

Resultaten van monitoring Waddenzee vanwege bodemdaling door Zoutwinning

Integratie en samenvatting resultaten tot 2025
Frisia Zout B.V.

15 mei 2025

Contactpersoon

JELMER CLEVERINGA
Senior Advisor Coastal
Morphodynamics

T +31 (0)88 4261 440
M +31 (0)6 5073 6850
E jelmer.cleveringa@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 137
8000 AC Zwolle
Nederland

Inhoudsopgave

1	Zoutwinning onder de Waddenzee	5			
1.1	Zoutwinning en -productie in Harlingen	5			
1.2	Zout is essentieel voor Nederland	5			
1.3	Bodemdaling door zoutwinning	5			
1.4	Bodemdaling onder de Waddenzee	6			
1.5	Zoutwinning met “de hand aan de kraan” voor extra zekerheid	6			
1.6	Controle, onafhankelijkheid en transparantie	7			
1.7	Bodemdaling onder de stad Harlingen	7			
1.8	Het monitoringprogramma	8			
1.9	Dit rapport	9			
2	De Waddenzee bij Harlingen	10			
2.1	Inleiding	10			
2.2	Ballastplaat	10			
2.3	Waterstanden	13			
2.4	Veranderingen in de waterstanden op de langere termijn (jaren)	13			
2.5	Waterstanden en zeespiegelstijging	15			
2.6	Menselijke activiteiten nabij het monitoringgebied	15			
3	Bodemdaling en het Hand Aan de Kraan principe	21			
3.1	Zoutwinning en bodemdaling	21			
3.2	Belasting gebruiksruimte	23			
			3.3	Conclusies t.a.v. bodemdaling door zoutwinning	24
4	Erosie- en sedimentatie op verschillende ruimtelijke schalen	25			
			4.1	Structuur en functie van wadplaten	25
			4.2	Eerste orde effecten van bodemdaling door zoutwinning	25
			4.3	Raaimetingen	25
			4.4	Sedimentatiemetingen	29
			4.5	Hoogteontwikkelingen van de Ballastplaat	31
			4.6	Sedimentsamenstelling	32
			4.7	Conclusies eerste orde effecten	33
5	Draagkracht voor vogels	34			
			5.1	Benthosbemonsteringen Ballastplaat	34
			5.2	Aanwezigheid en bereikbaarheid van bodemdieren	34
			5.3	Voedsel voor beschermde vogelsoorten	35
			5.4	Vogels op de Ballastplaat	37
			5.5	Vogels op de hoogwatervluchtplaatsen	39
			5.6	Conclusies tweede en derde orde effecten	41
6	Conclusies en slotwoord	42			
			6.1	Algemene conclusies	42
			6.2	Ontwikkelingen in het monitoringsprogramma	42
7	Referenties en rapporten	43			
			7.1	Rapporten Monitoring Frisia over 2024	43
			7.2	Referenties	43
			7.3	Rapporten monitoring Frisia Havenmond voorgaande jaren	44

Bijlage A Actuele adviezen Auditcommissie **47**

Colofon **50**

1 Zoutwinning onder de Waddenzee

1.1 Zoutwinning en -productie in Harlingen

Frisia Zout B.V. wint zout uit ondergrondse steenzoutlagen in de omgeving van Harlingen. Dit doet Frisia door putten naar die steenzoutlagen aan te leggen en het zout op te lossen door zoet water naar beneden te spoelen. Met zout verzadigt water (genaamd pekkel) stroomt door een andere buis omhoog naar de zoutfabriek in de industriehaven van Harlingen. Dit proces wordt oplosmijnbouw genoemd. Onderaan de put in de steenzoutlaag laat Frisia een zogenaamde zoutcaverne ontstaan. Dit is een grote met pekkel gevulde holruimte waarvan Frisia de omvang kan laten toe- of afnemen. De zoutcaverne fungeert als een soort buffer die zorgt voor een pekelaanvoer met een stabiel zoutgehalte (zie figuur 1-1).

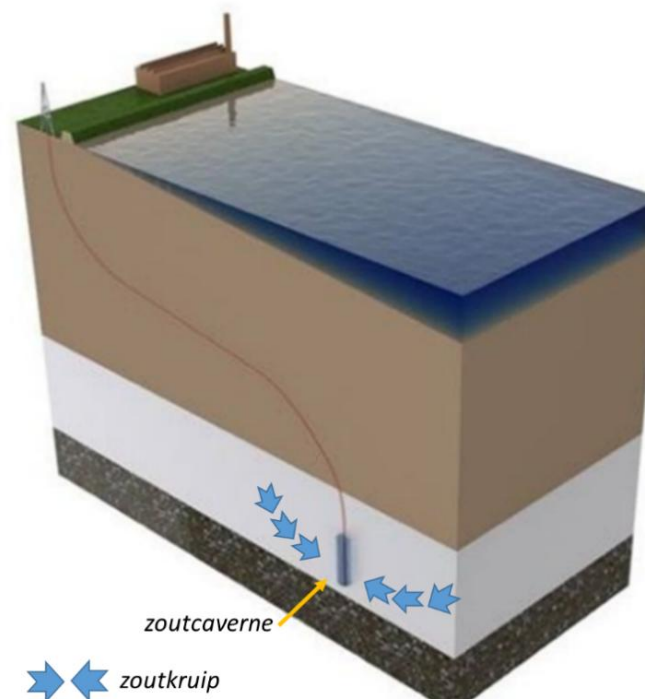
In de zoutfabriek wordt de pekkel gezuiverd van hoofdzakelijk kalk en magnesium en vervolgens ingedampt en gedroogd. Van het ingedampte en/ of gedroogde zout maakt Frisia verschillende zoutproducten. Het grootste deel van dit zout wordt verkocht aan de chemische industrie voor de productie van bijvoorbeeld glas en kunststoffen. Daarnaast wordt het zout verkocht aan de voedings- en diervoedingsindustrie en produceert Frisia blokken en tabletten voor waterontharding.

1.2 Zout is essentieel voor Nederland

Frisia produceert puur zout. Dat wil zeggen dat het zout van een zeer hoge kwaliteit is. Voor de zoutverwerkende industrie is deze hoge kwaliteit noodzakelijk. In de "Contourennota aanpassing Mijnbouwwet" van januari 2023 staat dat zout een essentiële grondstof voor de chemische industrie is in Nederland en Noordwest-Europa en van belang is voor producten die nodig zijn voor de energietransitie.

1.3 Bodemdaling door zoutwinning

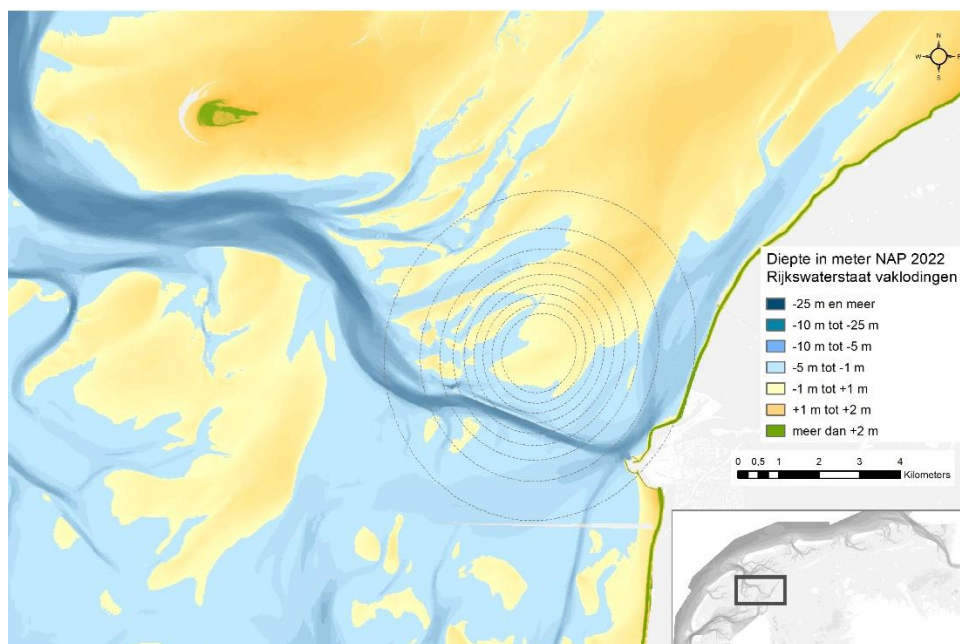
De zoutwinning bij Harlingen vindt plaats in een 700 tot 1100 meter dikke zoutlaag die zich op ca. 2,5 km diepte in de aardbodem bevindt. Op die diepte heerst een hoge druk en is de temperatuur meer dan 100°C. Onder deze condities is steenzout enigszins "vloeibaar". Wanneer Frisia de druk in de zoutcaverne laat afnemen, kruipt het zout toe en wordt de zoutcaverne kleiner. Deze zoutkruip vertaalt zich naar bodemdaling in bovenliggende aardlagen (Figuur 1-1).



Figuur 1-1 Schematische weergave van de boring, de zoutcaverne en de zoutkruip.

Wanneer zoutwinning onder land plaatsvindt, leidt dit tot bodemdaling aan het maaiveld in de vorm van cirkels met als middelpunt de ligging van de zoutcaverne. Deze cirkels worden bodemdalingsschotels genoemd. In de buurt van Harlingen, onder agrarisch gebied, hebben ze een maximale diepte van 30

cm en een diameter van ca. 10 km. Als grens wordt voor bodemdalingsschotels 2 cm bodemdaling aangehouden. Bodemdaling van minder dan 2 cm is moeilijk te onderscheiden van andere hoogteveranderingen aan het maaiveld en heeft geen consequenties voor andere gebruiksfuncties op het land.



Figuur 1-2 Kaart met de prognose van de totale bodemdalingsschotel aan het einde van de winning uit vier cavernes. De buitenste contour vertegenwoordigd een bodemdaling van 2 cm.

1.4 Bodemdaling onder de Waddenzee

Sinds 1 januari 2022 wint Frisia geen zout meer onder land. In overeenstemming met de Provincie Friesland en de Rijksoverheid heeft Frisia haar zoutproductie verplaatst naar een nieuw winningsgebied dat zich onder de Waddenzee bevindt. Dit gebied heet “concessie Havenmond”. In tegenstelling tot de bodemdaling door zoutwinning onder het vasteland, is de bodemdaling in de Waddenzee niet merkbaar of meetbaar aan het oppervlak. Dit werkt als volgt.

Door het getij en door de invloed van het weer is het water in de Waddenzee en de Noordzeekustzone continu in beweging. Het stromende water woelt zand en

slib los (erosie), voert dit mee en zet het elders weer af (sedimentatie). Hierdoor verandert de bodem van de Waddenzee voortdurend: zandplaten verplaatsen zich, geulen slibben op de ene plaats dicht en elders ontstaan weer nieuwe geulen. Dit proces van erosie en sedimentatie houdt de Waddenzee in stand. Het zorgt ervoor dat de wadplaten in het gehele Waddengebied kunnen meegroeien met zeespiegelstijging en lokaal met bodemdaling als gevolg van zoutwinning.

1.5 Zoutwinning met “de hand aan de kraan” voor extra zekerheid

Voorafgaand aan de start van zoutwinning onder de Waddenzee zijn studies verricht en vergunningen verleend. Deze studies hebben aannemelijk gemaakt dat negatieve effecten van de zoutwinning op de Waddenzeenatuur op voorhand konden worden uitgesloten. In de vergunningen zijn aanvullende eisen aan de zoutwinning gesteld, zoals een maximaal toelaatbare bodemdalingssnelheid en een monitoringprogramma. Omdat de bodemdalingssnelheid bepaald wordt door de snelheid van zoutproductie, noemen we dit “zoutwinning met de hand aan de (zout-)kraan”.

De hierboven genoemde maximaal toelaatbare bodemdalingssnelheid is afhankelijk van twee zaken. Dit zijn het meegroeivermogen van het getijdenbassin van de Waddenzee waaronder de zoutwinning plaatsvindt en de snelheid van zeespiegelstijging. De snelheid van zeespiegelstijging plus de snelheid van bodemdaling mogen samen niet meer bedragen dan het meegroeivermogen van dit bassin. Dit getijdenbassin heet “het Vlie”. Het exacte meegroeivermogen van het Vlie is onbekend. In de vergunningen voor de zoutproductie wordt daarom een veilige grens van 5 mm wadbodemhoogte per jaar gehanteerd. Voor de zoutwinning onder de Waddenzee wordt conform het advies van de expertgroep over het beleids- en richtscenario een zeespiegelstijging van 3,6 mm per jaar aangehouden (Expertgroep, 2024). De beschikbare ruimte voor bodemdaling door zoutwinning is daarom 1,4 mm per jaar. De verwachting is dat deze ruimte in de toekomst zal afnemen als gevolg van een sneller stijgende zeespiegel.

Naast de bovengenoemde voorwaarden rust op Frisia ook de verplichting om de Waddenzeenatuur te monitoren in het gebied waaronder de bodemdaling plaatsvindt. Wanneer uit de monitoring blijkt dat het niet goed gaat met deze natuur, moet Frisia aannemelijk maken dat dit geen gevolg van de zoutwinning

is. Wanneer dit niet lukt, zal op basis van het voorzorgsbeginsel de zoutwinning getemporiseerd of gestopt moeten worden. Ook dit proces is onderdeel van “zoutwinning met de hand aan de kraan”.

1.6 Controle, onafhankelijkheid en transparantie

In het kader van de bovengenoemde monitoring wordt ieder jaar de voortgang van de zoutwinning onder de Waddenzee gerapporteerd. Deze rapporten beschrijven de zoutproductie, caverne-ontwikkeling en de bodemdaling en ook de ontwikkeling van de wadplaten, bodemdieren en beschermde vogelsoorten in het gebied. Deze rapporten worden in opdracht van Frisia opgesteld door de onderzoekers die de veldstudies uitvoeren. Frisia stuurt deze rapporten naar het Ministerie van Klimaat en Groene Groei en het Ministerie van ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.

De Minister van Klimaat en Groene Groei legt de rapporten ter controle voor aan een onafhankelijke auditcommissie, genaamd “Auditcommissie voor zoutwinning onder de Waddenzee”. Deze commissie beoordeelt de kwaliteit van de rapporten. Ze adviseert de Minister t.a.v. de inhoud en publiceert haar bevindingen op het Internet. Deze publicatie maakt ze kenbaar middels een persbericht zodat iedereen in staat is het oordeel te lezen. Op deze wijze beoogt de Minister de controle op de monitoringsresultaten te scheiden van de politieke discussies die spelen rond mijnbouw in het Waddengebied. De Minister stuurt de rapporten en het advies van de auditcommissie vervolgens naar de Tweede Kamer. Dit proces wordt ieder jaar opnieuw doorlopen. Een puntsgewijze samenvatting van de meest recente opmerkingen en adviezen van de auditcommissie staat hieronder (Commissie voor de milieueffectrapportage, 2024).

- Zorg voor integratie van de andere rapportages in het voorliggende rapport, zodat de integratie overzichtelijk blijft.
- Blijf weg van het toeschrijven naar conclusies.
- Wees zorgvuldig in de rapportages en vermijdt slordigheden zoals typfouten, dubbele teksten en onjuist en onvolledig figuren en verwijzingen.
- Reduceer voor de weergave van de dwarsdoorsneden het aantal punten in de raaien, zodat een duidelijker beeld ontstaat van de grootschalige morfologische ontwikkelingen.

- Neem kaarten op die meer inzicht geven in de ruimtelijke patronen van de morfologische ontwikkelingen en maak kaarten van de actuele hoogte van de wadbodem en de dynamiek van de wadbodem.
- Maak het bemonsteringsprogramma voor de sedimentsamenstelling voldoende robuust.
- Stel een zelfstandig leesbaar rapport op over de aantallen en de verspreiding van vogels op basis van de laagwatertrekellingen op de Ballastplaat.
- Beschouw bij de interpretatie van de ontwikkelingen van de vogelaantallen op de hoogwatervluchtplaatsen de ecologische processen uit de gehele (internationale) Waddenzee.

In aanvullingen op de bovenstaande adviezen voor Frisia geeft de Auditcommissie een advies voor de Minister:

- Laat onderzoek uitvoeren naar de oorzaak van de geconstateerde afwijkingen bij waterstandsstation Harlingen, zodat indien nodig daar in de toekomst bij het vaststellen van (nieuwe) gebruikruimte rekening mee kan worden gehouden.

De volledige tekst is te vinden in het advies op <https://www.commissiomer.nl/docs/mer/p38/p3852/a3852ov.pdf>. Op de website van de Commissie voor de milieueffectrapportage (<https://www.commissiomer.nl/>) zijn de adviezen te vinden door te zoeken op “Frisia”. In Bijlage A is toegelicht hoe is omgegaan met de onderdelen van het advies.

1.7 Bodemdaling onder de stad Harlingen

De locatie van het winningsgebied Havenmond onder de Waddenzee is zo gekozen dat er geen hinderlijke bodemdaling meer optreedt onder land. De voorspelde grens van de bodemdalingsschotel ligt met 2 cm bodemdaling aan het eind van de zoutwinning onder de industriehaven van Harlingen. Hiermee beoogt Frisia de inwoners van Harlingen en omgeving niet tot last te zijn.

In Nederland, zijn er als gevolg van problemen met bodemdaling en aardbevingen veel zorgen over schade als gevolg van mijnbouwactiviteiten. Ook rond de zoutwinning in Harlingen. De inwoners van Harlingen en omgeving nemen de voorspellingen t.a.v. bodemdaling niet per se voor waar aan en vragen om aanvullende garanties. Met als doel invulling te geven aan deze

behoefte is er een samenwerking gestart tussen de lokale overheden, vertegenwoordigers van de bewoners van Harlingen en Frisia. Deze samenwerking heet de Pilot Harlingen. Dit samenwerkingsverband heeft een aanvullend meetnet voor bodembeweging aangelegd in de stad Harlingen en maakt afspraken over maximaal toelaatbare scheefstand en het vergoeden van onverhoopte mijnbouwschade. Via de website www.pilotharlingen.nl en inloopavonden communiceert de Pilot Harlingen met de inwoners van de stad. De Pilot Harlingen staat inmiddels in heel Nederland bekend als een voorbeeld van goede samenwerking rond een groot commercieel project.

1.8 Het monitoringprogramma

Het doel van het monitoringprogramma voor zoutwinning onder de Waddenzee is informatie te verzamelen op basis waarvan aan een aantal vergunningseisen kan worden voldaan. Grofweg zijn dit 1) het bepalen en karteren van de bodemdaling en 2) het meten van de ontwikkeling van de natuur boven die bodemdaling. Daarnaast wordt de ontwikkeling van de natuur ook op een aantal andere, nabijgelegen plekken gemonitord. Dit dient ter vergelijking tussen gebieden waar wel en geen bodemdaling optreedt. In dit rapport wordt per onderdeel van het monitoringprogramma kort ingegaan op het type metingen dat verricht wordt. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de meetmethoden wordt doorverwezen naar de achterliggende onderzoeksrapporten.

De Waddenzeenatuur bestaat uit een grote hoeveelheid levende organismen en milieu-omstandigheden. In het ontwerp van het monitoringprogramma is daarom eerst nagegaan hoe bodemdaling in de diepe ondergrond zou kunnen doorwerken en een effect zou kunnen hebben op de natuur. Dit criterium wordt de effectketen genoemd (Figuur 1-3). Het volgen van de effectketen helpt bij het kiezen van de relevante te monitoren onderdelen. In de effectketen is ook zichtbaar dat de afstand tussen de bodemdaling en de gevolgen steeds verder toeneemt doordat er steeds meer schakels bijkomen. Daarom wordt ook wel gesproken over directe effecten en hogere orde effecten. De effectketen ziet er als volgt uit:



Figuur 1-3 De effectketen die de samenhang tussen de zoutwinning, de bodemdaling en de veranderingen in de Waddenzee beschrijft.

Een tweede criterium bij het kiezen van de monitoringonderdelen vormen de instandhoudingsdoelen van de Waddenzee. Wettelijk gezien spreek je namelijk van natuurschade wanneer er sprake is van een significante negatieve ontwikkeling in een instandhoudingsdoel. De twee criteria leiden samen tot de volgende monitoringonderdelen:

Monitoringonderdeel	Hoofdstuk
(Pleistocene) Bodemdaling, zoutproductie, cavernevolumen,	3
Veranderingen in het sediment: erosie- en sedimentatie, hoogteligging en sedimentsamenstelling.	4
Veranderingen in het voedselaanbod voor foeragerende vogels: verspreiding, samenstelling en biomassa van bodemdieren (schelpdieren, wormen, kreeftachtigen, etc.)	5
Ontwikkelingen in de aantallen van beschermde vogelsoorten: vogeltellingen op hoogwatervluchtplaatsen en monitoring van trekbewegingen tussen hoogwatervluchtplaatsen en de Ballastplaat	5

1.9 Dit rapport

Het voorliggende rapport is opgesteld om een beknopt en toegankelijk overzicht te geven van de resultaten van de meet- en monitoringsinspanningen die tot en met het jaar 2024 in opdracht van Frisia zijn uitgevoerd. Dit rapport is dan ook een samenvatting van de monitoringrapportages die door de verschillende onderzoekers zijn opgesteld.

Net als vorig jaar, is dit overzichtsrapport compact, omdat een deel van de integratie tussen de verschillende monitoringonderdelen en de beschrijvingen van de toegepaste meet- en analysemethoden in de onderliggende deelrapporten staan. Een overzicht van deze deelrapporten is te vinden in de volgende tabel.

Onderwerp	Rapport
Bodemdaling	
	Sikken J. & P. Meinders, 2025. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2024. Antea, projectnummer 0491113.100.
	Chorus, T.A., 2025. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2024. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.
Bodemligging, sedimentatie en erosie	
	Spaans, D. & J. Cleveringa, 2025. Monitoring situatie 2024 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport
	Marijt, M.A.T., Saathof, L., Kappers E.F., 2025. Ecologische effectenanalyse van zoutwinning op de Ballastplaat. Monitoringsjaar 2024. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek A&W-rapport 24-054 #1.
Sedimentsamenstelling	
	Marijt, M.A.T., Saathof, L., Kappers E.F., 2025. Ecologische effectenanalyse van zoutwinning op de Ballastplaat. Monitoringsjaar 2024. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek A&W-rapport 24-054 #1.
Bodemdieren en wadvogels	
	Marijt, M.A.T., Saathof, L., Kappers E.F., 2025. Ecologische effectenanalyse van zoutwinning op de Ballastplaat. Monitoringsjaar 2024. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek A&W-rapport 24-054 #1.

Onderwerp	Rapport
	Rappoldt, K., M. Kersten, & J. Krol, 2025. Wadvogels op Ballastplaat-Zuid; Aantallen en vergelijking met referentiegebied. EcoCurves rapport 36, versie mei 2025.
	Elias, R. 2024. Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2022;T0-situatie+2. Arcadis-rapport

2 De Waddenzee bij Harlingen

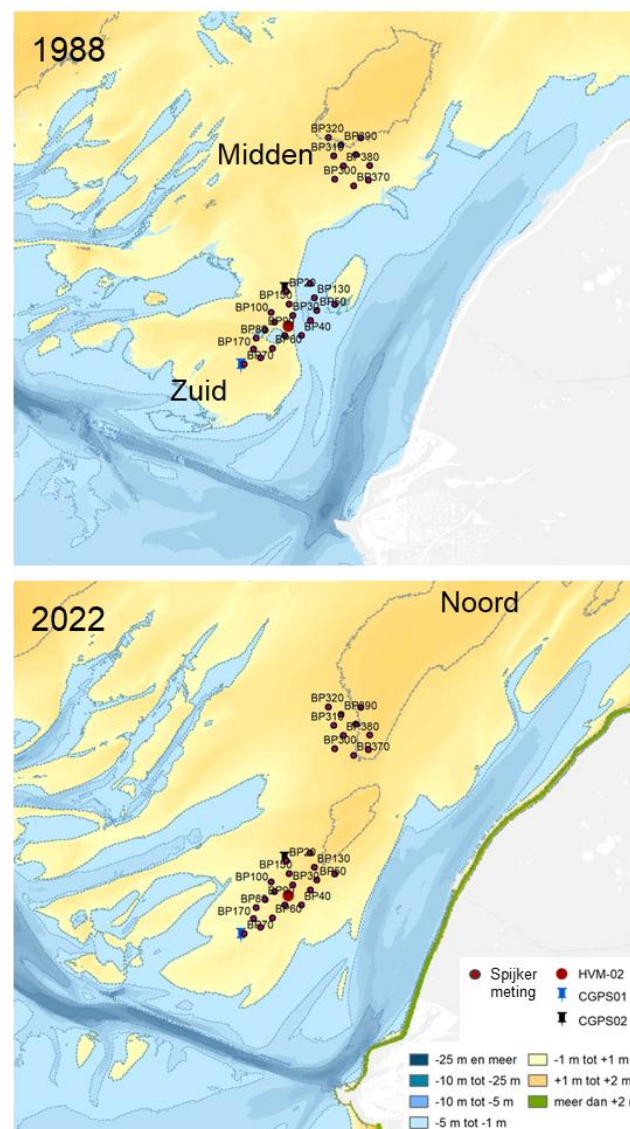
2.1 Inleiding

De bodemdaling door de zoutwinning onder de Waddenzee vindt plaats boven de zoutcaverne en die ligt op ruim 3 km afstand van de fabriek van Frisia in Harlingen. Het gebied waar de bodemdaling optreedt bestaat deels uit droogvallende wadplaten en deels uit gebieden die ook bij laagwater niet droogvallen. De grootste aaneengesloten droogvallende wadplaat in het gebied waar de bodemdaling optreedt is de Ballastplaat. Dit is ook de wadplaat waar de monitoring is geconcentreerd. Vanwege het belang voor de Ballastplaat wordt in de volgende paragraaf ingegaan op morfologische ontwikkeling van dat gebied.

2.2 Ballastplaat

De Ballastplaat ligt in het kombergingsgebied Vlie, dat in verbinding staat met de Noordzee via de grote getijdegeul Vliestroom die tussen Vlieland en Terschelling loopt. Het zuidelijke deel van de Ballastplaat, waaronder de bodemdaling plaatsvindt, ligt relatief laag. Naar het noorden toe liggen de deelgebieden die zijn aangeduid als “Ballastplaat-midden” en “Ballastplaat-noord”. Deze delen van de Ballastplaat liggen hoger en vallen daardoor langer droog. In het noordelijke deel van de Ballastplaat en op de naastgelegen Vlake van Oosterbierum is het slibgehalte in het sediment nog hoger dan op de Ballastplaat.

De Ballastplaat bestond nog niet voor de afsluiting van de Zuiderzee. Waarschijnlijk is de plaat ontstaan in de luwte van de Pollendam. In de ruimere omgeving van Harlingen heeft een duidelijke en grote toename van het areaal droogvallende wadplaten plaatsgevonden na de aanleg van de Zuiderzee. De ontwikkeling in de periode ruwweg de afgelopen 30 is zichtbaar in de kaarten in Figuur 2-1. De toename van het oppervlakte droogvallende platen in de periode 1992-2022 bedroeg gemiddeld 77 ha/jaar. Ook onder het niveau van laagwater heeft sedimentatie plaatsgevonden in dit gebied. Dit is bijvoorbeeld heel duidelijke ten zuidwesten van Harlingen, waar rondom de vaargeul Boontjes het ondiepe gebied geleidelijk aan steeds groter is geworden.

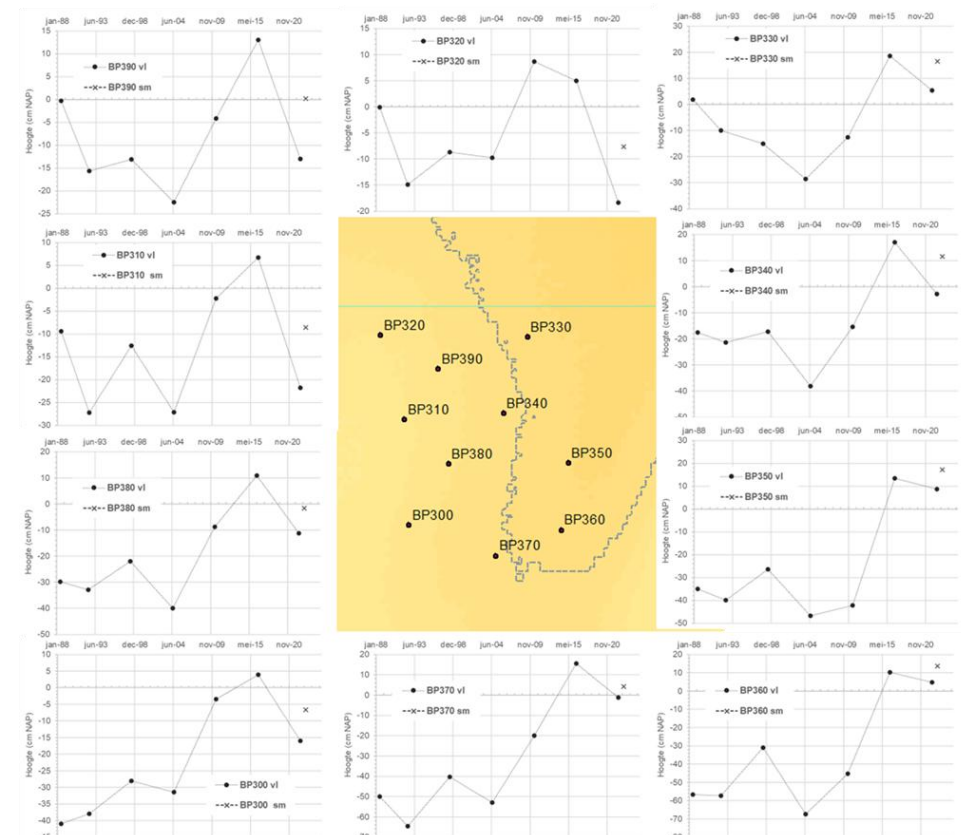


Figuur 2-1 Bodemligging van de Ballastplaat en omgeving in 1988 en 2022.

De twee kaarten in Figuur 2-1 laten zien dat het areaal en de hoogte van de zuidelijke Ballastplaat is toegenomen. Maar het is niet zo dat er alleen maar uitbreiding van het areaal en toename van de hoogte heeft plaatsgevonden in deze periode. De twee kaarten zijn de eerste vakloding die beschikbaar is in een grid van 20 m en 20 m (de oudere vaklodingen zijn gedigitaliseerd naar grids van 100 m x 100 m) en de meest recente vakloding. Daartussen zijn nog vijf vaklodingen beschikbaar (tussen de opeenvolgende vaklodingen zit 6 jaar), zodat de ontwikkeling in de periode 1988-2022 kan worden beschouwd. Dat is gedaan voor alle punten waar sedimentatie-erosiemetingen (Spijkermetingen) worden uitgevoerd en hiervan zijn een aantal ontwikkelingen weergegeven in Figuur 2-2 en Figuur 2-3. De hoogtereeksen van de vaklodingen op de Ballastplaat-Zuid in laten zien dat op de verschillende delen van de Ballastplaat-Zuid sprake is van andere ontwikkelingen en met de letters A tot en met D vier clusters getoond van metingen die overeenkomsten vertonen. Deze clusters worden hieronder beschreven:

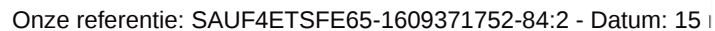
- A. Aan de zuidzijde van de Ballastplaat laten de metingen een duidelijke afname van de hoogte zien na de het begin van de jaren '90. Bij de locaties aan de zuidwestzijde is de hoogte van laatste vakloding vergelijkbaar met de voorgaande meting.
- B. In dit grote cluster van hoogtemetingen zijn steeds twee piekjes zichtbaar in de grafiek, bij de tweede of derde vakloding (jaren '90) en in de een na laatste vakloding 2016. BP40, uit cluster lijkt op een combinatie van de afname van Cluster A, met de piek in 2016 van Cluster B. Op de andere locaties is de hoogte in de periode tussen de piekjes redelijk stabiel.
- C. Bij de locatie in cluster C is sprake van een toename van de hoogte tot 2016, gevolgd door een afname. BP50 is hierbij een mix van cluster B en C, met een piekje in de jaren '90, gevolgd door een toename.
- D. Dit cluster ligt aan de noordzijde en omvat twee locaties waar de hoogte is toegenomen tot 1996, gevolgd door een afname.

Op de Ballastplaat Midden is het niet mogelijk om vergelijkbare ruimtelijke indeling te maken. Voor alle locaties met Spijkermetingen op de Ballastplaat Midden geldt dat de hoogte van de meeste vakloding van 2022 lager is dan hoogte in de voorgaande vakloding van 2016. Voor alle locaties op één na (BP320) geldt ook dat de vakloding in 2016 hoogste waarde oplevert in de reeks. De verschillen in de ontwikkelingen zijn vooral zichtbaar in de periode voor 2004, waarin enkele punten (BP320, BP330, BP390, BP 340 – aan de noordzijde) lager zijn geworden, andere punten (BP300, BP370 – aan de zuidzijde) hoger, terwijl de andere punten vooral variatie vertonen.



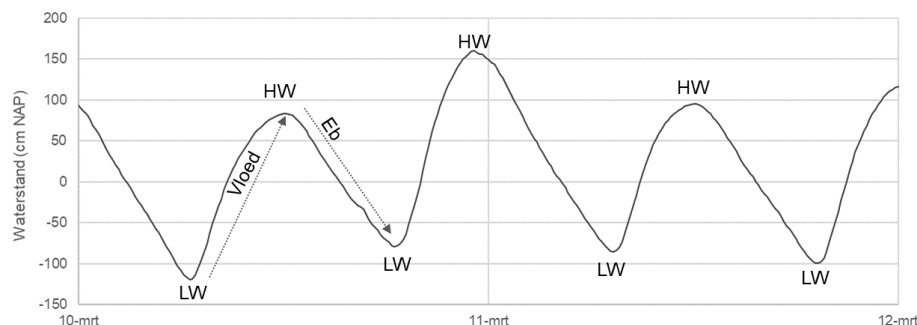
Figuur 2-2 Overzicht van alle van de hoogteontwikkeling op de Ballastplaat Midden, met in elke grafiek de hoogte t.o.v. NAP ter plaatse van de Spijkermetingen op basis de vaklodingen (vi) en de DGPS-RTK hoogtemetingen (sm) van de meetpunten.

Figuur 2-3 Volgende pagina. Overzicht van alle van de hoogteontwikkeling op de Ballastplaat Zuid, met in elke grafiek de hoogte t.o.v. NAP ter plaatse van de Spijkermetingen op basis de vaklodingen (vi) en de DGPS-RTK hoogtemetingen (sm) van de meetpunten.



2.3 Waterstanden

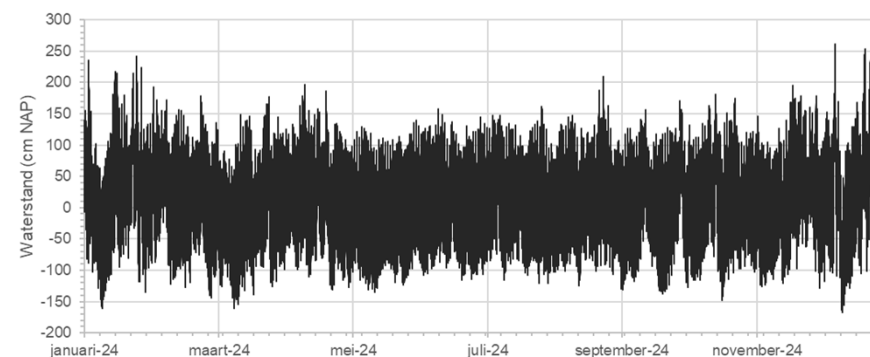
In de Waddenzee treedt ieder getij een laag- een hoogwater op, met opgaand water, oftewel vloed van laag- naar hoogwater en afgaand water, oftewel eb, van hoog- naar laagwater. Eén getijcyclus van eb en vloed duurt 12 uur en 25 minuten. Vrijwel iedere dag is er sprake van twee hoog- en twee laagwaters, zoals te zien is in Figuur 2-4. De hoogte van de waterstanden die ieder getij optreden varieert. Enerzijds is sprake van verschillende astronomische variaties, die ontstaan doordat de stand van de maan ten opzichte van de aarde en de stand van de aarde ten opzichte van de maan veranderen in de loop van het jaar en ook over langere perioden. De bekendste astronomische variatie is misschien wel die van doodtij (lage hoogwaterstand, hoge laagwaterstand: klein verschil tussen hoog- en laagwater) en springtij (hoge hoogwaterstand, lage laagwaterstand: groot verschil tussen hoog- en laagwater). Ook het weer is van invloed op de waterstanden, doordat de wind meer of juist minder water de Waddenzee in- of juist uitblaast. Dit worden meteorologische variaties genoemd. De omvang van verhoging of verlaging van de waterstand door de wind is afhankelijk van de windrichting en de -sterkte.



Figuur 2-4 Grafiek met de gemeten waterstanden op twee willekeurig gekozen dagen in Harlingen in 2023 (gegevens Rijkswaterstaat). HW: Hoogwater; LW: Laagwater.

De waterstanden nabij de Ballastplaat worden gemeten bij het Waterstandsstation Harlingen door Rijkswaterstaat. Een overzicht van gemeten waterstanden in 2024 is weergegeven in figuur 3-5. Duidelijk is dat de hoog- en laagwaterstanden verschillen gedurende het jaar. De laagst gemeten waterstand was -167 cm t.o.v. NAP op 9 december. Drie dagen eerder op 6 december 2023 trad de hoogste gemeten waterstand in 2024 op van +262 cm t.o.v. NAP.

Voor vogels die op de Ballastplaat foerageren tijdens laagwater, is het vooral belangrijk hoelang de wadplaat droogvalt. Want alleen als de plaat droogvalt kan worden gefoerageerd op de daar aanwezige bodemdieren. De beschikbare tijd dat een wadplaat droogvalt wordt uitgedrukt in het droogvalpercentage: dat het deel van de beschouwde periode dat de waterstand lager is dan de hoogte. Het droogvalpercentage is dus afhankelijk van de hoogte van de wadplaat en van de waterstanden. De hogere delen van een wadplaat liggen langer droog en hebben dus hoger droogvalpercentages dan de lage delen.



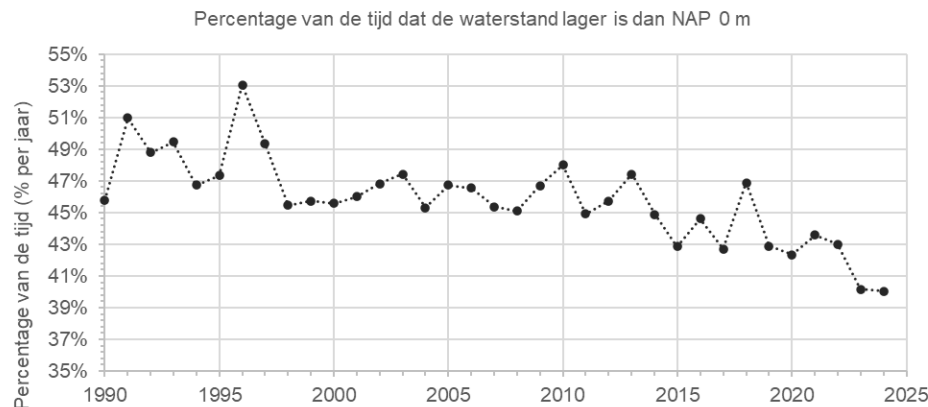
Figuur 2-5 Grafiek met de gemeten waterstanden in Harlingen in 2024 (gegevens Rijkswaterstaat).

2.4 Veranderingen in de waterstanden op de langere termijn (jaren)

Veranderingen in de waterstanden in de Waddenzee hebben gevolgen voor het droogvallen van de wadplaten. Ook hoogte veranderingen van de wadplaten leiden tot veranderingen van de droogvalpercentages. Om de invloed van de veranderingen in de waterstanden op de droogvalpercentages te beschouwen, is gekeken naar de gemeten waterstanden bij waterstandsstation Harlingen.

In de grafiek is voor één hoogte (in dit geval NAP 0 m) in beeld gebracht hoeveel tijd per jaar de waterstand lager is dan die hoogte. Lagere percentages in deze grafiek betekenen dat de waterstanden hoger zijn geworden. In deze grafiek is duidelijk zichtbaar dat sprake is van variaties, met uitgesproken pieken en dalen, zoals de pieken bij 1996 en 2003. Ook is zichtbaar dat sprake is van een afname

van de percentages, de waarden lagen inde jaren '90 van de vorige eeuw hoger dan de waardes van de afgelopen 10 jaar.



Figuur 2-6 Grafiek met het percentage van de tijd per jaar dat de waterstand bij het meetstation Harlingen lager is dan NAP 0 m.

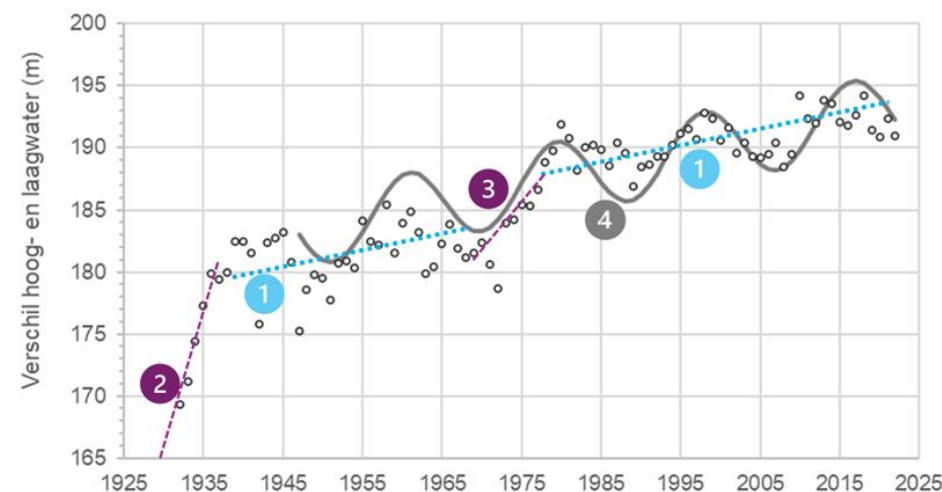
Ook op langere termijn variëren de waterstanden. Om dat inzichtelijk te maken wordt gebruik gemaakt van -de jaargemiddelde waarden van het laag- en hoogwater, die door Rijkswaterstaat worden berekend uit de gemeten waterstanden. De hoogwaterstanden nemen sneller toe dan de laagwaterstanden en het ---verschil tussen laag- en hoogwater is daardoor toegenomen. Die toename is duidelijk zichtbaar in de grafiek met het verschil tussen het jaargemiddelde laag- en hoogwater (Figuur 2-7). In deze figuur zijn ook een aantal veranderingen gemarkeerd: -

1. De gestippelde blauwe lijnen geven de trendmatige toename van het verschil weer. In deze grafiek is deze lijn in twee delen gesplitst, omdat naast de trendmatige toename ook sprake is van snelle toenames ("sprongen") in het verschil.
2. Markeert de snelle toename die is opgetreden in de waterstanden rond de aanleg van de Afsluitdijk. Door de combinatie van de afname van de laagwaterstanden en de toename van de hoogwaterstanden is de getijslag in een tijdsbestek van enkele jaren met 50 cm toegenomen (voor 1930 was het verschil tussen laag- en hoogwater minder dan 130 cm)

3. Staat bij een snelle toename in een periode van ongeveer 10 jaar. De omvang van deze sprong is niet zo groot als die bij de Afsluitdijk (2). Waarschijnlijk is deze toename het gevolg van de uitbreidingen van de haven van Harlingen (getoond in Figuur 2-8). Door de veranderingen in de vorm en omvang van de havenbekkens is de voortplanting van het getij ter plaatse van het waterstandstation veranderd, zodat de niveaus van hoog- en laagwater zijn veranderd.

4. Markeert de 18,6 jarige cyclus in het getij.

In 2025 is voorzien in een harmonische analyse van de waterstanden om meer structureel inzicht te krijgen in de ontwikkeling van het getij en de waterstanden in Harlingen.



Figuur 2-7 Verskil tussen de jaargemiddelde laag- en hoogwaterstanden voor Harlingen voor de periode 1925-2022 (op basis van gegevens Rijkswaterstaat). Toelichting op de gestippelde lijnen en getallen in de tekst.



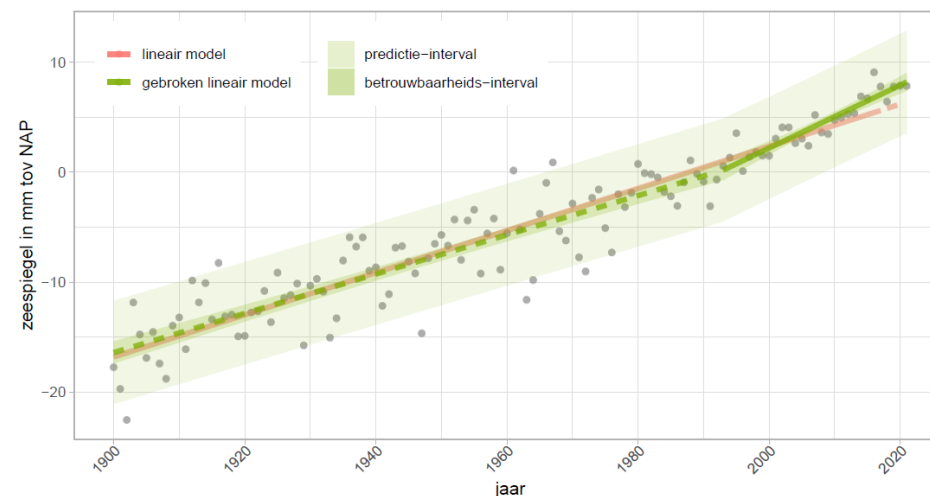
Figuur 2-8 Locatie van het waterstandsstation (gele stip) in Harlingen en de ontwikkeling van de nieuwe havenbekkens (kaarten van www.topotijdreis.nl).

De veranderingen van de waterstanden in de Waddenzee zijn op verschillende manieren relevant voor de zoutwinning onder de Waddenzee. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de stijging van de gemiddelde zeespiegel, die een belangrijke variabele vormt voor het Hand-aan-de-Kraan principe. In hoofdstuk 5 wordt het droogvallen van de Ballastplaat meegenomen in bereikbaarheid van het voedsel (bodemdieren) voor foeragerende wadvogels. De opgetreden veranderingen in de waterstanden hebben gevolgen voor de droogvalduur op de Ballastplaat.

2.5 Waterstanden en zeespiegelstijging

Op de lange termijn, over perioden van tientallen jaren, bepalen de gemiddelde waterstanden de ontwikkeling van de zeespiegel. Voor de duidelijkheid, de toename van de gemiddelde waterstand is anders dan de toename van hoog- en laagwaterstanden en de verandering van de getijslag (zoals getoond in Figuur 2-7). In Harlingen is de snelheid waarmee het niveau van hoogwater is toegenomen beduidend hoger dan de snelheid van zeespiegelstijging. De snelheid waarmee de zeespiegel stijgt is bepalend voor de maximaal toelaatbare bodemdalingssnelheid en daarom een belangrijk onderdeel van het Hand Aan de Kraan principe. Wanneer de variaties in de waterstanden die optreden door de wind over het hele jaar worden beschouwd, dan leiden deze tot een gemiddeld iets hogere of iets lagere gemiddelde zeestand. In de "Zeespiegelmonitor" van Deltares (Stolte et al., 2023) is met behulp van nieuwe berekeningen aan de windinvloed een analyse van de zeespiegelstijging uitgevoerd. Nadat de effecten van wind en door langjarige variaties in het getij uit de waarnemingen zijn gefilterd, maken Stolte et al. (2023) onderscheid tussen de snelheid van zeespiegelstijging voor en na 1993. Voor 1993 lag de trend op 1,8 mm per jaar en na 1993 op 2,9 mm per jaar (figuur 2-2). Dit is van

belang bij het vaststellen van de belasting van het meegroeivermogen van het Vlie, hetgeen in de volgende paragraaf wordt besproken.



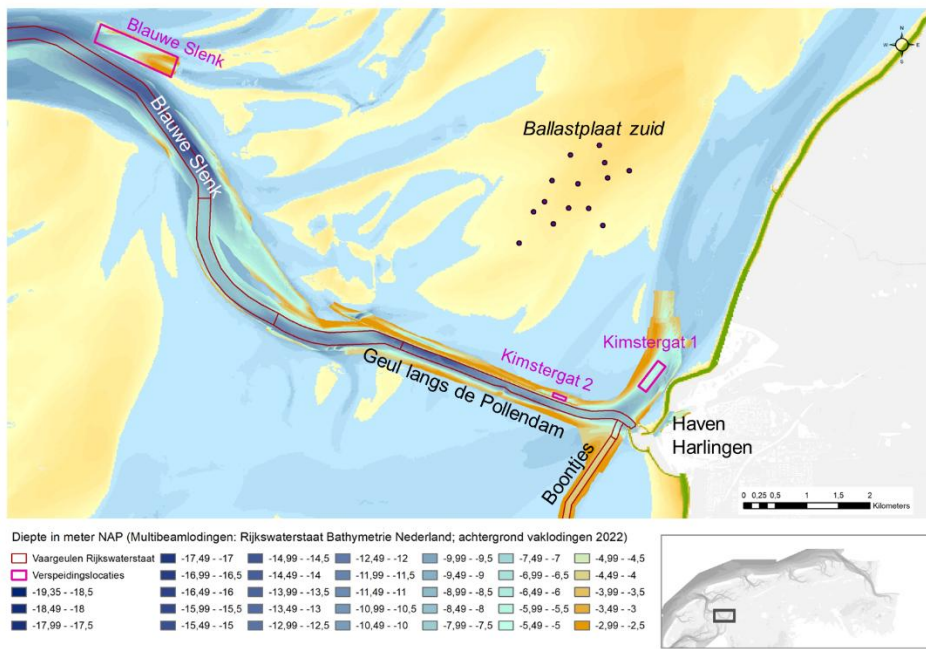
Figuur 2-2 Jaargemiddelde zeespiegel (grijze stippen) gemiddeld voor de stations Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden en Harlingen, gecorrigeerd voor de windopzet en het nodaal getij, met de lineaire trend en gebroken lineaire trend (uit Stolte et al., 2023).

2.6 Menselijke activiteiten nabij het monitoringgebied

De Ballastplaat en de omliggende hoogwatervluchtplaatsen worden op verschillende manieren door menselijke activiteiten beïnvloed. Het is in het belang van dit monitoringprogramma om de invloed van deze factoren te gaan begrijpen zodat we veranderingen in natuurwaarden kunnen duiden. Factoren die we op dit moment in beeld hebben, zijn baggerwerkzaamheden (baggeren van vaargeulen en de haven Harlingen en het verspreiden van de baggerspecie), spuien van zoetwater uit het IJsselmeer (Kornwerderzand) en Friesland (Harlingen en Roptazijl), verstoring van de plaat en hoogwatervluchtplaatsen door recreanten, de toename van exotische bodemdieren en visserij. Deze factoren worden hieronder kort besproken.

Baggerwerkzaamheden

In vaargeulen in de Waddenzee wordt gebaggerd op die plekken waar een minimale diepte is afgesproken vanwege de scheepvaart. Ook in de havens die aan de Waddenzee grenzen wordt gebaggerd, om een minimale diepte te kunnen garanderen. De vaargeulen in de nabijheid van de Ballastplaat Zuid waar frequent wordt gebaggerd zijn aangegeven in Figuur 2-9, waarin ook de haven van Harlingen is aangegeven. In deze kaart staan ook de drie verspreidingslocaties in de nabijheid van de Ballastplaat. Bij baggertechnieken waarbij de baggerspecie wordt opgezogen (met een sleeophopperzuiger) of opgeschept (met een kraanschip) in een schip, wordt de baggerspecie op de verspreidingslocatie op de bodem van de Waddenzee geplaatst. Bij de verschillende vormen van agitatiebaggeren (opwoelen door waterinjectiebaggeren of het gebruik van een airset) en ploegen wordt het zand en slib met de stroming van het water verplaatst tot buiten de baggerlocatie.



Figuur 2-9 De omgeving van Harlingen met de vaargeulen en de haven waar wordt gebaggerd en de verspreidingslocaties waar de baggerspecie wordt verspreid. De stippen op de Ballastplaat zijn de locaties van de Sedimentatiemetingen.

De hoeveelheden die worden gebaggerd variëren van jaar op jaar, zoals zichtbaar is in Tabel 2-1. De gebaggerde volumes over 2024 waren nog niet beschikbaar tijdens het opstellen van het rapport, maar er zijn geen redenen om te veronderstellen dat de volumes in 2024 veel lager of hoger waren dan in de voorgaande jaren. De redenen voor de verschillen in de gebaggerde volumes van jaar op jaar ligt enerzijds in de sedimentatie in de geulen en havens die van jaar op jaar verschilt en anderzijds in de baggerinspanning die wordt gepleegd (Cleveringa, 2024). In deze omgeving worden de grootste hoeveelheden gebaggerd in de haven van Harlingen.

Voor de baggerwerkzaamheden in de omgeving van Harlingen is geen compleet overzicht van de ingezette technieken beschikbaar. In Tabel 2-1 is voor de vaargeulen voor de jaren 2021, 2022 en 2023 aangegeven welk volume sediment is verplaatst door ploegen. In de haven van Harlingen is in ieder geval in 2023 sprake geweest van agitatiebaggeren (waarneming J. Cleveringa).

Tabel 2-1 Baggervolumes per baggerlocatie van 2019 t/m 2023 in m³ in de nabijheid van de Ballastplaat, tussen haakjes het volume dat in 2021, 2022 en 2023 door middel van ploegen op stroom is gezet (Mulder & Posthuma, 2024).

Baggerlocatie	2019	2020	2021	2022	2023
Haven van Harlingen	Niet beschikbaar	1.161.274	1.031.414	1.014.302	734.595
Blauwe Slenk	456.529	417.376	257.316 (6.575)	468.611 (0)	356.706 (954)
Vaargeul langs Pollendam	80.088	123.995	6.160 (2.025)	66.165 (3.925)	109.523 (6.462)
Boontjes	363.992	221.541	120.876 (4.400)	262.922 (21.204)	110.710 (5.058)

De verspreidingslocaties waar de baggerspecie wordt aangebracht in de nabijheid van de Ballastplaat Zuid zijn ook aangegeven in Figuur 2-9. De totale hoeveelheden die zijn verspreid op de verspreidingslocatie nabij Harlingen zijn niet bekend, omdat geen opgave beschikbaar is van de verspreidingslocaties van de haven van Harlingen in de bagger rapportage 2023 (Mulder & Posthuma, 2024). De verspreide volume van Rijkswaterstaat staan in Tabel 2-2. De gebaggerde volumes uit de haven van Harlingen worden verspreid op de locatie Kimstergat 1. De locatie Kimstergat 2 (ook wel aangeduid als Pollendam) is volgens Mulder & Posthuma (2024) in 2023 niet gebruikt, omdat deze te ondiep is geworden. Ook een belangrijk deel van de baggerde volumes uit de Boontjes

wordt op de Kimstergat locaties verspreid, net als de baggerspecie uit de Geul langs de Pollendam. De gebaggerde volumes van de Blauwe Slenk worden voornamelijk naar de verspreidingslocatie Blauwe Slenk gebracht.

In 2023 en 2024 is uitgebreid gesproken over de toename van de gebaggerde volumes in de vaargeul Boontjes. Per januari 2025 vindt een experiment plaats, waarbij veel minder zal worden gebaggerd in de Boontjes. Hierbij worden ook metingen uitgevoerd aan de waterbeweging en het bodemleven. Voor de situatie in 2024 levert dit geen aanvullende gegevens of kennis.

Tabel 2-2 Verspreid volume van Rijkswaterstaat per verspreidingslocatie nabij Harlingen (Mulder & Posthuma, 20224). De volumes die vanuit de haven van Harlingen zijn verspreid zijn niet opgenomen in dit overzicht.

Verspreidingslocatie	2019	2020	2021	2022	2023
Kimstergat 1	406.152	282.894	114.363	181.975	110.193
Blauwe Slenk	187.212	219.181	54.673	373.467	322.040

Gegevens over de sedimentsamenstelling van de baggerspecie zijn niet beschikbaar. Verondersteld wordt dat de baggerspecie in de haven van Harlingen slibrijk is, met meer zandig materiaal bij de haveningang, tot vrijwel puur slib achterin de havenbekkens. Ook de baggerspecie uit de Boontjes bestaat deels uit slib (Alonso et al., 2021).

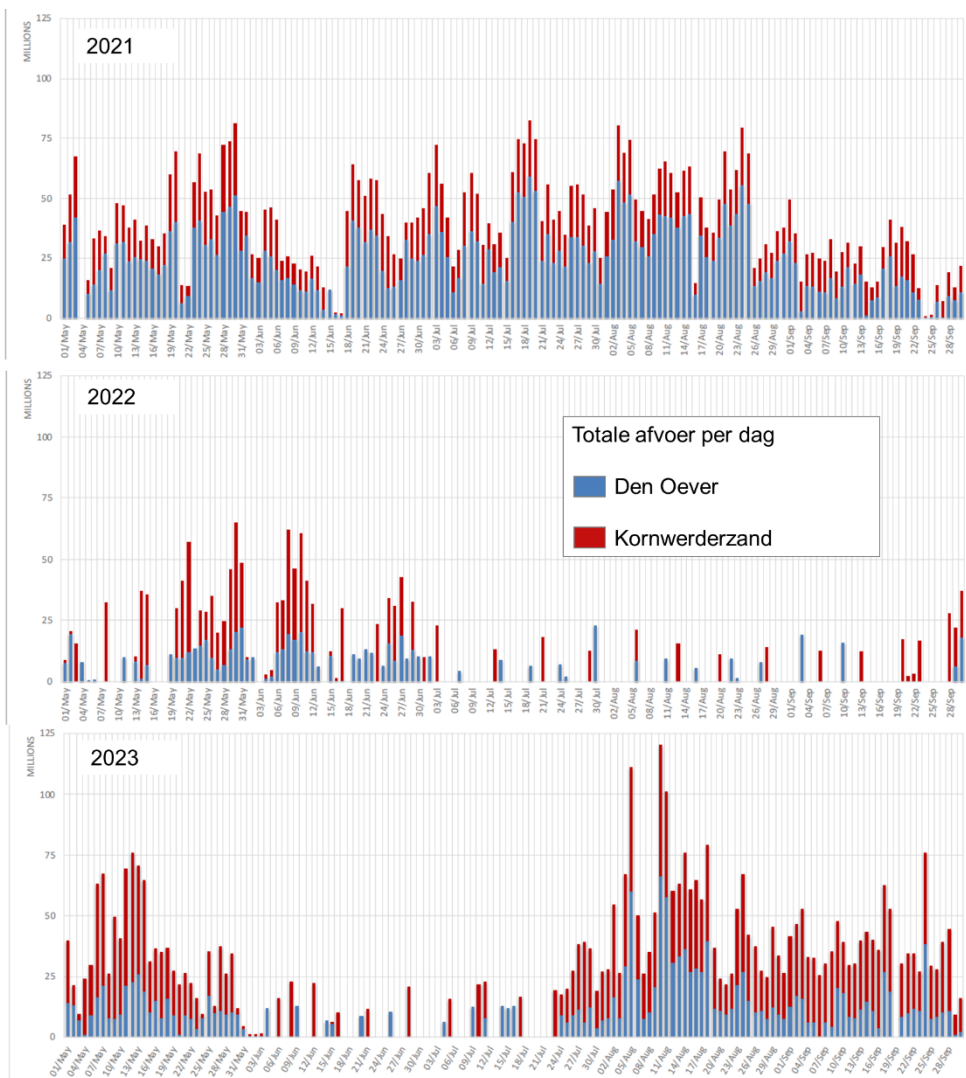
In totaal worden ieder jaar meer dan $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ baggerspecie nabij de Ballastplaat zuid verspreid. Het grootste deel hiervan werd in 2023 op de Kimstergat 1 locatie verspreid. Modelberekeningen laten zien dat het meeste slib dat op de verspreidingslocatie Kimstergat door stroming wordt geërodeerd, wordt getransporteerd via de geulen en dat ook het meeste slib in de diepere delen (geulen en haven) tot afzetting komt (van Weerdenburg et al., 2019). Een klein deel van de verspreide baggerspecie zal bijdragen aan de sedimentatie op de Ballastplaat en dan met name in de gebieden die direct aan het Kimstergat grenzen. Het is (nog) niet mogelijk om deze bijdrage aan de (slib)sedimentatie te kwantificeren. Enerzijds zijn nog niet alle processen die bijdragen aan de sedimentatie en erosie op wadplaten voldoende geïmplementeerd in de numerieke modellen, zoals is beschreven door Colosimo et al. (2023) op basis van metingen in de nabijheid van de Ballastplaat. Anderzijds mist er nog informatie over de samenstelling van de baggerspecie en de ingezette baggertechniek in de haven van Harlingen.

Spuien van zoetwater

Het zoutgehalte van het zeewater heeft een grote invloed op de groei, voortplanting en overleving van bodemdieren. Via de sluizen bij Kornwerderzand en Den Oever stromen periodiek grote hoeveelheden zoetwater vanuit het IJsselmeer naar de Waddenzee. Het zoete water mengt niet direct met het zoute water in de Waddenzee. Het lichtere zoete water blijft in het bovenste deel van de waterkolom drijven op het zuete water. Die lens van zoeter water bereikt ook de Ballastplaat. - Ook vanuit Harlingen en Roptazijl wordt zoetwater gespuid, direct nabij de Ballastplaat, maar deze volumes zijn veel kleiner dan de aangevoerde hoeveelheden zoetwater vanuit het IJsselmeer (zie hiervoor Digitale Systeemrapportage van de Waddenzee hoofdstuk 3 Hydrodynamiek; <https://systeemrapportage.nl/wadden/index.html>).

De hoeveelheden zoetwater die worden gespuid naar de Waddenzee verschillen in hoge mate gedurende het jaar en ook tussen jaren. Een voorbeeld van de variatie die optreedt is zichtbaar in Figuur 2-10, met de kanttekening dat de getoonde grafieken niet het hele jaar omvatten. In de getoonde periode van mei tot oktober waren de afvoeren in 2022 laag in vergelijking met de andere jaren. De reden voor de variaties is uiteindelijk het weer. De reden voor het spuien is het handhaven van de streefpeilen in de watersystemen IJsselmeer en de Friese boezem. Meer neerslag in de achterlanden van deze watersystemen leidt over het algemeen tot hogere waterpeilen. Bij (dreigende) overschrijding van de streefpeilen moet water worden afgevoerd door te spuien. In 2023 begon bijvoorbeeld na een relatief droge periode tegen het einde van juli een natte periode, die zich vertaalde in relatief hoge afvoeren in augustus.

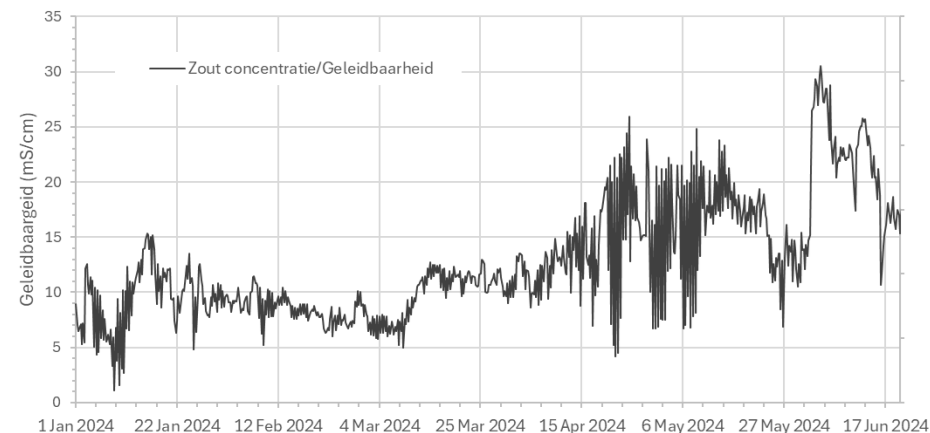
De saliniteit is een abiotische factor die van invloed is op de samenstelling van het bodemleven in de Waddenzee. De tolerantie van de verschillende soorten bodemdieren voor de saliniteit en voor variaties daarin verschilt. De relatief hoge biodiversiteit op de Ballastplaat suggereert dat ondanks de nabijheid van de spuisluizen bij Kornwerderzand en de berekende invloed daarvan op de saliniteit, de invloed van dit zoete water hier beperkt is. Om meer inzicht te krijgen in de saliniteit op de Ballastplaat is eind 2023 gestart met monitoren van het zoutgehalte op Ballastplaat. Loggers aan een van de permanente meetpalen op de Ballastplaat-Zuid registreren de saliniteit en de temperatuur van het water op de Ballastplaat. De meetopstelling blijkt nog niet voldoende robuust, waardoor de gemeten waarden vanaf de zomer van 2024 in ieder geval niet meer betrouwbaar lijken. Deze waarden zijn daarom niet opgenomen in de grafiek. De waarschijnlijk oorzaak hiervoor is aangroei rond de sensor.



Figuur 2-10 Grafiek met de som van de afvoeren per dag vanuit de sluizen bij Kornwerderzand en Den Oever voor de periode mei tot oktober voor 2021, 2022 en 2023 (uit Jager, 2023; de gegevens over 2023 betreffen voorlopige gegevens).

In de grafiek met de meetwaarden over de periode 1 januari 2024 – 20 juni 2024 is zichtbaar dat tot april sprake is van lage waarden voor de saliniteit is afgenomen. De waardes liggen rond de 10 mS/cm, met een uitschieter naar beneden op 9 januari en naar boven rond 16 januari. De lage saliniteit is waarschijnlijk het gevolg van hoge afvoeren van zoet water naar de Waddenzee. Bedenk hierbij dat in de Waddenzee het zoete water niet direct mengt met het zoute water, maar dat het als een lens van zoetwater op het zoutere water drijft. Die lens van zoeter water kan de Ballastplaat bereiken als de afvoer van zoetwater groot is. Na half april nemen de waardes toe, om dan te schommelen rond de 18 mS/cm. Het is niet duidelijk of de grote schommelingen van half april tot begin mei het gevolg zijn van daadwerkelijk variaties in de saliniteit van het water op de Ballastplaat, of dat hier ook een invloed merkbaar is van aangroei bij de sensor. Begin juni nemen de waardes van de saliniteit sterk toe, tot meer dan 25 mS/cm. De toename van de saliniteit is waarschijnlijk het gevolg van de afname van de aanvoer van zoetwater naar de Waddenzee.

Hoewel de metingen van de saliniteit nog niet voldoende robuust zijn om volledig bruikbaar te zijn voor toepassing in de analyse, geven de metingen nu al inzicht in de grote variaties die optreden in de saliniteit op de Ballastplaat. Ook laten de meetresultaten zien dat de veranderingen in de saliniteit snel kunnen plaatsvinden.



Figuur 2-11 Grafiek met de geleidbaarheid gemeten op de Ballastplaat ter plaatse van meetpaal CGPS02 voor de periode 1 jan 2024 tot 20 juni 2024, waarbij ieder 6 uur de is weergegeven. De geleidbaarheid is een maat voor de saliniteit, waarbij de waarde 0 mS/cm overeenkomt met zoetwater en 35 mS/cm met zeewater.

Verstoring door recreanten

Verstoring van de Ballastplaat zelf door bezoekers en droogvallende schepen valt gelukkig heel erg mee. Een grotere zorg is de verstoring van de hoogwatervluchtplaatsen, zie bijvoorbeeld Ens et al. (2021). Op verschillende plaatsen langs de Waddenzeekust wordt aan dit probleem aandacht besteed (Fieten et al, 2022). Bij de hoogwatervluchtplaats “Westhoek” heeft de beheerder een informatiezuil geplaatst, die fungeert als een stoplicht dat op rood springt tijdens hoogwater. De recreanten kunnen dan weten dat het gebied op dat moment verstoringsgevoelig is.

Visserij

Voor zover bekend vindt op de Ballastplaat geen garnalenvisserij of handkokkelvisserij plaats. Wanneer dit zou veranderen, dan heeft het onderwerp aandacht nodig. Bodemberoerende visserij kan namelijk invloed hebben op de bodemdierensamenstelling in het gebied (zie hiervoor bijvoorbeeld Heidinga et al., 2022). Op dat moment moet worden gekeken of sprake is van interactie met de monitoring voor de zoutwinning.

Exoten

Het belangrijk deel van de biomassa bodemdieren in de Waddenzee bestaat inmiddels uit exotische soorten krabben, schelpdieren, wormen, etc. Een deel van deze exoten heeft een invasief karakter en is zodoende in staat de bodemdierensamenstelling sterk te beïnvloeden. Dit kan een probleem zijn voor de beschermde natuurwaarden van het gebied. Een invasieve exoot die vrij algemeen aanwezig op de Ballastplaat, is het Mesheft (Amerikaanse zwaardschede). De Mesheften komen niet in de benthosbemonsteringen naar voren omdat ze snel kunnen graven en daardoor moeilijk te vangen zijn. Mochten ze zich uitbreiden dan zien we dit direct in het monitoringprogramma omdat de jonge Mesheften (broedjes) wel goed bemonsterd worden. In de benthosbemonstering in 2023 is voor het eerst de Filipijnse tapijtschelp (*Ruditapes (venerupis) philippinarum*) waargenomen. Dit jaar is gebleken dat ook de invasieve Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*) in het gebied is aangetroffen. Waarschijnlijk waren de eerder gerapporteerde inheemse *Spisula subtruncata*, die vooral wordt aangetroffen in de Noordzeekust, ook exemplaren van de invasieve Amerikaanse strandschelp, die eerder niet als zodanig zijn herkend.

Zeegras

Groot zeegras (*Zostera marina*) en Klein Zeegras (*Zostera noltii*) komen van nature voor in de Waddenzee. De omvang van het areaal waar Groot zeegras in de Nederlandse Waddenzee aanwezig is, is sterk afgenomen. Omdat Groot zeegras (*Zostera marina*) en Klein Zeegras (*Zostera noltii*) belangrijke kwaliteitselementen zijn van de wadplaten in de Waddenzee, is de afgelopen jaren gewerkt aan het herstel van zeegras. Het herstelprogramma heeft geresulteerd in een zeegrasveld bij Griend, waarvan de omvang de afgelopen jaren is toegenomen (Marijt et al., 2024).

In 2023 zijn tijdens het bemonsteren van de Ballastplaat-Noord voor het monitoringprogramma voor de zoutwinning zijn op de Ballastplaat-Noord een twintigtal platen van Groot zeegras aangetroffen-. Waarschijnlijk zijn deze platen opgekomen uit zaad dat afkomstig is van het zeegrasveld bij Griend (Marijt et al., 2024). Uit de spontane vestiging van het Groot zeegras is gebleken dat de Ballastplaat-Noord mogelijk geschikt habitat vormt. Omdat de aanwezigheid van zeegras kan doorwerken op de sedimentatiesnelheid en de sedimentsamenstelling, zal de ontwikkeling van het zeegras op de Ballastplaat in de gaten worden gehouden.

In 2024 zijn enkele zeegrasplots met Groot en Klein zeegras ingezaaid op locatie midden op de Ballastplaat. Zowel Groot als Klein zeegras konden uit zaden verder ontwikkelen tot planten. De Groot zeegras planten toonden (tot juli 2024) grofweg vergelijkbare resultaten als bij Griend. Daarbij waren de planten in 2024 bij Griend en Ballastplaat wel beduidend kleiner dan bij Ameland in 2023 en 2024 en op Griend in 2023. In 2024 zijn geen planten ontdekt die vanuit natuurlijke verspreiding vanaf Griend op de Ballastplaat groeien, in tegenstelling tot in 2023. De resultaten van Klein zeegras lijken bijzonder positief voor de Ballastplaat. Hierbij is echter de kanttekening dat de soort het op Griend en Ameland uitzonderlijk slechte resultaten toonde. De conclusie tot nu toe is dat Klein zeegras lijkt te kunnen groeien op de Ballastplaat. Het is nog niet bekend of na de winterperiode 2024-2025 nog steeds Klein zeegras aanwezig is op de Ballastplaat.

Voor de toekomst is staat niet in de planning om verdere plantingen/uitzaaiingen van zeegras uit te voeren als onderdeel van het zeegrasherstelproject. Voor Groot zeegras wordt verwacht dat natuurlijke verspreiding ervoor kan zorgen dat de populatie uitbreidt naar geschikte locaties in de Waddenzee. De voorwaarde daarvoor is wel dat bij Griend voldoende gezonde planten staan en dat deze populatie doorontwikkeld. Het zal op een natuurlijke wijze nog wel jaren duren

voordat dit daadwerkelijk gebeurt. In het zeegrasherstelproject is gekozen om verder in te zetten op Ameland, dat dan in de toekomst mogelijk ook als zaadmotor voor de Waddenzee kan dienen.

Voor klein zeegras is voornamelijk donormateriaal een limiterende factor. Komende jaren wordt meer ingezet op de mogelijk faciliterende rol van klein zeegras en efficiënter gebruik van donormateriaal. Hiervoor wordt Ballastplaat niet meegenomen als testlocatie. Voor de Ballastplaat blijft het wel interessant om te kijken of de planten van 2024 de winter hebben overleefd. Als dat zo is, kan deze meerjarige plant mogelijk doorgroeien op de locatie. Uitbreiding naar de Frisia-meetpunten op de Ballastplaat-Midden en Zuid wordt niet echt verwacht doordat de soort voornamelijk via wortelstokken (rhizomen) uitbreidt.

3 Bodemdaling en het Hand Aan de Kraan principe

De resultaten die in dit hoofdstuk centraal staan, zijn afkomstig uit deze rapporten:

Sikken J. en P. Meinders, 2025. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2024. Antea, projectnummer 0491113.100.
Chorus, T.A., 2025. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2024. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.

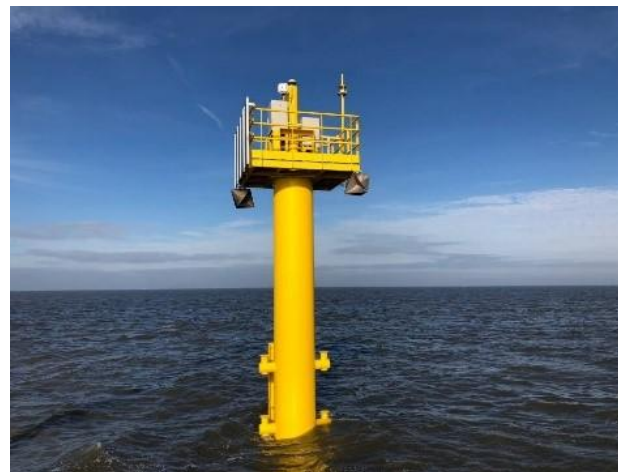
3.1 Zoutwinning en bodemdaling

Bodemdaling wordt bepaald door veranderingen in hoogteligging in de tijd te registreren en te analyseren. Op het land worden hiervoor vaak vaste punten bezocht die meestal op wegen zijn aangebracht. Samen vormen deze punten een netwerk. De hoogteligging van de punten wordt met zeer nauwkeurige waterpassen ingemeten. Naast deze waterpassingen wordt op een aantal punten de hoogteligging continu gemeten met een GPS waarvan de antenne op een gefundeerde constructie is bevestigd. GPS-metingen zijn minder nauwkeurig dan waterpassingen, maar omdat het er zoveel zijn, kan er een betrouwbaar gemiddelde worden berekend.

Op het wad zijn er geen wegen en gefundeerde constructies. Om toch bodemdaling te kunnen meten, zijn er daarom palen diep in de wadbodem gezet. Deze palen dalen mee met de bodemdaling. Het monitoringprogramma voor zoutwinning onder de Waddenzee beschikt over verschillende soorten meetpalen. Twee grote meetpalen steken altijd boven water uit (een hiervan is getoond in Figuur 3-1). Deze meetpalen zijn voorzien van GPS-meetstations en meten continu de hoogteligging. Deze twee staan min of meer centraal in het bodemdalingsgebied opgesteld. Daarnaast is er een aantal meetpalen die 6 meter diep in de wadbodem staan, maar niet boven het zand uitsteken. Tijdens een jaarlijkse meetcampagne worden deze palen opgezocht en wordt er bovenop deze palen een GPS-meetstation geplaatst (Figuur 3-2). Dit station moet een aantal dagen meten om met voldoende nauwkeurigheid de hoogte van de paal te bepalen. Dit type meetpalen zijn verspreid over het bodemdalingsgebied op verschillende afstanden van het centrum van de toekomstige bodemdalingsschotel neergezet. Op deze wijze beschrijven ze

samen in de loop van de tijd de ontwikkeling van de vorm van de bodemdalingsschotel.

In 2024 heeft er een grote brand gewoed in een externe opslag waarin ook de mobiele GPS-apparatuur werd bewaard. Deze apparatuur is opnieuw aangekocht en ingezet. Controle van de meetcampagne a.d.h.v. een waterpasmeting op het land wees echter uit dat er een correctie van 10,8mm nodig was.

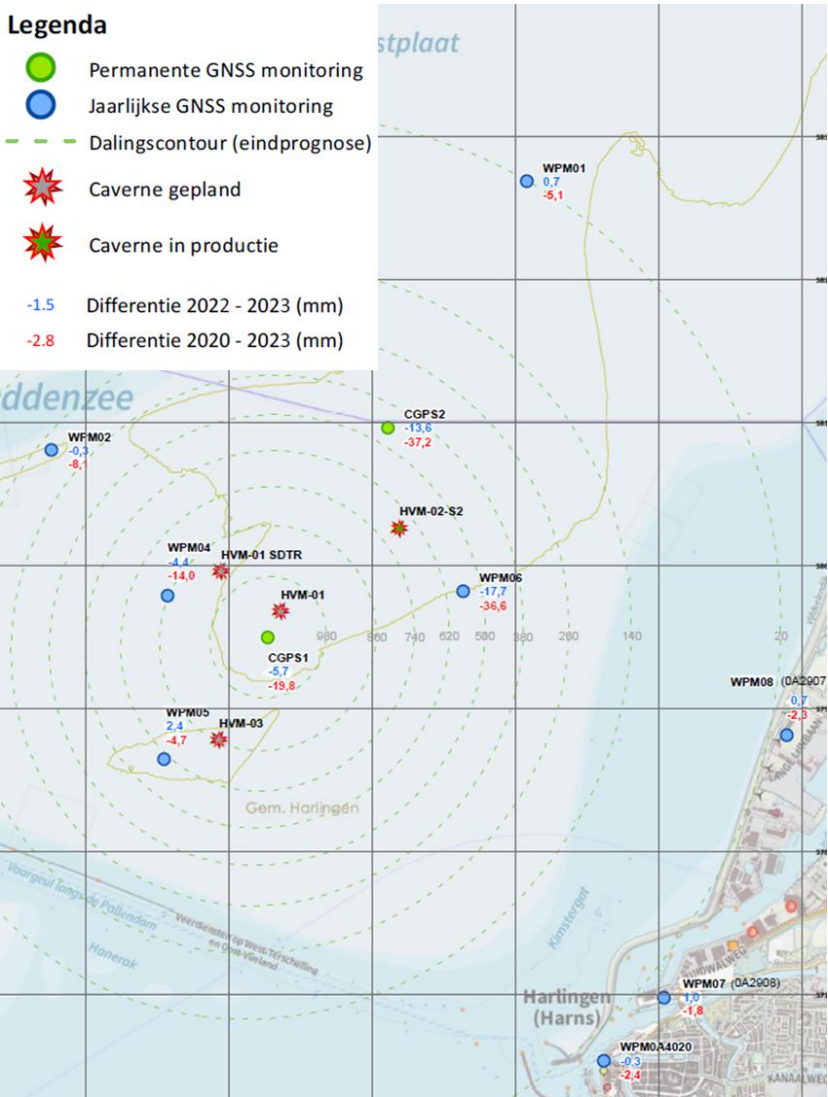


Figuur 3-1 Een van de twee continue meetpalen die permanent in de Waddenzee zijn opgesteld, bij hoogwater.



Figuur 3-2 Opbouw van een tijdelijk GPS-meetstation op de Ballastplaat in de Waddenzee.

De ruimtelijke verdeling van de bodemdaling is zichtbaar in de kaart met zowel de permanente metingen als de jaarlijkse metingen in Figuur 3-3. Zichtbaar is dat de grootste bodemdaling optreedt in de meetpunten CGP S2 en WPM06 nabij de caverne. Verder van de caverne is de omvang van de bodemdaling kleiner.



Figuur 3-3 Kaart met resultaten van de jaarlijkse GPS hoogtemetingen (Sikken & Meinders, 2025). Verschillen in millimeters. De contouren (stippellijn) representeren de voorspelde diepe bodemdaling in 2052.

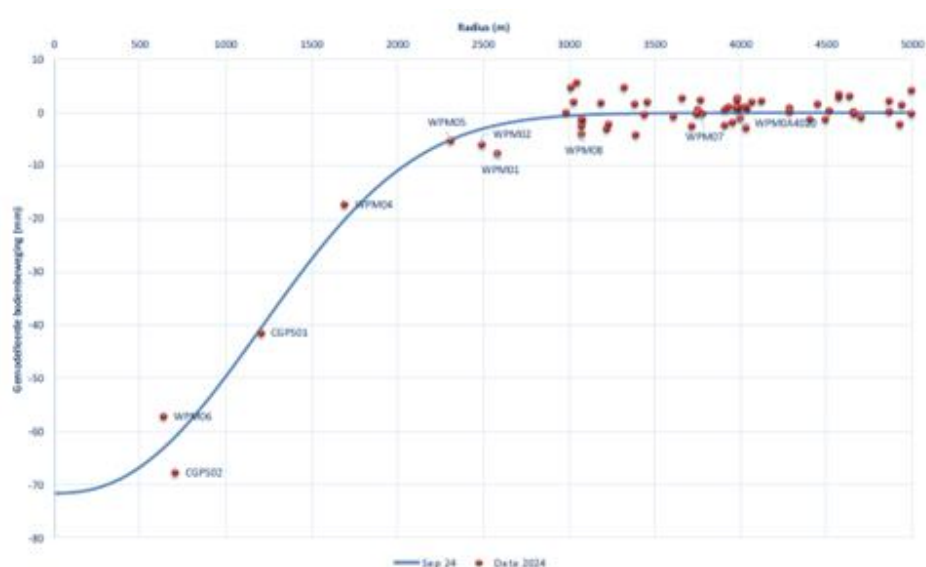
Voor het berekenen van de bodemdalingsschotel en de gemiddelde bodemdalingssnelheid zijn naast bodemdalingsmetingen ook het volume geproduceerd zout en de omvang van de caverne van belang. Deze informatie geeft namelijk aan hoeveel volume bodemdaling er heeft plaatsgevonden. Voor het bepalen van de omvang en vorm van de caverne wordt een zogenaamde “holruimtekening” uitgevoerd. Dit gebeurt met een akoestisch meetinstrument dat men via het boorgat de caverne in laat zakken. Sinds de start van de winning onder de Waddenzee heeft Frisia ieder jaar een nieuwe holruimtekening uitgevoerd. Om de geproduceerde hoeveelheid zout te bepalen wordt continue het debiet van de pekelstroom uit de caverne gemeten. Dit gebeurt met flowmeters die in duplo zijn uitgevoerd. Ook wordt de pekelstroom dagelijks bemonsterd om de zoutconcentratie te bepalen. Verder is een deel van de pekel gebonden in de caverne. Op basis van deze gegevens wordt berekend hoeveel volume er aan de diepgelegen zoutlaag wordt onttrokken, dit wordt het convergentievolume genoemd. De resultaten van deze bepalingen en berekeningen staan in Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Opgeloste zoutvolume, volume van de holruimte (caverne), gebonden volume pekel en het berekende convergentievolume in de periode van 1 januari 2021 tot 1 januari 2024.

HVM-02	Jan. 21	Jan. 22	Jan. 23	Jan. 24	Jan. 25
Opgelost zoutvolume (m³)	33.496	391.561	864.673	1.377.523	2.018.115
Open cavernevolumen (m³)	23.070	272.046	521.534	745.660	945.811
Gebonden pekelvolume (m³)	477	5.580	12.322	19.630	27.314
Convergentievolumen (m³)	9.949	113.935	330.817	612.233	947.624
Komvolume (m³)	5.324	60.966	347.807	391.909	551.194

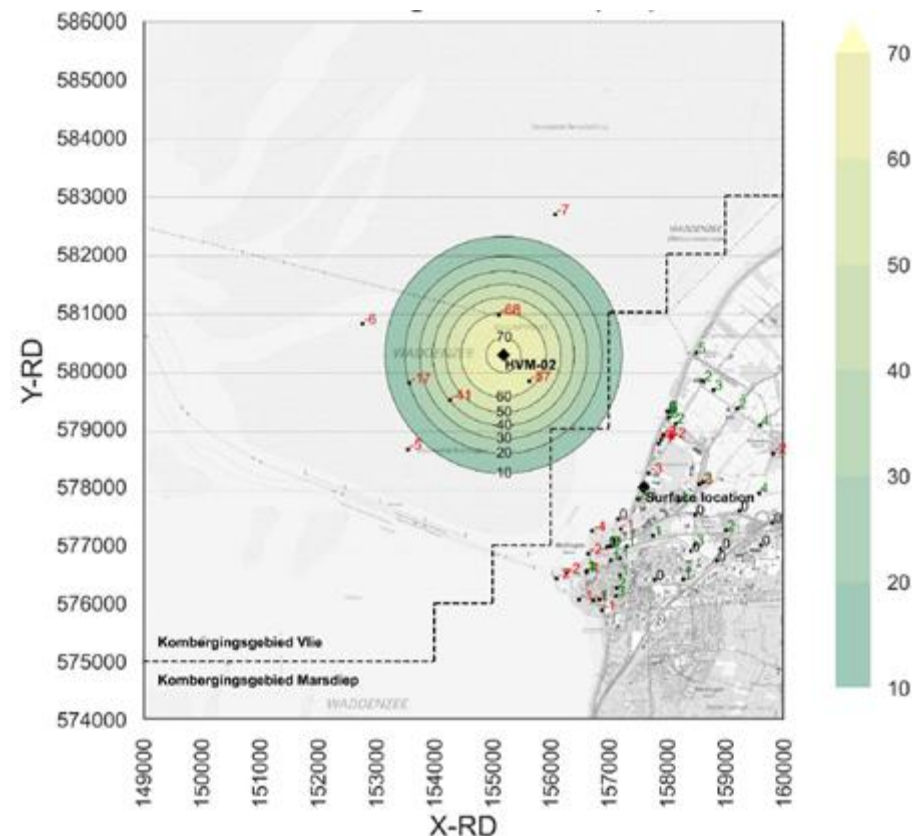
Het in Tabel 31 opgenomen convergentievolume is niet gelijk aan het bodemdalingsvolume. Voor het bepalen van het bodemdalingsvolume wordt namelijk gebruik gemaakt van het ruimtelijke (kom)model van de bodemdaling, dat is geoptimaliseerd op basis van de bodemdalingsmetingen. De vergelijking van de gemeten bodembeweging ten opzichte van de gemodelleerde kom staat in Figuur 3-4. De kaart met de bodemdalingsschotel staat in Figuur 3-5. De

gemodelleerde bodemdaling is kleiner dan het convergentievolume, ook wanneer rekening wordt gehouden met de nauwkeurigheid van het convergentievolume. Op basis van ervaring met de zoutcavernes in de Barradeel- en Barradeel II-concessie, loopt deze verhouding de komende jaren op van ca. 50% tot ca. 95%. Hier wordt nader op in gegaan in hoofdstuk 5 van het rapport Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2024. Een tweede reden voor een afwijking tussen het convergentievolume en het bodemdalingssvolume in de eerste jaren na de start van de zoutwinning, is de beperkte nauwkeurigheid waarmee de bodemdaling op de buitenrand van de bodemdalingsschotel wordt gemeten. Naarmate de bodemdaling toeneemt, is deze beter van de meetruis te onderscheiden en wordt het bodemdalingssvolume nauwkeuriger vastgesteld.



Figuur 3-4 Gemeten bodemdaling (punten) en de gemodelleerde bodemdaling (lijn) voor de Havenmond-2-caverne in september 2024.

Het volume van de gemodelleerde bodemdalingsskom is gebruikt voor de berekeningen van de gemiddelde bodemdalingssnelheid in het kombergingsgebied en de belasting van de gebruiksruijnte in paragraaf 3.2.

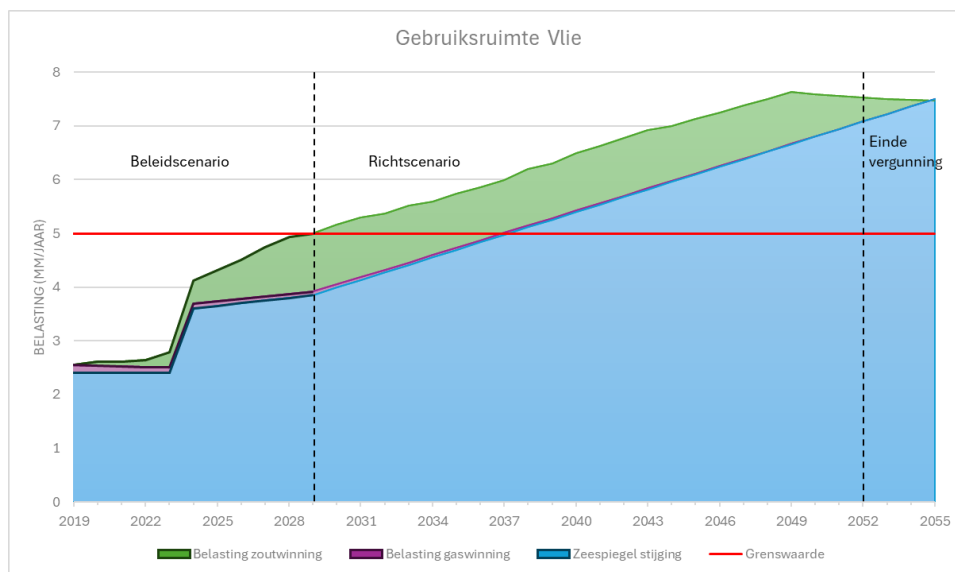


Figuur 3-5 Gemodelleerde contourenkaart Pleistocene bodemdaling in mm. Voor september 2024.

3.2 Belasting gebruiksruijnte

Zoals toegelicht in hoofdstuk 1 van dit rapport mogen de gemiddelde bodemdalingssnelheid en de snelheid van zeespiegelstijging opgeteld niet meer bedragen dan 5 mm per jaar. Omdat bodemdaling door zoutwinning hoofdzakelijk onder het komberginsgebied Vlie optreedt, wordt het Marsdiep in deze samenvattende rapportage buiten beschouwing gelaten. De 5 mm per jaar wordt gezien als een snelheid waarmee de wadplaten in het Vlie prima kunnen groeien. Dreigt deze grens te worden overschreden dan moet Frisia de zoutproductie zodanig aanpassen dat dit niet gebeurt.

De ruimte tussen de 5 mm grens en de snelheid van zeespiegelstijging heet “de gebruiksruimte”. Bij het vigerende zeespiegelstijgingsscenario van 3,6 mm per jaar bedraagt de gebruiksruimte 1,4 mm per jaar. Dit is zichtbaar in de Figuur 36. In deze grafiek is ook zichtbaar dat voorafgaand aan 2024 werd gerekend met het voorgaande beleidsscenario voor zeespiegelstijging (Adviesgroep, 2020), waardoor de knik optreedt in de snelheid van zeespiegelstijging. In het voorgaande beleidsscenario werd uitgegaan van 2,4 mm zeespiegelstijging per jaar tot 2026. In het vigerende scenario wordt uitgegaan van 3,6 mm/jaar in 2024, met een jaarlijkse versnelling van 0,05 mm/jaar. Naast zeespiegelstijging vindt er ook een beperkte belasting van de gebruiksruimte plaats door na-ijlende bodemdaling als gevolg van de gaswinning Zuidwal (zie Figuur 3-6).



Figuur 3-6 Belasting gebruiksruimte Vlie door de zoutwinning, waarbij de gebruiksruimte wordt bepaald door de zeespiegelstijging en het Meegroeivermogen (=grenswaarde). Na 2029 is sprake van een inschatting op basis van het richtscenario en dat komt tot uitdrukking in het gebruik van stippellijnen

Op basis van de bodemdalingsvolumes in Tabel 32 in combinatie met de omvang van het kombergingsgebied Vlie van 668 km² was de gemiddelde belasting van de gebruiksruimte door de zoutwinning en de na-ijlende gaswinning 0,54 mm/jaar in 2024. Bij een volledige berekening van de belasting

van de gebruiksruimte wordt rekening gehouden met het gemiddelde over 6 jaar van het bodemdalingsvolume. Deze waarde is af te lezen in figuur 3-6. Waarin duidelijk te zien is dat er in 2024 ruim binnen de gebruiksruimtegrens is gebleven

3.3 Conclusies t.a.v. bodemdaling door zoutwinning

- De gemeten bodemdaling past binnen de vergunde hoeveelheid.
- Datacorrectie vanwege nieuwe meetapparatuur leidt tot een goede fit van de bodemdalingsschotel.
- De verhouding tussen het convergentievolume en het bodemdalingsvolume fluctueert als gevolg van een relatief kleine bodemdaling op meetpunten die zich aan de rand van de bodemdalingsschotel bevinden.
- Het cavernevolumen ligt ruim onder het maximum volume van 1.250.000 m³.
- De gemiddelde bodemdalingssnelheid, opgeteld bij de snelheid van zeespiegelstijging ligt beneden de gebruiksruimtegrens van 5 mm per jaar.

Geconcludeerd kan worden dat Frisia binnen de vergunde grenzen voor bodemdaling is gebleven.

4 Erosie- en sedimentatie op verschillende ruimtelijke schalen

De resultaten die in dit hoofdstuk centraal staan, zijn afkomstig uit deze rapporten:

Spaans, D. & J. Cleveringa, 2025. Monitoring situatie 2024 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport

Marijt, M.A.T., Saathof, L., Kappers E.F., 2025. Ecologische effectenanalyse van zoutwinning op de Ballastplaat. Monitoringsjaar 2024. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek A&W-rapport 24-054 #1.

4.1 Structuur en functie van wadplaten

Bij de monitoring van de bodemligging wordt nadrukkelijk gekeken naar de wadplaten. Wadplaten vormen een beschermd habitattype, waarbij wordt gekeken naar het areaal en de kwaliteit van de wadplaten. Kwaliteit wordt uitgedrukt in de termen “structuur en functie”. Structuur gaat over de variatie in de fysische structuur, zoals variatie in hoogteligging en sedimentsamenstelling. Ook biogene structuren, zoals schelpdierbanken, horen bij de structuur van de wadplaten. Niet op iedere wadplaat wordt de volledige diversiteit aan structuuraspecten te worden aangetroffen. De beoordeling van de staat van de droogvallende wadplaten wordt op de schaal van de hele Nederlandse Waddenzee gedaan.

De Ballastplaat Zuid is een relatief laaggelegen wadplaat. Volgens de ecotopenkaart, waarop voor droogvallende wadplaten verschillende structuurtype worden aangegeven (Baptist et al., 2019), is op de Ballastplaat slechts één type ecotoop aanwezig. Op kleine ruimtelijke schaal is de variatie echter behoorlijk groot. Langs de oostrand van de plaat ligt een dikke laag zeer fijn slib. Dit gebied valt niet vaak droog en er leven weinig bodemdieren die op een 2mm-zeef blijven liggen. De plaat zelf bestaat uit een stevige ondergrond met daarop variërend zachte en stevige structuren. In de bodem zijn op verschillende plaatsen hoge dichtheden kokkels en strandgapers te vinden en in

de zomer van 2022 had zich een jonge mosselbank gevormd, waar in 2023 alleen fragmenten van over waren.

Wat betreft de “functie” van de wadplaten wordt in dit monitoringprogramma gefocust op de foerageerfunctie voor vogels. Dat wil zeggen, op hoe geschikt de wadplaten zijn voor vogels om eten te verzamelen. Dit komt in hoofdstuk 5 aan bod.

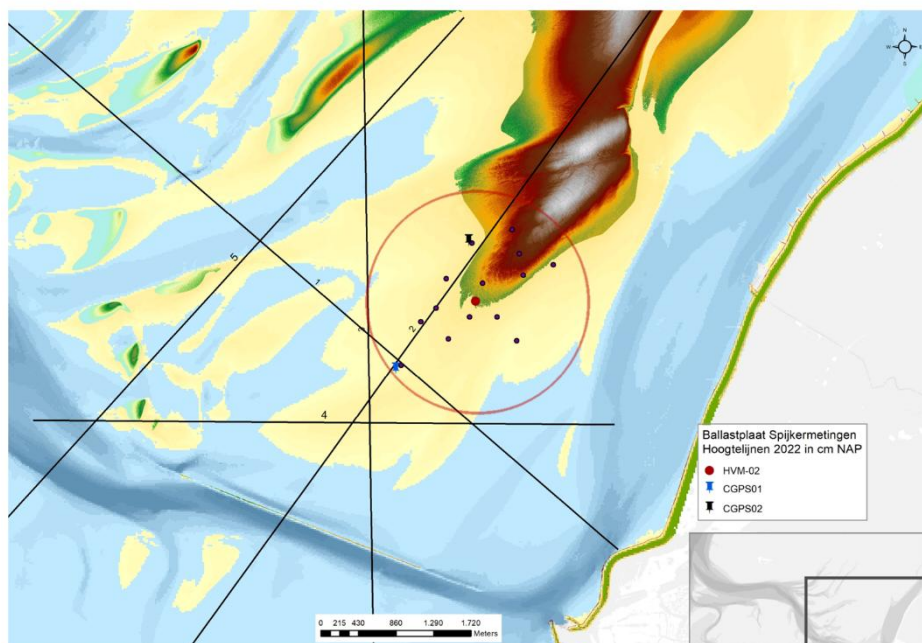
4.2 Eerste orde effecten van bodemdaling door zoutwinning

Wanneer de bodem onder de wadplaten daalt hoeft dit geen effect te hebben op de structuur van het wadoppervlak erboven. De theorie luidt namelijk dat er gedurende een jaar sowieso sprake is van enkele centimeters erosie en sedimentatie. Wanneer daaronder bodemdaling optreedt, leidt dat niet tot een andere structuur aan het oppervlak. Onder omstandigheden met zeer weinig erosie en/of sedimentatie is het voorstelbaar dat er door bodemdaling een tijdelijke depressie in de wadplaat ontstaat. Dit kan dan leiden tot vormverandering, verandering in hoogteligging of sedimentstructuur. Dit noemen we “eerste orde effecten” van bodemdaling (Figuur 1-3). Zulke veranderingen van de hoogteligging worden niet verwacht als gevolg van de bodemdaling door zoutwinning. Om goed in de gaten te houden of toch eerste orde effecten van de bodemdaling optreden maken we gebruik van drie typen metingen om veranderingen in wadplaathoogte te bepalen en één type meting om de samenstelling van het sediment te bepalen. Figuur 4-1 toont de omgeving van de Ballastplaat met de meetlocaties en een indicatie van het gebied waar tot en met eind 2024 bodemdaling is opgetreden. De verschillende metingen van de absolute hoogte (ten opzichte van NAP) blijken onderling goed vergelijkbaar, zoals is gerapporteerd in Spaans & Cleveringa (2025). De resultaten van de metingen aan de morfologie worden hieronder besproken in samenhang met de opgetreden bodemdaling.

4.3 Raaimetingen

Raaimetingen worden ieder jaar uitgevoerd, door tijdens hoogwater met een meetschip over de Ballastplaat en omgeving heen te varen, waarbij de hoogte van de plaat en diepte van de geulen wordt gemeten. Dit gebeurt door telkens over vaste raaien te varen, die zijn aangegeven in Figuur 4-1. Ieder jaar kunnen de nieuwe raaien met die van de voorgaande jaren worden vergeleken. Raaimetingen zijn niet gebiedsdekkend, maar doorkruisen het

bodemdalingsgebied verschillende keren. Zo kan bepaald worden of er sprake is van bodemdaling aan het wadoppervlak. De hoogte/diepte raaien die één keer per jaar op de Ballastplaat worden gemeten, laten zien dat er geen afwijkende ontwikkelingen plaatsvinden.



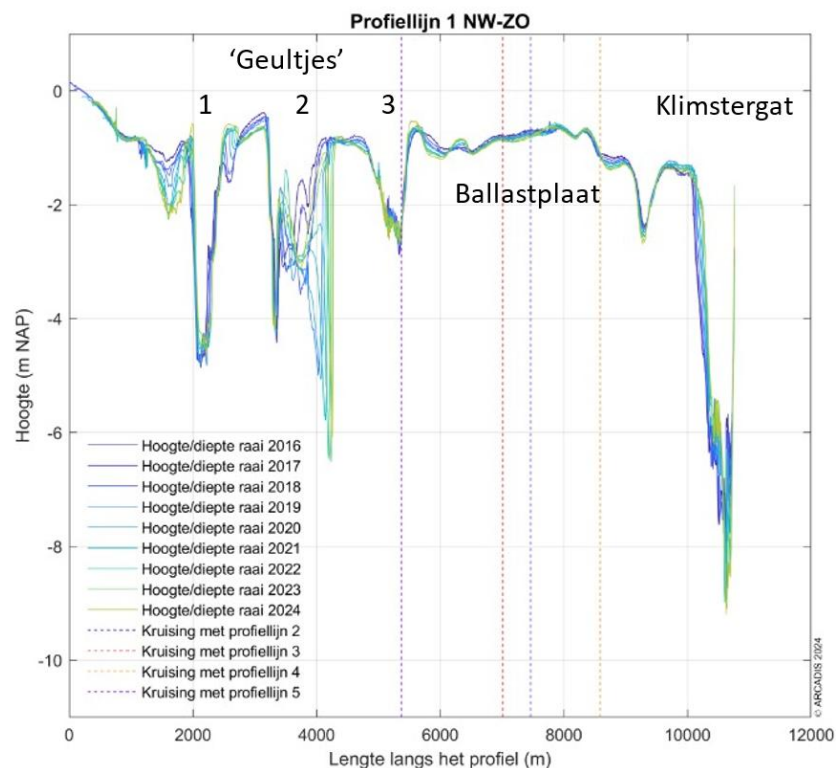
Figuur 4-1 Omgeving rond de gemodelleerde 2 cm contour van de bodemdalingsschotel aan begin van 2024. Met de punten van de spijkermetingen, de raaien van de hoogte/dieptemetingen en de resultaten van de 2022 LiDAR hoogtemeting.

De meetpunten op de raaien hebben een onderlinge afstand van ongeveer 1 decimeter. De praktijknauwkeurigheid waarmee de hoogte wordt gemeten bedraagt enkele centimeters. Dit wordt ondersteund door de onderlinge controle van de meetraaien op hun kruispunten. Bij het inzoomen op de raaimetingen wordt op de wadplaten --een band zichtbaar met meetresultaten, met een breedte van enkele centimeters. In de rapportage over de meetresultaten tot en met 2023 is een analyse opgenomen, waaruit blijkt dat deze bandbreedte het

gevolg is van de aanwezigheid van structuren op de wadplaat met hoogtes van enkele centimeters en lengtes tot 10m. In de rapportage gaan we niet in op deze zeer kleinschalige morfologische kenmerken van de wadplaat, maar het is wel belangrijk dat deze bandbreedte feitelijke informatie is over de hoogte en geen meetruis. Middeling van de hoogte over tientallen meetpunten reduceert deze bandbreedte. Voor het weergeven van morfologische veranderingen op de platen, over afstanden tot een kilometer is dit zinvol en toegepast.

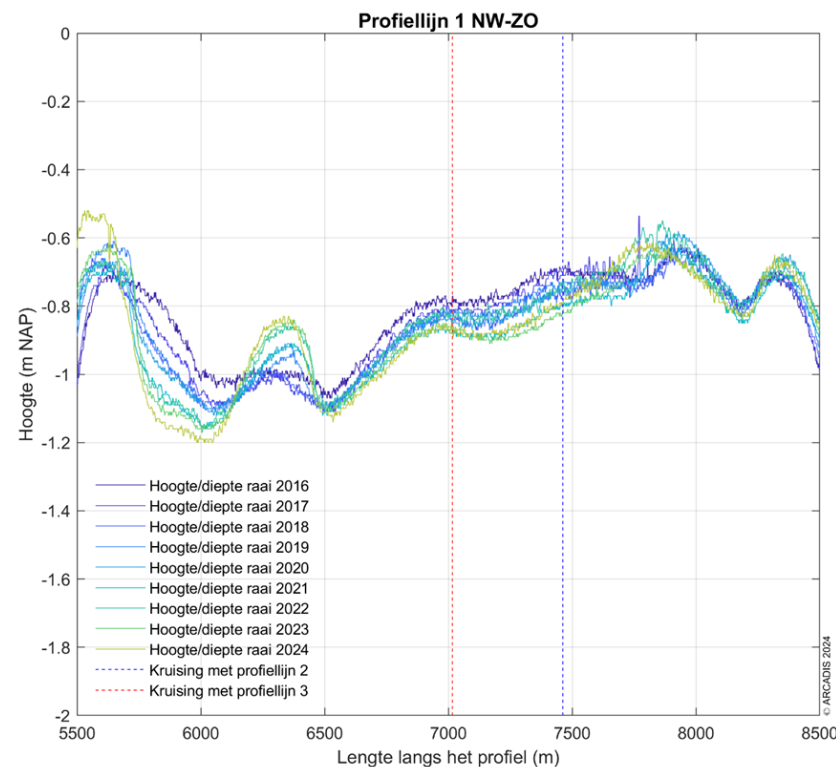
De grootste veranderingen in de bodemhoogte treden op in en rond de getijdegeulen. In Figuur 4-4 is de ingemeten diepte in raai 1 weergegeven, waarbij de grote veranderingen plaatsvinden bij de drie geultjes aan de noordwestzijde in de raai. Ook het Kimstergat aan de zuidoostzijde van de meetraai is veranderlijk. In vergelijking met de geulen verandert de hoogte van de Ballastplaat slechts beperkt.

Om de veranderingen op de Ballastplaat in beeld te krijgen wordt ingezoomd op het hoogtebereik van de wadplaat in Figuur 4-5. Alleen het deel van raai 1 dat over de Ballastplaat loopt is weergegeven. De hoogte van de Ballastplaat komt in raai 1 vrijwel nergens boven de NAP -0,6 m uitkomt en dat betekent dat het een relatief laag deel van de plaat betreft. Aan de meest noordwestelijke zijde van de dwarsdoorsnede is een deel van de plaat zichtbaar dat in 2024 boven de NAP -0,6 m is uitgekomen. Dit gebied is onderdeel van de noordwestzijde van de Ballastplaat Zuid, waar sinds de eerste raaimeting in 2016 sprake is van duidelijke veranderingen. In 2016 was nog sprake van een hoger deel tussen 5600 m en 6000 m, gevolgd door een dieper deel tot ongeveer 6500 m. In 2024 is sprake van een small hoog deel van 5500 m tot 5700 m, met een dieper deel tot 6250 m, gevolgd door een smalle ondiepte tot 6400 en dan opnieuw een dieper deel met een dal rond 6500. Daarna loopt de Ballastplaat geleidelijk op naar het noordoosten. Tussen 7000 m en 7500 m is de Ballastplaat in 2022 enkele centimeters lager komen te liggen en in 2023 nog iets lager. In 2024 ligt de hoogte hier weer enkele centimeters boven. De overall hoogte afname van de Ballastplaat in profiellijn 1 ten zuidoosten van 6500 m is al eerder begonnen, met de hoogste ligging tussen 7000 m en 7500 m in 2016. Deze hoogte afname is niet het gevolg van de bodemdaling onder de Ballastplaat. De hoogteafname was namelijk al begonnen voordat sprake was van zoutwinning. Ook is de omvang van de verlaging van de wadplaat groter dan de bodemdaling die hier heeft plaatsgevonden.



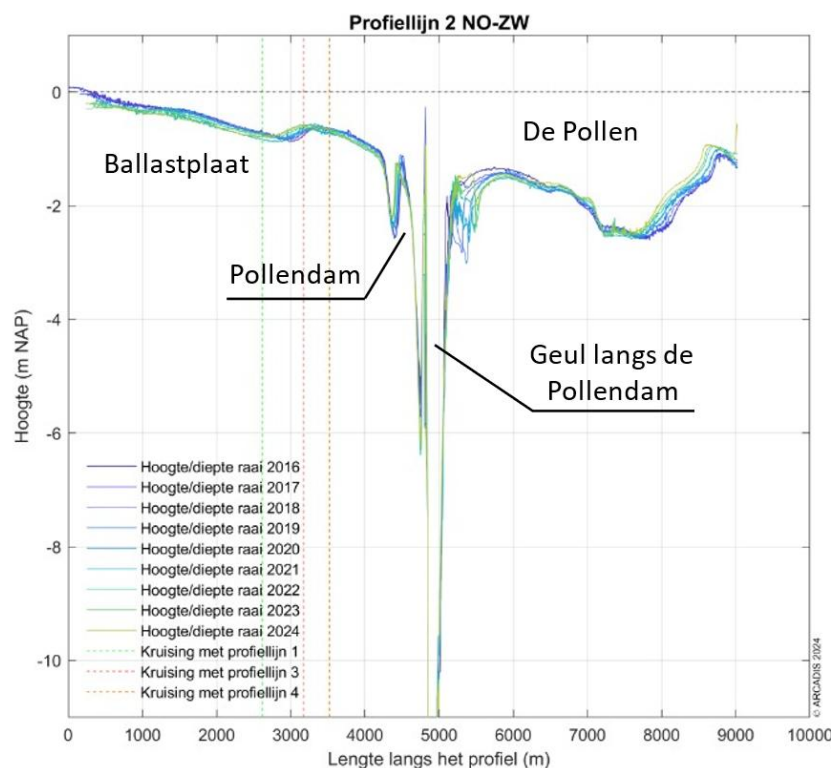
Figuur 4-2 Dwarsprofiel langs profiellijn 1 van noordwest naar zuidoost voor 2016-2024. De buitengrens van de bodemdalingsschotel eind 2024 loopt van iets meer dan 7000 m (links van de kruising met profiellijn 3) tot iets minder dan 9000 m (ter hoogte van de kruising met profiellijn 4; locatie in Figuur 4-1).

--

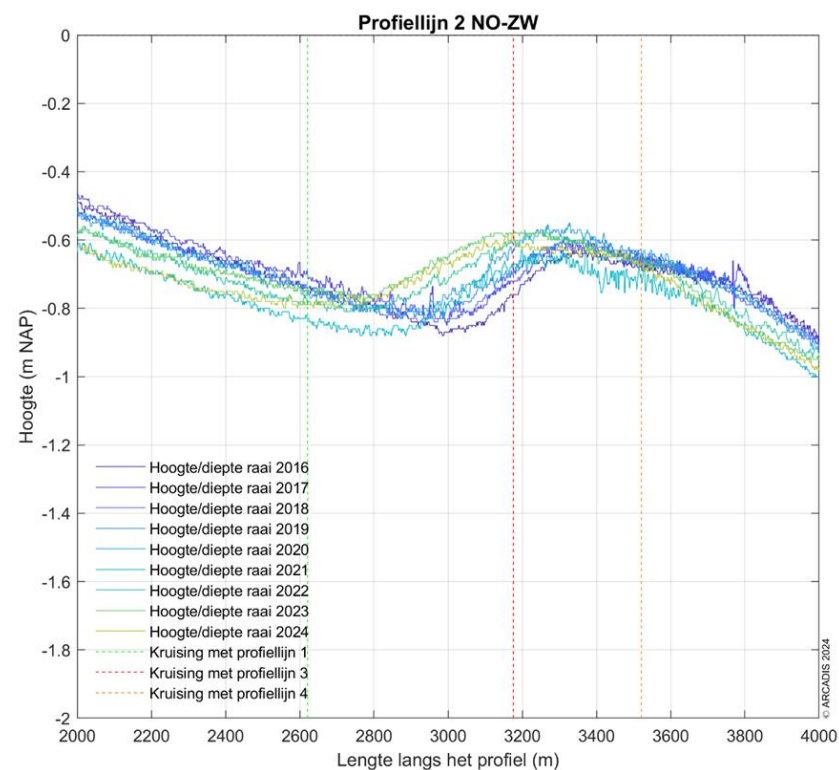


Figuur 4-3 Detail van dwarsdoorsnede langs profiellijn 1 van noordwest naar zuidoost 2016-2024. De buitengrens van de bodemdalingsschotel eind 2024 loopt van iets meer dan 7000 m (links van de kruising met profiellijn 3) tot buiten de rechterzijde van de grafiek. Locatie in Figuur 4-1.

Onder raai 2 is de bodemdaling onder de Ballastplaat groter dan in raai 1. Ook in deze raai is zichtbaar dat de grootste veranderingen plaatsvinden nabij de geulen en in het gebied "De Pollen" ten zuidwesten van de Pollendam. Op de Ballastplaat heeft geen zichtbare verlaging plaatsgevonden in de vorm van een bodemdalingsschotel na 2020, zoals zichtbaar is in Figuur 4-5. De ontwikkelingen in de bodemhoogte in 2024 zijn een voortzetting van de ontwikkelingen in de voorgaande jaren. De verplaatsing van de grootschalige bodemvorm, waarvan het diepste deel is opgeschoven van rond de 3000 m naar 2800 m is de dominante ontwikkeling in dit deel van de Ballastplaat.



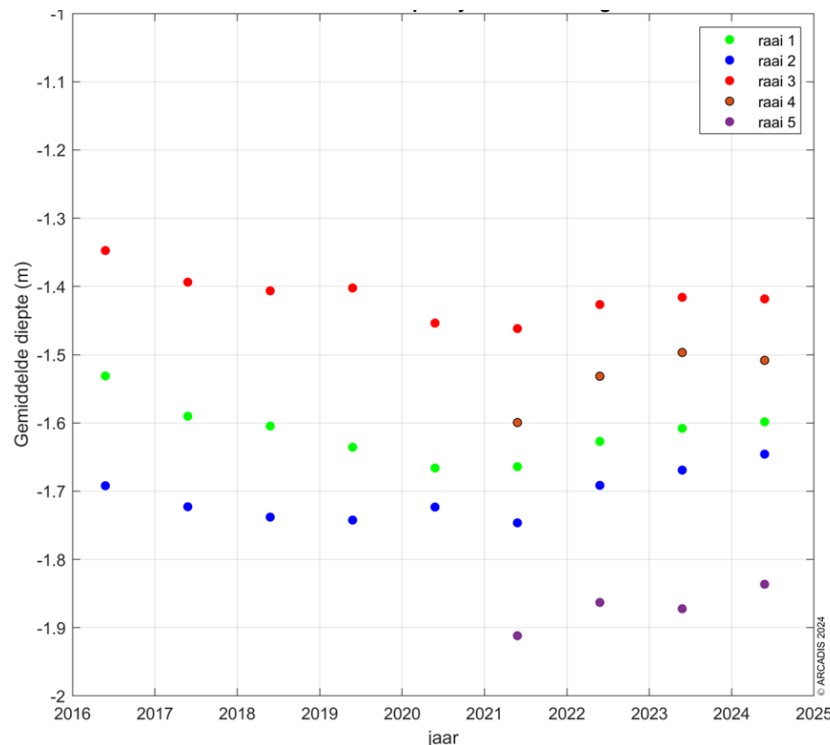
Figuur 4-4 Dwarsdoorsnede langs profiellijn 2 van noordoost naar zuidwest 2016-2024. De buitengrens van de bodemdalingsschotel in april 2024 loopt van iets buiten de linkerzijde van de grafiek tot ongeveer 3000 m (rechts van de kruising met profiellijn 1; Figuur 4-1).



Figuur 4-5 Detail van dwarsdoorsnede langs profiellijn 2 op de Ballastplaat van noordoost naar zuidwest 2016-2024. De buitengrens van de bodemdalingsschotel in april 2024 loopt van iets buiten de linkerzijde van de grafiek tot ongeveer 3000 m (rechts van de kruising met profiellijn 1; locatie in Figuur 4-1).

De gemiddelde hoogte over het overlappende bereik van de raaimetingen die is weergegeven in Figuur 4-6, geeft inzicht in de trendmatige veranderingen in de raaien. De gemiddelde hoogte lag in 2024 in de raaien 1, 2 en 5 boven het gemiddelde van 2023. In de raaien 3 en 4 lag de gemiddelde hoogte (iets) onder de hoogte van het voorgaande jaar. In deze grafiek is ook zichtbaar dat in 2020 sprake was van gemiddeld lage hoogtes in alle raaien. Na een periode van overwegend afname van de gemiddelde hoogte vanaf het begin van de meetreeks in 2016, is na 2020/2021 sprake van een toename. Uit de gemiddelde waterdiepte in Figuur 4-6, blijkt dat na het begin van de zoutwinning

in 2020 geen verlaging van de gemiddelde hoogte van de plaat heeft plaatsgevonden.



Figuur 4-6 Plot van de gemiddelde waterdiepte (in m ten opzichte van NAP) per raai voor alle meetmomenten. Binnen de raai zijn alleen de punten meegenomen waar voor elk jaar een dieptemeting beschikbaar is in de berekening van de gemiddelde diepte.

4.4 Sedimentatiemetingen

Sedimentatiemetingen worden ook wordt “Spijkermeting” genoemd, vanwege de bodemankers oftewel spijkers die in de bodem worden gedraaid. De sedimentatiemetingen geven de sedimentatie of erosie die optreedt op één locatie. Sedimentatiemetingen zijn zeer nauwkeurige metingen die vier keer per jaar worden uitgevoerd. De metingen zijn representatief voor de locatie, waar steeds 4 meetpunten op een onderlinge afstand van 1 m liggen. De metingen aan de 4 punten worden gemiddeld tot één waarde voor die locatie. Op de Ballastplaat Zuid liggen de Sedimentatiemetingen verspreid over het gebied zodat de meetpunten een steekproef opleveren van sedimentatie en erosie op de Ballastplaat.

De Sedimentatiemetingen meten de relatieve verandering in bodemhoogte¹. Het is met de sedimentatiemetingen mogelijk om op termijn de versterkte sedimentatie te meten op locaties die meer in het centrum van de bodemdalingskom liggen.

De Sedimentatiemetingen op de Ballastplaat zijn gestart in 2018. Sinds de start zien we erosie en sedimentatie optreden variërend van -8 tot +8 cm. Dit is vergelijkbaar met andere gebieden in de Waddenzee waar deze metingen worden uitgevoerd. De Sedimentatiemetingen laten zien dat niet alleen sprake is van trendmatige erosie of sedimentatie, maar ook dat van meting op meting variatie optreedt. Dit is zichtbaar in de pieken en dalen in de grijze lijnen in Figuur 4-7, die ook doorwerken in fluctuaties in de gemiddelde waarde voor alle stations (de rode lijn in Figuur 4-7). Dit soort fluctuaties zijn ook geobserveerd in de Sedimentatiemetingen in de kombergingsgebieden Borndiep en Friesche zeegat (Krol, 2022). Het is plausibel dat op de wadplaten kleine variaties tot enkele centimeters in de hoogte optreden. Variaties in de hoogte treden onder andere op door tijdelijke sedimentatie van met name slib onder rustige omstandigheden, die wordt gevolgd door erosie tijdens hoger energetische condities. De publicatie van Colosimo et al. (2023) geeft nieuwe inzichten in de complexiteit van de mechanismen voor de sedimentatie en erosie van slib en de rol van de wind daarbij, op basis van metingen nabij de Ballastplaat. Ook de verplaatsing, groei en krimp van grootschalige bodemvormen op de wadplaat resulteren in kleine hoogteveranderingen. Ten slotte kunnen ook biologische

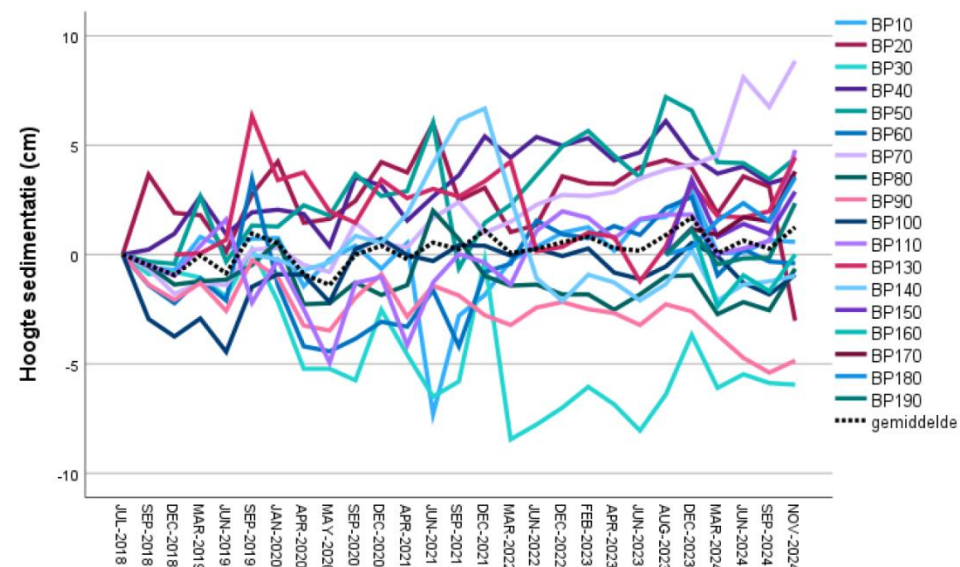
¹ De Sedimentatiemeting wordt uitgevoerd ten opzichte van de spijker die in de wadbodem is geboord. De spijker zakt mee met de bodemdaling. Het meten van de relatieve verandering in de bodemhoogte is het belangrijke verschil met de

Raaimetingen die de absolute verandering van de bodemhoogte ten opzichte van NAP vastleggen.

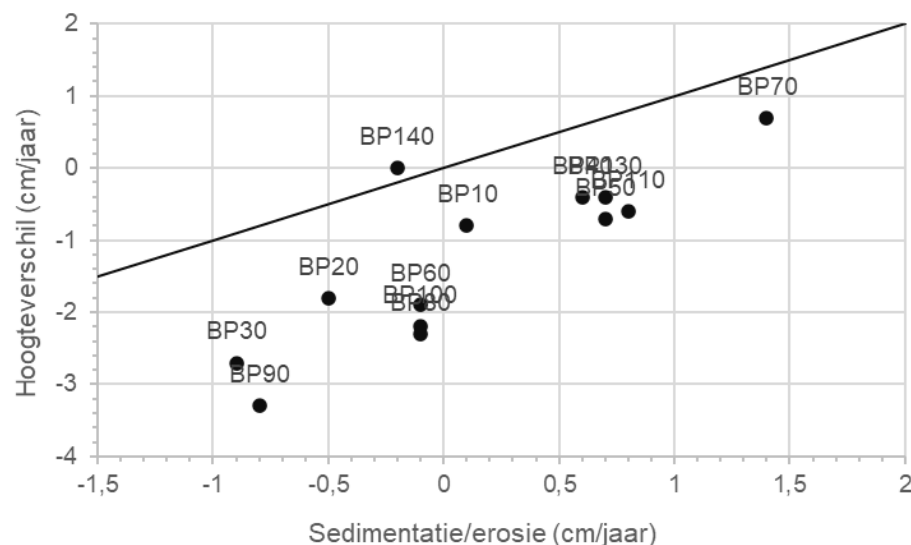
activiteiten leiden tot kleine veranderingen, bijvoorbeeld doordat menging van zand en slib optreedt door bioturbatie en doordat de porositeit toeneemt door biologische activiteit.

In juni 2023 is het meetnetwerk van de Sedimentatiemetingen uitgebreid met tien meetpunten op de Ballastplaat-Midden 2. Deze meetpunten die buiten het gebied met bodemdaling liggen dienen als referentie voor de bestaande punten die in het bodemdalingsgebied liggen. De meetreeks van deze metingen is nog relatief kort en daarom worden deze nog niet beschouwd in dit integratierapport.

In paragrafen 2.2 en 4.5 is geconstateerd dat ter plaatse van de Sedimentatiemetingen de Ballastplaat lager is geworden tussen de laatste twee opeenvolgende vaklodingen uit 2016 en 2022. Ook de hoogtemetingen die zijn uitgevoerd met DGPS-RTK metingen ter plaatse van de Sedimentatiemetingen laten deze afname van de hoogte zien (met uitzondering van BP70). De omvang van de hoogteafname is beduidend groter dan de omvang van de erosie ter plaatse, zoals zichtbaar is in Figuur 4-8. In het gebied met bodemdaling als gevolg van zoutwinning is de afname van de bodemhoogte groter dan de gemeten erosie. Op die plekken zou de afname van de hoogte voor elke meetlocatie gelijk moeten zijn aan de omvang van de sedimentatie plus de bodemdaling ter plaatse. Berekeningen daarvan laten zien dat de bodemdaling door zoutwinning de afname van de hoogte niet verklaart. Ook na correctie voor de bodemdaling is de afname van de hoogte groter dan mag worden verwacht op basis van de gemeten erosie.



Figuur 4-7 Gemiddelde sedimentatie van de stations BP10 t/m BP140 (grijze lijnen) en overall gemiddelde van alle stations (rode stippenlijn) op Ballastplaat bijgewerkt tot eind 2024, uit Marijt et al, (2025).



Figuur 4-8 Gemeten hoogteverschil in centimeters/jaar (berekend met de hoogte t.o.v. NAP gemeten met DGPS-RTK) voor meetstations BP10 t/m BP140 tegenover de sedimentatie/erosiesnelheid in centimeters per jaar, op basis van de getallen in Marijt et al, 2025. De doorgetrokken lijn geeft de theoretische situatie weer waarin de beide waarden aan elkaar gelijk zijn.

4.5 Hoogteontwikkelingen van de Ballastplaat

De hoogtemetingen die ter plaatse van de Sedimentatiemetingen zijn uitgevoerd, hebben laten zien dat al deze locaties lager zijn geworden. Dit komt overeen met de observatie aan de twee meest recente vaklodingen uit 2016 en 2022 zoals getoond in Figuur 4-9. Ter plaatse van de sedimentatiemetingen geeft de blauwe kleur aan dat de bodem in 2022 lager ligt dan in 2016. In deze kaart is ook zichtbaar dat de sedimentatiemetingen allemaal, ook de nieuwe referentiemetingen, in (blauwe) gebieden liggen waar de bodem lager is geworden. De vaklodingen en de raailodingen laten zien dat ook gebieden aanwezig zijn waar de hoogte van de bodem op de wadplaten is toegenomen, ook bij de Ballastplaat zelf. Analyse van de hoogteontwikkelingen vanaf de jaren '80 van de vorige eeuw ter plaatse van de Spijkermetingen, op basis van de

vaklodingsgegevens, laten ruimtelijke variatie zien in de ontwikkelingen van de hoogte. Delen van de Ballastplaat vertonen verschillende ontwikkelingen in deze periode van ongeveer 30 jaar, zoals zichtbaar is in Figuur 2-3 en in Figuur 2-2.

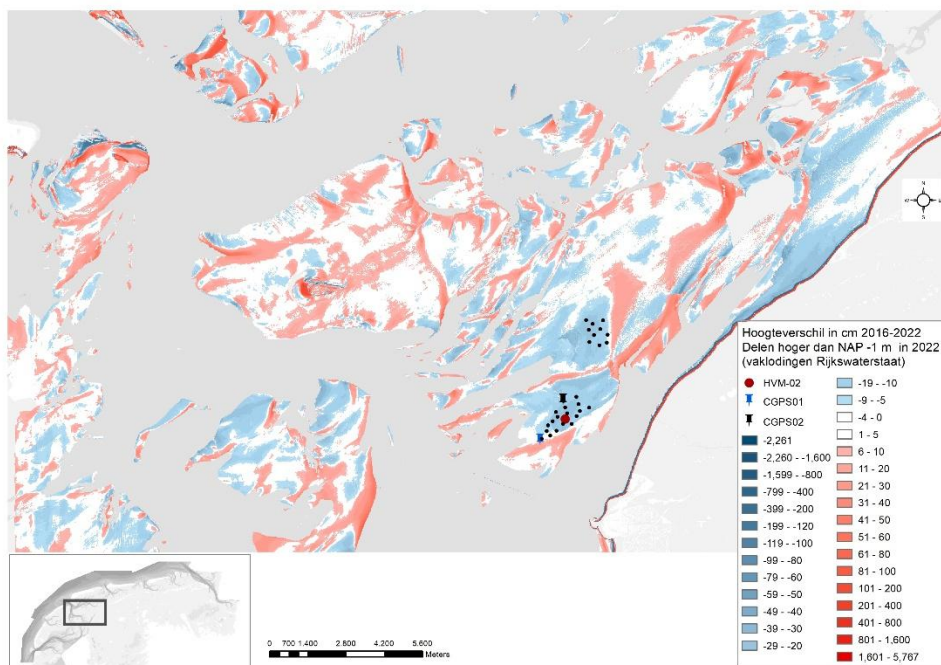
Het 'waarom' van de waargenomen veranderingen op de Ballastplaat en de omgeving is min of meer de heilige graal van de morfologie. De kennis om de waargenomen veranderingen te koppelen aan enerzijds veranderingen in de abiotische (waterbeweging, waterstanden, golfhoogte en -richting, saliniteit, beschikbaarheid van zand en slib, ...) en biologische randvoorwaarden (dichtheid en biomassa van verschillende bodemdieren, aanwezigheid diatomeeën, mosselbanken, zeegras,...) en aan autonome morfologische veranderingen is nog niet voldoende ontwikkeld om deze verbanden inzichtelijk te maken. Op basis van de waarnemingen de hoogte en sedimentatie/erosie zijn wel enkele opmerkingen te maken.

In de eerste plaats wordt opgemerkt dat ondanks de afname van de hoogte van een deel van de platen nog steeds sprake is van een toename van het areaal droogvallende platen in het studiegebied. Deze langjarige trend is waarschijnlijk het gevolg van de gewijzigde omstandigheden in de Westelijke Waddenzee door de aanleg van de Afsluitdijk.

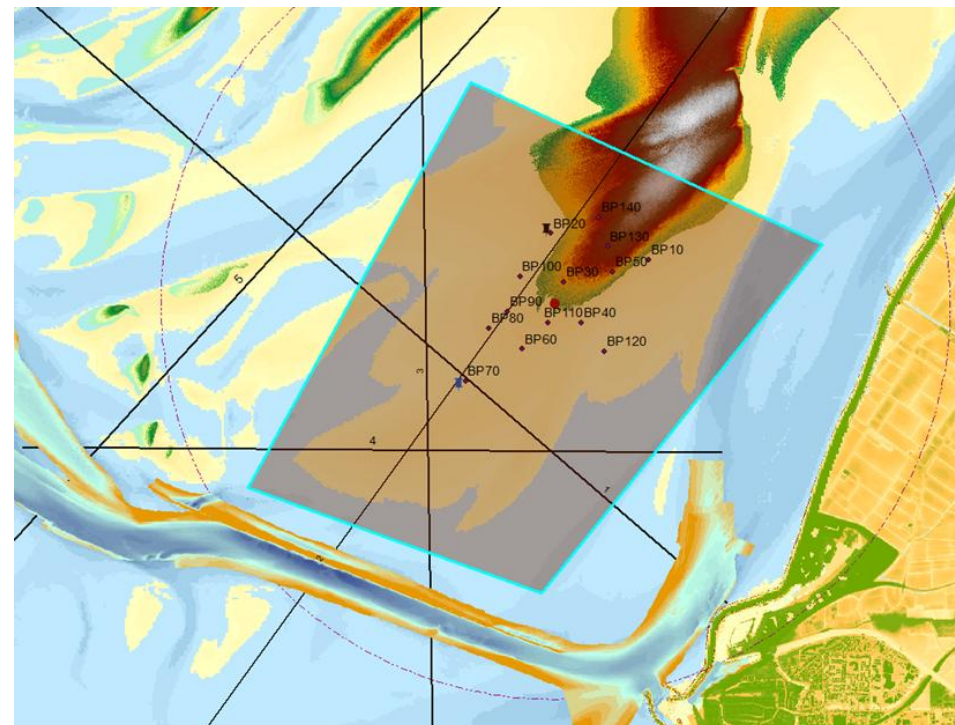
In de tweede plaats wordt opgemerkt dat de afname van de hoogte heeft plaatsgevonden op de Ballastplaat en bij de Friese vastelandskust. In deze gebieden heeft de sedimentatie van fijn sediment (slib) een belangrijke rol gespeeld.

Ten slotte wordt opgemerkt dat de hoogteafname groter is dan de omvang van de erosie, zoals geregistreerd met de Spijkermetingen. Als we ervan uitgaan dat de sedimentatie en erosie zoals gemeten met de Spijkermetingen voldoende betrouwbaar is, dan moet extra afname van de hoogte ten opzichte van de erosie, het gevolg zijn van een ander proces. De metingen aan de bodemdaling (in combinatie met de modellering van de bodemdalingsschotel) laten zien dat de omvang daarvan niet dermate groot is dat dit de extra afname van de hoogte verklaart. Dat betekent dat sprake moet zijn van een ander proces dat verantwoordelijk is voor de extra afname van de hoogte. Mogelijk is compactie van de bovenste meters slibrijk sediment, die zijn afgezet na de afsluiting van de Afsluitdijk, hiervoor verantwoordelijk. De metingen zoals die tot nu toe zijn uitgevoerd kunnen hierover geen uitsluitsel bieden.

In 2025 zal een varende meting worden uitgevoerd, waarbij tijdens hoogwater met een multibeam de hoogte in aantal raaien wordt ingemeten. Op deze wijze wordt de data verzameld op basis waarvan een kaart van de hoogte van de hele Ballastplaat zal worden gemaakt. De intentie is om dit in de jaren daarna opnieuw te doen, zodat de hoogteveranderingen van de hele Ballastplaat gevolg kunnen worden.



Figuur 4-9 Kaart met de hoogteverschillen tussen de vakkolingen uit 2016 en 2022, waarbij de delen die in een of in beide vakkolingen dieper waren dan NAP -1 m grijs zijn gemaakt. Het betreft dus alleen de wadplaten. De stippen geven de locaties van de Spijkermetingen aan.

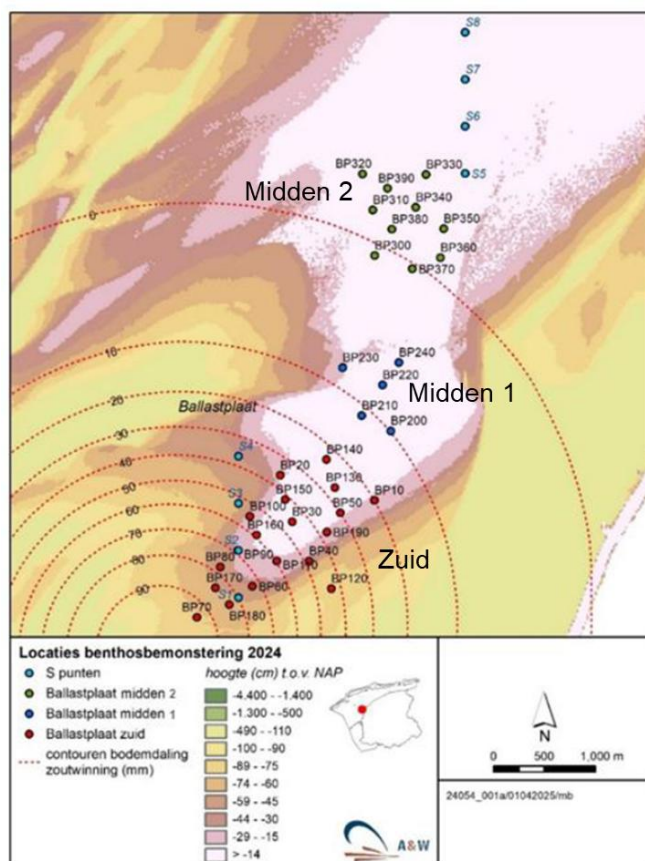


Figuur 4-10 Kaart met het gebied waarvan in 2025 een gebiedsdekkende kaart van de bodemhoogte wordt gemaakt op basis van multibeammetingen. De stippen geven de locaties van de Spijkermetingen aan.

4.6 Sedimentsamenstelling

Om vast te stellen of en hoe de korrelgrootte en het slibgehalte van de toplaag van de wadplaten veranderen, wordt de sedimentsamenstelling gemeten. Eén keer per jaar wordt op verschillende plekken op de Ballastplaat (Figuur 4-11) een monster verzameld van de bovenste 4 centimeter van de wadplaat. Van deze monsters wordt de korrelgrootteverdeling gemeten. Deze korrelgrootteverdeling gaat over hoeveel zand en slibkorrels er van welke grootte in de bodem aanwezig zijn. In een zandige omgeving vind je vooral

In 2023 zijn op aanwijzing van de Audit commissie (Commissie voor de milieueffectrapportage, 2022) nieuwe referentiegebieden geselecteerd, ter vervanging van de referentiegebieden Griend, Hendrik Tjaarsplaat en Richel. De reden voor de selectie van nieuwe referentiegebieden was de observatie dat de sedimentsamenstelling van de bestaande referentiegebieden veel minder slib liet zien en grotere gemiddelde korrelgroottes. Niet alleen maakt dit het vergelijken van de veranderingen in de sedimentsamenstelling minder zinvol, ook het leggen van relaties met de bodemdieren is hierdoor lastig. De locaties van de gebieden staan in Figuur 4-11.



De metingen uit 2024 hebben laten zien dat de gemiddelde korrelgrootte van de nieuwe referentiegebieden overeen komt met de gemiddelde korrelgroottes in de bestaande gebieden op de Ballastplaat. In 2024 is voor het eerst gebruik gemaakt van een referentiemonster. Het referentiemonster geeft bij de analyses die de komende jaren worden uitgevoerd een check op de meetvariatie tussen de jaren. 2023 is het startjaar, zodat nog geen vergelijking heeft plaatsgevonden.

De monsters uit 2024 zijn nog niet geanalyseerd, omdat gebruik moet worden gemaakt van een ander laboratorium. Het NIOZ, dat tot nu toe de analyses uitvoerde op dezelfde wijze als voor de SIBES-bemonstering, bleek geen capaciteit meer te hebben. Bij het uitvoeren van de analyses de komende jaren is het gewenst om continuïteit te kunnen waarborgen. Daarbij is er de wens om zoveel als mogelijk aan te sluiten bij de eerder toegepaste methodes van voorbehandeling en analyse. Daarom is tijd besteed aan het vinden van het juiste laboratorium voor het uitvoeren van de analyses.

4.7 Conclusies eerste orde effecten

- De gemeten hoogteveranderingen in de raaimetingen op de Ballastplaat geven geen aanwijzingen voor een invloed van de bodemdaling door zoutwinning op de hoogteontwikkeling.
- De afname van de hoogte op de Ballastplaat Zuid is groter dan de omvang van de erosie en de bodemdaling door zoutwinning.
- De oorzaak voor het verschil in de omvang van de erosie en de verlaging van de Ballastplaat is nog onbekend.

5 Draagkracht voor vogels

De resultaten die in dit hoofdstuk centraal staan, zijn afkomstig uit deze rapporten:

Marijt, M.A.T., Saathof, L., Kappers E.F., 2025. *Ecologische effectenanalyse van zoutwinning op de Ballastplaat. Monitoringsjaar 2024. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek A&W-rapport 24-054 #1.*

Rappoldt, K., M. Kersten, & J. Krol, 2025. *Wadvogels op Ballastplaat-Zuid; Aantallen en vergelijking met referentiegebied. EcoCurves rapport 36, versie mei 2025.*

Elias, R. 2024. *Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2022; T0-situatie+2. Arcadis-rapport*

5.1 Benthosbemonsteringen Ballastplaat

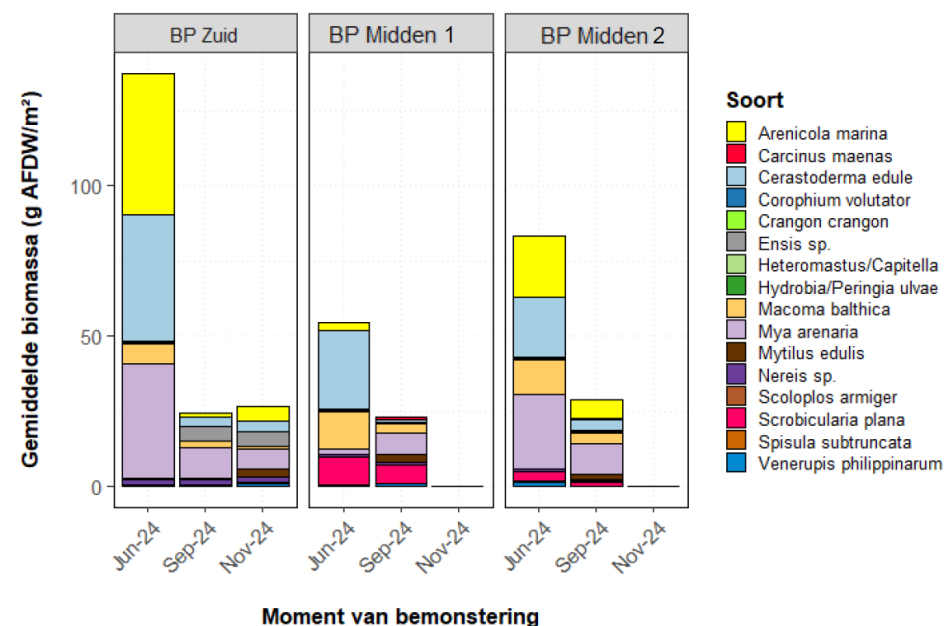
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de ecologische monitoring beschouwd. Het gaat om de resultaten van de bemonstering van bodemdierensamenstelling op de Ballastplaat Zuid en Midden, de trektellingen van de vogels op de Ballastplaat Zuid en de vogeltellingen op de hoogwatervluchtplaatsen.

Naast het bodemdalingsgebied, Ballastplaat Zuid, wordt er sinds 2024 ook een benthosbemonstering uitgevoerd in een noordoostelijk gelegen deelgebied dat we Ballastplaat Midden 1 en Ballastplaat Midden 2 noemen. Midden 1 en Midden 2 ligt buiten de invloedssfeer van eventuele bodemdaling door zoutwinning en kan dienen als referentiegebied. Om te onderzoeken of de monsterpunten die meer richting Ballastplaat Midden 1 of 2 liggen gelijkender zijn aan die op Ballastplaat Zuid, worden deze groepen monsterpunten in de grafieken in Figuur 5-1 en Figuur 5-2 van elkaar onderscheiden.

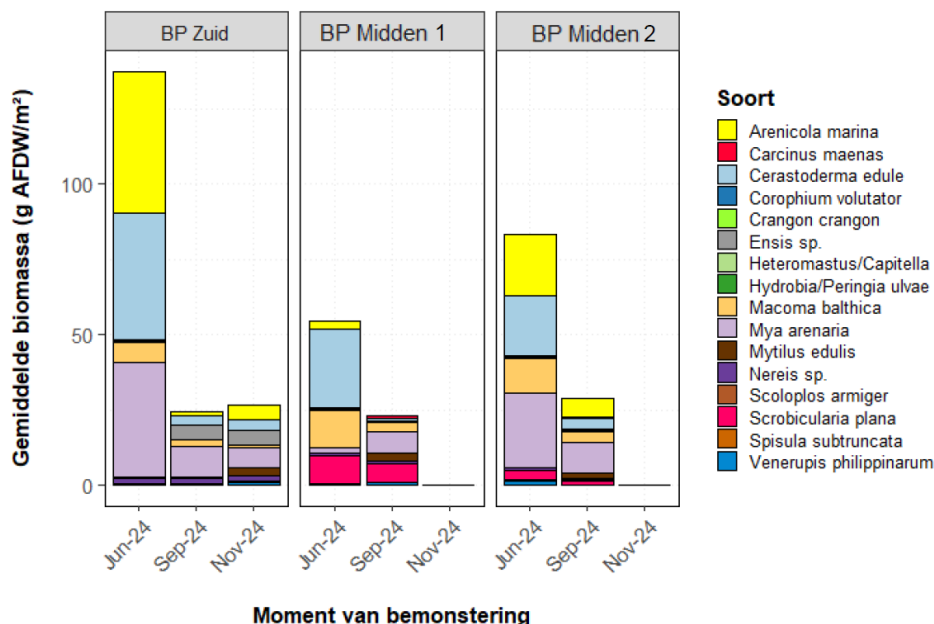
In hoeverre de deelgebieden Ballastplaat Midden 1 en/of 2 geschikt zijn om als referentiegebied te dienen, hangt af van de mate waarin de bestudeerde ecologische kenmerken en processen er vergelijkbaar zijn met Ballastplaat Zuid. Dit jaar worden voor de eerste keer de benthossamenstelling van deze deelgebieden gepresenteerd.

5.2 Aanwezigheid en bereikbaarheid van bodemdieren

De Ballastplaat kent een rijke en diverse gemeenschap bodemdieren. Tijdens de bemonsteringen in 2024 zijn (m.b.v. een 2mm zeef) 22 soorten/geslachten aangetroffen. Opvallend was de invasieve Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*) die in eerdere bemonsteringen voor de inheemse *Spisula subtruncata* werd aangezien. Op Ballastplaat Zuid wordt de dichtheid van de Macrofauna gedomineerd door kleine wormen zoals *Heteromastus/ Capitella* en *Nereis* spp. In de referentiegebieden, Midden en Noord, is dit veel minder het geval als gevolg van de aanwezigheid van het wadslakje (*Hydrobia / Perongia ulvae*).



Figuur 5-1 Bodemdierensamenstelling ballastplaat in 2024, uitgedrukt in de gemiddelde dichtheid (N/m^2).



Figuur 5-2 Bodemdierensamenstelling ballastplaat in 2024, uitgedrukt in de gemiddelde biomassa (g. AFDW/m²).

Wanneer we naar de verhoudingen in de aanwezige biomassa kijken, valt op dat het gebied Ballastplaat Zuid gedomineerd wordt door drie soorten: de Strandgaper (*Mya arenaria*), de Kokkel (*Cerastoderma edule*) en de Wadpier (*Arenicola marina*). Op Ballastplaat Midden en Noord zijn deze soorten ook in belangrijke mate aanwezig, maar neemt hun dominantie enigszins af. Soorten als Nonnetjes (*Macoma balthica*) en Slijkgapers (*Scrobicularia plana*) vormen hier een belangrijkere fractie van het benthos.

We zien veel overeenkomsten tussen de deelgebieden Ballastplaat Zuid, Midden 1 en 2. Er zijn echter ook opvallende verschillen: op Midden 1 en 2 talrijke soorten als de Slijkgaper, het Wadslakje en de Slijkgarnaal (*Corophium* spp.) zijn kenmerkend voor een slikrijke omgeving. De sedimentmonsters uit 2023 suggereren echter dat het slijbpercentage hier niet hoger ligt dan op Ballastplaat Zuid. We weten dat iets verder naar het noordoosten het slijbpercentage wel toeneemt en dat dit zelfs is terug te zien in de verspreiding van bepaalde vogelsoorten, zoals de Bergeend. Mogelijkerwijs vormt de

Ballastplaat Midden 1 en 2 een overgangsgebied tussen Ballastplaat Zuid en een slibrijk, noordoostelijk gelegen gebied en varieert het slijbpercentage er door de jaren heen. Mogelijk leidt dit tot de aanwezigheid van de Slijkgaper, het Wadslakje en de Slijkgarnaal op deze plek. De monitoring zal dit de komende jaren zichtbaar maken.

5.3 Voedsel voor beschermde vogelsoorten

In dit monitoringprogramma zijn we specifiek geïnteresseerd in deze bodemdieren als voedingsbron voor vogelsoorten. Daarom meten we de ontwikkelingen in de bodemdieren drie keer per jaar; indien de omstandigheden dit toelaten. Twee keer tijdens de vogeltrek (juni en september) en één keer in de winterperiode. De bemonstering in de winterperiode is speciaal voor de scholekster die dan van de wadplaten als foerageergebied afhankelijk is.

De biomassa aanwezige bodemdieren wordt omgerekend naar voedselbeschikbaarheid via de diëten van de verschillende vogelsoorten. Hierbij wordt rekening gehouden de omvang van individuele bodemdieren. Voor bijvoorbeeld de Kanoetstrandloper geldt dat alleen kleine schelpdieren meetellen omdat hij zijn prooi in zijn geheel inslikt. Deze diëten zijn gebaseerd op eerder verricht onderzoek (zie Kappers et al, 2024, voor een toelichting hierop en de gebruikte bronnen). Voor veel prooidieren en vogelsoorten geldt echter dat er geen specifieke informatie over hun relatie beschikbaar is. Voor het berekenen van voedselbeschikbaarheid gaan we dan ook uit van gelijkenis tussen prooidieren: wanneer bekend is dat een vogelsoort één soort “kleine wormen” eet, gaan we ervan uit dat hij alle soorten kleine wormen eet. Determinatie van een deel van de macrofauna vindt dan ook plaats op familie-niveau. Dit betekent dat we niet onderzoeken met welke soort Slijkgarnaal of Wadslakje we te maken hebben. We noteren eenvoudigweg respectievelijk *Corophium* en *Hydrobia*.

Naast voedselbeschikbaarheid is ook voedselbereikbaarheid van belang. Op de wadplaten wordt dit voor foeragerende vogels bepaald door de droogvalduur en -frequentie. Hiervoor is gebruik gemaakt van de gemeten waterstanden in de Waddenzee in 2024. In paragraaf 2.2 is ingegaan op de variaties die optreden in de waterstanden. De grafiek van de gemeten waterstanden in 2024 in Figuur 22 laten de grote variatie zien die optreedt in de waterstanden in de loop van het jaar.

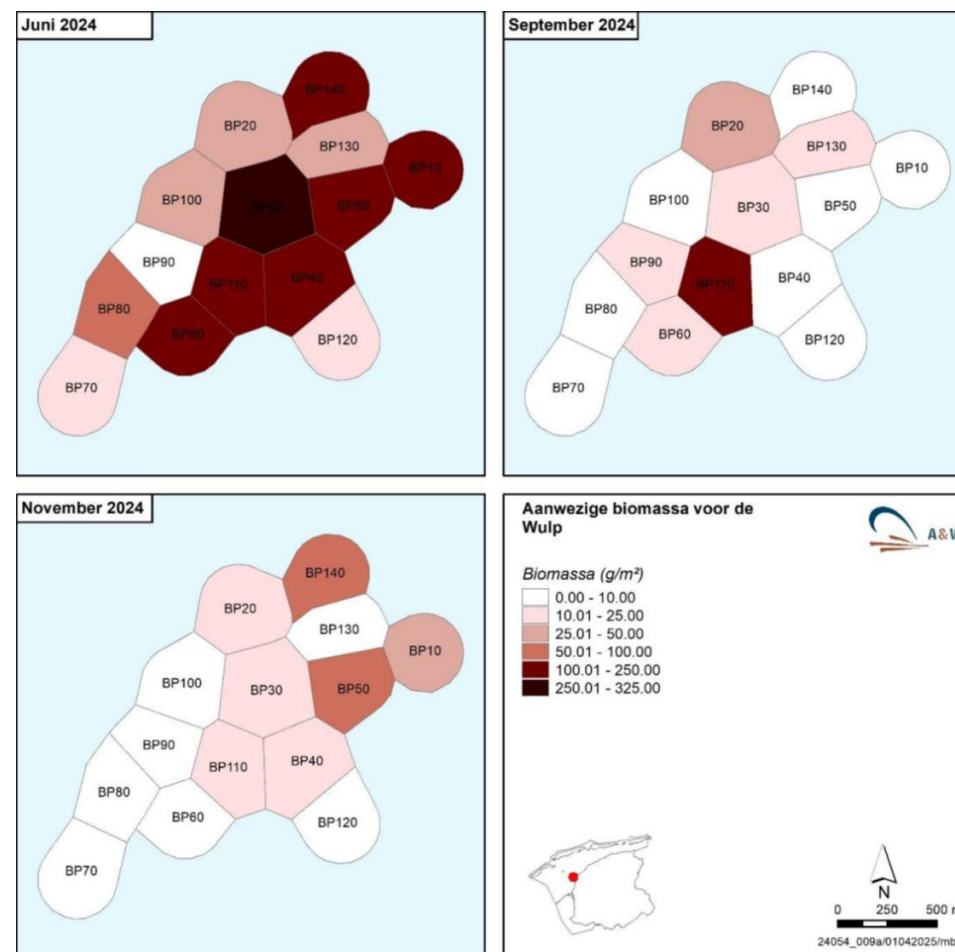
De combinatie tussen voedselbeschikbaarheid en voedselbereikbaarheid is een maat voor de kwaliteit van de Ballastplaat Zuid als foerageergebied voor vogels. In dit monitoringprogramma noemen we dat de “draagkracht” van het gebied, omdat het indicatief is voor de hoeveelheid vogels die van dit gebied gebruik zouden kunnen maken. Voor deze berekeningen maken we gebruik van de rekenregels uit het model WADMAP (Rappoldt et al. 2019).

Eerder onderzoek naar relatie tussen de bovengenoemde draagkracht en de aanwezigheid van vogelaantallen op hoogwatervluchtplaatsen heeft aangetoond dat de verspreiding van een deel van de vogelsoorten zich laat voorspellen op basis van de berekende draagkracht (Ens et al. 2019). In Ens et al. (2019) wordt aan een hoogwatertelgebied een laagwatersverspreidingsgebied toegewezen. Om in de toekomst voor de Ballastplaat de relatie tussen de vogelaantallen op de HVP's en de draagkracht van deze plaat te kunnen leggen is de afgelopen drie jaar onderzoek gedaan naar de migratie van vogels tussen de hoogwatertelgebieden en laagwatersverspreidingsgebieden in het bredere Ballastplaatgebied. De resultaten van dit onderzoek worden beschreven in Rappoldt et al. (2025) en samengevat in paragraaf 5.4 van dit rapport.

De bodemdieren op de Ballastplaat zijn 2024 bemonsterd in juni, september en november. Voor het deelgebied Ballastplaat Midden 1 / 2 was de bemonstering in de winter niet uitvoerbaar. Het beschikbare getij- en weersvenster, waarbij veilig en met daglicht bemonsterd kon worden, was in de winterperiode niet toereikend om ook het deelgebied Ballastplaat Midden 1 / 2 te bemonsteren. De methodes voor bemonstering, analyse en de bepaling van het asvrijdrooggewicht per m², staan in Marijt et al. (2025).

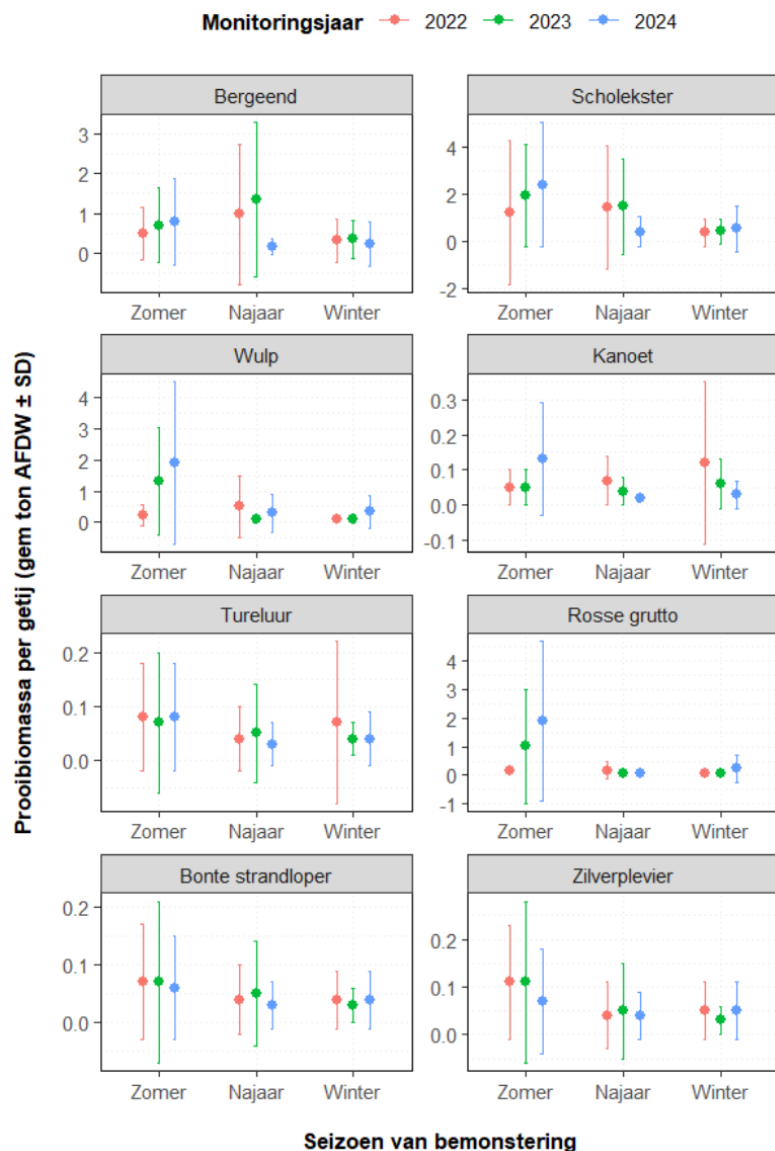
Bij het bepalen van het dieet per vogelsoort is rekening gehouden met de soorten bodemdieren en hun omvang. Dit levert voor iedere vogelsoort per monsternoment en per meetstation inzicht in het beschikbare voedsel, zoals is uitgewerkt in Marijt et al. (2025). Vervolgens is per meetstation met het droogvalpercentage berekend hoeveel voedsel per getij beschikbaar is voor iedere vogelsoort (Figuur 5-3). Het resultaat van de berekeningen is dat voor iedere vogelsoort per bemonstering op een kaart de beschikbare prooidierbiomassa is bepaald. Een voorbeeld van deze resultaten staat in figuur 5-3, waarbij de oogstbare biomassa voor de Wulp in beeld is gebracht. Uit deze kaarten wordt duidelijk dat niet overal op de Ballastplaat evenveel voedsel beschikbaar is voor de Wulpen. Deze verschillen zijn het gecombineerde resultaat van de aanwezigheid van prooien en van de bereikbaarheid daarvan.

De drie kaarten laten ook zien dat op de drie verschillende momenten in de tijd de oogstbare biomassa duidelijke verschillen.



Figuur 5-3 Kaart met de van de oogstbare biomassa per getij voor de Wulpen voor de verschillende momenten van bemonstering.

De variatie in de tijd in de beschikbare biomassa is in beeld gebracht in Figuur 5-4 voor acht vogelsoorten, door de gemiddelde beschikbare biomassa over alle punten op de Ballastplaat te berekenen.



Figuur 5-4 Grafiek met de gemiddelde biomassa met de standaarddeviatie voor alle monsterlocaties per getij per vogelsoort voor de zes bemonsteringsmomenten in 2022, 2023 en 2024. Let op: de waardes op de y-as zijn voor iedere soort anders. Doordat

standaarddeviatie zowel positieve als negatieve afwijkingen van het gemiddelde weergeeft, kan de SD-balk onder nul uitkomen als het gemiddelde dicht bij nul ligt of als de spreiding groot is).

De beschikbare biomassa verschilt per vogelsoort. De laagste waarden worden gevonden voor Bonte strandloper, Kanoetstrandloper, Tureluur en Zilverplevier. Deze waarden liggen tot wel een factor tien lager dan die voor de Bergeend, Rosse Grutto, Wulp en Scholekster. Deze verschillen zijn met name het gevolg van de voedselvoorkeuren van de verschillende soorten. Hierbij moet opgemerkt worden dat de dichtheid aan kleine wormen onderschat kan worden door het gebruik van een zeef met een maaswijdte van 2mm. Wat verder opvalt, is dat binnen een dieet (vogelsoort) de standaarddeviatie duidelijk een functie is van de gemiddelde waarde. Dit indiceert dat hoge waarden voor bijvoorbeeld de Kanoet in de zomer van 2024 of in de winter van 2022 het resultaat zijn van enkele rijke monsters en niet van een homogene verbetering van het hele gebied. Hieruit kan ook worden opgemaakt dat de biomassa prooidieren het meest bepalend is voor de variatie in de berekening van de draagkracht van de Ballastplaat Zuid als foerageergebied.

Voor alle soorten, m.u.v. de Kanoetstrandloper, geldt dat de grootste biomassa's voedsel worden aangetroffen in de zomer. Voor de grotere vogels die van wormen afhankelijk zijn (zoals de Wulp en de Rosse Grutto) is dit het meest uitgesproken, maar ook voor de andere vogelsoorten is het beschikbare voedsel in het najaar en de winter verminderd.

Na drie jaar monitoring is het nog wat vroeg om over trends in de draagkracht van het gebied te spreken. Over het algemeen kan gesteld worden dat de ruimtelijke variatie, die in de standaarddeviaties wordt aangegeven, groter is dan de veranderingen in de tijd.

5.4 Vogels op de Ballastplaat

De Ballastplaat is een van de wadplaten in het kombergingsgebied van het Vlie waar verschillende soorten wadvogels foerageren als de plaat tijdens laagwater is drooggevallen. Wanneer de wadplaten tijdens vloed geheel overstroomd, verzamelen de wadvogels op Hoogwatervluchtplaatsen (HVP's). De belangrijkste HVP's in de nabijheid van de Ballastplaat zijn het vogeleiland Griend, de kwelders bij Westhoek en de Waddendijk bij Harlingen (bij de Frisia-fabriek), zoals aangegeven in Figuur 5-5 en Figuur 5-6. De Ballastplaat vormt een beperkt deel van het totale areaal aan droogvallende wadplaten bij deze drie HVP's. Daarbij geldt dat de Ballastplaat relatief laag ligt in vergelijking met

de wadplaten in de omgeving. De Ballastplaat valt daardoor in vergelijking met de wadplaten in de omgeving later droog en stroomt ook vrij snel weer onder. De beschikbare tijd voor het foerageren door de wadvogels is daardoor beperkt. In het rapport van Rappoldt et al (2025) zijn het hoogteverschil en de duur van het foerageren van de Ballast en het grotere gebied berekend. Het oppervlak in hectare en de grootte in hectare-uren van Ballastplaat-Zuid heeft een omvang van 7–10% van het hele gebied



Figuur 5-5 Kaart met de vliegroutes van de wadvogels vanaf Ballastplaat naar de verschillende HVP's. Het gebied dat omringd is met de zwarte lijn is beschouwd als foeraageergebied, waar het Groene Ballastplaat-Zuid gebied deel uitmaakt. Vanaf de telposten is de hoogwatertrek vanaf Ballastplaat-Zuid geteld.

In 2022, 2023 en 2024 zijn tellingen uitgevoerd van de aantallen wadvogels die trekken van hun foeraageergebieden op de Ballastplaat naar de hoogwatervluchtplaatsen. Die tellingen zijn uitgevoerd in het voorjaar, de nazomer en het najaar omdat dit de belangrijkste piekperiodes omvat van de soorten in dit gebied. Met deze trektellingen is het absolute en relatieve belang van de Ballastplaat Zuid voor verschillende soorten foeragerende wadvogels duidelijker geworden. Met het absolute belang bedoelen we de aantallen vogels per seizoen die op de Ballastplaat foerageren. Met het relatieve belang bedoelen

we het percentage van de totale vogelaantallen op de hoogwatervluchtplaatsen in de nabijheid van de Ballastplaat. In Tabel 5-1 staan de waargenomen vogelaantallen op de Ballastplaat-Zuid per soort, in het hele gebied en het relatieve belang.

De relatieve aantallen (aandeel (%) Ballastplaat-Zuid) van de verschillende vogelsoorten komen voor de meeste soorten overeen met het relatieve belang van het areaal van het gebied van 7-10%. De twee duidelijke uitzonderingen zijn de Kanoetstrandloper, waarvan slechts een heel klein aantal aanwezig is op de Ballastplaat Zuid en de Zilverplevier waarvan 50% van de vogels aanwezig kan zijn op de Ballastplaat. Voor de Kanoetstrandloper is door Duijns et al. (2013) beredeneerd dat deze soort geen gebruik gemaakt van de Ballastplaat, omdat deze wadplaat relatief laat droogvalt in vergelijking met de andere wadplaten in de wijde omgeving. Dat late droogvallen heeft enerzijds te maken met de lage ligging van de wadplaat en anderzijds met de beweging van het getij door het gebied. De wadplaten nabij het zeegat vallen het eerste droog, omdat de getijgolf daar binnenkomt en dan voortplant naar achter in het kombergingsgebied, waar de Ballastplaat ligt. Meestal zullen de zeer grote groepen Kanoetstrandlopers al klaar zijn foerageren tegen de tijd dat de Ballastplaat droogvalt. Voor de relatief hoge aantallen van de Zilverplevier op de Ballastplaat is nog geen verklaring voorhanden. Het is in ieder geval niet zo dat het berekende beschikbare voedsel op de Ballastplaat Zuid voor de Zilverplevier bijzonder hoog is in vergelijking met de andere soorten (zie Figuur 5-4). Verder geldt specifiek voor de Scholekster dat de vogels die foerageren op de Ballastplaat voor een belangrijk deel rusten op de HVP op de Dijk bij Harlingen.

Voor de Zilverplevier kan worden gekeken naar de relatie tussen het beschikbare voedselaanbod op de Ballastplaat-Zuid en de aantallen op de HVP bij Westhoek (de Zilverplevier is vrijwel niet op de andere HVP's aanwezig). Voor de Scholekster kunnen de aantallen op de HVP Harlingen worden vergeleken met het voedselaanbod op de Ballastplaat-Zuid. Voor de andere vogelsoorten is het aantal vogels dat op de Ballastplaat-Zuid foerageert klein in verhouding tot de aantallen op de HVP's en ontbreekt een koppeling tussen de vogels op de Ballastplaat-Zuid en een specifieke HVP. Het gevolg daarvan is dat waarschijnlijk geen verband kan worden gelegd tussen de voedselbeschikbaarheid voor Bonte Strandloper, Rosse Grutto, Tureluur en Wulp op de Ballastplaat-Zuid en de aantallen op de HVP's. Voor de Kanoet is het zeker niet mogelijk om de voedselbeschikbaarheid op de Ballastplaat-Zuid te relateren aan de aantallen op de HVP's.

Voor de Scholekster is het aantrekkelijk om de zeer lage aantallen die zijn waargenomen op de Ballastplaat-Zuid en op de HVP's in september 2024 te relateren aan de beperkte beschikbaarheid van voedsel in het gebied. Het is natuurlijk niet uitgesloten dat ook andere factoren, zoals verstoring op het wad of op de HVP hier een rol bij hebben gespeeld.

5.5 Vogels op de hoogwatervluchtplaatsen

Sovon is het kennisinstituut dat vogeltellingen in Nederland coördineert en de data archiveert. Voor vogelaantallen op de hoogwatervluchtplaatsen in en rond de Waddenzee is data vanaf 1975 beschikbaar. Op basis van deze data, die elk jaar met nieuwe gegevens wordt aangevuld, bestuderen we de trends in de vogelaantallen in de buurt van het bodemdalingsgebied en vergelijken dit met een aantal andere hoogwatervluchtplaatsen in de Westelijke Waddenzee (figuur 5-7).

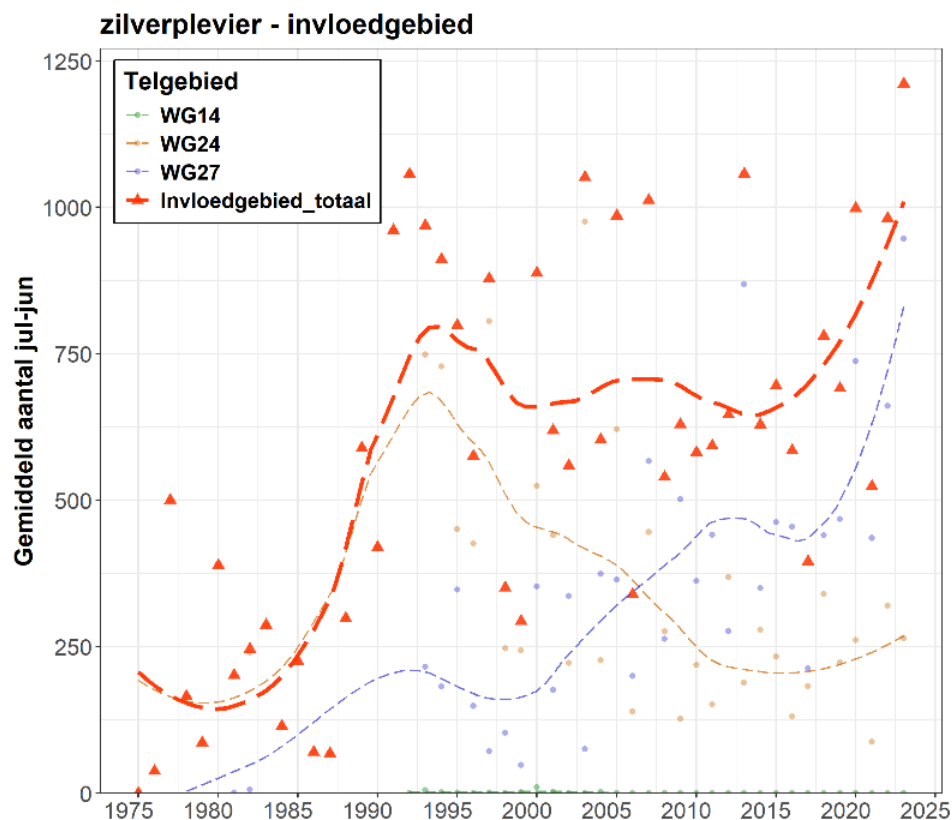


Figuur 5-6 Ligging van het gebied waar bodemdaling kan optreden (oranje cirkel), De blauwe cirkels zijn de hoogwatervluchtplaatsen die tot het invloedgebied gerekend worden en groen cirkels worden als referentiegebied gehanteerd (uit Wortelboer & Bensink, 2023).

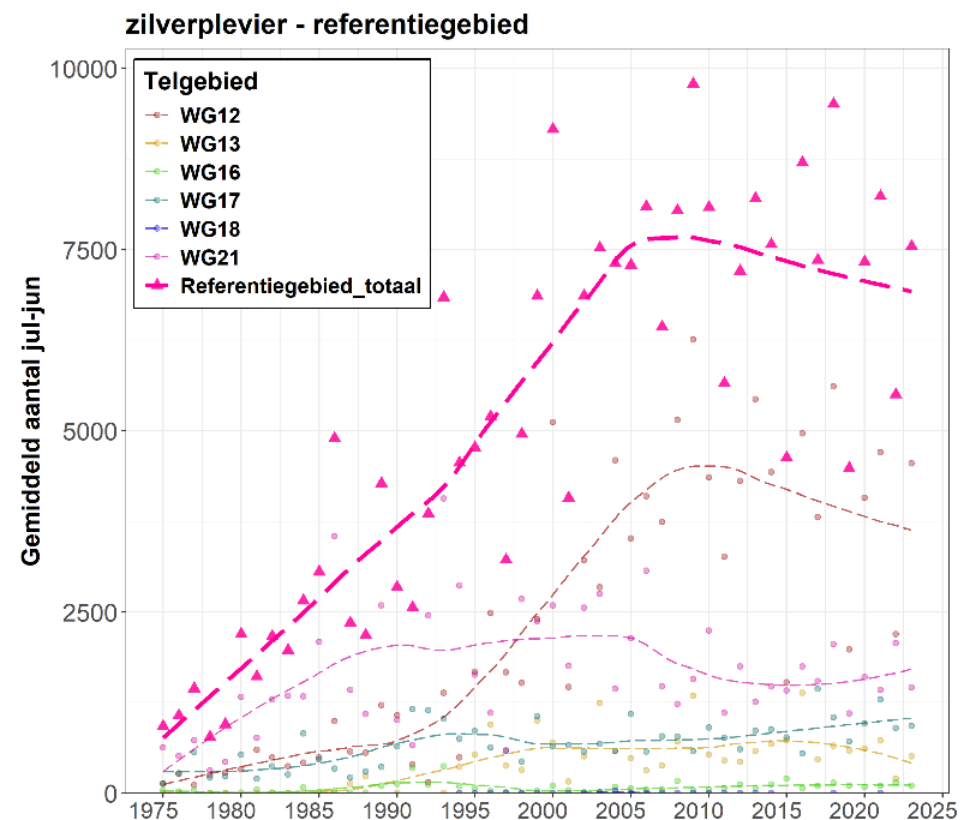
Uit onderzoek naar de bruikbaarheid van de data bleek dat de tellingen van voor 1995 minder betrouwbaar zijn. Dit heeft te maken met het beperkte aantal tellingen uit de periode van voor 1995 in de database. Voor de ontbrekende gegevens wordt in de Sovondatabase aan “inputting” gedaan. Dat wil zeggen dat de ontbrekende gegeven worden geschat op basis van interpolatie. Wanneer er te weinig data beschikbaar is en te veel geïnterpoleerd moet worden, zijn de resultaten onbetrouwbaar. Het is daarom verstandig alleen naar de trends te kijken na 1995. We laten de ontwikkelingen van 1975 tot 1995 wel zien voor de beeldvorming.

In de rapportage van vorig jaar (Wortelboer & Elias, 2024), is als voorbeeld van de wijze waarop de ontwikkelingen worden geanalyseerd, gekeken naar de ontwikkelingen in de aantallen van de Zilverplevier. Ondertussen is duidelijk is geworden dat tegenwoordig (in 2022-2024) relatief veel (50%) van de Zilverplevieren op de HVP's op Ballastplaat Zuid foerageren (Rappoldt et al., 2025). Daarom worden nogmaals de aantallen van de Zilverplevier op de HVP's beschouwd. De grafieken met de jaargemiddelde aantallen en de trends daarin van de Zilverplevier zijn weergegeven in Figuur 5-7 voor het invloedsg gebied, dit zijn de drie HVP's die als blauwe cirkels zijn weergegeven in Figuur 5-6. In Figuur 5-8 staan de jaargemiddelde aantallen en de trends voor de andere referentiegebieden rond de Westelijke Waddenzee.

De aantallen en de ontwikkelingen van de aantallen Zilverplevier verschillen per telgebied. Zo zijn de aantallen in het totale invloedsg gebied vanaf 1995 tot ongeveer 2015 relatief stabiel. Onderliggend heeft een verschuiving plaatsgevonden, waarbij de aantallen op Griend (WG24) sterk zijn afgenomen en de aantallen langs de Friesche kust (WG27) sterk zijn toegenomen. Na 2015 is sprake van een toename in het totale invloedsg gebied, die voornamelijk plaatsvindt bij de Friese kust (WG 27).



Figuur 5-7 Ontwikkeling in jaargemiddelde aantallen (juli - juni) Zilverplevier in de periode juli 1975 t/m juni 2024 voor de telgebieden in het invloedgebied (zie Figuur 5-6 voor de ligging van de telgebieden). Jaartallen op de x-as geven het jaartal aan het begin van elke telperiode (juli - juni) aan (Elias, 2025).



Figuur 5-8 Ontwikkeling in jaargemiddelde aantallen (juli - juni) Zilverplevier in de periode juli 1975 t/m juni 2023 voor de telgebieden in het referentiegebied (zie Figuur 5-6 voor de ligging van de telgebieden). Jaartallen op de x-as geven het jaartal aan het begin van elke telperiode (juli - juni) aan (Elias, 2025).

In het referentiegebied is vanaf 1995 eerst sprake van een toename tot rond 2007, gevolgd door een afname. Deze ontwikkelingen worden gedomineerd door de aantallen op telgebied Vlieland (WG12). Het is duidelijk dat de relatief grote aantallen Zilverplevieren op de HVP Friesche kust WG27) niet altijd aanwezig zijn geweest. Daarmee is het ook plausibel dat het belang van de Ballastplaat-Zuid voor deze soort de afgelopen jaren is toegenomen. Deze ontwikkeling is deels te koppelen aan de morfologische ontwikkeling van de

Ballastplaat: Voor 2000 was het areaal droogvallende plaat nog klein en dermate laag dat deze slechts kort voor foerageren beschikbaar was.

In Tabel 5-3 staat een overzicht van de waargenomen trends in de afgelopen 10 jaar. Hieraan zijn de trends toegevoegd die door Duijns et al. (2024) zijn gerapporteerd voor het Pinkegat en de Zoutkamperlaag en de rest van de Nederlandse Waddenzee ('referentiegebied' en 'Rest NL Waddenzee' overlappen voor de HVP's rond de westelijke Waddenzee). In dit overzicht is te zien dat de trends voor de verschillende vogelsoorten duidelijk verschillen en ook dat de trends in het referentiegebied en het invloedsgebied niet voor alle soorten hetzelfde zijn. Hetzelfde geldt voor de trends die zijn gerapporteerd zoals Duijns et al. (2024), die ook verschillen voor de soorten en tussen Pinkegat en Zoutkamperpaal en Rest NL Waddenzee. Omdat de trends tussen de verschillende gebieden voor alle soorten behalve de scholekster verschillen, kan worden geconcludeerd dat sprake is van ruimtelijke differentiatie in de ontwikkelingen binnen de Waddenzee.

Tabel 5-1 Trend in de afgelopen 10 jaar, op basis van de trends in jaargemiddelde aantallen en de MSI (Multi-Species Index) voor de acht vogelsoorten (op basis van Elias, 2025). (+)=sterke toename; = stabiel; (-) (sterke) afname. Duijns et al., * gebruiken 0 voor stabiel. Onder 'Rest NL Waddenzee' worden alle kombergingsgebieden beschouwd behalve Pinkegat en Zoutkamperlaag.

Vogelsoort	Referentie- gebied	Invloeds- gebied	Pinkegat en Zoutkamperlaag (Duijns et al., 2024)	Rest NL Waddenzee
Bonte strandloper	-	++	0	+
Kanoetstrandloper	-	-	+	0
Krombekstrandloper	-	=	Niet beschikbaar	
Rosse grutto	-	=	0	0
Scholekster	-	-	-	-
Tureluur	+	=	0	0
Wulp	-	-	0	-
Zilverplevier	-	+	0	+

De relatief grote soorten Wulp en Scholekster nemen (vrijwel) overal af. De afname van de aantallen scholeksters past in de landelijke trend die al een tijd aan de gang is (Ens et al., 2009). Deze grootschalige ontwikkeling werkt door in de gehele Waddenzee. Van de laten de trektellingen zien dat de aantallen op de

Ballastplaat Zuid waarschijnlijk gekoppeld zijn aan de aantallen op de hoogwatervluchtplaats op de dijk bij Harlingen.

De aantallen van de Bonte strandloper zijn sterk toegenomen in het invloedsgebied, terwijl sprake is van een afname in het referentiegebied. De Rosse Grutto kent stabiele aantallen in het invloedsgebied en een afname in de referentiegebieden. Waarschijnlijk is de draagkracht voor een aantal soorten in de nabijheid van de Friese kust (WG27) toegenomen. Dit kan ook de toename van de aantallen Kluten en ruiende Bergeenden in dezelfde omgeving verklaren.

De toename van de aantallen van de zilverplevier in het invloedsgebied suggereert dat er geen draagkrachtprobleem is voor de eters van kleine wormpjes.

5.6 Conclusies tweede en derde orde effecten

- De Ballastplaat Zuid is rijk aan verschillende soorten bodemdieren. De variatie in de biomassa van deze bodemdieren is momenteel het meest bepalend voor de variatie in de draagkracht van het gebied. Dit kan echter veranderen wanneer de droogvalduur van het gebied verder zou afnemen. Op dit moment kunnen er nog geen duidelijke trends in de beschikbare prooibiomassa worden waargenomen.
- Het referentiegebied, Ballastplaat Midden 1 / 2, vertoont duidelijke overeenkomsten met het bodemdalingsgebied. Er is echter ook een aantal verschillen. De aanwezige benthossoorten suggereren dat het referentiegebied een overgangsgebied is tussen de Ballastplaat Zuid en het slibrijke noordelijke deel van de Ballastplaat. Dit moet de komende jaren verder worden uitgezocht.
- Uit de trektellingen voor de vogels van en naar de Ballastplaat blijkt dat de Zilverplevier en de Scholekster Ballastplaat Zuid in relevante mate als foerageergebied gebruiken. De (jaargemiddelde) aantallen van andere vogelsoorten op de HVPs lijken niet geschikt om te relateren aan ontwikkelingen op Ballastplaat-Zuid.
- Het lage aantal van Scholekster in september 2024 valt samen met en zou veroorzaakt kunnen zijn door een beperkt voedselaanbod.
- Geen van de vogelsoorten waarvan de ontwikkelingen zijn beschouwd, laat op dit moment een ontwikkeling zien die aanleiding geeft om een relatie met de bodemdaling te veronderstellen.

6 Conclusies en slotwoord

6.1 Algemene conclusies

Na de start van de productie in 2020 is de bodemdaling onder Ballastplaat Zuid meetbaar op gang gekomen. De vorm van de kom volgt inmiddels duidelijk uit de metingen. Het bodemdalingssvolume is nog steeds moeilijk in te schatten omdat de flanken van de bodemdalingsschotel nog niet precies kunnen worden bepaald. Naar mate de schotel groeit, wordt dit beter. Dit effect vormt de voornaamste discrepantie tussen het convergentievolume en het bodemdalingssvolume.

De gemiddelde bodemdalingssnelheid, opgeteld bij de snelheid van zeespiegelstijging ligt nog steeds beneden de gebruiksrugtegrens van 5 mm per jaar.

De morfologische ontwikkelingen van de wadplaten en geulen zetten zich op een vergelijkbare wijze voort als in de jaren ervoor. Uit de Vaklodingen van Rijkswaterstaat blijkt dat deze ontwikkelingen passen in een langjarig beeld waarin de wadplaathoogte op een groot deel van de Ballastplaat-Zuid en Midden 1/2 afneemt. Deze afname is omvangrijker dan de bodemdaling door de zoutwinning. Bodemdaling door zoutwinning is dan ook niet de oorzaak van de waargenomen ontwikkeling.

De kwaliteit en nauwkeurigheid van de verschillende hoogtemetingen is voldoende groot om vast te stellen welke morfologische ontwikkelingen er plaatsvinden. De omvang van de erosie- en de sedimentatie, zoals gemeten met de Spijkermetingen, is kleiner dan de hoogteafname van de plaat, ook na correctie voor de opgetreden bodemdaling. Het is voornal onbekend welk mechanisme bijdraagt aan de verlaging van de wadbodem in aanvulling op erosie aan het wadoppervlak en diepe bodemdaling. Een plausibele verklaring zou ruimtelijk heterogene compactie van de ondiepe ondergrond (-1 tot -6 m t.o.v. het wadoppervlak) kunnen zijn. Het alternatief is dat de Spijkermetingen geen representatief beeld van de erosie in het gebied geven.

De metingen van de sedimentsamenstelling laten tot 2024 geen veranderingen zien van de korrelgrootte en het slijbgehalte die groter zijn dan de eerdere variaties. De sedimentsamenstelling op de nieuwe referentielocaties komt goed overeen met die op de Ballastplaat-Zuid.

De bemonstering van de bodemdieren geeft een goed beeld van de verschillen in voedselbeschikbaarheid tussen jaren, binnen jaren en tussen diëten. Er zijn na drie meetjaren nog geen duidelijke ontwikkelingen waarneembaar. De draagkracht voor foeragerende vogels en de vogelaantallen zelf tonen geen zorgwekkende ontwikkelingen die op een mogelijke negatieve relatie met bodemdaling door zoutwinning duiden. Uit de trektellingen blijkt dat Ballastplaat Zuid een relevant foerageergebied is voor de Scholekster en de Zilverplevier. Andere beschermde vogelsoorten gebruiken dit gebied in zeer beperkte mate.

Geconcludeerd kan worden dat de zoutwinning onder de Ballastplaat Zuid tot dusver geen effect heeft op de beschermde natuurwaarden van de Waddenzee.

6.2 Ontwikkelingen in het monitoringsprogramma

In het monitoringsprogramma is de afgelopen jaren de focus gelegd op de Ballastplaat. Ook de locatieleuze van de nieuwe referentielocaties voor de sedimentsamenstelling sluit hierbij aan. In de komende jaren wordt verder ingezet op het vergroten van het begrip van de rol die de Ballastplaat speelt voor de verschillende vogelsoorten die er foerageren.

De toegevoegde waarde van de LiDAR hoogtemetingen in het monitoringsprogramma zijn tot nu toe beperkt. Vanwege de goede ervaringen met de varend uitgevoerde raaimetingen zal in het voorjaar van 2025 met multibeam de hoogte van de Ballastplaat-Zuid worden ingemeten in een aantal raaien. Op basis van de meetresultaten zal een gebiedsdekkende kaart worden geproduceerd van de Ballastplaat-Zuid.

7 Referenties en rapporten

7.1 Rapporten Monitoring Frisia over 2024

- Chorus, T.A., 2025. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2024. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.
- Marijt, M.A.T., Saathof, L., Kappers E.F., 2025. Ecologische effectenanalyse van zoutwinning op de Ballastplaat. Monitoringsjaar 2024. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek A&W-rapport 24-054 #1.
- Sikken J. en P. Meinders, 2025. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2024. Antea, projectnummer 0491113.100.
- Rappoldt, K., M. Kersten, & J. Krol, 2025. Wadvogels op Ballastplaat-Zuid; Aantallen en vergelijking met referentiegebied. EcoCurves rapport 36, versie mei 2025.
- Spaans, D. & J. Cleveringa, 2025. Monitoring situatie 2024 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport
- Elias, R. 2024. Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2022;T0-situatie+2. Arcadis-rapport

7.2 Referenties

- Adviesgroep, 2020. Advies beleids- en richtscenario relatieve zeespiegelstijging Waddenzee. Brief Universiteit Utrecht, 18 december 2020.
- Baptist et al. 2019 Beneficial use of dredged sediment to enhance salt marsh development by applying a 'Mud Motor': evaluation based on monitoring.
- Baptist, M., J.T. Wal, E. Folmer, U. Gräwe, K. Elschot, 2019. An ecotope map of the trilateral Wadden Sea. Journal of Sea Research. 152
- Beukema, J. J. 1976. Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. Netherlands Journal of Sea Research 10:236-261.
- Cleveringa, J., 2024. Ecosysteemgericht baggeren.Fase 2: Literatuuronderzoek t.b.v. beantwoording kennisvragen. Rapport 2024-02, Waddenacademie, Leeuwarden.

- Colina Alonso, A., B. Smits & J. Vroom, 2021b. Stijging baggerhoeveelheden vaargeul Boontjes. Deltares rapport met Kenmerk: 11206799-007-ZKS-0001. Versie 1.0.
- Colina Alonso, A., Smits, B.P., Vroom, J. (2021). Stijging Baggerhoeveelheden Vaargeul Boontjes. Deltares rapport 11206799-007-ZKS-0001 versie 1.0.
- Colina Alonso, A., Van Maren, D. S., Elias, E. P. L., Holthuijsen, S. J., & Wang, Z. B., 2021b. The contribution of sand and mud to infilling of tidal basins in response to a closure dam. Marine Geology, 439, 106544.
- Colosimo, I., van Maren, D. S., de Vet, P. L. M., Winterwerp, J. C., & van Prooijen, B. C. (2023). Winds of opportunity: The effects of wind on intertidal flat accretion. Geomorphology, 439, Article 108840.
- Commissie voor de milieueffectrapportage, 2022. Zoutwinning Waddenzee; Advies Auditcommissie over monitoringsjaar 2021. Commissie voor de milieueffectrapportage Kenmerk 17 november 2022 / projectnummer: 3654
- Commissie voor de milieueffectrapportage, 2024. Zoutwinning Waddenzee; Advies Auditcommissie over monitoringsjaar 2023. Commissie voor de milieueffectrapportage Kenmerk 10 oktober 2024 / projectnummer: 3852
- Compton, T. J., Holthuijsen, S., Koolhaas, A., Dekinga, A., ten Horn, J., Smith, J., Galama, Y., Brugge, M., van der Wal, D., van der Meer, J., van der Veer., H. W., & Piersma, T. (2013). Distinctly variable mudscapes: Distribution gradients of intertidal macrofauna across the dutch wadden sea. Journal of sea research, 82, 103-116.
- De la Barra, P.; Aarts, G.M; Bijleveld, A., 2024. The effects of gas extraction under intertidal mudflats on sediment and macrozoobenthic communities. J. Appl. Ecol. 61(2): 390-405.
- Duijns, S.; Holthuijsen, S.; Koolhaas, A.; Piersma, T. (2013). Het belang van de Ballastplaat voor wadvogels in de westelijke Waddenzee : een literatuurstudie naar de effecten van zoutwinning op de aanwezige wadvogels. NIOZ-rapport, 2013(8). NIOZ: Texel. 49 pp.
- Duijns S., K. Troost, E. van Winden, H. Schekkerman, C. Rappoldt, J. Nienhuis & E.O. Folmer, 2022. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2021. Sovon-rapport 2022/30.
- Duijns, S., Troost K., van Winden E., Rappoldt K., Nienhuis J., Schekkerman H. & Folmer, E.O. 2023. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2022. Sovon-rapport 2022/35.
- Elias, E.P.L., 2006. Morphodynamics of Texel inlet. PhDThesis, Department of Civil Engineering, Technical University of Delft, The Netherlands

- Ens B. J., J. van der Meer, K. Troost. E. van Winden, H. Schekkerman & K. Rappoldt, 2019 Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag; Rapportage t/m monitoringjaar 2018. Sovon-rapport 2019/22.
- Ens B.J., Eckhardt R., Kampichler C., Kleefstra R., Schekkerman H., van Wijk J. & Nienhuis J. 2021. Aard en omvang verstoring van overtijende wadvogels voor de kwelder bij Westhoek. Sovon-rapport 2021/30. Sovon Vogelonderzoek Nederland.
- Ens, B.J., B. Aarts, K.H. Oosterbeek, M. Roodbergen, H. Sierdsema, R. Slaterus & W. Teunissen.2009b, Onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de Scholekster in Nederland. Limosa 82 (2), 83-92.
- Expertgroep, brief d.d. 31 januari 2024, bijlage bij de Kamerbrief "Kamerbrief over besluitvorming gaswinning onder Waddenzee vanuit Ternaard" d.d. 5 maart 2024.
- Fieten, N., Frauendorf, M., & Ens, B. J. (2022). 'Quickscan' handelingsperspectief voor hoogwatervluchtplaatsen in de Nederlandse Waddenzee Mogelijke maatregelen ten aanzien van menselijke verstoring (p. 73). Altenburg & Wymenga, Sovon, EcoSpace
- Hartsuiker, G.H., 2010. MER studie Hydrodynamische effecten Zoutwinning Waddenzee abiotische parameters. Alkyon rapportkenmerk A2062R1r2.
- Heidinga, D.E., J. Latour & M. Bekkema. 2022. Impact bodembroering door garnalenvisserij in de Waddenzee. Altenburg en Wymenga; A&W-notitie : 22-388.
- Jager, Z., 2023. Wad Nu Harlingen Strand – Algensmurrie. Rapport Ziltwater.
- Krol, J., 2022. Sedimentatie metingen op het wad van Ameland, Paesens, Piet Scheve plaat, Engelsmanplaat en Schiermonnikoog; rapport 2021. Rapport Natuur Centrum Ameland.
- Leopold, M. F., Smit, C. J., Goedhart, P. W., Van Roomen, M. W. J., Van Winden, A. J., & Van Turnhout, C., 2004. Langjarige trends in aantallen wadvogels, in relatie tot de kokkelvisserij en het gevoerde beleid in deze; eindverslag EVA II (evaluatie schelpdiervisserij tweede fase) deelproject C2 (No. 2004/07). Alterra.
- Marijt, M.A.T. , A. Wolma, L. Bruil, N. Hijner, J. Heusinkveld, T. van der Stegen, Y. Hill, L.L. Govers. Rapportage kennisontwikkeling Groot en Klein zeegras 2023-2024. Rapport met kenmerk 129454/24-002.292.
- Mulder, P. & Posthuma, A. 2024. Jaarrapportage baggerwerkzaamheden Waddenzee 2023. Rijkswaterstaat rapport V2 definitief.
- Oost, A.P., J. Cleveringa & M. Taal, 2019. Morfologie Kombergingsgebieden Marsdiep en Vlie; Beheerbibliotheek Waddenzee, versie 2019. Deltares rapport 11203669-000-ZKS-0006.
- Rappoldt, C., B.J. Ens en H. Schekkerman, 2019. Wadvogel habitat model Wadmap; Technische documentatie. EcoCurves rapport 30.
- Rappoldt, C., O.R. Roosenschoon, D.W.G. van Kraalingen, 2020. InterTides maps of the intertidal by interpolation of tidal gauge data. EcoCurves rapport 19.
- Stolte, W., F. Baart, S. Muis, M.P. Hijma, M. Taal, D. Le Bars & S. Drijfhout, 2023. Zeespiegelmonitor 2022. Deltares rapport met kenmerk 11209266-000-ZKS-0001.
- Van der Vegt, H. & J. Cleveringa. 2022. Dynamische Vaargeulbeheer Waddenzee. Deltares rapport met kenmerk 11208040-009-ZKS-0003.
- Van Weerdenburg, R., J. Vroom & B. van Maren, 2019. Transport of Mud Motor sediment; Modelling hydrodynamics and sediment transport. Deltares rapport met kenmerk 1209751-012-ZKS-0002
- Ysebaert, T., P. Meire, P. M. J. Herman, and H. Verbeek.2002. Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: prediction by logistic regression. Marine Ecology Progress Series 225:79-95.
- Website: <https://testsysteemrapportage.nl/wadden/index.html> Digitale Systeemrapportage van de Waddenzee; Abiotische indicatoren (geraadpleegd op 21 april 2023)

7.3 Rapporten monitoring Frisia Havenmond voorgaande jaren

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2024

- Antea, 2024. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2023. projectnummer 04825281.100 definitief revisie 01; definitief revisie 00; 24 januari 2024
- Antea, 2024. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2023. projectnummer 04825281.100 definitief revisie 01; definitief revisie 00; 24 januari 2024
- Chorus, T.A., 2024. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2023. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.

Spaans, D. & J. Cleveringa, 2024. Monitoring situatie 2023 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport

Krol, J., L. Saathof, J.G. Lodewijks, Kappers, E.F. & M.A.T. Marijt. 2024. Wadsedimentatie Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-010#3.

Marijt, M.A.T. & Kappers, E.F., 2024. Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-009#3.

Kappers, E.F., 2024. Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels. Benthosbemonstering 2022; A&W-rapport 23-109

Kersten, M., J. Krol, J. van der Kamp & K. Rappoldt. 2024. Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. EcoCurves rapport 31; versie januari 2024.

Wortelboer, R., & R. Elias, 2024. Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2023. Arcadis-rapport

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2023

Antea, 2024. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2023. projectnummer 04825281.100 definitief revisie 01; definitief revisie 00; 24 januari 2024

Antea, 2024. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2023. projectnummer 04825281.100 definitief revisie 01; definitief revisie 00; 24 januari 2024

Chorus, T.A., 2024. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2023. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.

Spaans, D. & J. Cleveringa, 2024. Monitoring situatie 2023 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport

Krol, J., L. Saathof, J.G. Lodewijks, Kappers, E.F. & M.A.T. Marijt. 2024. Wadsedimentatie Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-010#3.

Marijt, M.A.T. & Kappers, E.F., 2024. Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-009#3.

Kappers, E.F., 2024. Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels. Benthosbemonstering 2022; A&W-rapport 23-109

Kersten, M., J. Krol, J. van der Kamp & K. Rappoldt. 2024. Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. EcoCurves rapport 31; versie januari 2024.

Wortelboer, R., & R. Elias, 2024. Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2023. Arcadis-rapport

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2022

Antea, 2022. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2022. Antea projectnummer 0475051.100; definitief revisie 00; 5 januari 2023

Chorus, T.A., 2023. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2022. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.

Kappers, E.F., J. Krol, M. Olivierse & R. Snoek. 2023a. Wadsedimentatie Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2022. A&W-rapport 21-010.

Kappers, E.F., F. Versloot & R. Snoek, 2023b. Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee Jaarrapport 2022. A&W-rapport 21-009.

Kappers, E.F & F. Versloot. 2023c Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels Resultaten benthosbemonstering 2022; A&W-rapport 23

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Kersten, M., J. Krol, J. van der Kamp & K. Rappoldt. 2021. Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. EcoCurves rapport 31; versie april 2023.

Spaans, D. & J. Cleveringa, 2023. Monitoring situatie 2022 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport

Wortelboer, R., & O. Bensink, 2023. Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2022; T0-situatie+1 Frisia Zout. Arcadis-rapport.

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2021

Antea, 2021. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2020". Rapport Antea.

Arcadis, Monitoring studiegebied zoutwinning Waddenzee; Rapportage over 2021. Arcadis rapport.

Fieten, N. Van der Zee, E., R. Snoek, 2021. Sedimentsamenstelling Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2021. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek in samenwerking met WaterProof, Feanwâlden, AW rapport 21-009.

Spaans, D. & J. Cleveringa, 2021. Monitoring situatie 2021 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport

Wortelboer, R., & O. Bensink, 2022. Monitoring Tnul-situatie ecologie studiegebied zoutwinning Waddenzee; Data-analyse. Arcadis-rapport

- Fieten, N. 2022. "Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels; Analyse pilot benthosbemonstering 2021". A&W rapport 22-003.
- Van der Zee, E., J. Krol, N. Fieten, R. Snoek. 2021. Wadsedimentatie Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2021. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, in samenwerking met Natuurcentrum Ameland en WaterProof, Feanwâlden. AW rapport 21-010.
- Kersten, M., J. Krol, J. van der Kamp & K. Rappoldt. 2021. Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. EcoCurves rapport 31.

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2020

- Arcadis, 2021. Monitoring T0-situatie studiegebied zoutwinning Waddenzee – Rapportage over 2020, Arcadis.
- Antea, 2021. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2020". Rapport Antea.
- Van der Zee, E., J. Krol, M. Olivierse, R. Snoek. 2021a. Wadsedimentatie Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2020..Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, in samenwerking met Natuurcentrum Ameland en WaterProof, Feanwâlden.
- Van der Zee, E., R. Snoek, M. Olivierse, L. Perk 2020b. Sedimentsamenstelling Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2020. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek in samenwerking met WaterProof, Feanwâlden
- Bergsma, J., S. de Haan & J. Cleveringa, 2020. Monitoring t0-situatie bodemligging Waddenzee; Zoutwinning havenmond. Arcadis-rapport
- B. Kater, B. & K. Wesdorp, 2021. Monitoring Tnul-situatie ecologie studiegebied zoutwinning Waddenzee; Data-analyse. Arcadis-rapport.

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2019

- Arcadis, 2020. Monitoring T0-situatie studiegebied zoutwinning Waddenzee – Rapportage over 2019, Arcadis, 30 juni 2020
- Antea, 2020. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2019". Rapport Antea projectnummer 0453266.100 19 maart 2020.
- Van der Zee, E., J. Krol, M. Olivierse, R. Snoek. 2020a. Wadsedimentatie Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2019. A&W-rapport 2527.19 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, in samenwerking met Natuurcentrum Ameland en WaterProof, Feanwâlden.

- Van der Zee, E., R. Snoek, M. Olivierse, L. Perk 2020b. Sedimentsamenstelling Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2019. A&W-rapport 2525.19 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek in samenwerking met WaterProof, Feanwâlden
- Bergsma, J. & J. Cleveringa, 2020. Monitoring t0-situatie bodemligging Waddenzee; Zoutwinning havenmond. Arcadis-rapport
- Kater, B., K. Wesdorp & H. van Lavieren. 2020. Monitoring Tnul-situatie ecologie studiegebied zoutwinning Waddenzee; Data-analyse. Arcadis-rapport

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2018

- Antea, 2019. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Rapportage GNSS metingen Oktober 2018 - September 2019". Rapport Antea 11 decmeber 2019
- E. van der Zee, J. Krol, M. Olivierse, R. Snoek. 2018a. Wadsedimentatie Ballastplaat 2018.Jaarrapport 2018. A&W-rapport 2527 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden
- E. van der Zee, R. Snoek, M. Olivierse, L. Perk 2018b. Sedimentsamenstelling Ballastplaat. Jaarrapport 2018. A&W-rapport Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden
- Bergsma, J. & J. Cleveringa, 2019. Monitoring t0-situatie bodemligging Waddenzee concept; Zoutwinning havenmond. Arcadis-rapport 079824510 0.1
- Lysen, L. 2019. Monitoring Tnul-situatie ecologie studiegebied zoutwinning Waddenzee; Data-analyse. Arcadis-rapport

Bijlage A Actuele adviezen Auditcommissie

De Commissie voor de milieueffectrapportage (2024) geeft een aantal algemene en specifieke adviezen en vragen voor Frisia, die in de onderstaande tabel zijn samengevat en waarbij aangegeven op welke wijze met het advies is omgegaan.

Samengevat advies	Verwerking
In de huidige rapportage valt het de Auditcommissie op dat er een aanzienlijk verschil is tussen het convergentievolume gebaseerd op de productiecijfers (volume-balans) en het komvolume uit de Pleistocene bodemdalingsmetingen in 2023. Dit verschil is onverwacht en wordt verklaard door de onzekerheid in de diameter van de Pleistocene bodemdalingsschotel (huidige schotel is nog klein ten opzichte van de ligging van de meetpunten). Het meet- en regelprotocol spreekt bovendien van gesteenterek en suggereert dat na-ijlingseffecten wel degelijk kunnen optreden.	In de meet- en regelrapportage is er aandacht voor de kwantificering van de relatief grote bijdrage van het ondiepe deel van de bodemdalingsschotel aan het totale bodemdalingsvolume. In dit stadium van de zoutwinning is die bijdrage namelijk nog relatief groot.
Verder geven de figuren behorende bij de raaimetingen op hetzelfde snijpunt (van raaien 1 en 2) verschillende waardes (tot 6 cm verschil) aan. Dit wordt niet helder uitgelegd.	Voor de raaimetingen heeft een beschouwing plaatsgevonden van de variaties in de bodemhoogte. De waargenomen hoogteverschillen sluiten aan bij de verwachte nauwkeurigheid van de raaimetingen.
De Auditcommissie constateert dat mogelijk sprake is van een (kleine) verandering van de ligging van de (toekomstige) boorgaten. Als de ligging verandert, geef dan in de volgende rapportages aan wat dit betekent voor de opzet van het monitoringsprogramma en	In de rapportages wordt gebruik gemaakt van de actuele ligging van de caverne en niet van de prognose.

Samengevat advies	Verwerking
actualiseer gebruikte kaarten in de rapporten.	
Op pagina 9 staat: “In tegenstellingen tot eerdere jaren, is dit overzichtsrapport compacter omdat de integratie [...] reeds grotendeels in de onderliggende deelrapporten plaatsvindt”. In de ogen van de Auditcommissie biedt juist dit rapport meerwaarde omdat de integratie en samenvatting van de andere rapportages erin plaatsvindt. Door een deel van de integratie in andere documenten op te nemen, boet het geheel in op overzichtelijkheid.	Gepoogd is om in de rapportages over 2024 de balans tussen integratie in de onderliggende rapporten en het voorliggende rapport in balans te houden, om enerzijds de leesbaarheid te bevorderen en anderzijds de navolgbaarheid te behouden.
Er wordt soms naar een observatie of conclusie toegewerkt, terwijl die vanuit de feiten nog onvoldoende sterk kan worden onderbouwd. Een voorbeeld is te lezen op pagina 28, waarop (op basis van spijkermetingen) gesteld wordt: “Het optreden van gemiddelde sedimentatie in sedimentatiemetingen komt overeen met de verwachting dat na het op gang komen van de bodemdaling vereffening van de bodemdalingsschotel plaatsvindt door sedimentatie”. De Auditcommissie plaats hierbij de nuancering dat heel veel punten ook erosie laten zien, d	De intentie bij het schrijven van deze rapportage en de onderliggende rapporten is om dergelijke redenaties en formuleringen te vermijden en zo dicht mogelijk bij de observaties te blijven.
Het bevat veel slordigheden. Dit betreft vooral typefouten, dubbele teksten en onjuist en onvolledig weergegeven figuren (of met een verkeerde nummering).	Bij het opstellen van de rapporten is extra tijd ingepland voor een redactionele controle

Samengevat advies	Verwerking
De Auditcommissie wijst erop Pleistocene bodemdaling mogelijk versneld wanneer het volume van de HVM-2 caverne stabiliseert of gaat krimpen, terwijl productievolumes min of meer gelijk blijven. Dit speelt mogelijk al vanaf 2025 wanneer de tweede zoutcaverne HVM-1 operationeel wordt.	In principe hoeft de in gebruikname van een tweede caverne niet tot een snellere bodemdaling te leiden. Het is zelfs zo dat bij de ontwikkeling van een nieuwe caverne zout geproduceerd wordt zonder dat dit tot veel bodemdaling leidt. Dit is nodig om de caverne te laten groeien tot het gewenste formaat. Wanneer het formaat van de nieuwe caverne groter wordt, zal Frisia de zoutkruip laten toenemen en zal de bodemdaling opgang komen. In diezelfde periode zal Frisia waarschijnlijk ook de huidige caverne (HVM-2) laten krimpen. Dit is naar aanleiding van een afspraak met SodM. Dit doet Frisia door meer zoutkruip naar die caverne toe te staan. Deze zoutkruip vertaalt zich in extra bodemdaling. Uit de bovenstaande uitleg volgt dat dit proces volledig stuurbaar is. De hoeveelheid bodemdaling per jaar zal dan ook binnen de kaders van het Hand Aan de Kraan principe worden gemanaged.
In de nauwkeurighedsanalyse van de metingen wordt nader ingegaan op de morfologische details die zichtbaar zijn op de platen, onder andere met behulp van luchtfoto's. De Audit- -5- commissie vraagt zich af of dit detailniveau wenselijk is voor het bepalen van het morfologisch gedrag van de Ballastplaat. Met tien meetpunten per strekkende meter kan veel ruis ontstaan die afleidt van het grootschalig gedrag van de plaat.	De analyse die in de rapportage over 2023 is opgenomen naar de details in de metingen was vooral opgenomen om te laten zien dat de variaties die over relatief korte afstanden optreden in de raaimetingen hoogstwaarschijnlijk gerelateerd zijn aan daadwerkelijk optreden hoogteverschillen (en geen meetruis vertegenwoordigen). De intentie was en is niet om op deze detailschaal eventuele morfologische veranderingen te interpreteren.

Samengevat advies	Verwerking
In profielmetingen (van bijvoorbeeld JARKUS raaien voor de Nederlandse kust) wordt voor een overzichtelijk beeld van de morfologie data vaak gereduceerd. De Auditcommissie adviseert om met behulp van filtertechnieken het aantal waarnemingen terug te brengen (van 10 per strekkende meter naar bijvoorbeeld 5 of zelfs 1 per strekkende meter). Vergelijk deze profielen met de huidige profielen en controleer of hierbij essentiële informatie verloren gaat of niet. Waarschijnlijk ontstaat een beter beeld van de grootschalige morfologische ontwikkeling.	Het advies is ter harte genomen en bij de vergelijking met de hoogtemetingen die zijn uitgevoerd op de Spijkermetingen is gebruik gemaakt van lopende gemiddelden, zodat de variaties over korte afstanden niet afleiden van de morfologische veranderingen.
De Auditcommissie beveelt verder aan om voor de vergelijking van LiDAR met spijkermetingen uit te zoeken of de verschilkaart van de LiDAR opnamen (2022 versus 2019) kan worden vergeleken met de resultaten van de spijkermetingen (bijvoorbeeld orde van grootte van getallen en patronen).	Vanwege de beperkte ruimtelijke dekking van 2022 LiDAR-hoogtemeting, de beperkte kwaliteit van de 2019 LiDAR hoogtemetingen in combinatie met de verspreiding van de Spijkermetingen is gekozen voor een vergelijking met de hoogtes in de vaklodingen.
De Auditcommissie adviseert om kaarten op te nemen die meer inzicht geven in de ruimtelijke patronen van de morfologische ontwikkelingen. Maak kaarten van bijvoorbeeld de actuele hoogte van de wadbodem en de dynamiek van de wadbodem.	In de rapportage is uitgebreid gekeken naar de hoogteontwikkelingen die volgen uit de verschillende metingen (raaimetingen, vaklodingen en de GPS-RTK metingen ter plaatse van de Spijkermetingen). Bij het maken van gebiedsdekkende kaarten op basis van de actuele hoogtes van de Spijkermetingen en de raaimetingen zouden belangrijke morfologische kenmerken wegvallen. Daarom zijn deze kaarten niet opgenomen in het rapport. In 2025 wordt verkend of met

Samengevat advies	Verwerking
	multibeamlodingen tijdens hoogwater een gebiedsdekkende kaart van de Ballastplaat kan worden ingemeten.
De Commissie beveelt aan om het bemonsteringsprogramma voor de sedimentsamenstelling robuust genoeg te maken, zodat in de toekomst een causaal verband hiervan met bodemdaling als gevolg van zoutwinning onder de Waddenzee bevestigd of ontkend kan worden.	De noodzaak voor een robuust programma voor het bemonsteren en analyseren van de sedimentsamenstelling wordt onderkend. Helaas is in 2025 de mogelijkheid om de analyse te continueren bij het NIOZ komen te vervallen. Daarom wordt nu gezocht naar een toekomstbestendige route voor die analyses.
De Auditcommissie adviseert om vanaf volgend monitoringsjaar een zelfstandig leesbaar rapport op te stellen over de aantallen en de verspreiding van vogels (laagwatertrektellingen). Beschrijf daarbij duidelijk wat er veranderd is in de aanpak en presenteer de jaarlijkse resultaten op een eenduidige manier.	Dit jaar is de rapportage over de laagwatertellingen onderdeel van de rapportage over de Ballastplaat. Hierbij is extra aandacht besteedt aan toegankelijkheid, leesbaarheid en opbouw.
Het rapport 'trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee'11 is goed navolgbaar. Maar de Auditcommissie constateert dat de vastgestelde trend-fenomenen niet goed geduid worden. Zo wordt in de discussie niet ingegaan op vogel-ecologische processen uit de gehele (internationale) Waddenzee. De Auditcommissie beveelt daarom aan om vanaf volgend monitoringsjaar dit soort processen bij de totstandkoming van de conclusies te betrekken. Ga daarvoor, bijvoorbeeld, in overleg met vogelecoloogen die gespecialiseerd	In het rapport over de vogelaantallen is een hoofdstuk opgenomen waarin de relatie wordt gelegd met de waargenomen aantallen op de Ballastplaat (laagwatertrektellingen) en met de ontwikkelingen die Waddenzeebreed zijn waargenomen.

Samengevat advies	Verwerking
zijn in het (internationale) waddenecosysteem.	
De Auditcommissie adviseert de minister om nader onderzoek te (laten) doen naar de oorzaak van de geconstateerde afwijkingen bij station Harlingen. Indien nodig kan daar in de toekomst bij het vaststellen van (nieuwe) gebruiksruimte rekening mee gehouden worden.	Vanwege de waargenomen veranderingen in de waterstanden bij Harlingen en de doorwerking op de droogvalpercentages op de Ballastplaat is het van wezenlijk belang dat aandacht wordt besteed aan de verschillende factoren die van invloed zijn op de waterstanden bij meetstation Harlingen. Naast de zeespiegelstijging zijn dat ook de invloed van de morfologie in de Westelijke Waddenzee en van de haven (vanwege de locatie van het meetstation) en de invloed van de windsterkte en -richting.
Eerder samengevat advies uit	
Openstaand punt uit het advies 2022: Aan de zuidelijke rand van voorspelde bodemdalingsschotel ligt (nog) geen meetpunt van de Pleistocene meetpunt en de vraag is in hoeverre hiermee wel voldoende zicht is op de bodemdaling in deze omgeving?	De beheerder van de Pollendam heeft uiteindelijk geen toestemming verleend voor het plaatsen van een meetpunt op de Pollendam. De mogelijkheden van een alternatieve locatie of alternatieve meetmogelijkheden worden onderzocht, maar de stabiliteit en toegankelijkheid zijn belangrijke aandachtspunten.

Colofon

RESULTATEN VAN MONITORING WADDENZEE VANWEGE
BODEMDALING DOOR ZOUTWINNING
INTEGRATIE EN SAMENVATTING RESULTATEN TOT 2025

KLANT

Frisia Zout B.V.

AUTEUR

Jelmer Cleveringa & Jeroen Jansen (Frisia Zout B.V.)

PROJECTNUMMER

30251889

ONZE REFERENTIE

SAUF4ETSFE65-1609371752-84:2

DATUM

15 mei 2025

STATUS

Definitief

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende datagedreven duurzame ontwerp-, advies- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij zijn met 36.000 architecten, data-analisten, ingenieurs, projectplanners, water- en duurzaamheidexperts. Onze gedeelde passie is: Improving quality of life. Toewijding aan de strategie 'accelerating a planet positive future' onderschrijft onze wereldwijde samenwerking met klanten en hoe we hen helpen met duurzame projectkeuzes. We combineren digitale met mensgerichte innovaties en omarmen toekomstgerichte vaardigheden op het gebied van milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. We werken vanuit meer dan dertig landen en rapporteerden in 2023 een bruto omzet van 5 miljard euro.
www.arcadis.com

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 137
8000 AC Zwolle
Nederland

T +31 (0)88 4261 261