
Gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen

Publiekssamenvatting en Integrale Beoordeling

Monitoringresultaten – Rapportagejaar 2021



NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Documentnummer: EP202204201384

ASSEN, mei 2022

Voorwoord

Sinds januari 2007 wint NAM aardgas uit de zogenaamde MLV-velden onder de Waddenzee. Het gaat dan om de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Die winning voeren we uit onder zeer strikte vergunningsvoorwaarden, onder meer volgens het 'hand aan de kraan'-principe. Er is in de vergunning een gelimiteerde ruimte gegeven waarbinnen gas gewonnen mag worden. Die ruimte heeft betrekking op het dalen van de bodem. Om het wad te beschermen mag de bodem niet meer dalen dan de natuur door de aanvoer van zand vanaf de Noordzee kan compenseren. Daarnaast mag de bodemdaling als gevolg van de gaswinning geen schade veroorzaken aan de natuurwaarden in de Waddenzee.

De resultaten en conclusies over het rapportagejaar 2021 leggen we evenals voorgaande jaren weer voor aan de ministeries van Economische Zaken en Klimaat en van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit, de externe Auditcommissie (onderdeel van Commissie voor de m.e.r.), Staatstoezicht op de Mijnen en andere belangenorganisaties onder andere georganiseerd in de Begeleidingscommissie Waddengas 2006. Dit rapport is de samenvatting en integrale beoordeling van deze resultaten en conclusies.

Het afgelopen jaar heeft de winning van Waddengas veelvuldig in de publieke en politieke belangstelling gestaan. Een belangrijke aanleiding hiervoor was de aankondiging van de nieuwe regering in het coalitieakkoord dat er geen nieuwe vergunningen worden afgegeven voor gaswinning onder de Waddenzee en dat de procedure rond Ternaard wordt afgerond. Ook deze procedure heeft met de publicatie van het Ontwerpbesluit en het milieueffectrapport de nodige aandacht getrokken van media, publiek en politiek. Onder andere werd de vrees uitgesproken dat er onomkeerbare schade aan het wad wordt toegebracht en dat bijvoorbeeld wadplaten zullen verdwijnen als foerageerplaats voor de wadvogels.

In 2021 was er tevens ook de nodige wetenschappelijke aandacht voor de huidige methode van gaswinning onder de Waddenzee en de monitoring van de effecten daaromtrent. In de eerste helft van 2021 werd - op verzoek van de Tweede Kamer - het advies van de tijdelijke Adviescommissie 'hand aan de kraan' uitgebracht. In de tweede helft kon de traditionele 'Zeegse-bijeenkomst' plaatsvinden, waar onderzoekers, wetenschappers en Auditcommissieleden elkaar treffen om de laatste stand van zaken rondom de monitoring van de gaswinning onder de Waddenzee te bespreken. Uit zowel het advies van het Adviescollege als uit de Zeegse kennis-bijeenkomst komt een beeld van consensus naar voren dat het 'hand aan de kraan'-principe goed functioneert en ook kan blijven functioneren in de toekomst en dat er bovendien geen nadelige effecten zijn geconstateerd op de natuurwaarden van het Waddengebied door de gaswinning onder de Waddenzee.

Door de actualiteiten rondom de gaswinning onder de Waddenzee is het voor ons nóg nadrukkelijker van belang dat andere onderzoekers en instanties met regelmaat ons werk blijven controleren en daar een onafhankelijk oordeel over geven. De conclusies steunen ons in onze werkwijze wat betreft ontwerp en uitvoering. Wij blijven ons inzetten voor een veilige en verantwoorde gaswinning in het Waddengebied.

Erwin Bruinewoud

Onderzoeks- en Omgevingscoördinator Waddengebied

Nederlandse Aardolie Maatschappij

Publiekssamenvatting

De Waddenzee loopt van Den Helder tot aan het Deense Esbjerg. Onder deze binnensee liggen meerdere kleine gasvelden. De gaswinning door de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) onder het Nederlandse Waddengebied is onderdeel van het kleine veldenbeleid van de overheid. Dit beleid benadrukt de belangrijke rol van aardgaswinning voor de Nederlandse energievoorziening.

Sinds januari 2007 produceert de NAM vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (de zgn. 'MLV-velden') aardgas vanuit het Waddengebied. Vanwege het unieke karakter van dit gebied plaatst de NAM geen productielocaties in de Waddenzee. In plaats daarvan is schuin geboord vanaf de locaties op land. Die locaties bevinden zich achter de dijk op het vasteland.

De Waddenzee is sinds 2009 UNESCO Werelderfgoed en werd in dat jaar ook aangewezen als Natura2000-gebied. De gaswinning in het Waddengebied mag daarmee geen nadelige effecten hebben op de beschermde natuurwaarden.

Speciaal voor de gaswinning onder het Waddengebied is het 'hand aan de kraan'-principe in het leven geroepen. Het principe kent twee belangrijke pijlers:

1. De bodemdaling mag, als gevolg van de gaswinning, niet groter zijn dan vergund en deze mag niet leiden tot een afname van de wadplaten.
2. De bodemdaling mag niet tot schade leiden aan de natuur in relatie tot de vastgestelde instandhoudingsdoelstellingen van de Natura 2000-gebieden Waddenzee, de duinen van Ameland, Schiermonnikoog en het Lauwersmeer.

Als aan één van deze twee voorwaarden niet wordt voldaan, kan de gaswinning door de overheid worden aangepast. Om dit te controleren, is door de NAM een *Monitoringsprogramma* opgesteld, dat een groot aantal metingen en onderzoeken omvat en veelal door externe onderzoeksbureaus wordt uitgevoerd.

In hoofdlijnen kijkt men naar de diepe bodemdaling, het droogvallende wad in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag, de kwelder van de Peazemerlannen en het Lauwersmeergebied. Hierbij worden bijvoorbeeld met satellieten de hoogtes van de wadplaten bepaald, vogeltellingen uitgevoerd, het type begroeiing op de kwelders gevolgd en de bodemdiertjes op de wadplaten onderzocht.

De resultaten en conclusies over het rapportagejaar 2021 zijn vastgelegd in een zevental rapporten, in deze Integrale Beoordeling komen de belangrijkste uitkomsten samen. Jaarlijks worden deze rapporten voorgelegd aan de Ministers van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). De ministers vragen ieder jaar advies over de rapportages van NAM aan de onafhankelijke wetenschappelijke Auditcommissie Gaswinning Waddenzee (onderdeel van de Commissie voor de milieueffectrapportage). Het advies van de Auditcommissie is openbaar en wordt gepubliceerd op de website van de Commissie voor de m.e.r.

De monitoringsrapportages worden ook met de leden van de *Commissie Waddengas 2006* gedeeld. Deze commissie bestaat uit belanghebbenden zoals de regionale overheden, gebiedsbeheerders en NGO's. De jaarrapportages worden in deze commissie besproken, waarbij wordt geoordeeld over de kwaliteit van de rapportages. De Commissie Waddengas 2006 rapporteert haar bevindingen aan de Minister van LNV.

Bodemdaling en gebruiksruimte kombergingen



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

Door de aanvoer van sediment vanuit de Noordzeekustzone kan de Waddenzee meegroeien met de zeespiegelstijging en met de bodemdaling als gevolg van de gaswinning. Voor de beide kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag gelden een wettelijk vastgesteld, conservatief meegroeivermogen van respectievelijk 6 en 5 millimeter per jaar.

In 2021 is evenals in alle voorgaande jaren het meegroeivermogen niet overschreden. Voor de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag bedroeg de gemiddelde bodemdaling in 2021 respectievelijk 1,47 en 0,81 millimeter. De relatieve zeespiegelstijging is vastgelegd op 2,4 millimeter per jaar. Tot 2026 (met het momenteel geldende zeespiegelstijgingsscenario) en de periode daarna (waarbij voor de zeespiegelstijging het richtscenario wordt gevolgd) wordt geen overschrijding van het meegroeivermogen voorzien.

Areaal wadplaten – kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag



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

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

Om de ontwikkeling van de wadplaten in de Waddenzee te kunnen volgen worden verschillende typen metingen uitgevoerd. Dit zijn vlakdekkende hoogtemetingen vanuit een monitoringsvliegtuig

(LiDAR metingen), 'spijkermetingen' die sedimentatie en erosie op de wadplaten meten en waterpassingen bij vaste peilmerken, verspreid over de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag.

Het gerapporteerde plaatareaal van zowel het Pinkegat als de Zoutkamperlaag blijven grotendeels constant, met geringe fluctuaties ten opzichte van de onzekerheidsmarge.

Voor het Pinkegat lijkt een licht dalende trend in het signaal te zitten, maar het areaal in de laatste vier opnamen is zeer constant. Voor deelgebieden binnen de kombergingsgebieden zijn veranderingen in morfologie waar te nemen. Deze veranderingen in plaathoogte zijn eerder het gevolg van de natuurlijke dynamiek van geulen en platen en de daarbij behorende sedimenttransporten, dan dat ze op een relatie met de diepe bodemdaling duiden.

Beschermde vogelsoorten Waddenzee



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

De Waddenzee is van groot ecologisch belang voor vogels. Het wad vormt een belangrijke schakel in de Oost-Atlantische trekroute van veel vogelsoorten. Het gebied is daarom aangewezen als vogelrichtlijngebied. De belangrijkste functie van de wadplaten is die van foerageergebied voor grote aantallen vogels die van de Waddenzee afhankelijk zijn. Deze vogels vormen de Natura 2000-doelsoorten.

Voor de beoordeling van mogelijke effecten van bodemdaling op beschermde vogelsoorten worden een aantal stappen doorlopen:

- I. Er 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 Waddenzee.
- II. Voor soorten met een afwijkende, negatieve ontwikkeling in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag wordt geanalyseerd of de draagkracht van dit gebied voor die betreffende soorten is afgenomen in de periode waarin er bodemdaling is opgetreden.
- III. Wanneer dat laatste het geval is, wordt gekeken in hoeverre er een relatie is tussen de afgenomen draagkracht en bodemdaling door gaswinning onder het gebied.

Er zijn zes vogelsoorten waarvan de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen rond Pinkegat en Zoutkamperlaag de laatste jaren afnemen. Dit zijn de Bergeend, Scholekster, Kluut, Kanoet, Wulp en Tureluur. Voor de Scholekster en de Kluut geldt dat hun aantalsontwikkeling in het Pinkegat en de

Zoutkamperlaag gelijk is aan die in de rest van de Waddenzee. Voor de Bergeend, Kanoet, Wulp en Tureluur geldt dat niet.

- De Bergeend lijkt mogelijk voor zijn verspreiding de voorkeur te geven aan gebieden met grote dichtheden Slijkgarnaaltjes. Het gevarieerde voedselaanbod van de Bergeend neemt niet af in het Pinkegat of de Zoutkamperlaag.
- Volgens onderzoekers is de Kanoet in sterke mate afhankelijk van kleine schelpdieren zoals het Nonnetje. Sinds 2007 neemt de dichtheid Nonnetjes in de westelijke Waddenzee weer toe en lijkt een deel van de Kanoeten zich te verplaatsen naar het westelijke deel van de Waddenzee. Deze verplaatsing wordt mogelijk gestimuleerd om te voorkomen om tot prooi te vallen aan roofvogels, zoals de Slechtvalk. Vooral 's winters is de Slechtvalk talrijk aan het worden in Pinkegat en Zoutkamperlaag.
- Voor de Wulp zijn er geen signalen dat het voedselaanbod verslechtert. Wat mogelijk wel kan spelen is dat naast het wad, ook de weilanden een belangrijk voedselgebied vormen voor de Wulp. Daarnaast is de Wulp van nature zeer gevoelig voor verstoring en veruit de schuwste wadvogel met de grootste (vlieg-)afstand tot mensen.
- Voor de Tureluur lijkt er een onbalans te zijn tussen de trends in aantallen en die voor de voedselbeschikbaarheid. Het voedselaanbod voor de Tureluur vertoont een licht toenemende trend. Het verschil kan erop duiden dat andere factoren dan voedsel in het geding zijn, maar welke dat zijn is (nog) niet geheel duidelijk. De afname van de Noord-Europese populatie aan Tureluurs als geheel zou hierin een rol kunnen spelen.

Kwelder Peazumerlannen



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

De Peazumerlannen bevindt zich in het noordoostelijk deel van Fryslân, buitendijks bij het tweelingdorp Paesens-Moddergat. Het is een natuurgebied bestaande uit een grotendeels beweidde zomerpolder en een niet-beweidde kwelder, met veel variatie waar hoogtezones inclusief een pionierszone aanwezig zijn.

Om eventuele veranderingen in opslibbing en vegetatieontwikkeling in de Peazumerlannen te kunnen waarnemen, worden tijdens de gaswinningperiode jaarlijks op strategische punten metingen gedaan. Die vinden plaats in het gebied zelf en in een nabijgelegen referentiegebied, waar geen sprake is van bodemdaling als gevolg van gaswinning.

Bij alle meetpunten in de kwelder wordt over de periode 2007-2021 een toename van de maaiveldhoogte gemeten. Hoewel bij een klein deel van de meetpunten de opslibbing te laag is om de bodemdaling en zeespiegelstijging te compenseren, heeft dit geen regressie van de vegetatie tot gevolg gehad. Bepalend voor een lagere opslibbing is de ligging van de locatie (een hooggelegen zomerpolder, naast of in een poel, een grote afstand tot wad of kreek), al dan niet in combinatie met vertrapping door beweiding of de afwisselend natte en droge bodem van een poel, waardoor verweking/erosie en inklink optreedt.

Uit de vlakdekkende vegetatiekaarten en de waarneming van de zich uitbreidende en de dichter begroeide pionierzone en het opslippen van het voorliggende wad van de Peazemerlannen komt een beeld naar voren van successie. Er zijn geen aanwijzingen dat de bodemdaling tot nu toe nadelige effecten op de vegetatie heeft gehad.

Lauwersmeergebied



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

Het Lauwersmeergebied is op nationaal en internationaal niveau een belangrijk vogelgebied. Het gebied is in 1969 ontstaan, toen de Lauwerszee door een dijk werd gescheiden van de Waddenzee. Met de afsluiting trad een verandering op van een getijdenwerking naar een beheer met een vast (streef-)peil, dat bovendien gemiddeld lager ligt dan voorheen. Hierdoor is het oppervlak dat met regelmaat overstroomde sterk afgenomen en kwamen grote oppervlakten zand- en slikplaten droog te liggen. Als gevolg daarvan kwam ontzilteling van het water en de platen op gang.

Om de mogelijke effecten van diepe bodemdaling op beschermde broedvogelsoorten van het Lauwersmeergebied te bepalen, wordt een aantal stappen doorlopen:

- I. Eerst wordt vastgesteld hoe de soort zich in het Lauwersmeergebied ontwikkelt.
- II. Daarna wordt deze ontwikkeling vergeleken met de ontwikkeling van de betreffende soort in heel Nederland.
- III. Vervolgens wordt vastgesteld wat de belangrijkste functie van het Lauwersmeergebied is voor die soort (broeden, foerageren, etc.). Er wordt nagegaan of de bodemdaling door gaswinning een verstrend effect kan hebben op die functie en zodoende ten grondslag kan liggen aan een (eventueel) waargenomen afname in de aantallen van een soort.

In het monitoringjaar 2021 zijn de ecologische verbanden tussen de hoogteligging, de inundatie, de vegetatieontwikkeling en de ontwikkeling van de geselecteerde Natura 2000-broedvogelsoorten in het licht van begrazingsbeheer en effecten van bodemdaling nader geanalyseerd.

- Vegetatieontwikkeling toont geen verband met effecten bodemdaling.
- De analyses laten verder zien dat voor de rietbroedvogels met name het begrazingsbeheer een bepalende factor is. Ook spelen de sterk variërende meteorologische omstandigheden een rol.
- Een relatie tussen diepe bodemdaling en grondwaterstandverloop, ten opzichte van maaiveld, is net als in voorgaande jaren niet aanwezig.
- Het effect van diepe bodemdaling (via maaiveld daling en verhoogde inundatiekans/-duur) op dichtheid en nestsucces is voor sommige Natura 2000-soorten (rietzanger, bruine kiekendief) niet op voorhand uit te sluiten maar kan tot nu toe niet worden vastgesteld.
- Ook betreding en vertrapping door grote grazers, het waterpeilbeheer en de sterk variërende meteorologische omstandigheden in het gebied hebben invloed op de inundatie van platen.

Conclusie

Op basis van de zeven onderzoeken over het rapportagejaar 2021 kan worden geconcludeerd dat:

- de bodemdaling door gaswinning de toegestane gebruiksruimte niet heeft overschreden of dreigt te overschrijden in cumulatie met de zeespiegelstijging;
- de bodemdaling niet heeft geleid tot nadelige effecten op de natuurwaarden en de instandhoudingsdoelstellingen in de Waddenzee, op de kwelder van de Peazemerlannen en in het Lauwersmeergebied.

Verklarende woordenlijst bij de publiekssamenvatting

| Term | Beschrijving |
|-------------------------|--|
| Komberging | Dit is een getijdegebied achter een zeegat tussen twee Waddeneilanden dat onder invloed van eb en vloed afwisselend leeg- en volstroomt. Het wordt gescheiden van aangrenzende kombergingen door zogenaamde waterscheidingen (het wantij). |
| Wantij | Dit zijn de ondiepe delen van het wad- gelegen tussen twee kombergingen - waarover een beperkte uitwisseling van water (en sediment) plaatsvindt. |
| Meegroeivermogen | Onder het meegroeivermogen wordt het natuurlijke vermogen verstaan van het betreffende kombergingsgebied om de relatieve zeespiegelstijging op lange termijn (gemiddeld over 19 jaar) bij te houden, terwijl het geomorfologisch evenwicht en de sedimentbalans in stand blijven. |
| Gebruiksruimte | Bodemdalingsnelheid ten gevolge van de gaswinning, gemiddeld over de oppervlakte van het kombergingsgebied. |
| LiDAR | Laser imaging Detection And Ranging. Techniek waarbij met een laserscanner hoogtemetingen worden uitgevoerd (voor de Waddenzee met een vliegtuig). |
| Sediment | Zand en slibdeeltjes dat met de getijden in en uit de Waddenzee stroomt en bij hoog tij kan bezinken op wadplaten en in de geulen. |
| Inundatie | Het onder water stromen van een lager gelegen gebied, waardoor vernatting van het gebied op kan treden. |
| Kwelder | Begroeide, buitendijks gelegen, dynamische, zoute of brakke gebieden die bij laagwater droog liggen en bij hoogwater, afhankelijk van de hoogteligging, soms of dagelijks, kunnen overstroomd met zeewater. |
| Pionierszone | Overgang tussen het kale wad en de begroeide kwelder die door de ligging onder gemiddeld hoogwater meestal 1-2 maal per dag overstroomd met zeewater. De begroeiing varieert van ijl tot dichtbegroeid en bestaat met name uit Zeekraal en Engels slijkgras. |
| Successie | Natuurlijk ecologisch proces van opeenvolging van soorten op dezelfde plek, door veranderingen in omstandigheden in de tijd. Op een kwelder spelen o.a. opslibbing, hoogteligging, zoutconcentratie in de bodem en goede drainage een belangrijke rol bij successie. Beheer, zoals beweiding, kan een vertragend effect hebben op successie, omdat daardoor de duur van een bepaald stadium verlengd wordt. |
| Regressie | Ecologisch proces waarbij terugkeer optreedt naar soorten uit een eerder ontwikkelingsstadium, vaak als gevolg van een opgetreden verstoring. Op een kwelder kunnen o.a. toename in overstromingsfrequentie, bijvoorbeeld door zeespiegelstijging en slechte drainage regressie veroorzaken. Beweiding kan een versnellend effect hebben op regressie, vooral via vertrapping, waardoor verdichting van de bodem en een slechtere drainage kan optreden. |

UITLEG:

Wat is het verschil tussen diepe bodemdaling en oppervlakedaling en hoe wordt dit gemeten?

Diepe bodemdaling is het gevolg van inklinking of compactie (samendrukking) van het gesteente waaruit het gas wordt gewonnen. Dit gebeurt op ongeveer 3 km diepte: de bodemdaling die hierdoor optreedt aan het maaiveld wordt diepe bodemdaling genoemd. Bodemdaling wordt echter ook veroorzaakt door ondiepe processen, zoals oxidatie van veen en inklinking van kleilagen.

Om onderscheid te maken tussen de diepe en ondiepe processen worden er bodemdalingsmetingen verricht aan objecten die goed gefundeerd zijn, tot tientallen meters onder de grond. De metingen die de NAM uitvoert in de Waddenzee worden verricht aan peilmerken die via een stalen paal diep gefundeerd zijn in de bodem van de Waddenzee.

Integrale Beoordeling monitoringresultaten – Rapportagejaar 2021

Introductie

Deze Integrale Beoordeling is gebaseerd op de zeven onderzoeksrapportages die in het kader van het Monitoringsprogramma 2020-2026 voor het rapportagejaar 2021 zijn opgesteld.

Het doel van de Integrale Beoordeling is om inzichtelijk te maken hoe de resultaten en conclusies uit de verschillende deelonderzoeken en rapportages worden toegepast om de werking van het ‘hand aan de kraan’-principe te toetsen. Het principe kent twee belangrijke pijlers:

1. Enerzijds mag de bodemdaling, als gevolg van de gaswinning, niet groter zijn dan vergund of leiden tot een afname van de wadplaten.
2. Anderzijds mag de bodemdaling niet tot schade leiden aan de instandhoudingsdoelstellingen van de Natura 2000-gebieden Waddenzee, de Duinen van Ameland, Schiermonnikoog en het Lauwersmeer.

Als aan één van deze twee voorwaarden niet wordt voldaan, wordt de gaswinning door de overheid aangepast. De onderzoeken bieden die informatie; in dit document worden de bevinden geïntegreerd.

In de *Inleiding* wordt achtergrondinformatie gegeven over gaswinning en bodemdaling onder de Waddenzee en het Lauwersmeergebied, het ecologische monitoringsprogramma en de verschillende facetten van het ‘hand aan de kraan’-principe.

Het hoofdstuk *Rapportages* geeft overzichten van de relevante achtergronddocumentatie en uitgevoerde onderzoeken in het rapportagejaar 2021.

De resultaten en conclusies uit de laatste onderzoeken worden besproken in de hoofdstukken *Productiegegevens 2021*, *Monitoring Waddenzee*, *Kweldermonitoring Peazemerlannen* en *Monitoring Lauwersmeergebied*.

In het laatste hoofdstuk worden de eindconclusies gepresenteerd.

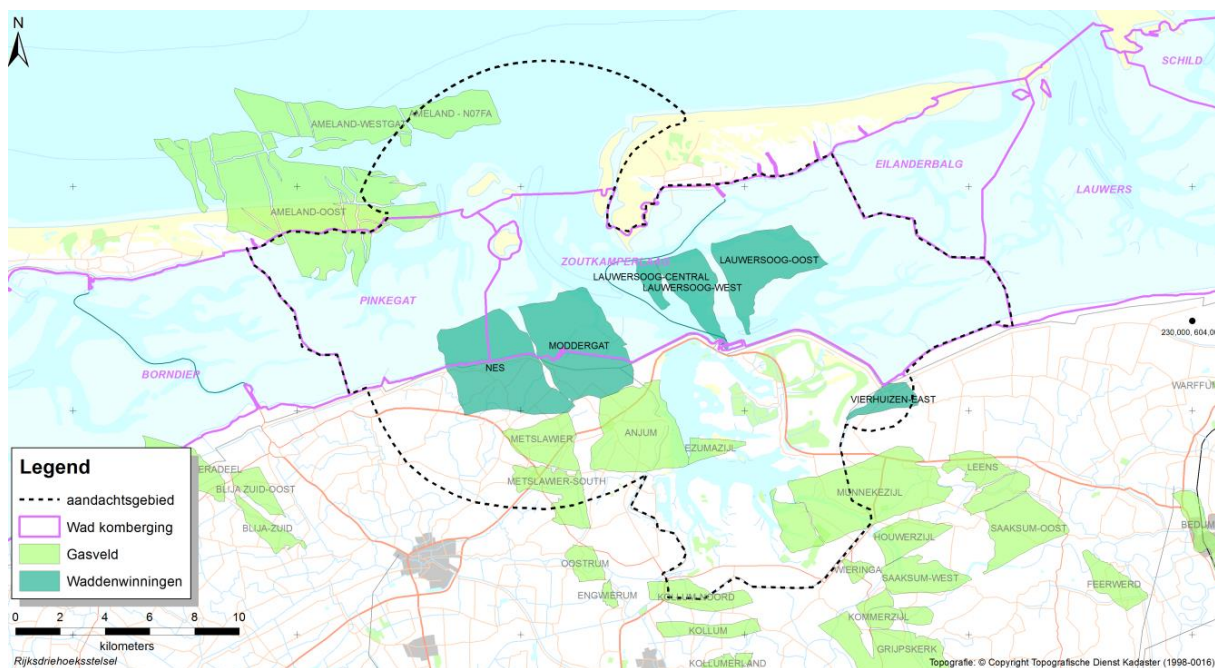
Inhoudsopgave

| | |
|---|----|
| Voorwoord | 2 |
| Publiekssamenvatting | 3 |
| Verklarende woordenlijst bij de publiekssamenvatting..... | 9 |
| Integrale Beoordeling monitoringresultaten – Rapportagejaar 2021..... | 10 |
| Inhoudsopgave | 11 |
| Inleiding | 12 |
| Gaswinning locaties Moddergat, Vierhuizen en Lauwersoog | 12 |
| Bodemdaling door gaswinning | 12 |
| Toetsingskader Wet Natuurbescherming | 13 |
| Het ‘hand aan de kraan’-principe | 14 |
| Het sedimentdelend systeem Waddenzee - Noordzeekustzone | 15 |
| Ecologische monitoring | 16 |
| Organisatiestructuur monitoring, rapportage, beoordeling | 20 |
| Opvolging Advies Auditcommissie voor rapportagejaar 2021 | 21 |
| Ontwikkelingen 2021 op het gebied van Monitoring | 25 |
| Beoordelingssystematiek ‘hand aan de kraan’-principe | 26 |
| Rapportages | 29 |
| Gasproductie in 2021 | 31 |
| Monitoring Waddenzee | 32 |
| Bodemdaling Wadden- en Lauwersmeergebied | 32 |
| Monitoring Wadplaten areaal | 36 |
| Vogelsoorten en kwaliteit droogvallende wadplaten | 43 |
| Kweldermonitoring Peazemerlannen..... | 50 |
| Monitoring Lauwersmeergebied | 57 |
| Eindconclusies | 64 |
| Literatuur | 65 |
| BIJLAGE 1 | 67 |
| Analyse naar geschiktheid drones ter aanvulling c.q. vervanging van LiDAR-metingen..... | 67 |
| BIJLAGE 2 | 69 |
| Toekomstige systeemveranderingen en Aanbevelingen – Vogelmonitoring | 69 |
| Colofon | 73 |

Inleiding

Gaswinning locaties Moddergat, Vierhuizen en Lauwersoog

De NAM wint sinds januari 2007 vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen aardgas 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. Figuur 1 toont hiervoor het aandachtsgebied voor de gaswinning in het Waddengebied.



Figuur 1. Overzicht van het aandachtsgebied - aangegeven met de zwarte stippellijn - voor de gaswinning in het Waddengebied. Uit de donkergroene gasvelden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen wordt het aardgas gewonnen vanaf binnendijkse locaties bij de dorpen Moddergat en Vierhuizen, en vanaf een locatie in de haven van Lauwersoog. Deze gaswinning is gestart in januari 2007. De lichtgroene velden zijn al langer in productie: bijvoorbeeld Ameland (1986) en Anjum (1992). De contour omvat ook een deel van de Noordzeekustzone. Dat gebied noemen we de buitendelta. De Waddenzee wisselt sediment uit met deze buitendelta, zie de paragraaf 'Sedimentdelend systeem'.

Bodemdaling door gaswinning

Onder het Waddengebied bevinden zich een aantal aardgasvelden. Deze 'velden' (ook wel reservoirs genoemd) bevinden zich op een diepte van ruim 3.000 meter. Het gas zit opgesloten in de poriën van een miljoenen jaren oude zandsteenlaag, welke wordt afgesloten door een ondoordringbare laag van zout en ander gesteente. De initiële gasdruk op die diepte varieert tussen de 300 en 600 bar. Door gaswinning neemt de druk in de poriën van het zandsteen af en wordt de zandsteen samengedrukt door het bovenliggende gesteente. Deze samendrukking wordt compactie genoemd.

Compactie op drie kilometer diepte resulteert in bodemdaling aan het aardoppervlak. De bodemdaling die wordt veroorzaakt door gaswinning manifesteert zich in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige 'schotel'. Deze is met het 'blote oog' niet waarneembaar.

Het is in Nederland gebruikelijk om bodemdaling (o.a. als gevolg van gaswinning) te meten. Hiertoe worden landmeetcampagnes en geodetische satellietmetingen uitgevoerd. Daarnaast worden er op basis van kennis over de diepe ondergrond (geofysica, geologie en geomechanica) en het verwachte

gasproductieverloop, bodemdalingschotels berekend en ingetekend op kaarten (zie hoofdstuk Monitoring Waddenzee, figuren 6 en 7).

Op zee en het wad is dat meten lastig. Dat komt omdat er op de zeebodem weinig vaste punten zijn die boven water uitsteken en omdat de hoogtekaarten 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 kustzone ondiep is en van nature ook sterk in beweging is.

Omdat in de Waddenzee de wadplaten tijdens laag water droogvallen, is in dat deel wel een beperkt aantal hoogtemetingen mogelijk. Om daarbij geen hinder te hebben van de hoogteverschillen die door sedimentbeweging ontstaan, zijn er stalen palen in de wadbodem gezet. Door boven op deze palen de hoogteverandering met GNSS (Global Navigation Satellite Systems) te meten, wordt de bodemdaling als gevolg van gaswinning inzichtelijk gemaakt.

Op basis van kennis van de diepe ondergrond worden modellen opgesteld. Met behulp van seismisch onderzoek zijn daarvoor de aard- en gesteentelagen inclusief de breuklijnen in kaart gebracht. Data verkregen met boringen en metingen in putten geven aanvullende informatie. Op basis hiervan zijn geologische modellen van de diepe ondergrond vormgegeven.

Drukmetingen in de putten, samen met de snelheid van de gasproductie, worden gebruikt om meerdere driedimensionale dynamische reservoirmodellen te kalibreren. De metingen worden ook gebruikt om een nauwkeurig inzicht te krijgen in de grootte van de ondergrondse gasvolumes en de connectiviteit met aangrenzende watervoerende lagen.

Op basis hiervan wordt voor verschillende realisaties de toekomstige drukdaling in die velden berekend. Middels geomechanische modellen wordt de compactie in de gas- en watervoerende lagen doorvertaald naar bodemdaling aan het aardoppervlak. Kalibratie van modelparameters en validatie van de onderliggende aannames vindt plaats door de berekende bodemdaling te vergelijken met gemeten bodemdaling aan het aardoppervlak.

Sinds 2018 wordt in de Meet- en Regelrapportage een nieuw ontwikkelde rekenmethode toegepast die voortkomt uit de 'Long-term subsidence' (LTS) studie. Deze nieuwe methode laat voor tientallen reservoirmodellen duizenden varianten van bodemdalingsmodellen de bodemdaling berekenen, dit wordt getoetst 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 metingen beschrijven. Deze vernieuwde methode wordt de LTS-II methode genoemd. Elk jaar wordt de methode verder verfijnd, o.a. op basis van de terugkoppeling op vorige rapportages.

Toetsingskader Wet Natuurbescherming

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.

De bodemdaling door gaswinning 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'. Het areaal en de kwaliteit van de wadplaten zijn beschermd, waarbij kwaliteit wordt uitgelegd als 'structuur en functie' van de wadplaten.

Eén van de belangrijkste functies van de wadplaten is die van foerageergebied voor wadvogels. Bepaalde vogelsoorten, vissen en zoogdieren vormen 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' (buitendijks). De invloed van die bodemdaling op de natuurlijke ontwikkeling van deze kwelder wordt daarom gemonitord. Hierbij is er specifiek aandacht voor de beschermde habitattypen 'Zilte schorren' en 'Zilte graslanden buitendijks'. Op basis van de evaluatie van het monitoringprogramma is een jaarlijkse meting van de oppervlakte pioniervegetatie die zeewaarts van de kwelder op het wad is ontstaan, standaard in het programma opgenomen.

De Ameland-kwelders 'Het Neerlands Reid' en 'De Hon' worden sinds de start van de gaswinning bij Ameland (1986) gemonitord. De resultaten van deze monitoring worden eens per zes jaar gerapporteerd, maar zijn geen onderdeel van deze rapportage. De eerstvolgende rapportage Monitoring Bodemdaling Ameland wordt in 2023 gepubliceerd.

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. Dit gebied is echter onderhevig aan verzuivering en verdroging. Het natuurbeheer is erop gericht de vegetatie in bepaalde deelgebieden kort te houden en op het verbeteren van de situatie voor moerasvogels. Mochten er effecten van bodemdaling door gaswinning in het Lauwersmeergebied 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. De huidige monitoring in het gebied richt zich op de broedvogels, op mogelijke veranderingen in de vegetatie die daaraan ten grondslag kunnen liggen en de daarvoor verantwoordelijke oorzaken, zoals bodemdaling door gaswinning.

Het 'hand aan de kraan'-principe

Een vergunning onder het 'hand aan de kraan'-principe houdt in dat, op basis van monitoring, jaarlijks wordt beschouwd of aan vergunningseisen wordt voldaan. Voor bodemdaling door gaswinning is een specifiek toetsingskader ontwikkeld. Hierin mag de gemiddelde bodemdaling, in cumulatie met de zeespiegelstijging, niet meer bedragen dan een vastgestelde grens.

Wanneer metingen en berekeningen uitwijzen dat deze grens dreigt te worden overschreden, legt de NAM de hand aan de gaskraan zodat toekomstige bodemdalingssnelheden weer binnen de toegestane marge passen. Ook de Minister van Economische Zaken en Klimaat kan daartoe besluiten.

In de ecologische monitoring wordt een aantal natuurlijke kenmerken van het gebied gevolgd in de tijd. Deze kenmerken zijn zodanig gekozen dat deze zo goed als mogelijk de beschermde natuurdoelen beschrijven, waarvoor geldt dat effecten van bodemdaling door gaswinning niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Het zijn kenmerken die afhankelijk zijn van de hoogteligging van de wadplaten en kwelder op het wad en van de grondwaterstanden en het meerpeil in het Lauwersmeergebied.

Deze beschermde natuurdoelen zijn classificierend in het kader van de Wet Natuurbescherming. Wanneer uit de monitoring blijkt dat een classificierend natuurdoel een negatieve ontwikkeling doormaakt, dienen twee vragen te worden beantwoord:

1. Kan aannemelijk worden gemaakt dat er geen relatie is met bodemdaling door gaswinning?
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 van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Op basis van die beoordeling kan dat ministerie, of het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, de NAM opdragen de gasproductie zodanig te reduceren dat er zo spoedig mogelijk herstel optreedt. Dit zal mogelijk gepaard gaan met een aanvullende monitorings- en/of onderzoeksinspanning.

Het sedimentdelend systeem Waddenzee - Noordzeekustzone

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 zand naar de geulen. De vorm van het gebied (geomorfologie) past zich daarmee voortdurend aan, onder invloed van die getijdenstroming. Die stroming varieert dagelijks als gevolg van maanstanden (getij) en weersinvloeden (golven en richting).

We spreken dan ook van een dynamisch evenwicht. Op de korte termijn overheerst die dynamiek de kleine invloeden, zoals de zeespiegelstijging en de bodemdaling door gaswinning. Echter, als dit niet door een aanvullende sedimentimport in de Waddenzee gecompenseerd wordt, leidt dit op de lange termijn tot het steeds korter droogvallen van de wadplaten.

De vergunningen die aan NAM zijn verleend om het aardgas onder de Waddenzee te mogen winnen, gaan ervan uit dat bovenstaande niet optreedt. Dit werkt als volgt.

De zeespiegelstijging en de bodemdaling door de gaswinning bedragen samen enkele millimeters per jaar. Dat lijkt weinig, maar rekening houdend met de oppervlakte van een kombergingsgebied gaat het ieder jaar om een relevant volume. Deze afname treedt gestaag op en beïnvloedt het hydrodynamisch evenwicht: er ontstaat een situatie waarin er gemiddeld meer zeewater het gebied in- en uitstroomt, waardoor er gemiddeld ook meer sediment vanuit de Noordzeekustzone wordt aangevoerd. Dit wordt ook wel 'zandhonger' genoemd. Door die toename van sedimentaanvoer naar het wad kunnen de wadplaten meegroeien met de zeespiegelstijging en de bodemdaling door gaswinning. Dit wordt aangeduid met het 'meegroeivermogen' van de Waddenzee.

De vraag is hoe groot dat meegroeivermogen feitelijk is. Hoeveel zandhonger kan er optreden voordat de aanvoersnelheid en -capaciteit niet meer toereikend is en daardoor de droogvalduur van de wadplaten beïnvloed wordt?

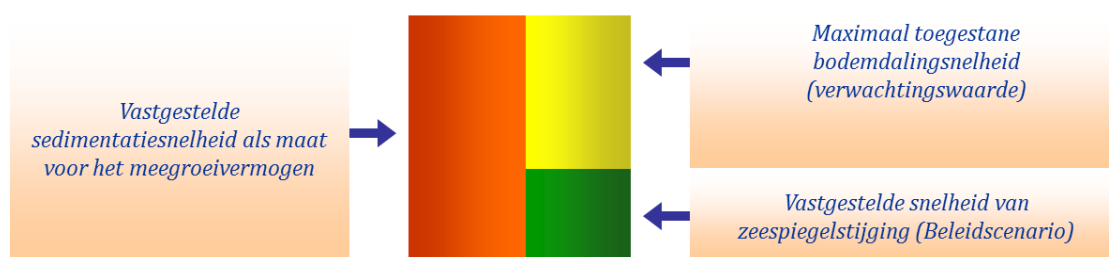
De afgelopen twintig jaar zijn er verschillende studies uitgevoerd naar het meegroeivermogen van de Waddenzee. Dit werk bestond uit analyses van historische sedimentatiesnelheden en modelstudies. Recente analyses schatten het maximale meegroeivermogen van de beide kombergingen in het oostelijke deel van de Waddenzee hoog in. Voor de Zoutkamperlaag komen de onderzoekers tot een meegroeivermogen van 17,1 mm per jaar en voor het relatief kleine Pinkegat is dat zelfs 32,7 mm per jaar (Van der Spek, 2018).

In het Rijkprojectbesluit 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 naast meegroeivermogen, ook wel de ‘natuurgrenzen’ genoemd. Ze worden als veilige grenzen beschouwd door de conservatieve vaststelling. De som van de snelheid van zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning mag niet meer bedragen dan het meegroeivermogen (figuur 2). Als die som deze natuurgrens overschrijdt of dreigt te overschrijden binnen de periode waarvoor het zeespiegelstijgingsscenario is vastgesteld, dan dient NAM haar gasproductie zodanig aan te passen dat dit hersteld wordt. In het Meet- en Regelprotocol (NAM, 2021) is vastgelegd hoe NAM jaarlijks vaststelt of de gasproductie aan deze eis voldoet.

In december 2021 publiceerde TNO (Geologische Dienst Nederland) een uitvoerig artikel: “Verdrinkt het Nederlandse wad? - Hand aan de Kraan en Meegroeivermogen”. Hierin wordt op basis van o.a. de bovenstaande onderzoeken en het rapport van het Adviescollege ‘Hand aan de Kraan’ gereflecteerd op het conservatief gestelde meegroeivermogen en de waargenomen sedimentaanvoer. TNO stelt dat er de afgelopen decennia zoveel sediment werd afgezet, dat er op het wad eerder sprake is van een verondieping en verlanding dan van een ‘verdrinking’ van het wad. De onderzoekers zijn van mening dat de gehanteerde waarden voor het meegroeivermogen in het Hand aan de Kraan-principe aangepast moeten kunnen worden.



Figuur 2. De som van bodemdalingssnelheid en zeespiegelstijgingssnelheid mogen de vastgestelde sedimentatiesnelheid (meegroeivermogen) niet overschrijden (conceptuele weergave).

Ecologische monitoring

De NAM voert naast het Meet- en Regelprotocol ook een Monitoringprogramma uit (NAM, 2021). In dit monitoringprogramma wordt voor de wadplaten gekeken naar de ontwikkeling van het areaal wadplaten, erosie- en sedimentatieprocessen en naar de draagkracht van het gebied voor vogels die op de wadplaten foerageren.

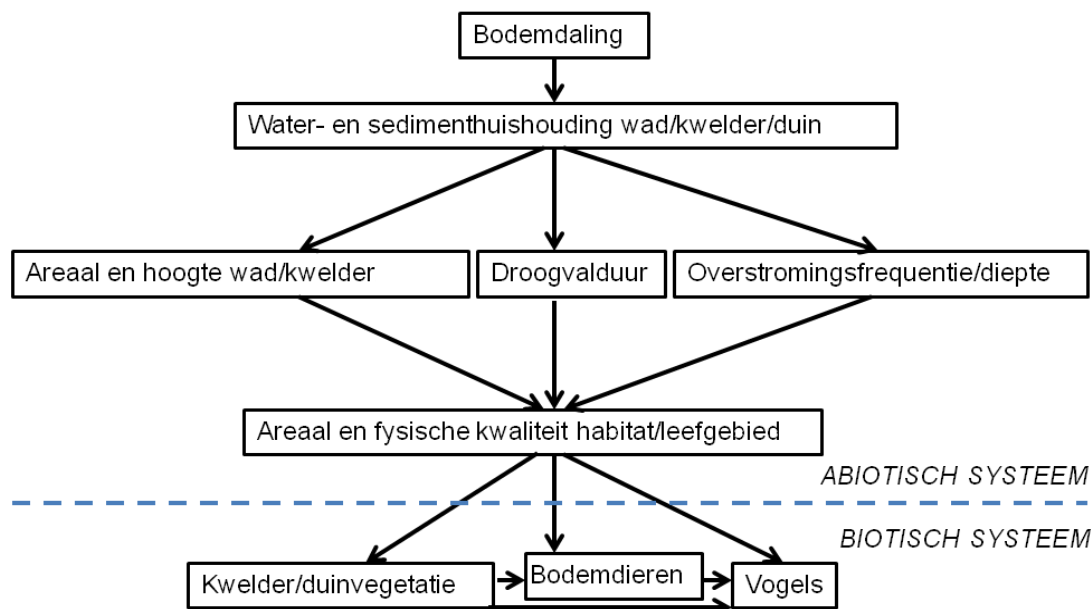
Daarnaast zijn ook voor de buitendijkse kwelder de “Peazemerlannen” en het Lauwersmeergebied monitoringsprogramma’s opgesteld. Het doel van die monitoring is te controleren of er, zoals verwacht, geen nadelige ontwikkeling van instandhoudingsdoelen optreedt. Indien dit wel wordt vastgesteld, dient aangetoond te worden of dit wel of niet het resultaat is van bodemdaling door gaswinning. Het huidige Monitoringprogramma 2020-2026 is te vinden op [Onderzoeksrapportages Wadden | NAM](#).

Het Monitoringprogramma kan jaarlijks, mede op basis van adviezen van de Auditcommissie worden aangepast. Iedere zes jaar wordt het programma geëvalueerd: in 2013 heeft de eerste

plaatsgevonden en in 2019 de tweede (NAM, 2019). In 2021 heeft de Auditcommissie het Monitoringsprogramma 2020-2026 beoordeeld; merCie-advies 3551 (2021).

Voor het vaststellen van het Monitoringprogramma is een zogenaamde effectketenbenadering gevolgd. Deze 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 doelloorten.

De effectketens zijn voor de onderdelen wadplaten, kwelder en Lauwersmeergebied schematisch weergegeven in figuur 3. Analyse van de gegevens conform de effectketenbenadering vindt plaats in de rapporten van Ens *et al.* (2022), Van Duin (2022) en Kleefstra *et al.* (2022). Voor de wadplaten zijn de resultaten verdeeld over meerdere rapporten en komen samen in deze integrale rapportage.



Figuur 3. 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 beleidsdoelen vaak niet direct meetbaar zijn, volgt er in de tweede kolom van de tabel een technische, meet- of berekenbare definitie van het beleidsdoel. De tabel geeft ook een overzicht van de onderdelen van het Monitoringprogramma en waar die bijdragen aan het kunnen meten van het betreffende beleidsdoel. De meeste van die doelen zijn instandhoudingsdoelen uit de Wet Natuurbescherming, Aanwijzingsbesluit Waddenzee en Aanwijzingsbesluit Lauwersmeergebied. Ook zijn er doelen opgenomen uit de Structuurvisie voor de Waddenzee en wordt er gerefereerd aan de voorwaarden die het Rijksprojectbesluit stelt aan gaswinning onder de Waddenzee.

Tabel 2 toont een nadere detaillering van de specifieke monitoringsonderdelen in het Monitoringsprogramma 2020-2026, waarbij het meetbereik en de frequentie staan weergegeven.

Tabel 1. Overzicht van de monitoringsonderdelen in relatie tot de beleidsdoelen.

| BELEIDSDOEL | TECHNISCHE OMSCHRIJVING | MONITORINGSONDERDEEL |
|---|--|--|
| <p>1) Meegroeivermogen Waddenzee Bodemdaling door gaswinning mag, in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschrijden of dreigen te overschrijden</p> | Belasting van de gebruiksruimte: 6-jarig voortschrijdend gemiddelde van de gemiddelde (ruimtelijk) bodemdalingssnelheid voor het gehele Pinkegat of Zoutkamperlaag. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Meetcampagnes voor bodemdaling op land. ▪ Meetcampagnes voor bodemdaling op het wad. |
| <p>2) Waddenzee (wadplaten) Behoud oppervlakte slik- en zandplaten</p> <p>Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen</p> | <p>Areaal wadplaten tussen -50 cm en 160 cm NAP.</p> <p>Sedimentatie en erosie van wadplaten in en buiten bodemdalinggebieden.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ LiDAR surveys wadplaten. ▪ Bodemdaling op peilmerken. ▪ Waterpassingen en/of InSAR op land. ▪ Spijkermetingen. |
| <p>3) Waddenzee (wadplaten) Behoud van omvang en kwaliteit wadplaten als foerageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels</p> | <p>Oogstbare hoeveelheid voedsel per tij voor Natura 2000-doelsoorten.</p> <p>Areaal geschikt foerageer habitat voor Natura 2000-doelsoorten.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ SIBES (bodemdieren in en op de wadplaten). ▪ MOSKOK schelpdiermonitoring. ▪ LiDAR survey wadplaten. ▪ Waterstanden Waddenzee. ▪ Litorale mosselbanken survey. ▪ Vogeltellingen op HVP's (hoogwatervluchtplaatsen). ▪ Vogeltellingen vliegroutes. |
| <p>4) Kwelders Waddenzee Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras</p> | <p>Areaal en ontwikkeling kwelder-vegetatietypen volgens de SALT97 typologie (Peazemerlannen).</p> <p>Areaal pioniervegetatie (Peazemer wad).</p> <p>Hoogteontwikkeling kwelder. Overstromingsfrequentie/-duur kwelder (Peazemerlannen).</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vegetatieopnames. ▪ SEB-metingen. ▪ Diepteloggers t.b.v. het meten van overstromingsfrequentie. |
| <p>5) Lauwersmeergebied Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels</p> | <p>Areaal geschikt broedhabitat voor Natura 2000-doelsoorten.</p> <p>Vegetatieontwikkeling.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bodemdaling op peilmerken. ▪ Vegetatieopnames. ▪ Grondwaterstanden en grondwaterchemie. ▪ Vegetatiestructuuropnames. ▪ Broedvogeltellingen. ▪ Vegetatiebeheer. ▪ Waterstanden. |

Tabel 2. Overzicht monitoringsonderdelen als beschreven in het Monitoringsprogramma 2020 – 2026.

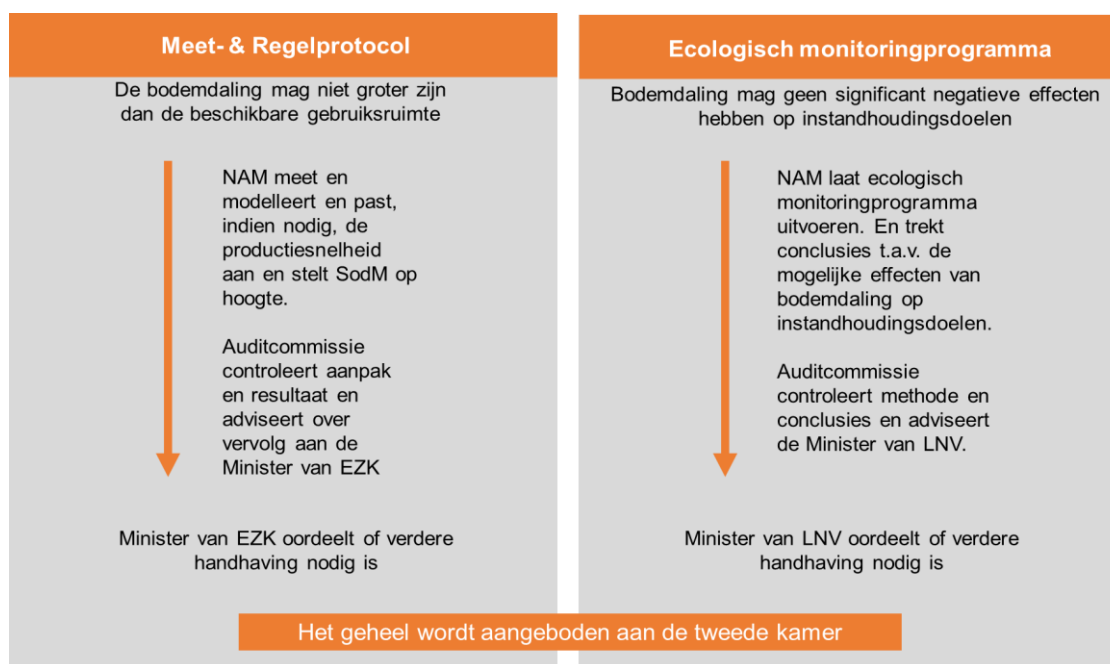
| MONITORINGONDERDEEL | RUIMTELIJKE KENMERKEN /RESOLUTIE | MEETFREQUENTIE |
|--|---|--------------------------------|
| Waterpassingen en/of InSAR op land. | Noordoost Friesland en de eilanden. | 1x per 3 jaar. |
| GNSS-metingen. | Peilmerkclusters verspreid over het Friese Zeegat en Lauwersmeergebied. | 1x per 3 jaar. |
| Continue GNSS-metingen. | Op land, nabij de centra van de Bodemdalingskommen. | Continu. |
| Waterpassingen op het wad. | Bij de GNSS-peilmerkclusters | Identiek aan de GNSS-metingen. |
| LIDAR wadplaten. | Vlakdekkende meting van het Friese Zeegat. | 1x per jaar. |
| Spijkermetingen. | Op relatief hooggelegen stabiele delen van het wad. | 5x per jaar. |
| Bodemdiereninventarisatie (SIBES). | 500x500 meter grid. | 1x per jaar. |
| Bodemdiereninventarisatie (MOSKOK). | Vaste raaien. | 1x per jaar. |
| Bodemdiereninventarisatie (Litorale mosselbanken). | Gebiedsdekkend. | 1x per jaar. |
| Waterstanden. | Meetpalen Nes en Lauwersoog. | Continu. |
| Vogeltelling (hoogwatervluchtplaatsen in telvakken). | Kust Friese Zeegat. | 6x per jaar. |
| Kwelder vegetatietypen (VIBEG). | Vlakdekkend. | 1x per 6 jaar. |
| Kwelder vegetatieopname (PQ-metingen). | 40 PQ's verspreid over de Peazumerlannen. | 1x per jaar. |
| Opslibbing kwelder (SEB-metingen). | Bij de 40 PQ's verspreid over de Peazumerlannen. | 2x per jaar. |
| Kartering oppervlakte pionierszone kwelders. | Contour. | 1x per jaar. |
| Vegetatiestructuuropname Lauwersmeergebied (luchtfoto-analyse). | Vlakdekkend voor het Lauwersmeergebied. | 1x per 3 jaar. |
| Vegetatiestructuuropname Lauwersmeergebied (transectmetingen in het veld). | 10 transecten, verspreid over het Lauwersmeergebied. | 1x per jaar. |
| Vegetatieopname Lauwersmeergebied (PQ-metingen). | 100 PQ's verspreid over het Lauwersmeergebied | 1x per jaar. |
| Grondwaterstanden Lauwersmeergebied (loggers in peilbuizen bij PQ's). | Peilbuizen bij de PQ's, verspreid over het Lauwersmeergebied. | Continu. |
| Grondwaterchemie Lauwersmeergebied. | Uit peilbuizen bij de PQ's verspreid over het Lauwersmeergebied. | 1x per jaar. |
| Meerpeil Lauwersmeergebied. | Loggers op enkele plekken in het meer. | Continu |
| Muizeninventarisatie. | Enkele raaien Lauwersmeergebied. | 1x per jaar. |
| Broedvogelmonitoring. | Vlakdekkend in B.P.M. proefvlakken in het Lauwersmeergebied. | 8x per broedseizoen. |

Organisatiestructuur monitoring, rapportage, beoordeling

Jaarlijks worden monitoring- en onderzoeksrapportages, inclusief deze integrale samenvatting, aangeboden aan de Ministers van Economische Zaken en Klimaat en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (zie ook figuur 4). De ministers vragen ieder jaar advies over de rapportages van NAM aan de onafhankelijke wetenschappelijke Auditcommissie Gaswinning Waddenzee (onderdeel van de Commissie voor de milieueffectrapportage). Het advies van de Auditcommissie is openbaar en wordt gepubliceerd op de website van de Commissie voor de m.e.r.

Het oordeel van de Auditcommissie bevat doorgaans een aantal adviezen ten aanzien van de monitoring en data-analyse. De NAM volgt deze adviezen zo accuraat mogelijk op. In de volgende paragraaf staat een overzicht van de adviezen uit 2021 over het rapportagejaar 2020. Daarbij wordt ook aangegeven hoe de NAM - in afstemming met de onderzoekers - invulling aan deze adviezen heeft gegeven in het rapportagejaar 2021.

De monitoringsrapportages worden ook met de leden van de *Commissie Waddengas 2006* gedeeld. Deze commissie bestaat uit belanghebbenden zoals de regionale overheden, gebiedsbeheerders en NGO's. De jaarrapportages worden in deze commissie besproken, waarbij wordt geoordeeld over de kwaliteit van de rapportages. De Commissie Waddengas 2006 rapporteert haar bevindingen aan de Minister van LNV.



Figuur 4. Organisatie- en handhavingstructuur rond monitoring en rapportage in het kader van de gaswinning onder de Waddenzee.

Opvolging Advies Auditcommissie voor rapportagejaar 2021

Tabel 3 bevat de opsomming van de adviezen van de Auditcommissie en hoe deze zijn opgevolgd in de onderzoeken en rapportages over het rapportagejaar 2021. Het gehele advies van de Auditcommissie is te vinden op de website van de Commissie voor de m.e.r.:

<https://www.commissiemer.nl/adviezen/3534>.

Tabel 3. Overzicht adviezen Auditcommissie en reactie c.q. opvolging daarvan door de NAM en onderzoekers.

| NO. | ADVIES VOOR 2021 RAPPORTAGES | REACTIE / OPVOLGING |
|-----------------------|--|--|
| DIEPE GEOLOGIE | | |
| 1 | Verdisconteer de ruimtelijke verschillen in autonome diepe-bodemdeling in de metingen waaraan de hydro-geomechanische modellen voor de diepe-bodemdeling worden gekalibreerd. Waarschijnlijk worden hierdoor het gemodelleerde gedrag van de reservoirs en de daaruit afgeleide hydro-mechanische parameters nauwkeuriger. | <p>In bestaande publicaties is nagegaan wat het mogelijke patroon en de magnitude van autonome diepe-bodemdeling kunnen zijn. Verder is beschreven in hoeverre verschillende geodetische metingen een autonome diepe-bodemdalings-component kunnen bevatten, en wat het effect is op de dubbel-differenties in ruimte en tijd die gebruikt worden in de confrontatie workflow tussen geodetische metingen en geomechanische modellen.</p> <p>In de <i>Meet- en regel (M&R) 2021 rapportage (zie paragraaf 2.3.3.8)</i> zijn de resultaten opgenomen van een extra run van de confrontatie workflow, waarbij een correctie van de geodetische dubbel-differenties is doorgevoerd voor een mogelijke autonome diepe-bodemdalingscomponent.</p> |
| 2 | Presenteer naast de 95% onzekerheidsmarge van de diepe-bodemdeling ook de overschrijdingskans (p-waarde). | Naast de 95% onzekerheidsmarge is tevens de 99% onzekerheidsmarge berekend. In de bodemdalingstijdseries in de <i>M&R 2021 rapportage</i> zijn de P0,5 en P99,5 lijnen toegevoegd (zie bijlage D). Deze toevoeging geeft meer inzicht in de breedte van de distributie. |
| 3 | Neem het effect van plotselinge breukdoorbraken mee in simulaties diepe-bodemdeling. | Om het effect van plotselinge breukdoorbraken op bodemdaling expliciet mee te kunnen nemen is een prognose van de reservoirdrukken nodig. Voor deze drukprognose zijn een geologisch model en een reservoirsimulatiemodel nodig. Dit jaar is een dergelijke realisatie gemodelleerd voor het veld waarvoor eerder is aangegeven dat hier mogelijk een grotere aquifer kan bestaan. Er is een drukprognose gegenereerd voor het geval er plotseling communicatie mogelijk is tussen het gasveld en de aquifer. In <i>Bijlage F van de M&R 2021</i> zijn deze modellen en de invloed op de bodemdaling beschreven. |
| 4 | Verdisconteer de onzekerheid in zeespiegelstijging in de bepaling van de toegestane gebruiksruimte. | <p>Volgens het geldende protocol wordt het meegroeivermogen per kombergingsgebied zeer conservatief vastgesteld en gecombineerd met de verwachtingswaardes van de zeespiegelstijging en bodemdalingsvoorspelling.</p> <p>Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat kijkt naar de mogelijkheid een nieuwe procedure te ontwikkelen waarbij de onzekerheid in de zeespiegelstijging en meegroeivermogen in de inschatting van de gebruiksruimte wordt meegenomen.</p> |

| MORFOLOGIE | | |
|------------|--|---|
| 5 | Bereid voor de optimalisatie van de referentievlakcorrectie t.a.v. de LiDAR-metingen het aantal Ground Control Points uit en monitor de hoogte ervan. | <p>Er is gekeken in de set van InSAR meetpunten naar de beschikbaarheid van Ground Control Point clusters. Alle bestaande Ground Control Point grids zijn in 2020 en 2021 opnieuw ingemeten door middel van waterpassing ten opzichte van naburige peilmerken.</p> <p>In de LiDAR rapportage wordt getoond dat de relatieve correcties van de Ground Control Points ook op basis van InSAR kunnen worden bepaald (<i>zie Appendix B van het 2021 jaarrapport - Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR 2010-2021 (2022) (Van der Vegt, et al.)</i>).</p> |
| 6 | Vergelijk de theoretisch te verwachten bodemdalingsschotel met de geobserveerde morfologische ontwikkelingen. | Dit advies van de Auditcommissie is meegenomen in 2021 jaarrapport (<i>Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR 2010-2021 (2022) (Van der Vegt, et al.)</i>) |
| 7 | Ga na in hoeverre drones bruikbaar zijn en boven de Waddenzee ingezet kunnen worden, ter aanvulling of als vervanging van LiDAR-metingen. | Met betrekking tot dit onderwerp heeft NAM een nadere analyse c.q. beschouwing laten uitvoeren. Hierin wordt geconcludeerd dat de huidige drones nu nog geen vervanging bieden voor de LiDAR-metingen. De gehele analyse staat weergegeven in Bijlage 1. |
| 8 | Onderzoek of InSAR data gebruikt kunnen worden om verschillen in de hoogte van harde topografie in opeenvolgende jaren te verifiëren. | <p>Dit advies wordt toegelicht in Appendix B van het 2021 jaarrapport (<i>Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR 2010-2021 (2022) (Van der Vegt, et al.)</i>).</p> <p>Directe reflecties van wegen zijn beperkt, maar door de hoge dichtheid in ruimte en tijd van de InSAR metingen kan de bodembeweging goed worden bepaald uit reflecties van naburige objecten. Ook zijn de InSAR metingen gebruikt, met de waterpas- en GNSS metingen, in de integrale berekening van de bodemdaling uit geodetische metingen (zoals gerapporteerd in figuur 2-1 van de Meet- en regelcyclus 2021 rapportage).</p> |
| ECOLOGIE | | |
| 9 | Ga na of machine learning, binnen de nu beschikbare gegevens, breder ingezet kan worden, bijvoorbeeld om niet eerder gedetecteerde verbanden tussen diepe bodemdaling, morfologie en ecologie bloot te leggen. | <p>Dit advies heeft ervoor gezorgd dat de huidige aanpak van het berekenen van proxies in Wadmap zal worden aangevuld met de methodiek van <i>Structural Equation Modelling</i>, oftewel SEM analyses. Deze statistische aanpak kent de mogelijkheid om de keuze van andere en/of meerdere referentiegebieden mee te nemen. Ook biedt het de mogelijkheid om vogelaantallen en voedselaanbod in hetzelfde gebied te analyseren.</p> <p>Deze vernieuwde aanpak is in het 2021 jaarrapport (<i>Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - Rapportage t/m monitoringjaar 2021 (2022) (Duijns, et al.)</i>) voor het eerst toegepast als aanvulling op de Wadmap berekeningen. Gelet op de complexiteit van deze aanpak, zal dit jaarlijks verbeterd en verfijnd worden, zodat er na 3 jaar een volledige analyse met deze methodiek verwacht kan worden.</p> |

| | | |
|----|---|--|
| 9A | <p><i>Advies n.a.v. de beoordeling van het Monitoringsprogramma 2020-2026 (uit merCie 3551 (2021):</i></p> <p>Ga na of remote sensing technieken (bijv. drones) toegevoegde waarde hebben voor het verkrijgen van gegevens over de aanwezigheid en ligging van schelpen-, mossel- en oesterbanken.</p> | <p>De onderzoekers zien zeker een mogelijkheid om met drones de monitoring te verbeteren. Zo zouden mossel- en oesterbanken goed in kaart gebracht kunnen worden, maar de echte meerwaarde zou kunnen liggen om bijvoorbeeld laagwaterspreiding van vogels in kaart te brengen, alsmede eventuele verstoringbronnen. Welke gebieden worden gebruikt en welke gebieden minder? Hoe gebruiken de verschillende vogels het wad gedurende de periode van laagwater? Ook kunnen er machine learning aspecten aan worden toegevoegd om bijvoorbeeld de soorten te herkennen en de koppeling tussen aantallen op de hoogwater-vluchtplaatsen als de aantallen op de wadplaten te vergelijken. Voor het komend rapportagejaar 2022 zal worden getracht een pilot project hiervoor te ontwikkelen.</p> |
| 10 | <p>Benut ook benthosgegevens van 2014, 2019 en eventueel 2020 en ga na of tot een scherpere afbakening van referentiegebieden voor de wadplaten gekomen kan worden.</p> | <p>De SIBES-data zijn ondertussen beschikbaar uit 2014, 2019 en 2020. Deze gegevens konden daarom in de nieuwe rapportage opgenomen worden, voor met name het vergelijk van de SEM methodiek en de output van het programma Wadmap.</p> <p>Het is niet mogelijk om de data van de benthos uitgezocht te hebben in het jaar dat de vogelgegevens verzameld worden, doordat de SIBES-bemonstering pas gedurende de zomer en nazomer wordt verzameld. De uitwerking is daarnaast een intensieve en tijdrovende activiteit, welke niet gereed is in het najaar voor de analyse.</p> <p>Waar wel aan gewerkt gaat worden is om de periode tussen de trends van de voedselbeschikbaarheid en vogelaantallen zo klein mogelijk te maken, er wordt gestreefd naar een periode van maximaal 1 jaar verschil.</p> |
| 11 | <p>In de opzet van de nieuwe monitoringscyclus is de meetfrequentie voor de LiDAR-metingen teruggebracht naar eenmaal per jaar. De Auditcommissie adviseert in de komende rapportage aan te geven wat de gevolgen zijn van het ontbreken van een tweede LiDAR-meting voor de voor- en najaarsanalyse van de voedselbeschikbaarheid voor aanwezige vogels.</p> | <p>In de huidige rapportage kan hier nog weinig specifiek over aangegeven worden. De verwachting is dat het effect zeer gering zal zijn.</p> <p>Daarnaast worden vanaf 2020 de LiDAR gegevens gebruikt met correctie voor het referentievlak, wat feitelijk belangrijker is de beschikking te hebben over LiDAR-metingen uit voor- en najaar. Ook moeten de LiDAR-metingen voor de laaggelegen delen worden aangevuld met de vaklodingen van RWS, welke plaatsvinden met een frequentie van eens in de zes jaar.</p> <p>Een LiDAR-meting op een gunstig moment in het jaar, waarbij ook de diepe delen kunnen worden gemeten, is naar het inzicht van de onderzoekers waardevoller dan twee metingen op het moment in het jaar waarbij die diepe delen gemist worden.</p> <p>In een eerdere rapportage (Ens <i>et al.</i> 2016), is nagegaan welke variabelen de variatie in proxywaarden veroorzaakte. Een belangrijk deel van de variatie was het gevolg van de variatie in voedsel, en in mindere mate waterstand, waarbij opviel dat de verschillen in hoogtekaarten maar een kleine invloed hadden.</p> |

| | | |
|----|--|--|
| 12 | Monitor begrazing als geïntroduceerde extra ruisfactor in de kweldermonitoring en gebruik deze informatie in toekomstige analyses. | <p>Aanwezigheid van beweiding en mate van begrazing werd in de voorgaande jaarrapportages o.a. gerapporteerd in de tabellen met Vegetatiekarteringen en in de bijlagen.</p> <p>In het rapport <i>'Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en het referentiegebied en referentiegebieden: Jaarrapport 2021'</i> (Van Duin, 2022) is de factor begrazing nader geïntegreerd, ook is bij de conclusies een aparte paragraaf opgenomen over begrazingseffecten. Daarnaast zal de onderzoeker contact blijven onderhouden met de beheerder(s) om hen informatie te geven over de monitoring en hen van inzichten voorzien over de effecten van begrazing op de desbetreffende kwelderpercelen.</p> |
| 13 | Voer in het Lauwersmeer jaarlijks hoogtemetingen uit bij de permanente kwadraten en voer in 2021 een integrale structuurkartering uit om de interpretatie op ruimtelijke grovere schaal mogelijk te maken. | <p>Sinds drie jaar worden de hoogtemetingen bij de PQ's uitgevoerd en deze worden jaarlijks voortgezet.</p> <p>Daarnaast is dit jaar ook een structuurkartering uitgevoerd op basis van 3D-luchtfoto's. Helaas was het tijdstip waarop de foto's gemaakt zijn ongunstig (te vroeg in het seizoen zodat de rietontwikkeling nog maar gering was). In het veld is dit steekproefsgewijs gecontroleerd. Op basis van die controle wordt nog een gerichte herinterpretatie uitgevoerd.</p> |
| 14 | Neem in het beslisschema voor het Lauwersmeer de conclusies op uit de vegetatiemonitoring, en in het bijzonder uit de permanente kwadraten. | De conclusies uit de PQ-monitoring staan al opgenomen in het actuele beslisschema. In het jaarrapport 2021 (<i>Analyse van de effecten van bodemdaling op hydrologie, vegetatie en vogels in het Lauwersmeer in 2021 (2020) (Kleefstra, et al)</i>) wordt hier nog meer expliciet aandacht aan geven in de beredeneerlijn. |

Aanvullend doet de Auditcommissie nog een aanbeveling om de toegankelijkheid en leesbaarheid van de publiekssamenvatting verder te verbeteren:

“De toegankelijkheid voor niet-deskundigen kan nog verder vergroot worden door in de publiekssamenvatting en achtergrondrapporten een lijst met definities van gebruikte termen op te nemen. Maak daarbij bijvoorbeeld duidelijk wat het verschil is tussen diepe-bodemdaling en oppervlaktedaling en geef daarbij helder aan wat in het monitoringprogramma wordt gemodelleerd en wat gemeten.”

In het voorliggende document is aan het eind van de Publiekssamenvatting een ‘eerste’ verklarende woordenlijst opgenomen. Deze kan jaarlijks worden aangepast, dan wel uitgebreid.

Ontwikkelingen 2021 op het gebied van Monitoring

Evaluatie ‘hand aan de kraan’principe

Op verzoek van de Tweede Kamer heeft de Minister van EZK in 2020 een tijdelijk wetenschappelijk panel ingesteld dat de effectiviteit van dit beleidsinstrument onafhankelijk heeft beoordeeld. Het evaluatieadvies van het Adviescollege ‘hand aan de kraan’-principe Waddenzee is in juni 2021 aan de Tweede Kamer aangeboden. Het is tot stand gekomen met inbreng van wetenschappelijke kennis vanuit Deltares, TNO, NIOZ, de Technische Universiteit Delft en de Universiteit Utrecht.

Het Adviescollege komt tot de conclusie dat dit principe voor de gaswinning in het Waddengebied voldoet. Zij heeft daarvoor de ervaringen en uitkomsten van de afgelopen 15 jaar bestudeerd. Het college komt met een aantal aanbevelingen en suggesties, met name over het toepassen van nieuwe (wetenschappelijke) inzichten die kunnen leiden tot nuttige aanpassingen van het principe. Dit neemt niet weg, zo concludeert het Adviescollege, dat het huidige principe nog steeds robuust is, ook voordat eventuele aanpassingen zijn doorgevoerd.

Het Adviescollege heeft ook de kans op het vernatten, de ‘verdrinking’ van de Waddenzee, in haar onderzoek meegenomen. Volgens het college is er geen aanleiding om te veronderstellen dat de bodemdaling als gevolg van de gaswinning onder de oostelijke Waddenzee, het gebied waar de NAM actief is, in combinatie met de verwachte relatieve zeespiegelstijging bijdraagt aan het verdrinken van de Waddenzee. De kritische grens van verdrinking wordt pas bereikt, zelfs bij extreme zeespiegelstijgingsscenario’s, geruime tijd nadat de gaswinning zal zijn beëindigd.

Ontwikkeling gasveld Ternaard – NAM project

De NAM wil in de komende jaren een productieboring naar het gasveld Ternaard uitvoeren. Dit gasveld ligt op drie kilometer diepte ten noorden van de dorpen Ternaard en Wierum in de gemeenten Noardeast Fryslân en Ameland. Het gasveld is eerder in 1991 aangeboord. Dit heeft toen niet tot een productie van het veld geleid, omdat de aangetroffen volumes niet economische rendabel werden geacht. Met de nieuwe boring zal een ander deel van het Ternaard gasveld worden aangeboord. Een klein deel van dit gasveld ligt onder land. Het grootste deel ligt onder de Waddenzee onder het kombergingsgebied ‘Pinkegat’. Als de boring succesvol is, wordt een nieuwe pijpleiding aangelegd vanaf een nieuw te bouwen productielocatie naar de bestaande NAM-locatie Moddergat. Voor meer projectinformatie, zie: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/gaswinning/gaswinning-ternaard>

Op de besluitvorming over gaswinning Ternaard is de Rijkscoördinatieregeling (RCR) van toepassing. Dit betekent dat de ligging en realisatie van de winningslocatie en de benodigde pijpleiding worden vastgelegd in een Inpassingsplan dat wordt vastgesteld door de Ministers van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK). In 2021 is het Ontwerpbesluit - inclusief de Passende Beoordeling en het onderliggende Milieu Effect Rapport - gepubliceerd en ter inzage gelegd. De Commissie voor de m.e.r. heeft op 6 december 2021 haar advies uitgebracht. Hierin constateert zij dat op een aantal essentiële aspecten de informatie nog aanvullingen behoeft. Haar adviezen en aanvullende aanbevelingen worden door NAM opgevolgd in een aanvulling op het MER, welke onderdeel gaat uitmaken van het definitieve besluit. Het Instemmingsbesluit van de Minister wordt voorzien medio 2022.

In 2017 heeft de minister het Ternaard-project aangewezen als een pilot voor een Omgevingsproces, dat bijdraagt aan de besluitvorming over deze gaswinning. Het Omgevingsproces kan een nieuwe

manier worden om de omgeving te betrekken bij besluitvorming rondom belangwekkende of grootschalige energie- en infrastructurele projecten.

Eind 2019 is de eerste fase van het Omgevingsproces Ternaard afgerond en is een Afsprakenkader en een Investeringsagenda aan de regio gepresenteerd. Deze zijn tot stand gekomen met de inbreng van de regio, de regionale overheden en onder leiding van onafhankelijke procesbegeleiders.

In de tweede fase van het Omgevingsproces (2019-heden) worden het Afsprakenkader en de Investeringsagenda nader uitgewerkt. Voor het Afsprakenkader gaat het om thema's als de monitoring van gebouwen, communicatie en de oprichting van de Stichting Waakhûn, welke de omgeving gaat vertegenwoordigen als de gaswinning vanuit Ternaard tot uitvoer komt.

De Investeringsagenda krijgt vorm door een Gebiedscommissie in oprichting, uitgewerkt in de thema's Sociaal-economische vitaliteit, Watermanagement en Energietransitie, waarmee het gebied zich kan versterken. Voor meer informatie: <https://www.nam.nl/gas-en-oliewinning/locaties-en-activiteiten/ontwikkeling-gasveld-ternaard.html>.

Ontwikkeling Net op zee – Ten noorden van de Waddeneilanden – Tennet-project

Het Tennet-project *Net op zee - Ten noorden van de Waddeneilanden* is de netverbinding vanaf het windpark op de Noordzee naar een bestaand hoogspanningsstation op het vaste land. Onderdeel van dit project is de aanleg van twee hoogspanningskabels. Het eerdere voorkeurstracé, waarbij de kabels onder de oostelijke punt van Schiermonnikoog zouden worden gelegd, staat na kritiek van de omgeving en politiek ter discussie. Met het oog daarop worden er nieuwe studies uitgevoerd naar alternatieve tracés richting het bestaande hoogspanningsstation in de Eemshaven.

De NAM blijft in gesprek met Tennet om de eventuele consequenties voor de monitoringspunten onderdeel uitmakend van het Monitoringsprogramma - in het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen - vroegtijdig in beeld te krijgen en hierop te acteren.

Beoordelingssystematiek 'hand aan de kraan'-principe

De signaleringsmetingen worden gebruikt voor het modelleren van de voedselbeschikbaarheid voor vogels op de wadplaten, de kwelders en in het Lauwersmeer. De modellen gaan uit van samenhang tussen de verschillende onderdelen van de effectketens waaruit het meetprogramma is opgebouwd.

Model Effectketen Waddenzee (wadplaten en kwelders)

I - diepe-bodemdaling → plaatoppervlak / -hoogte (sedimentatie) → habitats / voedsel →

Model Effectketen Lauwersmeer

II – diepe-bodemdaling → grondwater / peilbeheer → vegetatie / voedsel → vogels

De modellen moeten helpen bij het beantwoorden van de vraag: is bij een eventuele trendmatige verandering in de omvang van populaties van beschermde soorten en/of habitats redelijkerwijs een oorzakelijk verband met bodemdaling door gaswinning uit te sluiten? Om deze vraag te beantwoorden zijn binnen het meetprogramma beslisschema's ontwikkeld voor zowel de wadplaten en de kwelders als het Lauwersmeer.

TE HANTEREN BESLISSCHEMA BESCHERMDE SOORTEN

| A | Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel vogels (N2000-soorten) <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i> | | |
|---|---|-------|-------|
| 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) <i>Dit (4) is de vergelijking met berekende proxies, vegetatiestructuur, oppervlakte, ondiep water, etc. Hierbij gaat het ook om de eigenschappen van de trends: wellicht is de afname van de vogelaantallen eerder begonnen dan van de draagkracht.</i> | Y → 5 | N → 8 |
| 5 | Heeft de trend in de draagkracht/gebiedsfunctie een bekende of voor de hand liggende oorzaak? (anders dan bodemdaling/maaiveldaling) <i>Denk hierbij (5) aan beheer zoals begrazing, waterpeil, predatie, methodische veranderingen, etc.</i> | N → 6 | Y → 8 |
| 6 | Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel, is er een mogelijke relatie?) Kijk voor 6 binnen de proxies/vegetatietypen naar de bepalende parameters/ariabelen, <ul style="list-style-type: none"> ▪ Met "richting" gaat het om het mechanisme (kan een afname worden verwacht 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. | Y → 7 | N → 8 |
| 7 | Oordeel: een effect van bodemdaling door gaswinning niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen ('hand aan de kraan'). | | |
| 8 | Oordeel: er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld in het betreffende monitoringjaar. | | |

TE HANTEREN BESLISSHEMA BESCHERMDE HABITATS

| B | Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel habitattypes Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet | | |
|----|--|--------|--------|
| 1 | Negatieve en duidelijke trend in oppervlakte? | 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? (richting, ruimtelijk en temporeel) | Y → 9 | N → 5 |
| 5 | Negatieve en duidelijke trend in kwaliteit van het habitatype? | 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? (richting, ruimtelijk en temporeel) | Y → 9 | N → 10 |
| 9 | Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand aan de Kraan). | | |
| 10 | Oordeel: Er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld voor het betreffende monitoringjaar. | | |

Rapportages

Tabel 4 geeft een overzicht van de rapporten die van belang zijn geweest voor het tot stand komen van het begrip over het meegroeivermogen van de Waddenzee, het ‘hand aan de kraan’-principe en de ecologische monitoring. In Tabel 5 staan de rapporten die in 2021 met betrekking tot het monitoringsjaar 2020 beschikbaar zijn gekomen.

Tabel 4. Overzicht relevante onderzoeken; meer rapportages zijn te vinden op www.nam.nl en 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 en J.J. Verburgh |
| Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 13 jaar gaswinning. | 2000 | K.S. Dijkema, H.F. van Dobben, W.D. Eysink, M.E. Sanders, E.P.A.G. Schouwenberg, P.A. Slim, C.J. Smit, J. de Vlas en 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 | K.S. Dijkema, 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 en Z.B. Wang |
| Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning Vloedkommen van het Friesche Zeegat. Rapport Z3995. | 2005 | Z.B. Wang en 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 | K.S. Dijkema, H.F. van Dobben, B. Dullo, B. Ens, M. Kersten, G. Ketelaar E. Koppenaar, J. Krol. K. Rappoldt, P. Slim en Z.B. Wang |
| Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruikruimte. | 2017 | Z.B. Wang, J. Cleveringa en A. Oost. |
| Monitoring effecten bodemdaling op Oost-Ameland, Evaluatie na 30 jaar monitoring. | 2017 | Begeleidingscommissie Bodemdaling Ameland |
| Ontwikkelingen van de Nederlandse Waddenzee bekkens tot 2100: De invloed van versnelde zeespiegelstijging en van bodemdaling op de sedimentbalans - een synthese. | 2018 | A. Van der Spek |
| De toekomst van Hand aan de Kraan - omgaan met onzekerheden. | 2021 | Adviescollege Hand aan de Kraan Waddenzee |
| Verdrinkt het Nederlandse wad? Hand-aan-de-kraan en meegroeivermogen. | 2021 | C. Fruijtier. M. Wilpshaar en J. Breunese |

Tabel 5. Rapportages monitoringsjaar 2021 De LTS rapportages zijn beschikbaar op de NAM website www.nam.nl/gas-en-oliewinning/wadden.html

| MONITORINGONDERDEEL | ORGANISATIE | RAPPORTAGE |
|--|---|---|
| Waddenzee | | |
| Bodemdaling | NAM | Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2021. NAM rapport EP202203203063 |
| Hoogteligging/arealen en sedimentatie-erosie van wadplaten | Terratec | Waddenzee - LiDAR acquisition for 2021 (2022) Terratec-report 41244 |
| | Deltares | Van der Vegt, H, Van der Lugt M (2022) Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2021) |
| | Natuur Centrum Ameland | Krol J (2022) Sedimentatiemetingen op het Wadvan Ameland, Peasens. Piet Scheve plaat, Engelsmanplaat en Schiermonnikoog - Rapport 2021 |
| Voedselbeschikbaarheid en -bereikbaarheid voor wadvogels | Sovon NIOZ Wageningen Marine Research Ecocurves | S. Duijns, K. Troost, E. Van Winden, H. Schekkerman, K. Rappoldt, Nienhuis, E.O. Folmer (2022) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - Rapportage t/m monitoringjaar 2021. Sovon-rapport 2022/30 |
| Kwelder | | |
| Sedimentatie en vegetatie-ontwikkeling | Artemisia | W. Van Duin W (2022) Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en het referentiegebied en referentiegebieden - Jaarrapport 2020. Artemisierapport 2022-01 |
| Lauwersmeer | | |
| Vogelaantallen, vegetatie-ontwikkeling en draagkracht voor doelsoorten | Sovon Altenburg& Wymenga Buijs | R. Kleefstra, N. Beemster, W. Bijkerk, M. Terpstra, R. Buijs, P. de Boer, M. Bekkema, C. Kampichler, J. Stahl (2022) Analyse van de effecten van bodemdaling op hydrologie, vegetatie en vogels in het Lauwersmeer in 2021. Sovon-rapport 2022/34 |

Gasproductie in 2021



Een overzicht van de cumulatieve gasproductie per veld tot en met 31 december 2021, alsmede de geplande en actuele productie in het jaar 2021, wordt in tabel 6 weergegeven.

De totale gasproductie uit de velden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen in 2021 bedroeg 827 miljoen Nm³. Dat is lager dan de voorspelling in het winningsplan voor het productiejaar 2021. Dit is vooral het gevolg van een lagere productie uit het grotere Nes-veld.

Tabel 6: Productie per gasveld tot en met 31/12/2021. Aantallen in 10⁶ Nm³.

| Veldnaam | Cumulatieve productie Waddengasvelden t/m 2021 | Geplande productie in 2021 (volgens winningsplan*) | Actuele productie in 2021 |
|-----------------|--|--|------------------------------|
| Nes | 11.799 | 662 | 470 |
| Moddergat | 4.899 | 138 | 188 |
| Lauwersoog-C | 139 | 20 | 2 |
| Lauwersoog-West | 1.724 | 54 | 76 |
| Lauwersoog-Oost | 2.426 | 66 | 91 |
| Vierhuizen-Oost | 1.628 | 0 | 0 |
| Totaal | 22.615 | 940 | 827 |

*Afwijking van de actuele productie t.o.v. de winningsplanvoorspelling valt binnen de toegestane bandbreedte.

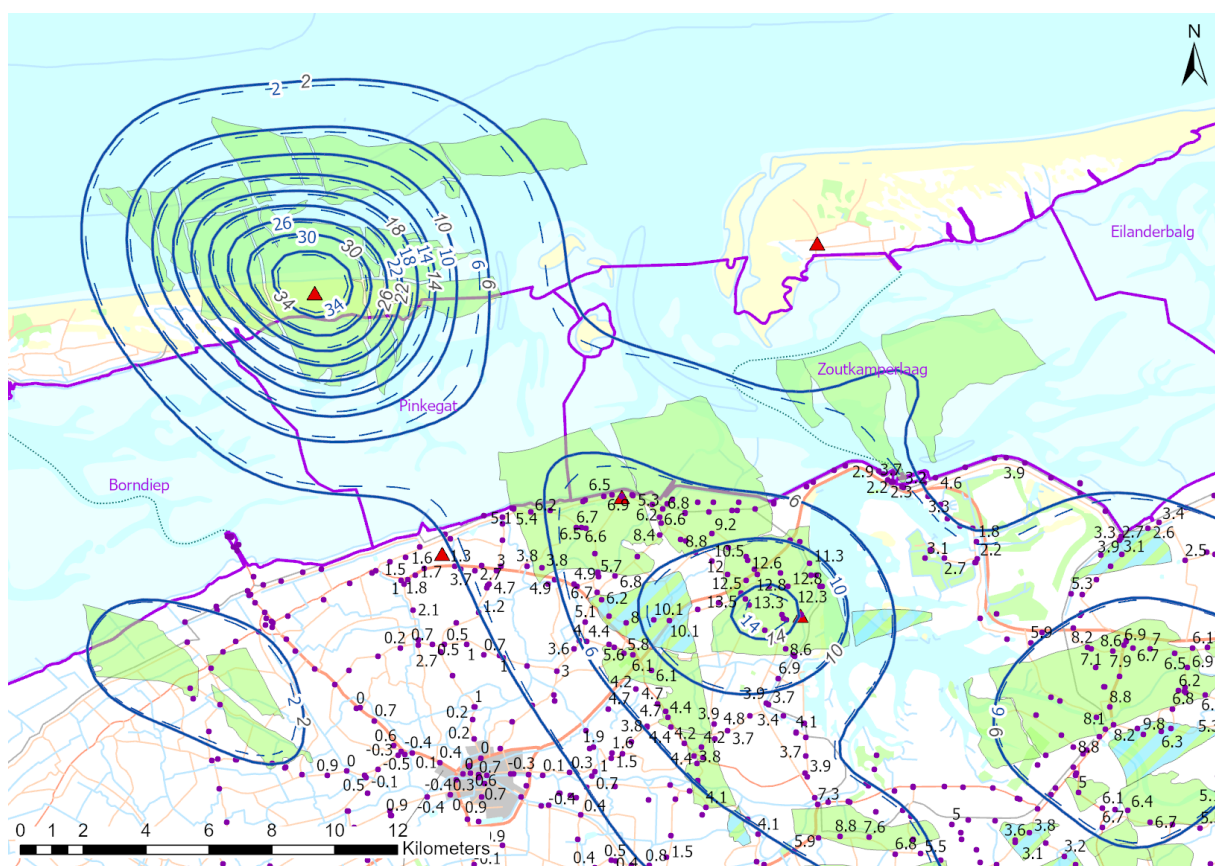
Monitoring Waddenzee

Bodemdaling Wadden- en Lauwersmeergebied

In het NAM-rapport (2022) 'Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2021' worden de resultaten en conclusies besproken van de 2021 Meet- en regelcyclus volgens het geldende Meet- en regelprotocol.

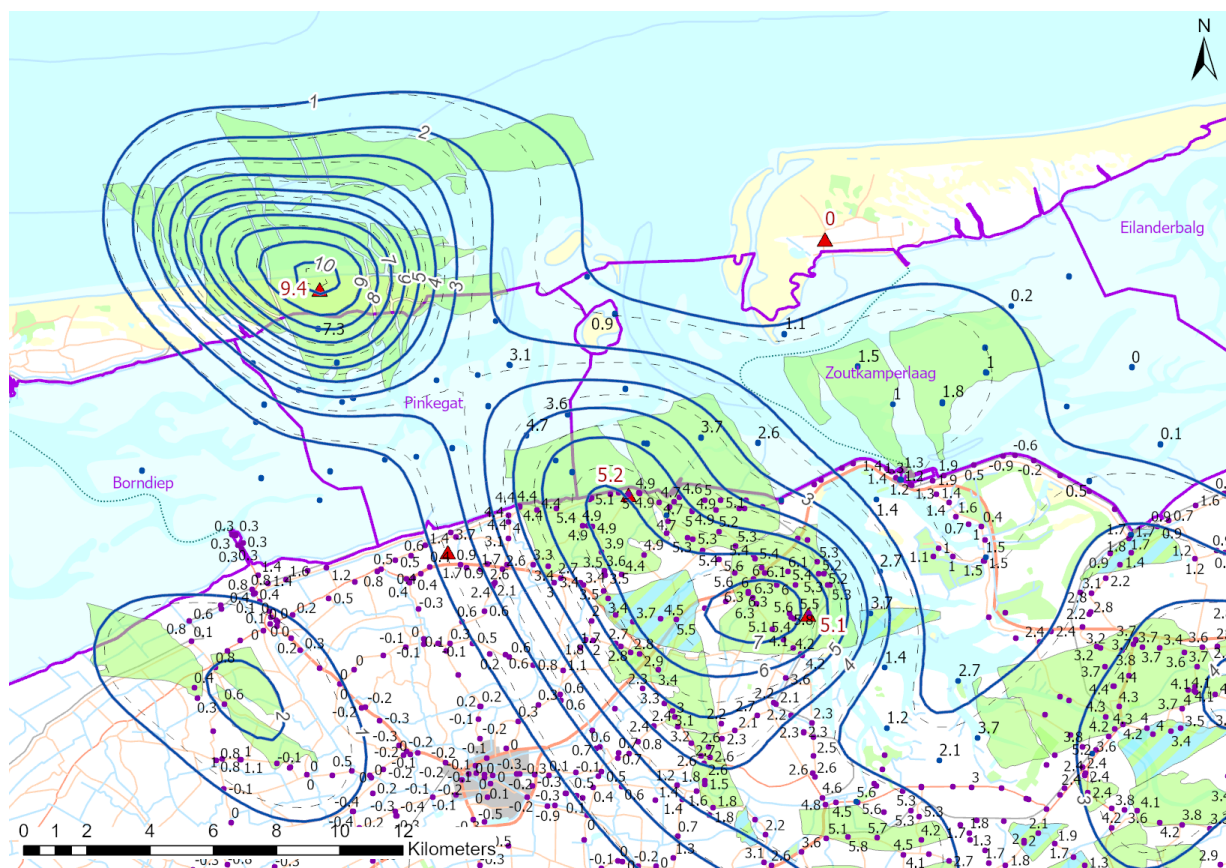
De belangrijkste opgave in deze rapportage is het berekenen van de belasting op de kombergingen als gevolg van de bodemdaling door gaswinning, om daarmee te beoordelen of deze belasting binnen de vastgestelde gebruiksruimte blijft. Om die belasting te berekenen wordt jaarlijks de bodemdaling gemodelleerd en geverifieerd met geodetische metingen (waterpas-, GNSS- (Global Navigation Satellite System, GPS) en InSAR-metingen). Naast GNSS campagne- en continue metingen, zijn in 2021 op het vasteland vlakdekkende InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) metingen geanalyseerd en gerapporteerd.

In figuur 5 is de bodemdaling sinds de start van de gasproductie in het gebied - in de confrontatie workflow tussen geodetische metingen en geomechanische modellen - zichtbaar gemaakt in de vorm van contourlijnen. Hierin is ook de invloed van de gaswinningen uit de omliggende velden zoals Ameland, Anjum en Blija meegenomen.



Figuur 5. Totale bodemdaling in cm (status modelcontour in blauw: 1-1-2022) sinds de start van de gaswinning in het gebied (1986). De gestreepte contouren geven de bodemdaling op 1-1-2021 volgens de M&R-rapportage over 2020. De rode driehoeken geven de posities van de GNSS stations aan. De paarse punten met label op het vaste land representeren de peilmerken met de met InSAR gemeten hoogteverschillen vanaf eind 1997 tot eind 2020.

Figuur 6 presenteert de bodemdaling in het gebied sinds 2006, omdat toen met de productie vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is gestart.



Figuur 6: Bodemdaling in cm (status modelcontour: 1-1-2022) door gaswinning sinds de nulmeting in de Waddenzee in 2006. In blauw de contouren van de gemodelleerde bodemdaling volgens de het verwachte scenario. De gestreepte contouren geven de bodemdaling van 2020 (1-1-2021) weer zoals getoond in de M&R-rapportage over 2020. De blauwe punten met label in de Waddenzee representeren de peilmerken met de gemeten hoogteverschillen vanaf 2006 (nulmeting Waddenzee) tot de laatst uitgevoerde meting in mei 2021. De paarse punten met label op het vaste land representeren de peilmerken met de met InSAR gemeten hoogteverschillen vanaf eind 2006 tot eind 2020. De rode waarden geven de daling aan van de permanente GNSS-stations in de periode feb. 2007- dec. 2021.

De continue GNSS-metingen worden gerepresenteerd door de rode driehoeken in figuur 7. Deze bevinden zich op de locaties Ameland, Moddergat, Ameland-Nes, Ternaard en Anjum. Deze metingen hebben een signaalfunctie om veranderingen in het verloop van de bodembeweging tijdig te kunnen signaleren binnen het interval (3 jaar) van de vlakdekkende metingen.

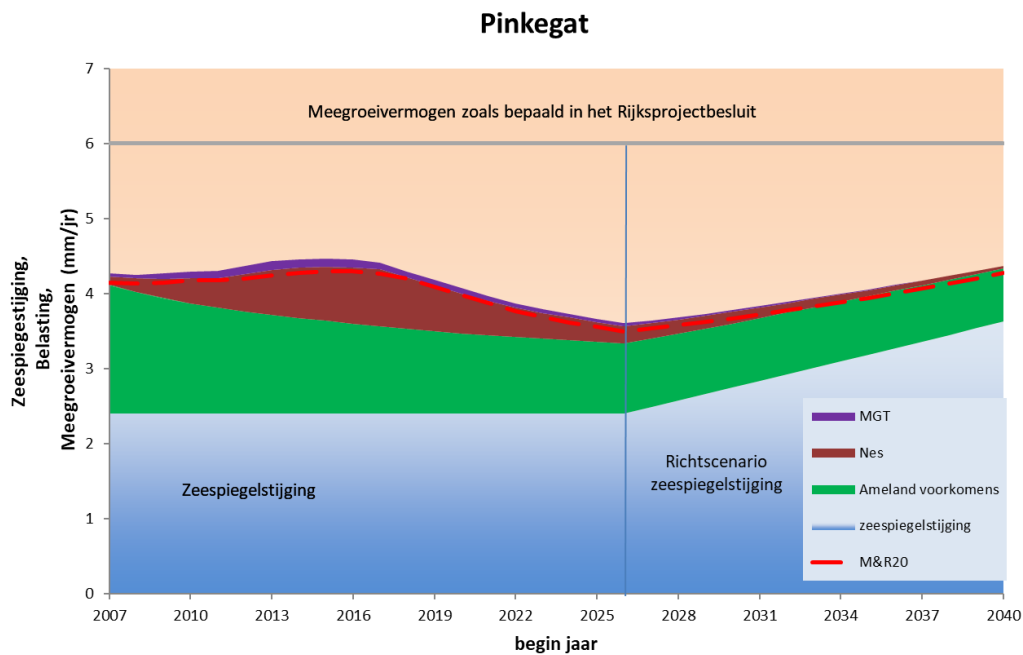
Belasting kombergingsgebieden

De belasting is het zesjaarlijkse voortschrijdend gemiddelde van de bodemdalingssnelheid. Deze snelheid wordt berekend door het jaarlijkse bodemdalingsvolume binnen een komberging te delen door de oppervlakte van de komberging. Deze belasting is voor het Pinkegat weergegeven in figuur 7 en voor de Zoutkamperlaag in figuur 8. De figuren presenteren de bijdrage van de gasproductie uit verschillende gasvelden aan de belasting in de komgebieden. In de figuren is de belasting boven op de snelheid van de verwachte zeespiegelstijging geplot.

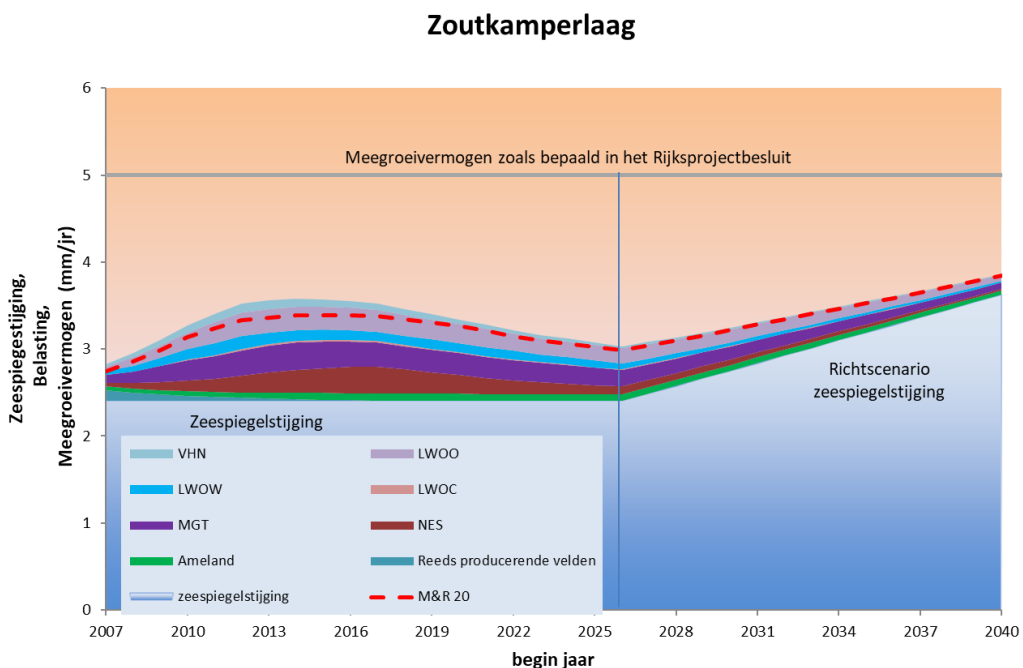
- De belasting in het Pinkegat is 1,47 millimeter per jaar in 2021. Boven op een zeespiegelstijging van 2,4 millimeter per jaar wordt ruim beneden het vergunde meegroeiervormen van 6 millimeter per jaar gebleven. De grootste bijdrage aan de belasting in deze komberging komt van

de Ameland-gaswinning, al neemt deze wel af. De bijdrage van de gasproductie uit het gasveld Nes loopt ook terug. De gaswinning uit het veld Moddergat heeft bijna geen invloed op het Pinkegat.

- De belasting in de komberging Zoutkamperlaag is ongeveer 0,81 millimeter per jaar voor het rapportagejaar 2021. Ook voor deze komberging wordt inclusief een zeespiegelstijging van 2,4 mm ruim binnen het meegroeivermogen van 5 millimeter per jaar gebleven. Voor Zoutkamperlaag leveren de gasvelden Moddergat en Lauwersoog-Oost de grootste bijdrage aan de bodemdaling.



Figuur 7. Voorspelde belasting inclusief zeespiegelstijging voor het kombergingsgebied Pinkegat. De rood gestreepte lijn geeft de berekende belasting aan zoals gerapporteerd in de M&R-rapportage over 2020.



Figuur 8. Voorspelde belasting inclusief zeespiegelstijging voor het kombergingsgebied Zoutkamperlaag. De rood gestreepte lijn geeft berekende belasting aan zoals gerapporteerd in de M&R-rapportage over 2020.

De berekende belasting in de kombergingen is vergelijkbaar met die berekend in de M&R-cyclus 2020. Het verschil is voor het rapportagejaar 2021 ongeveer 0,1 mm/jaar voor Pinkegat en nog minder voor Zoutkamperlaag.

In 2021 is het beleidsscenario voor de zeespiegelstijging herzien. Zo'n herziening dient iedere 5 jaar plaats te vinden. Het huidige scenario wordt gehanteerd voor de periode 2021 tot 2026. Dit scenario wordt in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken ontwikkeld door de organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO). In figuur 7 en 8 staat de snelheid waarmee TNO verwacht dat de zeespiegel stijgt. Het bestaat uit twee delen die in de figuren zijn gescheiden door een verticale lijn in het jaar 2026. Deze delen heten respectievelijk "Zeespiegelstijging" en "Richtscenario zeespiegelstijging". Wat opvalt ten opzichte van het vorige scenario van 2016-2021 is dat de snelheid waarmee de voorziene Zeespiegelstijging vlakker is geworden. De versnelling van de zeespiegelstijging wordt ook later verwacht in het nieuwste scenario.

Remwegscenario

Om het effect van de 'hand aan de kraan'-systematiek inzichtelijker te maken, is in eerdere rapportages een remwegscenario opgenomen. De nieuwe berekeningen in de 2021 rapportage tonen een vergelijkbaar bodemdalingsmodel en daarmee zullen de conclusies voor het remwegscenario onveranderd blijven.

Doorlatendheid van breuken Waddenzee velden

In de vorige Meet- en regelrapportage zijn de effecten op bodemdaling beschreven indien er plotseling communicatie optreedt tussen een waddenveld en een naastgelegen aquifer of een ander waddenveld. Hieruit bleek dat er mogelijk communicatie kon optreden tussen het Lauwersoog-Oost veld en het oostelijk gelegen aquifer aan de andere kant van breuken.

Dit jaar is op advies van de Auditcommissie het effect op meer kwantitatieve wijze bepaald, zodat het scenario meegenomen kan worden in de bodemdalingsberekeningen. Hiertoe is eerst een geologisch model van het Lauwersoog-Oost veld uitgebreid met de aquifer aan de oostelijke kant. Vervolgens is een reservoirsimulatiemodel gemaakt en gekalibreerd aan de metingen. Met behulp van dit model is een drukprognose gemaakt voor een situatie waarin er in de nabije toekomst plotseling communicatie mogelijk is tussen het Lauwersoog-Oost veld en de desbetreffende aquifer. Deze drukprognose is vervolgens gecombineerd met het bodemdalingsmodel om de verwachte bodemdaling te berekenen.

In Bijlage F van het M&R rapport staat dit in meer detail beschreven. De conclusies zijn in lijn met eerdere conclusies en er wordt geen overschrijding van het meegroeivermogen voorzien indien er plotseling communicatie is tussen het Lauwersoog-Oost veld en de oostelijke aquifer.

Deelconclusie

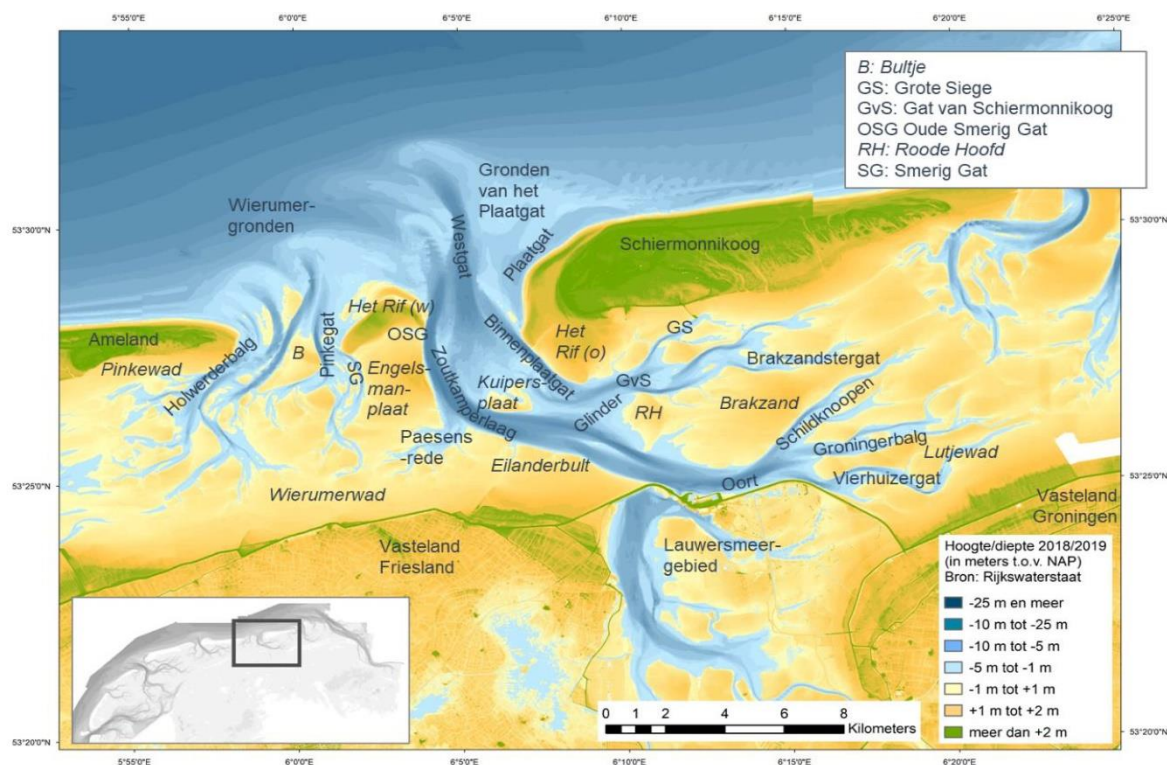
In het monitoringjaar 2021 is evenals in alle voorgaande jaren de bodemdaling door gaswinning binnen de gestelde gebruiksruimten van kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag gebleven. Zowel voor de komende periode tot 2026 met het geldende zeespiegelstijgingsscenario als voor de periode daarna met het richtscenario van de zeespiegelstijging, wordt geen overschrijding van het meegroeivermogen voorzien.

De adviezen van de commissie op het gebied van autonome diepe-bodemdeling en de inzichtelijkheid van de onzekerheidsintervallen zijn in deze nieuwe rapportage geadresseerd.

Monitoring Wadplaten areaal

De overkoepelende vraag achter de monitoring van het areaal aan wadplaten is: 'Is het areaal droogvallend wad in het Friesche Zeegat (kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag) sinds de start van de LiDAR metingen veranderd als gevolg van bodemdaling door gaswinning?'

De morfologische analyse is gebaseerd op de hoogteligging van het droogvallend wad in het Friesche Zeegat. Deze ontwikkeling wordt afgeleid uit een reeks LiDAR opnamen van het gebied die sinds 2010 één tot tweemaal per jaar worden genomen. In 2021 is een nieuwe opname - in september 2021 - toegevoegd aan de dataset. Figuur 9 toont een detailkaart van het onderzoeksgebied voor de monitoring van het areaal aan wadplaten.



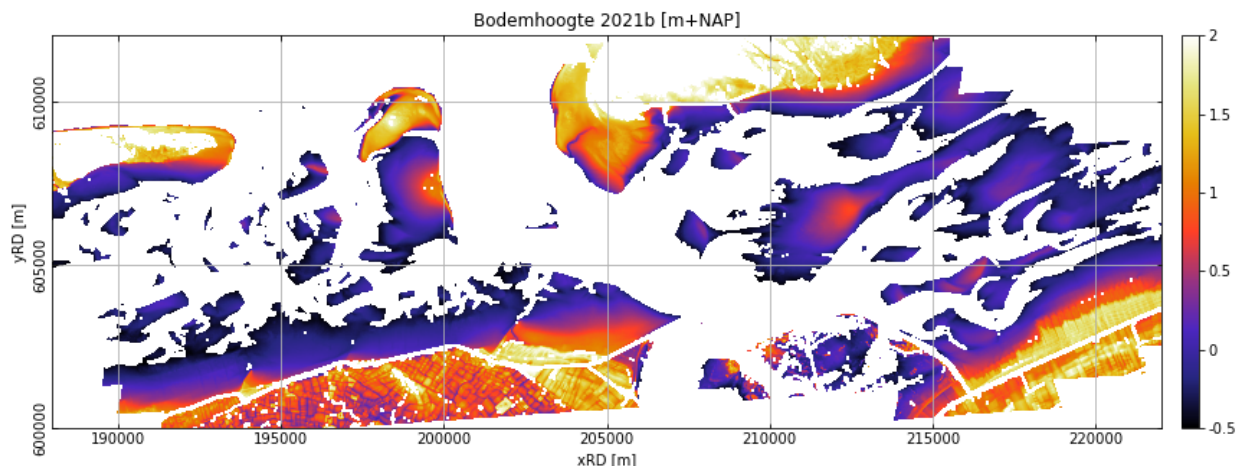
Figuur 9. Kaart van het Friesche Zeegat met belangrijkste namen van de geulen en platen (Oost *et al.* 2020).

Oppervlaktemetingen wadplaten in kombergingen en deelgebieden

LiDAR (Laser Imaging Detection And Ranging) is een techniek waarbij met een laserscanner vanuit een vliegtuig de hoogtes van de wadplaten worden ingemeten tijdens laagwater. Hierbij worden meerdere hoogtemetingen per vierkante meter verricht. Dit leidt tot een vlakdekkende hoogtekaart voor het gebied. In 2010 is met deze methode gestart. Sinds die tijd zijn er negentien hoogtekaarten gemaakt. Twee daarvan zijn afgekeurd omdat duidelijk te zien was dat een deel van de wadplaten nog onder water stond. Dat brengt het totaal op zeventien bruikbare metingen. Jaarlijks analyseert Deltares deze metingen (Van der Vegt & Van der Lugt, 2021). Vanaf 2021 is de LiDAR meetfrequentie terug gebracht naar één keer per jaar conform het geactualiseerde Monitoringsprogramma 2020-2026 (NAM, 2021).

Figuur 10 toont de opname (7 september 2021, Terratec) waarbij een relatieve correctie is doorgevoerd om systematische afwijkingen te corrigeren. Dit betreft een relatieve correctie ten opzichte van één referentie opname, die voor alle opnamen is berekend en doorgevoerd. Dit is voor

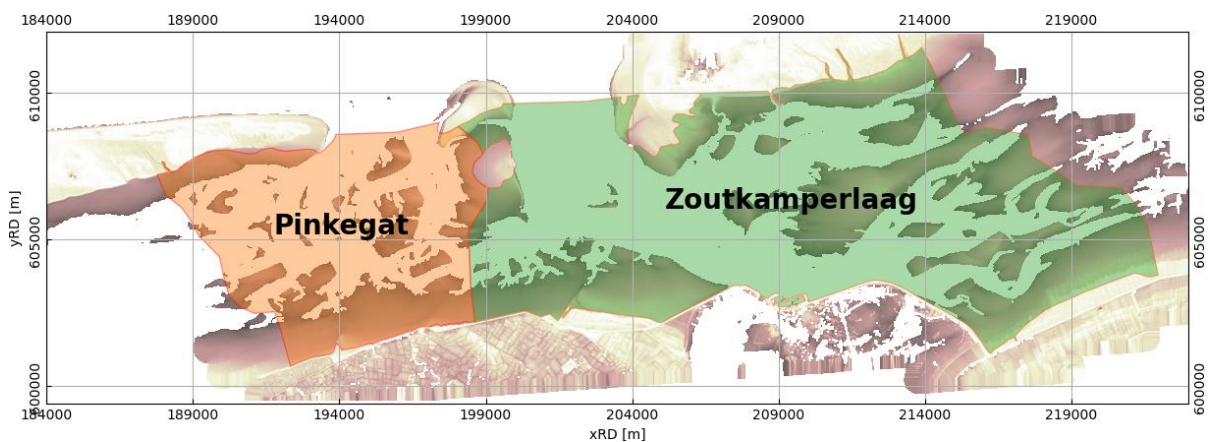
het eerst gedaan in de analyse van 2020. In de analyse voor dit jaar is deze correctie iets bijgesteld, wat wordt beschreven in Bijlage B van Van der Vegt *et al.* (2022).



Figuur 10. Hoogtekaart van de ingewonnen data in najaar 2021, na toepassing van correctievlak.

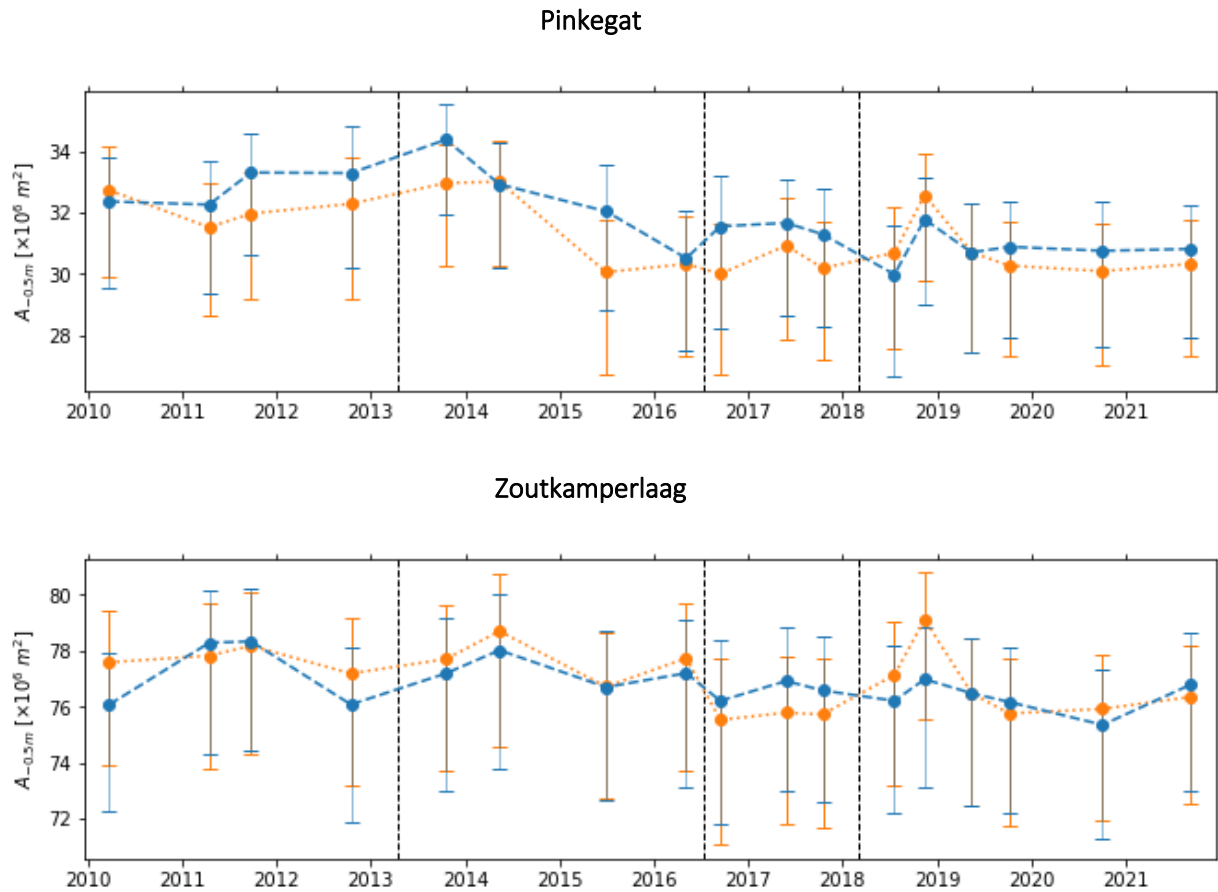
Ontwikkeling van areaal en hoogteligging wadplaten

Het Friesche Zeegat bestaat uit twee kombergingsgebieden: Pinkegat en Zoutkamperlaag, zoals aangegeven in Figuur 11. Goed zichtbaar is het schaalverschil tussen beide kombergingsgebieden. Dit verschil komt ook terug in de verschillende dynamiek in beide systemen.



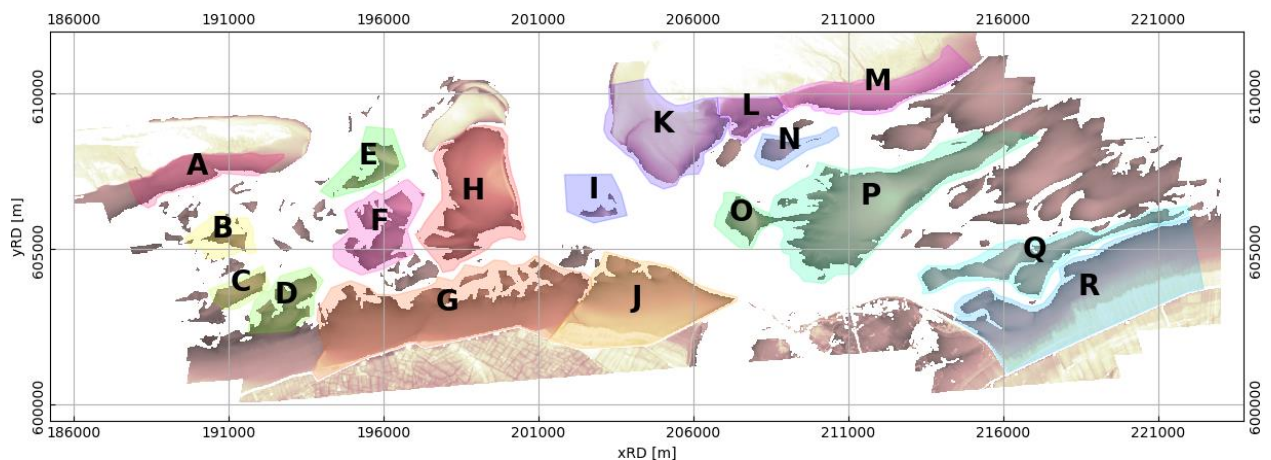
Figuur 11. Analysepolygonen voor areaalontwikkeling op kombergingsschaal. Deze polygonen zijn hetzelfde als in voorgaande jaren.

De veranderingen in plaatareaal worden zowel voor de kombergingen als voor de individuele platen geanalyseerd vanuit de LiDAR opnamen. Figuur 12 toont voor de twee kombergingen de integrale tijdsreeksen van plaatareaal boven NAP -0,5 m, geplott zowel voor de originele als de gecorrigeerde dataset. Het plaatareaal van zowel het Pinkegat als de Zoutkamperlaag blijven grotendeels constant met geringe fluctuaties ten opzichte van de onzekerheidsmarge. Voor het Pinkegat lijkt een licht dalende trend in het signaal te zitten, maar het areaal in de laatste vier opnamen is zeer constant.



Figuur 12. Tijdsreeksen van plaatereaal boven NAP -0.5m voor de kombergingsgebieden Pinkegat (boven) en Zoutkamperlaag (onder). De onzekerheidsbanden tonen het effect van een onzekerheidsmarge van 3 cm. De oranje reeks (····) toont de originele data en de blauwe reeks (---) de gecorrigeerde dataset. De verticale streepjeslijnen geven de wisseling van type laserscanner weer.

Voor de geselecteerde individuele platen – zie figuur 13 – die bestudeerd zijn, is wel sprake van duidelijke ontwikkelingen, welke met LiDAR metingen goed waarneembaar zijn. Deze tijdsreeksen zijn gevisualiseerd in hoofdstuk 3 van Van der Vegt (2022).



Figuur 13. Overzicht van (delen van) platen die individueel zijn bestudeerd.

In het Pinkegat zijn zowel in het westelijk als het oostelijk deel wadplaten die groeien en platen die krimpen. Deze veranderingen horen bij de dynamiek van het Pinkegatsysteem. De

deelgebiedsanalyse toont aan dat dit met name wordt veroorzaakt door het signaal van het westelijke deel van de Engelsmanplaat (gebied H, figuur 13) en de plaat in deelgebied Pinkegat Oost-2 (gebied F, Figuur 13) waar een verbreding en 'uitbochting' van de geul tussen deze platen optreedt. Deze afname is klein ten opzichte van de onzekerheidsmarge horend bij 3 cm foutmarge in de gemeten bodemhoogte die ook na de correctie nog aanwezig is, en zet niet door tussen 2019 en 2021.

De ontwikkeling van de wadplaathogtes is tevens uitgewerkt in hypsometrisch curves en wadplaatprofielen (dwarsdoorsnedes). Deze resultaten zijn gevisualiseerd in hoofdstuk 4 van Van der Vegt (2022).

Naast de LiDAR-opnames vinden er ook andere metingen plaats die informatie verschaffen over de hoogteontwikkeling van de wadplaten. Zo vinden er bij de GNSS-clusters in het gebied waterpassingen plaats (sediment grids) en worden bovenop enkele grote wadplaten sedimentatiemetingen uitgevoerd door middel van 'spijkermetingen' (Krol, 2022). Bij deze metingen wordt de sedimentatie gemeten ten opzichte van grondankers die 60-90 cm onder het wadoppervlak zijn geplaatst. Figuur 14 toont de meetpunten voor de spijkermetingen in het gehele onderzoeksgebied. Alleen in de onderzoeksgebieden Paesens en Oost-Ameland vindt daadwerkelijk diepe daling door gaswinning plaats.



Figuur 14. Een overzicht van alle onderzoeksgebieden op een luchtfoto (2018) ingetekend.

Bij Paesens worden naast de spijkermetingen op de wadplaat ook sedimentatiemetingen gedaan op de kwelder door Artemisa. Dit betreft de 'SEB-metingen' (Sedimentatie Erosie Balk, SEB), waarbij de bodem gemeten wordt met een liniaal ten opzichte van een waterpas balk op een gefixeerde hoogte. De spijkermetingen en de SEB-metingen laten bij Paesens dezelfde opslibbingstrend zien met zeer vergelijkbare waarden (Krol, 2022).

De spijkermetingen zijn relatief eenvoudige en kosten-efficiënte metingen om op een nauwkeurige schaal (mm niveau) en met een vrij hoge frequentie (zesmaal per jaar) sedimentatie op wadplaten te kunnen volgen. Samen geven ze een geïntegreerd beeld 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. Naarmate de meetreeksen zich uitstrekken over een langere periode winnen ze aan kracht. Pas na meer meetjaren is het mogelijk om langzame processen als diepe bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging door klimaatverandering te kunnen onderscheiden van natuurlijke variatie op kortere tijdschalen. Daarmee wordt het mogelijk om deze metingen te gebruiken om het effect van *events* (zoals stormen) te onderscheiden van gestage effecten als gevolg van bodemdaling.

Over de gehele meetreeks - die varieert van 7 tot 20 jaar - wordt voor alle deelgebieden een sediment toename gemeten, zie figuur 15.



Figuur 15. Sedimentatiesnelheid per onderzoeksgebied in mm/jaar. De reeksen waarop het gemiddelde is gebaseerd variëren in lengte van 7 tot 20 jaar maar ze zijn allemaal bijgewerkt tot en met 2021.

Voor de deelgebieden onder invloed van diepe bodemdaling, wordt bij het oostelijk deel van Ameland gezien dat er sprake is van een netto-bodemdaling (verdieping) in een beperkt gebied ten zuiden van het Oerd en De Hon. De diepe daling door gaswinning is hier, ten oosten van het wantij, groter dan de sedimentatie aan het oppervlak.

De achterblijvende sedimentatie maakt waarschijnlijk deel uit van morfologische en hydrodynamische veranderingen in een veel groter gebied rond Oost-Ameland. Denk hierbij vooral aan de cyclische dynamiek van het Pinkegat en de veranderende lengte van de oostpunt, maar ook kustsuppleties en zeespiegelstijging kunnen hierbij een rol spelen (van der Lugt *et al.* 2020).

Ook is er sprake van afslag van de kwelderrand langs de zuidrand van het Oerd en De Hon en is het debiet van de Oerdsloot toegenomen na verwijdering van betonnen drempels (Kuiters *et al.* 2020). Dit heeft mogelijk invloed op de waterstroom vanuit de Oerdsloot naar het oosten door het gebied waar de netto daling plaats vindt.

Bij Paesens is evenals het voorgaande jaar bij twee van de achttien meetpunten sprake van een minimale netto bodemdaling. Deze lokale achterblijvende sedimentatie staat niet alleen in causaal verband met gaswinning maar maakt ook deel uit van de veel grootschaliger morfologische en hydrodynamische veranderingen in het hele gebied tussen Moddergat en Lauwersoog door menselijke ingrepen. Te denken valt aan de aanleg van de strekdammen op het wad bij Paesens, de dijk aanleg langs de kust en de afdamming van het Lauwersmeer (Wang, 2007).

De spijkermetingen zijn ook vergeleken met de LiDAR dataset. Beide methodes om bij wadplaten de hoogte-ontwikkeling te volgen, laten dezelfde opslibbingstrend zien met vergelijkbare waarden (hoofdstuk 4, Krol, 2022).

Interpretatie trends en deelconclusie

- De 2021 LiDAR opname past wederom goed in de gehele meetreeks sinds aanvang van de metingen in 2010:
 - Het gerapporteerde plaatareaal voor de Zoutkamperlaag is constanter gebleven door de meetreeks heen dan voor het Pinkegat. Voor het Pinkegat suggereert de meetreeks een geringe afname van het plaatareaal over de gehele tijdsreeks, maar deze afname is klein ten opzichte van de onzekerheidsmarge en zet niet door tussen 2019 en 2021. Voor de laatste vier jaren blijft het gemeten areaal voor het Pinkegat constant. Daarmee laten de LiDAR data geen effecten van bodemdaling zien.
- In zowel het Pinkegat als de Zoutkamperlaag zijn de gemeten veranderingen in plaatareaal, plaathoogte en totaal watervolume groter dan de berekende waarden die op basis van het geodetische bodemdalingsmodel verwacht zou mogen worden. Hieruit volgt dat de morfodynamische processen dominant lijken bij de ontwikkeling van de wadplaten in deze kombergingsgebieden onder de huidige omstandigheden en bij de huidige mate van bodemdaling.
- Op de schaal van deelgebieden binnen de kombergingsgebieden zijn veranderingen in morfologie waar te nemen. De natuurlijke dynamiek van geulen en platen en de daarbij behorende sedimenttransporten, leiden tot veranderingen in plaathoogte die het effect van bodemdaling op lokale schaal kunnen versluieren. Een eenduidig bodemdalingssignaal in de morfologische ontwikkelingen komt niet naar voren uit de LiDAR dataset.

TE HANTEREN BESLISSHEMA

| B | Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel habitattypes <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i> | | |
|----|--|--------|--------|
| 1 | Negatieve en duidelijke trend in oppervlakte? | 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? (richting, ruimtelijk en temporeel) | Y → 9 | N → 5 |
| 5 | Negatieve en duidelijke trend in kwaliteit van het habitatype? | 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? (richting, ruimtelijk en temporeel) | Y → 9 | N → 10 |
| 9 | Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand aan de Kraan). | | |
| 10 | Oordeel: Er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld voor het betreffende monitoringjaar. | | |

TOEPASSING VAN HET BESLISSHEMA

Vraag 1: *Is er sprake is van een negatieve en duidelijke trend in de oppervlakte van het habitat? (hierbij dient ook bij twijfel “Ja” geantwoord te worden)*

Antwoord: Zowel voor het Pinkegat als voor de Zoutkamperlaag is dit niet het geval → 5



Vraag 5: *Is er een negatieve en duidelijke trend in de kwaliteit van dit habitatype?*

Antwoord: (het antwoord komt uit het onderzoek: “Vogelsoorten en kwaliteit droogvallende wadplaten”

- Wanneer naar het schelpenbestand wordt gekeken, dan lijkt de totale beschikbaarheid af te nemen, door met name de kokkel.
- Het bestand kreeftachtigen fluctueert sterk, er is geen duidelijke trend. Daarom kan niet worden uitgesloten dat dit het gevolg is van *sampling variance*.
- Het bestand aan wormen ontwikkelt zich positief.

Op basis van de ontwikkeling van het kokkelbestand wordt verwezen naar: → 8



Vraag 8: *Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel)*

Antwoord: De afname van het kokkelbestand is zichtbaar in het gehele Waddenzeegebied. De sterke afname tussen 2018 en 2020 is mede het gevolg van grote sterfte van droogvallende kokkels tijdens de hittegolven in de nazomers van 2018 en 2019 (Troost et al. 2021): → 10



→ 10 OORDEEL:

ER IS GEEN EFFECT VAN BODEMDALING OP DE INSTANDHOUDINGSDOELSTELLINGEN VASTGESTELD VOOR HET BETREFFENDE MONITORINGJAAR.

Vogelsoorten en kwaliteit droogvallende wadplaten

De kwaliteit van het habitatype 'bij eb droogvallende slik- en zandplaten' wordt bepaald door de 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 belangrijkste natuurlijke functie van de wadplaten is die van foerageergebied voor de grote aantallen vogels die op de Oost-Atlantische trekroute (*Flyway*) van de Waddenzee afhankelijk zijn.

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. Tabel 7 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 (Duijns *et al*, 2022).

Tabel 7. Overzicht van aantalsontwikkelingen in relatie tot de ontwikkeling van de gemodelleerde draagkracht van het foerageergebied per vogelsoort.

| SOORT | TRENDS | DRAAGKRACHT GEBIED |
|---|---|---|
|  <p>Bergeend</p> | <p>In de periode 1994-2021 was het aantal Bergeenden in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag stabiel, met in de laatste tien jaar een matige afname. Die afnemende trend lijkt afgeremd en te stabiliseren. Dit patroon wordt ook in andere delen van de Waddenzee waargenomen</p> | <p>Het totale voedselaanbod voor de Bergeend laat geen significante trends, of juist een toename zien. Wel zijn er veel meer Slijkgarnalen in de westelijke Waddenzee, dit weerspiegelt de herverdeling van het voedselaanbod.</p> |
|  <p>Pijlstaart</p> | <p>Het aantal Pijlstaarten in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag neemt toe. Voor de kortere termijn wordt de trend als stabiel gezien, evenals in andere delen van de Nederlandse Waddenzee.</p> | <p>De kwaliteit van het Waddengebied als foerageergebied laat sinds 2008 geen significante trend zien.</p> <p>Daarnaast zijn Pijlstaarten ook aangewezen op voedsel buiten de wadplaten, zoals bladdelen en zaden van kwelderplanten.</p> |
|  <p>Scholekster</p> | <p>Het aantal Scholeksters dat in de Waddenzee overwintert neemt af sinds 1990 af. Deze trend is ook te zien in het Pinkegat en in de Zoutkamperlaag.</p> | <p>Het Kokkelbestand neemt sinds 2011 af, dit is de belangrijkste voedselbron voor Scholeksters.</p> <p>In 2021 lijkt het aanbod Kokkels weer iets toe te nemen, maar van massale broedval is niet te spreken.</p> |

| SOORT | TRENDS | DRAAGKRACHT GEBIED |
|---|--|---|
|  <p data-bbox="204 488 264 515">Kluut</p> | <p data-bbox="549 277 975 501">Het aantal Kluten in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag nemen evenals in de rest van het Waddengebied af. Op Europees niveau neemt de populatie wel toe, wat betekent dat een steeds kleinere populatie Kluten nog gebruik maakt van de Waddenzee.</p> | <p data-bbox="1000 277 1417 371">Zowel de voedselbeschikbaarheid als -bereikbaarheid zijn na 2017 duidelijk toegenomen.</p> <p data-bbox="1000 407 1417 568">Een mogelijke oorzaak van de waargenomen afname van de Kluut is een afnemend broedsucces door een verhoogde predatie langs de vastelandskust.</p> |
|  <p data-bbox="204 842 338 869">Zilverplevier</p> | <p data-bbox="549 602 959 763">Het aantal Zilverplevieren in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag is de laatste twintig jaar sterk toegenomen en lijkt nu min of meer stabiel. Dit is positiever dan de trend elders.</p> | <p data-bbox="1000 602 1433 763">Een mogelijke verklaring zijn de steeds warmer wordende winters en de 'lokale' toename van het wormenbestand, in tegenstelling tot de afname van het schelpdierenbestand.</p> |
|  <p data-bbox="204 1149 370 1176">Bontbekplevier</p> | <p data-bbox="549 904 943 1032">Het aantal Bontbekplevieren in het Waddengebied neemt toe. Dit geldt ook voor het Pinkegat en de Zoutkamperlaag.</p> | <p data-bbox="1000 904 1433 1066">Net als voor de Zilverplevieren, geldt dat de oogstbare hoeveelheid voedsel - met name wormen - voor Bontbekplevieren in de periode 2009-2021 is toegenomen.</p> |
|  <p data-bbox="204 1518 408 1545">Kanoetstrandloper</p> | <p data-bbox="549 1207 967 1402">Kanoeten vertonen voor de 'eerste' termijn een stijgende trend. Vanaf 2009 laat de trend een matige afname zien, in de andere delen van de Nederlandse Waddenzee wordt deze als stabiel beoordeeld.</p> | <p data-bbox="1000 1207 1433 1368">Sinds 2007 neemt de dichtheid aan Nonnetjes in het westelijke deel van de Waddenzee toe. Een deel van de Kanoeten verplaatst zich naar dat deel van de Waddenzee.</p> <p data-bbox="1000 1404 1417 1565">De aanwezigheid van de Slechtvalk als predator kan hierbij een sterke rol spelen. Vooral 's winters is de Slechtvalk talrijk aan het worden in Pinkegat-Zoutkamperlaag.</p> |
|  <p data-bbox="204 1798 427 1825">Drieteenstrandloper</p> | <p data-bbox="549 1599 967 1760">Het aantal Drieteenstrandlopers in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag laten een opvallende stijgende trend zien in relatie tot de Duitse en Deense Waddenzee.</p> | <p data-bbox="1000 1599 1417 1727">De beschikbare en bereikbare hoeveelheid aan voedsel voor de Drieteenstrandlopers is in de periode 2008-2020 gelijk gebleven.</p> <p data-bbox="1000 1762 1385 1856">Daarnaast kan de opwarming ertoe leiden dat de Drieteenstrandloper vaker 'double breeding' toepast.</p> |

| SOORT | TRENDS | DRAAGKRACHT GEBIED |
|---|---|--|
|  <p>Bonte Strandloper</p> | <p>In de kombergingen van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag is sprake van stabiele aantallen Bonte Strandlopers, zowel op de korte als de lange termijn. Dit wijkt af van de andere delen van de Nederlandse Waddenzee, waar sprake is van toename.</p> | <p>De verklaring kan liggen in het feit dat het beschikbare voedsel over de langere termijn ook stabiel is gebleven.</p> |
|  <p>Rosse Grutto</p> | <p>In de periode 1995-2008 is het aantal Rosse Grutto's in zowel het Pinkegat als de Zoutkamperlaag sterk afgenomen, maar op de korte termijn is de trend stabiel.</p> <p>In de rest van de Nederlandse Waddenzee is deze ook stabiel.</p> | <p>Het voedselaanbod voor de Rosse Grutto's vertoont een stijgende trend.</p> <p>Mogelijk is er een negatief effect van klimaatverandering in de arctische broedgebieden.</p> |
|  <p>Wulp</p> | <p>Het aantal Wulpen in het gebied Pinkegat-Zoutkamperlaag neemt licht af, terwijl dit in de rest van de Nederlandse Waddenzee stabiel is.</p> | <p>Voor de Wulp zijn er geen signalen dat het voedselaanbod in dit gebied verslechtert. Wat wel kan spelen is dat, naast het wad tijdens het laag water, weilanden een belangrijk voedselgebied vormen voor de Wulp.</p> <p>Daarnaast is de Wulp de schuwste wadvogel en kunnen lokale activiteiten verstorend werken.</p> |
|  <p>Tureluur</p> | <p>In de periode 2008-2021 is het aantal Tureluurs in het gebied Pinkegat-Zoutkamperlaag licht afgenomen, maar niet ongunstiger dan op grootschaliger niveau.</p> <p>Voor de rest van de Nederlandse Waddenzee is het beeld stabiel.</p> | <p>Het oogstbare voedselaanbod voor de Tureluur vertoont een licht toenemende trend.</p> <p>De afname van de Noord-Europese populatie kan een rol spelen in de aantallen voor het gehele Waddengebied.</p> |
|  <p>Steenloper</p> | <p>Na een afname in de periode 2005-2014, vertoont de Steenloper sinds 2015 een stijgende trend.</p> <p>De trend wordt formeel niet meer als onzeker geclassificeerd, zoals vorig jaar.</p> | <p>Opvallend is dat het voedselaanbod een negatieve trend laat zien, maar de aantallen Steenlopers toenemen.</p> <p>Daarbij moet opgemerkt worden dat het dieet van de Steenloper ook nog niet heel goed bekend is.</p> |

Er zijn zes vogelsoorten zijn waarvan de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen rond het Pinkegat en de Zoutkamperlaag de laatste jaren afnemen (vanaf 2009). Dit zijn de Bergeend, Scholekster, Kluut, Kanoet, Wulp en Tureluur. Voor twee van deze soorten geldt dat hun aantalsontwikkeling in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag gelijk is aan die in de rest van de Waddenzee. Voor de Bergeend, Kanoet, Wulp en Tureluur geldt dat niet.

- De Bergeend lijkt in zijn ruiperiode de voorkeur te geven aan gebieden met grote dichtheden Slijkgarnaaltjes, zoals de Balastplaat. Het veel diversere voedselaanbod van de Bergeend neemt niet af in het Pinkegat of de Zoutkamperlaag.
- De Kanoet is in sterke mate afhankelijk van kleine schelpdieren zoals het Nonnetje (Zwarts en Blomert, 1992). Na een lange periode van afname halverwege de jaren 90, neemt sinds 2007 de dichtheid Nonnetjes in de westelijke Waddenzee weer toe (Beukema *et al.* 2017). Mogelijk verplaatst een deel van de Kanoeten zich daarom naar het westelijke deel van de Waddenzee. Deze verplaatsing door de Kanoet zou mogelijk ook ingegeven kunnen zijn om predatie door Slechtvalken te voorkomen. Vooral 's winters is de Slechtvalk talrijk aanwezig in het oostelijk deel van Nederlandse Waddenzee, waaronder het Pinkegat en de Zoutkamperlaag. (Buiten *et al.* 2016, Ens *et al.* 2017, van den Hout *et al.* 2009).
- Voor de Wulp zijn er geen indicaties dat het voedselaanbod in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag verslechtert. Wat een rol kan spelen is dat naast het wad ook de weilanden een belangrijk voedselgebied vormen voor de Wulp (Ens & Zwarts 1980, Navedo *et al.* 2019). In deze monitoring wordt het voedselaanbod op de weilanden echter niet meegenomen.

Een ander aspect dat kan spelen is het element verstoring. De Wulp is van nature zeer gevoelig voor verstoring en is veruit de schuwste wadvogel, met de grootste vliegafstand voor mensen. Zo is in de periode 2015-2017 op Ameland de dijk versterkt, die werkzaamheden bleken veel grotere gevolgen te hebben voor overtuigende vogels dan eerder voorspeld. Daarbij reageerden de Wulpen het sterkst op de werkzaamheden (Kersten *et al.* 2014): naar schatting ontbrak er 74% ten opzichte van de nulmonitoring van 2014 (Kersten *et al.* 2016). Recent is ook gestart met de dijkversterking Lauwersoog-Koehoorn welke nog enkele jaren in uitvoering blijft.

- Voor de Tureluur lijkt er een discrepantie te zitten tussen de trends over de onderzoeksperiode in de aantallen Tureluurs in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag (trend matige afname) en in de berekende proxies voor voedselbeschikbaarheid.

Het oogstbare voedselaanbod voor de Tureluur vertoont een licht toenemende trend. Het verschil kan erop duiden dat andere factoren dan voedsel in het geding zijn, maar welke is niet geheel duidelijk. Mogelijk speelt verstoring ook bij deze soort een rol, evenals de afname van de Noord-Europese *totanus*-populatie als geheel zou hierin een rol kunnen spelen.

TE HANTEREN BESLISSCHEMA

| A | Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel vogels (N2000-soorten) <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i> | | |
|---|---|-------|-------|
| 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) <i>Dit (4) is de vergelijking met berekende proxies, vegetatiestructuur, 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> | Y → 5 | N → 8 |
| 5 | Heeft de trend in de draagkracht/gebiedsfunctie een bekende of voor de hand liggende oorzaak? (anders dan bodemdaling/maaiveldaling) <i>Denk hierbij (5) aan beheer zoals begrazing, waterpeil, predatie, methodische veranderingen, etc.</i> | N → 6 | Y → 8 |
| 6 | Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel) (is er een mogelijke relatie) | Y → 7 | N → 8 |
| 7 | Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand Aan de Kraan). | | |
| 8 | Oordeel: Er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld in het betreffende monitoringjaar. | | |

TOEPASSING VAN HET BESLISSHEMA

Vraag 1: Is er sprake is van een negatieve trend in de populatieomvang in het beïnvloedingsgebied?)

Antwoord: dat is het geval voor de soorten Bergeend, Scholekster, Kluut, Kanoet, Wulp en Tureluur → 2



Vraag 2: Is de geobserveerde trend anders dan in het andere deel van de Waddenzee?

Antwoord: dat is het geval voor de Bergeend, Kanoet, Wulp en Tureluur → 3



Vraag 3: Heeft deze trend een andere oorzaak dan bodemdaling?

Antwoord: Er zijn aanwijzingen dat de Bergeend de verplaatsing van de Slijkgarnaal volgt, voor de kanoet geldt dat waarschijnlijk voor de verplaatsing van het Nonnetje naar de westelijke Waddenzee, de Wulp kan erg gevoelig zijn voor gebiedsverstoreningen en voor de Tureluur lijkt een afname van Noord Europese populatie een rol te spelen. Voor alle soorten is dit slechts een deel van het antwoord → 4



Vraag 4: Hoe 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)

Antwoord: Voor zowel de Bergeend, Kanoet, Wulp en Tureluur is de draagkracht-voedselbeschikbaarheid van Pinkegat en Zoutkamperlaag om te kunnen foerageren niet afgenomen; voor enkele soorten eerder duidelijk toegenomen → 8



→ 8 OORDEEL:

ER IS GEEN EFFECT VAN BODEMDALING OP DE INSTANDHOUDINGSDOELSTELLINGEN VASTGESTELD IN HET BETREFFENDE MONITORINGJAAR.

Deelconclusie

Op basis van Duijns *et al.* (2022) concluderen we dat er geen aanwijzingen zijn voor een effect van bodemdaling door gaswinning op de beschermde vogelsoorten of op de voedselbeschikbaarheid van de wadplaten als foerageergebied voor de Natura-2000 doelsoorten.

In Bijlage 2 wordt een nadere toelichting gegeven op de in gang gezette aanpassingen in de analyse systematiek door de onderzoekers in Duijns *et al.* (2022). Deze aanpassingen borduren voort op enerzijds de vorig jaar geïntroceerde effectketen om de drukfactoren voor de proxies voor draagkracht beter te begrijpen en te kunnen valideren in Ens *et al.* (2021). Anderzijds wordt hiermee ook invulling aan het advies van de Auditcommissie gegeven om na te gaan hoe machine learning niet eerder gedetecteerde verbanden tussen diepe-bodemdaling, morfologie en ecologie bloot kan leggen. Hiervoor wordt dit jaar voor het eerst de methodiek van *Structural Equation Modelling* (SEM) toegepast, naast de al bestaande signaleringsmonitoring en analyse methodiek. Deze methodiek zal over een periode van drie jaar stapsgewijs geïmplementeerd worden.

Een intrinsiek onderdeel van de signaleringsmonitoring is een door Sovon ontwikkeld Beslisschema, welke in opbouw en verloop op een aantal punten verschilt van het Beslisschema ontwikkeld voor het voorliggende Integrale Beoordeling. Voor beide Beslisschema's blijft de huidige deelconclusie onveranderd: er zijn geen aanwijzingen voor mogelijk nadelige effecten op de beschermde wadvogels en de voedselbeschikbaarheid van de wadplaten.

Kweldermonitoring Peazemerlannen



In het noordoostelijk deel van Fryslân, direct ten westen van het Lauwersmeer, ligt buitendijks het gebied van de Peazemerlannen. De Peazemerlannen is een oude polder waar in 1973 en 1979 delen van de dijk doorgebroken zijn, waarna de polder verkwelderd is. Het is nu een natuurgebied bestaande uit een beweide zomerpolder en een niet-beweide kwelder met een pionierzone op het voorliggende wad.

In totaal is het begroeide gebied ca. 200 hectare groot. Deze ‘vastelandskwelder’ staat onder invloed van diepe bodemdaling door de gasproductie uit de gasvelden Moddergat en Nes. De gemiddelde diepe bodemdaling in dit gebied bedraagt ca. 3,5 mm/jaar.

Kwelders zijn wadplaten die begroeid zijn geraakt met vegetatie die bij hogere waterstanden overstromen. Tijdens een overstroming van de kwelder bezinkt er slib tussen de vegetatie, waardoor in de loop van de tijd de maaiveldhoogte toeneemt. In de tijd kunnen zich naast pioniersvegetatie – zoals Zeekraal (*Salicornia spp.*) - ook meerjarige planten gaan vestigen (successie) en uiteindelijk zal de vegetatie op de hoge kwelder een climaxstadium bereiken. Op de Peazemerlannen heeft een groot deel van de kweldervegetatie dit climaxstadium bereikt en domineert Zeekweek (*Elytrigia atherica*).

De kwelder van de Peazemerlannen is onderdeel van het Natura 2000-gebied Waddenzee. De beleidsdoelstelling voor dit gebied is: ‘Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras’.

De kweldermonitoring in de Peazemerlannen, in het licht van de bodemdaling als gevolg van de gaswinning onder het gebied, richt zich op drie vraagstellingen:

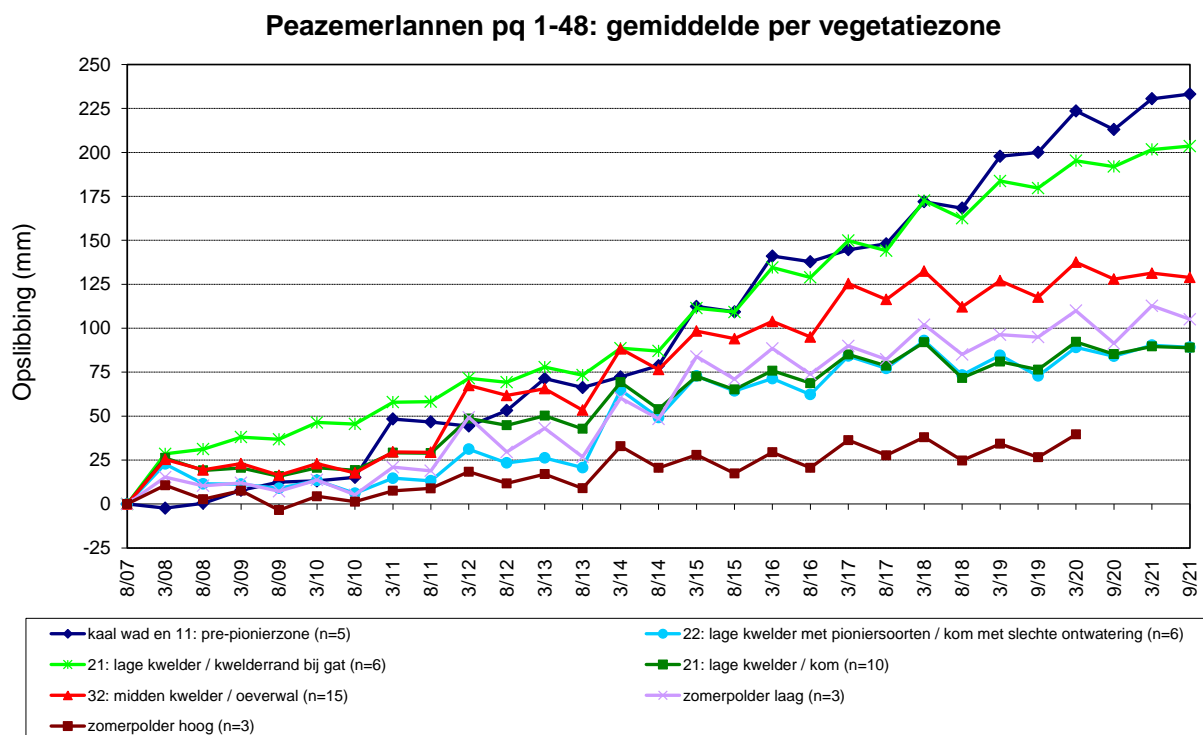
1. Hoe groot is de jaarlijkse opslibbing verdeeld over het gebied en is dit voldoende om de relatieve zeespiegelstijging en de bodemdaling door gaswinning te compenseren?
2. Hoe is de ontwikkeling van de kweldervegetatie in het gebied?
3. Hoe is de ontwikkeling van het kwelder-areaal, inclusief de pre-pioniervegetatie in relatie tot de bodemdaling onder het voorliggende wad?

De onderzoeksresultaten zijn beschreven in: Van Duin (2022) Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en referentiegebieden: Jaarrapport 2021 [Artemisia-rapport 2022-01].

Voor het onderzoek worden ook metingen uitgevoerd in een referentiegebied in West-Groningen waar geen bodemdaling als gevolg van gaswinning optreedt en nog een aantal referentiepunten in Noord-Friesland Buitendijks, Holwerd en Julianapolder.

Opslibbing

In de periode 2007 – 2021 is bij alle meetpunten gemiddeld een toename van de maaiveldhoogte opgetreden (figuur 16). De gemiddelde jaarlijkse netto opslibbing in de pionierszone en de verschillende vegetatiezones van de kwelder lag tussen 6-15 mm/jaar. In de zomerpolder is gemiddeld een opslibbing gemeten van 7 mm/j in de lage delen aan de oostkant. Op het kale wad en in de pre-pionierszone is een gemiddelde toename in maaiveldhoogte gemeten van 17 mm/jaar.



Figuur 16. Gemiddelde cumulatieve netto-opslibbing (mm) per vegetatiezone (met SALT97 code) in de kwelder en deelgebied in de zomerpolder op basis van SEB-metingen in de Peazemerlannen van 2007-2021. Data betreffende de zomerpolder-hoog vanaf 9/20 ontbreken wegens het afmaaien van de SEB-palen.

In dezelfde periode bedroeg de gemiddelde bodemdaling 3,5 mm/jaar en was de gemiddelde hoogwaterstijging 2 mm/jr (trend Lauwersoog 2007-2021). Er zijn 11 van de 48 meetpunten die gemiddeld een lagere opslibbing hebben dan 5,5 mm/jaar.

De locatie (een hooggelegen zomerpolder, ligging naast of in een poel, een grote afstand tot het wad of een kreek) al dan niet in combinatie met een vertrapping door beweiding of een afwisselend natte en droge bodem van een poel (waardoor verweking/erosie en inklinking optreedt) zijn bepalend zijn voor de lage opslibbing. Zodra een poel weer gedraineerd wordt, door aansluiting op een kreek via van nature voorkomende terugschrijdende erosie, zal ook de sedimentaanvoer en vegetatieontwikkeling op gang komen.

Wat bij een aantal PQ's met een beperkte opslibbing ook een rol gespeeld kan hebben is dat 2018, 2019 en 2020 bijzonder droog waren, wat inklinking door uitdroging veroorzaakt kan hebben. Ook zijn er weinig sediment aanvoerende hoge tijen geweest in 2018 en 2019. Als laatste mogelijke oorzaak wordt gewezen op de schapenbeweiding die in 2018, 2019 en 2021 op vrij grote schaal heeft plaatsgevonden in een deel van de westelijke kwelder. Dit heeft bij enkele PQ's tot vertrapping en daarmee inklinking geleid.

In het referentiegebied West-Groningen (zonder bodemdaling) is de gemiddelde netto-opslibbing lager dan in de Peazemerlannen. Bij de meeste meetpunten liggen de belangrijkste oorzaken hiervan niet aan het wegspoelen van sediment (erosie) of afgenomen opslibbing. Oorzaak is een verlaging van het maaiveld door vertrapping en compactie veroorzaakt door beweiding die na 2013 op verschillende locaties is gestart of is toegenomen.

Bij de aanvullende meetpunten komt de gemiddelde jaarlijkse opslibbing in de periode 2007-2021 voor de meeste vegetatiezones vrij goed overeen met die in de Peazemerlannen. De lagere opslibbing bij een aantal aanvullende meetpunten in de middenkwelder heeft als mogelijke verklaring dat de afstand tot het wad (als sedimentbron) bij deze punten vaak groter is dan in de Peazemerlannen.

Geconcludeerd kan worden dat het gebied van de Peazemerlannen gemiddeld in voldoende mate opslibt om de bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging te compenseren. Alleen voor de hooggelegen delen van de zomerpolder geldt dit niet. De beperkte aanvoer van sediment speelt daar een rol in. Dit is mede een gevolg van bijvoorbeeld 'blokkades' door zomerkades, (gedeeltelijk) door sediment/vegetatie geblokkeerde duikers en door de vrij hoge ligging van de PQ's. Dit zorgt voor een lagere opslibbing in verhouding tot de kwelder. Verder heeft ook compactie, veroorzaakt door de beweiding en vertrapping, invloed op de maaiveldhoogte en drainage in de zomerpolder. In droge jaren kan daar nog inklinking door uitdroging aan worden toegevoegd.

Ontwikkeling kweldervegetatie

De ontwikkeling van vegetatie bij de meeste monitoringsvakken is stabiel of vertoont successie ten opzichte van de situatie in 2007. Er zijn geen meetvlakken die regressie van de vegetatie vertonen.

Dit laat zien dat er tot nu toe, zelfs bij een negatieve opslibbingsbalans - al dan niet als gevolg van bodemdaling - geen kritische grens is overschreden met gevolgen voor de vegetatie. Gezien de huidige snelheid van bodemdaling past dat ook bij de verwachting. Daarnaast liggen alle monitoringsvlakken ver boven de theoretische ondergrens van hun vegetatiezone, waardoor ook niet te verwachten is dat er snel regressie van de vegetatie optreedt door bodemdaling. Bij de monitoring van de bodemdaling op Ameland is gebleken dat zelfs een opslibbingsachterstand van ruim 15 cm vaak nog geen regressie van de vegetatie tot gevolg had.

Het effect van de beweiding met schapen in het meest westelijke deel van de kwelder in 2018, 2019 en 2021 op de vegetatie is duidelijk zichtbaar (figuur 17). Mogelijk hebben de drie droge groeiseizoenen van 2018-2020 mede gezorgd voor de veranderingen.



Figuur 17 . De kale grond na schapenbeweiding bij PQ 8 in 2019 (links) is in 2021 (rechts) grotendeels begroeid door het eenjarige *klein schorrenkruid*.

Op de drie meest recente opeenvolgende vegetatiekaarten van de Peazemerlannen is de voortgaande successie/veroudering naar de middenkwelder met *zeekweek* duidelijk zichtbaar. Dit is een natuurlijke ontwikkeling als gevolg van opslibbing in combinatie met afwezige (of zeer extensieve) beweiding.

Daarnaast is de uitbreiding van de (pre-)pionierzone op het aangrenzende wad opvallend, deze is rond 1992 gestart en de opslibbing die de laatste jaren op het wad heeft plaatsgevonden kan deze uitbreiding helpen verklaren.

In de zomerpolder heeft zich in de loop der jaren een verschuiving voorgedaan op de hoge kwelderzone naar een meer gevarieerde mix van vegetatiezones. De toegenomen invloed van zout water door het geleidelijk aan verdwijnen/weghalen van de klepduikers tussen kwelder en zomerpolder heeft hieraan bijgedragen.

Ontwikkeling pionierzone

De lange termijn trend - al aangevangen voor de start van de gaswinning in 2007 - die op basis van de vlakdekkende vegetatiekaarten wordt waargenomen, is er een van natuurlijke successie/veroudering en uitbreiding van het areaal, met name in de (pre-) pionierzone. Deze ontwikkeling is ook na aanvang van de gaswinning doorgegaan. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat de meest recente kaart uit 2014 dateert en dat de bodemdaling toen nog zeer beperkt was.

Aan de andere kant laten de waarnemingen tijdens de veldbezoeken zien dat de uitbreiding van de (pre-)pionierzone ook na 2014 is doorgegaan en dat naast Zeekraal ook vaker Engels Slijkgras wordt aangetroffen (figuur 18). Medio 2022 wordt de geactualiseerde vegetatiekaart van RWS verwacht.



Figuur 18. Ontwikkeling (pre-)pionierzone met voornamelijk Zeekraal en (sporadisch) Engels slijkgras bij PQ 38 boven en PQ 45 onder. Links situatie in 2007 en rechts die in 2021.

Beweiding en beheer Peazemerlannen

Vanaf 2018 komt bij enkele meetvlakken in de westelijke kwelder van de Peazemerlannen soms schapenbeweiding voor. In het referentiegebied vormt de sinds 2013 toegenomen beweiding een knelpunt voor de bruikbaarheid van met name de meetvlakken als referentiewaarden, zowel voor de opslibbing als voor de vegetatieontwikkeling. Het gevoerde beweidingsbeheer heeft een effect op de ontwikkeling van de hoogteligging (door vertrapping en compactie) en de vegetatie (door verjonging danwel regressie en vertrapping) en lokaal ook op de drainage.

Het beheer van de Peazemerlannen is in handen van It Fryske Gea. Na het broedseizoen van 2022 zal It Fryske Gea beginnen met de herinrichting van het gebied. Er is al eerder afstemming geweest tussen de kwelderonderzoeker en It Fryske Gea om zoveel mogelijk rekening te houden met de monitoringactiviteiten in het gebied.

De voorgenomen beweiding van de kwelder met koeien zal beperkt blijven tot het deel zonder meetpunten. Ingrepen in het drainagepatroon (geulen en greppels) in verband met veeveiligheid in het beweidingsgebied zullen waarschijnlijk vooral ter plekke een effect hebben op ontwatering en opslibbing. Waar de beweiding wordt ingezet, zal het maaiveld door vertrapping en compactie flink verlagen en mogelijk lokaal vernatten.

Van de verkweldering van het oostelijke deel van de zomerpolder wordt verwacht dat de opslibbing na verkwelderen zal toenemen, omdat er vaker en meer water met sediment in het gebied zal komen. Met het oog op de verkweldering zijn in 2019 al drie extra SEB-meetpunten toegevoegd in het hogere deel van de zomerpolder.

In het westelijke deel van de zomerpolder gaan met name veranderingen in het watermanagement mogelijk een effect hebben op de maaiveldhoogte. Door het gebruik van stuwen neemt in sommige periodes de vochtigheidstoestand in dit deelgebied naar verwachting toe en neemt de aanvoer van sediment mogelijk ook af.

TE HANTEREN BESLISSCHEMA

| B | Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel habitatypes <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i> | | |
|----|--|--------|--------|
| 1 | Negatieve en duidelijke trend in oppervlakte? | 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? (richting, ruimtelijk en temporeel) | Y → 9 | N → 5 |
| 5 | Negatieve en duidelijke trend in kwaliteit van het habitatype? | 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? (richting, ruimtelijk en temporeel) | Y → 9 | N → 10 |
| 9 | Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand aan de Kraan). | | |
| 10 | Oordeel: Er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld voor het betreffende monitoringjaar. | | |

TOEPASSING VAN HET BESLISSCHEMA

Vraag 1: Is er sprake is van een negatieve en duidelijke trend in het oppervlakte van het habitat? (hierbij dient ook bij twijfel "Ja" geantwoord te worden)

Antwoord: Voor de verschillende onderzochte kwelderhabitats is dit niet het geval → 5



Vraag 5: Is er een negatieve en duidelijke trend in de kwaliteit van dit habitattype?

Antwoord: Er zijn geen meetpunten die regressie van vegetatie vertoonden. De vegetatie bij de meetpunten is stabiel of vertoont successie ten opzichte van de situatie in 2007 → 10



→ 10 OORDEEL:

OORDEEL: ER IS GEEN EFFECT VAN BODEMDALING DOOR GASWINNING OP DE INSTANDHOUDINGSDOELSTELLINGEN VASTGESTELD VOOR HET BETREFFENDE MONITORINGJAAR.

Deelconclusie

Hoewel de bodemdaling door gaswinning niet overal op de kwelder gecompenseerd wordt door sedimentatie, blijft de vegetatie stabiel of vertoont successie. Een vertraagde netto-ophoging van het maaiveld tijdens de bodemdalingsperiode zou de veroudering van de kweldervegetatie op den duur mogelijk lokaal iets kunnen vertragen. Aangezien veroudering/successie de trend is, zou dit gezien kunnen worden als een tijdelijk positief neveneffect van gaswinning, maar de verwachte bodemdaling is te beperkt om het 'verouderingsprobleem' grootschalig en langdurig tegen te gaan.

Er zijn tot nu toe geen aanwijzingen dat de bodemdaling negatieve effecten op de vegetatie- (ontwikkelingen) heeft gehad.

Monitoring Lauwersmeergebied

Het Lauwersmeergebied is op nationaal en internationaal niveau een belangrijk vogelgebied. Het is een waterrijk natuurgebied dat in 1969 is ontstaan door de afsluiting van de toenmalige Lauwerszee. Met die afsluiting trad een verandering op van een systeem met getijdenwerking naar een systeem met een vast (streef-)peil, dat bovendien gemiddeld lager ligt dan voorheen. Hierdoor is het oppervlak dat met regelmaat overstromde sterk afgenomen en kwamen grote oppervlakten zand- en slikplaten droog te liggen.

Als gevolg van de afsluiting en het droogvallen kwam ontzilting van het water en de platen op gang. 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 het zoute grondwater. Ook is op een aantal plekken in het gebied bos aangeplant. Het huidige beheer - ingezet in de zomer van 1989 - is erop gericht het landschap open te houden. Dit beheer bestaat vooral uit begrazing door vee en uit maaien. Voor de rietontwikkeling zou een meer natuurlijk fluctuerend waterpeil goed zijn.

De monitoring in het Lauwersmeergebied is – in het licht van de bodemdaling als gevolg van de gaswinning – gericht op het vaststellen van de invloed op trends en verspreiding van broedvogels. Hierbij wordt in kaart gebracht wat de ontwikkelingen zijn op de soortensamenstelling van de vegetatie, vegetatiestructuur, grondwaterstanden, bodemchemische toestand, chemische indicatoren in grondwater en erosie langs plaatranden.

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.

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. Hierbij wordt in kaart gebracht wat de ontwikkelingen zijn op de soortensamenstelling van de vegetatie, vegetatiestructuur, grondwaterstanden, bodemchemische toestand, chemische indicatoren in grondwater en erosie langs plaatranden. Gaat het broedgebied achteruit, dan spreken we van een afname van de draagkracht van het gebied voor de vogelsoort die daar door 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 uitspraken over te kunnen doen, vindt naast de vogeltellingen de monitoring van de vegetatie-ontwikkeling plaats, 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, als ook naar het effect van begrazing op de rietstructuur en -dichtheid.

Trendmatige ontwikkeling Natura 2000 broedvogelsoorten

Kleefstra *et al.* (2021) hebben vastgesteld dat van de dertien Natura 2000-soorten die in het Lauwersmeer voorkomen er vijf soorten zijn die daar niet meer tot broeden komen. Van de overige acht soorten liggen de aantallen alleen bij de soorten Snor en Blauwborst duidelijk boven de instandhoudingsdoelstelling; in het geval van de Rietzanger is dat onzeker.


De analyses over het monitoringjaar 2020 gaan in detail in op de afwijking van de lokale van landelijke trends voor rietvogels als Bruine Kiekendief, Snor, Rietzanger en Blauwborst (zie tabel 8). De afwijkingen dan wel veranderingen hebben over het algemeen direct of indirect te maken met het (begrazings-) beheer. Directe verbanden zijn bijvoorbeeld het verdwijnen riet en het ontstaan van padennetwerken in rietlanden, een indirect verband is bijvoorbeeld de uitbreiding van het wilgenstruweel.

In de detailanalyse 2021 voor de rietbroedvogels konden – evenals vorig jaar - de Roerdomp en het Porseleinhoen niet worden meegenomen omdat hun aanwezigheid in het gebied te schaars is om in detail een koppeling te kunnen leggen met ecologische omgevingsfactoren.

Voor de Porseleinhoen is de gebiedstrend sterk negatief, voor de Roerdomp blijven de aantallen in het Lauwersmeer achter bij de landelijke en regionale toename. In het Lauwersmeer moet die soort het nog vrijwel uitsluitend hebben van natte, niet-begraasde rietmoerassen met een eigen waterhuishouding die los van de boezem staat. De grote, veelal beweide platen zijn ongeschikt door het ontbreken van nat, structureel rietland met goed ontwikkelde rietoevers.

Tabel 8. Vogelsoorten na selectie voor nadere detailanalyse

| SOORT | TRENDS | DRAAGKRACHT GEBIED |
|---|--|---|
|  <p>Bruine Kiekendief</p> | <p>Er broedden in 2021 ca. 15 Bruine Kiekendieven.</p> <p>De trend is geleidelijk afnemend. Ook de nationale ontwikkeling van het aantal Bruine Kiekendieven is negatief.</p> | <p>Om ongestoord te broeden heeft de Bruine Kiekendief uitgestrekt dicht en structureel rietland nodig.</p> <p>De kwaliteit van het rietland is de laatste jaren sterk afgenomen. Kansen liggen er voor de grotere platen, mits zich daar weer aaneengesloten rietlanden ontwikkelen.</p> |
|  <p>Blauwborst</p> | <p>De Blauwborst liet in 2021 een terugval zien tot 178 broedparen. Toch blijft de ontwikkeling in het Lauwersmeergebied positief. Dit is in lijn met de landelijke trend.</p> | <p>De deelpopulatie Blauwborsten in het Lauwersmeergebied is afhankelijk van opkomend struweel, grenzend aan een meer open, gefragmenteerd rietlandschap.</p> <p>De soort lijkt te profiteren van het padennetwerk van grote grazers in vegetaties.</p> |
|  <p>Snor</p> | <p>In 2021 neemt de toename van het aantal broedparen Snor weer sterk toe tot 109.</p> <p>Ook de landelijke trend is positief; in het Lauwersmeergebied is deze nog sterker.</p> | <p>Broedende Snorren zijn in het Lauwersmeer afhankelijk van vochtig rietland. Uitrastering van oeverzones door de beheerder, waarmee rietgroei langs de oevers nieuwe kansen krijgt, kan in het voordeel van de soort zijn.</p> |

| SOORT | TRENDS | DRAAGKRACHT GEBIED |
|---|---|---|
|  <p>Rietzanger</p> | <p>De Rietzanger vertoont een stabiele trend in het Lauwersmeergebied.</p> <p>Het aantal broedparen wordt geschat op 1.630 tot 2.000. Er is landelijk sprake van een licht stijgende trend.</p> | <p>Om te broeden zijn Rietzangers afhankelijk van droog tot vochtige rietvegetaties. Indien vochterige omstandigheden gepaard gaan met de mogelijkheid rietlanden te laten ontwikkelen (met beperking van grote grazers) verbeteren de omstandigheden voor Rietzangers.</p> |

Vegetatieontwikkeling

Van de onderdelen die horen bij de vegetatiekundige monitoring (integrale structuurkartering, transectkartering, opnamen permanente kwadraten) zijn in 2021 zowel de permanente kwadraten (PQ's) opgenomen als een integrale structuurkartering op basis van luchtfoto's en beperkte controle in het veld. Bij de permanente kwadraten staan ook peilbuizen en wordt ook de bodemhoogte bepaald.

De ontwikkelingen in de vegetatie in de permanente kwadraten worden vertaald naar tekenen van verruiging, vernatting, verrijking (nutriënten), ontzilting en verzuring. In de meeste PQ's is geen verandering vastgesteld van de rietbedekking. Alleen op de begraasde zuidelijke platen is in enkele PQ's wel sprake van een lichte afname van de rietbedekking. De enige toename in de rietbedekking is gemeten in een niet-begraasde PQ.

De verwachting was dat diepe bodemdaling tot maaiveld daling zou leiden en dat dit bij gelijkblijvend peilbeheer kan leiden tot hogere grondwaterstanden ten opzichte van het maaiveld, dus nattere omstandigheden. De vegetatieveranderingen in de PQ's duiden echter niet op nattere omstandigheden; op de noordelijke, zandige platen is er sprake van lichte mate van verdroging.

Uit de structuurkartering blijkt een toename van struweel door verdichting van de struikbedekking of door een uitbreiding van struiken. Dit wordt zowel in onbeweide terreinen als in beweide terreinen waargenomen. Ook lijkt er een toename van ruigtkruiden in rietland zodat zowel structuurarm als soortenarm rietland overgaat in ruigtkruidenrijk rietland. Het areaal aan waterriet blijkt vrijwel beperkt te zijn tot de terreinen waar sprake is van een gestuurd waterpeil.

De waargenomen vegetatie-ontwikkelingen vertonen geen relatie met bodemdaling door gaswinning.

Ontwikkeling draagkracht

In diverse gebieden is sprake van een voortschrijdende verstruiking, zowel in de overwegend grazige terreindelen als in de door landriet gedomineerde terreindelen. In het algemeen neemt de bedekking met riet veelal af, behalve in *exlosures*. Daarnaast neemt de fragmentatie van landriet toe door de begrazing.

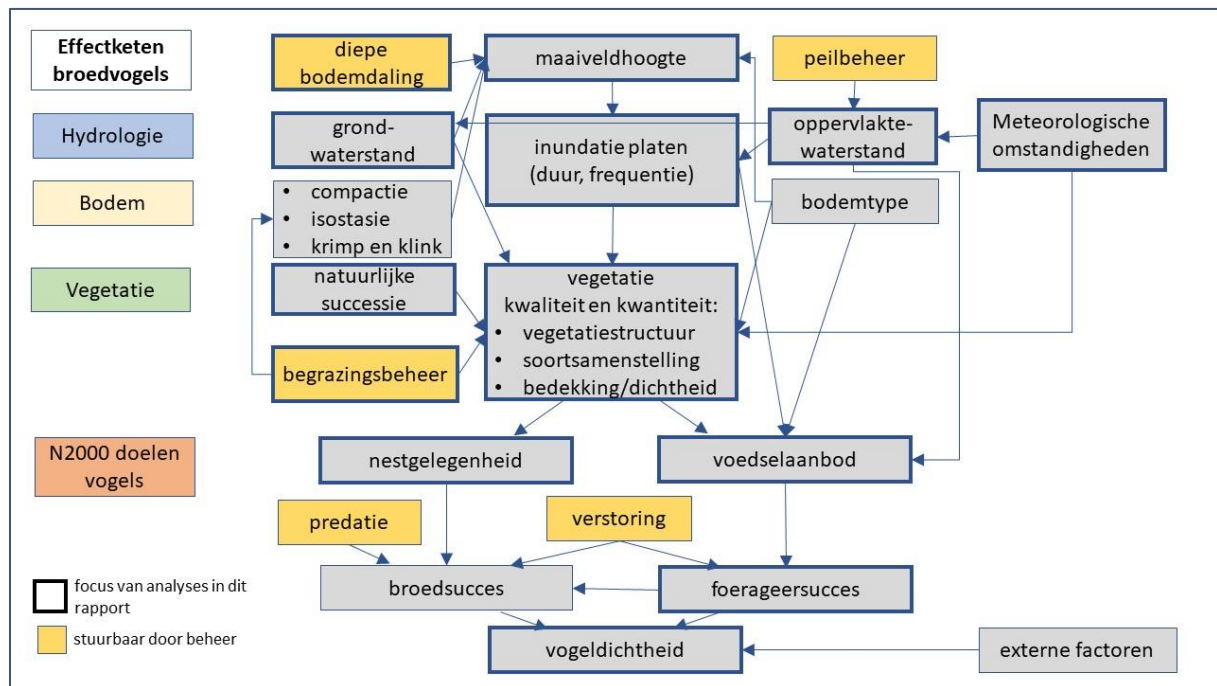
De beheerder probeert juist opslag van struiken en bomen tegen te gaan door vee in het gebied te plaatsen voor begrazing. Dit vee remt de toename van het struweel, maar veroorzaakt tegelijkertijd grote schade aan de rietvegetaties. Dicht, aaneengesloten landriet wordt stukgelopen en waterriet wordt opgegeten en vertrapt. In Kleefstra *et al.* (2021) is op basis van analyses van luchtfoto's - als ook met *ground truthing* - aangetoond hoe de dichtheid van koeienpaden en daarmee de fragmentatie van rietland toeneemt en de kwaliteit van de rietvegetatie afneemt.

De Blauwborst profiteert van de hierboven beschreven ontwikkeling. Ook andere kleine broedvogels, zoals de Snor en de Rietzanger hebben niet minder last van de fragmentatie van landriet dan de grotere vogelsoorten.

Het aantal Bruine Kiekendieven is sterk afgenomen. Dit komt doordat Vossen de nesten van de Kiekendieven in het gefragmenteerde rietland makkelijk kunnen vinden. De soorten die van dicht waterriet afhankelijk zijn, zijn afhankelijk van de moerasgebieden waarin geen vee wordt toegelaten. Het areaal van deze gebieden is beperkt, hetgeen de ontwikkeling van deze broedpopulaties tegenhoudt.

Integrale analyse Lauwersmeergebied

In antwoord op het advies van de Auditcommissie zijn in Kleefstra *et al.* (2021) de ecologische verbanden tussen hoogteligging, inundatie, vegetatieontwikkeling en ontwikkeling van de aantallen van geselecteerde Natura 2000-vogelsoorten in het licht van het begrazingsbeheer en de effecten van bodemdaling verder verdiept. Dit heeft geleid tot een verdere uitbreiding en concretisering van de effectketen-analyse (figuur 19) en het synthese overzicht.



Figuur 19. Schematische beschrijving van de effectketen van bodemdaling door gaswinning op de dichtheid broedvogels. De richting van de pijl geeft de richting van het effect aan. In het schema is met dikke omlinjing tevens ook de focus van de analyses over monitoringjaar 2021 aangegeven.

Verwacht werd dat bodemdaling zou leiden tot hogere grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld en dat dit nog versterkt zou worden door een verhoogd streefpeil. Analyse van de meetgegevens laat zien dat een relatie tussen bodemdaling en grondwaterstandsverloop ten opzichte van maaiveld, net als in voorgaande jaren, niet aantoonbaar aanwezig is. Het grondwaterstandsverloop, dat lijkt aannemelijk, wordt voornamelijk bepaald door de weeromstandigheden met factoren als neerslag en verdamping.

Ook vegetatieveranderingen die wijzen op grondwaterstandsveranderingen, duiden daarom niet op bodemdaling omdat daardoor juist vernatting verwacht wordt en dan vooral nabij het centrum van

de dalingschotel. De vegetatiestructuurveranderingen zijn evenmin gerelateerd aan de mate van diepe bodemdaling. Successie, begrazingsbeheer en mogelijke veranderingen in het terreingebruik door de grazers bepalen de structuurveranderingen. Waarschijnlijk hebben lagere zomergrondwaterstanden als gevolg van de droge en warme zomers ook een effect op rietgroei.

Overall in het gebied is sprake van maaivelddaling en deze wordt maar ten dele bepaald door diepe bodemdaling. Deze maaivelddaling leidt niet tot vernatting (hogere grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld) en de orde grootte van de maaivelddaling is gering ten opzichte van die van de pieken in oppervlaktewaterstand die leiden tot inundatie van lagere platen en plaatdelen.

Aantalsontwikkelingen van rietvogels in het Lauwersmeersgebied die afwijken van de landelijke ontwikkelingen zijn in eerste instantie direct (verdwijnen riet, ontstaan padennetwerk in rietland) of indirect (uitbreiding wilgenstruweel) gerelateerd aan het (begrazings)beheer.

Hoewel een effect van diepe bodemdaling (via maaivelddaling en verhoogde inundatiekans en -duur) op dichtheid en nestsucces voor sommige Natura 2000-soorten (*rietzanger*, *bruine kiekendief*) niet op voorhand is uit te sluiten, kan dit tot nu toe niet worden vastgesteld.

De relatieve bijdrage van respectievelijk diepe bodemdaling, vertrapping door grote grazers en het waterpeilbeheer op de inundatie van platen is niet bepaald. Wel is de orde grootte van deze factoren vele malen kleiner dan die van de variatie in oppervlaktewaterstanden, zowel tussen als binnen de jaren. De grond- en oppervlaktewaterstanden worden voornamelijk door de meteorologische omstandigheden bepaald. Het zijn uiteindelijk deze grond- en oppervlaktewaterstanden die de duur van inundatie en verdroging bepalen.

TE HANTEREN BESLISSHEMA

De resultaten van Kleefstra et al, als ook de doorvertaling ervan in het synthese-overzicht worden conform de methodiek van deze integrale beoordeling ook het in beslisschema A (onderdeel vogels – N2000 soorten) toegepast.

| A | Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel vogels (N2000-soorten) <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i> | | |
|---|---|-------|-------|
| 1 | Negatieve trend populatieomvang beïnvloedingsgebied? | Y → 2 | N → 8 |
| 2 | Is de geobserveerde trend 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) <i>Dit (4) is de vergelijking met berekende proxies, vegetatiestructuur, 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> | Y → 5 | N → 8 |
| 5 | Heeft de trend in de draagkracht/gebiedsfunctie een bekende of voor de hand liggende oorzaak? (anders dan bodemdaling/maaiveldaling) <i>Denk hierbij (5) aan beheer zoals begrazing, waterpeil, predatie, methodische veranderingen, etc.</i> | N → 6 | Y → 8 |
| 6 | Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel) (is er een mogelijke relatie) | Y → 7 | N → 8 |
| 7 | Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand Aan de Kraan). | | |
| 8 | Oordeel: Er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld in het betreffende monitoringjaar. | | |

TOEPASSING VAN HET BESLISSHEMA

Vraag 1: Is er een negatieve trend in populatieomvang beïnvloedingsgebied?

Antwoord: Voor de lange en korte termijn is de trend voor de Bruine Kiekendief respectievelijk stabiel en onzeker → 2



Vraag 2: Is de geobserveerde trend anders dan de landelijke trend?

Antwoord: De landelijke trend voor Bruine Kiekendief is negatief → 8



→ 8 OORDEEL:

OORDEEL: ER IS GEEN EFFECT VAN BODEMDALING DOOR GASWINNING OP DE INSTANDHOUDINGSDOELSTELLINGEN VASTGESTELD VOOR HET BETREFFENDE MONITORINGJAAR.

Deelconclusie

Voor de rietbroedvogels is met name de invloed van het begrazingsbeheer een bepalende factor. Daarnaast zijn ook droogval en inundatie van platen bepalend voor de habitatkwaliteit van rietvelden voor rietbroedvogels en voor op muizen foeragerende roofvogels. Dit wordt waarschijnlijk in grote mate bepaald door de sterke fluctuaties in het waterpeil, veroorzaakt door de meteorologische omstandigheden. Daarbij vertonen de waargenomen vegetatie-ontwikkelingen geen relatie met bodemdaling door gaswinning. Er zijn dan ook geen directe effecten van bodemdaling door gaswinning op de beschermde natuurwaarden vastgesteld.

In Kleefstra *et al.* (2022) stellen de onderzoekers op basis van het langjarig onderzoek naar (onderdelen van) de effectketen voor, om gebaseerd op de rapportage over monitoringjaar 2021 en de adviezen van de auditcommissie in de loop van 2022 een strategisch plan te ontwerpen voor toekomstige analyses. De mogelijkheid om via de modellering van ruimtelijk gedetailleerde dichtheidskaarten van rietvogels een steeds betere link te leggen tussen het lokale voorkomen van Natura 2000-soorten en omgevingsparameters (vegetatiestructuur, soortsaanpak van de vegetatie, veranderingen van plaatranden, plaatselijke hydrologische omstandigheden) konden zowel in de analyses over monitoringjaar 2021 als ook over 2020 reeds goed worden toegepast. Hier liggen veel mogelijkheden om met name de link met inundatiepatronen in het gebied verder te onderzoeken, mogelijk ook met geavanceerde statistische methodieken zoals die voor de MLV-winning worden toegepast en verder geïmplementeerd (zie Duijns *et al.* 2022).

Eindconclusies

| Beleidsdoel | Conclusie |
|---|--|
| <p>Meegroeivermogen Waddenzee:</p> <p><i>'Bodemdaling door gaswinning mag, in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschrijden of dreigen te overschrijden.'</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conform het Meet- & Regelprotocol is aangetoond dat de berekende gemiddelde bodemdalingssnelheid in cumulatie met de vastgestelde relatieve zeespiegelstijging het vastgestelde meegroeivermogen voor de beide kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag niet overschrijdt of dreigt te overschrijden. |
| <p>Waddenzee (wadplaten):</p> <p><i>'Behoud oppervlakte (en verbetering kwaliteit) slik- en zandplaten.'</i></p> <p><i>'Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen.'</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Het plaatgedrag in de deelgebieden binnen de beide kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag laten grote variaties zien. De geconstateerde veranderingen zijn eerder een gevolg van geul-plaat-dynamiek dan dat ze op een verband met de diepe bodemdaling duiden. ▪ Op de schaal van het kombergingsgebied heffen deze variaties in oppervlak en hoogte elkaar op en is de conclusie dat zowel de ontwikkeling van het totale plaatareaal als de plaathoogte binnen de onzekerheidsmarge van de LiDAR-metingen vallen. Daarmee laten de LiDAR-data geen effecten van bodemdaling zien. ▪ Alle onderzoeksgebieden laten, op basis van de spijkermetingen, over langere meetperiode sedimentatie zien aan het oppervlak. Bij Oost-Ameland is sprake van netto-bodemdaling (verdieping). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de morfologische en hydrodynamische veranderingen in een veel groter gebied rond Oost-Ameland. Aanwijzingen hiervoor zijn vooral de cyclische dynamiek van het Pinkegat en de veranderende lengte van de oostpunt. |
| <p>Waddenzee (wadplaten):</p> <p><i>'Behoud van omvang en kwaliteit foerageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels.'</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Voor zes van de onderzochte vogelsoorten is sprake van een negatieve aantalsontwikkeling in Pinkegat en Zoutkamperlaag. Voor twee soorten wordt deze negatieve trend ook gezien in het gehele Waddengebied. Voor de vier andere soorten zijn er geen aanwijzingen dat deze trend het gevolg is van bodemdaling door gaswinning. |
| <p>Kwelders Waddenzee:</p> <p><i>'Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras.'</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ In de Peazemerlannen vindt - met uitzondering van de zomerpolder – voldoende opslibbing plaats om de bodemdaling en zeespiegelstijging te compenseren. ▪ Door de uitbreidende en dichterbegroeid rakende pionierzone en het opslibbende voorliggende wad van de Peazemerlannen komt een beeld naar voren van successie. ▪ Er zijn geen aanwijzingen dat de bodemdaling tot nu toe nadelige effecten op de kweldervegetatie heeft gehad. |
| <p>Lauwersmeergebied:</p> <p><i>'Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels.'</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ In het Lauwersmeergebied vertoont een aantal beschermde broedvogelsoorten een negatieve trend die aan ontwikkelingen binnen het Lauwersmeergebied te relateren is. Deze ontwikkelingen zijn sterk fluctuerende waterstanden, 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 kan worden gerelateerd aan bodemdaling door gaswinning. |

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.

Buiter R., Govers L. & Piersma T. (2016). *Knooppunt Waddenzee*. Bornmeer, Gorredijk.

Duijns S., Troost K., Van Winden E., Schekkerman H., Rappoldt K., Nienhuis J., Folmer E.O. (2022) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - Rapportage t/m monitoringjaar 2021. *Sovon-rapport 2022/30*

Ens B.J. & Zwarts L. (1980). Wulpen op het wad van Moddergat. *Watervogels* 5:108-120.

Ens B.J., Kleefstra R., van Winden E.A.J., Polwijk F., Vroom M., van der Zee E., Rippen A. & Sikkema M. (2017). Monitoring van verstoring en potentiële verstoringbronnen van vogels en zeehonden in de Waddenzee - seizoen 2016. *Sovon Vogelonderzoek Nederland / Altenburg & Wymenga, Sovon-rapport 2017/30; A&W-rapport 2349 Nijmegen / Veenwouden, 1-83.*

Ens B.J., Troost K., Van Winden E., Schekkerman H., Rappoldt K., van Kessel J., Nienhuis J. (2021) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - Rapportage t/m monitoringjaar 2020. *Sovon-rapport 2021/35*

Hoeksema H.J., Mulder H.P.J., Rommel M.C., de Ronde J.G., de Vlas J. (1998) *Bodemdalingstudie Waddenzee 20 04*. RIKZ

Kersten M., Brenninkmeijer A. & de Jong J. (2014). De hvp op de Feugelpôle. Effect van verstoring op het aantal vogels. *A&W, A&W-rapport 2033, Feanwâlden, 69.*

Kersten M., Brenninkmeijer A., Krol J., Kijk in de Vegte A. & de Jong J.T. (2016). De HVP op de Feugelpolle in 2016. Effect van werkzaamheden aan de waddijk op het aantal vogels tijdens hoogwater. *Ecosense, Ecosense rapport 3, Groningen, 79.*

Kleefstra R., Beemster N., Bijkerk W., Terpstra R., Buijs R., de Boer P., Bekkema M., Kampichler C., Stahl J. (2022) Analyse van de effecten van bodemdaling op hydrologie, vegetatie en vogels in het Lauwersmeer in 2021. *Sovon-rapport 2022/34*

Krol J. (2022) *Sedimentatiemetingen op het wad van Ameland, Peasens. Piet Scheve plaat, Engelsmanplaat en Schiermonnikoog - Rapport 2021*

Kuiters, A.T. & Wegman R.M.A. (2020) Veranderingen in morfologie kwelderrand en kwelderdrainage op Oost-Ameland in relatie tot bodemdaling. (2020). *Wageningen Environmental Research.*

Lugt M. van der, Cleveringa, J., Wang, Z.B (2020) *Integrale analyse morfologische effecten van bodemdaling door gaswinning Ameland-Oost*. Deltares [Arcadis – partner]

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) *Evaluatie van de doorlatendheid van breuken van de Waddenzee velden en implicaties voor bodemdaling*. EP202007201552.

NAM (2021) Monitoringprogramma 2020 t/m 2026 in het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. EP202006202313

NAM (2021) Gaswinning Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen: Actualisering Meet- en Regelprotocol 2021. EP202110200380

NAM (2021) Gaswinning Moddergat/Lauwersoog/Vierhuizen: Technische bijlage (bijlage 2) behorend bij het geactualiseerde Meet- en Regelprotocol 2021. EP202110200383

NAM (2022) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2021. EP202203203063.

Navedo J.G., Gutiérrez J.S., Salmón P., Arranz D., Novo M., Díaz-Cosín D.J., Herrera A.G. & Masero J.A. (2019). Food supply, prey selection and estimated consumption of wintering Eurasian curlews feeding on earthworms at coastal pastures. *Ardea* 107:263-274.

Van Duin W. (2021) Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en het referentiegebied en referentiegebieden: Jaarrapport 2021. *Artemisia-rapport 2022-01*

Van den Hout P.J. (2009). Mortaliteit is het topje van een ijsberg van angst. Over slechtvalken en steltlopers in de Waddenzee. *Limosa* 82:122-133.

Van der Vegt H., Van der Lugt M. (2022) Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2021)

Wang, Z. B. en Eysink W.D. (2005) Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning. *Vloedkommen van het Friesche Zeegat. WL | Delft Hydraulics Z3995*

Wang Z.B. , Cleveringa J. en Oost A. (2017) Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruiksruimte. *Deltares-rapport 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

Analyse naar geschiktheid drones ter aanvulling c.q. vervanging van LiDAR-metingen

Introductie

In het advies van de Auditcommissie over het rapportagejaar 2020, werd onder het hoofdstuk Morfologie geadviseerd de toepasbaarheid van drones voor het inmeten van het droogvallend plaatareaal na te gaan. Het advies van de Auditcommissie luidt:

Ga na in hoeverre drones bruikbaar zijn en boven de Waddenzee ingezet kunnen worden, ter aanvulling of als vervanging van LiDAR-metingen.

In opvolging van het advies van de Auditcommissie heeft de NAM een analyse uitgevoerd of de zogenaamde UAV's (Unmanned Aerial Vehicles, ofwel 'drones') ter aanvulling of als vervanging van de jaarlijkse LiDAR-metingen met bemande vliegtuigen ingezet kunnen worden boven de Waddenzee. Onderstaand wordt de analyse en conclusie uiteengezet.

Analyse

De meerwaarde van LiDAR-metingen met UAV ten opzichte van metingen met bemande vliegtuigen is de hogere resolutie van 100 tot 2.000 punten per vierkante meter, die wordt behaald door een lagere vlieghoogte en een lagere vliegsnelheid.

Een inschatting van de absolute nauwkeurigheid, met inachtneming van alle systematische effecten, is niet eenvoudig. Een studie van Dreier *et al.* (2021) kwantificeert de verticale afwijkingen ten opzichte van een terrestrische scan met een *Root Mean Square* (RMS) van <4 cm. Deze nauwkeurigheid wordt ook behaald met LiDAR in de huidige opname-configuratie met bemande vliegtuigen.

De hoofdbeperving van het gebruik van UAV is de energievoorziening, die afhankelijk is van het gewicht van de batterij. De batterijcapaciteit beperkt de vliegtijd tot een half uur voor een multi-rotor UAV en tot één tot twee uur voor een UAV met vaste vleugels. Medebepalend voor de vliegtijd is het gewicht van de meetinstrumenten. In het algemeen geldt hoe nauwkeuriger het meetinstrument, hoe zwaarder en hoe groter de aanspraak op het batterijvermogen zal zijn. Een UAV-meetcampagne wordt daarmee op dit moment gekenmerkt door een beperkt bereik en frequente batterijwissels.

Een vervanging van LiDAR-metingen door een bemand vliegtuig met een LiDAR-meting door een UAV lijkt met de huidige stand van zaken ook niet haalbaar vanwege de lagere vliegsnelheid en de smallere strook vanuit een lagere vlieghoogte. Als de 442 km vluchtlijnen van de meetcampagne in 2020 met een UAV op een typische snelheid van 10 m/sec zou zijn gevlogen, dan zou de meting meer dan twaalf uur in beslag hebben genomen. Bij deze conservatieve benadering is nog geen rekening gehouden met batterijwissels en de smallere strook, die vanuit een vluchtlijn kan worden afgedekt door de lagere vlieghoogte, wat een aanzienlijk langere tijdsduur zal opleveren.

Bij een tijdvenster van 2-3 uur per getijcyclus zouden de vluchten dus minimaal meerdere dagen in beslag nemen. Door tijdelijk ongunstige weersomstandigheden kan de meetcampagne nog aanvullend worden verlengd, waardoor het risico groeit dat het resultaat niet meer als een momentopname van de zeer dynamische topografie van de zeebodem kan worden beschouwd.

Tevens kan de aansluiting van de grote hoeveelheid vluchtstroken mogelijk leiden tot extra foutenvoortplanting en inconsistenties.

Vanuit ecologisch oogpunt moet worden opgemerkt, dat bij een typische vlieghoogte van een UAV van circa 100 meter in combinatie met een langere tijdsduur van de meting, de geluidsoverlast de fauna in de Waddenzee in grotere mate kan verstoren dan een meetcampagne met een bemand vliegtuig, wat een dagdeel in beslag neemt. Dit geldt zeker ook indien met meerdere drones tegelijkertijd gevlogen zou worden om de tijdsduur te beperken.

De regelgeving voor vluchten boven de Waddenzee is bovendien ingewikkeld vanwege de ingestelde no-fly zones voor drones, de vereisten voor licenties en het verkrijgen van operationele autorisatie. Een vergunningstraject kan veel tijd in beslag nemen, terwijl de uitkomst onzeker is. Dit geldt temeer, omdat voor de beoogde toepassing in elk geval buiten het zicht van de piloot moet worden gevlogen.

Conclusie

Alle voor- en nadelen afwegend is de conclusie, dat door een vervanging van bemande vliegtuigen als sensorplatform door UAV's op dit moment nog geen effectiviteitswinst te behalen valt. Er bestaat een risico dat de tijdsduur van de campagne de consistentie van de meetresultaten negatief beïnvloedt, mede vanwege de dynamiek van het wad. De hogere resolutie geeft naar verwachting ook geen verbeterde inzichten voor de onderzoeksvraag naar de karakterisering van de sedimenthuishouding in het wad op grote schaal.

Literatuur

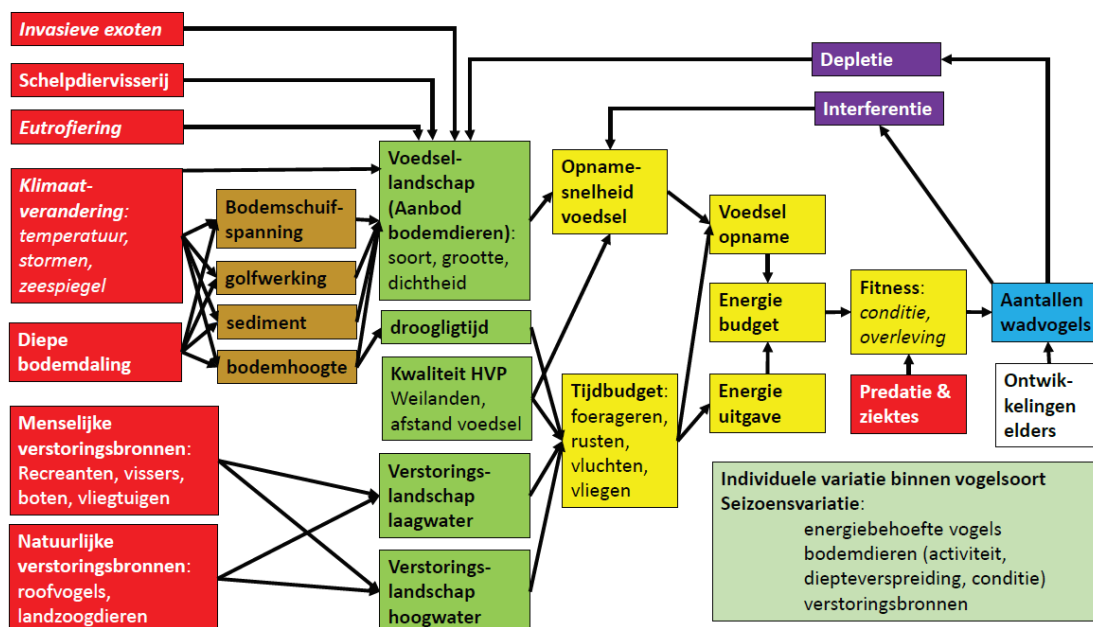
Dreier, A.; Janssen, J.; Kuhlmann, H.; Klingbeil, L. Quality Analysis of Direct Georeferencing in Aspects of Absolute Accuracy and Precision for a UAV-Based Laser Scanning System. *Remote Sens.* 2021, 13, 3564. <https://doi.org/10.3390/rs13183564>

BIJLAGE 2

Toekomstige systeemveranderingen en Aanbevelingen – Vogelmonitoring

In de afgelopen jaren is door de onderzoekers van Sovon gewerkt aan een signaleringsmonitoring van eventuele negatieve gevolgen van bodemdaling door gaswinning op beschermde vogelsoorten. Hiervoor zijn proxies voor draagkracht ontwikkeld. Dankzij de hoge onderlinge correlatie voldeden zij als instrument voor de signaleringsmonitoring, maar het beperkte succes bij de validatie betekent dat begrip over de factoren die verspreiding van de onderzochte wadvogels in de Waddenzee bepalen en veranderingen in die verspreiding sturen vooralsnog beperkt is.

In Ens *et al.* (2021) werd een voorstel gedaan om de effectketen op dit vlak sterk uit te breiden en te verdiepen, waarmee de onderzoekers verwachten dat de voorgestelde aanpak ook tot een groter aantal gevalideerde proxies voor draagkracht zal leiden. Figuur 20 toont de schematische weergave van de uitgebreide effectketen. Het model wordt nader toegelicht als aanbeveling in hoofdstuk 10.3 in Duijns *et al.* (2022).

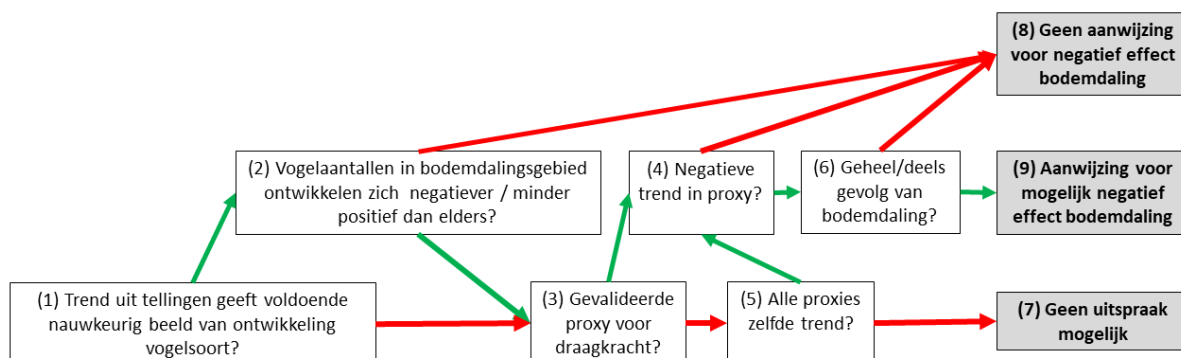


Figuur 20. Schematische weergave effectenketen; voor toelichting zie Ens *et al.* (2021).

In het kort samengevat: de effectketen beschrijft in meer detail hoe drukfactoren (rood), zoals diepe bodemdaling door gaswinning, via abiotiek (bruin), voedsellandschap en verstoringslandschap (groen), doorwerken op tijd- en energiebudget en fitness van de vogels (geel) en daarmee uiteindelijk op de aantallen vogels (blauw). Die vogelaantallen worden natuurlijk ook bepaald door de ontwikkelingen elders (wit) en er is een terugkoppeling van vogelaantallen via voedselconcurrentie (paars) naar het voedsel(landschap).

Met de introductie van de toepassing van *Structural Equation Modelling* (SEM) is hiermee voor een aantal vogelsoorten - hoofdstuk 9 in Duijns *et al.* (2022) - een eerste verdiepende stap gezet om tot een andere benadering voor draagkracht te komen. Deze methodiek zal over een periode van drie jaar stapsgewijs geïmplementeerd worden.

In het licht van de steeds verder verbeterende signaleringsmonitoring en analyse hebben de onderzoekers van Sovon - in parallel met het huidige Beslismodel in de Integrale Beoordeling - een aangepast beslisschema ontwikkeld. De jaarlijkse adviezen van de Auditcommissie hebben mede ertoe geleid dat naar de huidige vorm zoals weergegeven in figuur 21 en tabel 8. Zo werd de wens uitgesproken om zowel de vogeltellingen als de informatie over draagkracht beide benut en geïnterpreteerd worden in het licht van de gaswinning.



Figuur 21. Beslisschema hoe de monitoring en resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels. In de open boxen staan vragen over de monitoringresultaten en in de grijze boxen de voorgestelde besluitvorming. Pijlen zijn groen als het antwoord ja is en rood als het antwoord nee is.

Tabel 8. Weergave in tabelvorm van het Sovon-beslisschema hoe de monitoringsresultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels.

| BESLISSCHEMA (SOVON, 2021) <i>Y = JA, OF BIJ TWIJFEL / N = NEE, REDELIJKERWIJS NIET</i> | | SEPT. | NOV. |
|--|---|-------|-------|
| 1 | Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied? | Y → 2 | N → 3 |
| 2 | Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders? | Y → 3 | N → 8 |
| 3 | Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht? | Y → 4 | N → 5 |
| 4 | Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend? | Y → 6 | N → 8 |
| 5 | Vertonen alle proxies dezelfde trend? | Y → 4 | N → 7 |
| 6 | Is de negatieve trend in de proxy geheel of deels het gevolg van bodemdaling? | Y → 9 | N → 8 |
| 7 | Geen uitspraak mogelijk | | |
| 8 | Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling | | |
| 9 | Aanwijzing voor mogelijk negatief effect bodemdaling | | |

Als het bovenstaande beslisschema doorlopen wordt, komen de onderzoekers op basis van de monitoring en resultaten over de periode tot en met het monitoringsjaar 2021 tot de volgende uitspraken en conclusies:

- Voor alle zesentwintig soort-seizoen combinaties wordt geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling door gaswinning.

- Voor 5 soort-seizoen combinaties (Bergeend, Pijlstaart, Kanoet en Bonte Strandloper), wijkt de ontwikkeling van de aantallen in Pinkegat en Zoutkamperlaag af van de aantalsontwikkeling elders (overige delen Nederlandse Waddenzee, Duitse en Deense Waddenzee). De Zilverplevier laat als enige soort een toename in Pinkegat en Zoutkamperlaag zien, terwijl de aantalsontwikkeling elders een afname laat zien.
- Voor 5 soort-seizoen combinaties (Scholekster in beide seizoenen, Bonte Strandloper in september, Rosse Grutto in augustus en Wulp in september) was er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht die in alle gevallen geen negatieve trend vertoonde.
- Voor 16 soort-seizoen combinaties werd geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden, maar waren de proxies onderling sterk gecorreleerd en was er geen sprake van een negatieve ontwikkeling van de gezamenlijke trend in de proxy.

Het essentiële verschil tussen het huidige beslisschema in de Integrale Beoordeling en het door Sovon ontwikkelde beslisschema, is dat er in het Sovon-model nog een derde uitkomst mogelijk is: namelijk 'geen uitspraak mogelijk' (zie Tabel 8, regel 7).

Deze toevoeging geeft een 'vollediger' beeld en een beter inzicht in waar de aandachtgebieden liggen. Hiermee wordt ook een betere invulling gegeven aan de signaleringsfunctie die voortkomt uit de door Sovon toegepaste monitorings- en analysetechnieken, die de komende jaren verder wordt geïmplementeerd.

Het wordt zeer zinvol geacht om uitkomsten uit voorgaande rapportagejaren te kunnen vergelijken met huidige situaties, juist voor de situaties wanneer er geen uitspraak mogelijk was. Dan is het van belang deze signalen te kunnen detecteren en vervolgens te kunnen evalueren met betrekking tot hetgeen wat er veranderd is.

Voor beide Beslismodellen blijft de huidige deelconclusie onveranderd: er zijn geen aanwijzingen voor mogelijk nadelige effecten op de beschermde wadvogels en de voedselbeschikbaarheid van de wadplaten.

Colofon

Auteur: NAM B.V.
Datum: mei 2022
Documentnummer: EP202204201384
Fotografie: Sovon / NAM

Nederlandse Aarolie Maatschappij B.V.

Schepersmaat 2, 9405 TA Assen

www.nam.nl