

**ONDERWERP**

Antwoorden op vragen/ informatieverzoek Auditcommissie  
zoutwinning Waddenzee

**ONZE REFERENTIE**

D10007346:3

**DATUM**

1 april 2020

**VAN****AAN****KOPIE AAN**

Frisia Zout, Ministerie van EZK, Ministerie van LNV

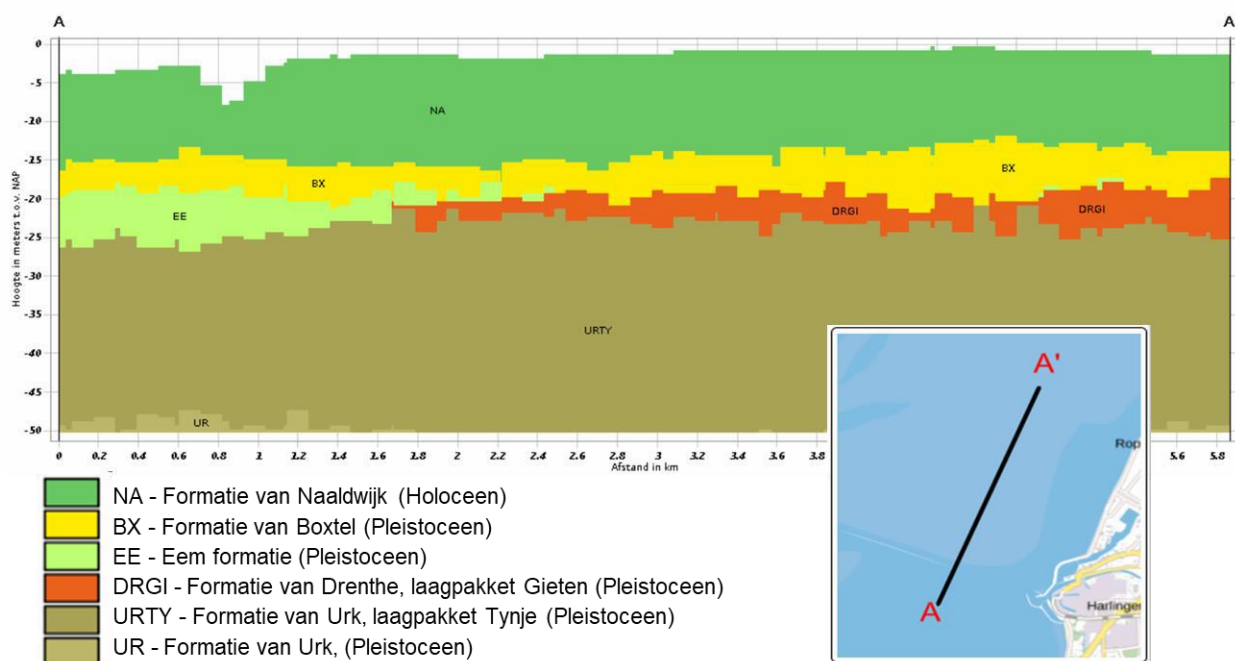
**Aanleiding**

Frisia Zout BV en de Ministerie van EZK en LNV hebben op 24 maart 2020 een memo ontvangen van de Auditcommissie zoutwinning Waddenzee, met daarin een aantal vragen en het verzoek deze te beantwoorden. In het voorliggende memo zijn deze vragen en de antwoorden opgenomen.

**Pleistocene bodemdaling (diepe-bodemdaling)**

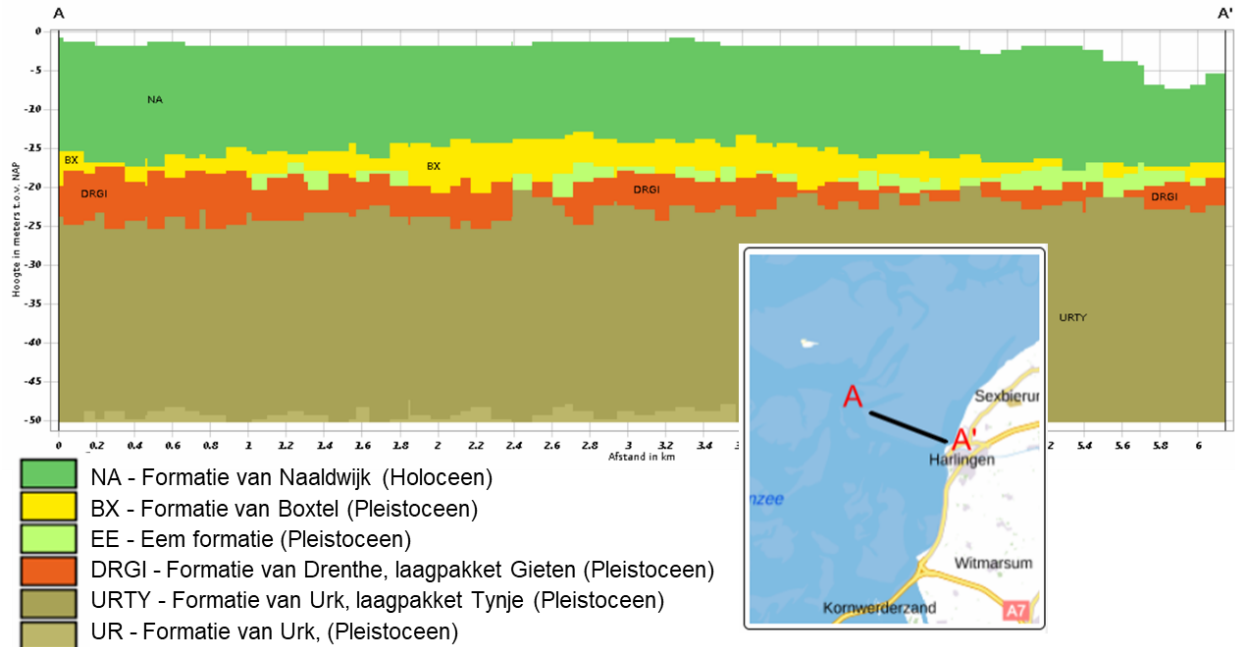
Vraag: Bij de beschrijving van de metingen aan de Pleistocene bodemdaling is niet aangegeven wat de diepte van het Pleistoceen is en hoe het eventuele reliëf van Top Pleistoceen er uit ziet, kan aub deze informatie met een kaart v/h Top Pleistoceen opgestuurd worden?

Antwoord: De beschikbare geologische informatie (het Geotop model) geeft een eerste inzicht in de hoogte van de top van het Pleistoceen. Tijdens het tijdvak Pleistoceen zijn meerdere formaties afgezet. De top van het Pleistoceen valt in het studiegebied samen met de basis van de Formatie van Naaldwijk, die in het Holoceen is afgezet. Twee doorsneden door concessie Havenmond zijn weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2. Figuur 3 is een kaart van de basis van de Holocene Formatie van Naaldwijk, die in het aandachtsgebied overeenkomt met top van het Pleistoceen. De data is verkregen via Dinoloket.nl m.b.v. dataset GeoTOP v1.3. In de dwarsdoorsneden en de kaart is zichtbaar dat de basis van het Holoceen ten noordwesten van Harlingen op een diepte tussen de -20m en -25m t.o.v. NAP ligt.

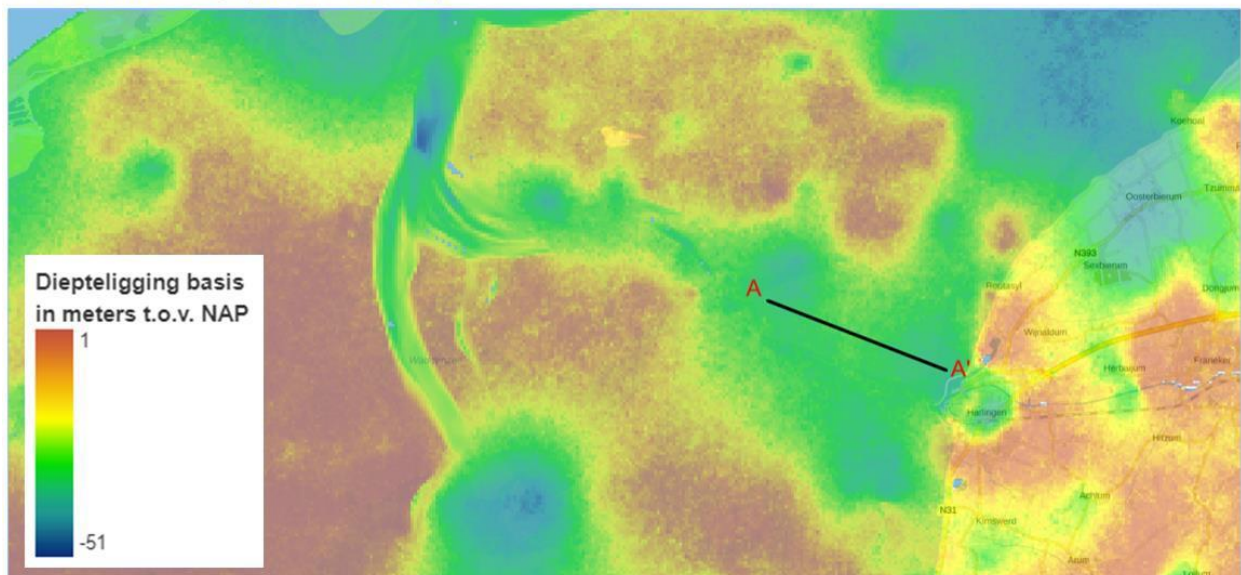
**Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.3**

Figuur 1 Dwarsdoorsnede ondergrond van Dinoloket m.b.v. de BRO GeoTOP v1.3 dataset.

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.3



Figuur 2 Dwarsdoorsnede ondergrond van Dinoloket m.b.v. de BRO GeoTOP v1.3 dataset.  
Formatie van Naaldwijk (BRO GeoTOP v1.3)



Figuur 3 Diepteligging van de basis van de formatie van Naaldwijk (Holoceen), die in dit gebied overeenkomt met de top van het Pleistoceen. De diepte varieert tussen ca. 10m en 27m t.o.v. NAP. De kaart is verkregen van Dinoloket m.b.v. de BRO GeoTOP v1.3 dataset (dwarsdoorsnede A-A' in Figuur 2).

**Vraag:** De grafieken met de meetresultaten van de permanente meetstations lijken een grote spreiding van de meetwaardes te laten zien. Wat is de verklaring voor deze op het 1e gezicht grote spreiding?

**Antwoord:** De meetwaarden die met stippen worden weergegeven zijn de 8-uur gemiddelde meetwaarden, deze hebben een grote spreiding vanwege een verscheidenheid aan effecten die een rol spelen bij bodemdaling metingen met GNSS. Enerzijds wordt dat toegeschreven aan verstoringen op de signalen vanuit de GNSS satellieten (bijvoorbeeld reflecties, obstructies, verstoringen in de atmosfeer, en weereffecten). Deze verstoringen veranderen over tijd en verschillen per locatie. Anderzijds zijn er ook getijde-effecten en effecten van

sterke wind die de bodem ongelijk doet bewegen. De daadwerkelijke meetfrequentie van de GPS signalen is elke 15 seconde, echter voor het weergeven van de individuele metingen is voor die grafiek gekozen voor een periode van 8 uur. De keuze hierin heeft geen verdere invloed op de bepaling van de groundbeweging.

De bodembeweging kan alleen nauwkeurig worden bepaald over een langere termijn. Om deze reden zijn tevens in de grafieken de moving average (in de grafieken is gekozen voor een 4 weekse moving average) weergegeven, alsook de lineaire fit over de gehele periode.

Vraag: *De algehele trend (lineaire fit) van de hoogte van station CGPS01 laat een stijging zien van +1.1 mm en van GPS02 een daling van -0.9 mm. Wat is de verklaring hiervoor?*

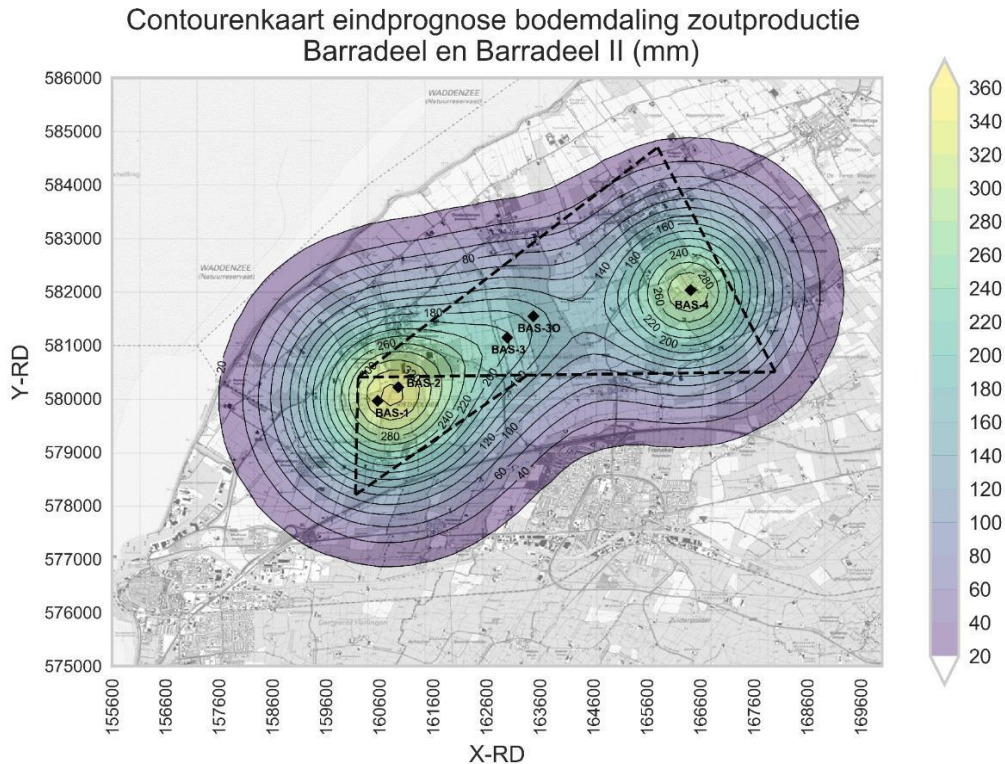
Antwoord: In de rapportage van Q3 is een lineaire fit gemaakt door de tot dan toe verzamelde meetgegevens, deze laat inderdaad een +1.1mm en -0.9mm trend zien. Op basis van slechts enkele kwartalen aan meetpunten en een lineaire fit is nog geen sluitende conclusie te trekken over de bodembeweging of het functioneren van het meetsysteem. Het is te verwachten dat een lineaire trend op een dergelijke korte termijn schommelt, de waarde +1.1mm en -0.9 valt binnen de verwachte meetnauwkeurigheid (zie antwoord op de volgende vraag) en kan dus worden beschouwd als ruis. Ook is er bijvoorbeeld nog niet genoeg data verzameld om de ruis van seizoenseffecten er goed uit te filteren.

Vraag: *Is het statement in Hoofdstuk 4.2 Toelichting bij Stap 1 dat de metingen een betrouwbaarheid van +/- 1.2 mm, gebaseerd op deze trends van +1.1 mm en -0.9 mm?*

Antwoord: Nee. In het rapport van Arcadis wordt gerefereerd naar de multi-baseline berekeningen ten opzichte van meerdere referentiestationen in een landelijk GPS netwerk. De resultaten in de 2019-Q3 rapportage zijn op basis van single-baseline berekeningen t.o.v. het station in Zweins (welke op zichzelf ook in een landelijk GPS netwerk wordt gebruikt). In eerdere analyses van soortgelijke projecten heeft Antea Group vergelijkingen gemaakt tussen lange termijn single-baseline berekeningen en analyses zoals deze met multi-baseline berekeningen in een landelijk netwerk waarnaar gerefereerd wordt in het Arcadis rapport. Het geobserveerde verschil lag in dezelfde orde grootte. Uiteindelijk kan een mate van betrouwbaarheid alleen worden gegeven in vergelijking met andere meetmethoden omdat de daadwerkelijk hoogte van een station niet eenduidig vast is te leggen.

Vraag: *Hoe zeker is Frisia over de vorm van de bodemdalingsschotel (enigszins ovaal door winning uit meerdere cavernes)? Zijn er bijvoorbeeld ondergrondse breuken die van Top zout tot dicht naar de oppervlakte lopen?*

Antwoord: Frisia heeft enkele tientallen jaren ervaring met bodemdaling veroorzaakt door zoutwinning uit cavernes BAS-1, BAS-2, BAS-3, BAS-3O en BAS-4. De bodemdalingsschotels boven deze cavernes zijn tijdens de productiefases elke twee jaar gemeten en geëvalueerd en na insluiting elke vijf jaar. Er is duidelijk gebleken dat individuele cavernes ronde bodemdalingsschotels veroorzaken. Echter, eventuele overlap van meerdere bodemdalingsschotels resulteert inderdaad in een meer "ovale" vorm. De gecombineerde bodemdaling van de genoemde cavernes binnen Barradeel en Barradeel II is ter illustratie gegeven in Figuur 4. Ook voor de Waddenzeewinning wordt een meer ovale vorm verwacht door overlap van zoutwinning uit meerdere cavernes (zie Figuur 2-2 van 'Monitoring T0-situatie studiegebied zoutwinning Waddenzee').



*Figuur 4: Contourkaart bodemdaling November 2019 boven cavernes BAS-1, BAS-2, BAS-3, BAS-30 en BAS-4.*

Ter voorbereiding van de boringen voor de Waddenzeewinning, zijn uitgebreide geologische studies uitgevoerd. Deze studies hebben aangetoond dat er binnen het studiegebied inderdaad potentiële breuken aanwezig zijn die van de bovenzijde van het zout tot dicht naar het aardoppervlakte lopen. Bodemdaling resulteert door convergentie van het zout in de richting van de caveerne. De convergentie is een gevolg van lagere stress in het zout vanwege de relatief lage pekeldruk die in de caveerne gehanteerd wordt. De convergentie van het zout is vooral in horizontale richting en resulteert uiteindelijk in vermindering van het ondergronds volume. Het effect op formaties boven de zoutlaag is vooral een verticale beweging om het effect van volumevermindering in de ondergrond op te vangen. Modelleringen hebben laten zien dat veranderingen in stress in de ondergrond als gevolg van zoutwinning bijna volledig gelimiteerd zijn tot de zoutlaag en stressveranderingen vrijwel niet doorzetten naar bovenliggende formaties. Verwacht wordt dat aanwezige potentiële breuken geen invloed hebben op de bodemdalingsschotten.

Vraag: In Stap 1 wordt getoetst of de gebruiksruimte wordt overschreden. Geef aub stapsgewijs aan wat de verschillende deelstappen zijn om tot deze toetsing te komen. Andere vragen hierbij: Wordt het berekende bodemdalingsschotel simpelweg vergeleken met het voor Frisia beschikbare bodemdalingsschotel van 624.000 m<sup>3</sup>/jaar uit het Instemmingsbesluit op het Winningsplan (zie punt 10 onderaan pagina 31)? En/of via de vermelde uitgebreidere berekening (zie pa 5.3)?

Antwoord: Input voor de berekening per jaar is het meegroeivermogen van 5 mm/jaar, het vigerende scenario voor zeespiegelstijging en het bodemdalingsschotel.

De berekeningsstappen, die worden gevolgd zolang de totale beschikbare gebruiksruimte per jaar groter is dan de gebruiksruimte die voor Frisia beschikbaar is, zijn:

A. Berekening van de belasting per kombergingsgebied: Op basis van de ruimtelijke bodemdalingsschotel zal worden vastgesteld welk volume van de schotel in de kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep ligt. Daarna wordt alleen het Vlie beschouwd, omdat de gebruiksruimte in het Vlie eerder limiterend is dan die in het Marsdiep.

B. Het bodemdalingsschotel per jaar wordt gemiddeld over een periode van 6 jaar.

C. Het bodemdalingsschotel per jaar wordt omgerekend naar de gemiddelde bodemdalingssnelheid in mm/jaar, door het te delen door het oppervlakte van het kombergingsgebied van het Vlie.

D. De gemiddelde bodemdalingssnelheid per jaar wordt vergeleken met de beschikbare gebruiksruimte voor Frisia van 0,99 mm/jaar (=het voor Frisia beschikbare bodemdalingsvolume van 624.000 m<sup>3</sup>/jaar / oppervlakte kombergingsgebied). De uitkomst van deze berekening is het gevraagde antwoord.

Naarmate de snelheid van zeespiegelstijging toeneemt in gehanteerde scenario, neemt de totale beschikbare hoeveelheid gebruiksruimte af. Zodra de totale beschikbare gebruiksruimte kleiner wordt dan 0,99 mm/jaar + de gebruiksruimte voor andere diep delfstoffenwinning, wordt deze lagere grens gehanteerd.

Nota bene, op deze wijze lijkt het alsof alleen toetsing achteraf plaatsvindt. Dat is niet zo, met de productie van pekels stuurt Frisia op het bodemdalingsvolume, zodat in de praktijk nooit een overschrijding zal plaatsvinden.

Vragen: Kan duidelijk aangegeven worden wat de stappen zijn bij de berekening van de bodemdalingssnelheid? En in 5.1 staat dat met de 7 meetpaalpunten via een wiskundige vergelijking de bodemdalingssnelheid nauwkeurig berekend kan worden. Er staat ook dat het bodemdalingsvolume wordt berekend op basis van het geproduceerde zoutvolume, in combinatie met de waterbalans en akoestische cavernemetingen. Worden deze 2 berekeningen vergeleken? Wat als de ene berekening afwijkt van de andere? Wat is de betrouwbaarheid van beide berekeningen? Kan hierop een toelichting gegeven worden?

Antwoord: Het komvolume van bodemdalingsschotels is gelijk aan de volumevermindering in de zoutlaag als gevolg van de zoutwinning. De volumeverandering in het zout kan berekend worden door het volume pekels in de ondergrond af te trekken van het productievolume. Het pekelsvolume in de ondergrond bestaat uit twee componenten: de zogenoemde 'vrije pekels' in de caverne en 'gebonden pekels' in de poreuze 'sump' van de caverne. De sump van de caverne bestaat uit onoplosbare delen in het zout, bijvoorbeeld Anhydriet, die neerslaan op de bodem van de caverne. De neergeslagen onoplosbare delen worden door convergentie van de caverne gecompacteerd waarna de pekels in de poriën tussen deze onoplosbare delen gebonden zit. De productiedata wordt op maandelijkse basis door Frisia verwerkt in zogenaamde volumebalansen. De volumebalans berekend het cavernevolumen door de instroom- en uitstroom debieten van de caverne met elkaar te vergelijken en wordt globaal gedefinieerd als:

$$V_{\text{caverne}} = V_{\text{instroom}} + V_{\text{zout}} - V_{\text{uitstroom}} - V_{\text{g}}$$

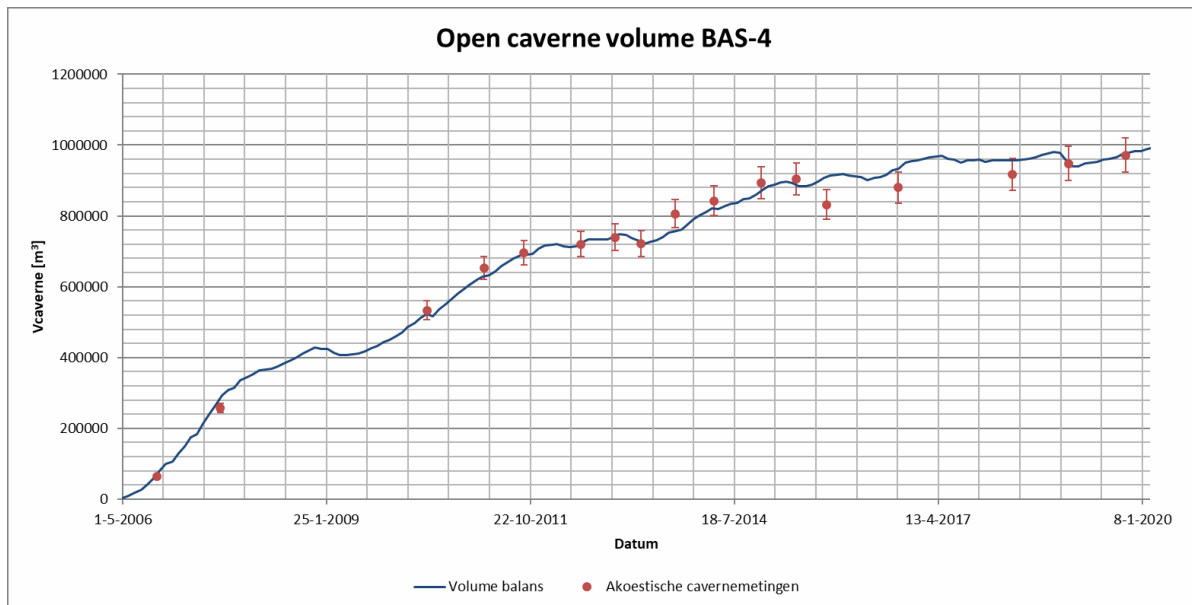
Het convergentievolumen wordt dan bepaald door het totale pekelsvolume af te trekken van de volumevermindering van het zout, gelijk aan de zout productie:

$$V_{\text{g}} = V_{\text{zout}} - V_{\text{caverne}} - V_{\text{instroom}}$$

De onzekerheid in het productievolumen van zout is gering ( $\approx 1\%$ ), maar in getal niet verwaarloosbaar vanwege het grote productievolumen. Het gebonden pekelsvolume in de poreuze sump valt niet nauwkeurig vast te stellen en de onzekerheid is relatief groot (10 à 20%), maar is in waarde relatief klein vanwege het kleine gebonden pekelsvolume.

Het open cavernevolumen wordt op twee manieren bepaald. Allereerst wordt het open cavernevolumen berekend met behulp van de genoemde volumebalans, waar de nauwkeurigheid vooral afhangt van de nauwkeurigheid van de debietmeters. Ten tweede wordt het cavernevolumen bepaald met jaarlijkse akoestische cavernemetingen waarbij de onzekerheid maximaal 5% bedraagt. De volumebalans berekeningen worden vergeleken met de akoestische cavernemetingen en verder onderzoek vindt plaats als afwijkingen worden geconstateerd, waar nodig worden correcties toegepast. De absolute onzekerheid (in m<sup>3</sup>) in het berekende convergentievolumen is ongeveer gelijk aan de som van de absolute onzekerheden in de drie bepalende volumes.

Ter illustratie is de volumebalans van BAS-4 vergeleken met akoestische cavernemetingen weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Volumebalans berekeningen BAS-4 in vergelijking met akoestische cavernemetingen. Een onzekerheid van 5% is toegepast op de akoestische cavernemetingen.

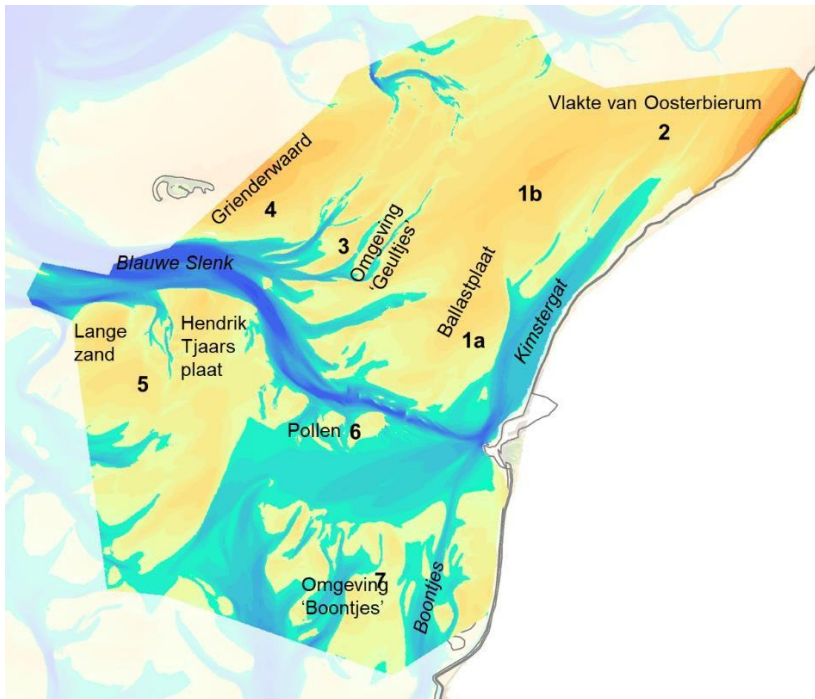
### Morfologie

**Vraag:** Pagina 40, is er een oorzaak aan te geven dat in de periode 1992 - 2016 de aangroei van de platen gemiddeld 80 ha/jaar was tegen 30 ha/jaar van 1992 – 2004?

**Antwoord:** Variaties in de snelheid van sedimentatie in de Waddenzee en daarmee in de veranderingen van de arealen treden overal op in de Waddenzee. Oorzaken kunnen zijn de variaties die optreden in het getij (bijvoorbeeld onder invloed van de 18,6 jarige cyclus), variaties in het windklimaat, verschillen in biologische activiteit van bijvoorbeeld mosselen en andere producenten van faecal pellets en ook menselijke activiteiten baggeren en verspreiden en zandwinning. Van de genoemde veranderingen is niet duidelijk welke oorzaak of combinatie van oorzaken daar aan ten grondslag liggen. Het is belangrijk om bij het analyseren van de ontwikkelingen rekening te houden met de variaties die in de waargenomen trends kunnen optreden.

**Vraag:** Figuur 6-4: is een verklaring voor de sprongen te vinden in de ontwikkeling (diepte) van geulen, 18.6 jaar cyclus of anders, bijvoorbeeld andere meetmethoden?

**Antwoord:** Het bestuderen van de opeenvolgende verschilkaarten geeft inzicht in de gebieden waar de verschillen in het areaal droogvallende plaat in het studiegebied optreden. Het is lastig om op basis van deze kaarten te duiden waar de verschillen exact op zijn terug te voeren, daarvoor moeten deelgebieden binnen het studiegebied kwantitatief worden geanalyseerd. In het invloedsgebied (figuur 1) zijn ruwweg zeven deelgebieden herkenbaar met droogvallende platen, die elk hun kenmerkende ontwikkelingen hebben:



Figuur 6 Kaart van het invloedsgebied. De nummers worden toegelicht in de tekst.

1. Ballastplaat: stabiel aan de zuidwestzijde (1a) en uitbreiding aan de noordoostzijde (1b), die samengaat met afname van de getijdegeul het Kimstergat.
2. Vlakte van Oosterbierum: Stabilisatie droogvallende plaat, na periode van opslibbing van sublitoraal tot intergetijdeplaat.
3. Omgeving geultjes: Wadplaten tussen een aantal geultjes. Deze geultjes verplaatsen een beetje en de omvang van de verschillende geultjes varieert. Hierdoor dynamische gebied dan Ballastplaat en Grienderwaard.
4. Grienderwaard: stabiele wadplaat, afname van areaal aan de zuidzijde door verplaatsen van getijdegeul Blauwe Slenk naar het noorden.
5. Lange zand en Hendrik Tjaars plaat: De omvang van deze plaatgebieden is na de aanleg van de Afsluitdijk duidelijk toegenomen, maar is de afgelopen 15-20 jaar redelijk stabiel.
6. Pollen: De plaatgebieden bij de Pollen verdwijnen en verschijnen. Dit is een zeer dynamisch gebied, waar het areaal droogvallende plaat van opname op opname verschilt. Over de langere periode lijkt sprake te zijn van een toename van het areaal droogvallende platen in deze omgeving, maar dus wel met grote schommelingen.
7. Omgeving Boontjes: Ook in dit gebieden verschijnen en verdwijnen platen. Het belangrijke verschil met de Pollen is dat hier sprake is van een structurele sedimentatie, maar deze vindt voor een belangrijk deel onder water plaats.

De veranderingen bij de Pollen en Omgeving Boontjes zijn de belangrijkste kandidaten voor het verklaren van de verschillen in de trends in het plaatareaal.

Zoals altijd kunnen structurele fouten in de vaklodingen bijdragen aan verschillen in de opeenvolgende metingen, onder andere doordat verschillende wijzigingen in de meetmethode (de plaatsbepaling xy, de bepaling van de diepte/hoogte z, de registratie en de nabewerking van de gegevens) hebben plaatsgevonden. Zulke structurele fouten leiden niet tot trendbreuken, maar kunnen wel sprongen in de meetreeks verklaren. De sterke toename van het plaatareaal naar 1992 hangt overigens niet samen met een bekende overgang in de meetmethodiek: De introductie van de inwinning van de droogvallende platen met LIDAR vond plaats bij de opname van 2004 en de introductie van real-time hoogtebepaling in plaats van waterstandscorrectie vond rond 2000 plaats.

Voor de monitoring van Frisia is het belangrijk dat sprake is van een trendmatige toename van het plaatareaal. De Tnul laat zien dat in die trend variaties kunnen optreden. De toekomstige ontwikkelingen van het plaatareaal zullen in dat licht worden beoordeeld.

*Vraag: De vaklodingen laten tussen 2010 en 2016 een toename van de droogvallende platen zien. Deze trend lijkt nu dus niet bevestigd door de raaimetingen uit 2016, 2017 en 2018. De nulmeting is op dit onderdeel niet eenduidig. Is hier een verklaring voorhanden, zo ja welke?*

Antwoord: De vaklodingsgegevens gaan met stappen van 6 jaar door de tijd en laten daarmee de netto verandering zien over deze periode van 6 jaar. De raaimetingen gaan met stappen van 1 jaar door de tijd en laten de netto veranderingen gedurende 1 jaar zien (en de spijkermetingen voegen hier nog metingen met een tijdstap van enkele maanden aan toe). De optelsom van de veranderingen in de raaimetingen over een periode van 6 jaar moeten overeen gaan komen met veranderingen in de vaklodingen (rekening houdend met de nauwkeurigheid van de beide metingen). Daarbij omvatten de vaklodingen een groter gebied dan de raaimetingen. De raaimetingen dekken niet alle gebieden waar de uitbreiding van het plaatareaal heeft plaatsgevonden. Het is belangrijk om de doelstellingen van de verschillende metingen in beeld te houden. De raaimetingen geven een zeer gedetailleerd beeld van de ontwikkelingen van de hoogte en de diepte ter plaatse van de bodemdalingsschotel. Wanneer zich onvoorziene ontwikkelingen voordoen in de morfologie worden deze in de raaimetingen opgemerkt. De vaklodingen geven inzicht in de ontwikkelingen in een veel groter gebied. Wanneer zich geen onvoorziene veranderingen voordoen in de raaimetingen is het niet plausibel dat morfologische veranderingen die optreden op de schaal van de vaklodingen, inclusief trendbreuken, het gevolg zijn van de zoutwinning.

Vraag: Hier is vermeld dat: 'De vergelijking van de raaimetingen en de LIDAR hoogtemetingen uit 2016 laten verschillen zien, die groter zijn dan verwacht mag worden op basis van de beide meettechnieken'. Deze verschillen zijn echter niet beschreven. Zouden deze verschillen toegestuurd en toegelicht kunnen worden, ook op kaart?

Antwoord: In het achtergrondrapport "Monitoring t0-situatie Bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee" (<https://commissiener.nl/projectdocumenten/00006237.pdf>) wordt in detail ingegaan op de verschillen tussen de raaimetingen en de LiDAR hoogtemetingen.

#### **Benthos**

Vraag: *Aanpak sedimentmonsters: '...Op elke bemonsteringslocatie is een monster genomen met een steekbuis tot ongeveer 20 cm diepte. Van dit monster is een sedimentmonster genomen met een kleine steekbuis tot 4 cm diepte. Bij de bemonstering zijn opvallende kenmerken van het sediment genoteerd en is een kwalitatieve inschatting van de ecologische rijkheid gemaakt. De korrelgrootte-analyses zijn op het NIOZ uitgevoerd met een Beckman Coulter LS 13 320 laser-particle sizer. De resultaten van de analyses zijn opgenomen in Figuur 11-2 en Figuur 11-3.'*

*Betreft deze 4 cm de bovenste 4 cm van het sediment?*

Antwoord: Dit betreft de top 4 cm van het sediment.