drooglegging en toename van zoute kwel. Dit kan optreden in de Bantpolder. Vanuit de natuurwaarden bezien is dit juist een positieve ontwikkeling [ref. 7.1].

In tabel 7.11 zijn de bovengenoemde effecten op plantengemeenschappen samengevat voor het gehele invloedsgebied.

Tabel 7.11. Waardevolle vegetaties en vegetaties voor foeragerende winter- en trekvogels [ref.7.1]

Vegetaties	Verwacht effect tot 2040 door:	
	Autonome ontwikkeling	Bodemdaling
Zilte pioniervegetaties	--	+
Duinvalleivegetaties	-	-/0
Vegetaties met Aardbeiklaver en Fioringras	0	0
Waterplantenvegetaties	0	0
--: sterk negatief effect, -: licht negatief effect, 0: geen of nauwelijks effect, +: licht positief effect, ++: sterk positief effect		

Effecten op plantensoorten die zijn beschermd of vermeld op de Rode Lijst 2004

De in hoofdstuk 4 genoemde plantensoorten die beschermd zijn (Flora- en faunawet) of vermeld staan op de Rode Lijst 2004, betreffen voornamelijk soorten die in het Lauwersmeergebied juist in de natte duinvalleivegetaties voorkomen. De beschreven effecten op de natte duinvalleivegetaties kunnen daarom worden doorgetrokken naar de hierbinnen aanwezige kwetsbare plantensoorten (voor zover deze in het invloedsgebied van de bodemdaling voorkomen). De mate waarin bodemdaling negatieve effecten op deze soorten kan hebben is dus afhankelijk van veranderingen in lokale kwel en mate van verzilting. Naar verwachting zijn deze gering, maar dit kan op grond van de beschikbare gegevens niet hard worden onderbouwd.



Geringe negatieve effecten kunnen optreden voor:

- Brede orchis (ssp. majalis);
- Geelhartje;
- Honingorchis;
- Knopbies;
- Moeraskartelblad;
- Moeraswespenorchis;
- Parnassia;
- Rietorchis;
- Rond wintergroen;
- Sierlijke vetmuur;
- Vleeskleurige orchis.

7.3.2.2 Effecten op vogels

Autonome ontwikkeling

In de autonome ecologische ontwikkeling waar binnen het waterbeheer wordt uitgegaan van peilconsolidatie, worden ook veranderingen in de vogelstand verwacht. Dit is weergegeven in de [tabel 7.12](#) en [7.13](#) (zie ook [paragraaf 4.3](#)); het gaat daarbij om:

- Een afname van de 'kwalificerende' vogelsoorten: Bruine en Grauwe Kiekendief en vooral Kemphaan;
- Een afname van de 'overige relevante' vogelsoorten: Kluut, Paapje, Rietzanger en vooral Noordse stern;
- Een afname van enkele winter- en trekvogels: Grauwe gans en Brandgans.

Broedvogels

Effecten van bodemdaling door aardgaswinning op broedvogels kunnen optreden voor soorten die vooral foerageren in het lagere deel van het natuurgebied (de platen), het ondiepe water en moerasontwikkelingen met een open verbinding met de boezem. Omdat moerasontwikkeling met een open verbinding met de boezem alleen voorkomt in het oostelijk en zuidoostelijk deel van het Lauwersmeer (Kazernewei en Middelpaalt), waar de bodemdaling zeer beperkt zal zijn (<2 cm), worden ook hier geen effecten verwacht [[7.1](#)].

Tabel 7.12. Kwalificerende en overige relevante broedvogels in SBZ Lauwersmeer [[ref. 7.1](#)]

Soort	Verwacht effect tot 2040 door:	
	Autonome ontwikkeling	Bodemdaling
Kwalificerende soorten		
Bruine kiekendief	-	-/0
Grauwe kiekendief	-	-/0
Kemphaan	--	0
Overige relevante soorten		
Porseleinhoen	0	0
Kluut	-	0
Noordse stern	--	0
Oeverzwaluw	0	0
Paapje	-	0
Blauwborst	0	0
Rietzanger	-	0
- -: sterk negatief effect, -: licht negatief effect, 0: geen of nauwelijks effect, +: licht positief effect; ++: sterk positief effect		

Broedvogels voor welke het lagere deel van het natuurgebied (de platen) of het ondiepe water daartussen een belangrijk foerageergebied is zijn Bruine en Grauwe kiekendief, Oeverzwaluw, Blauwborst en Rietzanger ([zie tabel 7.12](#)).

Voor Bruine en Grauwe kiekendief wordt verwacht dat zij als enige broedvogels nadeel kunnen ondervinden van bodemdaling. De Veldmuis kan namelijk nadeel ondervinden van bodemdaling op delen van de platen waar ze een belangrijk prooidier vormen voor



Kiekiekieven. Gezien de geringe omvang van de beïnvloede plaatdelen, worden de negatieve invloed tamelijk klein geacht (zie tabel 7.12).

Voor de andere genoemde broedvogels wordt geen effect verwacht omdat de soorten boven het ondiepe water foerageren (Oeverwaluw), baat hebben bij extra overstromingen (Blauwborst) of vooral voorkomen in droger rietland, dat in het broedseizoen niet of nauwelijks kans loopt te overstromen (Rietzanger) (zie tabel 7.12) [ref. 7.1].

Winter- en trekvogels

Effecten van bodemdaling door aardgaswinning kunnen in beginsel worden verwacht voor soorten die voor een belangrijke deel in het lagere deel van het natuurgebied - de platen - foerageren (Grauwe gans en Brandgans) en soorten die in het ondiepe water foerageren (Lepelaar, reigerachtigen zwanen, eenden, steltlopers: zie tabel 7.13).

Het effect van bodemdaling op Grauwe gans en Brandgans wordt geacht klein te zijn en niet significant. Een deel van het foerageergebied kan door een verhoogde boezemwaterstand tijdelijk ongeschikt worden: het effect duurt dus altijd maar kort. Omdat begrazing vooral optreedt in het vroege najaar (Brandgans en het voorjaar (Brandgans, Grauwe gans), dus in perioden waarin de kans op overstroming relatief klein is, wordt het effect ingeschat als niet significant.

Het effect van bodemdaling op soorten van ondiep water / droogvallend slik (Lepelaar, reigerachtigen zwanen, eenden, steltlopers) zit ingewikkelder in elkaar. De inschatting is dat bodemdaling in seizoensbeweide of jaarrondbeweide gebieden zal leiden tot een verschuiving van de water-landgrens zodat het aanbod van ondiep water en droogvallend slik gelijk blijft. In deze gebieden heeft bodemdaling daarom naar verwachting geen effect op vogels van ondiep water en droogvallend slik [ref. 7.1].


Een verschuiving van de water-landgrens wordt niet verwacht in onbeweide of jaarrondbeweide gebieden. De oeverzone (met vooral riet) blijft in de periode van bodemdaling 2005-2040 naar verwachting op zijn plaats. Dat betekent dat foeragerende vogels in ondiep water te maken krijgen met een verhoogd waterpeil. Het betreft vooral gebieden met meer dan 2 cm bodemdaling langs de Bochtjesplaat, de noordelijke oeverlanden van de Ezumakeeg en de westoever van de Rug. In deze gebieden komen de meeste soorten die foerageren in ondiep water (zie tabel 7.13) in kleine aantallen voor. Uitzonderingen zijn Meerkoet en Kleine zwaan die in grotere aantallen voorkomen, met name langs de oever van de Bochtjesplaat [ref. 7.1].

De Meerkoet is een begrazer van het blad van Schedefonteinkruid, dat al plonsduikend wordt opgedoken. De belangrijkste begrazing vindt plaats in de maanden juli-augustus. Bij deze geringe waterdiepteverhoging wordt geen verminderde productie van Schedefonteinkruid verwacht en omdat de Meerkoet de plant duikend verzameld ook geen effect op het aantal van deze soort.

De Kleine zwaan foerageert in het najaar (half oktober-november) op de knolletjes van Schedefonteinkruid. Deze knolletjes worden met de snavel uit het sediment opgegraven. De maximale waterdiepte waarop knolletjes kunnen worden bemachtigd bedraagt circa 55 cm. Bij een verhoogde boezemwaterstand in het Lauwersmeer verlaten de Kleine zwanen noodgedwongen het ondiepe water om elders te foerageren. Door bodemdaling wordt het foerageergebied langs de Bochtjesplaat mogelijk iets verkleind als het Schede fonteinkruid zich niet kan aanpassen aan de geleidelijke verdieping. In dat geval kunnen er hier iets minder Kleine zwanen foerageren. In het water langs de Bochtjesplaat foerageert naar schatting gemiddeld ca. 5% van de Kleine zwanen in het Lauwersmeer. Bodemdaling zal daarom naar verwachting niet leiden tot een significant negatief effect op het aantal verblijvende Kleine zwanen in het Lauwersmeer [ref. 7.1].

Tabel 7.13. Kwalificerende en overige relevante winter- en trekvogels SBZ Lauwersmeer [ref. 7.1]

Soort	Verwacht effect tot 2040 door:	
	Autonome ontwikkeling	Bodemdaling
Kwalificerende soorten		
Lepelaar	0	0
Kleine zwaan	0	0
Wilde zwaan	0	0



Soort	Verwacht effect tot 2040 door:	
	Autonome ontwikkeling	Bodemdaling
Grauwe gans	-	0
Brandgans	-	0
Krakeend	0	0
Wintertaling	0	0
Pijlstaart	0	0
Slobeend	0	0
Reuzenstern	0	0
Overige relevante soorten		
Fuut	0	0
Aalscholver	0	0
Kleine zilverreiger	0	0
Grote zilverreiger	0	0
Kolgans	0	0
Rotgans	0	0
Bergeend	0	0
Smient	0	0
Wilde eend	0	0
Tafeleend	0	0
Kuifeend	0	0
Briilduiker	0	0
Nonnetje	0	0
Visarend	0	0
Slechtvalk	0	0
Meerkoet	0	0
Kluut	0	0
Bontbekplevier	0	0
Goudplevier	0	0
Zilverplevier	0	0
Grutto	0	0
Wulp	0	0
Steenloper	0	0
Dwergmeeuw	0	0

- -: sterk negatief effect, -: licht negatief effect, 0: geen of nauwelijks effect, +: licht positief effect; ++: sterk positief effect

Passende beoordeling

Doel van de 'passende beoordeling' is om te bepalen of de natuurlijke kenmerken van het Lauwersmeer als Vogelrichtlijngebied met zekerheid niet worden aantastend door gaswinning; waarbij zekerheid wordt gedefinieerd als 'de afwezigheid van redelijke twijfel op basis van weten wetenschappelijke onderzoek. Is daar geen sprake van dan zijn nog een aantal aanvullende stappen nodig, waaronder het zoeken naar alternatieven waarmee die zekerheid van geen aantasting wel kan worden verkregen (zie hoofdstuk 3). Bij de beoordeling van de gevolgen moet meegenomen worden welke zogenoemde instandhoudingsdoelstellingen van toepassing zijn. De instandhoudingsdoelstellingen zijn momenteel nog niet vastgelegd voor het Lauwersmeer. Hier is als uitgangspunt gehanteerd het behoud en/of herstel van een gunstige staat van instandhouding voor kwalificerende vogelsoorten op grond van voornoemde richtlijn.

In deze paragraaf is beschreven dat aardgaswinning in het Lauwersmeergebied niet leidt tot significante effecten op kwalificerende of overige relevante vogelsoorten.

Voor de volledigheid wordt hier de eindconclusie weergegeven uit het onderliggende MER-rapport [ref. 7.1] met betrekking tot die soorten en vegetaties die enig effect van gaswinning ondervinden en/of een ecologische relatie hebben kwalificerende of overige relevante vogelsoorten: *De bodemdaling als gevolg van de geplande winningen plus de nog te verwachten daling als gevolg van de bestaande winning in Anjum hebben een gering effect op Veldmuis, Bruine Kiekendief, Blauwe kiekendief en op de kalkminnende duinvalleivegetaties. Naar verwachting zijn de effecten niet significant in de zin van de*



Natuurbeschermingswet (cq. Europese Vogelrichtlijn). Als alleen de geplande winningen in beschouwing worden genomen zijn de effecten nog geringer.

Tot slot moet worden opgemerkt dat als ten aanzien van het beheer wordt gekozen voor een ander scenario dan Peilconsolidatie het effect voor het gebied vele malen groter en positiever is voor de kwalificerende en overige relevante vogelsoorten.

7.3.2.3 Effecten op zoogdieren

De bijzondere waarden met betrekking tot zoogdieren bestaat uit de Waterspitsmuis (tabel 7.14). Daarnaast is het voorkomen van kleine zoogdieren (met name de Veldmuis) van belang als voedselbron voor kwalificerende roofvogels (Bruine en Grauwe kiekendief, beide als broedvogel).

Omdat de verschillende bijzondere soorten vleermuizen foerageren boven open water en boven land, zijn er geen aanwijzingen dat bodemdaling het voorkomen van de soorten zal beïnvloeden. Deze soorten zullen dan ook niet in de tekst worden behandeld (zie tabel 7.14).

Tabel 7.14. Bijzondere zoogdierwaarden in het Lauwersmeergebied [ref. 7.1]

Soort	Verwacht effect tot 2040 door:	
	Autonome ontwikkeling	Bodemdaling
Kwalificerende waarden		
Watervleermuis	0	0
Meervleermuis	0	0
Gewone dwergvleermuis	0	0
Ruige dwergvleermuis	0	0
Laatvlieger	0	0
Waterspitsmuis	+	0
Veldmuis (*)	-	-/0
--: sterk negatief effect, -: licht negatief effect, 0: geen of nauwelijks effect,+: licht positief effect; ++: sterk positief effect		

(*) De Veldmuis is geen bijzondere, beschermde zoogdiersoort, maar toch in deze tabel opgenomen, omdat de soort op de platen een belangrijk prooidier is voor de SBZ-kwalificerende broedvogels Bruine kiekendief en Grauwe kiekendief.

Zoals in paragraaf 4.3.4 is beschreven geeft de autonome ontwikkeling een afname van de Veldmuis en een mogelijke toename van de Waterspitsmuis (éénmalige waarneming) te zien.

Bodemdaling door aardgaswinning treft met name de Bantswal, de Bochtjesplaat, het noordelijk deel van de Ezumakeeg, de Rug, de Zuidelijke lob en de eilanden in Achter de Zwarten. Daarbuiten zal de bodemdaling zeer beperkt blijven (< 2cm). Onder invloed van bodemdaling zullen kleine delen van de bovengenoemde terreinen over het algemeen wat vaker overstroomd. Dat geldt niet voor de moerasontwikkelingsobjecten in de Ezumakeeg, die niet vrij aan de boezem liggen. Een toename van de overschrijdingsfrequentie ten opzichte van de huidige situatie zal in beginsel leiden tot een verlaging van de gemiddelde dichtheid van de Veldmuis. Het effect van bodemdaling kan voor deze soort significant negatief zijn op de vaker overstroomde delen. Gezien de geringe omvang van de gebiedsdelen die vaker overstroomd, is de invloed in het gehele Lauwersmeergebied tamelijk klein [ref. 7.1].

Het voorkomen van de Waterspitsmuis in het Lauwersmeergebied is gebaseerd op een éénmalige vangst uit 2001. Het effect van bodemdaling wordt vanwege de huidige zeldzaamheid als neutraal ingeschat (tabel 7.14) [ref. 7.1].

7.3.2.4 Effecten op aquatische ecosysteem (vis, bodemfauna)



Bodemdaling leidt, bij gelijkblijvend peilbeheer, tot een iets hoger waterpeil in delen van de boezem van het Lauwersmeer. Naar verwachting heeft dit geen neagtief effect op de bodemfauna en de vispopulatie in het meer.

7.3.2.5 Overige effecten

Natuurbeheer

Onder invloed van bodemdaling neemt het areaal droogvallende gronden iets af waardoor lokaal de jaarronde beweiding enige hinder kan ondervinden. Dit houdt een (zeer) geringe beperking in van het aantal grote grazers dat er kan worden in geschaard. In het noordwestelijk deel van het Lauwersmeergebied vindt in de huidige situatie weinig jaarronde begrazing plaats. Hier is sprake van seizoensbeweiding wat al een aanpassing aan de relatief lage ligging. Seizoens- / jaarronde beweiding vindt plaats op de Rug / Zuidelijke lob en in de Ezumakeeg. Omdat in beide terreinen de verwachte bodemdaling slechts 2-3 cm is, is effect op de toepasbaarheid van jaarronde beweiding naar verwachting gering [ref. 7.1].

Ecologische hoofdstructuur

Vanuit de EHS is het van belang vast te stellen of er belangrijke gevolgen kunnen optreden voor de te behouden kenmerken en waarden. In [paragraaf 4.1](#) is al aangegeven dat specifieke doelsoorten voor het Lauwersmeer niet zijn gedefinieerd. Echter, in aansluiting op de hetgeen hiervoor is beschreven kan worden gesteld dat bodemdaling door aardgaswinning geen belangrijk nadelige effecten op de kenmerken en waarden van het Lauwersmeer zal hebben en dat de mogelijke autonome ontwikkelingen daarop veeleer van invloed zijn. Ook de ontwikkelingsmogelijkheden voor nieuwe natuur(gebieden) wordt niet wezenlijk aangetast, eerder versterkt (vernatten).

Kollumerpomperpomp- en Munnekezijlvelden

Zoals aangegeven in [paragraaf 7.1](#) zijn de Kollumerpomperpomp- en Munnekezijlvelden niet in de studies meegenomen. In [figuur 7.2 en 7.3](#) zijn de dalingscontouren uit de laatste winningsplannen van de betreffende locaties weergegeven. De nog te verwachten bodemdaling door de winning van de Kollumerpomperpomp- en Munnekezijlvelden is ca 2 cm. Uit de kaarten blijkt dat de bodemdalingsgebieden de grenzen van het studiegebied raken en daarmee het beheer in het studiegebied beïnvloeden, zij het marginaal (circa 2 cm).

Ten aanzien van het Nationaal Park Lauwersmeer betekent dit:

- Dat er meer natuurgebied binnen de te beschouwen dalingscontour valt
- Dat het areaal natuurgebied binnen de 4 cm-contour van het studiegebied niet groter wordt
- Dat de 'nieuwe' gebieden binnen het uitgebreide bodemdalingsgebied een daling kennen van ca 2 cm wat geleid tot de geringe effecten van de grotere daling in het noordwesten (tot 9 cm) geen aantasting van de natuurwaarden veroorzaakt

7.3.2.6 Overzicht effecten bodemdaling Anjumvelden en nieuwe velden

In deze paragraaf zijn de belangrijkste conclusies ten aanzien van de milieueffecten op het Lauwersmeer ten gevolge van aardgaswinning puntsgewijs samengevat.

Grondwater

Het stijghoogteverval in het eerste watervoerende pakket loodrecht op de kust is gering waardoor de landinwaartse grondwaterstroming zeer traag verloopt. De toename van het potentiaalverschil tussen Waddenzee en het binnendijkse gebied wordt vooral veroorzaakt door zeespiegelstijging en bodemdaling waarbij het aandeel van zeespiegelstijging voornamelijk beperkt is tot de kuststrook en het aandeel van bodemdaling relatief klein is. Verhoudingsgewijs is de toename van potentiaalverschil het grootst in de Kustzone Fryslân (40%) wat alleen een effect van betekenis heeft op de dijkskwel.

Bodemdaling heeft in het plangebied, geleid tot de relatief geringe daling en het beperkte effect van bodemdaling door gaswinning op de grondwaterstromen, géén effect op de verzilting. Echter, door peilverlagingen die soms nodig zijn om de effecten van bodemdaling op te heffen, kan vooral in (laaggelegen) poldergebieden de kwel flux



toenemen. Peilaanpassing is niet noodzakelijk als een kleinere drooglegging of een toename van de kwelflux met enkele millimeters per jaar acceptabel is.

De geologische opbouw van gebieden bepaalt of en in welke mate kwel en verzilting toenemen door veranderingen in het potentiaalverschil. Hogere gelegen gebieden, als in de kustzone, zijn dankzij een hogere drooglegging minder gevoelig voor verzilting, dan laag gelegen gebieden, met name de polders. Verzilting wordt in akkerbouwgebieden als meer negatief beoordeeld dan in grasland/weidengebieden en (brakke) natuurgebieden (Anjumer Kolken en Bantpolder). Peilverlaging in reactie op bodemdaling verhoogt het potentiaalverschil en daarmee de mate van kwel en verzilting.

Oppervlaktewater

Door de verwachte bodemdaling zijn met name in de Anjumer Kolken, polder Dongerdielen, effecten te verwachten ten aanzien van de waterstanden en peilregelende kunstwerken. In het noordwestelijke deel van het Lauwersmeergebied is (bij gelijkblijvend streefpeil) een toename in inundatie te verwachten. In de Anjumer Kolken en in delen van de polder Dongerdielen treedt een afname van de drooglegging als effect op.

Door de bodemdaling wordt de kerende hoogte van kaden aan de westzijde van het Lauwersmeergebied lager alsmede de zeekering over grote lengte.

Door bodemdaling kan ten aanzien van de waterhuishouding in het Lauwersmeer plaatselijk sprake zijn van:

- een geringe toename van- afslag van plaatovers;
- een geringe toename van de kans op inundatie van het maaiveld;
- een geringe toename van de waterdiepte in permanent geïnundeerde delen;
- meer zoute kwel in de Bantpolder en het noordelijk deel van het gebied;
- verandering in lokale grondwaterstromingen op de platen.

Levende natuur

Door de bodemdaling kan ten aanzien van de levende natuur in het Lauwersmeer plaatselijk sprake zijn van:

- een gering negatief effect op duinvalleivegetaties;
- een tamelijk klein negatief effect op de kleine zoogdieren, waaronder de Veldmuis op de platen (ter plaatse prooidier Bruine en Grauwe kiekendief);
- een tamelijk klein negatief effect op de kwalificerende broedvogels Bruine en Grauwe kiekendief (via het effect op de Veldmuis).

Voor winter- en trekvogels is naar verwachting geen sprake van negatieve effecten onder invloed van bodemdaling.

7.3.3 Effecten bodemdaling van de nieuwe winningen (Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen)

In de voorgaande paragrafen zijn de effecten van bodemdaling van de winning van de Anjumvelden én de nieuwe velden op de levende natuur beschreven (cumulatie). Hier worden de effecten van alleen de nieuwe velden beschreven. De dalingschotel van de nieuwe winningen beperkt zich tot het noordelijk en noordwestelijk deel van het Lauwersmeer. Bovendien is deze schotel, binnen het Lauwersmeergebied, iets minder steil dan de dalingschotel van Anjumwinningen en nieuwe winningen.

Zoals hierboven is aangegeven heeft bodemdaling als gevolg van de Anjum winning en nieuwe winningen een gering effect op de Veldmuis, Bruine Kiekendief, Blauwe kiekendief en op de kalkminnende duinvalleivegetaties en zijn de effecten naar verwachting niet significant in de zin van de Natuurbeschermingswet (cq. Europese Vogelrichtlijn). Als alleen de geplande winningen in beschouwing worden genomen zijn de effecten nog geringer.

Veldmuis en kiekendieven

De lagere plaatdelen in het Lauwersmeer vormen de belangrijkste foerageergebieden van Bruine en Grauwe kiekendief. De oppervlakte van het bodemdalinggebied van de nieuwe winningen is iets meer dan de helft van die van de nieuwe winningen én de Anjum winning (zie tabel 7.15) terwijl de daling van de bodem door de nieuwe winningen ongeveer tweederde is van de cumulatieve bodemdaling. De mogelijke effecten van



bodemdaling door alleen de nieuwe winningen op Veldmuis, en daarmee op Bruine en Grauwe kiekendief, kunnen daarom als zeer gering worden bestempeld.

Tabel 7.15. Grove bepaling van het preferent foerageergebied van kiekendieven binnen de 2 cm dalingscontour.

> 2 cm bodemdaling door:	Foerageergebied
Geplande winningen	769 ha
Geplande + bestaande winning	404 ha

Duinvalleivegetaties met kalkminnende plantensoorten

Van de laaggelegen plaatdelen, waarbij lokale kwel (en dijkskwel zoals in de Marnewaard) het kalkgehalte buffert, worden door de nieuwe winningen minder terreinen met kalkminnende vegetaties beïnvloed dan door de nieuwe winning samen met de Anjumwinning. Belangrijke terreinen voor wat de vegetatie betreft, zoals De Lasten, Het terreintje van Juffrouw Alie, de Ballastplaat en het terreintje bij de werkschuur van Staatsbosbeheer, vallen buiten invloedsfeer van de nieuwe winningen. Wat resteert, zijn de relatief minder goed ontwikkelde en in oppervlak geringe duinvalleivegetaties op de Bantswal en langs de plaatrand van De Rug. Door de nieuwe winningen alleen is ook de toename van overstromingskans langs de westzijde van De Rug, op de Ballastplaat en in de Bantswal minder groot. Dit is niet kwantitatief uitgewekt, maar als indicatie kan worden volstaan met het gegeven dat het bodemdalingsgebied van de nieuwe winningen circa tweederde tot driekwart bedraagt van de het bodemdalingsgebied van de nieuwe winningen en Anjumwinning.

De bodemdaling in het zoute kwelgebied van de Marnewaard wordt volledig bepaald door de geplande winning (Lauwersoog). Voor dit terrein geldt dus dat de effecten van de geplande winning gelijk zijn aan de gecumuleerde effecten.

Conclusies effecten bodemdaling nieuwe winningen

Als de geringe negatieve effecten door bodemdaling worden opgesplitst in een aandeel als gevolg van de bestaande winning (c.q. Anjum) en een aandeel als gevolg van nieuwe winningen, dan blijkt dat de winningen afzonderlijk een zeer geringe negatieve effecten hebben en dat die in beide gevallen betrekking hebben op:

- de Veldmuis en daarmee op Bruine en Grauwe kiekendief
- de duinvalleivegetaties.

De enige uitzondering is het effect op het zoute kwelgebied van de Marnewaard: de bestaande winning bij Anjum heeft hierop geen effect.

De effecten van de Anjumwinning en de nieuwe winningen versterken elkaar (cumulatie), zodat gezamenlijk sprake is van een gering negatief effect.

7.3.4 Mitigerende maatregelen

Effecten van bodemdaling op de natuur in het Lauwersmeer lenen zich, met uitzondering van het plaatsen van oeverbescherming, niet zo goed voor mitigerende maatregelen als in het agrarische gebied. Lokaal kunnen oeverafslag en ongewenste inundaties eenvoudig worden voorkomen door het aanleggen van een oeververdediging.

In de bemalen deelgebieden kan een peilaanpassing de effecten deels mitigeren, waarbij rekening moet worden gehouden met de effecten van peilaanpassingen op de waterkwaliteit (ref. 7.2).

7.3.5 Aandachtspunten voor de effectenvoorspelling

Berekening inundatiekans

De bepaling van mogelijke effecten door bodemdaling baseert zich in hoge mate op het verschil in inundatiekans tussen de bestaande situatie en de verwachte situatie na bodemdaling. Volgens de gekozen benadering is de inundatiekans afhankelijk van maaiveldhoogte en overschrijdingsfrequentie, gebaseerd op respectievelijk het AHN en de gemeten waterpeilen in 2003 en 2004.



Betrouwbaarheid AHN

Bij de effectbeschrijving is uitgegaan van de bestaande (AHN) hoogtekaart. Toch zijn er een aantal kanttekeningen te plaatsen bij de juistheid van de AHN. Dit laat zich goed illustreren aan de hand van een visuele vergelijking met de oude hoogtekaart van de RIJP (Van Rooij & Drost 1996). In [tabel 7.16](#) is voor een aantal relevante deelgebieden het verschil tussen AHN en RIJP-kaart aangegeven (in cm). Een positieve waarde betekent dat de RIJP-kaart hogere waarden geeft.

Tabel 7.16 Verschillen tussen hoogtekaart RIJP en het AHN

Deelgebied	Afwijking (cm)
Bantswal	+25
Bochtjesplaat polder	0
Bochtjesplaat rand	-25
Ezumakeeg-noord	0
De Rug	-25
grootste deel Zuidelijke lob	-25
meest westelijk deel Zd. lob	+10
grootste deel Schoenerbult	-25
meest westelijk deel Schoenerbult	+10

Korte meetreeks waterpeilen Lauwersmeer

Voor het bepalen van de inundatiefrequentie is uitgegaan van de gemeten oppervlaktewaterpeilen uit 2003 en 2004. Dit is gedaan omdat langjariger reeksen niet voorhanden bleken te zijn. Daardoor ontbreken de zeer hoge waterstanden uit het verleden (bijvoorbeeld 23 cm +NAP in 1998). Anderzijds was 2003 een relatief nat jaar met een vrij hoog winterpeil.

Indien langjariger reeksen ter beschikking waren geweest, kunnen we aannemen dat dit op twee punten zal afwijken van de bepaalde overschrijdingsfrequentie:

- bij een langere reeks zullen ook extreme peilen (> 0 m. NAP) met een zeer geringe overschrijdingskans optreden;
- de kans op het optreden van peilen tussen 0 m. NAP en circa 0,5 m. –NAP zal bij een langere reeks lager zijn, omdat 2003 een relatief nat jaar was.

Beknopte gevoeligheidsanalyse

In de rapportage van Altenburg&Wymenga is met het oog op het voorgaande een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Op basis daarvan is geconcludeerd dat als wordt uitgegaan van andere maaiveldhoogtes en een langere meetreeks, grotere effecten van een extreem hoog boezempeil op de muizenpopulatie en daarmee op Kiekendieven mogelijk zijn. De kans echter dat bodemdaling dergelijke effecten veroorzaakt is gering, maar met een kans van 1 dag per 5 jaar, kan dit wel effecten op de muizenpopulatie en de kiekendieven hebben. Hierbij moet wel worden bedacht dat in een dergelijk geval en bij een dergelijk peil, ook zonder bodemdaling de betreffende gebieden (met name De Rug) vrijwel geheel zullen overstromen.

Beheersscenario's Watervisie

In [paragraaf 4.2.3](#) en [4.3.5](#) is uitgebreid ingegaan op de mogelijke gevolgen van de andere scenario's voor het waterbeheer van het Lauwersmeer. Deze scenario's worden overwogen in het kader van de Watervisie [[ref. 7.6](#) en [7.7](#)] en anticiperen op veranderingen die in nodig zijn in de toekomst met het oog op het veranderende klimaat en water/natuurbeheer. In [paragraaf 4.2.4](#) is ook aangegeven dat de veranderingen als gevolg van bodemdaling door aardgaswinning het grootst zijn onder het scenario Peilconsolidatie omdat de andere scenario's veranderingen met zich meebrengen die de effecten van bodemdaling door gaswinning ver overstijgen. Het scenario Peilconsolidatie is daarom de basis voor de effectbeschrijving (wordt case benadering). Daarbij dient opgemerkt te worden dat het 'vernatten' vanuit de natuurdoelen voor het Lauwersmeer op zichzelf als positief wordt aangemerkt, omdat het de voortschrijdende verruiging terug gaat



Referenties

- 7.1 Ontwikkelingen en huidige situatie van natuurwaarden in het Lauwersmeer, een verkenning van de natuurwaarden en de mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning, Altenburg&Wymenga ecologisch onderzoek, oktober 2005.
- 7.2 Effectenstudie Waterhuishouding aardgaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, Grontmij september 2005.
- 7.3 Zoetendal, J.R., Y. de Leeuw & N. Zwaanswijk. 2005. Effectenstudie aardgaswinnings Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Grontmij, Drachten
- 7.4 Ietswaart, T. & J.S. Rus 2001. Natuurvriendelijke waterhuishouding Lauwersmeer. Eindrapportage achtergronddocument. Iwaco projectnr. 25894, Iwaco, Groningen.
- 7.5 Rooij, S.A.M. van & H.J. Drost (red.) 1996. Het Lauwersmeergebied: 25 jaar onderzoek ten dienste van natuurontwikkeling en beheer. Flevobericht nr. 387. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- 7.6 Provincies Fryslân en Groningen, 2005. Notitie reikwijdte en detailniveau ten behoeve van SMB Watervisie Lauwersmeer, Arcadis, 20 september 2005.
- 7.7 Onderweg naar de Watervisie Lauwersmeer, Bestuurlijk Overleg Watervisie Lauwersmeer, maart 2005.
- 7.8 TNO-NITG, 1997. Onderzoek waterhuishoudkundige inrichting Friesland (fase 2, 2e vervolg). In opdracht van de provincie Friesland, januari 1997.



Aantekeningen