

# **Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen: publieksamenvatting en integrale beoordeling van de monitoringresultaten uit 2019**

Nederlandse Aardolie maatschappij  
EP202005200929

Assen, mei 2020

# Samenvatting

Gaswinning in het Waddengebied mag geen nadelige effecten hebben op beschermde natuurwaarden. Hiertoe voert de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) een monitoringprogramma uit waarover jaarlijks wordt gerapporteerd aan het bevoegd gezag. Het betreft een uitgebreid programma dat kijkt naar bodemdaling, het droogvallende wad in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag, de kwelder Peazemerlannen en het Lauwersmeergebied. Beschouwing en analyse van de resultaten levert jaarlijks een tiental rapporten op van bij de monitoring betrokken instanties. Daarnaast zijn er regelmatig rapporten die volgen uit methodiekontwikkeling of aanvullende analyses. Voor u ligt de publiekssamenvatting en integrale beoordeling van het werk dat gedurende het dertiende monitoringjaar, 2019, is gedaan.

Het bovengenoemde monitoringprogramma is ingericht om te toetsen aan een aantal relevante beleidsdoelstellingen, veelal instandhoudingsdoelstellingen in het kader van de Wet Natuurbescherming en aan eisen die volgen uit het Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee. Deze doelen en eisen zijn overgenomen in tabel 1 van dit rapport. Ze komen terug in deze samenvatting en in de eindconclusies.

## Bodemdaling Waddengebied

Door de aanvoer van sediment vanuit de Noordzeekustzone kan de Waddenzee meegroeien met de zeespiegel en met bodemdaling door gaswinning. Wettelijk is vastgesteld dat de bodemdalingsnelheid en de zeespiegelstijgingsnelheid opgeteld niet meer mogen bedragen dan 5 en 6 millimeter per jaar gemiddeld voor respectievelijk de Zoutkamperlaag en het Pinkegat. De 'ruimte' voor bodemdaling (in millimeters per jaar) wordt daardoor in sterke mate bepaald door de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt (in millimeters gemiddeld zeeniveau per jaar). Het vigerende beleidsscenario voor zeespiegelstijging is in 2016 vastgesteld. In 2021 moet de snelheid van zeespiegelstijging opnieuw worden beoordeeld en vastgesteld.

*Rijksprojectbesluit: Bodemdaling door gaswinning mag, in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschrijden of dreigen te overschrijden*

Zoal in de bovenstaande alinea is aangegeven, bedraagt het vastgestelde meegroeivermogen voor de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag 6 en 5 millimeter per jaar. Op basis van modelberekeningen wordt de gemiddelde bodemdalingsnelheid onder de kombergingen berekend en geijkt aan de hand van metingen in het veld. De bodemdalingsnelheid als gevolg van de Waddenwinningen is erg laag en komt vooralsnog niet in de buurt van de zogenaamde natuurgrenzen van 5 en 6 millimeter per jaar. Er is dan ook geen sprake van een (dreigende) overschrijding van die grenzen.

## De wadplaten binnen de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag

Er worden verschillende monitoringprogramma's uitgevoerd om de ontwikkeling van de wadplaten te volgen. Dit zijn de vlakdekkende hoogtemetingen vanuit een vliegtuig (LiDAR), de zogenaamde spijkermetingen die sedimentatie en erosie op wadplaten meten en waterpassingen bij de peilmerken verspreid over Pinkegat en Zoutkamperlaag.

*Aanwijzingsbesluit Waddenzee: Behoud oppervlakte slik- en zandplaten.*

Bodemdaling door gaswinning mag niet leiden tot een onnatuurlijke afname van het areaal droogvallende wadplaten. Op basis van de vlakdekkende LiDAR-metingen wordt de ontwikkeling van dit areaal in de tijd gevolgd. In 2019 is er over 2 nieuwe LiDAR-opnames gerapporteerd. Het betreft surveys die zijn uitgevoerd in het voor- en najaar van 2019.

Uit de monitoringresultaten blijkt dat er geen sprake is van het areaal wadplaten in het kombergingsgebied van de Zoutkamperlaag. Wel is migratie van wadplaten in noordoostelijke richting waarneembaar. De trend voor het Pinkegat suggereert wel een lichte afname. Onderzoek in deelgebieden wijst uit dat deze trend volgt uit de ontwikkelingen langs de Friese kust (gebied boven Ternaard) en van de Engelsmanplaat. Onder deze deelgebieden vindt geen bodemdaling door gaswinning plaats. Binnen het bodemdalingsgebied Ameland is een deelgebied aan te wijzen waar uit de LiDAR-beelden een afname van het areaal wadplaten blijkt. Dit is enigzins in strijd met de resultaten uit de spijkermetingen in datzelfde gebied. Vanuit de begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland is er een breder onderzoek opgetuigd om de ontwikkeling van oostelijk Ameland, het aangrenzende wad en de omliggende zeegebieden onder invloed van bodemdaling te interpreteren. Dit zal in oktober 2020 worden gerapporteerd.

*Structuurvisie Waddenzee: Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaardgaande geomorfologische en bodemkundige processen*

Op basis van de bovengenoemde LiDAR-opnames van het droogvallende wad kan worden vastgesteld hoe groot de geomorfologische dynamiek is op verschillende plaatsen in het gebied. De wadplaten rond het zeegat zijn hoogdynamisch. Meer centraal in de kombergingen zijn de morfologische veranderingen kleiner en op de slikken langs de Friese kust is de situatie relatief stabiel. Deze gradient in dynamiek uit zich ook in de korrelgrootteverdeling van het sediment in het gebied (Folmer *et al.* 2017). Dit zijn de kenmerken van een natuurlijke waterbeweging en morfologische ontwikkeling voor dit soort kombergingen (mondeling communicatie Rijkswaterstaat).

*Aanwijzingsbesluit Waddenzee: Behoud van omvang en kwaliteit fourageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels*

De kwaliteit van het droogvallende wad als fourageergebied voor vogels wordt aan de hand van een ecologisch model berekend. Dit model berekent per vogelsoort verschillende kenmerken van het fourageergebied, zoals het areaal geschikt fourageergebied of de oogstbare hoeveelheid voedsel per getij, etc. In 2018 is het model operationeel gemaakt, wat wil zeggen dat het is ingezet om het effect van bodemdaling door gaswinning op doelsoorten (vogels) te evalueren.

Voor de beoordeling van mogelijke effecten van bodemdaling op beschermde vogelsoorten wordt een aantal stappen doorlopen. Ten eerste wordt vastgesteld hoe de soort zich in het gebied ontwikkelt en of dat in lijn is met de bredere ontwikkeling van de soort in de trilaterale Waddenzee. Voor soorten met een afwijkende, negatieve ontwikkeling in Pinkegat en Zoutkamperlaag kijken we vervolgens of de draagkracht van dit gebied voor die soorten is afgenomen in de periode waarin er bodemdaling is opgetreden. Wanneer dat laatste het geval is, moeten we analyseren in hoeverre er een relatie lijkt te zijn tussen de afgenomen draagkracht en bodemdaling door gaswinning onder het gebied.

Uit de resultaten blijkt dat er nu 5 vogelsoorten zijn waarvan de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen rond Pinkegat en Zoutkamperlaag de laatste jaren afnemen. Dat zijn de Bergeend, Scholekster, Kluut, Wulp en Tureluur. Voor de laatste 4 soorten geldt dat hun aantalsontwikkeling in Pinkegat en Zoutkamperlaag de trend in het bredere Waddengebied volgt. Voor de Bergeend is dit niet het geval. De voedselbeschikbaarheid voor deze soort is echter niet afgenomen. Daarom kan worden aangenomen dat bodemdaling door gaswinning de kwaliteit van het fourageergebied niet heeft verminderd.

Voor twee soorten, de Rosse Grutto en de Kanoet, is de aantalsontwikkeling onduidelijk of stabiel. Wanneer we kijken naar de ontwikkeling van het voedselaanbod voor deze

soorten in het gebied, zien we dat die schommelt of toeneemt. Daarom kan ook voor deze soorten worden aangenomen dat bodemdaling door gaswinning de kwaliteit van het fourageergebied niet heeft verminderd.

Kanoeten zijn in sterke mate afhankelijk van kleine schelpdieren zoals het Nonnetje (Zwarts en Blomert, 1992). Sinds 2007 neemt de dichtheid Nonnetjes in de westelijke Waddenzee weer toe (Ens *et al.* 2020). Volgens onderzoekers van het NIOZ kan de verschuiving van Kanoeten naar de westelijke Waddenzee het effect zijn van de toenemende verstoring door Slechtvalken in de oostelijke delen van de Waddenzee.

**Kwelder** - De bodemdaling onder de kwelder “Peazemerlannen” bedraagt enkele millimeters per jaar. Op deze kwelder wordt de opslibbing gemonitord, de ontwikkeling van de pionierzone en van de overige kweldervegetatie. Daarnaast is er in 2016 gestart met het meten van de overstromingsfrequentie op verschillende punten.

*Aanwijzingsbesluit Waddenzee: Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras*

De Peazumerlannen is een gevarieerde kwelder waar de verschillende hoogtezones, inclusief de pionierzone, vertegenwoordigd zijn. Geconcludeerd kan worden dat het gebied gemiddeld in voldoende mate opslibt om bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging te compenseren. Alleen voor de hooggelegen delen van de zomerpolder geldt dit niet. In 2018 en 2019 hebben droge perioden in de zomermaanden voor inklinking van de kleilaag gezorgd. In combinatie met maatregelen voor natuurbeheer kan dit tot verkweldering van de zomerpolder gaan leiden, hetgeen daar de geplande natuurontwikkeling ten goede komt.

De omvangrijke en relatief stabiele pionierzone en pre-pionierzone voor de Peazumerlannen draagt positief bij aan de instandhoudingsdoelstellingen voor kwelders in de Waddenzee. Deze pionierzone wordt in verband gebracht met de netto opslibbing van het voorliggende wad (Van Duin, 2020). Uit de vegetatie-opnames blijkt geen ontwikkeling waar bodemdaling door gaswinning aan ten grondslag ligt. Wel kan het zijn dat de bodemdaling onder de kwelder het proces van successie/ veroudering in de vegetatie vertraagt. Dat is niet als positief of negatief te bestempelen.

**Het Lauwersmeergebied**- Het Lauwersmeergebied is een zoetwater natuurgebied dat lokaal nog onder invloed staat van zout grondwater. De beheerder heeft als doel het gebied open te houden en probeert dit te bereiken door vee in te scharen en te maaien. Helaas hebben begrazing en vertrapping vooral een negatief effect op de rietvegetaties.

Het Lauwersmeer is een vogelrichtlijngebied. Voor een groot aantal vogelsoorten zijn instandhoudingsdoelstellingen gedefinieerd. Bodemdaling door gaswinning mag geen nadelig effect hebben op deze instandhoudingsdoelen. De bodemdaling onder het Lauwersmeergebied is het grootst langs de westelijke oever van het gebied. Sinds de start van de MLV-winningen in 2006 is dit zo'n 5 centimeter die voornamelijk veroorzaakt wordt door de winning uit het gasveld Anjum.

De monitoring in het Lauwersmeergebied richt zich op de ontwikkeling van de vegetatie en op de abundantie en verspreiding van broedvogelsoorten. Hiertoe worden er vogeltellingen verricht. De vegetatiestructuur wordt gekarteerd en de ontwikkeling van de vegetatie wordt op soortniveau bepaald op 102 meetpunten (pq's) die verspreid over het gebied liggen. Nabij die pq's wordt het grondwaterpeil gemeten en o.a. het zoutgehalte van het grondwater bepaald.

*Aanwijzingsbesluit Lauwersmeer: Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels*

Ter beoordeling van mogelijke effecten van bodemdaling op beschermde vogelsoorten van het Lauwersmeergebied, wordt een aantal stappen doorlopen. Ten eerste wordt vastgesteld hoe de soort zich in het gebied ontwikkelt. Deze ontwikkeling wordt vervolgens met de ontwikkeling van de soort in heel Nederland vergeleken. Daarnaast wordt vastgesteld of bodemdaling door gaswinning een verstorend effect kan hebben op broedfunctie en zodoende ten grondslag kan liggen aan een geobserveerde afname in de aantallen van een soort.

De geobserveerde negatieve trends in de aantallen teritoria voor enkele beschermde broedvogels zijn allemaal te relateren aan de achteruitgang van dichte riet- en waterrietvegetaties. Deze dichte rietvegetaties nemen af door beweiding en door de toename van struweel. Daarnaast zet predatie door vossen broedpopulaties onder druk (Kleefstra *et al.* 2020).

Via de monitoring van de vegetatie wordt onderzocht in hoeverre bodemdaling door gaswinning de plantengemeenschappen in het gebied beïnvloedt en of veranderingen in de vegetatiestructuur (en dus de broedgelegenheid van doelsoorten) hier negatief door beïnvloed wordt. Uit de analyses blijkt dat er op dit moment geen sprake is van een dergelijk effect.

Op basis van het 13<sup>de</sup> monitoringjaar kan geconcludeerd worden dat bodemdaling als gevolg van de waddenwinningen in zowel de Waddenzee als het Lauwersmeergebied vooralsnog geen nadelige effecten heeft gehad op de natuurwaarden en instandhoudingsdoelen.

# Inhoudopgave

Samenvatting .....	2
Bodemdaling Waddengebied .....	2
De wadplaten binnen de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag.....	2
Inhoudopgave .....	6
1 Inleiding .....	8
1.1 Bodemdaling door gaswinning .....	8
1.2 De Wet Natuurbescherming als toetsingkader.....	10
1.3 Het sedimentdelend systeem .....	11
1.4 Ecologische monitoring .....	12
1.5 Gaswinnen met de Hand Aan de Kraan .....	14
1.6 Organisatiestructuur rond monitoring en rapportage .....	16
2 Rapportages.....	17
3 Gasproductie 2016 .....	19
4 De Waddenzee .....	20
4.1 Bodemdaling in het wadden- en lauwersmeergebied.....	20
Belasting kombergingsgebieden.....	21
Na-ijleffect.....	24
Onzekerheid remwegscenario's.....	24
Doorbraak van een breuk .....	24
Betekenis na-ijleffecten in het licht van het HAK-principe.....	24
Deelconclusie .....	25
4.2 Bodemhoogte meten aan het wadoppervlak .....	26
Oppervlakte wadplaten in kombergingen en deelgebieden.....	26
Ontwikkeling van areaal en hoogteligging wadplaten .....	27
Toepassen beslisschema.....	31
4.3 Vogels en de kwaliteit van de droogvallende wadplaten .....	32
Toepassen beslisschema.....	35
Deelconclusie .....	36
5 De kwelder Peazemerlannen.....	37
Sedimentatie .....	37
Pionierzone .....	39
Ontwikkeling kweldervegetatie .....	40
Toepassen van het beslisschema .....	40

Deelconclusies .....	40
6 Lauwersmeergebied.....	41
6.1 Beleid- / Beheerdoelen voor het Lauwersmeergebied en de daaraan gerelateerde ecologische monitoring .....	41
Ontwikkeling draagkracht.....	43
Ontwikkeling vegetatie .....	44
Toepassen beslisschema.....	44
Deelconclusies .....	45
7 Conclusies .....	46
8 Literatuur .....	47
Bijlage 1: Adviespunten Auditcommissie (19 december 2019) en reactie van NAM en/of de betrokken onderzoekers.....	48
Bijlage 2: Beslisschema's A en B ten behoeve van de Hand Aan de Kraan systematiek. Schema A is ingericht voor beschermde vogelsoorten. Schema B voor beschermde habitats. ....	50

# 1 Inleiding

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) wint gas onder het waddengebied. Dit is toegestaan onder de voorwaarde dat jaarlijks wordt beoordeeld of dit niet tot schade leidt aan de beschermde natuurwaarden van het gebied. Dreigt er wel schade te ontstaan, dan krijgt NAM de opdracht om de gaskraan dicht te draaien. Hiertoe voert NAM een uitgebreid monitoringprogramma uit, waarin de bodemdaling door gaswinning en de ecologische ontwikkeling in de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag worden beschouwd. Voor u ligt de publieksamenvatting van de resultaten uit de monitoring en onderzoek dat in 2019 is uitgevoerd. Hierin ligt de nadruk op de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Mogelijke effecten worden beschouwd in cumulatie met de bodemdaling die door de gaswinning Ameland en Anjum wordt veroorzaakt.

Dit rapport is een NAM-rapport dat tot stand komt op basis van verschillende onderzoeksrapporten die in bovengenoemd kader door onderzoeksinstituten worden geproduceerd (tab. 3). In hoofdstuk 1 van dit rapport wordt achtergrondinformatie gegeven over gaswinning en bodemdaling onder de Waddenzee en het Lauwersmeergebied in relatie tot het daarvoor ingerichte monitoringprogramma. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de relevante achtergronddocumentatie. Nieuwe resultaten zijn te vinden in de hoofdstukken 3 t/m 6. Hierbij gaat het respectievelijk om productiegegevens (3), de wadplaten (4), de kwelder (5) en het Lauwersmeergebied (6). Hoofdstuk 7 bevat de eindconclusies over de monitoringperiode 2007 - 2019.

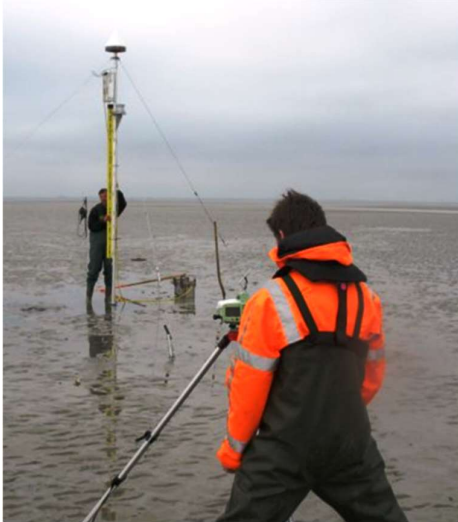
## 1.1 Bodemdaling door gaswinning

Op een aantal plaatsen onder het waddengebied zit aardgas in de bodem. Dit gas bevindt zich op een diepte van ruim 3000 meter in de poriën van een miljoenen jaren oude zandsteenlaag. Ingesloten door ondoordringbaar gesteente varieert de gasdruk op die diepte tussen de 300 en 600 bar. Wanneer door gaswinning de druk in de poriën van zo'n zandsteenpakket afneemt, wordt het zandsteen samengedrukt. Het 'compacteert'. Deze compactie op drie kilometer diepte leidt tot bodemdaling aan het aardoppervlak. We spreken dan van bodemdaling door gaswinning.

Het is in Nederland gebruikelijk om bodemdaling (o.a. als gevolg van gaswinning) te meten. Hiertoe worden landmeetcampagnes uitgevoerd. Daarnaast worden er op basis van kennis over de diepe ondergrond (geofysica, geologie en geomechanica) en het gasproductieverloop bodemdalingschotels berekend en ingetekend op kaarten (zie bijvoorbeeld figuur 7). Op zee is dat meten lastiger. Dat komt enerzijds omdat er op de zeebodem weinig vaste punten zijn die boven water uit steken en anderzijds omdat de hoogtekarten van de zeebodem niet nauwkeurig genoeg zijn om veranderingen op het niveau van centimeters in beeld te brengen. Daarbij komt dat de zeebodem van de Nederlandse ondiepe kustzone van nature behoorlijk in beweging is.

Omdat in de Waddenzee de wadplaten tijdens laagwater droogvallen, is in dit deel van het gebied een beperkt aantal hoogtemetingen wel mogelijk. Om daarbij geen last te hebben van hoogteverschillen die door sedimentbeweging ontstaan, zijn er stalen palen in de wadbodem gezet. Door bovenop deze palen de hoogteverandering te meten, wordt een beeld verkregen van de bodemdaling die de gaswinning veroorzaakt (Fig. 1).





Figuur 1: Het meten van bodemdaling onder het wad door een GPS ontvanger boven op een mast te zetten die op een 6 meter lange paal in de bodem is geplaatst. De mast dient ervoor dat de ontvanger ook bij hoog water boven water uitsteekt en contact houdt met satellieten.

Het begrip van de ondergrond wordt gevormd door seismologisch onderzoek. Deze kennis wordt gebruikt om een geologisch model van de diepe ondergrond te maken. Dit model beschrijft de structuur van de verschillende aardlagen. Veel van deze aardlagen zijn onderbroken door breuken die gedurende de lange geologische geschiedenis zijn ontstaan. Door middel van geluidsgolven (seismiek) zijn deze lagen en breuken zichtbaar gemaakt waarbij boringen aanvullende gegevens verschaffen over kenmerken van het gesteente zoals bijvoorbeeld de doorlaatbaarheid. Dit 3D-model van de diepe ondergrond wordt vervolgens doorgegeven aan een reservoir-engineer ("reservoir" is het gesteente dat gas en water kan bevatten) die de informatie uit het geologische model combineert met informatie over het gas en water in de poriën van het gesteente. Met dit model wordt kennis verkregen over de mogelijke drukkaling van de gas- en (eventueel) watervoerende gesteentepakketten als gevolg van de historische en nog geplande gasproductie. Bestaande productiegegevens en drukmetingen worden gebruikt om de modellen te kalibreren en daarmee de onzekerheid over de drukkaling in het veld te reduceren.

De hierboven genoemde drukgegevens worden door de geomechanicus gebruikt om het samendrukken van het gesteente in de diepe ondergrond (compactie) te berekenen en de daarmee gepaard gaande bodemdaling aan het aardoppervlak. Om deze modellen te valideren en te kalibreren, worden de modeluitkomsten vergeleken met gemeten bodemdaling aan het aardoppervlak.

In de Meet- en Regelrapportage over het monitoringsjaar 2018, is voor het eerst de nieuw ontwikkelde rekenmethode toegepast die voortkwam uit de Long-term subsidence studie (LTS). Kort gezegd laat deze methode voor tientallen reservoirmodellen duizenden varianten van bodemdalingsmodellen de bodemdaling berekenen en toetst deze aan de gemeten bodemdaling in tijd en ruimte. Op basis van deze toetsing geeft de rekenmethode aan welke modellen in meer- of minder waarschijnlijke mate de werkelijkheid beschrijven. Deze methode wordt de LTS-II methode genoemd. Ten behoeve van de Meet- & Regelrapportage over 2019 is het aantal reservoirmodellen uitgebreid, de toetsing van de gemodelleerde met de gemeten bodemdaling verbeterd en er zijn remwegscenario's voor de gasvelden Moddergat, Nes en Lauwersoog bepaald.

## 1.2 De Wet Natuurbescherming als toetsingkader

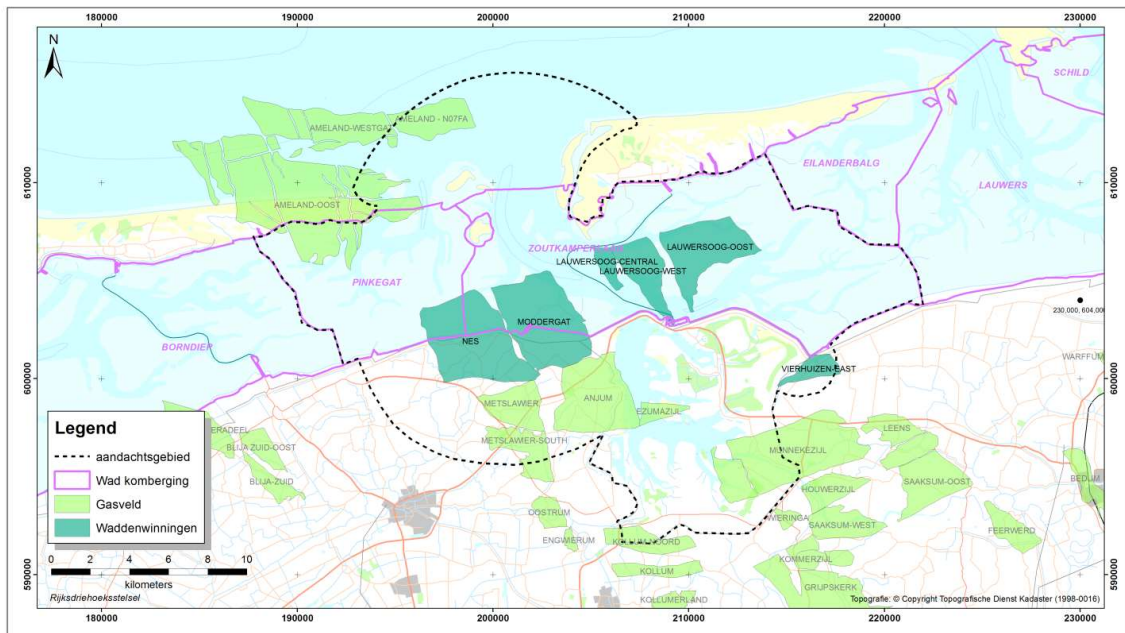
Bodemdaling onder de Waddenzee mag niet leiden tot schade aan de instandhoudingsdoelen zoals die voor het gebied zijn geformuleerd in het Aanwijzingsbesluit Waddenzee. Daarin wordt gesproken over habitattypen en doelsoorten. Deze bodemdaling bedraagt enkele millimeters per jaar. Onder geulen en andere permanent onderwaterstaande delen van het gebied zijn ecologische effecten van die bodemdaling op voorhand uitgesloten. Het onderzoek en de monitoring beperkt zich daarom tot de droogvallende wadplaten. Het meest relevante habitatype is dan ook 'Droogvallende zand- en slikplaten'. Beschermd zijn het areaal en de kwaliteit van de wadplaten, waarbij kwaliteit wordt uitgelegd als "structuur en functie" van de wadplaten. Één van de belangrijkste functies van de wadplaten is die van foerageergebied voor wadvogels. Deze vogelsoorten vormen samen met enkele zoogdieren en vissen de Natura 2000-doelsoorten. Voor doelsoorten wordt in het Aanwijzingsbesluit uitgelegd dat de 'draagkracht' van het gebied niet mag afnemen voor populaties van een bepaalde omvang. Hierbij gaat het om het functioneren van de Waddenzee als foerageergebied en als broed- of rustgebied.

Als gevolg van de gaswinning uit de velden "Nes" en "Moddergat" vindt er ook bodemdaling plaats onder de vastelandkwelder "Peazemerlannen". Vandaar dat ook de invloed van bodemdaling op de natuurlijke ontwikkeling van deze kwelder wordt gemonitord. Hierbij is specifiek aandacht voor de beschermde habitattypen "Zilte schorren" en "Zilte graslanden buitendijks". Ter voorbereiding op het bepalen van het effect van bodemdaling op broedvogels op de kwelder is in 2016 gestart met het meten van de overstromingsfrequentie. Daarover wordt nog niet gerapporteerd. In de evaluatie van het monitoringprogramma is geconstateerd dat een jaarlijkse meting van de oppervlakte van de pioniervegetatie die zeewaards van de kwelder op het wad is ontstaan, aan het programma dient te worden toegevoegd.

De kwelder van Ameland wordt sinds de start van de gaswinning Ameland (1986) gemonitord. De resultaten van die monitoring worden eens per 5 jaar gerapporteerd, maar zijn geen onderdeel van deze rapportage.

Ook onder het Natura 2000-gebied Lauwersmeer vindt bodemdaling plaats. Deze wordt niet gecompenseerd door sedimentaanvoer, waardoor de bodemdaling aan het maaiveld meetbaar zal worden. Het gebied is echter onderhevig aan verzuivering en verdroging. Het natuurbeheer is er in deelgebieden op gericht de vegetatie kort te houden en de situatie voor moerasvogels te verbeteren. Mochten er effecten van bodemdaling door gaswinning in het gebied optreden, dan wordt verwacht dat deze effecten klein zijn en mogelijk ook passen binnen de beheerdoelstellingen voor het gebied.

Het Lauwersmeergebied is een vogelrichtlijngebied en kent geen beschermde habitats. De instandhoudingsdoelen voor dit gebied richten zich daarom uitsluitend op de draagkracht van dit gebied voor bepaalde vogelsoorten. Omdat uit eerdere analyses is gebleken dat watervogels slechts in beperkte mate reageren op de wisselingen in het mmerpeil, wordt ook geen effect van enkele centimeters bodemdaling op deze groep verwacht. De huidige monitoring in het gebied richt zich dan ook op de broedvogels, op mogelijke veranderingen in de vegetatie die daaraan ten grondslag kunnen liggen en de daarvoor verantwoordelijke oorzaken, zoals bodemdaling door gaswinning.



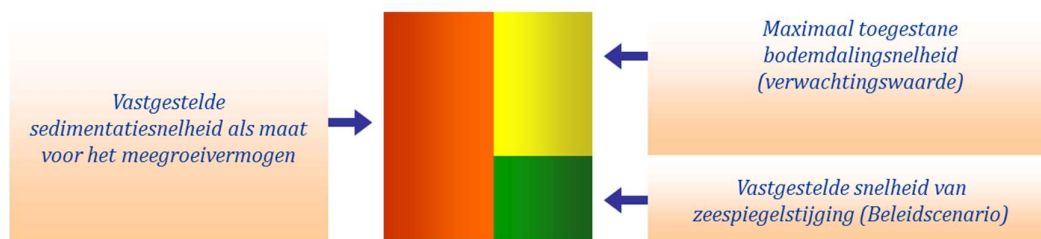
Figuur 2: Overzicht van het beïnvloedinggebied van de gaswinning in het waddengebied. De contour van dat gebied is aangegeven met de stippellijn. Uit donkergroene gasvelden “Nes”, “Moddergat”, “Lauwersoog” en “Vierhuizen” wordt gas gewonnen vanaf binnendijkse locaties gelegen bij de dorpen Moddergat en Vierhuizen en vanaf een locatie gelegen in de haven van Lauwersoog. Deze gaswinning is gestart in 2006. De lichtgroene velden zijn al langere tijd in productie: Ameland sinds 1986, Anjum sinds 1991, etc. Opvallend is dat de contour ook een deel van de Noordzeekustzone omvat. Dat gebied noemen we de buitendelta. Waddenzee wisselt namelijk sediment uit met die buitendelta. Hierover kunt u meer lezen in de onderstaande paragraaf.

## 1.3 Het sedimentdelend systeem

Onder invloed van de getijdenstroming treedt er constant uitwisseling van sediment op tussen de Waddenzee en de Noordzeekustzone. Enerzijds ontstaan en groeien wadplaten doordat zand en slib tot rust komen in de Waddenzee en accumuleren. Anderzijds eroderen ze door afkalving en verdwijnt er weer zand naar de geulen. De vorm van het gebied (geomorfologie) past zich zo continu aan de waterbeweging aan. Deze waterbeweging (golven en getij) varieert dagelijks als gevolg van maanstanden en weersinvloeden. We spreken dan ook van een dynamisch evenwicht. Op korte termijn overheerst die dynamiek kleine invloeden, zoals zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning. Echter, als deze kleine invloeden niet door extra sedimentimport in de Waddenzee gecompenseerd worden, leiden ze op lange termijn tot het korter droogvallen van de wadplaten. De vergunningen die de NAM heeft om gas te mogen winnen onder de Waddenzee gaan er vanuit dat dit niet optreedt. Dit werkt als volgt.

De zeespiegelstijging en bodemdaling door de gaswinning bedragen samen enkele millimeters per jaar. Dat lijkt weinig, maar vermenigvuldigd met de oppervlakte van een kombergingsgebied is dat toch een relevant volume per jaar. Deze volumeverandering treedt gestaag op en beïnvloed het hydrodynamisch evenwicht. Er ontstaat een situatie waarin er gemiddeld meer water het gebied in en uit stroomt, waardoor er gemiddeld meer sediment vanuit de kustzone wordt aangevoerd. Door de toename van het netto sedimenttransport kunnen de wadplaten meegroeien met de zeespiegelstijging en met bodemdaling door gaswinning. Dit noemen we het “Meegroeivermogen” van de Waddenzee.

De vraag is natuurlijk hoe groot dat meegroeivermogen eigenlijk is. Hoeveel zandhonger kan er optreden voordat de aanvoersnelheid / -capaciteit beperkend wordt en de droogvalduur van de wadplaten beïnvloed wordt? De afgelopen 20 jaar zijn er verschillende studies uitgevoerd naar het meegroeivermogen van de Waddenzee. Dit werk bestond uit analyses van historische sedimentatiesnelheden en modelstudies (tab. 2). Recente analyses schatten het maximale meegroeivermogen van kombergingen in het oostelijke deel van de Waddenzee hoog in. Voor de Zoutkamperlaag komen de onderzoekers tot een meegroeivermogen van 17,1 millimeter per jaar en voor het relatief kleine Pinkegat is dat zelfs 32,7 millimeter per jaar (Van der Spek, 2018). In het Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee is vastgelegd dat er van een relatief laag meegroeivermogen dient te worden uitgegaan. Voor kleine kombergingen, zoals het Pinkegat, is dat 6 millimeter sediment per jaar en voor grotere kombergingen, zoals de Zoutkamperlaag, is dat 5 millimeter sediment per jaar. Deze sedimentatiesnelheden worden ook wel de “Natuurgrenzen” genoemd. Ze worden als veilige grenzen beschouwd. De som van de snelheid van zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning mag niet meer bedragen dan die Natuurgrens (fig. 3). Als die som deze Natuurgrens overschrijdt of dreigt te overschrijden binnen de periode waarvoor het zeespiegelstijgingsscenario is vastgesteld, dient NAM haar gasproductie zodanig aan te passen dat dit hersteld wordt. Hoe NAM jaarlijks vaststelt of de gasproductie aan deze eis voldoet is vastgelegd in het Meet- en Regelprotocol (NAM, 2012). Het resultaat voor 2017 wordt gepresenteerd in paragraaf 4.1 van dit rapport.



Figuur 3: De som van bodemdalingsnelheid en zeespiegelstijgingsnelheid mogen de vastgestelde sedimentatiesnelheid (capaciteit) niet overschrijden (conceptuele weergave).

Maar hoe zit dat met de buitendelta en aangrenzende Noordzeekustzone; het gebied waaraan het sediment wordt onttrokken? In principe houdt Rijkswaterstaat de zandvoorraad in de Nederlandse kustzone op peil. Hiertoe worden de oppervlaktes van de Waddenzee, Noordzeekustzone en de zuidelijke Delta bij elkaar opgeteld en vermenigvuldigd met de zeespiegelstijging. De uitkomst van deze berekening is een volume van ca. 12 miljoen kuub sediment per jaar. Vervolgens kijkt Rijkswaterstaat waar er langs de kust behoefte is aan sediment omdat daar bijvoorbeeld erosie optreedt. Voornamelijk op basis van die behoefte wordt het zand verdeeld middels strand- en vooroeveraanplantingen. Bovenop die 12 miljoen kuub per jaar wordt er op kosten van NAM extra zand gesuppleerd om het bodemdalingvolume in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag te compenseren. Het benodigde volume hiervoor wordt berekend door Deltares.

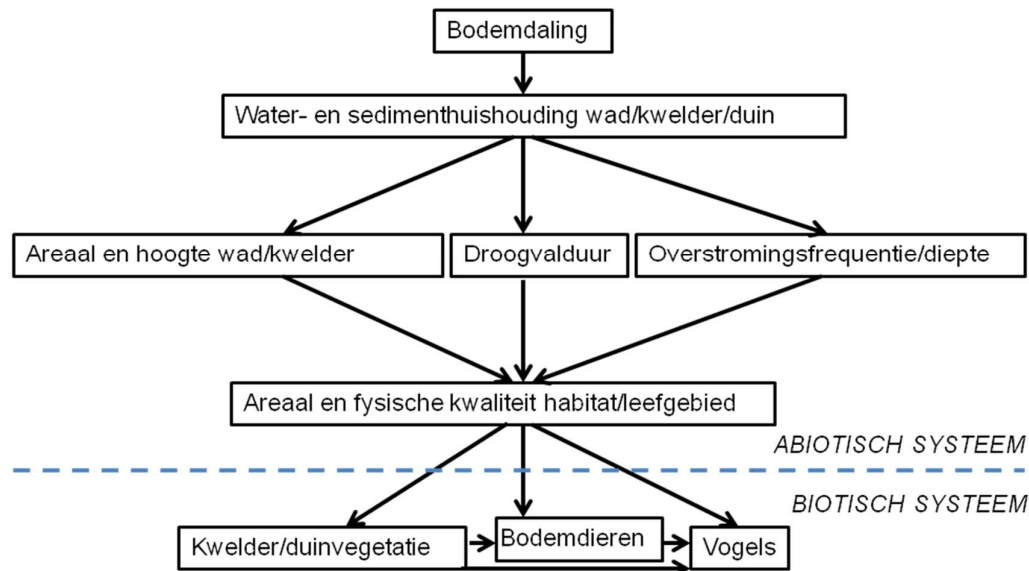
## 1.4 Ecologische monitoring

De bovenstaande paragrafen beschrijven dat bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee gemodelleerd wordt en onder een beredeneerde natuurgrens moet blijven, in combinatie met zeespiegelstijging moet worden beschouwd en gecompenseerd wordt middels zandsuppleties in de kustzone, etc. Ondanks dat er wordt uitgegaan van conservatief

gekozen natuurgrenzen, is niet bewezen dat alle onderliggende theorie correct is. Daarom voert NAM naast het eerder genoemde Meet- en Regelprotocol ook een monitoringprogramma uit (NAM, 2014a). In dit monitoringprogramma wordt voor de wadplaten gekeken naar de ontwikkeling van het areaal wadplaten, erosie en sedimentatie processen en naar de draagkracht van het gebied voor op de wadplaten foeragerende vogels. Daarnaast zijn ook voor de kwelder, de “Peazemerlannen” en het Lauwersmeergebied monitoringprogramma’s opgesteld. Het doel van de monitoring is te controleren of er, zoals verwacht, geen nadelige ontwikkeling van instandhoudingsdoelen optreedt. Indien er wel een nadelige ontwikkeling wordt vastgesteld dient aannemelijk gemaakt te worden dat dit wel of niet het resultaat is van bodemdaling door gaswinning. Het monitoringprogramma is te vinden op <http://www.nam.nl/gas-en-oliewinning/wadden.html>

Het monitoringprogramma kan jaarlijks, mede op basis van adviezen van de Auditcommissie (paragraaf 1.6), worden aangepast. Iedere 6 jaar wordt het programma geëvalueerd. In 2013 heeft de eerste evaluatie plaatsgevonden en in 2019 de tweede (NAM, 2019).

Voor het vaststellen van het monitoringprogramma is een zgn. effectketenbenadering gevolgd. Deze benadering gaat er vanuit dat bodemdaling een effect kan hebben op de water- en sedimenthuishouding, wat kan leiden tot veranderingen in het areaal en kwaliteit van het leefgebied van doelsoorten. De effectketens zijn voor de onderdelen wadplaten, kwelder en Lauwersmeergebied schematisch weergegeven in figuur 4. Analyse van de gegevens conform de effectketenbenadering vindt plaats in de rapporten van Van Duin (2020), Kleefstra *et al.* (2020) en Ens *et al.* (2020). Voor de wadplaten zijn de resultaten verdeeld over meerdere rapporten en komen samen in deze integrale beoordeling.



Figuur 4: Effectketens voor bodemdaling onder de wadplaten, kwelder en het Lauwersmeergebied. Dit conceptueel model beschrijft hoe wordt verondersteld dat bodemdaling door gaswinning kan doorwerken op de natuur.



De beleidsdoelen voor de Waddenzee waar dit rapport aan toetst zijn opgenomen in tabel 1. Omdat de betreffende doelstellingen vaak niet direct meetbaar zijn, volgt er in de tweede kolom van de tabel een technische, meet- of berekenbare definitie van het beleidsdoel. Tabel 1 geeft tevens een overzicht van de onderdelen van het monitoringprogramma en waar die bijdragen aan het meten van de verschillende beleidsdoelen. De meeste doelen zijn instandhoudingsdoelen in het kader van de Wet Natuurbescherming. Daarnaast zijn doelen opgenomen uit de Structuurvisie voor de Waddenzee en wordt er gerefereerd aan de voorwaarden die het Rijksprojectbesluit stelt aan gaswinning onder de Waddenzee.

## **1.5 Gaswinnen met de Hand Aan de Kraan**

Een vergunning onder het Hand Aan de Kraan principe houdt in dat, op basis van monitoring, jaarlijks wordt beschouwd of nog aan vergunningeisen wordt voldaan. Voor bodemdaling als gevolg van gaswinning is een specifiek toetsingskader ontwikkeld. Hierin mag de gemiddelde bodemdaling, in cumulatie met de zeespiegelstijging niet meer bedragen dat een vastgestelde natuurgrens (zie paragraaf 1.3). Wanneer metingen en berekeningen uitwijzen dat deze natuurgrens dreigt te worden overschreden, legt NAM zelf de hand aan de gaskraan zodat toekomstige bodemdalingsnelheden weer binnen de toegestane marge passen.

In de ecologische monitoring wordt een aantal natuurlijke kenmerken van het gebied gevolgd in de tijd. Deze kenmerken zijn zodanig gekozen dat ze zo goed mogelijk die beschermde natuurdoelen beschrijven waarvoor geldt dat effecten van bodemdaling door gaswinning niet op voorhand konden worden uitgesloten. Dit zijn ecologische kenmerken die afhankelijk zijn van de hoogteligging van de wadplaten en kwelder en van de grondwaterstanden en het meerpeil in het Lauwersmeergebied. Deze beschermde natuurdoelen zijn klassificerend in het kader van de Wet Natuurbescherming. Wanneer nu uit de monitoring blijkt dat zo'n klassificerend natuurdoel een negatieve ontwikkeling doormaakt dienen twee vragen te worden beantwoord:

- 1) Kan aannemelijk worden gemaakt dat er geen relatie met bodemdaling door gaswinning is?
- 2) Is er sprake van significante schade aan dit natuurdoel?

De eerste vraag is de verantwoordelijkheid van de NAM. De tweede vraag is ter beoordeling aan de Minister van LNV. Op basis van die beoordeling kunnen de Ministers van EZK en LNV aan NAM opdragen de gasproductie zodanig te reduceren dat er zo spoedig mogelijk herstel optreedt. Dit zal mogelijk gepaard gaan met een aanvullende monitorings- of onderzoeksinpanning.

Tabel 1: Overzicht van de monitoringprogramma's die uitgevoerd worden, het doel waarvoor ze worden ingezet en de uitvoerende instantie. De beleidsdoelen zijn afkomstig uit het Aanwijzingsbesluit Waddenzee<sup>1</sup>, Aanwijzingsbesluit Lauwersmeergebied<sup>2</sup>, Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee<sup>3</sup> of de Structuurvisie Waddenzee<sup>4</sup>. De technische omschrijvingen zijn om twee redenen niet volledig overeenkomstig de bestaande profieldocumenten voor beschermde habitats en soorten. Ten eerste omdat de monitoring zich focust op de omgeving van het Friese zeegat en de Lauwersmeer en niet op de Waddenzee als geheel. Ten tweede omdat een instandhoudingsdoel zoals gedefinieerd in een profieldocument in veel gevallen niet effectief gemonitord kan worden.

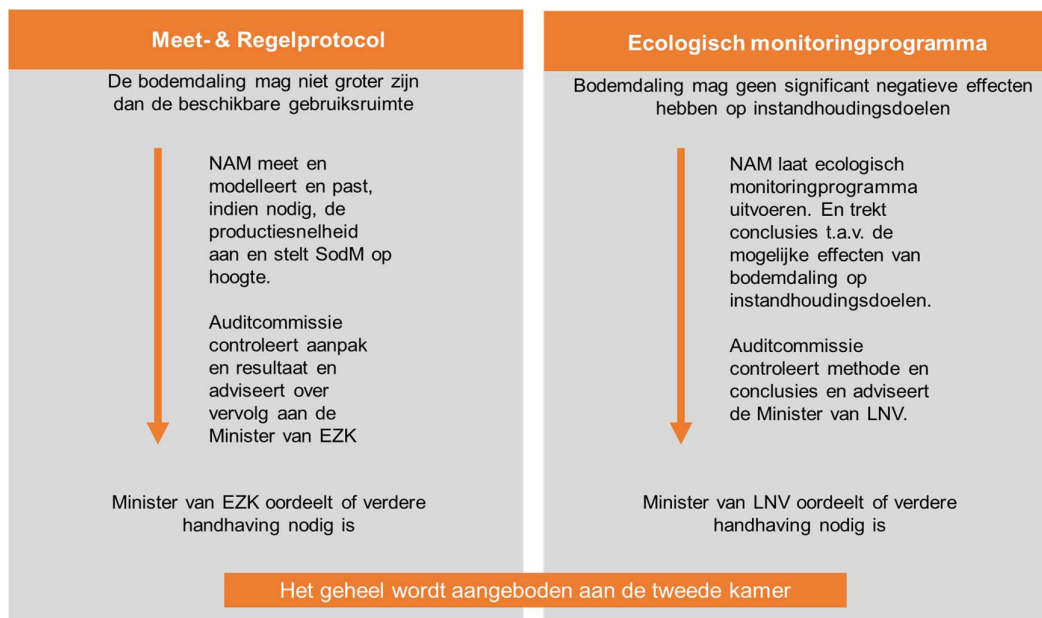
<b>Beleidsdoel</b>	<b>Technische omschrijving</b>	<b>Monitoringprogramma</b>
<b>1) Waddenzee</b> <i>Bodemdaling door gaswinning mag in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschreiden of dreigen te overschreiden<sup>3</sup></i>	→Belasting van de gebruiksruimte: 6-jarig voortschrijdend gemiddelde van de gemiddelde (ruimtelijk) bodemdalingsnelheid voor het gehele Pinkegat of Zoutkamperlaag.	→Meetcampagnes voor bodemdaling op land →Meetcampagnes voor bodemdaling op het wad
<b>2) Waddenzee</b> <i>Behoud oppervlakte slik- en zandplaten<sup>1</sup>.</i>  <i>Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen<sup>4</sup></i>	→Areaal wadplaten tussen -50 cm en 160 cm NAP  →Sedimentatie en erosie van wadplaten in en buiten bodemdalinggebieden	→LiDAR surveys wadplaten →Bodemdaling op peilmerken →Waterpassingen rond peilmerken →Spijkermetingen
<b>3) Waddenzee</b> <i>Behoud van omvang en kwaliteit wadplaten als fourageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels<sup>1</sup></i>	→Oogstbare hoeveelheid voedsel per tij voor Natura 2000-doelsoorten  →Areaal geschikt foerageer habitat voor Natura 2000-doelsoorten	→SIBES (bodemdieren in en op de wadplaten) →MOSKOK (schelpdiermonitoring) →LiDAR survey wadplaten →Waterstanden Waddenzee →Litorale mosselbanken survey →Vogeltellingen op HVP's (hoogwater vluchtplaatsen) →Vogeltellingen vliegroutes
<b>4) Waddenzee</b> <i>Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras<sup>1</sup></i>	→Areaal en ontwikkeling kweldervegetatietypen volgens de SALT97 typologie (Peazummerlannen)  →Areaal pioniervegetatie (Peasemer wad)  →Hoogteontwikkeling kwelder Overstromingsfrequentie/-duur kwelder (Peazummerlannen)	→Vegetatieopnames →SEB metingen →Diepteloggers t.b.v. het meten van de overstromingsfrequentie
<b>5) Lauwersmeergebied</b> <i>Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels<sup>2</sup></i>	→Areaal geschikt broedhabitat voor Natura 2000-doelsoorten.  →Vegetatieontwikkeling	→Bodemdaling op peilmerken →Vegetatieopnames →Grondwaterstanden en grondwaterchemie →Vegetatiestructuuroopnames →Broedvogeltellingen →Vegetatiebeheer →Waterstanden

## 1.6 Organisatiestructuur rond monitoring en rapportage

Dit jaar wordt er weer een aantal monitoring- en onderzoeksrapportages, inclusief deze integrale samenvatting, aangeboden aan de Ministers van EZK en LNV. Het doel daarvan is jaarlijks te kunnen controleren of bodemdaling door gaswinning binnen de gebruiksruimte blijft en of er geen sprake is van nadelige effecten op de instandhoudingsdoelstellingen. De Ministers dienen de tweede kamer hierover te informeren. Uit het oogpunt van zorgvuldigheid en transparantie vraagt de Minister van EZK jaarlijks een advies over de monitoringresultaten aan een onafhankelijke commissie wetenschappers die is voortgekomen uit de commissie voor de m.e.r.. Deze *Auditcommissie voor gaswinning onder de Waddenzee* trekt jaarlijks haar eigen conclusies met betrekking tot de monitoringresultaten, rapporteert deze aan de Minister van EZK en publiceert ze op het Internet. Gebruikelijkerwijs kondigt de Auditcommissie haar advies aan in een persbericht.

Het oordeel van de Auditcommissie bevat doorgaans een aantal adviezen ten aanzien van de monitoring en data-analyse. De NAM beoogt deze adviezen zo accuraat mogelijk op te volgen. Een overzicht van de adviezen van 2019 is als bijlage 1 aan dit rapport toegevoegd. In deze bijlage geeft de NAM per advies aan hoe zij daar invulling aan gegeven heeft en waar in de rapporten die informatie te vinden is. Daarnaast bevat tabel 1 een overzicht van de beoogde mutaties in het monitoringprogramma zoals die naar voren zijn gekomen in de evaluatie in 2019.

Voordat NAM de monitoringrapportages aanbiedt aan de Minister van Economische Zaken en Klimaat worden deze met de leden van de *Commissie Waddengas 2006* gedeeld. Deze commissie bestaat uit belanghebbenden zoals overheden, gebiedsbeheerders en NGO's. De resultaten worden binnen deze commissie besproken, waarbij met name gelet wordt op de procesmatige kant van de monitoring. De Commissie Waddengas 2006 rapporteert haar bevindingen eveneens aan de Minister van Economische Zaken.



Figuur 5: Organisatie- en handhavingstructuur rond monitoring en rapportage in het kader van de gaswinning onder de Waddenzee.



## 2 Rapportages

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de rapporten die van belang zijn voor het tot stand komen van ons begrip over het meegroeivermogen van de Waddenzee, het Hand Aan de Kraan-principe en de ecologische monitoring (Tab. 2). In Tabel 3 staan de rapporten die in 2020 rond de monitoring beschikbaar zijn gekomen. Deze rapporten hebben betrekking op de monitoring en het onderzoek dat in 2019 is uitgevoerd.

Tabel 2: Overzicht relevante onderzoeken, incl. bodemdalingstudies rond de gaswinningen op Ameland en onder de Waddenzee (vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen). Meer rapportages zijn te vinden op [www.nam.nl](http://www.nam.nl) en [www.waddenzee.nl](http://www.waddenzee.nl).

RAPPORTAGE	JAAR	AUTEURS
Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee	1998	A.P. Oost, B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 13 jaar gaswinning	2000	Dijkema K.S., H.F. van Dobben, W.D. Eysink, M.E. Sanders, E.P.A.G. Schouwenberg, P.A. Slim, C.J. Smit, J. de Vlas & J. Wiertz
Bodemdalingstudie Waddenzee	2004	H.J. Hoeksema, H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde, J. de Vlas
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning	2005	Dijkema K.S., D. Doornhof, H.F. van Dobben, W.D. Eysink, M. Kersten, J. Krol, W. Molenaar, M.E. Sanders, S. Schoustra, P.A. Slim, W. Veldwisch & Z.B. Wang
Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning Vloedkommen van het Friesche Zeegat. Rapport Z3995	2005	Wang, ZB & W.D. Eysink
MER aardgaswinning Waddenzeegebied vanaf locatie Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	2006	Wittenveen & Bos, Berkenbod & Koetsenruiter, Alterra, WL/Delft Hydraulics, Grontmij, Oranjewoud, Altenburg & Wymenga, Tebodin, NAA akoestisch adviesbureau, Vectra Group, NAM.
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 23 jaar gaswinning	2011	Dijkema K.S., H.F. van Dobben, B. Dullo, B. Ens, M. Kersten, G. Ketelaar E. Koppenaar, J. Krol, K. Rappoldt, P. Slim & Z.B. Wang
Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruikruimte	2017	Wang, Z.B., J. Cleveringa & A. Oost.
Monitoring effecten bodemdaling op Oost-Ameland, Evaluatie na 30 jaar monitoring	2017	Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland
Ontwikkelingen van de Nederlandse Waddenzee bekkens tot 2100: De invloed van versnelde zeespiegelstijging en van bodemdaling op de sedimentbalans- een synthese	2018	Van der Spek

Tabel 3: Overzicht rapportages over de monitoringresultaten en modellering die in 2018 beschikbaar zijn gekomen. De LTS rapportages zijn beschikbaar op de NAM website (<http://www.nam.nl/gas-en-oliewinning/wadden.html>).

<b>MONITORINGONDERDEEL</b>	<b>INSTANTIE</b>	<b>RAPPORTAGE</b>
<b>Waddenzee</b>		
Bodemdaling	NAM	Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2019. (2020) NAM rapport EP202002200220
Hoogteligging/arealen en sedimentatie-erosie van wadplaten	Terratec	Project: Waddenzee - 1st LiDAR acquisition for 2019 (2019) Terratec report 41067
	Terratec	Waddenzee - 2nd LiDAR acquisition for 2019 (2019) Terratec report 41190
	Deltares	Van der Lugt, M, Visser M en Ketelaar G (2020) Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2019) Deltares rapport 11203620-002-ZKS-0006
	NCA	Krol J (2020) Sedimentatiemetingen op het wad van Ameland, Peasens, Piet Scheve plaat, Engelsmanplaat en Schiermonnikoog 2007- 2019
Voedselbeschikbaarheid en -bereikbaarheid voor wadvogels	Sovon NIOZ WMR Ecocurves	Ens BJ, Troost K, Van Winden E, Schekkerman H, Rappoldt K, Van Kessel J en Nienhuis J (2020) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag rapportage tot en met monitoringjaar 2019. Sovon-rapport S2020/25
<b>Kwelder</b>		
Sedimentatie en vegetatie-ontwikkeling	Artemisia	Van Duin (2020) Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en de referentiegebieden: Jaarrapport 2019. Artemisierapport 2020-1
<b>Lauwersmeer</b>		
Vogelaantallen, vegetatie-ontwikkeling en draagkracht voor doelsoorten	Sovon A&W Buijs	Romke Kleefstra, Nico Beemster, Wout Bijkerk, Ronald Bakker, Marijke Bekkema, René Buijs, Peter de Boer, Christian Kampichler & Julia Stahl (2020) Analyse van de effecten van bodemdaling op hydrologie, vegetatie en vogels in het Lauwersmeer in 2019. Sovon rapport 2020/22, A&W rapport 19-347.

### 3 Gasproductie 2016

De gasproductie uit de velden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen opgeteld, bedroeg in 2019 afgerond 980 miljoen kuub. Dit was minder dan het geplande productievolume van 1233 miljoen kuub gas. Dit verschil wordt veroorzaakt door de lagere gasproductie uit het gasveld Nes. De totale productie sinds de start van de winning in 2006 bedraagt nu ruim 21 miljard kuub gas (tab. 4).

Volgens het Winningsplan Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen (2011) eindigde de gaswinning uit het gasveld Vierhuizen in 2017. Vandaar dat het geplande gasvolume voor 2019 in tabel 4 op nul staat. Omdat het veld nog niet uitgeproduceerd is en het geplande gasproductievolume nog niet gehaald is, is er gedurende 2018 nog 0,5 miljard kuub gas uit geproduceerd. In 2019 is de winning uit Vierhuizen-Oost verlengd tot 31 december 2024 voor een totale gasproductie tot maximaal 2605 miljoen Nm<sup>3</sup>. Om technische redenen is het echter niet gelukt om de gasput in 2019 in productie te houden.

Tabel 4: Productie per voorkomen tot en met 31/12/2018. De gepresenteerde getallen dienen te worden vermenigvuldigd met een miljoen kuub gas bij een druk van 1 atmosfeer (10<sup>6</sup> Nm<sup>3</sup>). Deze tabel is overgenomen uit de Meet- & Regelrapportage 2018 (Tabel 2-2).

Velden	Cumulatieve productie t/m 2019 (10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> )	Geplande productie volgens 2011 winningsplan in 2019 (10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> )	Actuele productie in 2019 (10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> )
Nes	10898	856	579
Moddergat	4544	191	210
Lauwersoog-C	135	16	5
Lauwersoog-West	1579	78	78
Lauwersoog-Oost	2244	82	111
Vierhuizen-Oost	1628	0	0
<b>Totaal*</b>	<b>21029</b>	<b>1233</b>	<b>983</b>



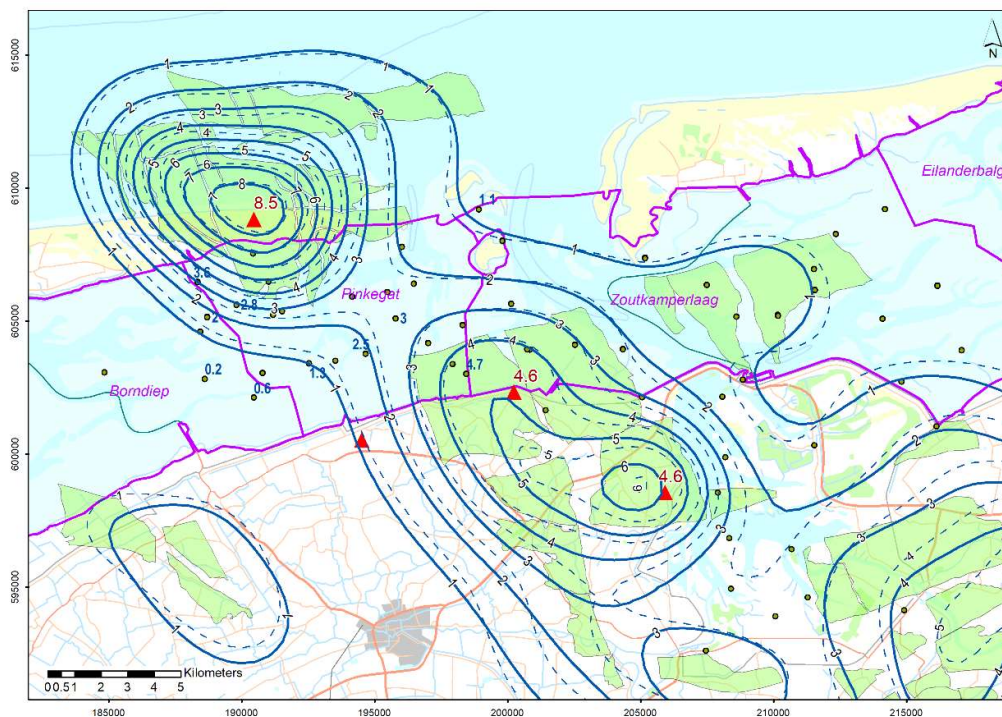
Figuur 6: Luchtfoto van de gaswinlocatie Moddergat tijdens een boring.

In relatie tot bodemdaling onder de Waddenzee betekent een wat lagere productie uit het gasveld Nes een wat lagere bodemdalingsnelheid onder het Pinkegat en betekent een wat hogere productie vanuit het gasveld Moddergat een wat hogere bodemdalingsnelheid onder de Zoutkamperlaag. Dit wordt veroorzaakt door de meer oostelijke ligging van het gasveld Moddergat (zie figuur 2). De berekende bodemdalingsnelheid onder beide kombergingen en de bijdrage van de verschillende gasvelden daarin in 2019 worden besproken in paragraaf 4.1.

# 4 De Waddenzee

## 4.1 Bodemdaling in het wadden- en lauwersmeergebied

Een groot deel van de bodemdaling die veroorzaakt wordt door de gasproductie vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen ontstaat onder zee. De berekende verdeling tussen land en zee is zichtbaar gemaakt in figuur 6. Hierin is ook de invloed van de gaswinning Ameland, Anjum en Blija meegenomen. Figuur 6 presenteert de totale bodemdaling in het gebied sinds 2006, omdat toen met de productie vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is gestart. De totaal opgetreden bodemdaling boven het gasveld Ameland sinds 1986 bedraagt op het diepste punt nu ca. 39 centimeter. Voor Anjum is dat ca. 13 centimeter. De gasproductie uit het gasveld Blija veroorzaakt nauwelijks bodemdaling.



Figuur 7: Bodemdaling in cm (status modelcontour: 1-1-2019) door gaswinning sinds de nulmeting in de Waddenzee in 2006. In blauw de contouren van de gemodelleerde bodemdaling volgens de best passende geomechanische modellen. De gestreepte contouren geven de bodemdaling t/m 2018 weer zoals getoond in de M&R-rapportage over 2018. De stippen met label representeren de peilmerken die in 2018 voor het laatst zijn ingemeten. Bij de punten staan de gemeten hoogteverschillen vanaf 2006 (nulmeting Waddenzee) tot de laatst uitgevoerde meting in mei 2019. De rode waarden geven de daling aan van de permanente GPS-stations (rode driehoeken) in de periode feb. 2007- jan. 2020. Er is geen bodemdaling aangegeven voor het Ternaard GPS-station omdat deze nog niet in bedrijf was in 2006. Dit is figuur 2-18 uit de Meet- & Regelrapportage over 2019.

De rode driehoeken in figuur 6 zijn posities waar continue met GPS de hoogte wordt gelogd. Deze instrumenten zijn aan bebouwing bevestigd en staan ongeveer in het

centrum van de bodemdalingschotels van de gasvelden Ameland, Anjum en de combinatie van Nes en Moddergat. In het centrum van de bodemdalingschotel is de bodemdalingsnelheid het hoogst. Omdat bodemdaling een traag proces is, kun je de bodemdaling het best van de meetfout van de GPS onderscheiden daar waar de snelheid van daling het hoogst is. In tabel 5 wordt de gemiddelde dalingsnelheid, gemeten op het diepste punt van de bodemdalingschotels, in 2019 weergegeven.

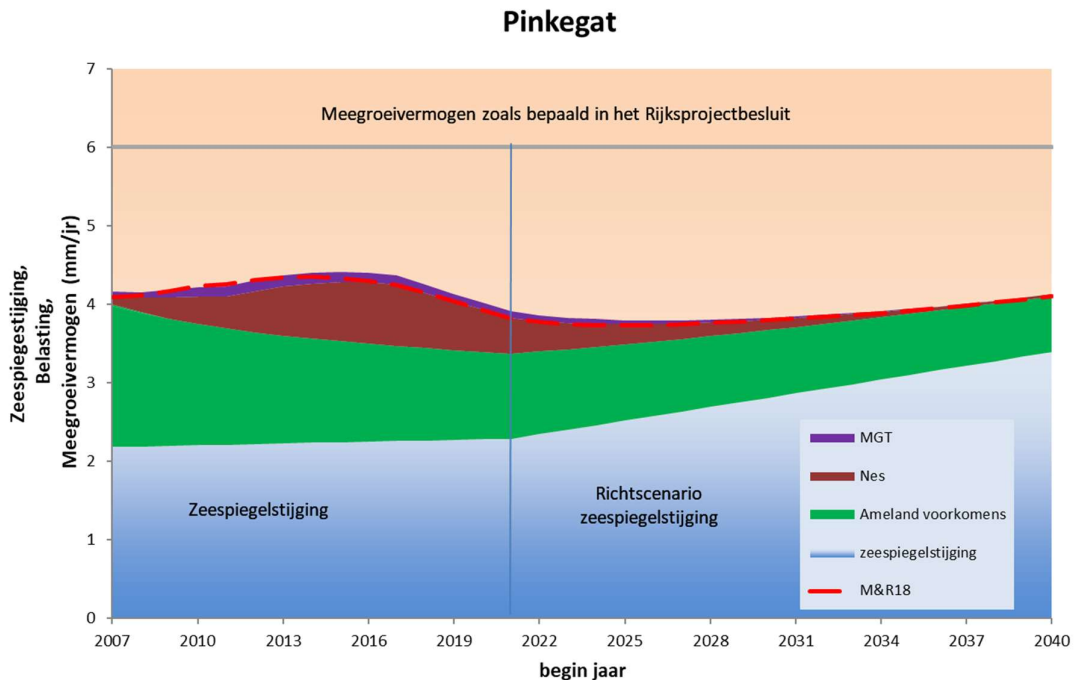
Naast de in figuur 6 getoonde GPS loggers staan er ook loggers buiten het bodemdalinggebied, bijvoorbeeld op Schiermonnikoog. De logger op Ameland ter hoogte van het dorp Nes is ook een referentiepunt. Op deze referentieplekken wordt geen gas wordt gewonnen. Hier is sinds 2006 dan ook geen of bijna geen bodemdaling opgetreden. Sinds november 2016 wordt er ook gemeten in de buurt van Ternaard. Ondanks dat hier geen gaswinning plaatsvindt is de gemeten dalingsnelheid zo'n 2,5 millimeter per jaar. In hoeverre dat nog zetting van de GPS-antenne of autonome daling betreft, valt in de toekomst te bezien.

Tabel 5: Dalingsnelheid op de locaties gelegen in het centrum van de bodemdalingschotels, bepaalt met behulp van continue GPS metingen t/m 2019. Deze informatie is overgenomen uit de tabel 2-3 van de Meet- & Regelrapportage over 2019.

Locatie	Start Monitoring	Absolute verticale beweging sinds start monitoring [mm]	Verticale bewegingsnelheid in 2019 [mm/jaar]
Ameland	05-02-2007	-85	-6,2 [1 $\sigma$ = 0,8 mm/jaar]
Anjum	05-02-2007	-46	-3,2 [1 $\sigma$ = 0,7 mm/jaar]
Moddergat	05-02-2007	-46	-3,3 [1 $\sigma$ = 0,9 mm/jaar]
Ameland-Nes	17-06-2014	-6	-1,4 [1 $\sigma$ = 1,6 mm/jaar]
Ternaard	19-11-2016	-7	-3,1 [1 $\sigma$ = 0,6 mm/jaar]

### Belasting kombergingsgebieden

De gemiddelde bodemdalingsnelheid per kombergingsgebied is kleiner is dan de dalingsnelheid die de GPS-loggers in tabel 5 meten boven de producerende gasvelden. Deze dalingsnelheid is voor het Pinkegat is weergegeven in figuur 8 en voor de Zoutkamperlaag in figuur 9. De figuren 8 en 9 presenteren de bijdrage van de gasproductie uit verschillende gasvelden aan de berekende gemiddelde bodemdalingsnelheid onder de deelgebieden. In de figuren is die bodemdalingsnelheid bovenop de snelheid van zeespiegelstijging geplot.



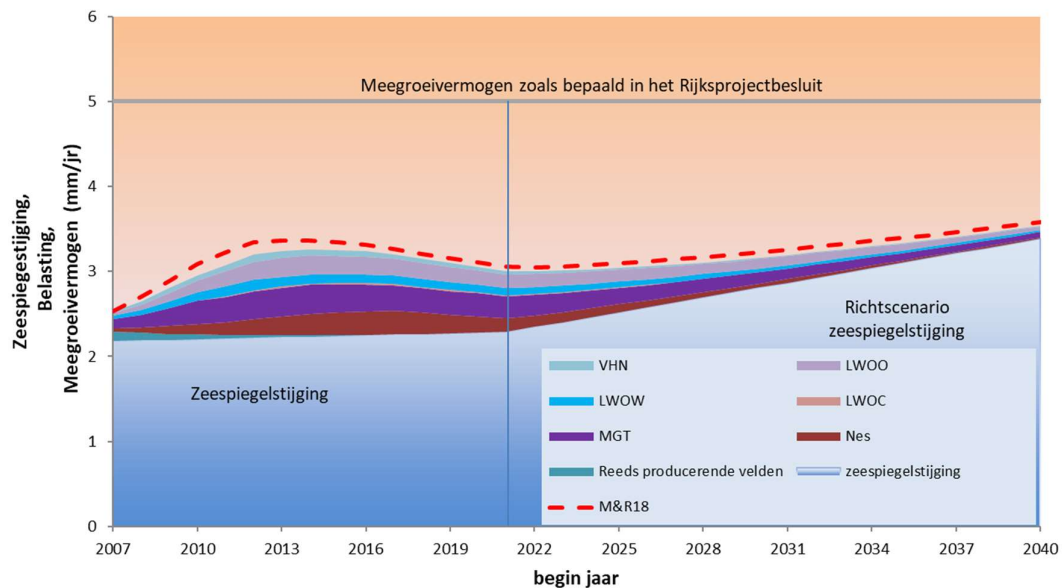
Figuur 8: Cumulatieve, gemiddelde bijdrage van de gaswinning uit de velden Moddergat (MGT), Nes en Ameland en van de zeespiegelstijging aan de belasting (=gemiddelde relatieve bodemdalingsneuld) van het kombergingsgebied Pinkegat. De roodgestreepte lijn is de totale belasting zoals die vorig jaar was berekend. Figuur 8 is afbeelding 2-22 uit de Meet- & Regelrapportage over 2019.

De gemiddelde bodemdalingsnelheid onder het Pinkegat wordt geschat op ca. 2 millimeter per jaar. Bovenop een zeespiegelstijging van 2,3 millimeter per jaar wordt ruim beneden de natuurgrens van 6 millimeter per jaar gebleven. De grootste bijdrage aan deze bodemdaling komt van de Amelandwinning. De bijdrage van de gasproductie uit het gasveld Nes loopt terug. De gaswinning uit het veld Moddergat heeft bijna geen invloed op het Pinkegat. Sinds 2006 is de som van de gemiddelde bodemdaling onder het Pinkegat ca. 3 centimeter.

Voor de Zoutkamperlaag levert het gasveld Moddergat de grootste bijdrage aan de bodemdaling. De gemiddelde bodemdaling is hier iets meer dan 1 millimeter per jaar en de som sinds 2006 bedraagt ca. 1,3 centimeter. De huidige resultaten komen overeen met die van vorig jaar.



## Zoutkamperlaag



Figuur 9: Cumulatieve, gemodelleerde bijdrage van de gaswinning uit de velden Moddergat (MGT), Nes, Lauwersoog (LWOC), Lauwersoog West (LWOW), Lauwersoog Oost (LWOO) = Centraal en Vierhuizen (VHN) en van de zeespiegelstijging aan de belasting (=gemiddelde relatieve bodemdalingsneil) van het kombergingsgebied Zoutkamperlaag (zie ook figuur 2). De roodgestreepte lijn geeft het plafond van de berekende belasting op basis van de in 2019 verwerkte data en toegepaste modellen voor bodemdaling. Figuur 9 is afbeelding 2-23 uit de Meet- & Regelrapportage over 2019.

De resultaten komen goed overeen met die van vorig jaar. De berekende belasting van het Pinkegat ligt een fractie hoger dan vorig jaar en die voor de Zoutkamperlaag een fractie lager. In de figuren 8 en 9 is dat te zien door het plafond van de berekende belasting met de rood-gestreepte lijn te vergelijken. Deze lijn vormt het plafond zoals dat vorig jaar gepubliceerd is.

Onder het Lauwersmeergebied varieert de sinds 2006 gemeten bodemdaling ruimtelijk tussen de 0,5 en 4 cm (fig. 7). Deze daling wordt met name veroorzaakt door gaswinning uit de velden Anjum en Munnekezijl, gelegen in de zuidoosthoek van figuur 7.

In 2016 is het beleidscenario voor de zeespiegelstijging herzien. Zo'n herziening dient iedere 5 jaar plaats te vinden. Het huidige scenario dient herzien te zijn in 2021. Dit scenario wordt in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken ontwikkeld door de organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO). In figuur 8 en 9 staat de snelheid waarmee TNO verwacht dat de zeespiegel stijgt. Het bestaat uit twee delen die in figuur 8 en 9 zijn gescheiden door een vertical lijn in het jaar 2021. Deze delen heten respectievelijk "Zeespiegelstijging" en "Richtscenario zeespiegelstijging". Wat opvalt is dat de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt voor 2021 minder snel toeneemt dan na 2021. Dit komt omdat de snelheid in de periode voor 2021 voornamelijk gebaseerd is op de gemeten stijging van de zeespiegel langs de Nederlandse kust, terwijl het "Richtscenario zeespiegelstijging" meer rekening houdt met wereldwijde voorspellingen die een sterke acceleratie van de zeespiegelstijging verwachten. In 2020 zal door TNO gekeken worden of die versnelling reeds lijkt op te treden, of dat deze weer een aantal jaren naar achteren dient te worden verschoven.

## **Na-ijleffect**

De Long-term subsidence studie (LTS) heeft uigewezen dat als gevolg van drukdaling in een watervoerende aangrenzende gesteentelaag de bodemdaling Ameland nog lang najlt. Dit geldt ook voor de bodemdaling die de gaswinning Ameland veroorzaakt onder het Pinkegat. Dit jaar zijn er op basis van de LTS-rekenmethode ook na-ijleffecten bepaald voor de gaswinning uit de velden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. De berekende na-ijleffecten zijn veel kleiner dan die van Ameland, omdat er geen sprake is van grote aangrenzende watervoerende gesteentelagen die als gevolg van de gaswinning in druk dalen. De berekende na-ijleffecten wijzen uit dat de remweg van de bodemdalingsnelheid enkele jaren betreft.

In figuur 2-24 van de Meet- & Regelrapportage zijn remwegscenario's voor de belasting van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag weergegeven voor de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Dat is dus exclusief Ameland. Gesimuleerd is een volledige productiestop per 1 januari 2021. In de plaatjes lijkt de remweg wat eerder te beginnen en wat langer na te ijlen. Dit komt omdat in de berekening van de belasting van de gebruikruimte met een 6-jaars gemiddelde wordt gewerkt.

## **Onzekerheid remwegscenario's**

De in de meet- & Regelrapportage gepresenteerde remwegscenario's zijn gemaakt op basis van het bodemdalingsmodel dat op dit moment het best bij de gemeten data past. De vraag is hoe zeker of onzeker men over dit model is en wat dat betekent voor remwegscenario's. De modelonzekerheid is in beeld gebracht in de Meet- & Regelrapportage door ook de hoge en lage bodemdalingsscenario's te presenteren die nog wel bij de gemeten data passen (zie bijvoorbeeld de figuren 2-20 en 2-21 van de M&R-rapportage over 2019). Omdat de mogelijke variatie in bodemdalingsscenario's klein is, geldt dat ook voor de remwegscenario's die op basis van die bodemdalingsmodellen berekend kunnen worden. Wat resteert en hierin niet wordt meegenomen is de plotselinge doorbraak van een gesloten breuk tussen een water- en gasvoerende laag (zie volgende alinea).

## **Doorbraak van een breuk**

In theorie is het mogelijk dat een gesloten breuk tussen een gasveld, bijvoorbeeld Moddergat, en een aangrenzende watervoerende gesteentelaag doorbreekt als gevolg van het drukverschil dat in de loop van de gasproductie ontstaat. De kans dat dit gebeurt achten wij verwaarloosbaar klein omdat dit voor de meer dan 100 gasvelden die NAM in productie heeft nog nooit is voorgekomen. Ondanks dat de kans hierop als erg klein wordt ingeschat, is de vraag: "wat als...". Het antwoord op deze vraag is dat een dergelijke grote doorbraak zou leiden tot een toename van de gasdruk die in de putten meetbaar zal zijn. Dit zal waarschijnlijk ook gepaard gaan met waterproductie in de putten. Bij een dergelijk effect zal moeten worden onderzocht hoe snel de druk oploopt en om welke watervoerende laag het gaat. Op basis hiervan kan het na-ijleffect en de ruimtelijke (her)verdeling van de bodemdaling worden bepaald. Omdat de aangrenzende watervoerende gesteentelagen bij de MLV-velden relatief klein zijn (t.o.v. Ameland), is ook een relatief kort na-ijleffect te verwachten.

## **Betekenis na-ijleffecten in het licht van het HAK-principe**

Wanneer de hand aan de gaskraan van de MLV-velden wordt gelegd en de productie wordt gestopt, zal de bodemdalingsnelheid in de jaren die volgen afnemen. Na ca. 5 jaar ligt de dalingsnelheid dan beneden de 0,5 millimeter bodemdaling per jaar. Nog 5 jaar later is de dalingsnelheid nihil (0,1-0,2 millimeter per jaar). Op basis van dit scenario achten wij het Hand Aan de Kraan principe voor de MLV-velden effectief.



### **Deelconclusie**

Voor het monitoringjaar 2019 kan worden geconcludeerd dat bodemdaling door gaswinning binnen de gestelde gebruiksruimte is gebleven en dat deze gebruiksruimte in de toekomst niet dreigt te worden overschreden. Ofschoon dit geen vereiste is, geldt ook voor de periode na 2021 dat de natuurgrens van 6 millimeter per jaar voor het Pinkegat en van 5 millimeter per jaar voor de Zoutkamperlaag niet worden overschreden voor de totale looptijd van de vergunningen voor gaswinning onder de Waddenzee.

We hebben er vertrouwen in dat de gemodelleerde bodemdaling en remweg daarvan realistisch zijn en dat het Hand Aan de Kraan principe effectief kan worden ingezet.

## 4.2 Bodemhoogte meten aan het wadoppervlak

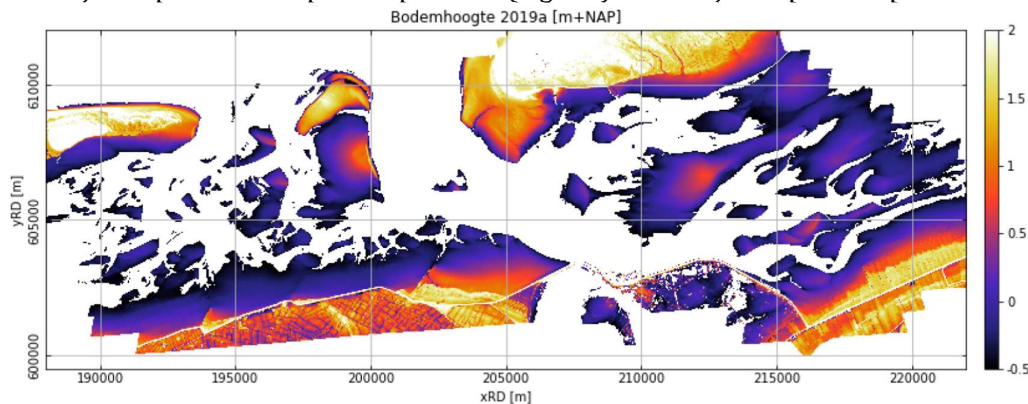
De wadplaten in de Waddenzee vormen een beschermd habitatype. In het Aanwijzingsbesluit Waddenzee wordt dit type *Bij eb droogvallende slik- en zandplaten* genoemd (H1140). Het beleidsdoel is om het oppervlak en de kwaliteit van dit type te behouden en/of te verbeteren. Een exactere uitleg van oppervlakte en kwaliteit wordt gegeven in het Profieldocument voor dit habitatype uit 2008. Het profieldocument geeft aan waar de begrenzingen van dit habitatype lopen. De benedengrens is de laagwaterlijn tijdens het zogenaamde L.A.T. (lowest astronomical tide). Deze grens wordt bijvoorbeeld op zeekaarten gehanteerd. De bovengrens is de waterlijn bij gemiddeld hoogwater. Op plekken waar de wadplaten beneden gemiddeld hoogwater met kwelderplanten begroeid zijn, wordt de bendengrens van de vegetatie aangehouden.

De bovengenoemde grenzen van H1140 zijn niet erg handig om de ontwikkeling van het oppervlak in een deelgebied van de Waddenzee te volgen. Zo ligt de beschreven benedengrens erg laag waardoor deze bijna altijd onder water blijft. In deze studie werken we met het gebied tussen -50cm tot +160cm NAP omdat dit tijdens een gemiddelde laagwaterperiode kan worden ingemeten. De genoemde bovengrens is in principe dynamisch. In deze studie wordt gebruik gemaakt van een vaste contour die de bovengrens van de wadplaten aangeeft. De kwaliteit van H1140 komt in paragraaf 4.3 aan de orde.

### Oppervlakte wadplaten in kombergingen en deelgebieden

De monitoring van het areaal wadplaten tussen -50cm en +160cm NAP vindt twee maal per jaar plaats a.d.h.v. LiDAR. LiDAR is een Laserscanner die vanuit een vliegtuig de hoogte van de wadplaten inmeet tijdens laagwater. Hierbij verricht LiDAR meerdere hoogtemetingen per vierkante meter. Dit leidt tot een vlakdekkende hoogtekartaart voor het gebied. In 2010 is met deze methode gestart. Sinds die tijd zijn er 17 van dat soort hoogtekarten gemaakt. Twee daarvan zijn afgekeurd omdat duidelijk te zien was dat een deel van de wadplaten nog onderwater stond. Dat brengt het totaal op 15 metingen. Jaarlijks analyseert Deltares deze metingen (Van der Lugt & Visser, 2020).

LiDAR opnamen van het Friesche Zeegat zijn in 2019 wederom ingewonnen door Terratec. De voorjaarsopname vond plaats op 15 mei (Fig. 10.) en de najaarsopname op 7 oktober.

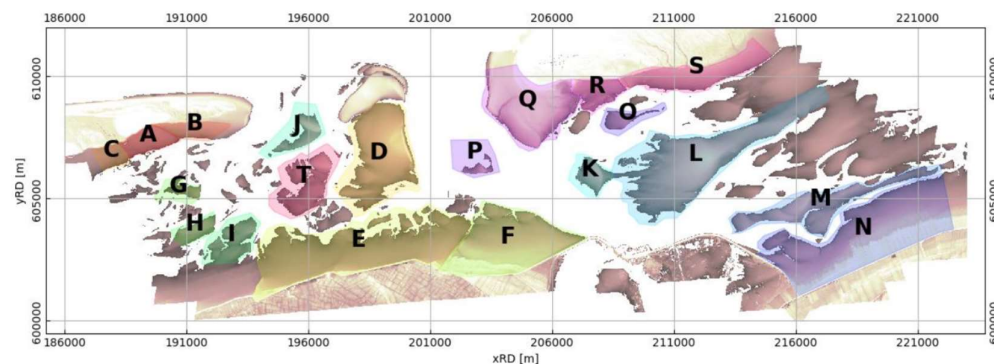


Figuur 10: Hoogtekartaart van het Friesche Zeegat op basis van een LiDAR-opname bij laag water op 15 mei 2019. Dit is een onderdeel van figuur 2.2 uit Van der Lugt, Visser en Ketelaar (2020).

Op de bovenstaande hoogtekartaart is zichtbaar dat naast de wadplaten ook de wegen op het land worden ingemeten. Deze vaste structuren zouden bij iedere meting op dezelfde

hoogte moeten liggen. In het evaluatierapport (NAM, 2019) is vastgesteld dat er soms grote verschillen in de hoogteligging van deze “harde topografie” werden gemeten. Op basis van deze verschillen zijn alle historische LiDAR-opnames op systematische wijze gecorrigeerd, hetgeen tot betrouwbaardere hoogtekaarten heeft geleid. Door deze correctie is bijvoorbeeld het abrupte verschil tussen 2014 en 2015 verminderd (fig. 12). Daarnaast tonen de gecorrigeerde LiDAR-data effecten van stormen in de ontwikkeling van het plaatareaal. Dit geeft vertrouwen in de bruikbaarheid van de LiDAR-metingen voor het monitoren van de ontwikkeling van het areaal droogvallende wadplaten.

Naast de volledige kombergingen, wordt er ook jaarlijks naar de ontwikkeling van kleinere deelgebieden gekeken. Dit jaar zijn de contouren van deze deelgebieden door Deltares zodanig gekozen dat ze overeenkomen met de ligging van wadplaten die zich voor het merendeel als morfologische eenheden gedragen (Fig. 11).

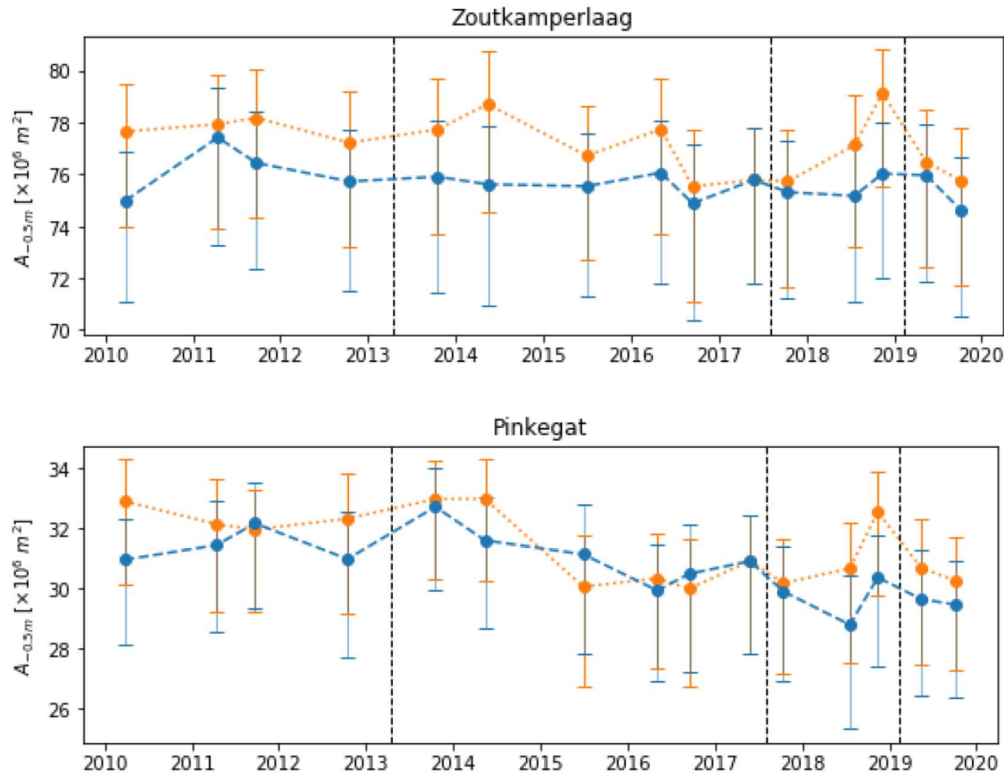


Figuur 11: Onderzochte deelgebieden in het Friese Zeegat. Dit is figuur 3.3 uit Van der Lugt, Visser en Ketelaar (2020).

Naast de LiDAR-opnames vinden er ook andere metingen plaats die informatie verschaffen over de hoogteontwikkeling van de wadplaten. Zo vinden er bij de GPS-kusters in het gebied waterpassingen plaats en worden bovenop enkele grote wadplaten spijkermetingen uitgevoerd. De spijkermetingen zijn puntmetingen. Samen geven ze een globale indruk van de ontwikkeling van de hogere delen van de wadplaten. Omdat de metingen iedere twee maanden plaatsvinden, ontstaat er een gedetailleerd beeld van de ontwikkeling gedurende het jaar. De spijkermetingen focussen op de ontwikkelingen in het kombergingsgebied Pinkegat. Ze worden jaarlijks uitgevoerd en gerapporteerd door het Natuurcentrum Ameland (Krol, 2020). De waterpassingen worden uitgevoerd door NAM en niet afzonderlijk gerapporteerd.

### **Ontwikkeling van areaal en hoogteligging wadplaten**

Voor de Zoutkamperlaag bedraagt de oppervlakte van het plaatareaal, gelegen boven -50cm NAP, ca. 7600 ha. Voor het kleinere en lager gelegen Pinkegat is dat ca. 3000 ha. Voor de Zoutkamperlaag als geheel is er sinds 2010 geen sprake van een ontwikkeling van het areaal wadplaten in de tijd. Voor het Pinkegat lijkt er wel een lichte negatieve trend waarneembaar. Deze trend start in 2014-2015. Volgens Van der Lugt, Visser en Ketelaar (2020) kan nog niet worden gesteld dat het wadplatenareaal in het Pinkegat afneemt (Fig. 12).

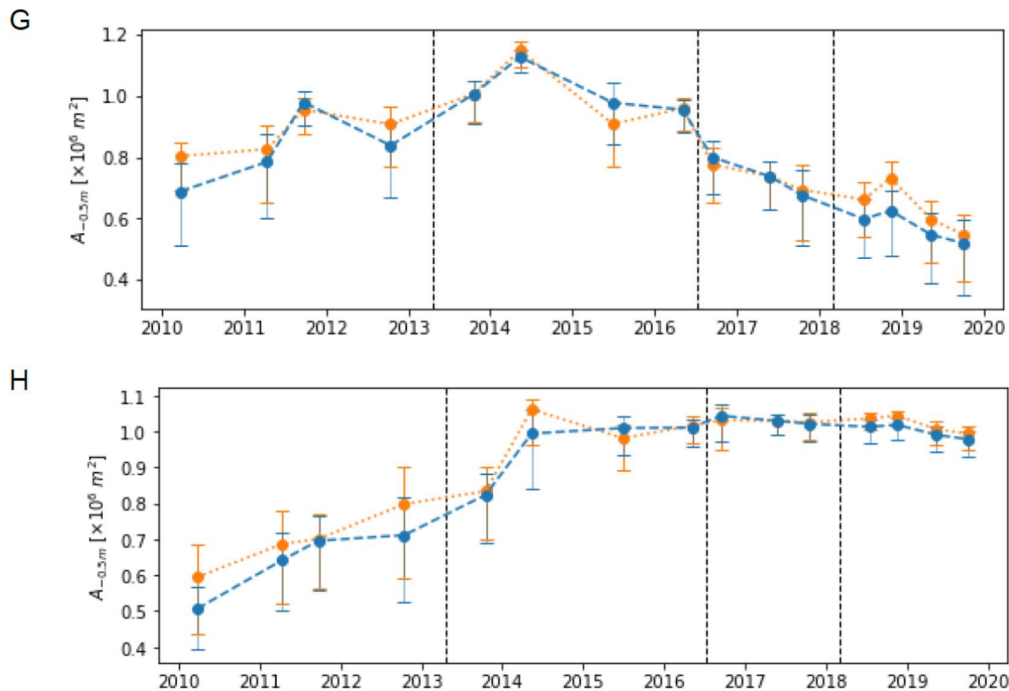


Figuur 12: Ontwikkeling van het areaal droogvallende wadplaten in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag. De oranje punten tonen de originele dataset en de blauwe punten de gecorrigeerde dataset. De foutenbalken tonen de geschatte meetonzekerheid. Dit is figuur 3.2 uit Van der Lugt, Visser en Ketelaar (2020).

Vergelijkbare figuren zijn geproduceerd voor de deelgebieden uit figuur 11. Hieruit is af te leiden dat de trend in het Pinkegat grotendeels wordt veroorzaakt door de ontwikkeling van de Engelsmanplaat en het wad boven Ternaard; deelgebieden “D” en “E”. Dit komt doordat er eigenlijk maar een klein deel van de wadplaten in het Pinkegat boven de -50 cm NAP ligt en de deelgebieden “D” en “E” relatief groot zijn.

Verschillende deelgebieden laten een toe- of afname van het areaal droogvallende wadplaten zien. Geen trend komt ook voor. De deelgebieden “A” en “B”, onder Oost-Ameland, tonen sinds 2014 een tegengestelde ontwikkeling. Op basis van de hypsometrische curves kan worden vastgesteld dat dit voor hogere delen van het wad al sinds 2010-2011 zichtbaar is. Dit blijkt ook uit de spijkermetingen. De spijkermetingen laten van 2000 tot 2005 een zeer sterke toename van de wadplaathoogte onder Ameland zien. Vervolgens wisselen toenemende en afnemende trends elkaar af (zie figuur 22 in Krol, 2020). Het meest oostelijk gelegen deelgebied onder Ameland sedimenteert het minst. De bodemdalingsnelheid is daar hoger dan de sedimentatiesnelheid.

Interessant is tevens de ontwikkeling van de kleine wadplaten van het wantij Ameland. De arealen in de deelgebieden “G” en “H” nemen toe in oppervlakte tot het jaar 2015. Vanaf 2015 stagneert de toename van het areaal wadplaten in deelgebied “H” en neemt die weer af in deelgebied “G” (Fig. 13).



Figuur 13: Ontwikkeling van het areaal droogvallende wadplaten (>-50 NAP) in twee deelgebieden "G" en "H" in het Pinkegat. De oranje punten tonen de originele dataset en de blauwe punten de gecorrigeerde dataset. De foutenbalken tonen de geschatte meetonzekerheid. Dit is een onderdeel van figuur 3.4 uit Van der Lugt, Visser en Ketelaar (2020).

Uit de ruimtelijke analyse van de LiDAR-beelden is op te maken dat er relatief grote veranderingen optreden als gevolg van migratiepatronen van geulen en platen. Zo vindt er de laatste jaren een sterke afzetting van sediment plaats in het zuidwestelijke deel van de Zoutkamperlaag-geul. Dit leidt tot een doorgaande ophoging van het wad bij Peasens-Moddegat, het bodemdalingsgebied van de gasvelden Nes en Moddergat. Uit de spijkermetingen blijkt dat de hoogte van dit deel van het wad sinds 2007 gemiddeld met een centimeter per jaar is aangeslibt. Dit is een stuk meer dan de gemodelleerde bodemdaling die daar na 10 jaar gasproductie ca. 3-4 centimeter begraagt.

### Interpretatie trends en deelconclusie

De waargenomen negatieve trend in het wadplatenareaal van het Pinkegat wordt volgens Van der Lugt, Visser en Ketelaar (2020) voornamelijk veroorzaakt door ontwikkelingen van de grotere deelgebieden Engelsmanplaat en wad boven Ternaard. Dit zijn twee deelgebieden die niet direct onder invloed staan van bodemdaling door gaswinning.

Een indirect effect van bodemdaling door gaswinning zou inhouden dat de bodemdaling door sedimenttransporten over het Pinkegat verdeeld zou worden en er onvoldoende sediment het gebied binnenkomt om het tekort aan te vullen. Omdat de gemiddelde bodemdalingsnelheid onder het Pinkegat ruim binnen de gebruiksruimte blijft (paragraaf 4.1) en omdat het werkelijke meegroeivermogen van het gebied een stuk groter is dan 6 millimeter per jaar (Van der Spek et al. 2019), achten we ook een dergelijk indirect effect uitgesloten.

Opvallend is de mogelijke afname van een deel van het wadplaatareaal onder Oost-Ameland. De spijkermetingen bevestigen deze LiDAR-observatie slechts ten dele. Wel is duidelijk uit de spijkermetingen dat voor een deel van de wadplaten in dit deelgebied de opslibbingsnelheid lager is dan de bodemdalingsnelheid. Deze punten zijn weergegeven in

figuur 14. Enkele jaren geleden zijn twee meetstations, S90 en S100, al op de geulrand komen te liggen, wat impliceert dat de geul zich richting de wal verplaatst. Omdat er van 2001 tot 2005 sprake was van een sterke toename van de hoogteligging van het wad in dit gebied, terwijl de bodemdalingsnelheid toen net zo hoog was, concluderen we dat er iets veranderd is in het dynamisch evenwicht van wadplaten, hetgeen te maken heeft met de ontwikkeling van de Holwerderbalg (geul). De diepe bodemdaling kan daar ook van invloed op zijn, al is het waarschijnlijker dat het cyclische gedrag van de ligging van de geulen (kwispelen) hierin domineert.



Figuur 14: Spijkermeting op het wad onder Oost-Ameland. Voor de met de gele lijn verbonden meetpunten geldt dat de bodemdalingsnelheid hoger is dan de sedimentatiesnelheid. Dit geldt dus niet voor de punten S30, S150 en S180 die vlak langs de gele lijn liggen. Dit is een deel van figuur 34 uit Krol (2020).

De variatie in de wadplaten in de Zoutkemaperlaag wordt voornamelijk veroorzaakt door de oostwaardse migratie van een aantal platen. Dit leidt op dit moment niet tot een netto toe- of afname van het wadplatenareaal boven -50 NAP.

Geconcludeerd kan worden dat bodemdaling als gevolg van gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen niet tot aantasting van het habitat droogvallende wadplaten leidt. Momenteel loopt aanvullend onderzoek om de geomorfologische ontwikkeling van het gebied rond Oost-Ameland nader te interpreteren.

Van der Lugt, Visser en Ketelaar (2020) schrijven dat ze op basis van de gecorrigeerde dataset duidelijke verbanden vinden tussen stormfrequentie en -intensiteit met de ontwikkeling van de omvang van het areaal wadplaten tussen de opvolgende LIDAR-metingen. Ook Krol (2020) beschrijft dergelijke waarnemingen in zijn rapport. Omdat hierbij ook de windrichting een rol speelt in relatie tot de ligging van een wadplaat (deelgebied) dient dit nader geanalyseerd te worden.



## **Toepassen beslisschema**

We beschouwend de ontwikkeling van habitat 1140 op de schaal van de kombergingen.


- 1) Vraag 1 in het beslisschema voor beschermde habitats luidt of er sprake is van een negatieve trend in de oppervlakte van het habitat (zie ook bijlage 2). Hierbij dient ook bij twijfel "Ja" geantwoord te worden. Voor het Pinkegat is dit het geval. →2
- 2) Is de trend anders dan in referentiegebieden. Deze vraag kan niet goed beantwoord worden aangezien we geen tweede Pinkegat ter beschikking hebben om dit te toetsen. →3
- 3) Is er voor de trend een andere oorzaak dan bodemdaling door gaswinning bekend? Het antwoord op deze vraag luidt dat op dit moment het vermoeden bestaat dat de mate en richting van harde wind van invloed is op de variatie van het gemeten areaal wadplaten tussen twee surveys. Dit is momenteel nog onderdeel van onderzoek, dus kijken we ook naar vraag 4. → 4
- 4) Hoe verhoudt de trend zich tot de opgetreden bodemdaling? Ten grondslag aan de Trend in het Pinkegat ligt de ontwikkeling van twee grote deelgebieden Engelsmanplaat en het wad voor Ternaard. Onder deze deelgebieden vindt geen bodemdaling door gaswinning plaats. Er is wel een negatieve trend van een deelgebied in het bodemdalinggebied bij Oost-Ameland, maar dit gebied is te klein om van invloed te zijn op de waargenomen trend in het Pinkegat. Tevens geldt voor deze gebieden dat eerder, onder hogere bodemdalingregiems de wadplaathoogte leek toe te nemen (spijkermetingen). Wij concluderen dan ook dat de licht negatieve trend voor het wadplatenareaal niet veroorzaakt wordt door bodemdaling door gaswinning. →5
- 5) Is er een negatieve trend in ed kwaliteit van dit habitatype? De kwaliteit van het habitatype wordt beschoud als de kwaliteit van de wadplaten als fourageergebied voor vogels. Dit wordt besproken op pagina 35.

## 4.3 Vogels en de kwaliteit van de droogvallende wadplaten

De kwaliteit van het habitattype *bij eb droogvallende slik- en zandplaten* wordt bepaald door habitatdiversiteit en de daarmee gepaard gaande biodiversiteit. De kwaliteitseisen die gesteld worden aan het habitat bestaan uit abiotische randvoorwaarden, typische soorten, vegetatie en kenmerken van een goede structuur en functie (Profieldocument H1140). De belangrijke natuurlijke functie van de wadplaten is die van fourageergebied voor de grote aantallen vogels die van de Waddenzee afhankelijk zijn. Het waddengebied staat bekend als een belangrijke plijsterplaats op de Oost-Atlantische trekroute (Flyway). Naast trekvogels zijn er ook soorten, zoals de Scholekster, die in het Waddengebied overwinteren en soorten die in het gebied broeden. De vogels vormen de Natura 2000-doelsoorten die van een goede kwaliteit wadplaten afhankelijk zijn. De onderstaande tabel (tab. 6) geeft een overzicht van de doelsoorten die gedurende laagwater op de wadplaten foerageren en waarvoor een mogelijk effect van bodemdaling door gaswinning binnen deze monitoring wordt onderzocht (Ens *et al*, 2020).





De eerste stap in deze analyse is na te gaan in hoeverre er sprake is van een negatieve trend voor de soort in het gebied dat beïnvloed wordt door bodemdaling door gaswinning. Deze vraag wordt beantwoordt door naar de aantalsontwikkeling van de soorten op de hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) rond de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag te kijken. Deze resultaten worden besproken in tabel 6

Tabel 6: Per vogelsoort wordt de aantalsontwikkeling bediscussieerd in relatie tot de ontwikkeling van de gemodelleerde draagkracht van het fourageergebied.

Soort	Trends	Draagkracht gebied
 <p>Bergeend</p>	In de periode 2006-2012 is het aantal Bergeenden in Pinkegat-Zoutkamperlaag sterk toegenomen en daarna weer afgenomen. Dit patroon zie je ook in de rest van de Waddenzee	Volgens Ens et al. (2020) correleert de verspreiding van de Bergeend met de verspreiding van zijn prooidier de slijkgarnaal. Het totale voedselaanbod voor de Bergeend vertoont jaarlijkse fluctuaties, maar neemt over de periode 2008-2019 niet af. Het geschikte areaal fourageergebied lijkt zelfs iets toe te nemen.
 <p>Pijlstaart</p>	Het aantal Pijlstaarten in Pinkegat en Zoutkamperlaag neemt toe. Deze toename wordt in het gehele waddengebied waargenomen.	De kwaliteit van het fourageergebied is geduren de 2008-2019 gelijk gebleven. Even leek er na 2014 sprake van een afname, maar de oogstbare hoeveelheid voedsel heeft zich sinds 2018 weer hersteld.
 <p>Scholekster</p>	Het aantal scholeksters dat in de winter het Waddengebied bezoekt, neemt af. Deze trend zie je ook in Pinkegat en Zoutkamperlaag.	Ondanks dat het goed gaat met de mosselbanken in de Waddenzee, is sinds 2013 de oogstbare hoeveelheid schelpdierbiomassa voor de Scholekster sterk afgenomen.



	<p>Kluten komen relatief weinig voor in Pinkegat en Zoutkamperlaag. Het aantal is sinds (ca.) 2010 afgenomen. Dit zie je ook in de rest van het Waddengebied.</p>	<p>De voedselbeschikbaarheid en -bereikbaarheid is na 2017 duidelijk toegenomen.</p>
	<p>Het aantal Zilverplevieren in het bodemdalingengebied neemt de laatste 20 jaar toe. Deze lichte trend is ook in de rest van de Nederlandse Waddenzee waarneembaar.</p>	<p>Net als bij de Kluut is het voedselaanbod voor de Zilverplevier toegenomen. Dit aanbod leek na 2014 weer af te nemen maar heeft zich in 2018-2019 hersteld.</p>
	<p>Het aantal Bontbekplevieren in het Waddengebied neemt toe. Dit geldt ook voor de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag.</p>	<p>De oogstbare hoeveelheid voedsel voor Bontbekplevieren was in de periode 2009-2017 onveranderd en is daarna toegenomen.</p>
	<p>Kanoeten zijn sinds (ca.) 2000 toegenomen in het Waddengebied. Ook in Pinkegat en Zoutkamperlaag was de toename tot 2008 zeer sterk. In de periode 2008-2019 was het aantal in het bodemdalingengebied eerst stabiel, en na 2013 zelfs weer iets afgenomen. Ook de trend in de rest van het Waddengebied is onduidelijk.</p>	<p>De oogstbare hoeveelheid voedsel voor Kanoeten in het bodemdalingengebied is gedurende 2008-2013 toegenomen. Na 2013 nam het weer af. In 2018 zijn er weer meer kleine schelpdieren gemeten, waaronder nonnetjes, kokkels en wadslakjes, en is de kwaliteit van het fourageergebied weer wat hersteld.</p>
	<p>Het aantal Drieteenstrandlopers in het Waddengebied neemt toe. De aantallen in het bodemdalingengebied Pinkegat-Zoutkamperlaag volgens exact dezelfde trend.</p>	<p>De beschikbare en bereikbare hoeveelheid voedsel voor Drieteenstrandlopers is gedurende de periode 2008-2019 gelijk gebleven.</p>
	<p>Bonte Strandlopers zijn zeer talrijk en de aantallen nemen toe in Pinkegat-Zoutkamperlaag en in het Waddengebied als geheel.</p>	<p>Ook voor de Bonte Strandloper was het voedselaanbod sinds 2013 afgenomen. Dit werd vooral veroorzaakt door de afname van het aantal Garnalen en Wapenwormen. Het voedselaanbod heeft zich in 2018-2019 zodanig hersteld dat er geen sprake meer is van een trend.</p>

	<p>Rosse Grutto's vertonen geen duidelijke toe of afname voor de periode 2008-2019. In de periode 1995-2008 is het aantal Rosse Grutto's in Pinkegat en Zoutkamperlaag sterk afgenomen.</p>	<p>Het voedselaanbod voor de Rosse Grutto's is in de periode 2008-2018 licht gestegen en lijkt in 2019 een afname in te gaan zetten.</p>
	<p>Het aantal Wulpen in het gebied Pinkegat-Zoutkamperlaag neemt gestaag af. Sinds 2008 is de Waddenzee-brede trend gelijk aan die in het bodemdalinggebied.</p>	<p>De oogstbare hoeveelheid voedsel lijkt heel licht te stijgen, al is er nog geen sprake van een trend.</p>
	<p>In de periode 2008-2019 is het aantal Tureluurs in het gebied Pinkegat-Zoutkamperlaag licht afgenomen. Deze trend is ook voor de rest van het Waddengebied waarneembaar.</p>	<p>Het oogstbare voedselaanbod voor de Tureluur was hoog in de periode 2012-2014. Na een afname van het zomervoedselaanbod in de periode 2015-2017, is dit in weer hersteld.</p>
	<p>Na een afname van in de periode 2005-2013, neemt het aantal Steenlopers sinds 2014 toe. Dit patroon wordt in het hele Waddengebied waargenomen.</p>	<p>De oogstbare hoeveelheid voedsel voor de Steenloper fluctueert sterk. Het voedselaanbod in de zomer is in de periode 2012-2017 sterk afgenomen. Sinds 2018 heeft dit aanbod zich weer enigzins hersteld.</p>

Op basis van tabel 6 kan worden geconcludeerd dat er 5 soorten zijn waarvan de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen rond Pinkegat en Zoutkamperlaag de laatste jaren afnemen. Dit zijn de Bergeend, Scholekster, Kluut, Wulp en Tureluur. Voor 4 van deze soorten geldt dat hun aantalsontwikkeling in Pinkegat en Zoutkamperlaag gelijk is aan die in de rest van de Waddenzee. Voor Bergeenden geldt dat niet. De Bergeend lijkt in zijn verspreiding de voorkeur te geven aan gebieden met grote dichtheden Slijkgarnaaltjes. Het veel diversere dieet van de Bergeend neemt niet af in het Pinkegat of de Zoutkamperlaag.

Voor twee soorten, de Rosse Grutto en de Kanoet, is de aantalsontwikkeling onduidelijk of stabiel. De ontwikkeling van het aantal Rosse Grutto's was sinds 1995 zeer negatief. Deze afname lijkt in de periode 2008-2018 te zijn gestopt. Wanneer we kijken naar de ontwikkeling van het voedselaanbod in het gebied, zien we dat dit toeneemt. Het kan zijn dat de verbetering van de kwaliteit van het fourageergebied (2008-2019) zorgt dat de aantallen van deze soort niet verder afnemen. We hebben echter geen inzicht in de voedselbeschikbaarheid voorafgaand aan 2008.

De Kanoetstranloper vertoont geen duidelijke trend gedurende 2008-2018. Dit geldt voor de aantalsontwikkeling in Pinkegat-Zoutkamperlaag en ook voor het Waddengebied als geheel. Deze onduidelijkheid komt voort uit de sterk fluctuerende jaargemiddelden. In de periode 2000-2009 is het aantal Kanoeten in het gebied Pinkegat-Zoutkamperlaag sterk

toegenomen. Volgens onderzoekers van het NIOZ, is de Kanoet in sterke mate afhankelijk van kleine schelpdieren zoals het Nonnetje (Zwarts en Blomert, 1992). Sinds 2007 neemt de dichtheid Nonnetjes in de westelijke Waddenzee weer toe (Beukema et al. 2017). Mogelijk verplaatst een deel van de Kanoeten zich naar het westelijke deel van de Waddenzee. Gesuggereerd wordt dat Kanoeten in het oostelijke deel van de Waddenzee last kunnen hebben van roofvogels, met name slechtvalken, die pleisterende kanoeten verstoren (mondelinge communicatie Sovon/NIOZ). De berekende oogstbare hoeveelheid voedsel voor de Kanoet in Pinkegat en Zoutkamperlaag is in eerste instantie (2008-2013) toegenomen. De toename van het aantal Kanoeten was in die periode reeds gestopt. Tussen 2013 en 2017 nam die oogstbare hoeveelheid voedsel sterk af, net als het aantal Kanoeten in het gebied. In 2018-2019 is de oogstbare hoeveelheid voedsel weer toegenomen. Ook het aantal Kanoeten in het gebied ligt dat jaar weer hoger. Er lijkt dus wel een verband te zijn tussen het aantal Kanoeten de berekende oogstbare hoeveelheid voedsel in een gebied. De fluctuatie in dat voedselaanbod vertoont geen negatieve trend die correleert met bodemdaling door gaswinning.

### Toepassen beslisschema

Hieronder wordt het beslisschema gevolgd voor beschermde vogelsoorten (zie ook bijlage 2). Aan het eind van het beslisschema wordt ook aandacht besteed aan de kwaliteit van het habitat droogvallende wadplaten als foerageergebied voor deze vogelsoorten.

- 1) Is er een negatieve trend in de populatieomvang van beschermde vogelsoorten in het beïnvloedingsgebied?  
Het antwoord op deze vraag is "Ja" voor de soorten Bergeend, Scholekster, Kluut, Wulp en Tureluur. Voor de Kanoet is sprake van een onduidelijke trend → 2
- 2) Is de geobserveerde trend (in 1) anders dan in referentiegebieden (indien beschikbaar/ relevant) ?  
Voor de Scholekster, Kluut, Wulp en Tureluur geldt dat de trend vergelijkbaar is met die in de rest van de Nederlandse en soms ook de Duitse Waddenzee. Als je voor de Kanoet goed naar het verloop van de datapunten kijkt, is die ontwikkeling sinds 2008 ook vergelijkbaar met de rest van het internationale waddegebied. Voor de Bergeend is het antwoord op deze vraag "Ja" → 3
- 3) Heeft de geobserveerde trend voor de Bergeend een bekende oorzaak, anders dan bodemdaling door gaswinning?  
Het antwoord op deze vraag is dat van de Bergeend bekend is dat de soort de verspreiding van een prooidier (de slijkgarnaal) volgt. Dit is echter niet het gehele dieet van de Bergeend → 4
- 4) Verhoudt de trend zich tot de ontwikkeling van de draagkracht van het gebied met betrekking tot specifieke functies van het gebied voor de betreffende soort?  
De draagkracht van Pinkegat en Zoutkamperlaag voor de Bergeend om te kunnen fourageren is niet afgenomen. → 8
- 8) Geen effect van bodemdaling op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld in het betreffende monitoringjaar.
- 5) Is er een negatieve trend in de algemene kwaliteit van de wadplaten als fourageergebied voor vogels?  
Op basis van hun dieet zou je vogels die fourageren op de wadplaten kunnen indelen in drie groepen: schelpdier-eters, wormen-eters en kreeftachtigen-eters (Ens *et al.* 2009). Wanneer we kijken naar de ontwikkeling (trends) in de benthosoorten die de grootste biomassa's voedsel vertegenwoordigen, dan schommelt deze totale biomassa in Pinkegat en Zoutkamperlaag rond de 5,5 ton (as-vrij drooggewicht). Er is geen sprake van een trendmatige ontwikkeling naar meer of minder biomassa. De soort met de hoogste biomassa is de Kokkel. Deze is t.o.v. 2018 met ca. 30% afgenomen. Dit kan van betekenis zijn voor een soort als

de Scholekster. Tot dusver is er sinds 2007 geen sprake van een negatieve trend.  
→ 10

- 10 Geen effect van bodemdaling op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld voor het betreffende monitoringjaar.

### **Deelconclusie**

In lijn met Ens *et al.* 2020, concluderen we dat er geen aanwijzingen zijn voor een effect van bodemdaling door gaswinning op beschermde vogelsoorten of op de kwaliteit van de wadplaten als foerageergebied voor deze Natura 2000-doelsoorten.

## 5 De kwelder Peazemerlannen

Ten westen van de Lauwersmeer ligt buidendijs het gebied Peazemerlannen. De Peazemerlannen is een oude polder waarvan in 1973 en 1979 delen van de dijk zijn doorgebroken, waarna de polder verkwelderd is. Het gebied bestaat uit een zomerpolder, kwelder en pioniervegetatie op het voorliggende wad. In totaal is het begroeide gebied ca. 200 ha groot. Deze vastelandskwelder staat onder invloed van diepe bodemdaling door gasproductie uit de gasvelden Moddergat en Nes. Deze diepe bodemdaling bedraagt ca. 3-4 millimeter per jaar.

Kwelders zijn wadplaten boven gemiddeld hoogwater die begroeid zijn geraakt met vegetatie en bij hogere waterstanden overstromen. Tijdens overstroming van de kwelder bezinkt slib tussen de vegetatie en zo komt het maaiveld in de loop der tijd steeds hoger te liggen. Na verloop van tijd kunnen zich naast pioniervegetatie ook meerjarige planten gaan vestigen (succesie) en uiteindelijk zal de vegetatie op de hoge kwelder een climaxstadium bereiken. Op de Peazemerlannen heeft een groot deel van de kweldervegetatie dit climax stadium bereikt en domineert Zeekweek (*Elytrigia atherica*).

De kwelder is onderdeel van het Natura 2000-gebied Waddenzee. De doelstelling voor kwelders in dit gebied is samengevat: “Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijs, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras”.

In Nederland worden drie typen kwelderhabitat onderscheiden. Dit zijn 1) H1310: Eenjarige pioniervegetaties van slik- en zandgebieden met Zeekraal (*Salicornia* spp.) en andere zoutminnende soorten. Het doel voor dit type is behoud van oppervlakte en kwaliteit. 2) H1320: Schorren met Slijkgrasvegetatie. Dit habitat komt in de Waddenzee niet of nauwelijks voor. Engels Slijkgras (*Spartina anglica*) wordt wel op de lage delen van de Peazemerlannen aangetroffen. 3) H1330: (subtype A) Atlantisch Schorren, buitendijs. Op het niveau van de Waddenzee verkeert dit subtype in een matig ongunstige staat van instandhouding. Het ontbreekt aan de aanwezigheid van variatie in hoogtezones, inclusief de pioniervegetatie. Daarnaast is variatie in geomorfologische vormen en beheervormen van belang voor een goede kwaliteit. De zomerpolder van de Peazemerlannen heeft het karakter van het kweldertype Atlantische schorren, binnendijs (subtype B).

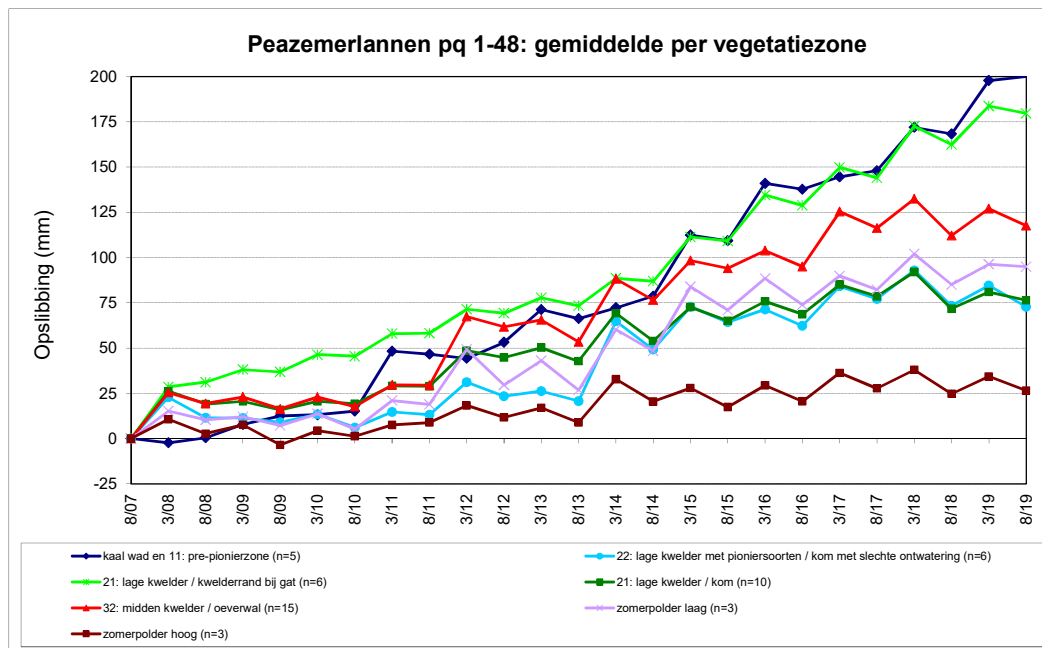
De monitoring van de Peazemerlannen is erop gericht vast te stellen

- hoeveel sedimentatie er plaatsvindt en of dit voldoende is om bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging te compenseren.
- hoe de prepioniervegetatie zich ontwikkelt i.r.t. bodemdaling onder het voorliggende wad.
- hoe de kweldervegetatie zich ontwikkelt en hoe dit bijdraagt aan de variatie in hoogtezones.

### Sedimentatie

In de Peazemerlannen was er over de periode 2007-2019 voor alle metingen gemiddeld in het gebied een toename van de maaiveldhoogte (Fig. 15). De gemiddelde jaarlijkse netto opslibbing in de verschillende vegetatiezones lag tussen 2-16 millimeter per jaar. De gemiddelde bodemdaling in deze zelfde periode was 3,6 millimeter per jaar en de stijging van het gemiddeld hoogwaterniveau bij Lauwersoog (tussen 1988 en 2019) bedraagt 1 millimeter per jaar. In de laag-gelegen delen van de zomerpolder is gemiddeld een opslibbing gemeten van 6 millimeter per jaar en in de hoger gelegen delen aan de westkant

was dat 2 millimeter per jaar. Op de onbegroeide delen van het wad en in de pionierzone is een gemiddelde toename in hoogte gemeten van 16 millimeter per jaar.



Figuur 15: Gemiddelde cumulatieve netto-opslibbing (mm) per vegetatiezone in de kwelder en deelgebied in de zomerpolder op basis van sedimentatie-erosie-metingen in de Peazemerlannen van augustus 2007-augustus 2019. Dit is figuur 3.1 uit Van Duin, 2020.

In 2019 was voor grote delen van de kwelder het inklinken van de kleilaag in de zomer net zo groot als het opslibbing ervan in de winter. Om de bodemdaling onder de kwelder en de trend van zeespiegelstijging te compenseren, is een opslibbingssnelheid van 4,6 millimeter per jaar of meer nodig. Op 8 van de 48 meetlocaties in het gebied is die opslibbingssnelheid niet gehaald. Voor 3 meetpunten in de hoger gelegen delen van de zomerpolder is dit al meerdere jaren het geval. Sinds vorig jaar geldt dit ook voor een aantal meetpunten in de kwelder. Van Duin (2020) schrijft dat de droge zomers van 2018 en 2019 tot relatief veel compactie van de klei hebben geleid. Ook kan het inscharen van schapen een rol hebben gespeeld.

Van Duin (2020) vergelijkt de opslibbing in de Peazemerlannen met een nabijgelegen referentiegebied waaronder geen bodemdaling door gaswinning optreedt. In het referentiegebied West-Groningen is de netto opslibbing lager als gevolg van vertrapping door vee. Aanvullende referentiepunten van de kwelders Holwerd, Julianapolder en Noord-Friesland Buitendijks laten vergelijkbare opslibbingssnelheden zien als in de Peazemerlannen zijn gemeten. Van Duin (2020, fig. 3.7 en 3.8) toont de opslibbingssnelheden op de verschillende kwelders als functie van de hoogteligging t.o.v. NAP. Deze vergelijking suggereert dat de lagere delen van de Peazemerlannen minder hard opslibben dan je op basis van hun hoogteligging zou kunnen verwachten.

De bodemdaling als gevolg van de gaswinning leidt ertoe dat het maaiveld van de kwelder en zomerpolder minder snel toeneemt (t.o.v. NAP) dan zonder bodemdaling het geval was geweest. Inmiddels bedraagt de cumulatieve bodemdaling onder de kwelder zo'n 4,5cm. Uit figuur 3.8 in Van Duin (2019) zou je kunnen afleiden hoe de maximale opslibbingcapaciteit in millimeters per jaar afneemt als functie van de maaiveldhoogte. Hierbij volgt die afname ongeveer de functie  $s = -75h + 127,5$ . Hiervoor geldt dat  $s$  de opslibbingssnelheid is in mm/j en  $h$  de maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP. Als we een

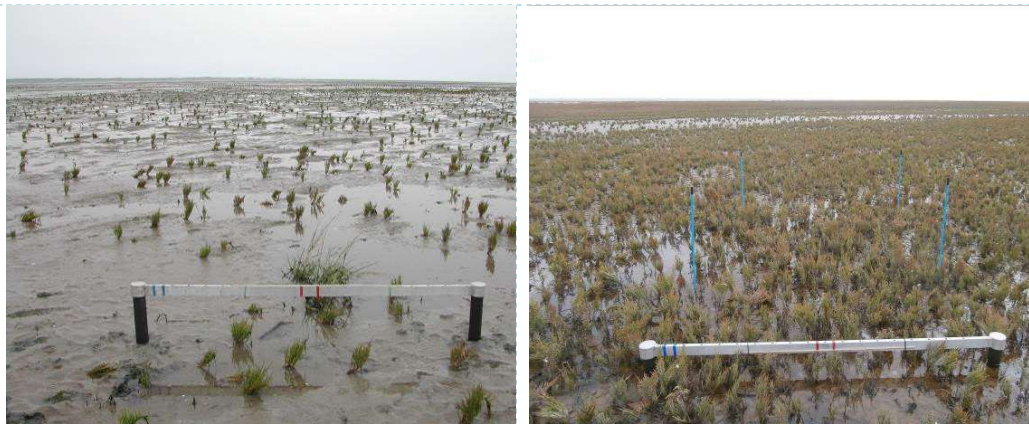


gemiddelde kwelderhoogte van 130 cm + NAP aanhouden, dan is de maximale opslibbingcapaciteit op de Peazemerlannen met ca. 3,4 millimeter per jaar toegenomen. Aangezien de huidige bodemdalingsnelheid onder de kwelder ca. 4,5 millimeter per jaar is, kan een groot deel van het effect van bodemdaling dus weer door een toename in de opslibbingcapaciteit gecompenseerd worden. De gemeten opslibbingssnelheden liggen echter beneden deze lijn *s*. Beredeneerd zou kunnen worden dat de opslibbing daar beperkt wordt door andere variabelen dan de maaiveldhoogte.

Geconcludeerd kan worden dat het gebied gemiddeld in voldoende mate opslibt om bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging te compenseren. Alleen voor de hooggelegen delen van de zomerpolder geldt dit niet. In combinatie met maatregelen voor natuurbeheer kan dit tot verkwelding van de zomerpolder gaan leiden, hetgeen daar de geplande natuurontwikkeling ten goede komt. Dit is het tweede jaar dat er op een aantal punten (4) op de kwelder netto maaiveld daling is gemeten. De droge zomers van 2018 en 2019 hebben een duidelijk effect op deze trend. De komende jaren zullen uitwijzen of dit zich uitbreidt, of dat de opslibbingssnelheid zich weer herstelt.

### Pionierzone

Op basis van vlakdekkende vegetatiekarteringen (VEGWAD) door Rijkswaterstaat zijn voor 1992, 2002, 2008 en 2014 kaarten beschikbaar waarop het areaal pionierzone en pre-pionierzone voor de Peazemerlannen is weergegeven (Dijkema *et al.* 2007 en Van Duin, 2019, fig 3.10). Deze VEGWAD resultaten laten zien dat de pre-pionierzone door de jaren heen tussen de 0 en 40ha (2014) groot is. In figuur 16 is een voorbeeld te zien van de ontwikkeling van de pre-pionierzone 2019 t.o.v. 2007.



Figuur 16: Dit is een deel van figuur 3.4 uit Van Duin (2020): Ontwikkeling (pre-)pionierzone met voornamelijk Zeekraal en (sporadisch) Engels slijkgras bij PQ 38. Foto richting spuisluisen Lauwersoog van Sedimentatie-ErosieBalk en vegetatie-PQ in 2007 (links) en in 2019 (rechts).

De toename van de pionierzone en pre-pionierzone voor de Peazemerlannen is dus positief geweest. Deze wordt in verband gebracht met de netto opslibbing van het voorliggende wad (Van Duin, 2020). In het referentiegebied Groningen-West loopt het areaal van de pionierzone (2002-2014) juist terug. Het is echter onduidelijk of uitbreiding van de pionierzone nog steeds gaande is. Nieuwe resultaten uit de VEGWAD-kartering van 2020 worden komend jaar verwacht. Op basis van de evaluatie van het monitoringprogramma is echter besloten ook jaarlijks een contour van de pionierzone te gaan maken en de ontwikkeling van jaar tot jaar te gaan volgen.

## **Ontwikkeling kweldervegetatie**

De ontwikkeling van de vegetatie op de kwelder wordt gemeten in vierkante meetvakken. Zogenaamde permanente kwadraten (pq's); (Fig.16). De vegetatie van de Peazemerlannen is hoofdzakelijk stabiel of aan successie/veroudering onderhevig. Dit blijkt ook uit de vegetatieopnames die in 2019 zijn uitgevoerd. In enkele pq's is vegetatiekundig sprake van regressie. Het gaat hierbij om een uitbreiding van Engels slijkgras, die deels ten koste gaat van Gewoon kweldergras. Grotendeels bezet het nieuwe Engels slijkgras voorheen nog kale bodem, hetgeen ook als successie kan worden gezien. Deze waarnemingen zijn overeenkomstig met die van vorig jaar.

De beweiding in het westelijke kwelderdeel van de Peazemerlannen is de laatste jaren sterk toegenomen. Ook is er op een aantal plekken gemaaid. Dit heeft een nadelig effect gehad op de verspreiding en dichtheid van de Zeeaster in dit deel van het gebied.

Uit de vegetatie-opnames blijkt geen ontwikkeling waar bodemdaling door gaswinnig aan ten grondslag ligt. Wel kan het zijn dat de bodemdaling onder de kwelder het proces van successie vertraagt. De Peazemerlannen is een gevarieerde kwelder waar de verschillende hoogtezones, inclusief de pionierzone, vertegenwoordigd zijn. De beweiding en ander kwelderbeheer zullen die diversiteit waarschijnlijk ten goede komen.

## **Toepassen van het beslisschema**

- 1) Vraag 1 in het beslisschema voor beschermde habitats luidt of er sprake is van een negatieve trend in de oppervlakte van het habitat (zie ook bijlage 2). Hierbij dient ook bij twijfel "Ja" geantwoord te worden. Voor de verschillende kwelderhabitats is dit niet het geval. →5
- 5) Is er een negatieve trend in de kwaliteit van dit habitatype?  
Het antwoord op deze vraag is "Ja" voor habitat H1330. Dit is de afnemende variatie in vegetatietypen op de kwelder. Met name de bedekking van vegetaties die behoren tot de overgangsfase tussen pionier- en climaxstadium neemt steeds verder af. →6
- 6) Is die negatieve ontwikkeling anders dan in referentiegebieden (indien van toepassing)?  
Ondanks dat dit een trend is die veel wordt waargenomen in kwelders langs de Friese en Groningse kust, is het moeilijk om van referentiegebieden te spreken. Dit komt door de grote invloed van beheermaatregelen, voornamelijk beweiding/begrazing, in deze gebieden. →7
- 7) Heeft deze negatieve ontwikkeling een bekende oorzaak (anders dan bodemdaling door gaswinning)?  
Het antwoord op deze vraag is "Ja". De geobserveerde afname van de diversiteit aan kweldervegetatie is het gevolg van natuurlijke successie. Bodemdaling door gaswinning zou die successie juist afremmen of tegen gaan. → 10
- 10 Er is geen effect van bodemdaling op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld voor het betreffende monitoringjaar.

## **Deelconclusies**

Bodemdaling door gaswinning wordt niet overal op de kwelder gecompenseerd door sedimentatie. De vegetatie vertoont echter nog steeds successie. Er zijn geen effecten van bodemdaling op de kwaliteit of omvang van de kwelderhabitats vastgesteld.



## 6 Lauwersmeergebied

Het Lauwersmeergebied is een waterrijk natuurgebied dat in 1969 is ontstaan door afsluiting van de Lauwerszee. Met de afsluiting van de Waddenzee verdween de getijdenstroming in het gebied en nam de invloed van zout zeewater snel af. Omdat er minder water door de geulen stroomde, waren de wadplaten en schorren onderhevig aan erosie en werden de geulen ondieper. Om te voorkomen dat de platen zouden verdwijnen zijn de plaatranden op verschillende plekken verstevigd door er stenen te storten. In de loop der jaren is de vegetatie die karakteristiek is voor kwelders en duinvalleien verdwenen, met uitzondering van een paar plekken waar nog steeds invloed is van zout grondwater. Ook is op een aantal plekken in het gebied bos aangeplant. Het huidige beheer is erop gericht het landschap open te houden en de instandhoudingsdoelen na te streven. Dit beheer bestaat voornamelijk uit begrazing door vee en uit maaien. Een meer natuurlijk fluctuerend waterpeil zou goed zijn voor de rietontwikkeling in het gebied. Plannen hiervoor stuiten echter op veel weerstand bij huizenbezitters en agrariers in de directe omgeving van het meer.

### 6.1 **Beleid- / Beheerdoelen voor het Lauwersmeergebied en de daaraan gerelateerde ecologische monitoring**

In het Aanwijzingsbesluit voor het Lauwersmeergebied wordt uitgelegd dat dit gebied enkel is aangewezen in het kader van de Europese Vogelrichtlijn. Dit betekent dat instandhoudingsdoelen in het kader van de Wet Natuurbescherming zich beperken tot het behoud van of verbetering van de draagkracht van het gebied voor populaties vogels van een bepaalde omvang. De afgelopen jaren is de monitoring en bijhorende data-analyse meer toegespitst op deze instandhoudingsdoelen. Omdat het een groot aantal beschermde vogelsoorten betreft, wordt er voorafgaand aan verdere analyse een selectieprocedure uitgevoerd waarin per soort wordt gekeken of de soort een Natura 2000-doelsoort is en of effecten van bodemdaling door gaswinning op de populatieomvang in het Lauwersmeergebied op voorhand kunnen worden uitgesloten. Deze selectie resulteert in 8 broedvogels waarvoor effecten nader bestudeerd zullen worden (Kleefstra *et al.* 2020). De eerste stap in deze analyse is na te gaan in hoeverre er sprake is van een negatieve trend voor de soort in het gebied en in hoeverre die de landelijke trend volgt. Vervolgens wordt er per vogelsoort vastgesteld van wat voor vegetatietype en -kwaliteit deze als broedgebied afhankelijk is. Gaat het broedgebied achteruit, dan spreken we van een afname van de draagkracht van het gebied voor de vogelsoort die daardoor beïnvloed wordt. De laatste stap in de analyse is vast te stellen of de verandering in de draagkracht van het broedgebied voor een bepaalde soort het effect kan zijn van bodemdaling door gaswinning. Om hier uitsprake over te kunnen doen, wordt naast de vogeltellingen de ontwikkeling van de vegetatie gemonitord en wordt er onderzoek gedaan naar het effect van bodemdaling op de beschikbaarheid van ondiep (<40 cm) water en op de muizenpopulatie als voedselbron voor roofvogels.




## 6.2 Trendmatige ontwikkeling voor Natura 2000-doelsoorten in het Lauwersmeergebied

Kleefstra *et al.* (2020) hebben een aantal broedvogelsoorten geselecteerd waarvoor een effect van bodemdaling door gaswinning niet op voorhand kon worden uitgesloten. De ontwikkeling van de aantallen van deze soorten wordt in deze paragraaf besproken i.r.t. de veranderingen die in het gebied zijn opgetreden. Per soort worden de trends besproken in tabel 9 en samen gevat in tabel 8.

Tabel 8: Beschermde broedvogelsoorten in het Lauwersmeergebied waarvoor een effect van bodemdaling niet op voorhand kon worden uitgesloten. 'Aantal LM' is het huidige (2019) aantal van de soort aanwezig in het Lauwersmeergebied. 'Trend LM' is de aantalsontwikkeling van de soort in het Lauwersmeergebied tussen 2006 en 2019. 'Trend NL' staat voor de nationale aantalsontwikkeling van de soort.

Soort	Aantal LM	Trend LM	Trend NL
Roerdomp	ca. 7	afname	toename
Bruine Kiekendief	ca. 17	afname	afname
Grauwe Kiekendief	0	afname	positief
Kluut	ca. 22	geen	afname
Porseleinhoen	ca. 4	afname	geen
Blauwborst	ca. 283	toename	toename
Snor	ca. 89	toename	toename
Rietzanger	1530-2240	geen	toename

Tabel 9: Aantalsontwikkeling voor beschermde vogelsoorten in het Lauwersmeergebied, in relatie tot de ontwikkeling van de draagkracht van het gebied als broedgebied. De bevindingen zijn overgenomen uit Kleefstra *et al.* (2020).

Soort	Trends	Draagkracht gebied
 Roerdomp	Het aantal Roerdompen in het Lauwersmeergebied is de laatste jaren verder afgenomen. Dit brengt het aantal territoria op in 2019 op 7. De landelijke trend is echter positief.	Roerdompen zijn afhankelijk van dicht waterriet in ondiep water. Geschikt broedhabitat is grotendeels beperkt to kleine deelgebieden waar de beheerder moerasontwikkeling heeft laten plaatsvinden.
 Bruine Kiekendief	Er broedden in 2019 ca. 17 Bruine Kiekendieven. Het aantal broedparen neemt al sinds 2000 geleidelijk af. Broedende Kiekedieven zijn verdwenen op de Blikplaat en bijna verdwenen op de Zoutkamperplaat. Ook de nationale ontwikkeling van het aantal Bruine Kiekendieven is negatief.	Om ongestoord te broeden heeft de Bruine Kiekendief uitgestrekt dicht en structuurrijk landriet nodig. De kwaliteit van het landriet is de laatste jaren sterk afgenomen.
 Grauwe Kiekendief	De Grauwe Kiekendief is uit het Lauwersmeergebied verdwenen. Na 2006 is er nog twee maal een broedpaar gesignaleerd in 2011 en 2012. De landelijke trend is positief.	Net als de Bruine Kiekendief heeft ook de Grauwe Kiekendief uitgestrekt dicht en structuurrijk landriet nodig om te broeden. De kwaliteit van het landriet is de laatste jaren sterk afgenomen.

	<p>Sinds 2007 is er geen duidelijke trend waar te nemen voor het aantal Kluten dat in het Lauwersmeergebied broedt. De landelijke trend voor de Kluut is negatief. Opvallend is de sterke toename van foeragerende kluten in de Ezumakeeg sinds 2016. Het aantal broedparen in 2019 was 22.</p>	<p>Kluten zijn om te broeden afhankelijk van kortgrazige vegetaties nabij open water. De afgelopen jaren is daar als belangrijk element bijgekomen dat dit eiland-achtige plekken moeten zijn omdat de predatiedruk door vossen daar lager is. Dit soort locaties zijn schaars en beperkt tot het deelgebied de Ezumakeeg. Over het algemeen neemt het areaal kortgrazige vegetaties nabij open water af.</p>
	<p>De Porseleinhoen is bijna uit het Lauwersmeergebied verdwenen. In 2019 zijn er 4 broedparen aangetroffen. Op nationaal niveau is er geen sprake van een duidelijke toe- of afname van deze soort.</p>	<p>Net als de Roerdomp is de Porseleinhoen afhankelijk van dicht waterriet in ondiep water. Binnen het Lauwersmeergebied is het belangrijkste broedgebied dan ook de Ezumakeeg. Over het algemeen neemt waterriet af in oppervlakte en kwaliteit.</p>
	<p>De Blauwborst vertoont een positieve ontwikkeling in het Lauwersmeergebied. Dit is in lijn met de landelijke trend. In 2019 zijn er 283 broedparen geteld.</p>	<p>De deelpopulatie Blauwborsten in het Lauwersmeergebied is afhankelijk van opkomend struweel, grenzend aan een meer open, gefragmenteerd rietlandschap. Geschikt broedhabitat voor de Blauwborst is de afgelopen jaren sterk toegenomen.</p>
	<p>Het aantal broedparen Snor neemt in het Lauwersmeergebied toe. In 2019 waren dat er 89. Ook de landelijke trend is positief.</p>	<p>Broedende snorren zijn in de Lauwersmeer afhankelijk van vochtig rietland. Het areaal van dit habitat neemt niet af. Wel gaat de kwaliteit ervan achteruit.</p>
	<p>De Rietzanger vertoont geen trend in het Lauwersmeergebied. Dit in tegenstelling tot de landelijke trend die positief is.</p>	<p>Om te broeden zijn Rietzangers afhankelijk van droog tot vochtige rietvegetaties. In nog beperkte mate verliest dit broedhabitat lokaal terrein.</p>

### Ontwikkeling draagkracht

De vogelsoorten waarvoor een effect van bodemdaling niet op voorhand kon worden uitgesloten zijn, op de Kluut na, allemaal afhankelijk van rietvegetaties. De oppervlakte en kwaliteit van de rietvegetaties in het Lauwersmeergebied gaat al jaren achteruit. Deze achteruitgang is het gevolg van verstuweling en van begrazing. De verstruweling van landriet is het gevolg van natuurlijke successie. De beheerder probeert deze opslag van struiken en bomen tegen te gaan door vee in het gebied los te laten. Dit vee remt de

toename van het struweel, maar veroorzaakt tegelijkertijd grote schade aan de rietvegetaties. Dicht, aaneengesloten landriet wordt stukgelopen en waterriet wordt opgegeten en vertrapt. In eerdere rapportages kon dit niet goed gekwantificeerd worden. Kleefstra et al. (2020) hebben op basis van een analyse van luchtfoto's aangetoond hoe de dichtheid van koeienpaden en daarmee de fragmentatie van rietland toeneemt.

De Blauwborst profiteert van de hierboven beschreven ontwikkeling. Ook andere kleine broedvogels, zoals de Snor en de Rietzanger hebben niet zo veel last van de fragmentatie van landriet als de grotere vogelsoorten. Het aantal Bruine en Grauwe Kiekendieven is dan ook sterk afgenomen. Dit komt doordat vossen de nesten van de Kiekendieven in het gefragmenteerde rietland makkelijker kunnen vinden. De soorten die van dicht waterriet afhankelijk zijn, moeten het hebben van de moerasedgebieden waarin geen vee wordt toegelaten. Het areaal van deze gebieden is beperkt, hetgeen de ontwikkeling van deze broedpopulaties tegenhoudt.

Kluten die in het Lauwersmeergebied broeden hebben last van de toename van het struweel in het gebied. De verruiging, predatie door vossen en vertrapping van nesten door vee houden de ontwikkeling van deze broedpopulatie tegen.

### **Ontwikkeling vegetatie**

De hierboven beschreven ontwikkelingen in vegetatiestructuur zijn op basis van luchtfoto-analyses en transectmetingen in het gebied vastgesteld. Met als doel de mogelijke relatie met bodemdaling door gaswinning te kunnen leggen worden er verspreid over het gebied ook vegetatie-opnamen in permanente kwadraten (pq's) gedaan. Bij deze pq's staan peilbuizen en wordt ook de bodemhoogte bepaald.

In Kleefsta *et al.* (2020), hoofdstuk 4, wordt een voorbeeld gegeven voor een hypothetisch effect van bodemdaling via de hydrologie op de vegetatie. Hiervoor wordt een extreme bodemdaling van meerdere decimeters gemodelleerd voor deelgebied De Rug. In de analyse is te zien hoe de vegetatie in de permanente kwadraten verandert en de graasdruk toeneemt. Dit voorbeeld geeft aan hoe de onderzoekers verwachten dat eventuele effecten van bodemdaling in dit deelgebied tot uiting zouden kunnen komen. De resultaten uit de vegetatie-opnames in de pq's en de peilbuizen worden met deze hypothese vergeleken.

De ontwikkelingen in de vegetatie in de pq's wordt vertaald naar tekenen van verruiging, vernatting, verrijking (nutriënten), ontzilting en verzuring. In de gebieden waar begrazing plaatsvindt, is het effect daarvan in vegetatie zichtbaar. Over het algemeen zijn de veranderingen klein en is er vaker sprake van verdroging dan van vernatting. In ca. een derde van de pq's is sprake van een lichte verzuring, hetgeen veroorzaakt wordt door de doorgaande ontkalking. Ook is er in een deel van het gebied sprake van een verder ontzilting. Dit is de na-ijling van de verandering van Lauwerzee- naar Lauwersmeergebied. De waargenomen ontwikkelingen vertonen geen relatie met bodemdaling door gaswinning.

### **Toepassen beslisschema**

- 1) Is er een negatieve trend in de populatieomvang van doelsoorten in het Lauwersmeergebied?  
Het antwoord hierop is "Ja" voor de Roerdomp, Bruine en Grauwe Kiekendief en de Porseleinhoen. → 2
- 2) Is de geobserveerde trend (in 1) afwijkend ten opzichte van de landelijke trend?  
Het antwoord op deze vraag is "Ja" voor de Roerdomp, Grauwe Kiekendief en Porseleinhoen. → 3

- 3) Heeft de trend een bekende oorzaak (anders dan diepe/maaiveld bodemdaling en anders dan bij 4)?  
Het antwoord op deze vraag is "Nee" of "Deels". →4
- 4) Verhoudt de trend zich tot de ontwikkeling van de draagkracht van het gebied m.b.t. specifieke functies van het gebied voor de betreffende soort? (effectketen)  
Het antwoord op deze vraag is "Ja". →5
- 5) Heeft de trend in de draagkracht / gebiedsfunctie een bekende of voor de hand liggende oorzaak? (anders dan bodemdaling/ maaiveld daling)  
De fragmentatie van het areaal aaneengesloten landriet door begrazing en de opkomst van de vossenpopulatie hebben geleid tot een ongeschikt habitat voor de Grauwe Kiekendief.  
Verruiging door successie en begrazing door ganzen en vee hebben geleid tot een afname van geschikt waterriet voor de Roerdomp en Porseleinhoen om in te broeden.  
Het antwoord op deze vraag is dus "Ja". → 8
- 8) Geen effect van bodemdaling op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld in het betreffende monitoringjaar.

### **Deelconclusies**

Een deel van de beschermde broedvogels in het Lauwersmeergebied lijdt onder de achteruitgang van land- en waterrietvegetaties. Dit is het effect van successie en begrazing. De situatie verslechtert door de toegenomen predatiedruk door vossen. Er zijn geen effecten van bodemdaling door gaswinning op beschermde natuurwaarden vastgesteld.

# 7 Conclusies

In tabel 10 worden de beleidsdoelen uit tabel 1 van de introductie van dit rapport herhaald. Per doel wordt aangegeven in hoeverre uit de monitoring over 2019 blijkt dat er sprake is van een nadelige ontwikkeling en, indien dat zo is, een mogelijke koppeling met bodemdaling door gaswinning. Ook wordt beschouwd in hoeverre aan de eis in het Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee wordt voldaan.

Tabel 10: Conclusies ten aanzien van de invloed van bodemdaling door gaswinning op de beleidsdoelen waar middels het monitoringprogramma aan getoetst wordt. Dit zijn de hoofdconclusies over het monitoringjaar 2018.

Beleidsdoel	Conclusie
Meegroeivermogen Waddenzee: <i>Bodemdaling door gaswinning mag, in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschrijden of dreigen te overschrijden</i>	Conform het Meet- & Regelprotocol is aangetoond dat de berekende gemiddelde bodemdalingsnelheid, in cumulatie met de vastgestelde snelheid van zeespiegelstijging, het vastgestelde meegroeivermogen voor de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag niet overschrijdt of dreigt te overschrijden. Hiermee is voldaan aan de voorwaarde voor gaswinning onder de Waddenzee zoals die geformuleerd is in het Rijksprojectbesluit.
Waddenzee (wadplaten): <i>Behoud oppervlakte (en verbetering kwaliteit) slik- en zandplaten.</i>  <i>Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen</i>	Het totale, op basis van LiDAR gemeten, wadoppervlak tussen NAP - 50cm en +160cm is sinds de start van de metingen in 2010 niet afgenomen in de Zoutkamperlaag en mogelijk licht afgenomen in het Pinkegat. Dit lijkt niet het effect te zijn van bodemdaling door gaswinning. Als gevolg van een verbetering in de dataset, correleren de veranderingen in wadplatenareaal tussen meetcampagnes met stormen, hetgeen aansluit bij lokale observaties in de spijkermetingen. Om dit te kunnen quantificeren zal gekeken worden naar het effect van verschillende windrichtingen op verschillende deelgebieden.
Waddenzee (wadplaten): <i>Behoud van omvang en kwaliteit fourageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels</i>	Voor 5 vogelsoorten was er sprake van een negatieve aantalsontwikkeling in Pinkegat en Zoutkamperlaag. Voor 2 soorten was die trend afwezig of onduidelijk. Deze trends waren meestal in overeenstemming met de Waddenzee-brede aantalsontwikkelingen en meestal niet met de ontwikkeling van de berekende draagkracht van het foerageergebied. Uit de resultaten blijken geen indicaties voor een nadelig effect van bodemdaling door gaswinning op de fourageermogelijkheden van de onderzochte vogelsoorten.
Kwelders Waddenzee: <i>Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras</i>	Met uitzondering van de zogenaamde zomerpolder ontvangt de Peazemerlannen voldoende slib om de snelheid van bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging te compenseren. De kwelder vertoont een diversiteit aan hoogtezones met bijhorende vegetatietypen die onderhevig is aan successie. De pionierzone is goed ontwikkeld. Tot dusver zijn er geen effecten van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelen voor de Peazumerlannen geconstateerd.
Lauwersmeergebied: <i>Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels</i>	In het Lauwersmeergebied vertoont een aantal beschermd vogelsoorten een negatieve trend die aan de ontwikkelingen binnen het Lauwersmeergebied te relateren is. Deze ontwikkelingen zijn de fragmentatie van landrietvegetatie door vee, mogelijk vertrapping van nesten door vee, predatie van nesten door vossen en de afname van waterriet en toename van struweel door successie. Geen van de bovengenoemde ontwikkelingen wordt gerelateerd aan bodemdaling door gaswinning.



## 8 Literatuur

- Beukema, J.J., Dekker, R. & Drent, J. (2017) Dynamics of a Limecola (*Macoma balthica*) population in a tidal flat area in the western Wadden Sea: effects of declining survival and recruitment. *Helgoland Marine Research*, 71, 12.
- Dijkema K. S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, P.W. van Leeuwen (2007) Monitoring van kwelders in de Waddenzee. Rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening. Natuur i.o. (WOT IN). Alterra-rapport 1574 / IMARES-rapport C104/07 WOT IN serie nr. 5 Alterra, Wageningen
- Ens, B. Van Winden E. Van Turnhout C. Van Roomen M. Smit C. En Jansen J. (2009) Aantalsontwikkeling van wadvogels in de Nederlandse Waddenzee in 1990-2008, Verschillen tussen Oost en West. LIMOSA 82 100-112
- Ens BJ, Troost K, Van Winden E, Schekkerman H, Rappoldt K, Van Kessel J en Nienhuis J (2020) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag rapportage tot en met monitoringjaar 2019. Sovon-rapport S2020/25
- Folmer, E.O., Dekinga, A., Holthuijsen, S., van der Meer, J., Mosk, D., Piersma, T. & van der Veer, H.W. (2017) Species Distribution Models of Intertidal Benthos : Tools for Assessing the Impact of Physical and Morphological Drivers on Benthos and Birds in the Wadden Sea. NIOZrapport, pp. 1-114. Texel.
- H.J. Hoeksema, H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde, J. de Vlas (1998) Bodemdalingstudie Waddenzee 20 04. RIKZ
- Romke Kleefstra, Nico Beemster, Wout Bijkerk, Ronald Bakker, Marijke Bekkema, René Buijs, Peter de Boer, Christian Kampichler & Julia Stahl (2020) Analyse van de effecten van bodemdaling op hydrologie, vegetatie en vogels in het Lauwersmeer in 2019. Sovon rapport 2020/22, A&W rapport 19-347.
- Krol J (2020) Sedimentatiemetingen op het wad van Ameland, Peasens, Piet Scheve plaat, Engelsmanplaat en Schiermonnikoog 2007- 2019
- NAM (2006) MER Aardgaswinning Waddenzegebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV
- NAM (2019) Monitoring van de effecten van bodemdaling door gaswinning in het Wadden- en Lauwersmeergebied, evaluatie monitoring 2013-2019. (EP201907205142)
- NAM (2020) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2019.
- Van Duin (2020) Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en de referentiegebieden: Jaarrapport 2019. Artemisrapport 2020-1
- Van der Lugt, M, Visser M en Ketelaar G (2020) Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2019) Deltares rapport 11203620-002-ZKS-0006
- Wang, Z. B. and W.D. Eysink (2005) Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning. Vloedkommen van het Friesche Zeegat. WL | Delft Hydraulics Z3995
- Wang, Cleveringa en Oost (2017), Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruiksruimte. Deltaresrapport 1230937
- Zwarts L en Blomert A (1992) Why knot *Calidris canutus* take medium-sized *Macoma balthica* when six prey species are available. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 83, No. 2/3 (July 16 1992), pp. 113-128

### Bijlage 1: Adviespunten Auditcommissie (19 december 2019) en reactie van NAM en/of de betrokken onderzoekers.

<b>Advies</b>	<b>Reactie</b>
Verbeter de integrale beoordeling van de resultaten in het licht van het 'hand aan de kraan'-principe door systematischer de verschillende stappen van de ontwikkelde beslisschema's voor de wadplaten, kwelders en het Lauwersmeergebied te doorlopen.	Dit is per hoofdstuk gedaan (dit rapport).
De Auditcommissie adviseert in deze beslisschema's nog expliciet als laatste stap 'wel of niet aanwijzingen voor hand aan de kraan' op te nemen.	Gedaan. Zie de beslisschema's in bijlage 2 van dit rapport. Hierin zijn voor Vogels en Habitats respectievelijk de stappen 7 en 9 aangepast.
Onderzoek de mate waarin de gekozen natuurgrenzen ook op langere termijn houdbaar zijn.	Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat gaat aan een commissie van specialisten deze vraag voorleggen (Kamerbrief 29 684 nr. 204).
Heb de komende periode meer aandacht voor het richtscenario voor zeespiegelstijging.	Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft toegezegd Deltares en KNMI te betrekken bij het vaststellen van het richtscenario voor zeespiegelstijging (Kamerbrief 29 684 nr. 204). Wanneer het nieuwe richtscenario afwijkt van het huidige, zal de betekenis daarvan voor het Hand Aan de Kraan principe worden bediscussieerd.
Onderzoek de risico's op bodemdaling samenhangend met mogelijk toekomstige aquiferdepletie, en de mate en tijdsduur waarmee de bodemdaling na-ijlt nadat de gaswinning is gestopt. Geef aan welke factoren en processen bepalend zijn voor de mate en tijdsduur van na-ijlen, en hoe realistisch/waarschijnlijk de verschillende schattingen daarvoor zijn.	Dit is gedaan. Deze resultaten zijn te vinden in de Meet- & Regelrapportage over 2019. Remwegscenario's voor de gasvelden Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen worden gepresenteerd in paragraaf 2.7 van dat rapport.  Zie ook paragraaf 4.1 van dit rapport.
Onderzoeken of de foutmarge in de LiDAR-data verkleind kan worden.	De gekozen oplossingsrichting is geweest om nader onderzoek te verrichten naar de achtergrond van de relatief grote foutmarge in de hoogtebepaling van een aantal harde oppervlakken. Dit leidde tot een correctie van de data. Met de correctie is een aantal onverklaarbare veranderingen verdwenen en correleert de hoogteontwikkeling van de platen met de mate van stormachtig weer tussen de meetcampagnes. Dit geeft vertrouwen in de dataset. Wat dit precies betekent voor de aan te houden meetfout is nog niet helemaal duidelijk.
Continueer het huidige inwinprotocol (scannertype, vlieghoogte, meetdienst, etc.) zo veel mogelijk.	Dat zijn we zeker van plan. Op dit moment is dit moeilijk omdat Terratec vanwege het Coronavirus niet mag vliegen.
Ga na in hoeverre 'machine learning', ook wel 'deep learning' genoemd, ingezet kan worden om nog niet eerder gedetecteerde verbanden tussen de verklarende variabelen bloot te leggen en beter zicht te krijgen op trends in vogelaantallen.	Ens <i>et al.</i> (2020) lichten toe wat de huidige bevindingen op dit moment zijn. Folmer <i>et al.</i> (2017) hebben op basis van machine-learning de verspreiding van bodemdieren, de voedselbron van de vogels, onderzocht. Voor vogels zou een vergelijkbare analyse kunnen plaatsvinden op basis van de variatie in die voedselbron. We denken echter dat andere essentiële variabelen betrokken moeten worden en niet goed in beeld zijn. Hiermee doelen we op verstoringbronnen. Deze suggestie van de Auditcommissie zal nader met de onderzoekers besproken worden.
De Auditcommissie adviseert voor de referentieberekeningen ook de Waddenzee-brede benthosdata over jaren na 2013 gericht te benutten.	SIBES-data van na 2013 is niet Waddenzee-breed beschikbaar. Analyse van de opgeslagen monsters zou een aanvullende opdracht aan NIOZ betekenen, bovenop het reeds zeer kostbare programma voor Pinkegat en Zoutkamperlaag. Met "gericht benutten" wordt waarschijnlijk bedoeld om alleen monsters van specifieke locaties ter referentie te laten uitzoeken. Wij zullen dit doen wanneer hier aanleiding toe is.

<p>De Auditcommissie adviseert te onderzoeken in hoeverre de keuze van de referentiegebieden voor de ontwikkeling van vogelaantallen verder kan worden verbeterd.</p> <p>De Auditcommissie adviseert ook na de meetperiode 2013-2019 het nut van het gebruik van referentiegebieden nader te bezien.</p>	<p>Ens et al. (2020) zien hier mogelijkheden voor. Wij zijn van mening dat wanneer alleen naar vogelaantallen gekeken wordt, een vergelijking met de ontwikkeling van een zo groot mogelijk deel van het trilaterale Waddengebied een voor de hand liggende eerste relatie is om naar te kijken. Hiermee wordt onderzocht in hoeverre de ontwikkeling in het beïnvloedingsgebied een afspiegeling is van de ontwikkeling in die "totale" populatie, zonder de oorzaak er achter te weten. Omdat we niet goed genoeg weten wat de variaties in de vogelaantallen verklaart, heeft het weinig zin om deelgebieden als goede referenties aan te wijzen en kijken we als volgende stap juist naar de kwaliteit van het beïnvloedingsgebied als foerageergebied van deze vogels (conform beslisschema).</p>
<p>Verhoog de frequentie van de vlakdekkende vegetatiestructuurmeting in het Lauwersmeergebied naar bijvoorbeeld eens per 2 of 3 jaar.</p>	<p>Dat zullen we doen. Dit zal worden opgenomen in het monitoringprogramma 2020-2026.</p>
<p>Benut de resultaten van de transectmetingen en de permanente kwadraten en het daaraan gekoppelde hydrologisch meetnet in de evaluatie van de vogeltellingen</p>	<p>Dit is gedaan. In Kleefstra et al. (2020) komt dit expliciet aan de orde.</p>
<p>De Auditcommissie adviseert om door een combinatie van vegetatiestructuur en variaties in het meerpeil, het effect van bodemdaling door gaswinning via een model te onderzoeken, in plaats van aan de hand van een jaarlijks monitoringsprogramma voor muizen.</p>	<p>Hiervoor zijn eerste stappen gezet. Wij denken aan een model voor de ruimtelijke verspreiding van de muizen in het gebied. Tevens valt op dat de temporele variatie in de muizenaantallen vooral de landelijke fluctuaties volgt.</p>
<p>De Auditcommissie herhaalt haar eerder advies dat zij onderzoek naar eventuele effecten van diepe-bodemdaling op niet-broedvogels niet zinvol acht.</p>	<p>De niet-broedvogels komen niet meer in de rapportage naar voren.</p>
<p>De Auditcommissie adviseert na te gaan of in de toekomst rekening moet worden gehouden met aardbevingen met toenemende magnitude in het deel van het Waddengebied waar gas wordt gewonnen. De Auditcommissie adviseert te onderzoeken of in de toekomst ook horizontale verschuivingen kunnen optreden en wat de invloed van breukbewegingen met een (sterke) horizontale component zal zijn op de magnitude van de aardbevingen.</p>	<p>Kleine bevingen zijn geen opmaat voor grotere bevingen. In principe gedragen aardbevingen zich volgens het Gutenberg-Richter principe. In bijlage 3 van de Meet- &amp; Regelrapportage wordt dit onderwerp nader toegelicht.</p>

Bijlage 2: Beslisschema's A en B ten behoeve van de Hand Aan de Kraan systematiek. Schema A is ingericht voor beschermde vogelsoorten. Schema B voor beschermde habitats.

<b>A</b>	Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel vogels (N2000-soorten) Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet		
1	Negatieve trend populatieomvang beïnvloedingsgebied?	Y→2	N→8
2	Is de geobserveerde trend (in 1) anders dan in referentiegebieden (indien beschikbaar/ relevant) ?	Y→3	N→8
3	Trend een bekende oorzaak (anders dan diepe/maaiveld bodemdaling en anders dan bij 4)?	N→4	Y→8
4	Verhoudt de trend zich tot de ontwikkeling van de draagkracht van het gebied m.b.t. specifieke functies van het gebied voor de betreffende soort? (effectketen)	Y→5	N→8
	<i>Dit (4) is de vergelijking met berekende proxies / vegetatie structuur / oppervlakte ondiep water, etc. Hierbij gaat het ook om de eigenschappen van de trends: misschien is de afname van de vogelaantallen eerder begonnen dan van de draagkracht... etc.</i>		
5	Heeft de trend in de draagkracht / gebiedsfunctie een bekende of voor de hand liggende oorzaak? (anders dan bodemdaling/ maaiveldaling)	N→6	Y→8
	<i>Denk hierbij (5) aan beheer zoals begrazing / waterpeil / predatie / methodische veranderingen, etc.</i>		
6	Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? ( <u>richting, ruimtelijk en temporeel</u> ) (is er een mogelijke relatie..)	Y→7	N→8
	<i>Kijk voor 6 binnen de proxies / vegetatietypen naar de bepalende parameters/ variabelen, e.g. wadslakje vorig jaar. Dit is een uitgebreid punt. -Met "richting" gaat het om het mechanisme (zou je een afname verwachten als gevolg van bodemdaling..?). -Bij ruimtelijk gaat het om de ruimtelijke correlatie met bodemdaling maar ook met variatie in bodemchemie (vegetatie). -Bij temporeel gaat het om het verloop van de variabele in de tijd en of dat logisch zou zijn onder invloed van bodemdaling.</i>		
7	Een effect van bodemdaling kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen.</li> <li>• Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand Aan de Kraan).</li> </ul>		
8	Geen effect van bodemdaling op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld in het betreffende monitoringjaar.		

<b>B</b>	Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel habitattypes Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet		
1	<b>Negatieve en duidelijke trend in oppervlakte?</b>	Y→2	N→5
2	Trend anders dan in referentiegebieden (indien van toepassing)?	Y→3	N→5
3	Trend een bekende oorzaak (anders dan bodemdaling door gaswinning)?	Y→5	N→4
4	Verhoudt de trend zich tot de opgetreden bodemdaling? ( <u>richting, ruimtelijk en temporeel</u> )	Y→9	N→5
5	<b>Negatieve en duidelijke trend in kwaliteit van het habitattype?</b>	Y→6	N→10
6	Trend anders dan in referentiegebieden (indien van toepassing)?	Y→7	N→10
7	Trend een bekende oorzaak (anders dan bodemdaling door gaswinning)? <i>Denk aan de autonome ontwikkeling, beheermaatregelen, etc.</i>	Y→10	N→8
8	Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? ( <u>richting, ruimtelijk en temporeel</u> )	Y→9	N→10
9	Een effect van bodemdaling kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen.</li> <li>• Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand Aan de Kraan).</li> </ul>		
10	Geen effect van bodemdaling op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld voor het betreffende monitoringjaar.		