



Altenburg & Wymenga
ECOLOGISCH ONDERZOEK

In samenwerking met



Ecologische monitoring van zoutwinning op de Ballastplaat

Monitoringsjaar 2024

A&W-rapport 24-054 #1



n opdracht van



Ecologische monitoring van zoutwinning op de Ballastplaat

Monitoringsjaar 2024

A&W-rapport 24-054 #1

M.A.T. Marijt
L. Saathof
E.F. Kappers

Foto Voorplaat

De Ballastplaat, foto: Elena Kappers (A&W)

Marijt, M.A.T., Saathof, L., Kappers E.F., 2025

Ecologische monitoring van zoutwinning op de Ballastplaat. Monitoringsjaar 2024. A&W-rapport 24-054 #1.
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Opdrachtgever

Frisia Zout B.V.
Lange lijnbaan 15
8861 NW Harlingen
Tel. 0517 49 24 99

Uitvoerders

Altenburg & Wymenga¹
ecologisch onderzoek bv
Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl
www.altwym.nl

Natuurcentrum Ameland²
Strandweg 38
9163 GN Nes
0519-542737
info@amelandermusea.nl
www.amelandermusea.nl

WaterProof B.V.³
IJsselmeerdijk 2
8221 RC Lelystad
+31 (0)6 123 98 369
luitze.perk@waterproofbv.nl
www.waterproofbv.com

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Projectnummer
24-054 #1

Projectleider
M.A.T. Marijt

Status
Definitief

Autorisatie
Joris Latour

Paraaf



Datum
15 mei 2025

Kwaliteitscontrole
Anneke Rippen

Paraaf



Inhoud

1. Inleiding	1
1.1 Probleemstelling	1
1.2 Monitoringsprogramma	2
1.3 Overzicht meetpunten en bemonsteringsmomenten	4
1.4 Leeswijzer	6
2. Hoogteligging, sedimentatie en erosie Ballastplaat	7
2.1 Gebruikte meetgegevens	7
2.2 Plaathoogte Ballastplaat	7
2.3 Sedimentatie/erosie (spijkermetingen) Ballastplaat Zuid	9
2.4 Sedimentatie/erosie (spijkermetingen) Ballastplaat Midden 2	12
2.5 Sedimentatie conclusie & discussie	14
3. Sedimentsamenstelling	16
3.1 Meetgegevens	16
3.2 Uitdagingen omtrent sedimentanalyse	16
4. Benthos	18
4.1 Macrozoobenthos en omgevingsfactoren	18
4.2 Meetgegevens benthos en berekeningen	19
4.3 Benthos samenstelling en biomassa	19
4.4 Benthos conclusie & Discussie	27
5. Vogels	30
5.1 Dieet vogels	30
5.2 Vogel conclusie & discussie	38
6. Conclusie & discussie	40
7. Literatuur	42
<i>Bijlage 1 Velddagen bemonsteringen 2024</i>	<i>45</i>
<i>Bijlage 2 Onderzoeksmethoden</i>	<i>46</i>
<i>Bijlage 3 Spijkermeetstations en GPS meetwaarden</i>	<i>60</i>
<i>Bijlage 4 Uitkomsten analyse macrozoobenthos</i>	<i>64</i>
<i>Bijlage 5 Bemonsterd benthos voor vogels</i>	<i>65</i>

Dankwoord

Met dank aan F. Versloot, P. Heerink, A. Wolma en T. Venema (A&W) voor het uitvoeren van en assisteren bij het veldwerk voor benthos en sediment en het uitwerken van de monsters in het lab; M. Bekkema (A&W) voor het maken van GIS kaarten; J.G. Lodewijks en J. Krol (Natuurcentrum Ameland en Museum) voor het uitvoeren van de spijkermetingen; M. Olivierse en collega's (WaterProof) voor het inplannen van de vaardagen en het veilig varen van de teams naar de Ballastplaat; R. de Vries, J.G. Lodewijks, J. Krol, J. van der Kamp en M. Kersten voor het uitvoeren van de vogeltellingen.

1. Inleiding

1.1 Probleemstelling

Sinds 2020 wordt er in de Waddenzee zout gewonnen door Frisia Zout B.V. (dochteronderneming van European Salt Company). Het zout wordt gewonnen op ongeveer drie kilometer diepte in het wingebied 'concessie Havenmond' onder de Ballastplaat, drie kilometer uit de kust van Harlingen. Bij deze winning wordt zout uit de diepere onderlaag opgelost met zoet water. De sterke zoutoplossing die hierbij ontstaat (ook wel pekkel) wordt vervolgens opgepompt en via een buis naar de zoutfabriek gepompt. Door het oplossen van de zoutlaag ontstaan holle ruimtes (cavernes) die na winning gevuld zijn met zout water. De waterdruk in de cavernes kan handmatig gereguleerd worden. Wanneer de waterdruk in de caverne wordt verlaagd, vult de holle ruimte zich met zout uit de omgeving (zoutkruip). Het proces van onttrekken en de invulling van de cavernes door omgevingszout veroorzaakt diepe bodemdaling wat mogelijk een effect kan hebben op de bodemhoogte aan de oppervlakte. De mate van bodemdaling aan het oppervlak is gerelateerd aan de horizontale afstand tot het middelpunt van de caverne. Hierdoor kunnen er 'bodemdalingsschrijven' worden onderscheiden.

Het winnen van zout vindt plaats in Natura 2000-gebied Waddenzee. Wadplaten zoals de Ballastplaat zijn rijk aan bodemdieren (macrozoobenthos) die een cruciale rol spelen in het voedselweb. Met name voor trekkende wadvogels (o.a. scholeksters, strandlopers en plevieren). Voor deze vogels gelden instandhoudings-doelen vanuit het aanwijzingsbesluit voor Natura 2000-gebied (<https://www.natura2000.nl/gebieden/friesland/waddenzee>; Duijns *et al.*, 2013; Kersten *et al.*, 2021). Deze vogels zoeken hun voedsel tijdens laag water op droogvallende platen. Door de winning van zout kunnen veranderingen in de bodem optreden (bodemdaling, verandering in sedimentsamenstelling) die vervolgens kunnen doorwerken op het bodemleven (macrozoobenthos) en op de andere natuurwaarden van de Ballastplaat.

Hand-aan-de-kraan-principe

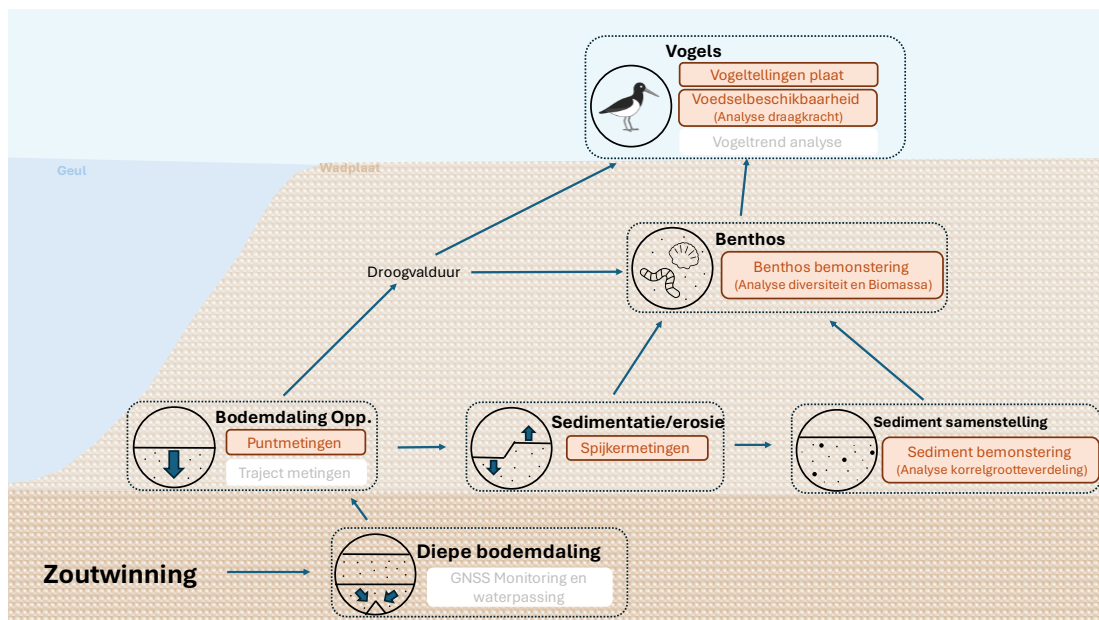
Om de Waddenzeenatuur te beschermen, zijn er binnen de zoutwinnings-vergunning extra eisen gesteld omtrent de monitoring van de morfologische en ecologische ontwikkelingen in het gebied. Binnen de monitoring wordt de bodemdaling (daling en dalingssnelheid) in het gebied nauwkeurig in de gaten gehouden. Daarnaast worden de belangrijkste natuurwaarden van het zuidelijke deel van de Ballastplaat gemonitord. Het monitoringsprogramma is opgezet door experts ingeschakeld door Frisia Zout en onder het toezicht van een audit commissie. Het dient als basis voor het werken volgens het 'hand-aan-de-kraan-principe'. Binnen dit principe geldt dat; 'als blijkt dat de bodemdaling van de pleistocene ondergrond groter is dan verwacht of dat er effecten in de Waddenzee optreden als gevolg van bodemdaling door de zoutwinning, de winningsstrategie kan worden aangepast op een zodanige wijze dat de effecten binnen de gestelde grenzen blijven'. Met andere woorden betekent dit dat de morfologische en ecologische ontwikkelingen nauwlettend door experts in de gaten gehouden worden, en dat er bij eventuele negatieve ontwikkelingen aan de bel wordt getrokken. Als Frisia Zout op dat moment niet aannemelijk kan maken dat de negatieve ontwikkelingen ongerelateerd zijn aan de zoutwinning, dienen de winningswerkzaamheden te worden aangepast of zelfs geheel stopgezet te worden. Op deze manier kunnen significante negatieve effecten op de natuur door zoutwinning worden voorkomen.

1.2 Monitoringsprogramma

Het opgezette monitoringsprogramma kan grofweg ingedeeld worden in zes onderdelen:

- diepe bodemdaling,
- bodemdaling aan het oppervlak (daling van de plaat),
- sedimentatie en erosie,
- sediment samenstelling,
- effecten op benthos,
- effecten op vogels.

In figuur 1.1 is simplistisch weergegeven hoe de verschillende onderdelen uit het monitoringsprogramma zich tot elkaar verhouden. Hierbij is diepe bodemdaling het directe abiotische effect van de zoutwinning. Dit directe effect kan enkele indirecte abiotische veranderingen tot gevolg hebben. Diepe bodemdaling kan namelijk resulteren in bodemdaling aan de oppervlak. De lokale verandering in bodemhoogte kan een effect hebben op de bodemdynamiek (sedimentatie en erosie) en de sedimentsamenstelling. Deze abiotische omstandigheden hebben weer een direct effect op de geschiktheid van de Ballastplaat voor verschillende bodemdieren (Duijns *et al.*, 2009; Bijleveld *et al.*, 2023). Tot slot wordt de waarde van het gebied voor wadvogels bepaald door een analyse van de prooidiersamenstelling (bodemdieren) en foerageer areaal (droogvalduur). In figuur 1.1 wordt enkel de redeneerlijn weergegeven waarin het programma is opgezet. In de praktijk zijn de relaties tussen deze onderdelen veel complexer. Zo kan de bodemdiergemeenschap middels bioturbatie en/of het creëren van kokers (zandkokerwormen/ schelpkokerwormen) een sterk effect hebben op de mate van sedimentatie/erosie en sedimentsamenstelling (Friedrichs *et al.*, 2009; Alves *et al.*, 2017).



Figuur 1.1 Overzicht monitoringsprogramma Frisia Zout zoutwinning waarbij de oranje blokken worden uitgevoerd door A&W (incl. onderaannemers Ameland museum en onafhankelijke vogelexperts) en de witte blokken aanvullende monitoring aangeven die door andere organisaties worden uitgevoerd. De lijnen geven de relatie tussen de onderdelen die meegenomen worden in het onderzoek. Het betreft een redeneerlijn, in de praktijk zijn de onderlinge relaties complexer dan hier is aangegeven.

De monitoring wordt uitgevoerd door een combinatie van verschillende onderzoeksinstanties en experts. Binnen dit monitoringsprogramma voert Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek B.V. (A&W) sinds 2018 bemonsteringen en metingen uit in samenwerking met Natuurcentrum Ameland, WaterProof Marine Consultancy & Services B.V. en onafhankelijke vogelexperts Kees Rappoldt en Marcel Kersten. De metingen die binnen deze samenwerking worden gedaan zijn weergegeven in de oranje blokken van Figuur 1.1. Deze metingen zijn over de jaren heen op basis van voortschrijdende inzichten uitgebreid en aangepast om de ontwikkelingen in het gebied zo goed mogelijk in kaart te brengen en eventuele effecten van zoutwinning vast te leggen ofwel uit te sluiten. Hieronder worden de meetprogramma's kort toegelicht.

Bodemdaling aan de oppervlak – puntmetingen DGPS-LRK

Veranderingen in de bodemhoogte aan het oppervlak worden binnen het gehele monitoringsprogramma met verschillende methoden gemonitord (Spaans & Cleveringa, 2025). In dit rapport richten we ons uitsluitend op de puntmetingen die zijn uitgevoerd door de Amelandse Musea. Deze metingen vonden plaats in maart van de jaren 2020, 2023 en 2024 en zijn uitgevoerd met behulp van een DGPS-LRK. Doordat de metingen plaatsvinden op locaties waar ook sedimentatie en erosie worden gemeten en waar sediment en benthos worden bemonsterd, kunnen de hoogteresultaten direct worden gerelateerd aan de andere meetprogramma's. Hoewel deze methode een goede benadering van de bodemhoogte geeft, is deze niet nauwkeurig genoeg om eventuele bodemdalingseffecten kwantitatief vast te stellen. Voor dat doel worden uitgebreide raaimetingen en vaklodingen (waaronder LiDAR) uitgevoerd. De verschillen tussen de gebruikte methoden worden uitvoerig besproken in Spaans & Cleveringa (2025).

Sedimentatie/erosie – spijkermetingen

De mate van verandering in bodemhoogte aan het oppervlak wordt sterk beïnvloed door lokale sedimentatie- en erosieprocessen op de plaat. Daarnaast kunnen deze processen invloed hebben op de aanwezige bodemdiergemeenschap. In dit onderzoek worden sedimentatie en erosie gemeten met behulp van spijkermetingen. Deze metingen worden sinds 2018 vier keer per jaar uitgevoerd (maart, juni, september en december). Het aantal meetpunten is in de loop der jaren uitgebreid om een beter en breder beeld te krijgen van de sedimentatie- en erosieprocessen op de Ballastplaat.

Sedimentsamenstelling - sedimentmonsters

Veranderingen in bodemhoogte en sedimentatie- of erosieprocessen kunnen een effect hebben op de samenstelling van het sediment. Het monitoren van de sedimentsamenstelling is van belang, omdat veranderingen hierin de abiotische omstandigheden op de plaat kunnen beïnvloeden, wat op zijn beurt effect heeft op de aanwezigheid en samenstelling van bodemdiergemeenschappen. Om veranderingen in sedimentsamenstelling op verschillende meetpunten te monitoren, wordt eenmaal per jaar (in juni of juli) sediment bemonsterd. De korrelgrootteverdeling wordt vervolgens geanalyseerd met behulp van laserdiffractie. Deze monitoring vindt plaats sinds 2018.

Benthosbemonstering – bodemsteken

De bemonstering van benthos wordt uitgevoerd om inzicht te krijgen in het voedselaanbod voor wadvogels op de Ballastplaat. Hierbij worden sinds 2021 driemaal per jaar (juni, september, december) bodemsteken genomen en worden de aangetroffen bodemdieren gedetermineerd, geteld en opgemeten. De biomassa wordt bepaald door het gebruik van conversie formules uit bestaande literatuur. De locaties van de bodemsteken komen overeen met de locaties van de sedimentmonsters, spijkermetingen en hoogtemetingen. Hierdoor kunnen directe invloeden van abiotiek op bodemdieren worden meegenomen in de analyse.

Vogels – draagkrachtanalyse en vogeltellingen

Om de draagkracht van de Ballastplaat voor wadvogels te bepalen wordt sinds 2023 een draagkrachtanalyse uitgevoerd. In deze analyse wordt gekeken wat de foerageerwaarde van de plaat is voor acht verschillende vogelsoorten. Binnen deze analyse wordt gekeken naar het dieet van de verschillende vogelsoorten, de aanwezigheid van deze prooi-soorten op de plaat (benthosdata) en de beschikbaarheid van de prooi voor de vogel (beschikbaar areaal op basis van droogvalduur). Met de resultaten kan worden gekeken of de foerageer kwaliteit van de plaat over de jaren heen verandert. Het daadwerkelijke gebruik van de plaat door vogels wordt gemonitord door middel van vogeltellingen. Deze vogeltellingen worden driemaal per jaar uitgevoerd (mei, juni, september) om een beeld te krijgen van de migrerende soorten. Bij deze vogeltellingen worden de aantallen op de Ballastplaat en de trekbewegingen richting hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) vastgelegd. De vogeltellingen worden in een ander rapport uitgebreid behandeld (Rappoldt *et al.*, 2025).

Het onderliggende rapport gaat in op de meest recente resultaten (metingen van 2024) van de besproken meetonderdelen binnen het monitoringsprogramma dat door A&W wordt uitgevoerd. Daarbij wordt ook gekeken hoe de resultaten van 2024 zich verhouden tot voorgaande jaren.

1.3 Overzicht meetpunten en bemonsteringsmomenten

Doordat de verschillende onderdelen in het meetprogramma een nauwe relatie hebben, worden de metingen van de verschillende onderdelen (m.u.v. vogeltellingen die het gehele gebied dekken) op dezelfde locaties uitgevoerd. Een overzicht van de meetpunten wordt gegeven in

en Figuur 1.2. Hierin is te zien dat het grootste aandeel meetpunten zich binnen de voorspelde dalingssschotels bevindt (gebied Zuid). De locaties van de punten zijn gekozen op basis van een diversiteit in bodemhoogtes en dekking binnen het onderzoeksgebied. De punten Ballastplaat 'Midden 1' en 'Midden 2' zijn recentelijk toegevoegd (2023) om te dienen als referentie voor ontwikkelingen die niet gerelateerd zijn aan de mogelijke effecten van zoutwinning. Bij de 'S' punten wordt enkel sediment bemonsterd. Op 'BP' punten worden zowel puntmetingen als spijkermetingen (m.u.v. Ballastplaat Midden 1) gedaan en worden benthosmonsters en sedimentmonsters genomen.

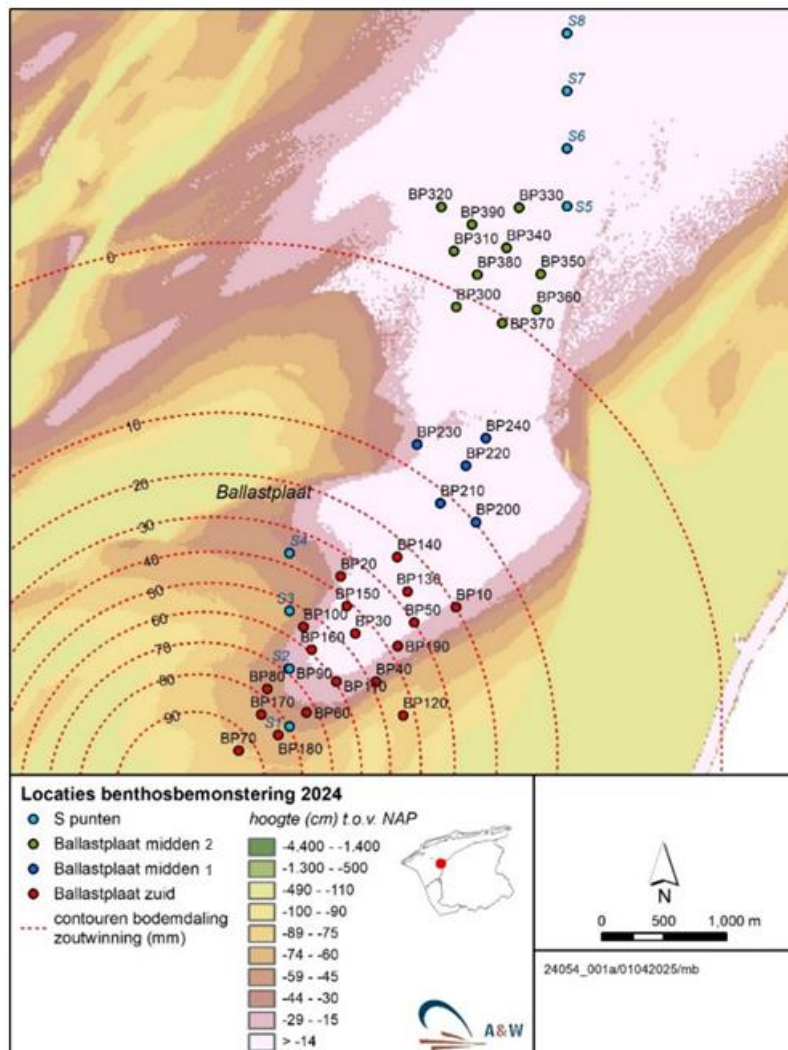
Tabel 1.1 Overzicht van de onderzoeksgebieden en Sample ID's waar het betreffende onderzoek is uitgevoerd. De "x" geeft aan of de monsterpunten meegenomen zijn in de betreffende monitoring.

Gebieden*	Sample ID	N locaties	Monitoringsprogramma		
			Sediment- samenstelling	Sedimentatie / erosie	Benthos
Ballastplaat Zuid	BP10 t/m BP190	19	x	x**	x
Ballastplaat SA	S1 t/m S4	4	x		
Ballastplaat SB	S5 t/m S8	4	x		
Ballastplaat Midden 1	BP200 t/m BP240	5	x		x***
Ballastplaat Midden 2	BP300 t/m BP390	10	x	x	x***

* Om consistentie tussen de verschillende onderzoeken van Frisia te waarborgen, wijken de namen af van het voorgaande rapport (Kappers *et al.*, 2024).

** m.u.v. BP 120 welke verloren is gegaan sinds 2022 (zie Hoofdstuk 2)

*** deze locaties worden in december niet bemonsterd voor dit programma



Figuur 1.2 Overzicht van de punten die binnen het meetprogramma worden gemeten en bemonsterd., Hierin onderscheiden we gebieden 'zuid', 'midden 1' en 'midden 2'. Daarnaast vormen punten S1 t/m S4 gebied 'SA' en S5 t/m S8 gebied 'SB'. De verwachte bodemdaling worden weergegeven in de vorm van bodemdalingsschotels (contouren) per 10 mm daling.

Het bemonsteringsmoment kan een effect hebben op de resultaten van het onderzoek. Om de resultaten van de sedimentanalyse, puntmetingen, sedimentatie/erosie metingen en benthosmetingen zo goed mogelijk te kunnen vergelijken, wordt er in het project naar gestreefd om de metingen zoveel mogelijk gecombineerd en over enkele dagen uit te voeren. Tabel 1.2 geeft een overzicht van de periodes waarin de metingen jaarlijks worden uitgevoerd (kleurvlakken) en de daadwerkelijke datums waarop de veldmetingen in 2024 hebben plaatsgevonden (zie 5.1.3 voor details).

Tabel 1.2 Overzicht van de beoogde meetmomenten (kleurvlakken) en uitgevoerde veldmetingen en bemonsteringen in 2024.

	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
Sediment samenstelling				3 jun 4 jun 27 jun						
Sedimentatie/ erosie (Spijker)	26 mrt			3 jun 4 jun			16 sept		29 nov →	*
Benthos				3 jun 4 jun 27 jun			16 sept 17 sept 18 sept		29 nov →	*
Vogeltellingen		29 april			29 jul		9 sept			

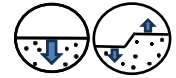
* bemonsteringen en metingen uitgevoerd op 29 november door beperking in geschikte bemonsteringsmomenten in december vanwege getij en weersomstandigheden.

** telling uitgevoerd op 29 april

1.4 Leeswijzer

In de voorliggende rapportage worden de resultaten van de meetprogramma's t/m 2024 gepresenteerd. Hierbij wordt gekeken naar 1) de huidige situatie op de Ballastplaat, 2) of er enige trend wordt waargenomen in de meetreeksen van de monitoringsprogramma's en 3) of eventuele verandering een gevolg kunnen zijn van de lokale zoutwinning. We gaan eerst in op de abiotische condities op de Ballastplaat. In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de hoogteligging en dynamiek (sedimentatie/erosie) en in hoofdstuk 3 wordt de monitoring van sedimentsamenstelling behandeld. Vervolgens wordt gekeken naar de natuurwaarden. In hoofdstuk 4 worden de monitoringsresultaten van het benthosonderzoek gepresenteerd. Vervolgens kijken we in hoofdstuk 5 hoe de bodemdieren de kwaliteit van het foerageergebied voor de verschillende vogelsoorten bepalen. Tot slot worden in hoofdstuk 6 de belangrijkste punten en onderlinge relaties van de verschillende meetprogramma's gepresenteerd en worden er enkele aanbevelingen gedaan.

2. Hoogteligging, sedimentatie en erosie Ballastplaat



De hoogteligging, sedimentatie en erosie op de Ballastplaat worden in dit project gemeten door een combinatie van hoogtemetingen (puntmetingen met een DGPS-LRK hoogtemeter) en spijkermetingen. De meetmethode staat beschreven in Bijlage 2.1. In dit hoofdstuk gaan we eerst in op de gebruikte meetgegevens en de veranderingen in hoogteligging gedurende het meetprogramma. Met deze metingen is beoogd om de grove hoogteontwikkelingen op de specifieke meetpunten te bepalen (zie Spaans & Cleveringa (2025) voor een uitgebreide analyse met betrekking tot bodemhoogte verandering). Daarna kijken we verder naar de sedimentatie en erosie op de plaat.

2.1 Gebruikte meetgegevens

Voor de hoogteligging (puntmetingen) en sedimentatiemetingen (spijkermetingen) worden twee deelgebieden onderscheiden: Ballastplaat Zuid en Ballastplaat Midden 2. Sinds 2018 worden viermaal per jaar spijkermetingen uitgevoerd voor de punten BP10 t/m BP140. Eén meetpunt (BP120) is in het voorjaar van 2022 vervallen door de effecten van een storm. In september 2023 is het meetnetwerk van de spijkerpunten nabij de winnings-caverne (Ballastplaat Zuid) uitgebreid met punten BP150 t/m BP190. Daarnaast is er voor gekozen om buiten de contouren van het verwachte bodemdalingsgebied op de Ballastplaat 10 meetstations te installeren (Ballastplaat Midden 2). Deze meetstations dienen als referentiegebied voor sedimentatie- en erosiepatronen in de omgeving.

Hoogtemetingen

Op de Ballastplaat zijn in 2020 (enkel punten BP10 t/m BP140) en 2024 (alle punten in gebieden Ballastplaat Zuid en Midden 2) hoogtemetingen uitgevoerd met een DGPS-LRK meetapparaat. In 2019 is er ook een hoogtemeting uitgevoerd, maar hiervoor is andere apparatuur gebruikt waardoor de resultaten hiervan in dit rapport niet worden meegenomen. De hoogtemetingen geven de plaathoogte in NAP (Normaal Amsterdams Peil) en worden in de betreffende jaren éénmaal uitgevoerd. Deze metingen dienen als referentiemetingen waarmee de spijkermetingen kunnen worden omgerekend tot NAP- hoogtes. Op deze manier kan de ontwikkeling van bodemhoogte worden gemonitord zonder dat het nodig is om bij elk veldbezoek een DGPS-LRK apparaat mee te nemen.

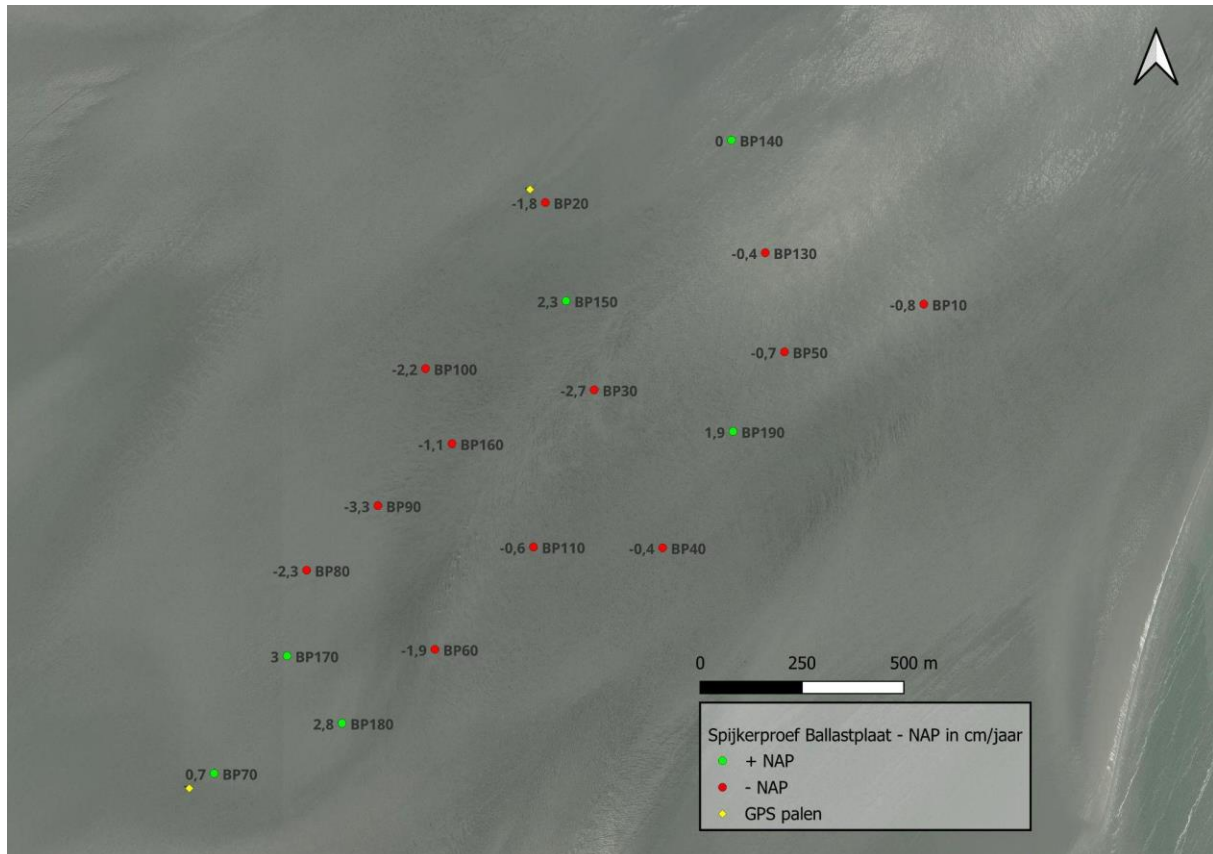
Spijkermetingen

Voor de oude meetstations bestaat ondertussen een meetreeks van 27 meetmomenten. Voor de meetstations die in 2023 zijn geïnstalleerd is een meetreeks van vijf (gebied Midden 2,) en zes (gebied Zuid) meetmomenten beschikbaar. De decembermeting van 2024 in gebied Midden 2 mist hierbij. Deze metingen konden niet uitgevoerd worden vanwege ziekte en het gebrek aan een geschikte alternatieve meetmomenten. Kansen voor meetmomenten in de winter zijn doorgaans gelimiteerd door een combinatie van getij-ritme en volume, weer (opstuwing door wind) en daglengte.

2.2 Plaathoogte Ballastplaat

De hoogteligging (NAP) van de meetpunten op Ballastplaat Zuid wordt afgeleid door een combinatie van de DGPS-LRK hoogte metingen op twee meetmomenten (2020 en 2024) en de sedimentatie/erosie-metingen die viermaal per jaar zijn uitgevoerd. In Bijlage 2.1 is een overzicht weergegeven van de locaties van de meetpunten en DGPS-LRK hoogtemetingen van deze punten op Ballastplaat Zuid. In de onderstaande figuur is het bruto hoogteverschil in NAP-hoogte aangegeven op basis van de eerste spijkermeting in 2018 en de laatste spijkermeting in 2024. Hierin is de NAP hoogte

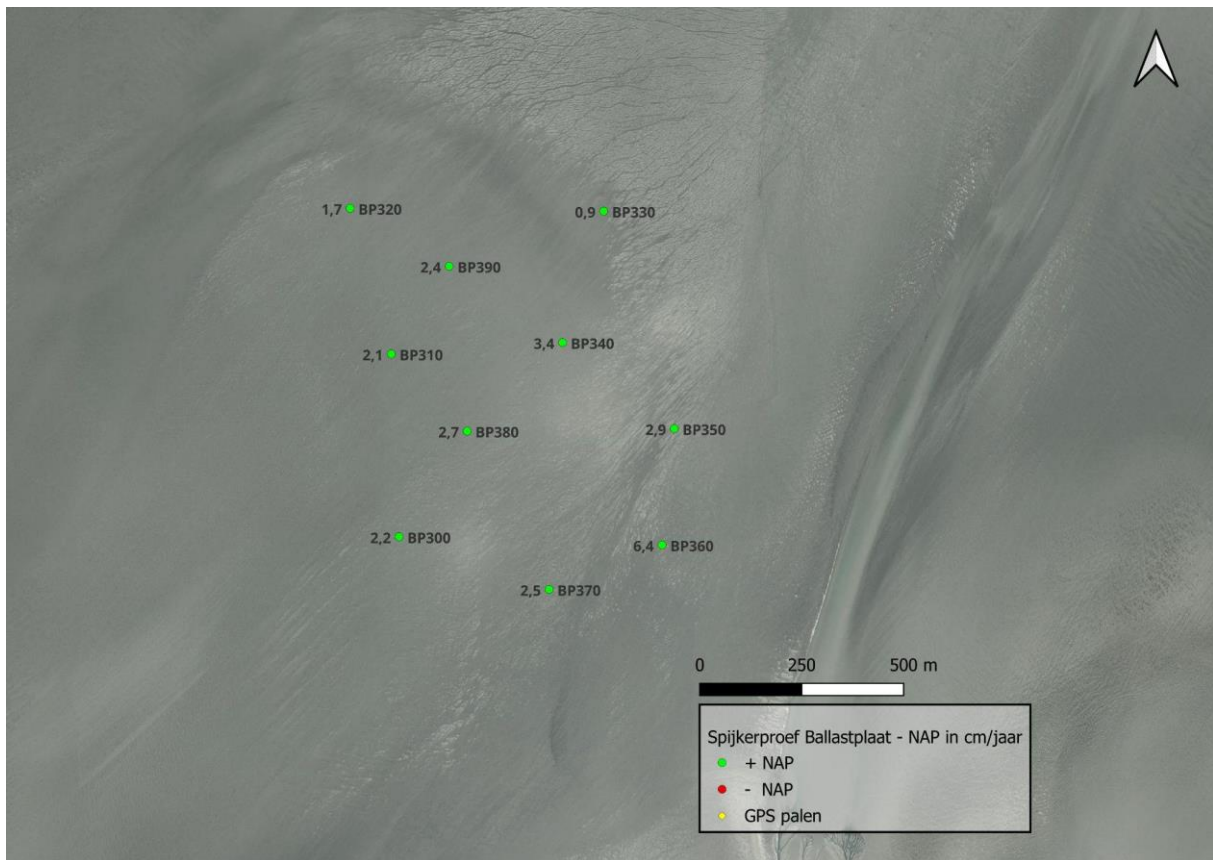
van de eerste spijkermeting afgeleid van de DGPS-LRK hoogtemeting die in 2020 is uitgevoerd. Visa versa is de NAP-hoogte van de laatste spijkermeting gebaseerd op de hoogtemeting die in 2024 is uitgevoerd. De resultaten tonen een gemiddelde verlaging in NAP-plaathoogte van -0.41 cm/jaar in de periode van 2018 tot 2024 op Ballastplaat Zuid. De verandering in NAP hoogte verschilt per meetpunt en loopt van +3 cm/jaar (BP170) tot -3,3 cm/jaar (BP90).



Figuur 2.1 Hoogteverschil (ten opzichte van het NAP) in cm/jaar over de tijd (jaren 2018 t/m 2024) op Ballastplaat Zuid. Satellietbeeld verkregen van de PDOK, Luchtfoto 2022 Roth 25cm.

Voor de periode 2023 tot 2024 is, op basis van spijkermetingen en de NAP- referentiemeting in 2024, op Ballastplaat Midden 2 een verhoging te zien (Figuur 2.2). Dit varieert tussen +6,4 cm/jaar (BP360) en +0,9 cm/jaar (BP330) met een gebiedsgemiddelde van +2,7 cm/jaar.

In de interpretatie van deze resultaten dient er rekening mee gehouden te worden dat er voor de nieuw aangebrachte meetstations op Zuid (BP150 t/m BP190) en Midden 2 een kortere tijdreeks gebruikt is wat effect heeft op de gemiddelde sedimentatie/erosie per jaar. Daarnaast zijn deze waarden enkel gebaseerd op de begin- en eindpunt in de meetreeksen. Hierdoor gaat de variatie tussen deze metingen verloren en zijn de resultaten minder betrouwbaar in de bepaling van de hoogte ontwikkeling van de plaat. Voor een uitgebreide analyse van de daadwerkelijke hoogteontwikkeling verwijzen wij door naar het rapport van Spaans & Cleveringa (2025) waarin gebruik gemaakt wordt van de resultaten van verschillende methoden om de plaathoogte en veranderingen daarin te bepalen.

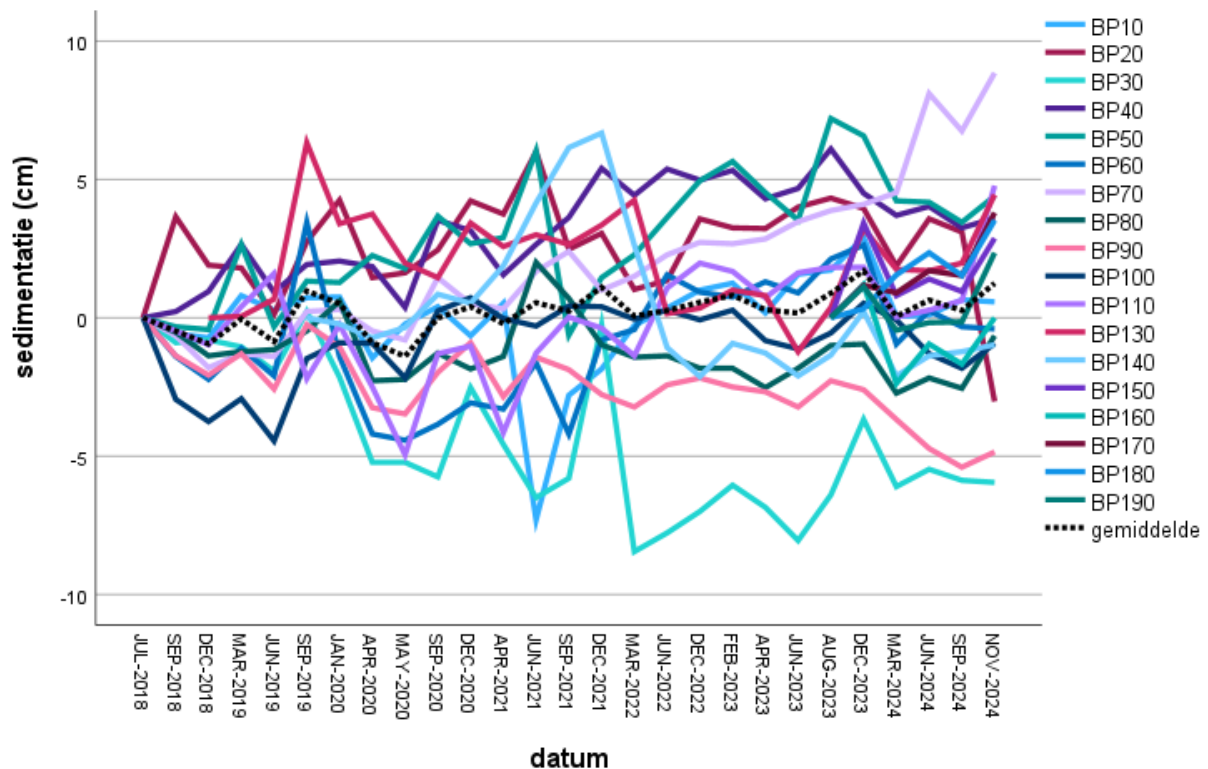


Figuur 2.2 Hoogteverschil (ten opzichte van het NAP) in cm/jaar over de tijd (jaren 2023 en 2024) op Ballastplaat Midden 2.

2.3 Sedimentatie/erosie (spijkermetingen) Ballastplaat Zuid

2.3.1 Gemiddelde sedimentatie en erosie

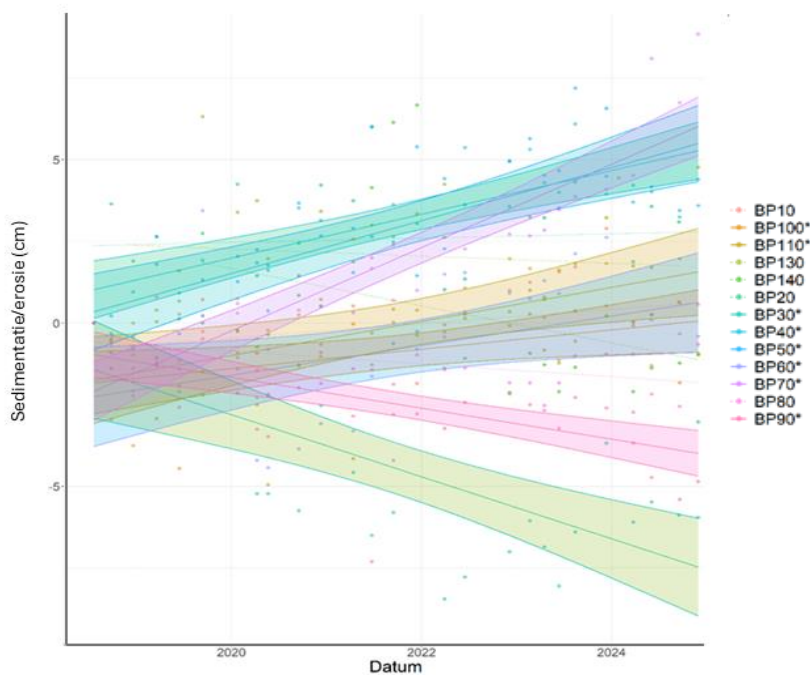
Middels spijkermetingen kan de absolute sedimentatie en erosie (in cm) op de locatie van een aangebracht grondanker bepaald worden (zie ook bijlage 2.1). De sedimentatie en erosie in gebied Ballastplaat Zuid wordt weergegeven in Figuur 2.3. De maximale gemeten erosie gedurende de gehele meetreeks betrof -8,5 cm (BP30, mrt '22). Maximale gemeten sedimentatie betrof +8,9 cm (BP70, nov '24). De gemiddelde sedimentatie per punt ligt tussen de -4,45 cm/jaar (BP30) en +3,15 cm/jaar (BP40). Het gemiddelde sedimentatie van alle meetstations gedurende de gehele meetreeks op Ballastplaat Zuid is +0,4 cm (sedimentatie). Uit de grafiek blijkt dat er gedurende de tijdsreeks veel variatie is in sedimentatie en erosie op de plaat. Sommige punten laten grote variatie zien, zoals BP30, BP50 en BP130. Daarnaast lijken een aantal punten stabiel, zoals BP90 (dalende lijn) en BP70 (stijgende lijn).



Figuur 2.3 Absolute sedimentatie/erosie van de meetpunten t.o.v. de eerste meting van alle stations op Ballastplaat bijgewerkt t/m december 2024 inclusief de nieuwe meetstations die uitgezet zijn in 2023. Met in het zwart het gemiddelde van alle metingen over de tijd.

2.3.2 Trends in sedimentatie en erosie op Ballastplaat Zuid

Zoals in de voorgaande paragraaf te zien is, geven de meetpunten in veel gevallen een variabel beeld van sedimentatie en erosie door de tijd heen. Dat wil zeggen, op een enkel meetpunt worden doorgaans kleine stijgingen en dalingen waargenomen. Dit is in de lijn der verwachting op basis van natuurlijke variatie en dynamiek in het waddensysteem. Voor de punten BP10 t/m BP 140 (2018-2024) is gekeken of deze kleine stijgingen en dalingen op lange termijn een lineaire trend in sedimentatie of erosie tonen. Hieruit blijkt dat punten BP100, BP110, BP40, BP50, BP60 en BP70 een lineaire trend in sedimentatie tonen (Figuur 2.4). Bij punten BP30 en BP90 kan een groot deel van de metingen juist verklaard worden door een lineaire trend in erosie. Bij de overige punten is de standaard deviatie ten opzichte van een lineaire trend dermate groot dat een dergelijke trend niet kan worden vastgesteld.

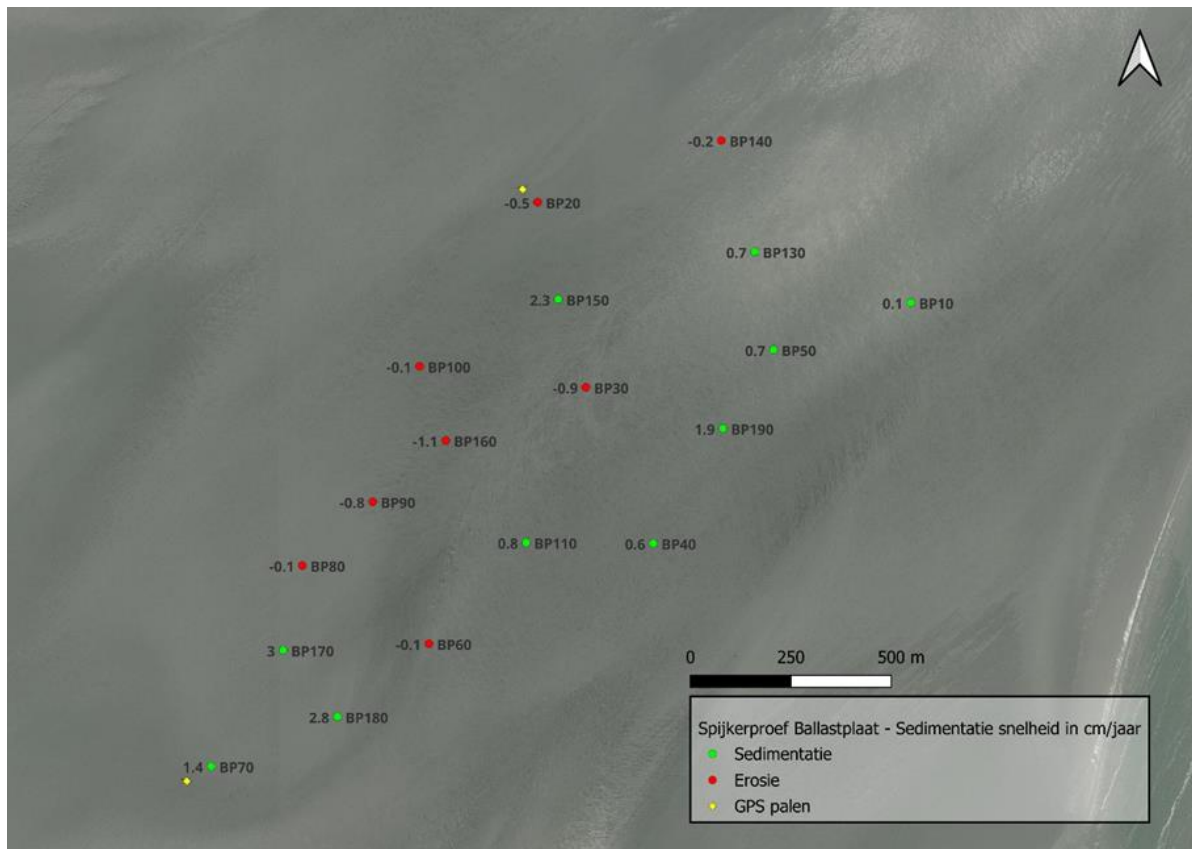


*Figuur 2.4 Ruwe data (punten) en lineaire trends (lijnen met gearceerde standaard deviatie) van de sedimentatie en erosie op Ballastplaat Zuid. Enkel bij de punten met een * wordt een mogelijke lineaire trend waargenomen.*

2.3.3 Bruto sedimentatie en erosie Ballastplaat Zuid

In Figuur 2.5 is de bruto sedimentatie en erosie op kaart weergegeven, waarbij de sedimentatie op basis van spijkermetingen teruggerekend zijn in centimeter per jaar. Hierbij wordt, evenals bij plaathoogte verschillen, gerekend de laatste meting in 2024 en de eerste meting in 2018 (2023 voor de nieuwe meetpunten). Het verschil in deze benadering is dat er niet gecorrigeerd wordt voor NAP hoogtemetingen. De spreiding in de sedimentatie sinds het begin van de metingen tot de laatste meting in 2024 loopt globaal genomen van -1,1 cm (BP160) tot +3,0 cm (BP170) per jaar. Te zien is dat de westelijke punten op het midden van de plaat de meeste erosie vertonen en de zuidelijke en oostelijke per jaar meer sedimenteren.

De bruto erosie (-0,1 cm/jaar) die wordt waargenomen bij BP100 en BP60 staat in contrast met de positieve lineaire trend die in paragraaf 2.3.2 wordt waargenomen (Figuur 2.4). Dit verschil wordt veroorzaakt doordat bij de bruto berekening niet de hele meetreeks in beschouwing wordt genomen, maar slechts het verschil tussen de eerste en de laatste meting van 2024.



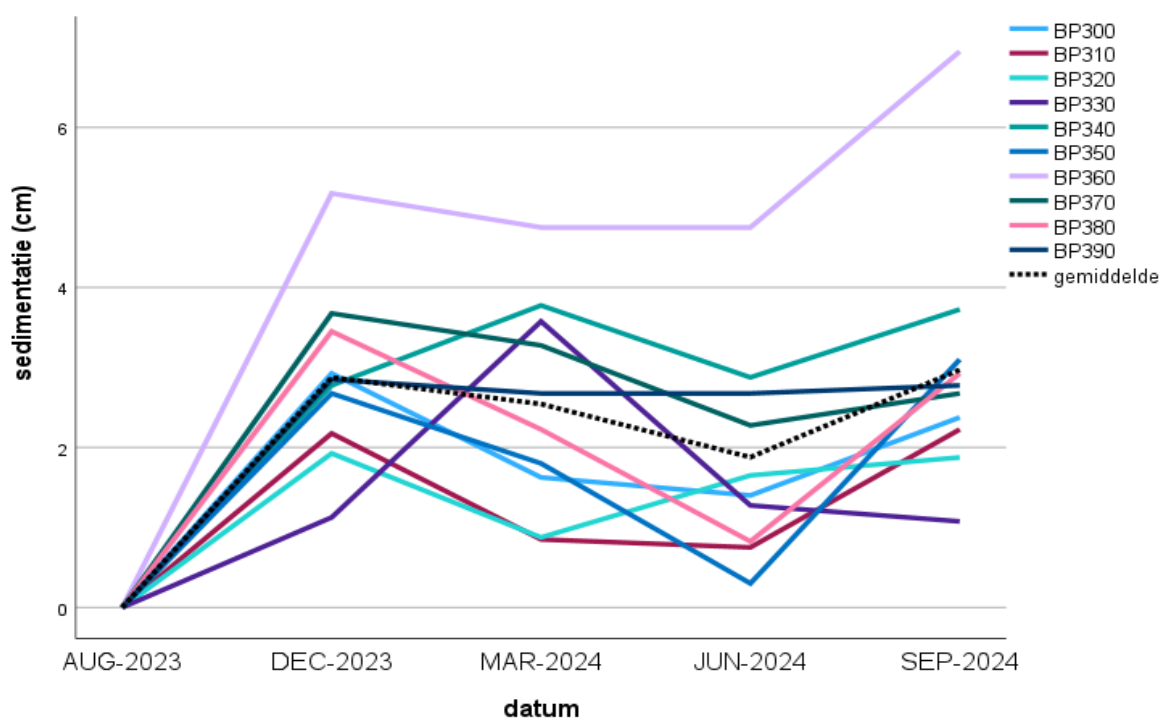
Figuur 2.5 Ruimtelijk beeld van de mate van sedimentatie (cm /jaar) van alle meetstations op Ballastplaat Zuid, vanaf het begin van de meetreeks (2018) ten opzichte van de laatste meting in december 2024. In groen zijn de stations die sedimentatie laten zien en in rood de stations waar erosie op is getreden.

2.4 Sedimentatie/erosie (spijkermetingen) Ballastplaat Midden 2

2.4.1 Gemiddelde sedimentatie en erosie

De absolute sedimentatie voor gebied Ballastplaat Midden 2 binnen de meetreeks aug-2023 t/m sept-2024 is weergegeven in Figuur 2.6. De meetreeks bestaat inmiddels uit vijf metingen. In deze paragraaf worden de eerste bevindingen gepresenteerd. De resultaten tonen vooral de variatie in sedimentatie per punt gedurende het afgelopen jaar. De maximaal gemeten sedimentatie in de gehele meetreeks van het gebied betreft +6,95 cm/jaar (BP360, nov '24)) en de minimale sedimentatie betrof +0,3 cm/jaar (BP350, jun '24). De gemiddelde sedimentatie en erosie van de verschillende punten over de jaren heen ligt tussen +1,2 cm (BP310) en +4,3 cm (BP360). Het gemiddelde over alle metingen wordt een sedimentatie van +2,05 cm (sedimentatie) waargenomen. Er lijkt voornamelijk sprake te zijn van een sedimentatie op Ballastplaat Midden. Punt BP360 laat een opvallend hogere sedimentatie zien dan de andere punten in het gebied.

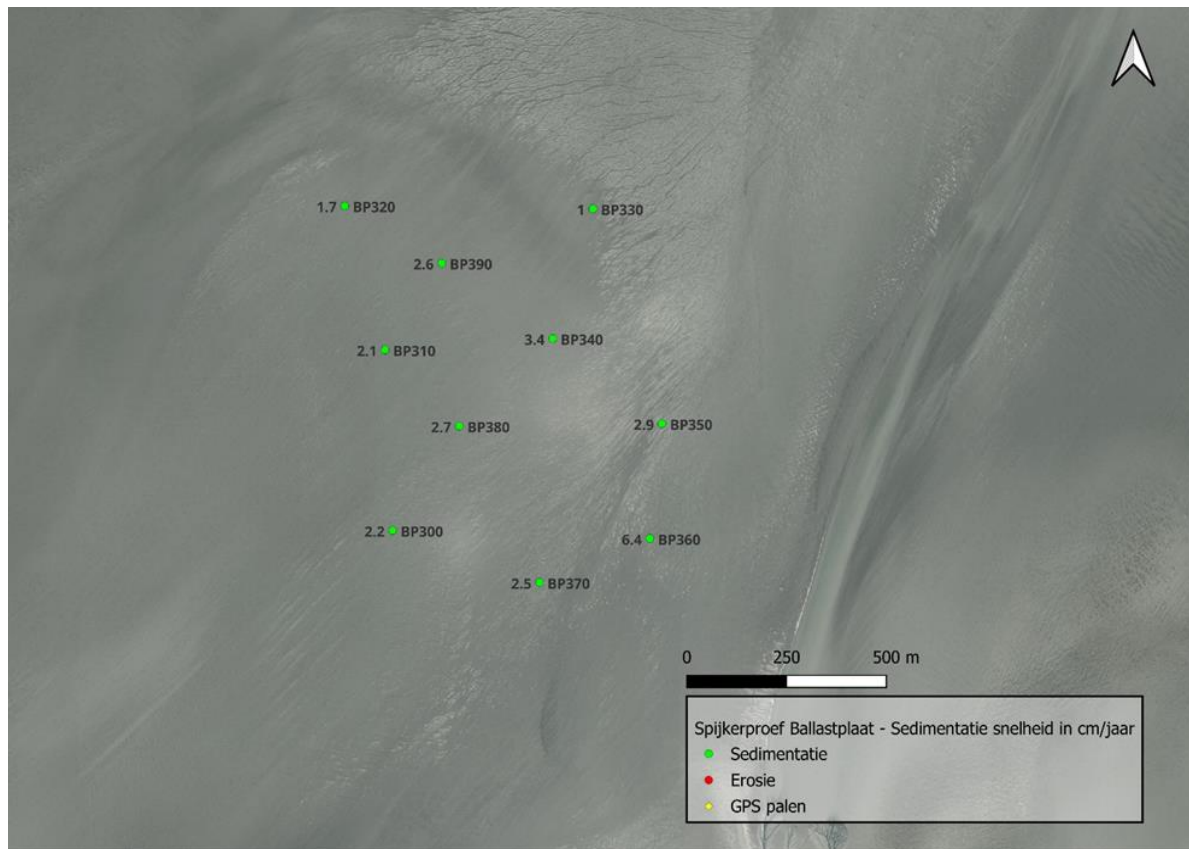
Bij de interpretatie van de data dient rekening gehouden te worden met het feit dat de metingen nu vooral de variatie in de verschillende seizoenen per punt vertonen. Een minimale meetreeks van drie jaar is nodig om meer te kunnen zeggen over de jaarlijkse sedimentatie waarbij seizoen effecten kunnen worden onderscheiden.



Figuur 2.6 Absolute sedimentatie en erosie metingen van alle meetpunten op Ballastplaat Midden 2 t.o.v. het begin van de meetreeks in augustus 2023.

2.4.2 Bruto sedimentatie en erosie

De bruto snelheid van sedimentatie en erosie wordt op kaart weergegeven in Figuur 2.7 weergegeven op de kaart. Bij de bruto sedimentatie wordt de gemiddelde sedimentatie per jaar afgeleid van de totale sedimentatie aan het einde van de meetreeks (sept '24). De spreiding in de sedimentatie sinds het begin van de metingen loopt globaal genomen van +1 cm/jaar (BP330) tot +6,4 cm/jaar (BP360).



Figuur 2.7 Ruimtelijk beeld van de bruto snelheid van sedimentatie in cm per jaar van alle meetstations op Ballastplaat Midden 2, vanaf het begin van de meetreeks (2023) ten opzichte van de laatste meting in september 2024. In groen zijn de stations die sedimentatie laten zien. Satellietbeeld verkregen van de PDOK, Luchtfoto 2022 Roth 25cm.

2.5 Sedimentatie conclusie & discussie

Om vast te stellen in welke mate sedimentatie en erosie in het gebied invloed hebben op de bodemhoogte, worden hoogtemetingen en spijkermetingen uitgevoerd. Deze metingen dienen vooral om te kijken in welke mate bodemhoogte en sedimentatie invloed heeft op andere factoren zoals de samenstelling van de bodemdiergemeenschap. Deze vergelijking kan worden gedaan doordat de bodemhoogte wordt gemeten op de punten waar de andere metingen en bemonsteringen ook plaatsvonden.

Hoogtemetingen (NAP-hoogtes) op Ballastplaat Zuid tonen een algemene verlaging van het oppervlak (gemiddeld -0.41 cm/jaar) terwijl de gemiddelde sedimentatie in het gebied $+0.41$ cm/jaar bedraagt. Een nadere trendanalyse toont dat zes meetpunten (BP100, BP110, BP40, BP50, BP60 en BP70) op Ballastplaat Zuid sedimentatie vertonen, terwijl twee punten (BP30 en BP90) erosie laten zien. Sedimentatie komt voornamelijk voor aan de zuidoostzijde van de gebied Ballastplaat Zuid, terwijl erosie vaker aan de noordwestzijde voorkomt.

Vergelijking met Ballastplaat Midden 2 is vooralsnog niet mogelijk, dit komt vanwege de korte meetreeks. De meetpunten daar moeten langer worden gemonitord om verschillen in dynamiek en hoogteveranderingen tussen beide gebieden te kunnen analyseren. Pas na meerdere meetjaren kunnen natuurlijke variaties beter onderscheiden worden van effecten zoals diepe bodemdaling of

zeespiegelstijging. Ook kunnen dan extreme gebeurtenissen, zoals stormen, beter worden afgezet tegen structurele processen.

Hoogtemetingen versus sedimentatie en erosie

De DGPS-RTK metingen tonen een gemiddelde afname in plaathoogte op Ballastplaat Zuid. Hoewel de verwachting is dat eventuele bodemdaling nabij de caverne hoger zal zijn dan op grotere afstand (bodemdalingsschijven), wordt dit in de ruimtelijke verspreiding van de afnemende punten niet waargenomen. De afname van plaathoogte in het gebied wordt ook in de andere hoogtemetingen (raaimetingen, vaklodingen) waargenomen (Spaans & Cleveringa, 2025). Doordat processen van erosie en sedimentatie deze verlaging niet lijken te verklaren, is er mogelijk een ander reden voor de verlaging van de plaat in dit gebied. In de analyse van Spaans & Cleveringa (2025) is gekeken of de verlaging aan het oppervlak te relateren is aan de zoutwinning. Analyses op basis van verschillende metingen (vaklodingen, LiDAR, DGPS-RTK) en waargenomen morfologische ontwikkelingen in komberging Vlij suggereren dat er andere morfologische processen ten grondslag liggen aan deze daling, dan bodemdaling die door zoutwinning kan zijn veroorzaakt. Dit komt doordat de omvang van de daling op de plaat beduidend groter is dan de omvang van de bodemdaling.

3. Sedimentsamenstelling



Sedimentsamenstelling is een belangrijke abiotische component die de aan of afwezigheid van macrozoobenthos in de bodem kan bepalen, maar ook inzicht kan geven in de dynamiek van een gebied. Binnen de huidige monitoring wordt korrelgrootteverdeling en slibpercentage binnen het onderzoeksgebied gemonitord. Het aandeel organisch materiaal wordt hierin buiten beschouwing gelaten.

3.1 Meetgegevens

Binnen het meetprogramma worden sinds 2018 sediment samples genomen op de Ballastplaat. In de periode 2018 t/m 2022 zijn meetpunten BP10 t/m BP140 en de 'S' punten geanalyseerd. In deze periode werden ook sediment monsters genomen op referentielocaties Griend (n=8), Richel (n=8) en Hendrik Tjaarsplaat (n=4). Deze platen bleken echter in sedimentsamenstelling dermate anders dat ze niet gezien werden als geschikte referentielocatie (Marijt *et al.*, 2023). Hierdoor zijn de referentie locaties op andere platen vervallen en zijn er sinds 2023 nieuwe referentiepunten opgenomen op de Ballastplaat ten noorden van het mogelijke bodemdalingsgebied (referentie gebieden Midden 1 en Midden 2). Daarnaast zijn vanaf 2023 extra meetpunten binnen het bodemdalingsgebied toegevoegd (BP150 t/m BP190). In Figuur 3.1 is een overzicht gegeven van de meetpunten over de jaren heen.

In 2024 zijn de meest recente sediment monsters genomen. Deze samples zijn ten tijde van het schrijven van dit rapport nog niet geanalyseerd waardoor de data van 2024 nog niet beschikbaar zijn. Hieronder lichten we de reden hiervoor nader toe.

3.2 Uitdagingen omtrent sedimentanalyse

Voorgaande jaren is de analyse uitgevoerd door het NIOZ. De analyse die door het NIOZ werd gedaan was gelijk aan de analyses die binnen het SIBES programma (Waddenzee brede monitoringsprogramma) worden uitgevoerd. Dit jaar is aangegeven dat de analyse echter niet meer door het NIOZ uitgevoerd kan worden waardoor er is gezocht naar een nieuw lab. Hierdoor kunnen de resultaten niet één op één vergeleken worden met de voorgaande jaren en zal er een verspringing in de datareeks ontstaan. Dit heeft de volgende redenen;

- **Analyse apparaat en software**

Voor het analyseren van de samples wordt gebruik gemaakt van een Laser-Particle-Sizer. Door te wisselen van lab zal er ook een verschil zijn in apparaat en de bijbehorende software die het formaat van de deeltjes berekend op basis van laserdiffractie en lichtverstrooiingsmeting. Hierdoor zullen de metingen afwijken van voorgaande jaren.

- **Voorbehandeling**

Voordat sediment samples worden geanalyseerd, wordt een voorbehandeling uitgevoerd. De manier van voorbehandelen heeft direct effect op de metingen. In de voorgaande metingen zijn organische stof en calciumcarbonaat niet uit de monsters verwijderd waarmee een biologische benadering (de korrelgrootteverdeling grotendeels zoals de bodemdieren mee te maken krijgen) is nagestreefd. In dit geval zijn eventuele verkleefde deeltjes enkel gescheiden door sonicatie (lostrillen) als voorbehandeling. In het nieuwe lab is het enkel mogelijk om de metingen uit te voeren waarbij een voorbehandeling met natriumpyrofosfaat wordt uitgevoerd. Dit zorgt ervoor dat verkleefde deeltjes chemisch van elkaar worden gescheiden. Het succes

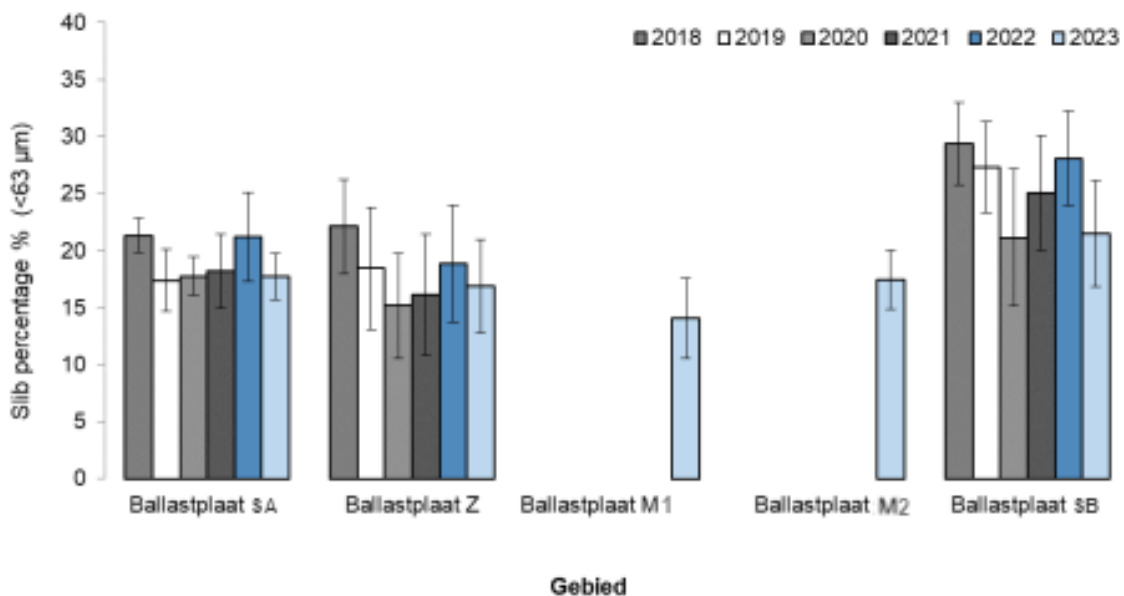
hiervan is vaak hoger waardoor het aandeel kleine slibdeeltjes in het monster mogelijk hoger uitkomt in de nieuwe metingen.

- Klassenverdeling

De output van de sedimentanalyse wordt gegeven in grootteklassen. Bij het nieuwe lab worden er minder kleine klassen onderscheiden. Doordat de korrelgrootte op de Ballastplaat doorgaans aan de fijne kant zijn, kan dit een verschil opleveren in het berekenen van de mediaan en het gemiddelde.

Momenteel wordt er nog gekeken hoe de methoden en rapportering van de klassen de oude methode zoveel mogelijk kunnen benaderen. Daarnaast is er in 2024 een groot referentie sample op de Ballastplaat genomen om te kijken in welke mate de metingen afwijken van de voorgaande jaren. Voor de analyses bij het nieuwe lab kan dit monster gebruikt worden om de afwijking met het nieuwe laboratorium te duiden. De uitslagen en analyses worden in de volgende analyse cyclus (rapportage 2026) meegenomen.

Voor nu wordt er in grove lijnen uitgegaan van de sedimentsamenstelling (slibpercentage) die op basis van de 2023 samples is gemeten (Figuur 3.1, Marijt & Kappers, 2024). In het veld is echter wel opgemerkt dat voornamelijk het gebied Ballastplaat Midden slikkiger lijkt dan voorgaande jaren (M.A.T. Marijt, eigen waarneming). Of dit ook daadwerkelijk in de bodemonsters op de verschillende monsterlocaties naar voren komt is nog onbekend.



Figuur 3.1 Overzicht veranderingen in gemiddeld slib percentage (volume % <63 µm) en bijbehorende standaarddeviaties voor 2018 t/m 2023 op de Ballastplaat SA (zuid-westen), Zuid (Z), SB (noordoostelijk) en voor 2023 op Ballastplaat Midden 1 (M1) & 2 (M2) (Marijt & Kappers, 2024).

4. Benthos



Om de foerageerwaarde van de Ballastplaat voor acht Natura 2000-vogelsoorten (zie Hoofdstuk 5) in beeld te brengen, wordt gekeken naar de aanwezigheid en diversiteit van prooidieren. Het gaat hierbij om de biodiversiteit en biomassa van macrozoobenthos. Dit zijn met het oog waarneembare invertebraten (groter dan 1 mm) die zich op en in de bovenste sedimentlaag van de wadbodem bevinden. Doordat macrozoobenthos individuen doorgaans een klein leefgebied hebben, kan het voorkomen van benthossoorten en -biomassa ook dienen als bio-indicator voor lokale verstoringen en veranderingen (Bijleveld *et al.*, 2025).

4.1 Macrozoobenthos en omgevingsfactoren

Binnen de Waddenzee zijn grote ruimtelijke en temporele verschillen in de biodiversiteit, dichtheid en samenstelling van de bodemdiergemeenschap. Dit heeft onder andere te maken met de fysische (korrelgrootte, dynamiek) en chemische (waaronder zuurstof, saliniteit en nutriënten) eigenschappen van de bodem die binnen de Waddenzee verschillen. In dit monitoringsprogramma ligt de focus voornamelijk op de fysische eigenschappen. De belangrijkste fysische eigenschappen die effect hebben op de bodemdiergemeenschap zijn sedimentsamenstelling en droogvalduur (Dewenter *et al.*, 2023).

Sedimentsamenstelling

Doordat macrozoobenthos-soorten in en op de bodem leven, staan zij in nauw contact met het sediment. De samenstelling van dit sediment is daarom een bepalende factor voor de geschiktheid van hun leefomgeving. Kenmerken zoals korrelgrootteverdeling, slibgehalte en stabiliteit hebben een grote invloed op zowel de samenstelling van de bodemdiergemeenschap (biodiversiteit) als de dichtheid van de aanwezige soorten (Compton *et al.*, 2013). Dit hangt onder andere samen met de doorlaatbaarheid en de mate waarin bodemdieren toegang hebben tot voedsel (Christianen *et al.*, 2017).

De sedimentsamenstelling wordt mede beïnvloed door lokale plaatdynamiek, die op haar beurt wordt bepaald door omgevingsfactoren zoals stroming en golfslag. Hoogdynamische delen van een plaat kenmerken zich vaak door grovere korrels en grotere invloeden van sedimentatie en erosie (Compton *et al.*, 2013). Grof sediment biedt meer ruimte tussen de korrels, wat leidt tot een hogere doorlaatbaarheid, maar een lagere stabiliteit. De verhoogde doorlaatbaarheid bevordert de zuurstofconcentratie in de bodem, maar zorgt er ook voor dat nutriënten en organisch materiaal sneller uitspoelen. Bodemdieren in deze gebieden zijn doorgaans robuuster en beter bestand tegen verstoringen.

In laagdynamische delen daarentegen kan fijn sediment uit de waterkolom bezinken, wat leidt tot fijnere korrelgroottes en daarmee hogere slibgehalten. Dergelijke bodems zijn minder doorlaatbaar, maar wel stabiel. Daarnaast bevat slib vaak meer organisch materiaal wat als voedselbron dient. In de Waddenzee is waargenomen dat de dichtheid van bodemdieren toeneemt met stijgende slibconcentraties, tot een bepaald maximum waarbij te hoge slibpercentages juist een verstikkend effect hebben (Dewenter *et al.*, 2023). De biomassa en biodiversiteit lijken echter minder gevoelig te zijn voor variaties in slibgehalte.

Droogvalduur

Naast sedimentsamenstelling is de aanwezigheid van macrozoobenthos sterk gerelateerd aan de droogvalduur. De droogvalduur van een plaat in de Waddenzee wordt bepaald door de (hoogte)ligging,

het getij en de weersomstandigheden (windkracht- en richting). Hierdoor is er doorgaans een duidelijke zonering van benthos aanwezig binnen de getijdenplaten die wordt gestuurd door lokale abiotische omstandigheden. Hierbij is een optimumcurve te onderscheiden. Hoge platen (of delen van een plaat) die veelvuldig droog liggen worden meestal getypeerd door een lagere biodiversiteit en aanwezigheid van kleine macrozoobenthos soorten (Beukema & Dekker, 2009). Met afnemende droogvalduur (en afname in plaathoogte) neemt de biodiversiteit en biomassa bodemdieren toe tot een optimum waarna het weer afneemt richting het sublitoraal (Beukema & Dekker, 2009; Dewenter *et al.*, 2023).

4.2 Meetgegevens benthos en berekeningen

In 2021 is een pilot uitgevoerd om benthos op te kunnen nemen in het meetprogramma voor Frisia Zout. Sinds 2022 wordt benthos driemaal per jaar (voorjaar, najaar, winter) bemonsterd middels benthos-steken op de Ballastplaat (zie methode in Bijlage 2.4). De bemonsteringslocaties worden weergegeven in Figuur 1.2 (BP punten) en zijn dermate verspreid over de Ballastplaat dat ze een breed beeld geven van de bodemdiergemeenschap op de plaat op basis van ligging ten opzichte van het verwachte bodemdalingsgebied en de plaathoogte. Door deze punten met een kleinschalige verspreiding te nemen is het risico aanwezig dat de resultaten moeilijker te onderscheiden zijn van regionale omgevingsvariabelen (Aarts *et al.*, 2010). Om dit beter te ondervangen zijn de meetpunten op Ballastplaat Midden 1 & 2 ter referentie vanaf 2024 voor benthos bemonsterd. Daarnaast zijn de punten die in 2023 zijn toegevoegd op Ballastplaat Zuid (BP150 t/m 190) vanaf 2024 ook voor benthos bemonsterd om meer zicht te krijgen op lokale variatie binnen het bodemdalingsgebied.

De gestoken en uitgezeefde bodemdiersamples werden in het lab gedetermineerd en gemeten. Determinatie is waar mogelijk op soortniveau gedaan en in de meeste gevallen voor wormen op geslacht- of familieniveau. Op basis van deze gegevens kan de bodemdierdichtheid en diversiteit bepaald worden. De biomassa van de bodemdieren is berekend met behulp van conversiefactoren van lengte naar asvrijdrooggewicht (AFDW). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de formule:

$$\text{AFDW (mg)} = \exp(a) \cdot L_{\text{mm/cm}}^b$$

De a en b gebruikte coëfficiënten zijn soortspecifiek (tabel B2.2 in Bijlage 2.5) en geven een AFDW in milligram. Voor schelpdieren en kreeftachtigen wordt de lengte ingevoerd in millimeter terwijl voor wormen een invoer in centimeter geldt. Waar mogelijk is gebruikgemaakt van regressiecoëfficiënten voor de maand van bemonstering (voor soorten *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica* en *Mya arenaria*, zie tabel B2.3 in Bijlage 2.5). Voor tien soorten was de conversiefactor van lengte naar AFDW niet aanwezig waardoor de biomassa van deze soorten buiten de analyse valt. De biomassa is vervolgens doorgerekend naar biomassa in gram AFDW per m² zodat de data vergeleken kan worden met externe literatuur.

Bij de data-analyse voor 2024 is de biomassa van 16 van de 22 aangetroffen soorten berekend. Bij de analyse van data uit 2022 t/m 2024 is de biomassa van 18 van de 26 aangetroffen soorten berekend (zie lijst van soorten met coëfficiënten in tabel B2.2 in Bijlage 2.5). Doordat er een update heeft plaatsgevonden in de gebruikte coëfficiënten, zullen de biomassa's afwijken van eerdere rapporten binnen het project.

4.3 Benthos samenstelling en biomassa

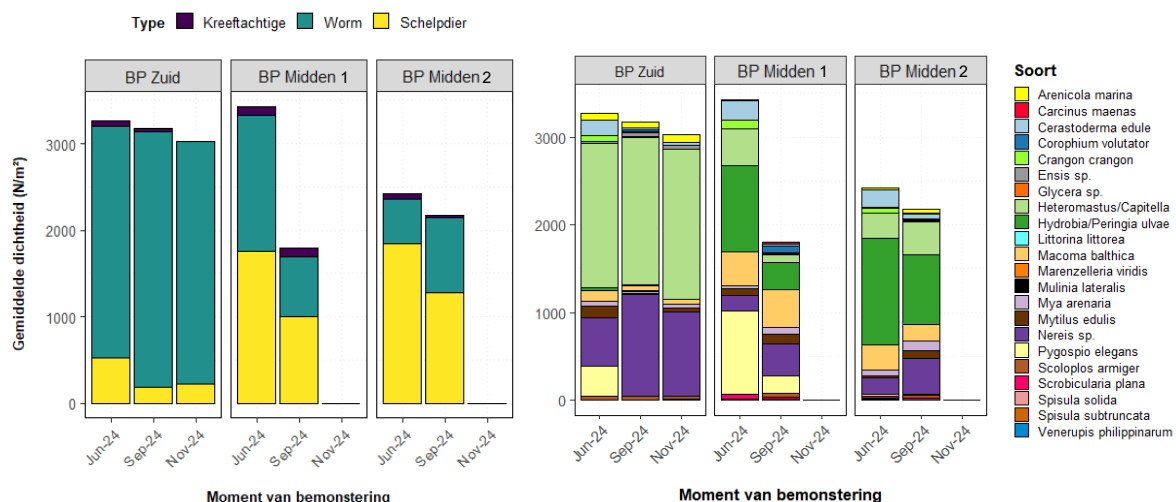
De benthosbemonstering in 2024 is op locaties op Ballastplaat Zuid (19 punten), Ballastplaat Midden 1 (5 punten) en Ballastplaat Midden 2 (10 punten) uitgevoerd. Bij de bemonsteringen in het voorjaar en

najaar zijn zowel de punten van Ballastplaat Zuid als Midden 1 & 2 meegenomen. In de winter zijn voor de benthos enkel de punten van Ballastplaat Zuid meegenomen (zie 5.1.3.2). Dit heeft te maken met de beperkende omgevingsfactoren in de winter (weer, temperatuur, getij, daglengte etc.) die het aantal geschikte bemonsteringsmomenten sterk limiteren. Door de beperkingen zien we in de praktijk ook dat de winterbemonstering vaak niet consistent in december plaats kan vinden. Doordat de omstandigheden op 29 november 2024 geschikt waren, is gekozen om de december-bemonstering van 2024 eind november uit te voeren. Hieronder gaan we verder in op de resultaten van de 2024 bemonstering waarbij Ballastplaat Midden 1 & 2 dienen als mogelijke referentielocaties en waarbij gekeken wordt naar de variatie tussen de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.

4.3.1 Benthossamenstelling en -dichtheid 2024

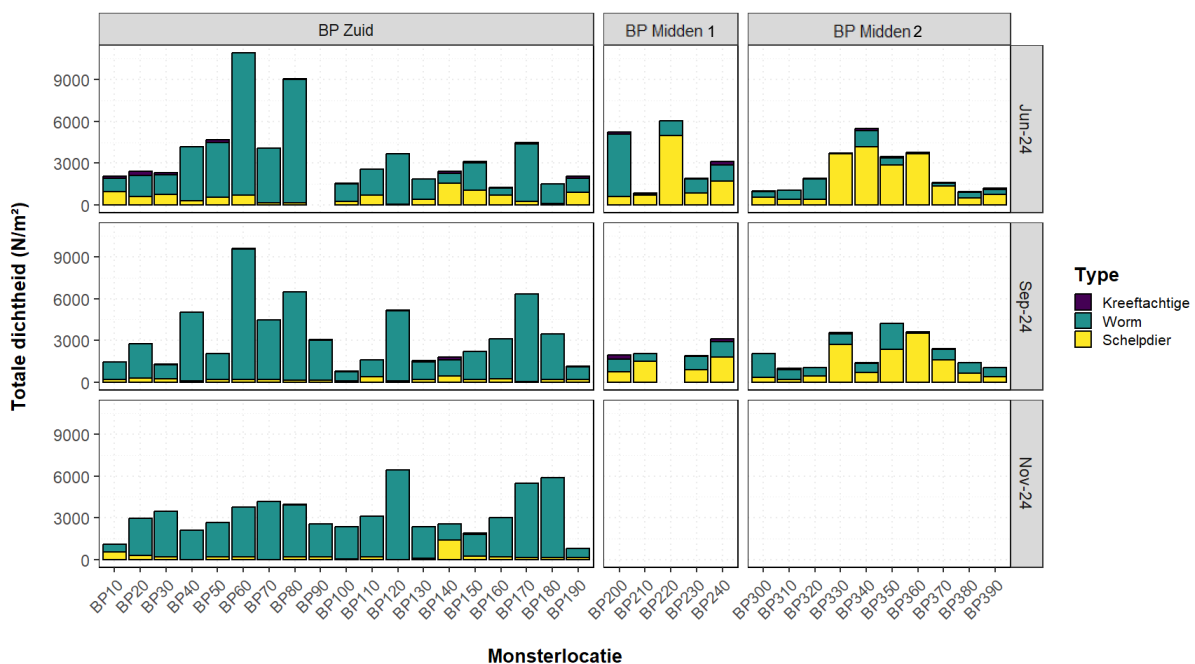
In de bemonsteringen van 2024 zijn in totaal 22 soorten/geslachten aangetroffen. Ten opzichte van eerdere jaren (2022 en 2023) is er één nieuwe soort in de monsters vastgesteld: de Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*). Deze invasieve soort werd in 2017 voor het eerst aangetroffen in het Waddengebied waar het in eerste instantie foutief werd gedetermineerd als halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) (Klunder *et al.*, 2019). Door de brede tolerantie van de soort en het aandeel van de Waddenzee dat geschikt is voor deze soort, wordt deze gezien als mogelijke invasieve soort die over de jaren zal toenemen. In Florida is waargenomen dat de soort in lagere aantallen aanwezig is wanneer de biodiversiteit van (andere) tweekleppigen toeneemt. Dit suggereert dat de soort geen sterke concurrent is, maar juist profiteert van situaties waar inheemse soorten minder goed kunnen overleven (Klunder *et al.*, 2019). In 2023 werd voor het eerst een grote strandschelp (*Mactridae* sp.) aangetroffen in de Ballastplaat monsters, maar deze was in 2024 niet aanwezig in de monsters. Dit lijkt overeen te komen met de beperkte mate waarin deze soort ook in het Waddenzee brede SIBES programma wordt aangetroffen (Bijleveld *et al.*, 2025).

Er zijn duidelijke verschillen waar te nemen in de bodemdiersamenstelling in de verschillende gebieden die binnen dit onderzoek worden onderscheiden (Figuur 4.1). Zo zien we dat het aandeel schelpdieren per vierkante meter in gebieden BP Midden 1 en Midden 2 doorgaans hoger ligt dan in het zuidelijk gebied (Figuur 4.1, links). Dit lijkt voornamelijk bepaald te worden door hogere aantallen aangetroffen wadslakjes (*Peringia ulvae*) en nonnetjes (*Macoma balthica*) in gebied Midden (Figuur 4.1, rechts). Het aandeel rode draadwormen (*Heteromastus* sp.) en zeeduizendpoten (*Nereis* sp.) is juist hoger op Ballastplaat Zuid.



Figuur 4.1 Gemiddelde dichtheid bodemdieren (aantal/m²) per gebied en bemonsteringsmoment, voor benthotypen (links) en benthosoorten (rechts).

Om te kijken hoe de dichtheid binnen gebieden verdeeld is tussen de meetpunten, kunnen we inzoomen op soortendichtheid per punt. Hierbij worden in het voorjaar duidelijk hogere dichtheden aangetroffen op punten BP60 en BP80 (Figuur 4.2). Dit wordt veroorzaakt door het aantal draadwormen bij BP60 en opvallend hogere dichtheid zandpijpen (*Pygospio elegans*) bij BP80 (Figuur B4.1 in Bijlage 4). De hoge dichtheid bij BP60 werd in 2023 ook waargenomen (Kappers, 2024).

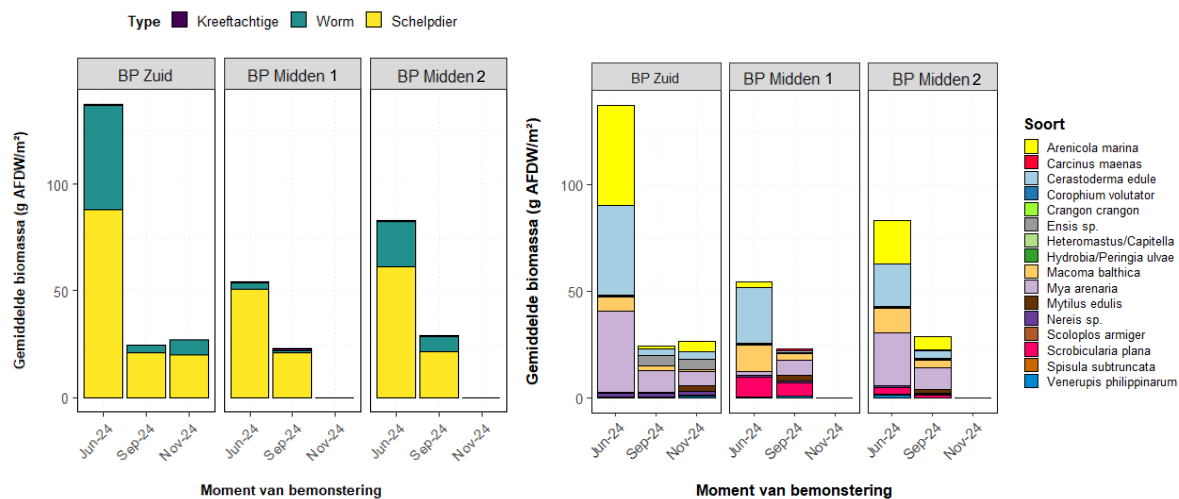


Figuur 4.2 Totale bodemdierdichtheid (aantal/m²) per bemonsteringsmoment op de verschillende meetpunten binnen Ballastplaat Zuid (19 punten), Midden 1 (5 punten) en Midden 2 (10 punten) aangegeven per bodemdiertype (kreeftachtige, worm, schelpdier).

4.3.2 Biomassa 2024

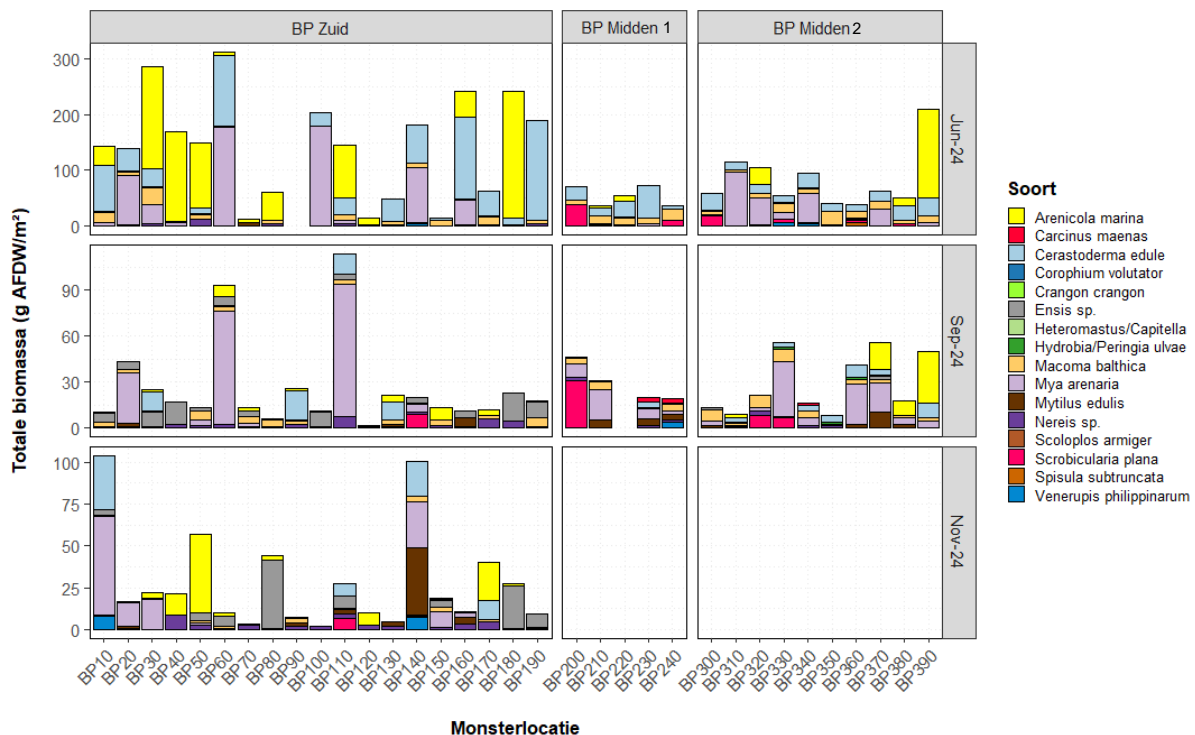
De biomassa van macrozoobenthos in de Waddenzee is logischerwijs niet gelijk verdeeld over de soorten. De aanwezigheid van strandgaper (*Mya arenaria*), kokkels (*Cerastoderma edule*) en wadpieren (*Arenicola spp*) is zeer bepalend voor de aangetroffen biomassa (Drent *et al.*, 2017). Dit is dan ook terug te zien in de resultaten van dit onderzoek. Waar wormen door hoge aantallen voornamelijk invloed hebben op dichtheden, zien we dat de biomassa in de monsters vooral door schelpdieren wordt bepaald.

Voor alle gebieden was de biomassa bodemdieren in het voorjaar het hoogst (Figuur 4.3). Dit is naar verwachting op basis van groeipatronen van macrozoobenthos. In de zomer tot het najaar (juni/juli - september) neemt de biomassa van aanwezige macrozoobenthos soorten snel toe (Beukema, 1974). In het najaar neemt de biomassa weer af door het afnemen van aantallen en gewichtsverlies van de soorten (voornamelijk bij strandgapers en wadpieren) (Beukema, 1974). In het voorjaar zien we dat de biomassa op Ballastplaat Zuid voornamelijk hoger is door het aandeel aangetroffen strandgapers (*M. arenaria*), wadpieren (*A. marina*) en kokkels (*C. edule*) (zie ook Figuur 4.3 rechts). In het najaar daalt de biomassa voornamelijk door een afname in wadpieren en kokkels.



Figuur 4.3 Gemiddelde biomassa bodemdieren (g AFDW/m²) per gebied en bemonsteringsmoment, voor benthostypen (links) en benthossoorten (rechts).

Bij het onderscheiden van de verschillende monsterpunten (Figuur 4.4) blijft het duidelijk dat de aangetroffen biomassa sterk onder invloed staat van de soorten wadpier, strandgaper en kokkels. Dit is met name zichtbaar in het voorjaar. In het najaar en in de winter is het opvallend dat de tweekleppige zwaardschede (*Ensis* sp.) een groter aandeel heeft in de totale (lagere) biomassa. Op punt BP140 zien we ook dat mossel (*Mytilus edulis*) een groter aandeel heeft dan op andere punten wordt waargenomen.

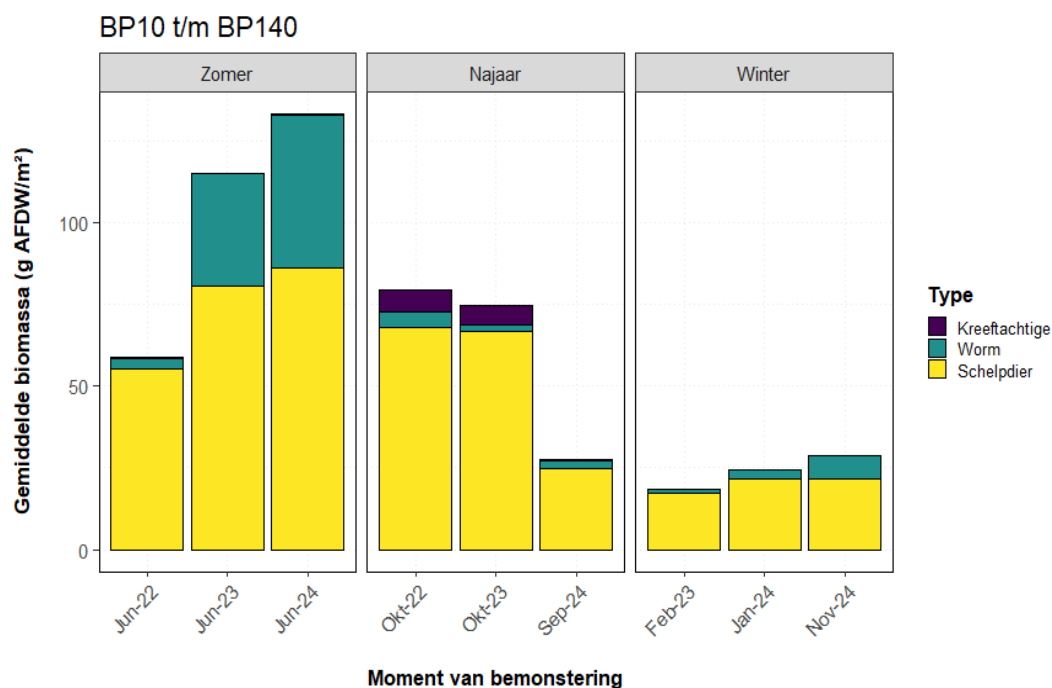


Figuur 4.4 Totale biomassa (g AFDW/m²) op de verschillende meetpunten binnen Ballastplaat Zuid (19 punten), Midden 1 (5 punten) en Midden 2 (10 punten) aangegeven per bodemdiersoort. Let op dat hierbij de schaal van de biomassa per seizoen onderling verschilt. Dit is gedaan om de diversiteit binnen de aangetroffen biomassa weer te kunnen geven.

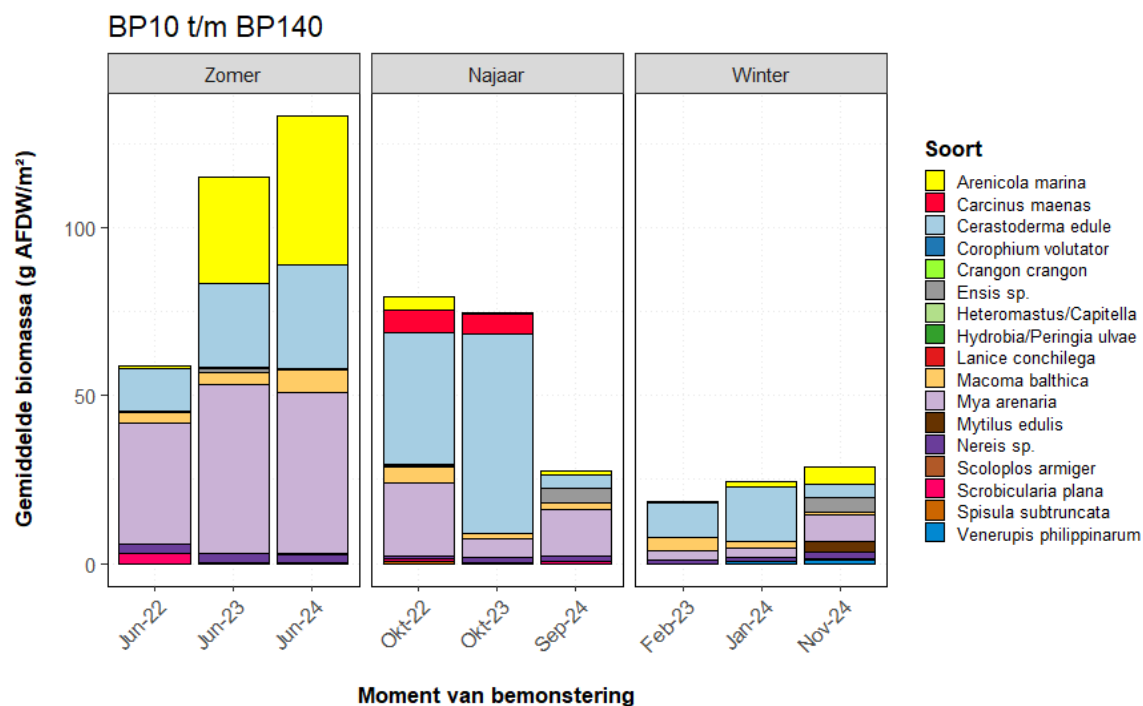
4.3.3 Verandering in biomassa 2022-2024

Zoals eerder aangegeven kunnen bodemdieren dienen als een zogenaamde bio-indicator voor veranderingen in de omgeving. Meerjarige analyse kan daarbij een beeld geven van de mogelijke veranderingen die plaatsvinden op de Ballastplaat. Deze mogelijke veranderingen zijn van belang om het belang van de Ballastplaat voor N2000- doelvogels te kunnen duiden. De huidige kleinschalige benthosmonitoring op Ballastplaat punten BP10 t/m BP140 wordt ondertussen sinds 2022 met dezelfde methodiek uitgevoerd. Hierdoor is voor deze punten een driejarige meetreeks ontstaan waarmee de ontwikkeling van macrozoobenthos over de jaren heen geanalyseerd kan worden. In de analyse onderscheiden we ook weer de drie seizoenen: zomer (jun), najaar (sept) en winter (±dec). De aanvullende punten op Ballastplaat Zuid (BP150 t/m BP190) en Ballastplaat Midden (BP200 t/m BP240 & BP300 t/m BP390) zijn niet meegenomen doordat deze punten nog maar één jaar bemonsterd zijn en er geen sprake is van een meerjarige meetreeks.

In Figuur 4.5 en Figuur 4.6 wordt de gemiddelde biomassa per benthostype en per soort weergegeven voor de verschillende periodes van het jaar. Hierin is waar te nemen dat in 2022 de hoogste biomassa werd aangetroffen in het najaar terwijl in 2023 en 2024 de hoogste biomassa's worden waargenomen in de zomer (juni). In 2022 was hierbij het aandeel wormen, met name wadpieren (*Arenicola marina*), in de zomer opvallend lager dan de opvolgende jaren (Figuur 4.6). In het najaar zien we een afname van biomassa in 2024. Deze lagere biomassa is voornamelijk te verklaren door de afname van kokkels (*Cerastoderma edule*) in de bemonsteringen. In de winter lijkt de aangetroffen biomassa stabiel laag over de jaren. De biomassa bestaat hier voornamelijk uit schelpdieren waarvan de samenstelling in de verschillende bemonsteringsjaren sterk verschilt. De soorten die het meest bepalend zijn voor de biomassa worden hieronder verder toegelicht (Tabel 4.1).



Figuur 4.5 Gemiddelde biomassa genomen over de steken BP10 t/m BP 140 op ballastplaat Zuid voor de verschillende bemonsteringsjaren en seizoenen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen kreeftachtigen, wormen en schelpdieren. In de winter hoort de bemonstering van februari 2023 bij de reeks van 2022. De bemonstering van januari 2024 hoort bij de bemonsteringsreeks van 2023.



Figuur 4.6 Gemiddelde biomassa genomen over de punten BP10 t/m BP140 op Ballastplaat Zuid voor de verschillende bemonsteringsmomenten en monitoringsjaren. Hierbij wordt het aandeel van verschillende soorten weergegeven.

Tabel 4.1 Overzicht van de gemiddelde berekende biomassa (g AFDW/m²) van wadpier (*A. marina*), kokkel (*C. edule*) en strandgaper (*M. arenaria*) over de jaren in de verschillende seizoenen (zomer, najaar, winter over de punten BP10 t/m 140 van de Ballastplaat Zuid).

Soort	Zomer			Najaar			Winter		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Wadpier	0,4 g	31,6 g	44,5 g	4,1 g	0,4 g	1,2 g	0,3 g	1,3 g	5,0 g
Kokkel	13,0 g	25,2 g	30,7 g	39,5 g	59,1 g	3,8 g	10,4 g	16,2 g	4,0 g
Strandgaper	36,1 g	50,3 g	47,9 g	21,6 g	5,6 g	13,7 g	2,6 g	2,4 g	8,0 g
Totaal alle soorten	58,6 g	115,1 g	133,3 g	79,4 g	74,6 g	27,6 g	18,5 g	24,3 g	28,7 g

Wadpier (*A. marina*)

In onze resultaten zien we sterke variatie in de aangetroffen biomassa van wadpieren (Tabel 4.1). Hoewel ze in 2022 niet vaak zijn aangetroffen, is het duidelijk dat wadpieren voornamelijk in de zomer een sterke invloed hebben op de totale biomassa (27% in 2023, 33% in 2024). In het najaar en in de winter komen ze weinig voor in de genomen monsters.

Kokkel (*C. edule*)

De kokkel vormt zowel in de zomer als het najaar en de winter een belangrijke soort in de totale biomassa. Vooral in het najaar van 2022 en 2023 wordt de totale biomassa voornamelijk door de aanwezigheid van kokkel bepaald (50% in 2022, 79% in 2023). Ook in de winter was het aandeel kokkels in die jaren meer dan 50% van de totale biomassa. Opvallend is dat kokkels in het najaar en de winter van 2024 minder in de monsters voorkwamen dan de voorgaande jaren.

Strandgaper (*M. arenaria*)

Strandgapers vormen voornamelijk in de zomer een groot aandeel van de biomassa (62% in 2022, 44% in 2023, 36% in 2024). Door de jaren heen is de biomassa in de zomer monsters grofweg gelijk gebleven. In het najaar en in de winter is de variatie over de verschillende bemonsteringsjaren sterker.

4.3.4 Lengteverdeling benthos 2022-2024

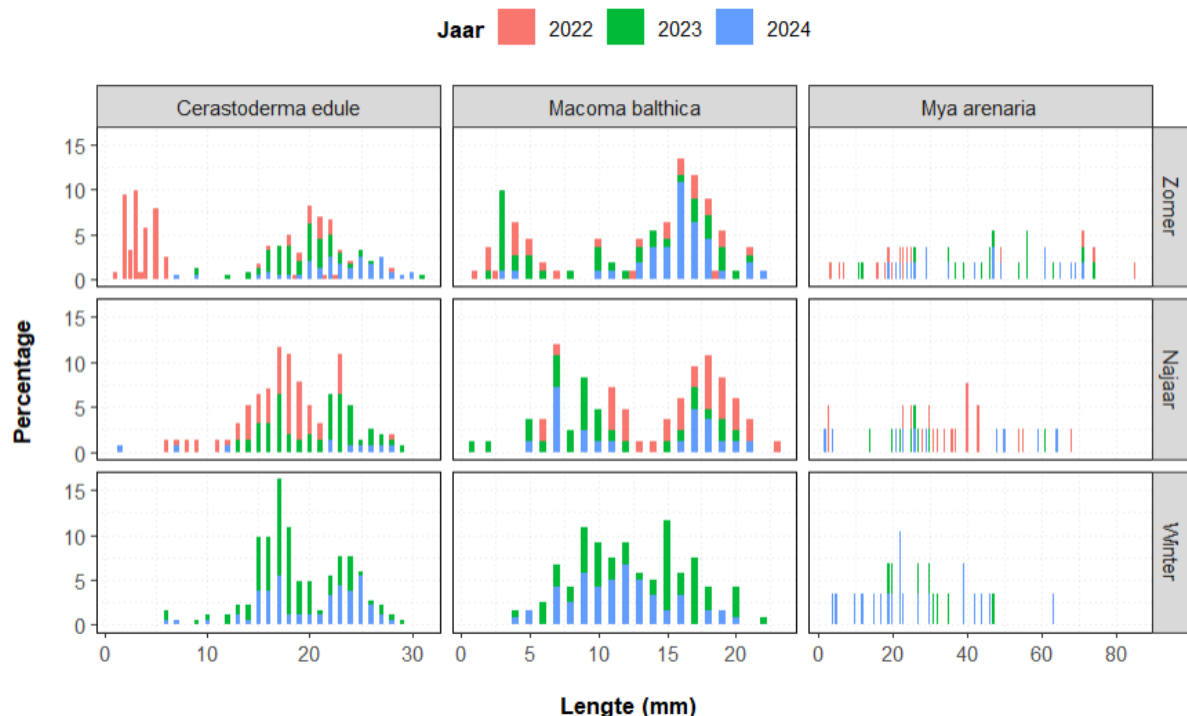
Voor schelpdieren kokkel, strandgaper en nonnetje is gekeken naar de verspreiding van de lengtes in de verschillende momenten van het jaar. Deze soorten zijn gekozen doordat ze veelvuldig in de bemonsteringen voorkwamen. In Figuur 4.7 en Figuur 4.8 worden de lengteverdeling (in mm) van de drie soorten over de drie seizoenen in het monitoringsprogramma gegeven.

Bemonsterde kokkels (*C. edule*) hadden in juni 2024 een gemiddelde lengte van 21 mm (± 5 mm SD; bereik 7–32 mm), in september 2024 van 16 mm (± 8 mm SD; bereik 1.5–28 mm) en in november 2024 van 21 mm (± 8 mm SD; bereik 6–28 mm). In de zomer van 2022 was er een duidelijke bimodale verdeling met kokkels van kleinere lengtes, die niet terug te zien is in de zomers van 2023 en 2024 (Figuur 4.7). In het najaar van zowel 2022 als 2023 was er eveneens sprake van een bimodale verdeling, terwijl deze in 2024 ontbrak — waarschijnlijk vanwege een kleinere steekproefgrootte. Over

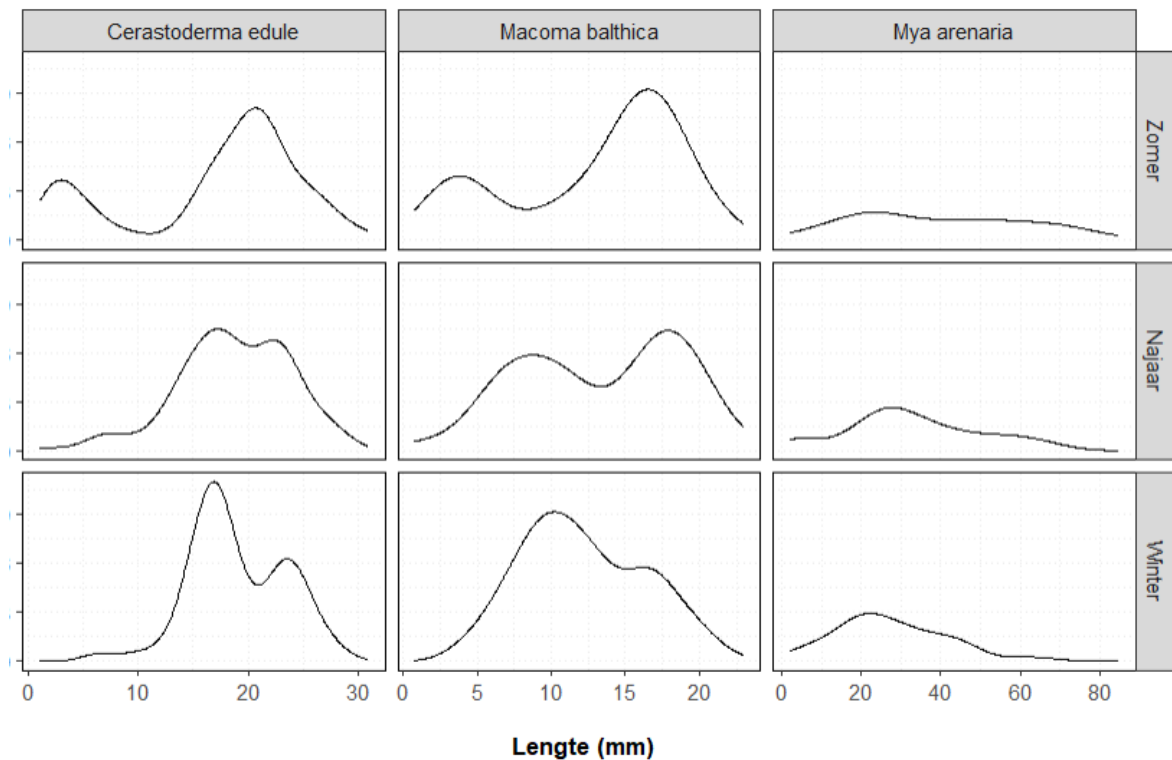
de drie jaren samen zijn in de zomer twee duidelijke pieken zichtbaar: één rond 7 mm en een tweede rond 20 mm (Figuur 4.8). Dit wijst mogelijk op de aanwezigheid van twee leeftijdsklassen. In het najaar zijn er nog steeds twee pieken, hoewel iets breder, en de piek rond 7 mm lijkt afgevlakt. In de winter is er een duidelijke toename in de piek rond 17 mm, wat mogelijk duidt op recente rekrutering (jonge individuen).

De nonnetjes (*M. balthica*) hadden in de zomer van 2024 een gemiddelde lengte van 14 mm (± 4 mm SD; bereik 2–22 mm), in het najaar van 11 mm (± 5 mm SD; bereik 5–21 mm), en in de winter eveneens 11 mm (± 3 mm SD; bereik 6–18 mm). Gecombineerd over de drie jaren is er in de zomer een dominante piek rond 16 mm zichtbaar (Figuur 4.7 en Figuur 4.8). In het najaar ontstaat een tweepiekig patroon, met een nieuwe piek rond 7 mm. Deze tweedeling blijft bestaan in de winter, met duidelijke aanwijzingen voor rekrutering.

De strandgapers (*M. arenaria*) hadden in de zomer van 2024 een gemiddelde lengte van 34 mm (± 19 mm SD; bereik 14–71 mm), in het najaar 26 mm (± 14 mm SD; bereik 2–64 mm), en in november 27 mm (± 14 mm SD; bereik 10–63 mm) (Figuur 4.7). Over de jaren heen zien we in de zomer een vrij vlakke verdeling zonder duidelijke piek (Figuur 4.8). In het najaar ontwikkelt zich een piek rond 20–30 mm, die ook in de winter aanwezig blijft. Voor deze soort is er minder sprake van een uitgesproken rekruteringsmoment, mogelijk als gevolg van een langzamere groei of een minder seizoensgebonden lengteverdeling.



Figuur 4.7 Verdeling van lengte (in mm) voor de kokkel (*C. edule*), het nonnetje (*M. balthica*) en de strandgaper (*M. arenaria*) in verschillende seizoenen en jaren van bemonstering.



Figuur 4.8 Verdeling van lengte (in mm) voor de kokkel (*C. edule*), het nonnetje (*M. balthica*) en de stradgaper (*M. arenaria*) in verschillende seizoenen van bemonstering (data van jaren 2022, 2023, 2024 tezamen).

4.4 Benthos conclusie & Discussie

De samenstelling, dichtheden en aanwezige biomassa van benthos worden onder andere beïnvloed door abiotische factoren zoals sedimentsamenstelling en de droogvalduur van de wadbodem. Zoutwinning kan, door bodemdaling en veranderingen in de lokale dynamiek van de plaat, indirect invloed uitoefenen op het bodemleven op de Ballastplaat. Macrozoobenthos vormen het dieet van enkele vogels die in de Waddenzee zijn aangewezen als Natura 2000- doelsoorten. Door de ontwikkeling van het benthos te onderzoeken, wordt inzicht verkregen in de foerageerwaarde van de Ballastplaat voor deze beschermde soorten.

Bemonstering en gegevens

Op het droogvallende wad van de Waddenzee vinden momenteel twee Waddenzee brede benthosbemonsteringsprogramma's plaats: de WOT (wettelijke onderzoekstaken) schelpdieren-survey uitgevoerd door Wageningen Marine Research en het SIBES (Synoptic Intertidal Benthic Survey) programma uitgevoerd door het NIOZ (Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee). De schelpdieren-survey is echter enkel gericht op schelpdieren (vooral mossel, kokkel en nonnetje). De data die hierbij worden verzameld, vormen geen representatief beeld van het voedselaanbod voor de wadvogels die in het vogelonderzoek voor Frisia Zout worden meegenomen. Deze vogels hebben namelijk een gevarieerd dieet waar ook wormen onder vallen. Hiervoor is de SIBES monitoring geschikter. Binnen deze monitoring wordt de biodiversiteit en biomassa in het gehele monster geanalyseerd zoals ook wordt gedaan in dit onderzoek. Echter wordt de bemonstering maar eenmaal per jaar uitgevoerd in een breed grid van 500 meter (Bijleveld *et al.*, 2025). Doordat verwacht wordt dat effecten van bodemdaling door zoutwinning op kleine schaal plaatsvinden, is gekozen om een eigen kleinschalig meetprogramma op te zetten dat in grote lijnen overeenkomt met de methodiek binnen de

SIBES metingen (m.u.v. determinatieniveau en bemonsteringsmoment). Dit brengt de uitdaging met zich mee dat er minder referentiezones zijn waarbij Waddenzee brede veranderingen moeilijker gescheiden kunnen worden van eventuele lokale veranderingen door zoutwinning. Het voordeel is echter wel dat er drie momenten in het jaar bemonsterd worden waardoor de verschillen in draagkracht voor vogels inzichtelijk gemaakt kunnen worden.

Biodiversiteit en dichtheden

In 2024 is voor het eerst de Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*) vastgesteld in de monsters. Zoals eerder aangegeven is dit een soort die in uiterlijk sterk overeenkomt met de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) die in 2022 en 2023 wel in de monsters zijn aangetroffen. Echter is het door de ecologie van de soorten aannemelijk dat de schelpdieren die in 2022 en 2023 als strandschelp zijn gedetermineerd, mogelijk Amerikaanse strandschelpen betroffen (Klunder *et al.*, 2019).

Binnen de resultaten van Ballastplaat Zuid zien we geen correlatie tussen de dichtheid van de soorten en de hoogteligging van de punten zoals dit wel in de literatuur is te zien (Beukema & Dekker, 2009; Dewenter *et al.*, 2023). De dichtheden van wormen op Ballastplaat Zuid is hoger dan de dichtheden die in het referentiegebied worden aangetroffen. Op Ballastplaat Midden 1 en Midden 2 worden voornamelijk hogere aantallen wadslakjes waargenomen wat mogelijk duidt op slijkgigere omstandigheden.

Biomassa

Bij het analyseren van de biomassa moet er rekening mee worden gehouden dat Ballastplaat Midden 1 en Midden 2 minder monsterpunten bevatten dan Ballastplaat Zuid. Op deze locaties wordt de biomassa dus sterker beïnvloed door het aantreffen van macrozoobenthos in de verschillende steken. De aangetroffen biomassa is daarbij gebaseerd op conversiefactoren uit de literatuur (Zwarts, 1988; 1991; 2009; 2011; Zwarts & Wanink, 1993; Witbaard *et al.*, 2013; Degraer *et al.*, 2007; Hasegawa & Higano, 2010). Ter controle zijn de conversiefactoren geplot en is gekeken of de gegeven biomassa's voor de verschillende lengtes en soorten overeenkomt met de literatuur en eigen metingen. Waar mogelijk is gebruik gemaakt van conversiefactoren die ook rekening houden met periode, echter waren deze enkel beschikbaar voor de soorten strandgaper, nonnetje en kokkel (Zwarts, 1991). Deze berekende biomassa is uitvoeriger dan in voorgaande jaren van dit onderzoek (Kappers, 2024) waardoor de verkregen biomassa's niet tussen de rapporten onderling vergeleken kunnen worden.

Conversiefactoren voor de berekening van biomassa zijn niet voor alle soorten aanwezig. Hierdoor zijn er enkele soorten die wel in de monsters zijn aangetroffen, maar niet worden meegenomen in het berekenen van de biomassa. Het betreft de vlokreeft (*Gammarus sp.*), witte dunschaal (*Abra alba*), tere dunschaal (*Abra tenuis*), alikruikje (*Littorina littorea*), grote strandschelp (*Macra corallina*), Amerikaanse strandschelp (*Mulinia lateralis*), stevige strandschelp (*Spisula solida*), bloedworm (*Glycera sp.*), gewone groenworm (*Marenzelleria viridis*) en zandpijp (*Pygospio elegans*). Hoewel de meeste van deze soorten maar enkele keren wordt aangetroffen, is de gegeven biomassa dus een kleine onderschatting van de daadwerkelijk aangetroffen biomassa. Voor kreeftachtigen betekent dit dat de biomassa voornamelijk wordt bepaald door de aanwezigheid van gewone garnaal (*C. crangon*) en slijkgarnaal (*C. volutator*). Daarbij is de bemonsteringsmethode niet volledig geschikt voor het bemonsteren van de gewone garnaal waardoor het aandeel kreeftachtigen in dit onderzoek verder wordt onderschat.

De berekende biomassa geeft dus een indicatie van de daadwerkelijk aanwezige biomassa, maar kan wel gebruikt worden om eventuele patronen over de seizoenen en jaren inzichtelijk te maken. Doordat de tijdreeks nog maar enkele meetpunten bevat, kan er nog geen statistische analyse worden uitgevoerd. Hierdoor kunnen huidige verschillen in biomassa nog niet in relatie worden gebracht met

eventuele veranderingen door zoutwinning. Wel zien we dat de totale biomassa in de gegevens voornamelijk wordt bepaald door de soorten kokkel, strandgaper en wadpier. Deze soorten sterk van belang zijn voor de natuurwaarde van de plaat (Folmer *et al.*, 2022 ; Wethey & Woodin, 2022), maar zijn ze mogelijk niet volledig indicatief voor de eerste tekenen van verandering die door zoutwinning geïnitieerd worden. Hiervoor dienen er bij een langere tijdreeks aan gegevens ingezoomd worden op meer soorten zoals ook het nonnetje en zeeduizendpoot die indicatief kunnen zijn voor veranderingen in sedimentsamenstelling.

Veranderingen over de jaren

Zoals eerder aangegeven is er op het moment nog een beperking in meetmomenten en mogelijkheden voor statistische analyse. Door de natuurlijke variatie in de Waddenzee, is het nog niet mogelijk om patronen in bodemdiersamenstelling direct te relateren aan effecten van zoutwinning. Wel zien we dat in 2023 en 2024 hogere biomassa's zijn aangetroffen door de toename in biomassa van kokkels en wadpieten in de monsters. Wanneer wordt gekeken naar de lengteverdeling zien we dat de kokkels in de monsters van 2022 voornamelijk kleiner en dus jonger waren. Daarnaast is het opvallend dat in het najaar van 2024 juist minder biomassa van kokkels is aangetroffen op de Ballastplaat. Het is eerder waargenomen dat extreme hittegolven effect kunnen hebben op de overleving van de soort (Beukema en Dekker, 2020), maar dat kan de afname in de monsters van 2024 niet verklaren gezien een dergelijke hittegolf i.c.m. laagtijmoment niet heeft plaatsgevonden. De massasterfte door een hittegolf gedurende laagtij in 2022 wordt daarnaast ook niet in onze data teruggevonden. Deze sterfte vond plaats in augustus waardoor verwacht zou worden dat lagere biomassa's tussen de zomer van 2022 en het najaar van 2022 of in de jaren erna gevonden zouden worden. Dit is niet het geval in deze data.

Over de verschillende monitoringsjaren heen lijkt de data een afname in biomassa in de winter aan te tonen. Hierbij is het van belang om het bemonsteringsmoment mee te nemen in de evaluatie. Doordat weersomstandigheden, getij en daglengte zeer limiterend zijn voor het veilig uitvoeren van de bemonstering, ligt het bemonsteringsmoment van de winter in de verschillende jaren uiteen. Hoewel beoogd is om de bemonstering consistent in december uit te voeren, is dit in de praktijk niet altijd mogelijk geweest. Zo is de winterbemonstering van 2022 in februari 2023 uitgevoerd, voor de reeks van 2023 is hij in januari 2024 uitgevoerd en voor 2024 in november 2024. Door de jaren heen is er dus steeds meer naar het begin van de winter bemonsterd. Logischerwijs is de biomassa aangetroffen bodemdieren in het begin van de winter hoger dan aan het einde. Dit heeft onder andere te maken met sterfte en eventuele verticale migratie in de bodem (bodemdieren gaan dieper zitten bij koudere omstandigheden).

De resultaten van de referentielocaties Ballastplaat Midden 1 en Midden 2 zijn in deze analyse deels buiten beschouwing gelaten. Deze locaties zijn in 2024 voor het eerst bemonsterd waardoor de gepresenteerde gegevens een nulmeting betreffen. Veldwaarnemingen (M.A.T. Marijt, eigenwaarnemingen gedurende de veldbezoeken in 2024) en de bemonsteringsgegevens van 2024 lijken wel een indicatie te geven dat deze gebieden mogelijk andere fysische eigenschappen hebben dan Ballastplaat Zuid. Meerjarige benthosbemonsteringsresultaten (minimaal 3 jaar) in combinatie met analyses van abiotische factoren (sedimentatie/erosie, hoogteligging, sedimentsamenstelling) zullen bepalend zijn voor de manier waarop omgegaan wordt met deze gebieden als toekomstige referentielocatie.

5. Vogels



De kwaliteit en (voedsel)beschikbaarheid van de Ballastplaat voor vogels wordt bepaald door het droogvallende areaal, de droogvalduur van de plaat en de samenstelling en biomassa van de bodemdieren (benthos) die het dieet vormen van de betreffende vogelsoorten. Om het gebruik van de plaat inzichtelijk te maken wordt binnen het monitoringsprogramma de draagkracht van de plaat op basis van voedselbeschikbaarheid (macrozoobenthos) berekend en worden er vogeltellingen gedaan. Hierbij ligt de focus op de volgende acht soorten: scholekster (*Haematopus ostralegus*), kanoet (*Calidris canutus*), bergeend (*Tadorna tadorna*), bonte strandloper (*Calidris alpina*), rosse grutto (*Limosa lapponica*), tureluur (*Tringa totanus*), wulp (*Numenius arquata*) en zilverplevier (*Pluvialis squatarola*). In het voorliggende rapport ligt de focus op de voedselbeschikbaarheid. In een aanvullend rapport (Rappoldt *et al.*, 2025) wordt uitgebreid ingegaan op de vogeltellingen.

5.1 Dieet vogels

De vogelsoorten die in dit onderzoek worden onderzocht, hebben een gevarieerd dieet. In dit hoofdstuk wordt het dieet van de verschillende vogelsoorten besproken op basis van beschikbare onderzoeksgegevens en literatuur. Figuur 5.1 biedt een visuele samenvatting van de verschillende voedseltypen die in het dieet van de vogels voorkomen.

Bergeend

Een belangrijke prooi-soort voor de bergeend is de slijkgarnaal (*Corophium sp.*). De toename van ruiende bergeenden (in augustus) langs de Friese kust valt dan ook samen met een toename van de slijkgarnaal (Kraan *et al.*, 2006; Kleefstra *et al.*, 2011). Ook na de ruiperiode (september t/m januari) zijn de slikkige delen van het gebied van belang voor de bergeend, waar die daar de voorradige kleine prooien eet.

Scholekster

De Scholekster heeft een snavel die het de vogels mogelijk maakt grotere mosselen (*M. edulis*) en kokkels (*C. edule*) open te krijgen en het schelpdiervlees op te eten (Hulscher, 1996). Dat kunnen andere wadvogelsoorten niet en het stelt Scholeksters in staat om in grote aantallen te overwinteren in het Waddengebied. Het vrijwel ontbreken van mosselbanken in de Waddenzee gedurende de jaren negentig heeft tot gevolg gehad dat de scholeksters sterker afhankelijk zijn geworden van kokkels en in sommige deelgebieden ook van nonnetjes (*M. baltica*). Lokaal worden ook de wat kleinere strandgapers (*M. arenaria*) en platte slijkgapers (*Scrobicularia plana*) gegeten. Bovendien zitten strandgapers, slijkgapers en nonnetjes 's winters dieper in de bodem (Zwarts & Wanink, 1993) waardoor de feitelijke beschikbaarheid van de prooien veel geringer is dan die van mosselen en kokkels. Onderzoeken in Engeland, in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer tonen dat scholeksters inmiddels de Filipijnse tapijtschelp (*Venerupis philippinarum*) met succes weten te exploiteren (Caldow *et al.*, 2007, van Donk *et al.*, 2023). Of deze nieuwe soort meegenomen kan worden als aanvullende voedselbron in de voedselreservering voor Scholeksters in de Nederlandse Waddenzee is nog onbekend.

Kanoet

De kanoet is in de overwinteringsperiode (september t/m januari) sterk afhankelijk van nonnetjes en daarnaast kokkels in de wadbodem. Wadslakjes en ander klein, hard voedsel vormen soms alternatieven. Wormen ontbreken vrijwel geheel als prooi voor deze soort, wat de kanoet uniek maakt onder de hier onderzochte soorten wadvogels. Kreeftachtigen ontbreken vrijwel in het dieet (Folmer *et al.* 2022).

Bonte strandloper

De bonte strandloper heeft een gevarieerd dieet, voornamelijk bestaande uit wormen (met name veelkleurige zeeduizendpoten *Nereis sp.*), maar hij eet ook kleine schelpdieren, slakken, kreeftachtigen en insecten wanneer deze beschikbaar zijn. Onder de 'wormeneters' is de bonte strandloper waarschijnlijk de meest veelzijdige.

Rosse grutto en tureluur

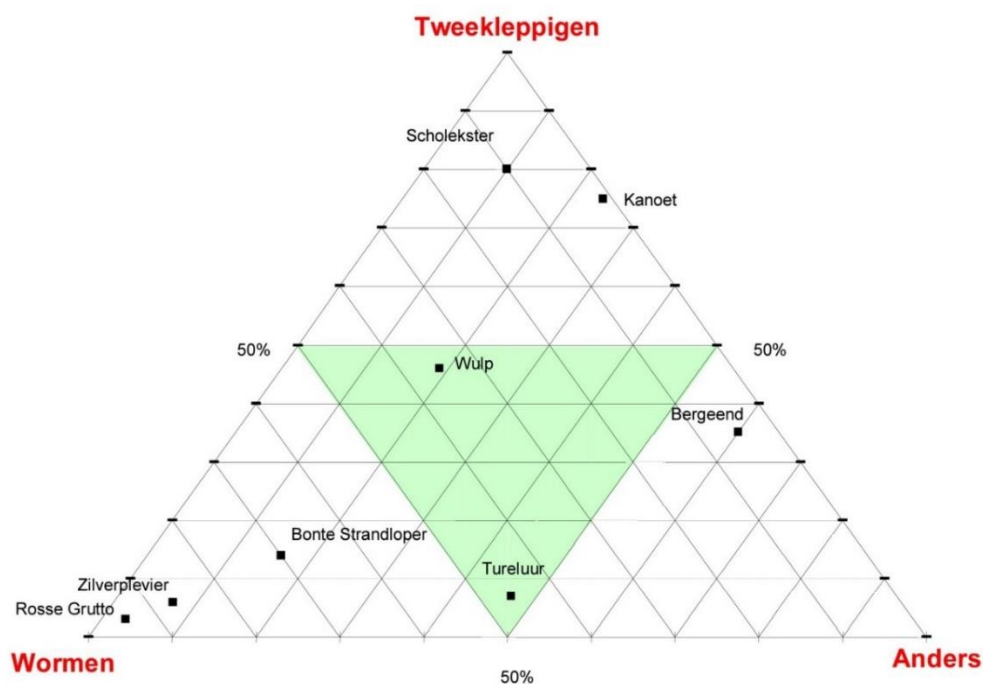
Voor de rosse grutto zijn met name de wadpier (*A. marina*) en de veelkleurige zeeduizendpoot van belang, aangevuld met schelpdieren (vooral nonnetjes), krabben en garnalen. Ook voor de tureluur is de veelkleurige zeeduizendpoot een belangrijke prooi, maar ook het wadslakje (*Hydrobia/Peringia ulvae*), de slijkgarnaal en de zandzager (*Nephtys hombergii*) vormen stapelvoedsel in het dieet van de tureluur (Folmer *et al.*, 2022).

Wulp

De wulp heeft een zeer divers dieet, op het wad vooral bestaande uit veel verschillende tweekleppige schelpdieren (stapelvoedsel strandgapers) en grote wormen zoals veelkleurige zeeduizendpoten en wadpieren (Leopold *et al.* 2024). Daarnaast eten wulpen in mindere mate ook andere prooien zoals krabben en garnalen. Doordat wulpen relatief groot zijn, zijn kleine wormen of wadslakjes als voedselbron minder interessant.

Zilverplevier

De zilverplevier jaagt voornamelijk op wormen. Vooral zeeduizendpoten vormen de belangrijkste prooi, hoewel in sommige studies ook kleine wormen als voedsel worden genoemd (Folmer *et al.* 2022). Kreeftachtigen zijn over het algemeen niet belangrijk als prooi, behalve in enkele uitzonderlijke gevallen waarin kleine krabben en *Corophium* als belangrijk werden beschouwd (zie Folmer *et al.*, 2022).



Figuur 5.1 Het dieet van de acht vogelsoorten bodemdiereters samengevat. Het dieet van iedere soort is weergegeven door één punt in dit vlak. De afstand tot elk van de hoekpunten geeft het relatieve belang van tweekleppige schelpdieren (boven), wormen

(linksonder) en andere prooien (zoals kreeftachtigen) in het dieet aan: hoe kleiner deze afstand, dus hoe dichter het punt bij een hoekpunt ligt, hoe groter het relatieve belang van de daar aangegeven prooigroep. Figuur aangepast uit Leopold et al. (2004).

5.1.1 Meetgegevens voedselbeschikbaarheid vogels

Prooi-soorten die potentieel voedsel zijn voor de bergeend, scholekster, kanoet, bonte strandloper, rosse grutto, tureluur, wulp en zilverplevier zijn voor de analyse geselecteerd op basis van Folmer *et al.* (2022) (zie tabel B2.4 in Bijlage 2.6). Daar wordt een onderscheid gemaakt in:

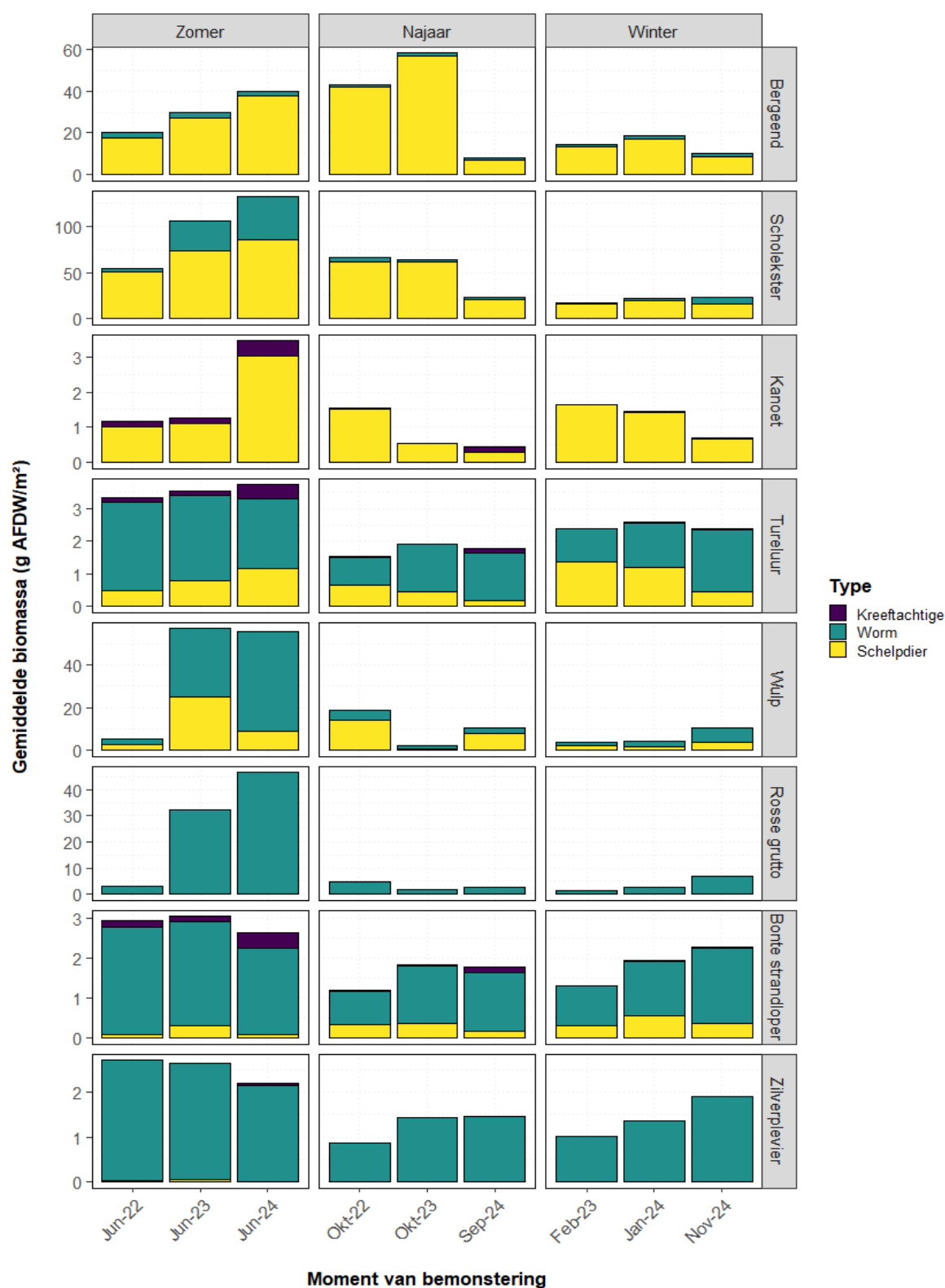
- Stapelvoedsel en aanvullende voedselbronnen: Prooi-soorten die met grote regelmaat het hoofdvoedsel van de populatie vormen en prooi-soorten die regelmatig gegeten worden, maar zelden het hoofdvoedsel vormen;
- Sporadische voedselbronnen: Prooi-soorten die wel eens in het dieet worden vastgesteld, maar nooit het hoofdvoedsel vormen.

Daarnaast is op basis van Folmer *et al.* (2022) een selectie gemaakt van de grootte van verschillende prooi-soorten die foerageerbaar zijn voor deze wadvogels. Deze format selecties zijn gemaakt op basis van de 'handling time' (de tijd die gebruikt wordt voor het zoeken naar en hanteren van de prooi-soort) en de 'profitability' (energiewinst per prooi gedeeld door de handling time) van de prooi-soort (Ens *et al.*, 2021). Voor de prooi-soorten van de bergeend en een deel van de prooi-soorten van andere vogels (bijvoorbeeld de rosse grutto) was geen selectie van prooigrootte mogelijk door gebrek aan geschikte literatuur. Het onderzoek van Folmer *et al.* (2022) heeft zich gebaseerd op het dieet van wadvogels in de Waddenzee en vergelijkbare gebieden. Het is bekend dat de populaties bodemdieren een grote spatio-temporele variatie kunnen vertonen (Beukema & Dekker, 2020), en dat kustvogels op deze variabiliteit kunnen reageren. Temporele variabiliteit in prooibiomassa omvat zowel jaarlijkse variatie als seizoensvariatie, als gevolg van veranderingen in de ingraafdiepte, prooiactiviteit en broedval. Daarnaast kan groei of verlies van lichaamsconditie van de wadvogel, en migratie van en naar het wad door deze vogels invloed hebben op het (voorkeurs-) dieet van de vogel (Zwarts & Wanink, 1993). In Folmer *et al.* (2022) en in dit onderzoek wordt echter niet gecorrigeerd voor dergelijke seizoensveranderingen in het dieet van de vogels.

Welke prooi een wadvogel kan oogsten, kan ook afhankelijk zijn van de sedimentsamenstelling. Bodemdieren komen in verschillende substraten voor, maar hun niche is zeer breed (Folmer *et al.*, 2017). Soms is de foerageerniche van wadvogels qua sediment minder breed dan die van hun prooi. Zo geven rosse grutto's bijvoorbeeld de voorkeur aan zandige wadplaten, kanoeten aan wadden met een middelmatige samenstelling en zijn scholeksters op vrijwel elk type sediment te vinden (Folmer *et al.*, 2022).

5.1.2 Prooibiomassa 2022-2024

De prooibiomassa van de verschillende vogelsoorten kan worden benaderd door het dieet van de vogels te koppelen met de aangetroffen macrozoobenthos in het gebied. Gegevens van de drie monitoringsjaren op Ballastplaat Zuid (punten BP10 t/m BP140), tonen op deze manier dat de mogelijk beschikbare prooibiomassa sterk varieert per vogelsoort en per seizoen (Figuur 5.2 en Bijlage 5 Figuur B5.1). Doordat de biomassa van benthos voornamelijk wordt bepaald door schelpdieren, toont de huidige analyse een hogere prooibiomassa voor schelpdiereters bergeend en scholekster. Daarnaast zien we ook een hoge prooibiomassa voor rosse grutto wat gerelateerd is aan het foerageren op wadpieren die ook in grote mate de biomassa van macrozoobenthos bepalen. Hoewel kanoeten ook op schelpdieren foerageren, was het mogelijke aanbod in biomassa op de Ballastplaat voor deze soort lager doordat het dieet voornamelijk gedomineerd wordt door nonnetje en kokkels met een lagere biomassa.



Figuur 5.2 Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) van soortspecifiek stapelvoedsel en aanvullende voedselbronnen per benthostype (schelpdieren, wormen, kreeftachtigen) mogelijk beschikbaar voor de bergeend, scholekster, kanoet, tureluur, wulp, rosse grutto, bonte strandloper en zilverplevier op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per vogel. Voor een grafiek inclusief de sporadische voedselbronnen zie Figuur B5.1.

Er zijn duidelijke seizoenspatronen zichtbaar in de prooibiomassa op de Ballastplaat voor de verschillende vogelsoorten:

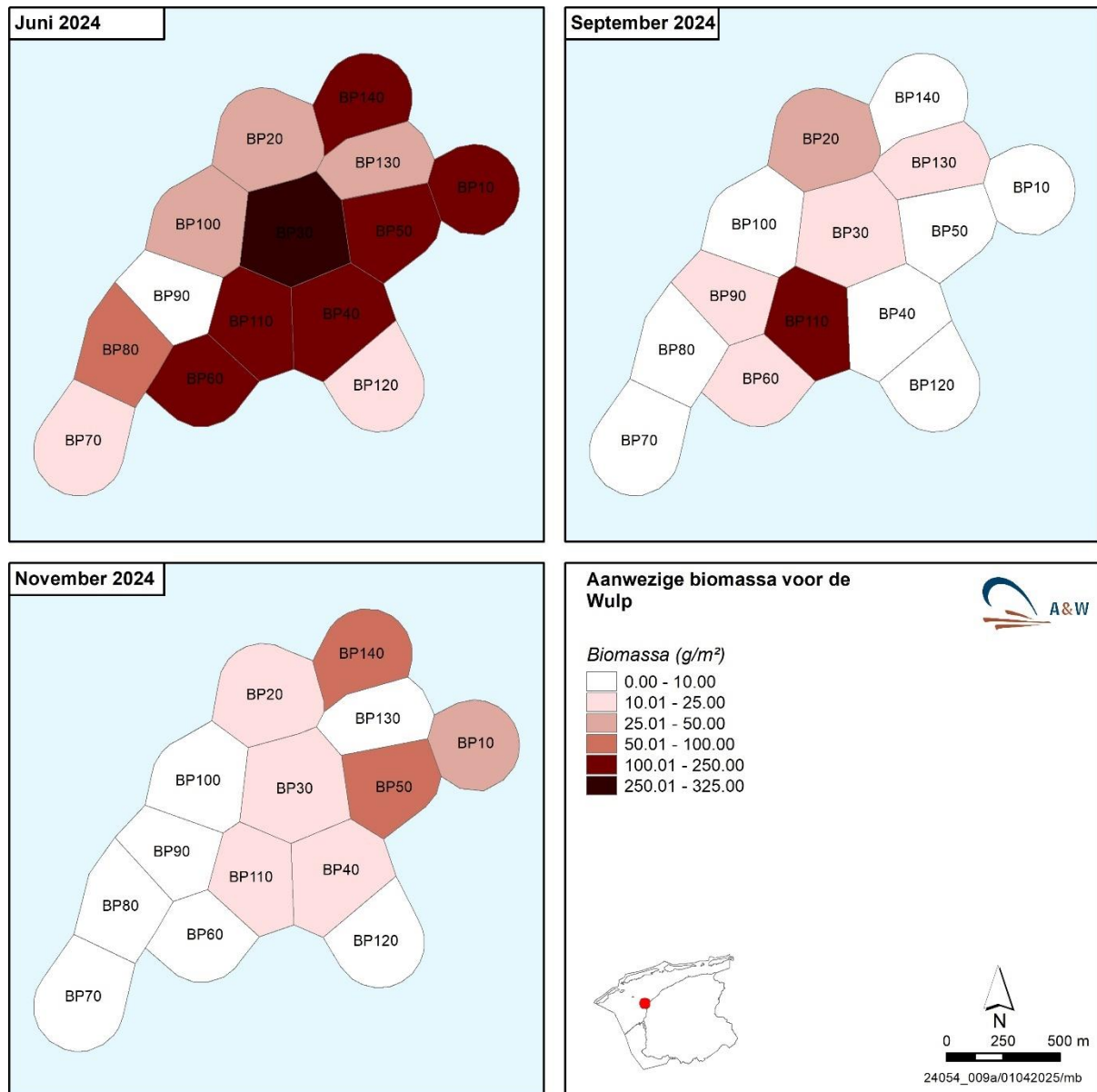
- Voor bergeend en scholekster is de biomassa aan schelpdieren het hoogst in de zomer en het najaar, met een daling in de winter.
- Voor kanoet en tureluur blijft de biomassa relatief stabiel over de seizoenen, waarbij zowel schelpdieren als wormen belangrijk zijn. Vooral bij de tureluur neemt het aandeel wormen toe in de winter.
- De wulp, rosse grutto, bonte strandloper en zilverplevier zijn voornamelijk afhankelijk van de beschikbare wormen, met duidelijke pieken in de wintermaanden (november 2024 / januari 2024).

De totale prooibiomassa per bemonsteringsmoment is vaak aanzienlijk hoger wanneer naast stapelvoedsel ook sporadische voedselbronnen worden meegenomen in de analyse (figuur B5.1). Dit verschil is vooral zichtbaar bij de bergeend, scholekster, wulp en rosse grutto, met name in de zomer en het najaar. Bij soorten als kanoet, tureluur, bonte strandloper en zilverplevier komt een hogere prooibiomassa bijvoorbeeld door een duidelijkere aanwezigheid van wormen en incidenteel kreeftachtigen. Wanneer de sporadische voedselbronnen worden meegenomen zouden er (in tegenstelling tot figuur 5.2) in de winter bijvoorbeeld voor kanoet en tureluur meer wormen beschikbaar zijn (vooral wadpieren). Het meenemen van sporadische voedselbronnen leidt tot hogere prooibiomassa in de winter, wat suggereert dat er meer beschikbaar is dan eerder werd aangenomen op basis van alleen stapel- en aanvullende voedseltypen. Vooral soorten met een gevarieerd dieet, zoals tureluur, bonte strandloper en wulp, profiteren hiervan en kunnen mogelijk toegang hebben tot een bredere voedselbasis, zeker in seizoenen waarin stapelvoedsel minder aanwezig is.

In 2024 worden er hogere prooibiomassa's waargenomen (die voor meerdere vogelsoorten interessant zijn) vergeleken met 2022 en 2023 (Figuur 5.2). Voor soorten als kanoet, tureluur, bonte strandloper en zilverplevier is in de winter van 2024 sprake van een duidelijke toename in biomassa ten opzichte van de winters van voorgaande jaren. Hierbij dient rekening gehouden te worden met het feit dat de winterbemonstering in 2024 vroeger in het jaar heeft plaatsgevonden dan de voorgaande jaren en dat dit mogelijk een effect heeft op de gemeten prooibiomassa. In de zomer van 2024 is een opvallend hoge biomassa aan schelpdieren zichtbaar (die voor enkele soorten, zoals bergeend en scholekster een mogelijke voedselbron vormt), hoger dan in de zomers van 2022 en 2023. De prooibiomassa voor tureluur en kanoet blijft door het jaar heen relatief stabiel. Voor soorten als wulp en rosse grutto laat 2024 echter een ander beeld zien: hier ligt de totale prooibiomassa in de zomer en het najaar juist lager dan in voorgaande jaren. Vooral voor de rosse grutto lijkt in 2024 minder voedsel aanwezig buiten de winterperiode, mogelijk door een lagere aanwezigheid van wormen. Al met al laat 2024 in vergelijking met eerdere jaren een opvallend gunstig winterbeeld zien voor veel soorten qua mogelijke voedselbeschikbaarheid (mogelijk beïnvloed door het bemonsteringsmoment), en is er in de zomer voor enkele schelpdieretende vogels een toename in prooibiomassa te zien. Alleen voor enkele soorten met een selectiever dieet, zoals wulp en rosse grutto, blijft de biomassa in 2024 relatief laag.

De ruimtelijke patronen in de prooibiomassa ondersteunen de hierboven beschreven trends. Op de Ballastplaat Zuid zijn enkele gebieden te onderscheiden waar in 2024 opvallend hoge prooibiomassa is gemeten. Deze zogenaamde hotspots liggen vooral rond de bemonsteringspunten BP30, BP40, BP50 en BP60, en in iets mindere mate BP140 en BP110. In Figuur 5.3 wordt de ruimtelijke verdeling van prooibiomassa voor de wulp weergegeven waarin deze hotspots ook naar boven komen. Deze hotspots zijn belangrijk in de prooibiomassa van meerdere vogelsoorten, waaronder kanoet (figuur B5.12 en B5.13), scholekster (figuur B5.8 en B5.9), bonte strandloper (figuur B5.16 en B5.17) en zilverplevier (figuur B5.32 en B5.33), en wijzen op lokaal gunstige omstandigheden voor verscheidene

benthosoorten. Deze ruimtelijke concentraties lijken daarmee een belangrijke rol te spelen in de voedselvoorziening van foeragerende vogels in de zomer en winter van 2024.



Figuur 5.3 Aanwezige prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Wulp op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen van het monitoringsjaar 2024

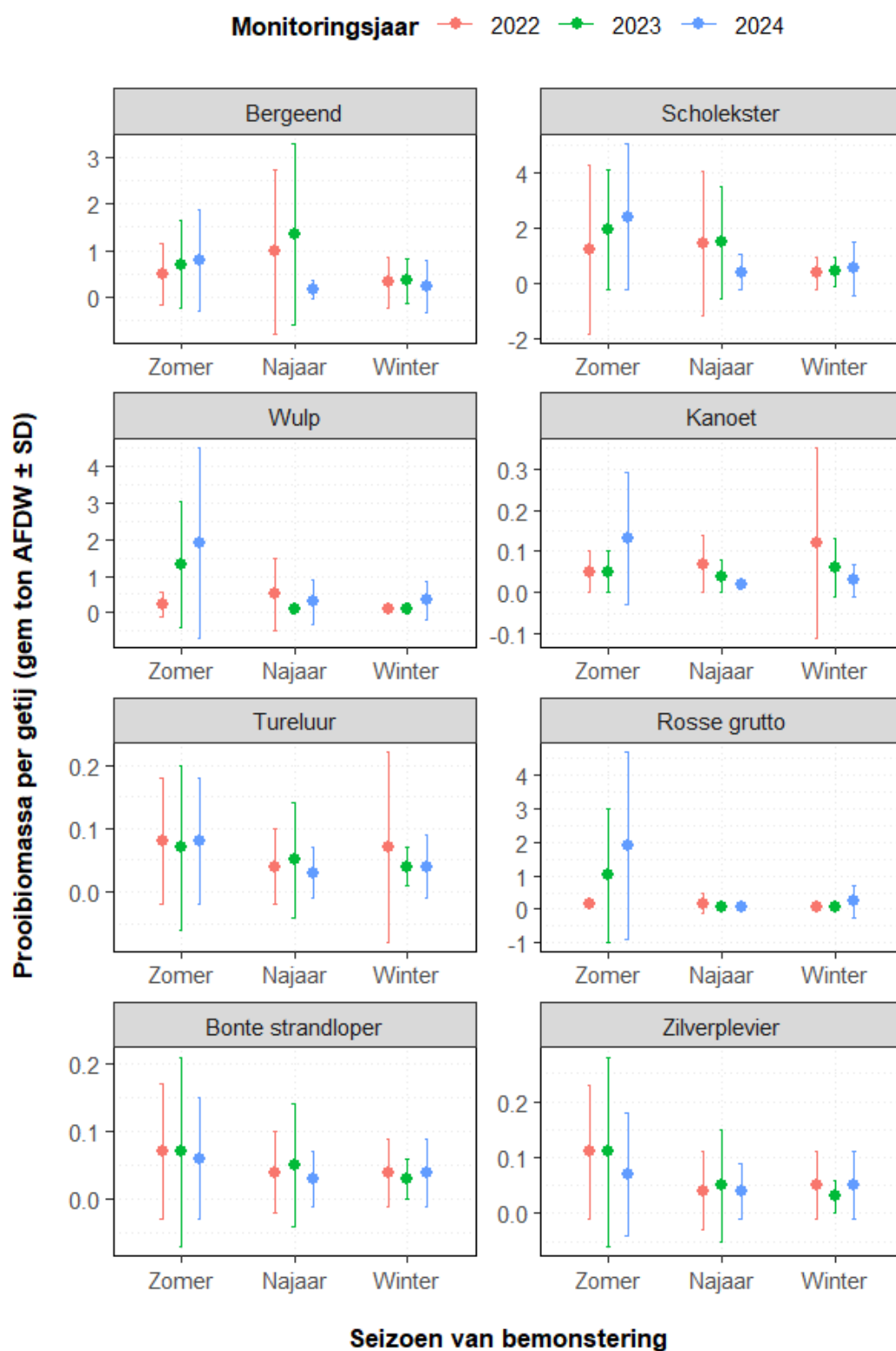
Bij soorten die grotendeels afhankelijk zijn van wormen, zoals de wulp en rosse grutto, is de spreiding in biomassa doorgaans diffuser, maar ook zij profiteren in 2024 van verhoogde beschikbaarheid op meerdere punten (figuur B5.24, B5.25, B5.28 en B5.29). Met name de wadpier komt in dit jaar in hogere dichtheden voor in de monsters. De data bevestigt het beeld dat de combinatie van seizoen, jaar en ruimtelijke verdeling bepalend is voor de daadwerkelijke prooibiomassa voor de verschillende vogelsoorten.

5.1.3 Voedselbeschikbaarheid voor vogels 2022-2024

In paragraaf 5.1.2 is gekeken naar de aanwezige prooibiomassa voor de verschillende vogelsoorten. Echter geeft de aanwezigheid van prooibiomassa niet direct de beschikbaarheid van de prooibiomassa aan. De voedselbeschikbaarheid op een wadplaat wordt bepaald door het ritme van het getij. Prooibiomassa is enkel beschikbaar wanneer de plaat is drooggevallen of wanneer het waterniveau op de plaat laag (genoeg) is. Om de daadwerkelijke voedselbeschikbaarheid op de plaat te berekenen, dient er rekening gehouden te worden met de droogvalduur van de plaat. Om te corrigeren voor deze factor is gerekend met een gemiddelde droogvalduur per jaar op basis van de waterstanden bij Harlingen (RWS, 2025).

Figuur 5.4 toont de gemiddelde prooibiomassa van stapel- en aanvullend voedsel per getij op BP Zuid voor verschillende vogelsoorten, uitgesplitst naar seizoen (zomer, najaar en winter) en monitoringsjaar (2022, 2023 en 2024). Elke vogelsoort wordt apart weergegeven, waarbij de gemiddelde prooibiomassa (in gram AFDW) is voorzien van standaarddeviaties om de spreiding weer te geven tussen de punten BP10 t/m BP140. Figuur B5.34 geeft een beeld van alle voedseltypen, inclusief sporadisch voedsel, wat leidt tot hogere biomassa's bij sommige soorten/seizoenen. In beide figuren is te zien dat de standaard deviaties leiden tot negatieve voedselbeschikbaarheid. Dit wordt veroorzaakt doordat de standaard deviatie zowel in negatieve als positieve richting wordt geplot. In de praktijk is negatieve voedselbeschikbaarheid niet mogelijk.

Voor veel vogelsoorten is de beschikbaarheid van prooibiomassa per getij in de winter doorgaans lager dan in de zomer of het najaar. Dit geldt bijvoorbeeld voor de kanoet en de wulp, bij wie de seizoensfluctuaties weliswaar klein zijn, maar consistent over de jaren. Bij andere soorten, zoals de bergeend en de rosse grutto, worden in sommige jaren juist duidelijke pieken in prooibiomassa waargenomen in specifieke seizoenen. Dit kan samenhangen met de tijdelijke beschikbaarheid van bepaalde prooien. Wat betreft de jaarlijkse variatie valt op dat de biomassa van potentiële prooisoorten voor sommige vogels relatief constant blijft. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de tureluur, die een gevarieerd dieet heeft met onder andere de veelkleurige zeeduizendpoot, het wadslakje, de slijkgarnaal en de zandzager. Voor andere soorten, zoals de scholekster (voorkeur voor tweekleppigen), de rosse grutto (met een voorkeur voor wormen), en de wulp (met een breed dieet), zijn er lichte stijgingen of dalingen zichtbaar tussen opeenvolgende jaren. Deze veranderingen kunnen wijzen op fluctuaties in voedselbeschikbaarheid, habitatkwaliteit of externe invloeden zoals weersomstandigheden. Het is echter belangrijk op te merken dat de meetreeks relatief kort is en de standaarddeviatie van de metingen groot, waardoor het niet zeker is hoe deze getallen geïnterpreteerd kunnen worden.



Figuur 5.4 Gemiddelde mogelijk beschikbare prooibiomassa per getij (in ton AFDW/m²) van stapelvoedsel en aanvullende voedselbronnen voor de bergeend, scholekster, kanoet, tureluur, wulp, rosse grutto, bonte strandloper en zilverplevier op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per vogel. Voor een grafiek inclusief de sporadische voedselbronnen zie Figuur B5.34. 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.

5.2 Vogel conclusie & discussie

Wadplaten zoals de Ballastplaat hebben in de Waddenzee een belangrijke functie als foerageergebied voor vogels. Om de waarde van de Ballastplaat voor verscheidene wadvogels te duiden is er gekeken naar de kwaliteit van het foerageergebied met oog op aanwezige prooibiomassa.

Kwaliteit foerageergebied

De samenstelling en hoeveelheid beschikbare prooibiomassa verschilt duidelijk per vogelsoort en seizoen. Het voorkomen van schelpdieren op Ballastplaat zuid domineert in de zomer en najaar als mogelijke prooi voor vogelsoorten als de scholekster en kanoet. Het voorkomen van wormen is cruciaal in de winter voor soorten als de wulp en rosse grutto.

In de huidige analyse wordt de beschikbare biomassa berekend op basis van prooibiomassa op de plaat en bereikbaarheid op basis van getij. Om de analyses uit te voeren worden in de gebruikte data twee aannames gedaan. De eerste aanname is dat het getij en de daarop gebaseerde gemiddelde droogvalduur van de plaat gebaseerd is op de NAP waterstanden in Harlingen haven. Hoewel dit meetpunt nabij de Ballastplaat ligt, zal de daadwerkelijke droogvalduur op de plaat afwijken van deze data. Vorig jaar is gebruik gemaakt van het programma InterTides om de droogvalduur nauwkeuriger te benaderen, maar gegevens waren afgelopen jaar niet op tijd beschikbaar voor de analyses in het onderliggende rapport. InterTides zou in de toekomst weer gebruikt kunnen worden. Dit programma maakt gebruik van meerdere meetpunten in de Waddenzee en kan daarbij middels triangulatie een betere inschatting van het getij op de plaat maken. Bij de analyse van Rappoldt *et al.* (2025) is de droogvalduur wel gebaseerd op InterTides gegevens. De tweede aanname in de berekeningen is dat vogels enkel bij de meetpunten kunnen foerageren als deze volledig zijn drooggefallen. Deze aanname zorgt voor een onderschatting in de oogstbare prooibiomassa per getij. Het exacte moment waarop een wadvogel gebruik maakt van de plaat om te foerageren hangt af van de soort. Globaal kan gesteld worden dat soorten met langere poten en snavels zoals scholekster en kanoet langer kunnen foerageren dan soorten met kortere poten en snavels (Folmer *et al.*, 2022). Hoewel aanpassingen met oog op droogvalduur en foerageertijd per soort gedaan zouden kunnen worden om de daadwerkelijke bijdrage van de Ballastplaat te duiden, is het voor de scope van dit onderzoek minder van belang. In dit onderzoek gaat het er vooral om of de waarde van de Ballastplaat over de jaren heen verandert en of deze verandering gerelateerd kan zijn aan zoutwinning.

Vogeltellingen in relatie tot voedselbeschikbaarheid

In het aanvullende rapport van Rappoldt *et al.* (2025), is met vogeltellingen een inschatting gemaakt van het aandeel vogels uit de omgeving die daadwerkelijk gebruik maakt van de Ballastplaat. Uit dit onderzoek blijkt voor de meeste vogelsoorten dat tussen 4% en 10% van de vogels uit het gebied foerageert op de Ballastplaat. Dit komt overeen met het berekende areaal van de Ballastplaat ten opzichte van het totale foerageerareaal in de omgeving. De scholekster, kanoet en zilverplevier vertonen in de tellingen echter opvallendheden.

Voor scholekster werd er in september 2024 opvallend lage aantallen scholekster geteld. Dit komt mogelijk door de omgevingsomstandigheden van het telmoment, maar in het rapport wordt ook gesproken van een mogelijke uitputting van de voedselvoorraad op de plaat in de voorafgaande periode (Rappoldt *et al.*, 2025). In de benthosdata is te zien dat er in september (najaar) 2024 opvallend minder prooibiomassa is bemonsterd ten opzichte van voorgaande jaren en ten opzichte van het voorjaar. Of dit daadwerkelijk de reden is van de lagere aantallen scholekster, is niet met zekerheid vast te stellen.

Ballastplaat Zuid werd voor Kanoet aangeduid als marginaal voedselgebied gezien enkel 1,7 % van de vogels uit de omgeving gebruik maakt van het gebied (Rappoldt *et al.*, 2025). Daarentegen tonen de tellingen dat opvallend veel zilverplevieren uit het gebied gebruik maken van de Ballastplaat (50 % van vogels uit de omgeving). Doordat prooibiomassa op platen in de omgeving binnen deze monitoring niet wordt berekend, is het onbekend of beschikbare prooibiomassa ten grondslag ligt aan deze getallen.

Hoewel de tellingen een beter beeld geven van het belang van de Ballastplaat, kunnen fluctuaties in aantallen niet altijd gerelateerd worden aan de daadwerkelijke kwaliteit (voedselbeschikbaarheid) van de plaat zelf. Verstoring in de omgeving (zoals werkzaamheden aan de waddijk) en weersomstandigheden zoals mist en wind kunnen het resultaat van tellingen sterk beïnvloeden. Desalniettemin geven tellingen van vogels op de Ballastplaat en nabijgelegen hoogwatervluchtplaatsen een beter beeld van de rol die de Ballastplaat speelt in het geheel.

6. Conclusie & discussie

In de vorige hoofdstukken worden al enkele conclusies en discussies gegeven die gerelateerd zijn aan de betreffende onderwerpen. In dit hoofdstuk vatten we de resultaten van de eerdere hoofdstukken samen en kijken we naar de mogelijke relaties tussen de meetprogramma's.

Plaathoogte, sedimentatie/erosie en sedimentsamenstelling

Bij het analyseren van de plaathoogte op basis van hoogte metingen is vastgesteld dat er in de periode 2018-2024 een gemiddelde verlaging van -0,41 cm/jaar heeft plaatsgevonden. Bij deze verlaging is geen relatie waar te nemen tussen de bodemdalingsschotels en de gemeten verlaging bij de meetstations op de Ballastplaat Zuid. Sedimentatie/erosie kan de verandering in hoogte niet verklaren waardoor andere morfologische processen mogelijk ten grondslag liggen aan de waargenomen daling. Vanuit een het meetprogramma van Arcadis, waarbij gekeken wordt naar verschillen in vaklodingen en LiDAR metingen, lijkt een afname ook waarneembaar te zijn in referentiegebied Midden 2 dat buiten het bodemdalingsgebied ligt (Spaans & Cleveringa, 2025). Daarnaast is de gemeten afname groter dan de diepe bodemdaling die is gemeten. Daardoor wordt aangegeven dat de waargenomen daling niet gekoppeld is aan zoutwinning.

Wat betreft sedimentsamenstelling is het afgelopen jaar geen analyse uitgevoerd van de sedimentkorrelgrootte. Dit komt doordat er nog geen duidelijke consensus is omtrent de vergelijkbaarheid van de data wanneer deze door een ander lab dan voorheen wordt uitgevoerd. Verwacht wordt dat de voorbehandeling van de monsters in combinatie met een ander meetapparaat en meetprogramma ervoor zorgt dat de data niet te vergelijken is. Op het moment van schrijven wordt hier nog een verkenning voor gedaan zodat de verzamelde materialen op de best mogelijke manier geanalyseerd kunnen worden.

Benthos

De aangetroffen biomassa wordt voornamelijk gedomineerd door de soorten kokkel, strandgaper en wadpier. Dit komt overeen met de algemene verdeling van biomassa in de Waddenzee (Drent *et al.*, 2017). In 2024 valt het op dat de biomassa in de winter voornamelijk hoger ligt dan voorgaande jaren. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het bemonsteringsmoment dat in de drie monitoringsjaren steeds meer naar het begin van de winter heeft plaatsgevonden. Daarnaast zien we dat de biomassa in de zomer van 2024 ook lijkt toegenomen ten opzichte van voorgaande jaren. Dit is te relateren aan het hogere aantal wadpieten dat in 2024 in de monsters is aangetroffen.

De benthossamenstelling kan momenteel nog niet gerelateerd worden aan de sediment samenstelling doordat de analyse voor 2024 monsters nog ontbreekt. Echter werden er in 2024 wel hogere aantallen slijkgaper en wadslakjes aangetroffen op Ballastplaat Midden 2. Dit indiceert mogelijk meer slijkgigere omstandigheden op referentielocatie Midden ten opzichte van Zuid. Dit wordt door veldwaarnemingen bevestigd. Ook de waargenomen sedimentatie binnen dit gebied kan een indicatie zijn dat er in dit gebied meer slibbige omstandigheden zijn. Doordat Midden nog maar één jaar wordt meegenomen in de benthos monitoring kan deze locatie echter nog gelimiteerd dienen als referentie locatie om veranderingen in de omgeving te toetsen. De komende jaren dient gekeken te worden hoe onderzoeksgebied Ballastplaat Midden met zijn andere plaatdynamiek gebruikt kan worden als referentielocatie om eventuele lokale effecten van zoutwinning te toetsen. Overwogen kan worden om de jaarlijkse benthosdata van het SIBES in gebied het Vlie te gebruiken om eventuele trends in biomassa en soortendichtheid te duiden op nabije locaties met vergelijkbare dynamiek. Echter laat onze huidige data zien dat de bemonsterde biomassa en dichtheden sterk kunnen afhangen van het bemonsteringsmoment. Hier dient rekening mee gehouden te worden in het vergelijken. Zeker in relatie met vogeltrek momenten (mei en september) waarbij predatie door vogels op de plaat hoog kan zijn.

De huidige data omtrent benthos dichtheden en biomassa hebben momenteel een dermate grote standaarddeviatie dat eventuele trends op kleine schaal (nog) niet zichtbaar of betrouwbaar zijn.

In 2024 zijn er voor dit project verbeteringen doorgevoerd in het berekenen van de biomassa van bodemdieren op basis van conversiefactoren. Dit zorgt ervoor dat de daadwerkelijke berekenende biomassa's van het voorgaande jaar niet direct overeen komen met het rapport van monitoringsjaar 2023 (Kappers, 2024).

Vogels

In dit rapport is de prooibiomassa voor verschillende vogelsoorten berekend. Hoewel hierbij sterke aannames worden gedaan omtrent dieet en beschikbare prooibiomassa op basis van Folmer *et al.* (2022), worden eventuele veranderingen in draagkracht op de Ballastplaat inzichtelijk. Deze draagkracht wordt voornamelijk bepaald op basis van droogvalduur en aanwezigheid van macrozoobenthos. Hierbij geldt dat de prooibiomassa voor bergeend, kanoet, bonte strandloper en tureluur mogelijk wordt onderschat. Dit komt door het aandeel kreeftachtigen in hun dieet. De huidige methode geeft een onderschatting van deze soorten doordat deze vaak zeer beweeglijk in een klein laagje water voorkomen. De bemonstering geeft enkel een schatting van lokaal ingegraven soorten wat niet voldoende is om de daadwerkelijke biomassa op de plaat te bepalen.

Door bodemhoogte en getij mee te nemen in de draagkrachtberekening wordt de hoeveelheid beschikbare prooibiomassa in relatie tot bodemhoogte beter weergegeven. Eventuele effecten van bodemhoogteverandering kunnen daarbij mogelijk zichtbaar worden. Echter zijn er geen patronen te duiden. Dit heeft voornamelijk te maken met de grote standaarddeviatie in de zomermetingen. Binnen de metingen zijn wel duidelijke seizoensverschillen waar te nemen waarbij biomassa in zomer en najaar vaak hoger is dan in de winter. Zoals eerder gesteld lijkt het moment van bemonsteren in de winter ook sterke invloed te hebben op de biomassa, zoals vanuit de biologie van de soorten verwacht wordt.

De prooibiomassa geeft een benadering van de mogelijke draagkracht van de Ballastplaat. Het daadwerkelijke gebruik van de plaat wordt vastgesteld door het uitvoeren van vogeltellingen en komt overeen met het foerageerbaar oppervlak van de Ballastplaat (Rappoldt *et al.*, 2025). Dit kan een indicatie zijn dat de plaat in grote lijnen aan de kwaliteitseisen voor vogels voldoet. Door de meetreeks voort te zetten, kan gekeken worden of dit op lange termijn zo blijft.

Algemene aanbevelingen

De huidige data geeft een eerste inzicht in de ontwikkelingen van de Ballastplaat. Met deze data wordt geen relatie tussen de ontwikkelingen en effecten van zoutwinning waargenomen. Door de datareeks door te zetten, wordt het in de toekomst mogelijk om aanvullende analyses uit te voeren en te relateren aan de nieuwe referentielocatie. Daarnaast kunnen aanvullende analyses uitgevoerd worden;

- Multivariate analyse van de morfologie waarbij de relatie tussen sedimentatie/erosie, (hoogte)ligging en sedimentsamenstelling verder onderzocht worden.
- Het correleren van benthos met veranderingen in sedimentsamenstelling wanneer ook de sedimentdata van 2024 en in de toekomst voor 2025 beschikbaar is.

7. Literatuur

- Aarts, G., Dekinga, A., Holthuijsen, S., Horn, J. t., Smith, J., Kraan, C. *et al.* (2010). Benthic macrofauna in relation to natural gas extraction in de Wadden sea. Den Burg: NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research.
- Alves, R.M.S., Van Colen, C., Vincx, M., Vanaverbeke, J., De Smet, B., Guarini, J., Rabaut, M. & Bouma, T.J. (2017). A case study on the growth of *Lanice conchilega* (Pallas, 1766) aggregations and their ecosystem engineering impact on sedimentary processes, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Volume 489, 2017, Pages 15-23, ISSN 0022-0981, <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.005>.
- Beukema, J.J. (1974). Seasonal changes in the biomass of the macro-benthos of a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea, *Netherlands Journal of Sea Research*, Volume 8, Issue 1, 1974, Pages 94-107, ISSN 0077-7579.
- Beukema, J.J. & Dekker, R. (2020). Winters not too cold, summers not too warm: long-term effects of climate change on the dynamics of a dominant species in the Wadden Sea: the cockle *Cerastoderma edule* L. *Marine Biology*, vol.(2020) 167:44.
- Bijleveld, A.I., de la Barra, P., Danielson-Owczynsky, H. *et al.* (2025). SIBES: Long-term and large-scale monitoring of intertidal macrozoobenthos and sediment in the Dutch Wadden Sea. *Sci Data* 12, 239.
- Compton, T.J., Bowden, D.A., Roland Pitcher, C., Hewitt, J.E. & Ellis, N. (2013). Biophysical patterns in benthic assemblage composition across contrasting continental margins off New Zealand. *J. Biogeogr.*, 40 (2013), pp. 75-89, 10.1111/j.1365-2699.2012.02761.x
- Dewenter, J., Yong, J., Schupp, P.J., Löhmus, K., Kröncke, I., Moorthi, S., Pieck, D., Kuczynski, L., Rohde, S. (2023). Abundance, biomass and species richness of macrozoobenthos along an intertidal elevation gradient. *Ecology and Evolution*, volume 13, Issue 12, December 2023 e10815.
- Degraer, S., Meire, P. & Vincx, M. (2007). Spatial distribution, population dynamics and productivity of *Spisula subtruncata*: implications for *Spisula* fisheries in seaduck wintering areas. *Mar Biol* 152:863–875.
- Drent J., Bijkerk R., Herlyn M., Grotjahn M., Voß J., Carausu M.-C. & Thieltges D.W. (2017). Macrozoobenthos. In: *Wadden Sea Quality Status Report*. Eds.: Kloepper S. *et al.*, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. Last updated 21.12.2017.
- Duijns, S., Holthuijsen, S., Koolhaas, A., & Piersma, T. (2013). Het belang van de Ballastplaat voor wadvogels in de Westelijke Waddenzee. NIOZ-rapport, 8.
- Folmer, E.O., Dekinga, A., Holthuijsen, S., Meer, J.d., Mosk, D., Piersma, T. & Veer, H. (2017). Species Distribution Models of Intertidal Benthos - Tools for Assessing the Impact of Physical and Morphological Drivers on Benthos and Birds in the Wadden Sea. Tech. Rep. 2017-3, NIOZ, Texel.
- Folmer, E.O., Ens, B.J. and E.M. van der Zee (2022). Analysis of high tide roost use and benthos availability for twelve shorebird species in the Dutch Wadden Sea. A&W-rapport 19-469, Sovon-rapport 2021/52.
- Friedrichs, M., Leipe, T., Peine, F. en Graf, G. (2009). Impact of macrozoobenthic structures on near-bed sediment fluxes, *Journal of Marine Systems*, Volume 75, Issues 3–4, 2009, Pages 336-347, ISSN 0924-7963, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.12.006>.

- Gusmao, J.B., Thieltges, D.W., Dekker, R., Govers, L.L., Meijer, K.J. & Eriksson, B.K. (2022). Comparing taxonomic and functional trait diversity in marine macrozoobenthos along sediment texture gradients. *Ecological Indicators*, Volume 145, 2022, 109718, ISSN 1470-160X.
- Hasegawa, N., & Higano, J. (2010). Allometric equations between the shell length and the weight of the Asari clam *Ruditapes philippinarum* in Ise Bay. *Aquaculture Science*, 58(1), 155-158.
- Kappers E.F., Krol, J., Olivierse, M., Snoek, R. (2023a). Wadsedimentatie Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2022. A&W-rapport 21-010. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Kappers E.F., Versloot, F., Snoek, R. (2023b). Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2022. A&W-rapport 21-009. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Kappers, E.F, Versloot, F., van der Zee, E. (2023c). Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels. Benthosbemonstering 2022. A&W-rapport 22-003, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Kappers, E.F (2024). Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels. Benthosbemonstering 2023. A&W-rapport 23-109, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Kersten, M., Krol, J., van der Kamp, J., Rappoldt, K. (2024). Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. Versie 2024. EcoCurves rapport 31, EcoCurves BV, Haren. 43 p.
- Klunder L., M. Lavaleye, L.K. Schaars, R. Dekker, S. Holthuijsen & H.W. van der Veer, 2019. Distribution of the dwarf surf clam *Mulinia lateralis* (Say, 1822) in the Wadden Sea after first introduction. *BiolInvasions Records* 8(4): 818–827.
- Marijt, M.A.T. & Kappers, E.F. (2024). Sedimentsamenstelling studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-009#3. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Philippart, C.J.M., Baptist, M.J., Bastmeijer, C.J., Bregnballe, T., Buschbaum, C., Hoekstra, P., Laursen, K., van Leeuwen, S.M., Oost, A.P., Wegner, M. & Zijlstra, R. (2024) Climate change. In: Wadden Sea Quality Status Report. Eds.: Kloepper S. et al., Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. Last updated: 01.02.2024.
- Rappoldt, K., Kersten, M. & Krol, J. (2025). Wadvogels op Ballastplaat-Zuid ; Aantallen en vergelijking met referentiegebied. EcoCurves rapport 36, EcoCurves BV, Haren. 58 p.
- Reise K., Baptist M., Burbridge P., Dankers N., Fischer L., Flemming B., Oost A.P. & Smit C. (2010) The Wadden Sea – A Universally Outstanding Tidal Wetland. Wadden Sea Ecosystem No. 29. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany, page 7 – 24.
- RWS (2025)
<https://waterinfo.rws.nl/publiek/waterhoogte?parameters=Waterhoogte> 20Oppervlaktewater
 20t.o.v. 20Normaal 20Amsterdams 20Peil 20in 20cm
- Spaans, D. & Cleveringa, J. (2025). Monitoring situatie 2024 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport
- Vroom, Herman & van Kessel (2021). Brochure slibdynamiek in de Waddenzee. Deltares

- Wethey, D.S. & Woodin S.A. (2022). Climate change and *Arenicola marina* : Heat waves and the southern limit of an ecosystem engineer.
- Witbaard, R., Duineveld, G.C.A. & Bergman, M. (2013). The final report on the growth and dynamics of *Ensis directus* in the near coastal zone off Egmond, in relation to environmental conditions in 2011-2012. NIOZ report 2013-2, 79pp. Zwarts (1988). De bodemfauna van de Fries-Groningse waddenkust. Flevovericht 294, Lelystad: 195p.
- Zwarts, L. & Wanink, J.H. (1993). How the food supply harvestable by waders in the Wadden Sea depends on the variation in energy density, body weight, biomass, burying depth and behaviour of tidal-flat invertebrates. Neth. J. Sea Res. 31: 441-476.
- Zwarts, L. & Wanink, J. (1989). Siphon size and burying depth in deposit- and suspension-feeding benthic bivalves. Marine Biology 100: 227-240.
- Zwarts, L. (1991). Seasonal variation in body weight of the bivalves *Macoma balthica*, *Scrobicularia plana*, *Mya arenaria* and *Cerastodema edule* in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 28:231-245
- Zwarts, L. (2009). Voedsel voor wadvogels in de Oosterschelde: nazomer 2009. A&W rapport 1346: 1-79.
- Zwarts, L. (1974). Invloed van aantal op verspreiding tijdens hoogwater bij wadvogels. Schierboek 5, 95–132. Vogelwerkgroep van de Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie, Drachten.
- Zwarts, L., Blomert, A. M., Bos, D., Sikkema, M., (2011). Exploitation of intertidal flats in the Oosterschelde by estuarine birds. Report, A&W Ecologisch Onderzoek. A&W-report 1657.

Bijlage 1 Velddagen bemonsteringen 2024

In de onderstaande tabellen worden wordt een detailoverzicht gegeven van de velddagen waarin bemonsteringen en metingen zijn uitgevoerd.

Tabel B1.1 Overzicht velddagen voor spijkermetingen en RTK-GPS metingen 2024.

Gebied	Metingen 2024			
	Spijker 1 (mrt) + RTK-GPS	Spijker 2 (jun)	Spijker 3 (sept)	Spijker 4 (dec)
Ballastplaat Zuid BP10 t/m BP190*	26 maart	3 juni 27 juni (BP70)	16 september	29 november
Ballastplaat Midden 2 BP300-390	26 maart	4 juni	17 september	**

*BP120 wordt niet meer gemeten sinds 2022

** meetmoment uitgevallen wegens ziekte en ongeschikte weersomstandigheden op alternatieve dagen

Tabel B1.2 Overzicht velddagen voor benthos en sedimentbemonsteringen 2024.

Gebied	Bemonsteringen 2024			
	Sediment	Benthos 1	Benthos 2	Benthos 3
Ballastplaat Zuid BP10 t/m BP190	3 juni 27 juni (BP70)	3 juni 27 juni (BP70)	16 september	29 november
Ballastplaat SA S1 t/m S4	3 juni 27 juni (S4)	-	-	-
Ballastplaat Midden 1 BP200-240	4 juni	4 juni	17 september 18 september	-
Ballastplaat Midden 2 BP300-390	4 juni	4 juni	17 september	-
Ballastplaat SB S5 t/m S8	4 juni (S5+S6) 27 juni (S7+S8)	-	-	-

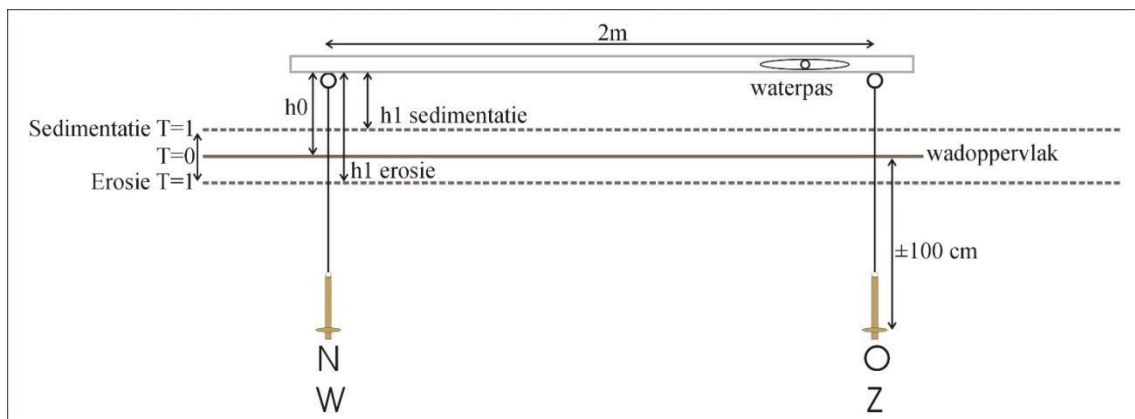
Tabel B1.2 Overzicht velddagen voor vogeltellingen 2024.

Gebied	Metingen 2024		
	Vogel 1	Vogel 2	Vogel 3
Ballastplaat naar HVP vliegroutes	29 april	29 juli	9 september

Bijlage 2 Onderzoeksmethoden

Bijlage 2.1 Spijkermetingen/GPS metingen

Spijkermetingen worden viermaal per jaar uitgevoerd, waarbij de meetstations tijdens laagwater lopend over het wad bezocht worden. Hiervoor is een getij nodig met een laagwaterstand van tenminste -100 cm NAP. De sedimentatie aan het wadoppervlak wordt gemeten m.b.v. ondergrondse schroefankers van 30 cm lengte waarvan de bovenkant 60 tot 90 cm onder het wadoppervlak geplaatst zijn (Figuur B2.1). Een meetstation op het wad bestaat uit vier grondankers die in een vierkant rond een middelpuntmarkering staan. De afstand van het grondanker tot het middelpunt is ruim 1 meter in vier windrichtingen. Ieder meetstation is met een hand-GPS ingemeten. Aan elk grondanker is een dyneema lijn bevestigd waarvan het uiteinde ongeveer 40 cm uit de bodem steekt. Hieraan is een aluminium ring bevestigd. De ringen zijn per windrichting-paar (noord & oost, zuid & west) waterpas aan de dyneema lijn bevestigd. Hiermee worden de punten op eventuele nazakking gecontroleerd. Tijdens een meting wordt met een liniaal met een brede voet de lengte tussen bodem en bovenkant van de ring gemeten (Figuur B2.2).



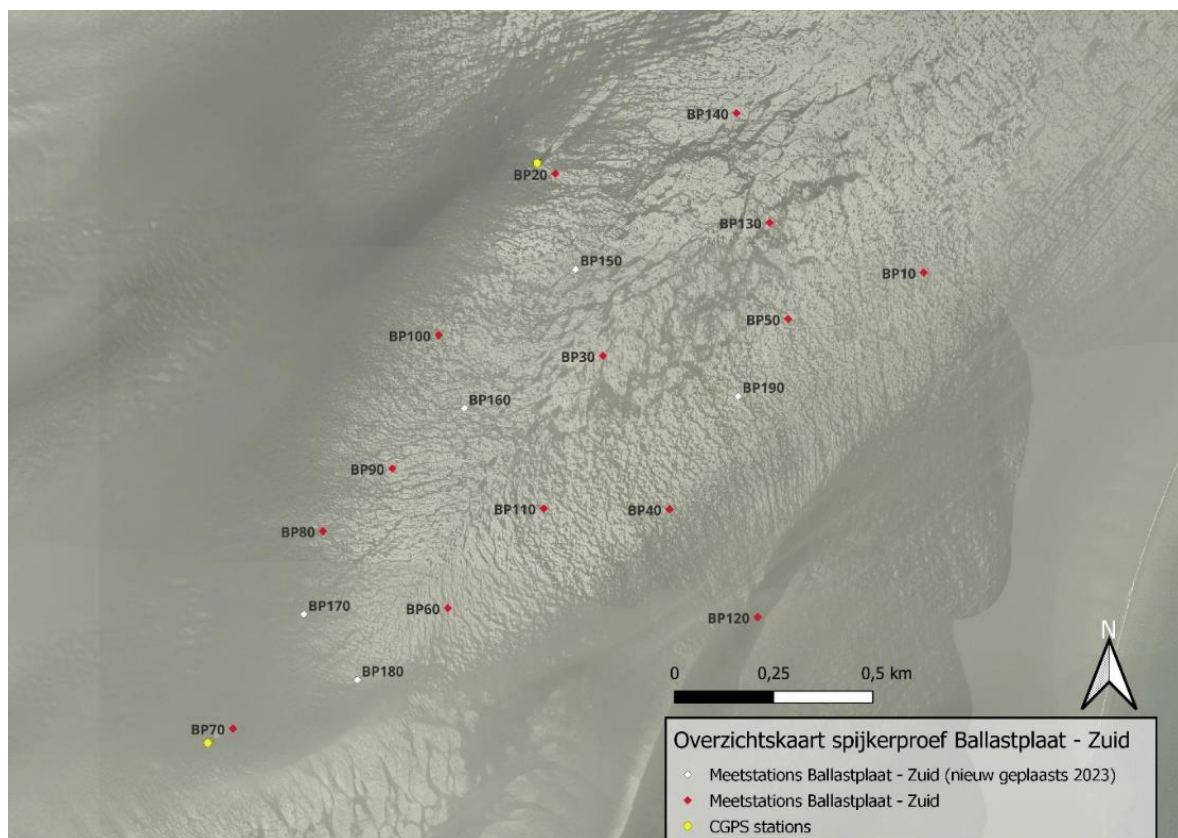
Figuur B2.1. Principeschema van de meetmethode om wad sedimentatie te monitoren. Indien na verloop van tijd een langere afstand tussen meetlabel en wadbodem gemeten wordt, is er sprake van erosie. Andersom is er sprake van sedimentatie. Er ontstaat dus een meetreeks waarbij de afwijking van de beginmeting in de tijd gevolgd wordt.



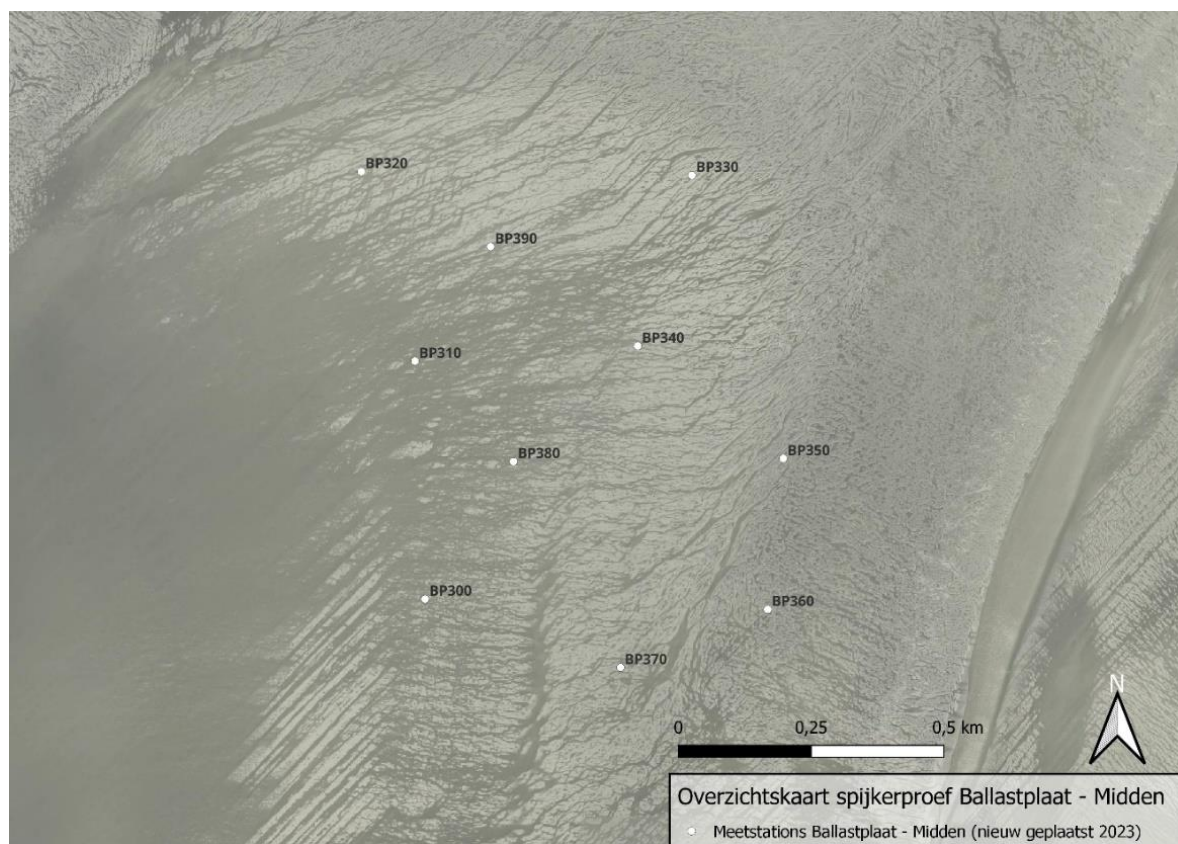
Figuur B2.2. Spijker meetmaterialen. Links: Meetliniaal met meetvoet. Deze wordt steeds op dezelfde wijze op de bodem gezet, waarna de lengte van het meettouw langs de schaal wordt afgelezen. Rechts: Aflezing van een meting tussen de bodem en de bovenkant van een ring. In dit geval 45,1 cm.

Voor de berekeningen van de spijkermetingen zijn alle beschikbare grond-ankers meegenomen. De vier grondankers worden gezien als eenzelfde meting en worden per station gemiddeld. Soms is een touwtje met meetlabel (tijdelijk) onvindbaar en vindt middeling over de wel beschikbare grondankers plaats. De NAP-hoogte wordt per spijkerpunt opgemeten bij de vier ankers en per meetstation gemiddeld.

In juni 2018 zijn 12 meetstations (BP10 t/m BP120) van ieder vier grondankers uitgezet. In september 2018 is het dertiende station BP130 toegevoegd en in juni 2019 is het veertiende station BP140 toegevoegd. Vervolgens zijn er in 2023 vijf extra meetstations tussen de bestaande stations geplaatst (BP 150 t/m 190) (Figuur B2.3) en tien referentie meetstations op Ballastplaat Midden 2 (BP300 t/m BP390) (figuur B2.3). De nieuwe stations op Ballastpaat Zuid en Midden zijn twee keer ingemeten, en worden in dit rapport voor het eerst meegenomen in de analyse. Hiermee wordt in totaal op 29 locaties de toekomstige sedimentatie/erosie aan het oppervlak van Ballastplaat gemeten en gemonitord. De hoogte van de bodem bij ieder grondanker is in 2020 en 2023 op Ballastplaat Zuid ingemeten met een DGPS-LRK- Topcon Hiper SR zodat de spijkermetingen aan deze hoogte gerelateerd kunnen worden. De nauwkeurigheid van deze hoogtemeting in de Z-richting bedraagt ongeveer 2,5 cm.



Figuur B2.3 Meetstations van de spijkermetingen en de vaste GPS stations op Ballastplaat-Zuid. In het rood de al bestaande meetstations en in het wit de nieuw geplaatste in 2023. In het geel de CGPS stations (gele paal) op het wad.



Figuur B2.4 Meetstations van de spijkermetingen op Ballastplaat Midden 2.

Bijlage 2.2 Sedimentsamenstelling- bemonstering

Door de jaren heen is er lichte variatie geweest in de bemonsterde punten binnen het project. De tabel hieronder geeft een overzicht van de punten op ballastplaat die door de jaren heen zijn meegenomen. Van 2018 tot 2022 werden er ook referentiepunten genomen op andere platen; Richel (n=8), Griend (n=8), Hendrik Tjaarsplaat (n=4). Doordat deze platen in sedimentsamenstelling sterk verschilden met de Ballastplaat is ervoor gekozen om deze te laten vervallen en vanaf 2023 referentiepunten Ballastplaat midden 1 & 2 toe te voegen.

De bemonstering wordt te voet gedaan gedurende laagtij. Op de monsterlocaties wordt middels een steekbuis (Ø 3,4 cm) tweemaal de bovenste 5 cm sediment bemonsterd. Alle monsters zijn random nabij de GPS locatie genomen. De exacte locaties van de monsters wijken 1-2 meter af van de locaties van de spijkerankers om te voorkomen dat de monitoring effect heeft op de sedimentatie/erosie metingen. Na bemonstering zijn de samples handmatig gemixt tot een homogeen mengsel.

Tabel B2.1 Overzicht sedimentsamenstelling meetpunten over de jaren heen..

	2018	2019	2020**	2021	2022	2023	2024
Ballastplaat SA (n=4)							
S1	X	X	X	X	X	X	X
S2	X	X	X	X	X	X	X
S3	X	X	X	X	X	X	X
S4	X	X	X	X	X	X	X
Ballastplaat SB (n=4)							
S5	X	X	X	X	X	X	X
S6	X	x	X	X	X	X	X
S7	X	X	X	X	X	X	X
S8	X	X	X	X	X	X	X
Ballastplaat Zuid (n=19)							
BP10	X	X	X	X	X	X	X
BP20	X	X	X	X	X	X	X
BP30	X	X	X	X	X	X	X
BP40	X	X	X	X	X	X	X
BP50	X	X	X	X	X	X	X
BP60	X	X	X	X	X	X	X
BP70	X	X	X	X	X	X	X
BP80	X	X	X	X	X	X	X
BP90	X	X	X	X	X	X	X
BP100	X	X	X	X	X	X	X
BP110	X	X	X	X	X	X	X

BP120	X	X	X	X	X	X	X
BP130	X	X	X	X	X	X	X
BP140	X	X	X	X	X	X	X
BP150						X	X
BP160						X	X
BP170						X	X
BP180						X	X
BP190						X	X
Ballastplaat Midden 1 (n=5)							
BP200						X	X
BP210						X	X
BP220						X	X
BP230						X	X
BP240						X	X
Ballastplaat Midden 2 (n=10)							
BP300						X	X
BP310						X	x
BP320						X	x
BP330						X	x
BP340						X	X
BP350						X	X
BP360						X	X
BP370						X	X
BP380						X	X
BP390						X	X

Bijlage 2.3 Sedimentsamenstelling - methode sedimentanalyse NIOZ

Alle sedimentmonsters zijn tot 96 uur gevriesdroogd en vervolgens gehomogeniseerd. Elk monster is over een 2 mm zeef ingewogen in een 13 ml PP reageerbuis (deeltjes groter dan 2 mm kunnen de meetcel beschadigen en worden dus niet gemeten). Vervolgens is Reversed Osmosis (RO) water toegevoegd om de sediment deeltjes in suspensie te brengen met een Vortex mixer. Daarna zijn de gevulde buizen in de Autoprep module van de Beckman Coulter LS 13 320 gezet. Voorafgaand aan het meten, vindt sonicatie van de monsters plaats om eventuele resterende verkleefde deeltjes te scheiden. Na het invullen van de bemonsteringgegevens in de gekoppelde computer zijn de monsters gemeten.

De verdeling van de korrelgrootte is bepaald op onbehandelde monsters, d.w.z. dat de organische stof en calciumcarbonaat niet uit de monsters worden verwijderd (biologische benadering). Deze methode is identiek aan de SIBES methode. Alle sedimenten zijn geanalyseerd met de Beckman Coulter LS 13 320 (Aqueous Liquid Module, optische module 'gray'). De Beckman Coulter LS 13 320 is een deeltjesgrootte analyzer, die werkt volgens het principe van laserdiffractie en lichtverstrooiingsmeting (Polarization Intensity Differential Scattering technology - PIDS). De methode werkt in grote lijnen als volgt: een laser vuurt een laserstraal af op de deeltjes in de meetcel. Het licht dat op de deeltjes komt wordt verstrooid in verschillende richtingen. Vervolgens pikken de 132 detectoren die rondom de meetcel geplaatst zijn het licht weer op. Aan de hand van de intensiteit van het licht en de hoek waaronder deze op de detectoren vallen, kan via een complex algoritme de grootte van het deeltje berekend worden. Bij de analyse worden 126 klassen onderscheiden tussen 0,04 - 2000 μm . Naast de korrelgrootteverdeling van de zandfractie is daarmee ook het percentage slib (volume % <63 μm) en de verdeling van de slibfractie bepaald. De korrelgrootteverdeling van de verschillende fracties is bepaald op basis van het volumepercentage.

Bijlage 2.4 Bemonsteringsmethode macrozoobenthos

De locaties worden lopend over de Ballastplaat tijdens laag water bemonsterd. Om de punten goed te kunnen bemonsteren is een getij nodig met een laagwaterstand van tenminste -80 cm NAP en goede weersomstandigheden.

In 2024 is dezelfde methodiek gebruikt die voor de metingen in 2022 en 2023 was verfijnd en vastgelegd (Kappers *et al.* 2023c; Kappers, 2024). Voor de benthossteken is gebruik gemaakt van een pvc steekbuis (Ø 10 cm, oppervlakte 0,0079 m², diepte ca. 20 cm), welke vacuüm getrokken kan worden. Per bemonsteringslocatie zijn drie bodemmonsters random op de locatie gestoken. De bodemsteken zijn in het veld met omgevingswater uitgezeefd (1 mm zeef) en de verzamelde bodemdieren uit de drie steken zijn samengenomen tot één monster per locatie (Figuur B2.5). Op dezelfde dag is in het lab alcohol toegevoegd aan de monsters om de bodemdieren te euthanaseren. De monsters werden vervolgens in de koelkast bewaard en binnen 72 uur geanalyseerd. Gedurende de analyse werden de bodemdieren met binoculair op soort gebracht (bij wormen veelal op geslacht of familie niveau). Daarnaast werd de grootte van de dieren genoteerd. Bij schelpdieren, wormen en kreeftachtigen werd de maximale lengte (mm) genoteerd. Bij schelpdieren is ook de maximale breedte gemeten. Bij schelpdieren groter dan 5 mm in lengte werd ook het natgewicht (g) gemeten. De lengte van gebroken wormen werd gereconstrueerd of geschat. Om dubbeltellingen te voorkomen, werden alleen fragmenten met een kop of top geteld. Wanneer de dichtheid van een soort in een monster groot was, werd het aantal geëxtrapoleerd op basis van een getelde deelsteekproef. Waar mogelijk zijn de organismen op soortniveau gedetermineerd (volgens methodiek Zwarts 1988; Zwarts *et al.* 2011). Het nemen van de benthosmonsters wordt gecombineerd met het uitvoeren van de spijkermetingen (m.u.v. maart) en sedimentsamples.



Figuur B2.5 Bodemonster voor en na het zeven in het veld.

Bijlage 2.5 Biomassa en dichtheden berekeningen van bodemdiergemeenschap

In dit onderzoek wordt de biomassa in mg AFDW van de macrozoobenthos berekend op basis van de onderstaande formule:

$$\text{mg AFDW} = \exp(a) \cdot L^b$$

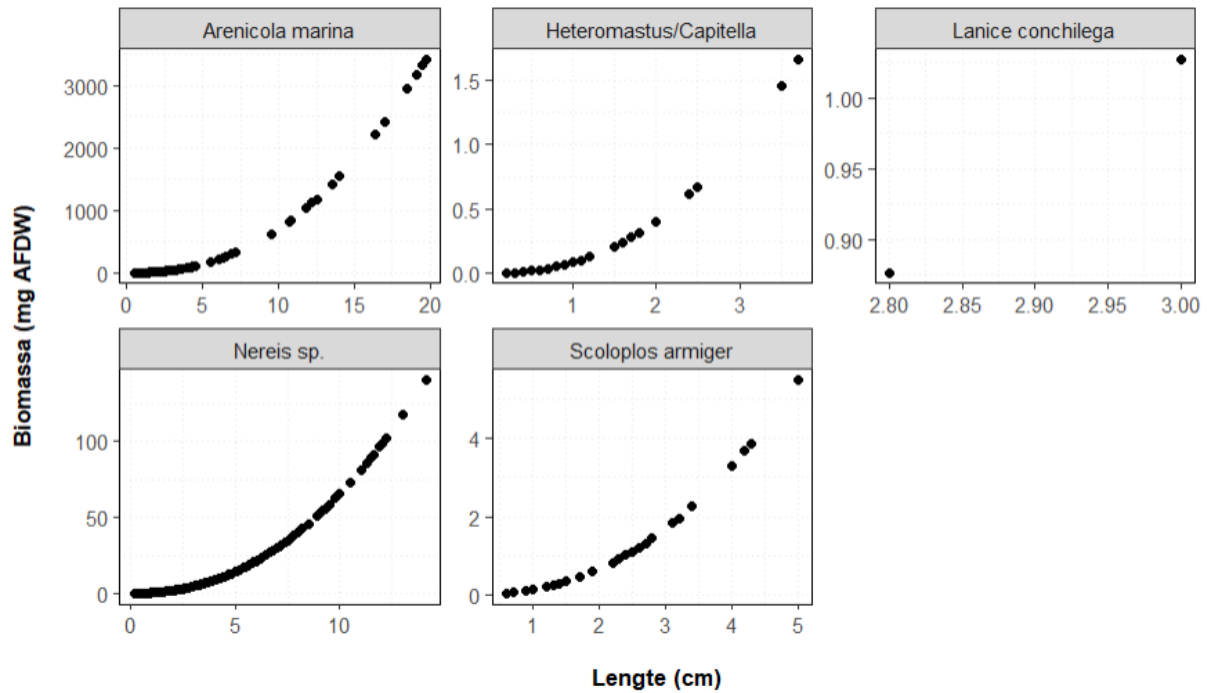
waar L de lengte is (in cm voor wormen en in mm voor schelpdieren en kreeftachtigen). De a en b coëfficiënten in deze formule zijn afhankelijk van de soort bodemdier en in sommige gevallen ook van de maand waarin het dier wordt aangetroffen (zie tabel B2.2 en tabel B2.3). De in deze analyse gebruikte coëfficiënten per soort en de corresponderende bronnen voor de formules zijn te vinden in de tabel hieronder.

Tabel B2.2 Gebruikte coëfficiënten per soort voor de berekening van AFDW (mg) met de formule $\exp(a) \cdot L^b$ voor de verschillende bodemdieren die zijn aangetroffen in de sampling.

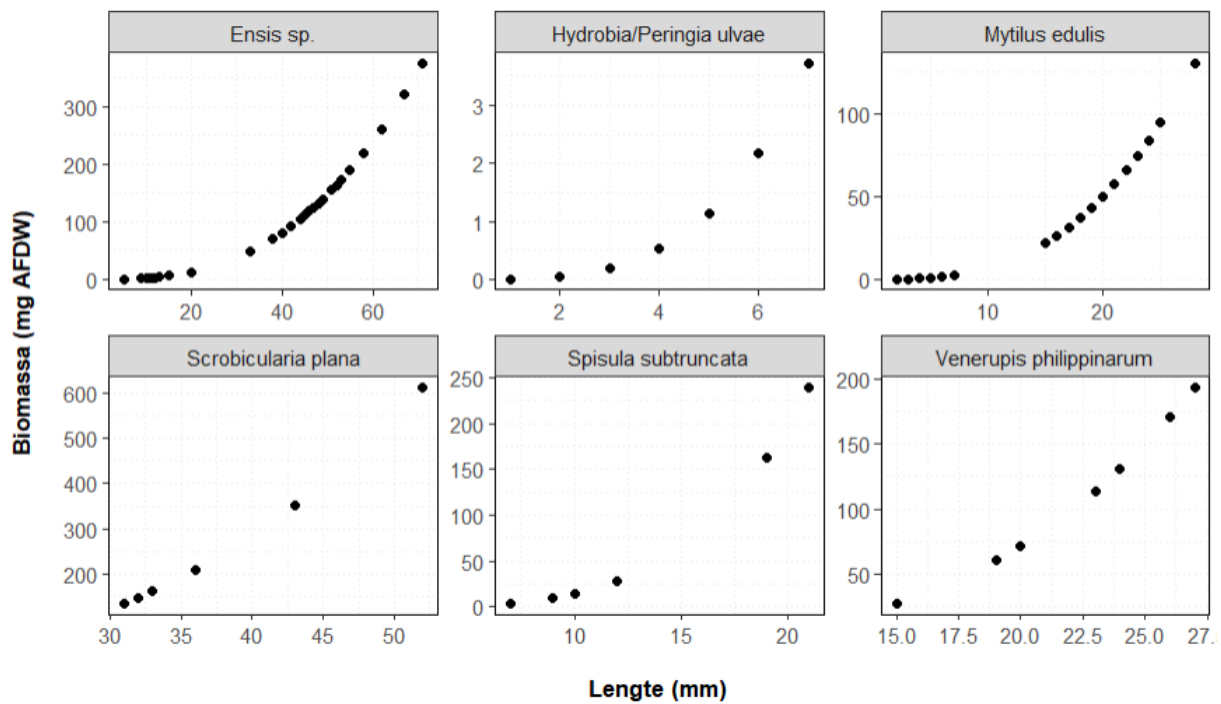
Type	Soort	a	b	Bron van formule
Kreeftachtige	<i>C. maenas</i>	-2.925	2.871	Zwarts & Wanink, 1993
	<i>C. volutator</i>	-5.244	2.800	Zwarts & Wanink, 1993
	<i>C. crangon</i>	-6.591	2.946	Zwarts, 1988
Schelpdier	<i>C. edule</i>	Per maand	Per maand	Zwarts, 1991
	<i>Ensis</i> sp.	-5.411	2.66	Witbaard <i>et al.</i> , 2013
	<i>H./P. ulvae</i>	-5.497	3.500	Zwarts, 2009; Zwarts <i>et al.</i> , 2011
	<i>M. balthica</i>	Per maand	Per maand	Zwarts, 1991
	<i>M. arenaria</i>	Per maand	Per maand	Zwarts, 1991
	<i>M. edulis</i>	-4.596	2.840	Zwarts & Wanink, 1993
	<i>S. plana</i>	-5.044	2.900	Zwarts, 1991
	<i>S. subtruncata</i>	-6.215	3.840	Degraer <i>et al.</i> , 2007
	<i>V. philippinarum</i>	-5.613	3.300	Hasegawa & Higano, 2010
Worm	<i>A. marina</i>	1.190	2.330	Zwarts & Wanink, 1993
	<i>Heteromastus/Capitella</i>	-2.500	2.300	Zwarts <i>et al.</i> , 2011
	<i>L. conchilega</i>	-2.500	2.300	Zwarts, 2009; Zwarts <i>et al.</i> , 2011
	<i>N. hombergii</i>	-0.183	2.017	Zwarts & Wanink, 1993
	<i>Nereis</i> sp.	-0.898	2.208	Zwarts & Wanink, 1993
	<i>S. armiger</i>	-2.000	2.300	Zwarts <i>et al.</i> , 2011

Tabel B2.3 Gebruikte coëfficiënten per soort per maand voor de berekening van AFDW (mg) met de formule $\exp(a) \cdot Lb$ voor drie schelpdierssoorten: *C. edule*, *M. balthica*, *M. arenaria* (uit bron Zwarts 1991).

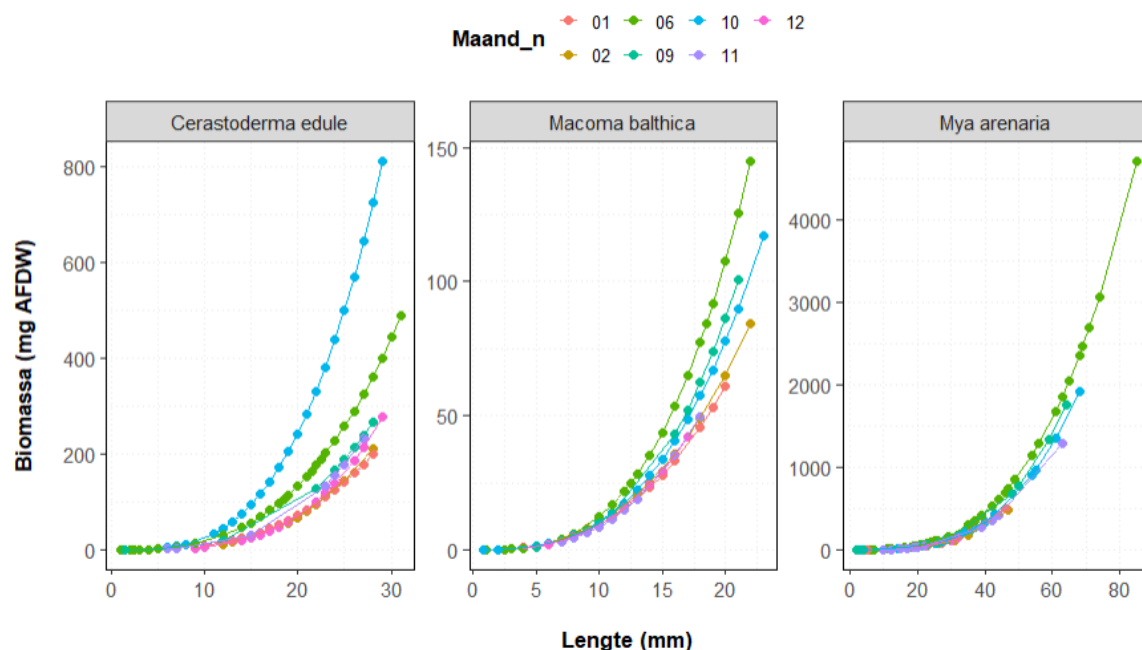
Maand	Coëfficiënten per soort					
	<i>C. edule</i>		<i>M. balthica</i>		<i>M. arenaria</i>	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Januari	-4.747	3.014	-3.984	2.702	-6.610	3.351
Februari	-5.943	3.390	-3.830	2.673	-6.825	3.382
Maart	-6.263	3.480	-3.421	2.510	-6.342	3.270
April	-4.933	3.137	-3.490	2.593	-5.514	3.056
Mei	-3.957	2.886	-3.672	2.765	-4.955	2.996
Juni	-4.004	2.969	-4.667	3.120	-5.358	3.110
Juli	-4.464	3.128	-4.706	3.098	-5.988	3.258
Augustus	-4.429	2.974	-4.759	3.063	-5.793	3.153
September	-4.620	3.063	-4.839	3.104	-6.439	3.344
Oktober	-4.276	3.259	-4.373	2.914	-6.046	3.224
November	-5.804	3.414	-4.740	2.992	-6.058	3.192
December	-6.699	3.659	-4.297	2.836	-6.539	3.330



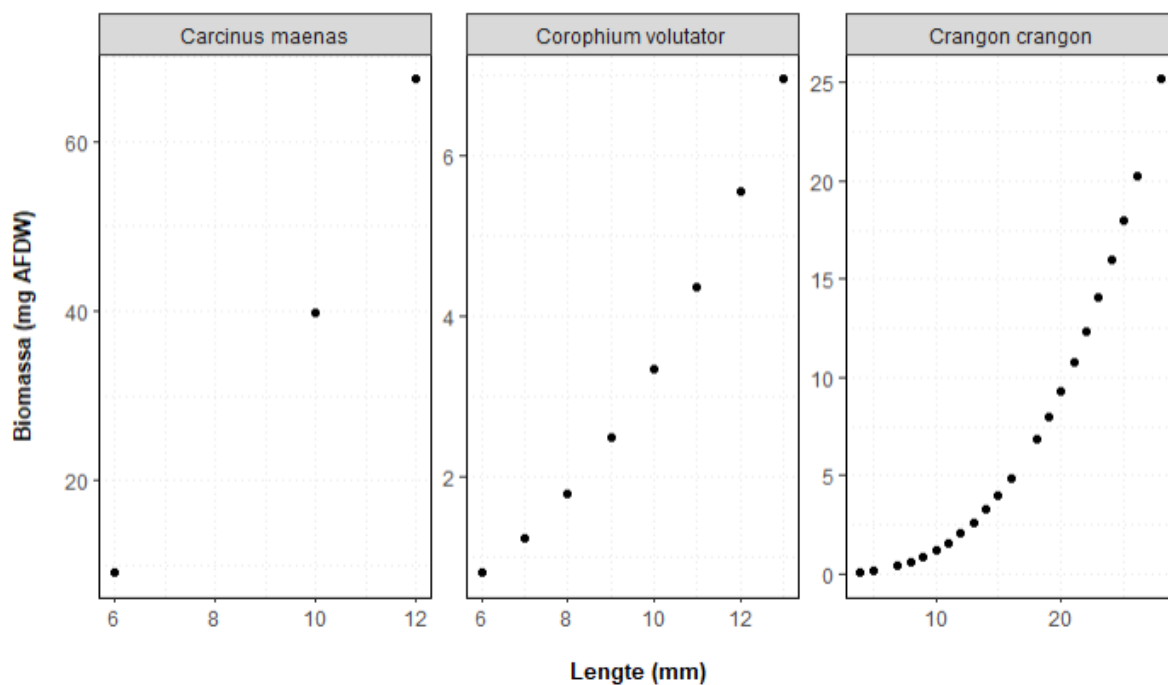
Figuur B2.6. Biomassa in AFDW (mg) berekend aan de hand van lengte (in cm) met de formule $\exp(a) \cdot L^b$ voor vier in 2022 t/m 2024 bemonsterde wormensoorten.



Figuur B2.7. Biomassa in AFDW (mg) berekend aan de hand van lengte (in mm) met de formule $\exp(a) \cdot L^b$ voor zes in 2022 t/m 2024 bemonsterde schelpdiersoorten.



Figuur B2.8. Biomassa in AFDW (mg) berekend aan de hand van lengte (in mm) met de formule $\exp(a) \cdot L^b$ voor drie in 2022 t/m 2024 bemonsterde schelpdiersoorten waarvan coëfficiënten per maand zijn bekend (Zwarts 1991).



Figuur B2.9. Biomassa in AFDW (mg) berekend aan de hand van lengte (in mm) met de formule $\exp(a) \cdot L^b$ voor drie in 2022 t/m 2024 bemonsterde kreeftachtigen.

Bijlage 2.6 Vogeldieet en draagkracht berekeningen

In dit onderzoek wordt de draagkracht berekening enkel gebaseerd op de biomassa van bodemdieren die door de betreffende vogel worden gegeten. Om deze berekeningen uit te kunnen voeren is uitgegaan van het dieet gebaseerd op Folmer *et al.* (2022) (tabel B2.4). De hoeveelheid beschikbaar voedsel per vogelsoort (biomassa asvrijdrooggewicht) per getij, is bepaald middels de formule uit het WadMap model (Rappoldt *et al.* 2019). Hierin zijn de volgende proxies gebruikt:

$$\text{Biomassa_oogstbaar_droog} = \sum_{i=1}^n Bi \times Si \times Ei$$

Waar:

Bi = De totale biomassa (in gram asvrijdrooggewicht per m²) van de benthossoorten in bemonsteringspunt *i* voor zover die deel uitmaken van het dieet van de beschouwde vogelsoort.

Si = Het aan bemonsteringspunt *i* toegekende oppervlak ('surface area'), gecorrigeerd voor de grenzen van het beschouwde deelgebied en het gebruik van foerageergebieden, en eventueel gecorrigeerd voor de oppervlakteverandering bij bodemdaling.

Ei = De gemiddelde droogvalduur ('exposure time') voor het bemonsteringspunt *i*, berekend met de waterstanden van Harlingen tijdens het kalenderjaar van de datum van bemonstering van de benthos. Een droogvalduur is een proportie van de tijd binnen een dag en is dus een getal tussen de 0 en 1.

De uitkomst van de formule wordt omgerekend in ton. Voor de eerste benadering van de berekening van de gemiddelde hoeveelheid voedsel per getij voor de geselecteerde vogelsoorten, zijn voor de huidige analyse de volgende stappen doorlopen:

1. Ruimtelijke opdeling in deelgebieden Ballastplaat Zuid

In deze stap is een ruimtelijke opdeling gemaakt van de Ballastplaat Zuid (BP 10 t/m BP140) aan de hand van de locaties van de bemonsteringen. De grenzen liggen hierbij op dezelfde afstand tussen de locaties, of voor de buitenste punten, op 200 m afstand van de locaties. Het oppervlak in m² is uitgerekend middels GIS.

2. Bepalen biomassa (in ton asvrijdrooggewicht) per deelgebied

Voor de bepaling van de biomassa aan voedsel per deelgebied is de totale biomassa per m² per locatie vermenigvuldigd met de oppervlakte van de ruimtelijk bepaalde deelgebieden en omgerekend naar ton asvrijdrooggewicht.

3. Bepalen gemiddelde hoogte per deelgebied

Vervolgens is de gemiddelde hoogte per locatie bepaald op basis van de RTK-GPS hoogtes gemeten bij de spijkermetingen.

4. Bepalen gemiddelde droogvalduur

De gemiddelde droogvalduur per kalenderjaar van de bemonstering per deelgebied is bepaald op basis van de gemiddelde hoogtes per deelgebied en de waterstanden gemeten in Harlingen. Deze bepaling geeft duidelijk inzicht in de rol van hoogteveranderingen versus de rol van waterstandsverschillen in de droogvalduurpercentages.

Tabel B2.4. Overzicht proisoorten en beschikbare grootteklassen voor bergeend, scholekster, kanoet, bonte strandloper, tureluur, rosse grutto, wulp en zilverplevier. Groen: stapelvoedsel en aanvullende voedselbronnen; licht blauw: sporadische voedselbronnen (Folmer et al. 2022). Voor de kreeftachtigen en de schelpdieren vertegenwoordigen de cijfers de minimale en maximale lengte (mm) die de vogelsoorten selecteren.

Proisoort			Vogelsoort							
Type	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Bergeend	Scholekster	Kanoet	Bonte strandloper	Tureluur	Rosse grutto	Wulp	Zilverplevier
Kreeftachtige	<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrab			5-30	5-15	3-20	5-25	3-35	3-30
	<i>Corophium sp.</i>	Slijkgarnaal				0-20	3-Inf		0-100	0-Inf
	<i>Crangon crangon</i>	Gewone garnaal			2-30	5-30	3-30		0-25	
	<i>Gammarus sp.</i>	Vlokreeftjes							0-100	
Schelpdier	<i>Abra alba</i>	Witte dunschaal			9-16	5-12				
	<i>Abra tenuis</i>	Tere dunschaal			9-16	5-12				
	<i>Cerastoderma edule</i>	Kokkel		10-Inf	5-12	5-12	3-15			5-10
	<i>Ensis directus</i>	Amerikaanse zwaardschede		10-Inf						
	<i>Hydrobia/Peringia ulvae</i>	Wadslakje					1-Inf			
	<i>Littorina littorea</i>	Alikruikje							10-100	
	<i>Macoma balthica</i>	Nonnetje		10-Inf	9-16	5-12	3-15	10-30	5-15	5-10
	<i>Mya arenaria</i>	Strandgaper		10-Inf	7-17				30-60	
	<i>Mytilus edulis</i>	Mossel		12-Inf	5-20					
	<i>Scrobicularia plana</i>	Platte slijkgaper		10-Inf	7-14	5-12			5-15	
	<i>Tellina tenuis</i>	Tere platschelp								
Worm	<i>Alitta succinea</i>	Ambergele zeeduizendpoot								
	<i>Arenicola marina</i>	Wadpier								
	<i>Capitella capitata</i>	Slangpier								
	<i>Nereis diversicolor</i>	Veelkleurige zeeduizendpoot								
	<i>Heteromastus filiformis</i>	Rode draadworm								

<i>Lanice conchilega</i>	Schelpkokerworm								
<i>Marenzelleria viridis</i>	Gewone groenworm								
<i>Nephtys hombergii</i>	Zandzager								
<i>Pygospio elegans</i>	Zandpijp								
<i>Scoloplos armiger</i>	Wapenworm								

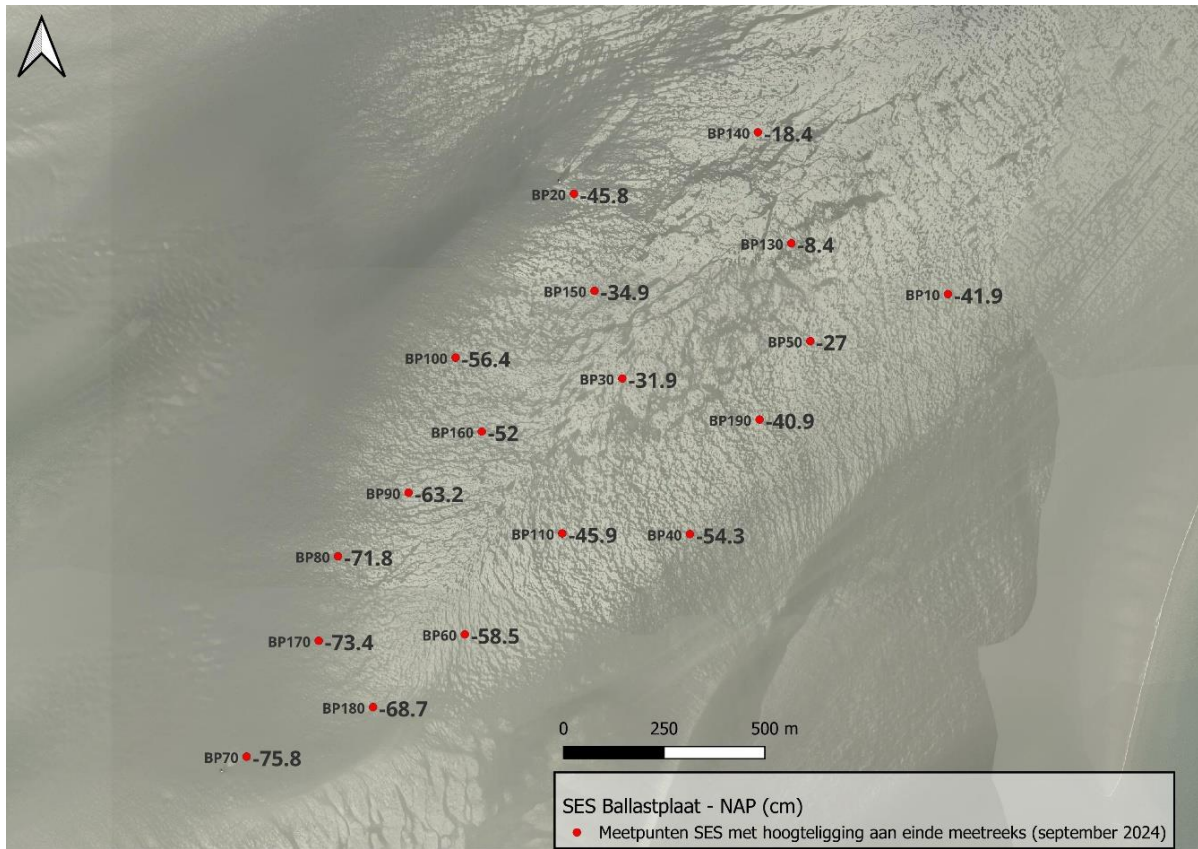
Bijlage 3 Spijkermeetstations en GPS meetwaarden

Ballastplaat Zuid

Tabel B3.1 geeft een overzicht van de locaties van de spijkermetingen en hoogtemetingen van de punten op Ballastplaat Zuid. De hoogteligging ten opzichte van NAP van ieder station is in maart 2024 ingemeten (Figuur B3.1). Meetpunt BP120 is in het voorjaar van 2022 vervallen. Door een storm is de bodem omgewoeld. Hierdoor zijn de touwtjes van het meetpunt onvindbaar geworden.

Tabel B3.1 Coördinaten van meetstations met hoogte in cm NAP op de Ballastplaat Zuid. De hoogte van de oudere meetstations zijn in september 2020 ingemeten met een Topcon Hiper SR RTK/GPS apparaat met een nauwkeurigheid van $\pm 2,5$ cm.

			cm	
			RTK-GPS	
Meetlocaties Ballastplaat-Zuid			Datum Plaatsing	26-3-2024
Locatie	X (RD)	Y (RD)		Z (NAP)
BP10	156.077	580.681	20-6-2018	-41,9
BP20	155.148	580.930	20-6-2018	-45,8
BP30	155.268	580.471	20-6-2018	-31,9
BP40	155.436	580.084	20-6-2018	-54,3
BP50	155.735	580.564	20-6-2018	-27,0
BP60	154.877	579.835	26-6-2018	-58,5
BP70	154.335	579.531	26-6-2018	-75,8
BP80	154.562	580.029	26-6-2018	-71,8
BP90	154.737	580.187	26-6-2018	-63,2
BP100	154.854	580.523	26-6-2018	-56,4
BP110	155.119	580.086	26-6-2018	-45,9
BP130	155.688	580.807	25-9-2018	-8,4
BP140	155.605	581.083	14-6-2019	-18,4
BP150	155.199	580.689	13-6-2023	-34,9
BP160	154.919	580.339	13-6-2023	-52,0
BP170	154.514	579.819	13-6-2023	-73,4
BP180	154.649	579.654	13-6-2023	-68,7
BP190	155.609	580.369	13-6-2023	-40,9



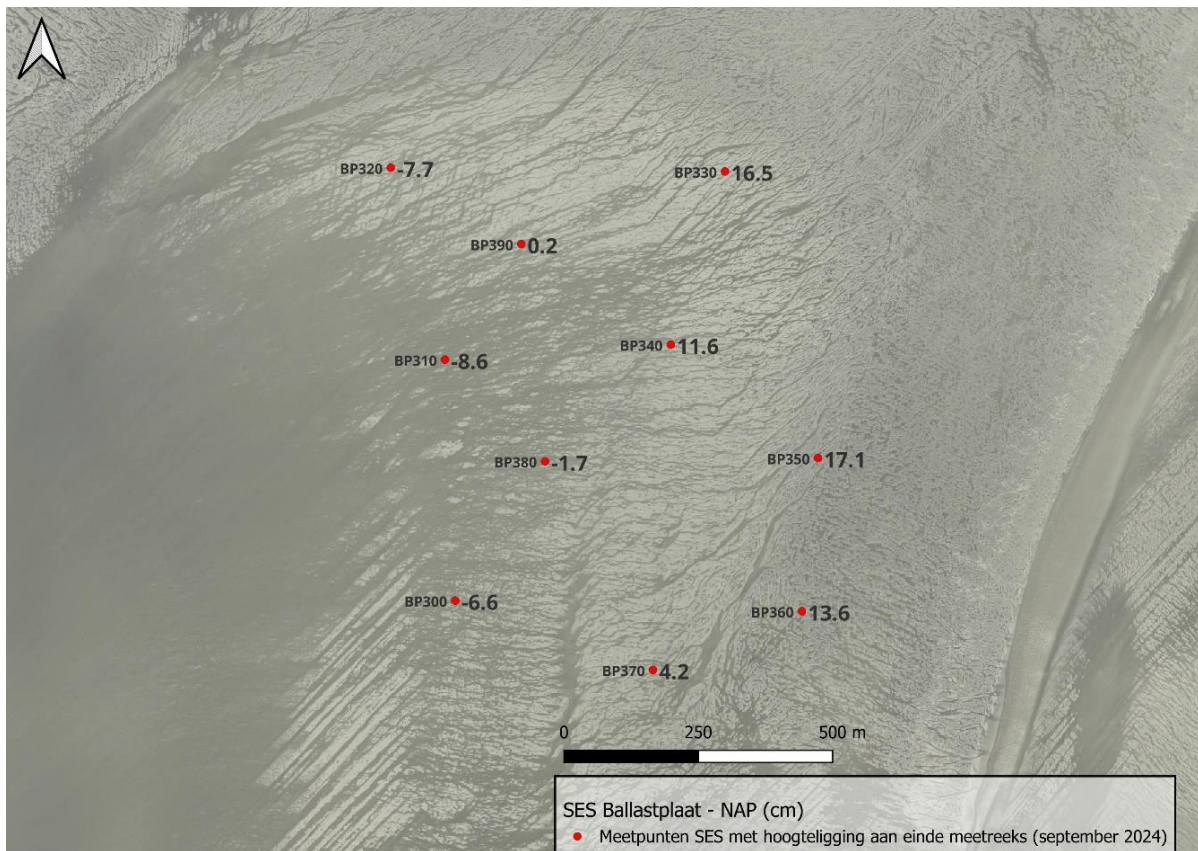
Figuur B3.1 Locaties van de meetstations op Ballastplaat Zuid met bij ieder station de hoogteligging (NAP) in centimeter (absolute metingen maart 2024).

Ballastplaat Midden 2

In 2023 zijn tien meetstations uitgezet op Ballastplaat Midden 2. Tabel B3.2 geeft een overzicht van de locaties van de spijkermetingen, de datum van plaatsing en hoogtemeting. In figuur B3.2 zijn de stations ingetekend op een satellietbeeld.

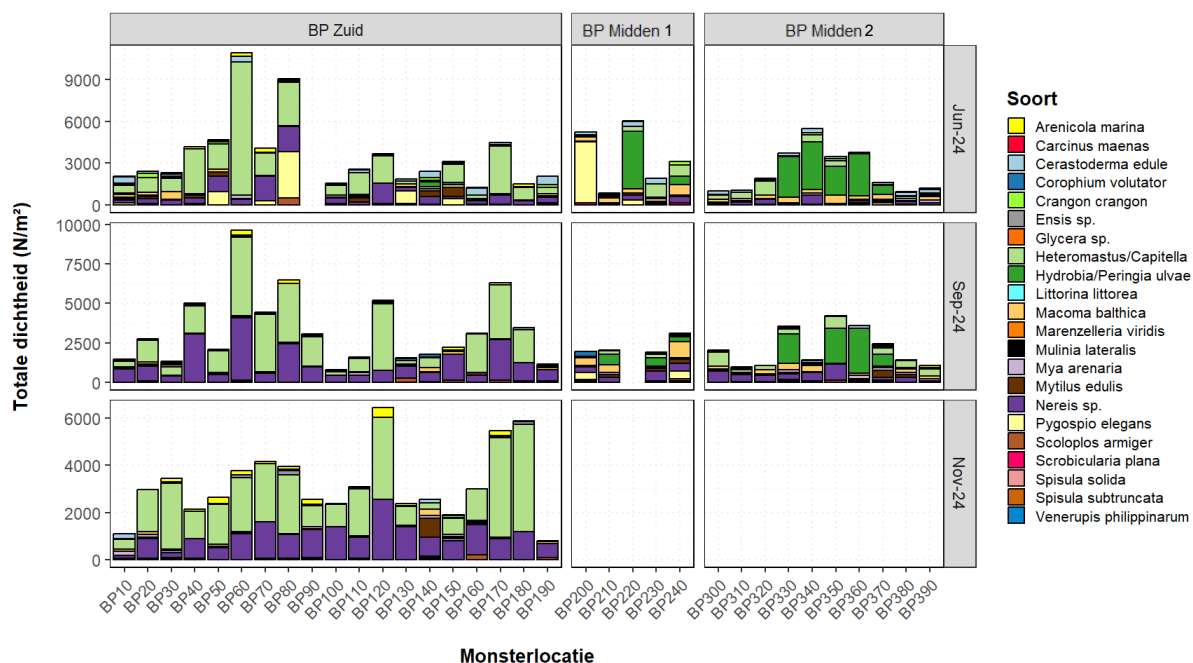
Tabel B3.2 Coördinaten van meetstations met hoogte in cm NAP op de Ballastplaat Midden 2. De hoogte van de meetstations zijn in maart 2024 ingemeten met een Topcon Hiper SR RTK/GPS apparaat met een nauwkeurigheid van $\pm 2,5$ cm.

Meetlocaties Ballastplaat Midden 2			Datum Plaatsing	GPS-RTK
Locatie	X (RD)	Y (RD)		Z (NAP)
BP300	156.080	583.091	28-6-2023	-6,6
BP310	156.061	583.539	28-6-2023	-8,6
BP320	155.960	583.896	28-6-2023	-7,7
BP330	156.582	583.889	28-6-2023	16,5
BP340	156.481	583.567	28-6-2023	11,6
BP350	156.755	583.356	28-6-2023	17,1
BP360	156.725	583.071	28-6-2023	13,6
BP370	156.448	582.962	28-6-2023	4,2
BP380	156.247	583.350	28-6-2023	-1,7
BP390	156.203	583.754	28-6-2023	0,2

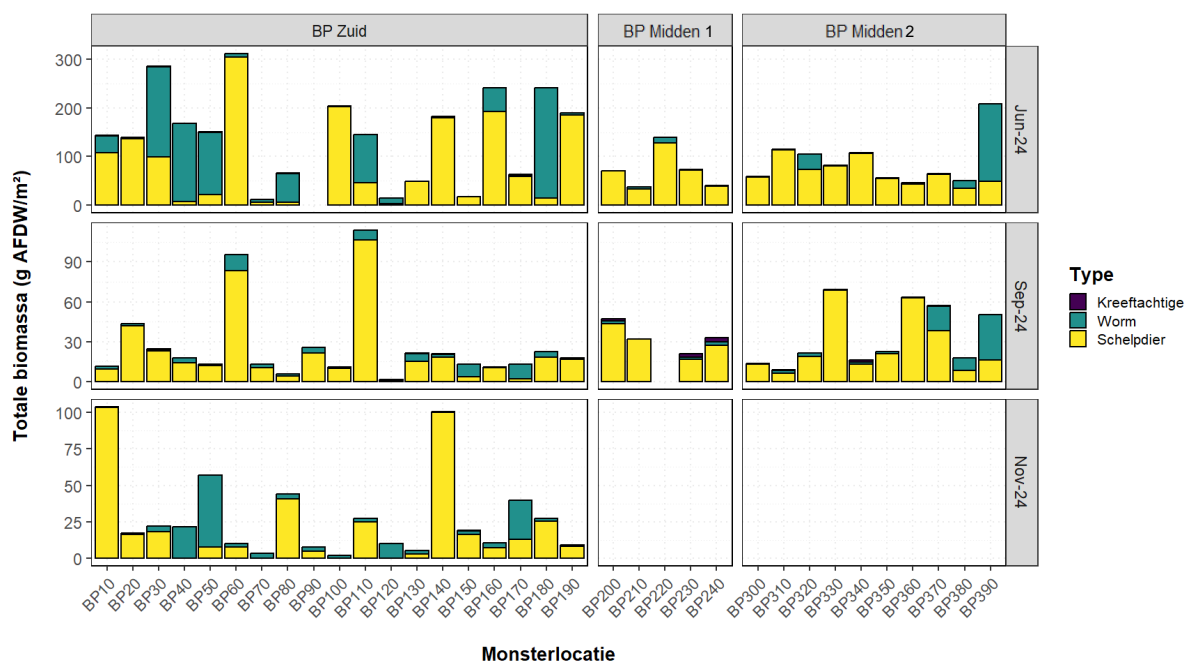


Figuur B3.2 Locaties van de meetstations op Ballastplaat Midden 2 met bij ieder station de hoogteligging (NAP) in centimeter (absolute metingen maart 2024).

Bijlage 4 Uitkomsten analyse macrozoobenthos

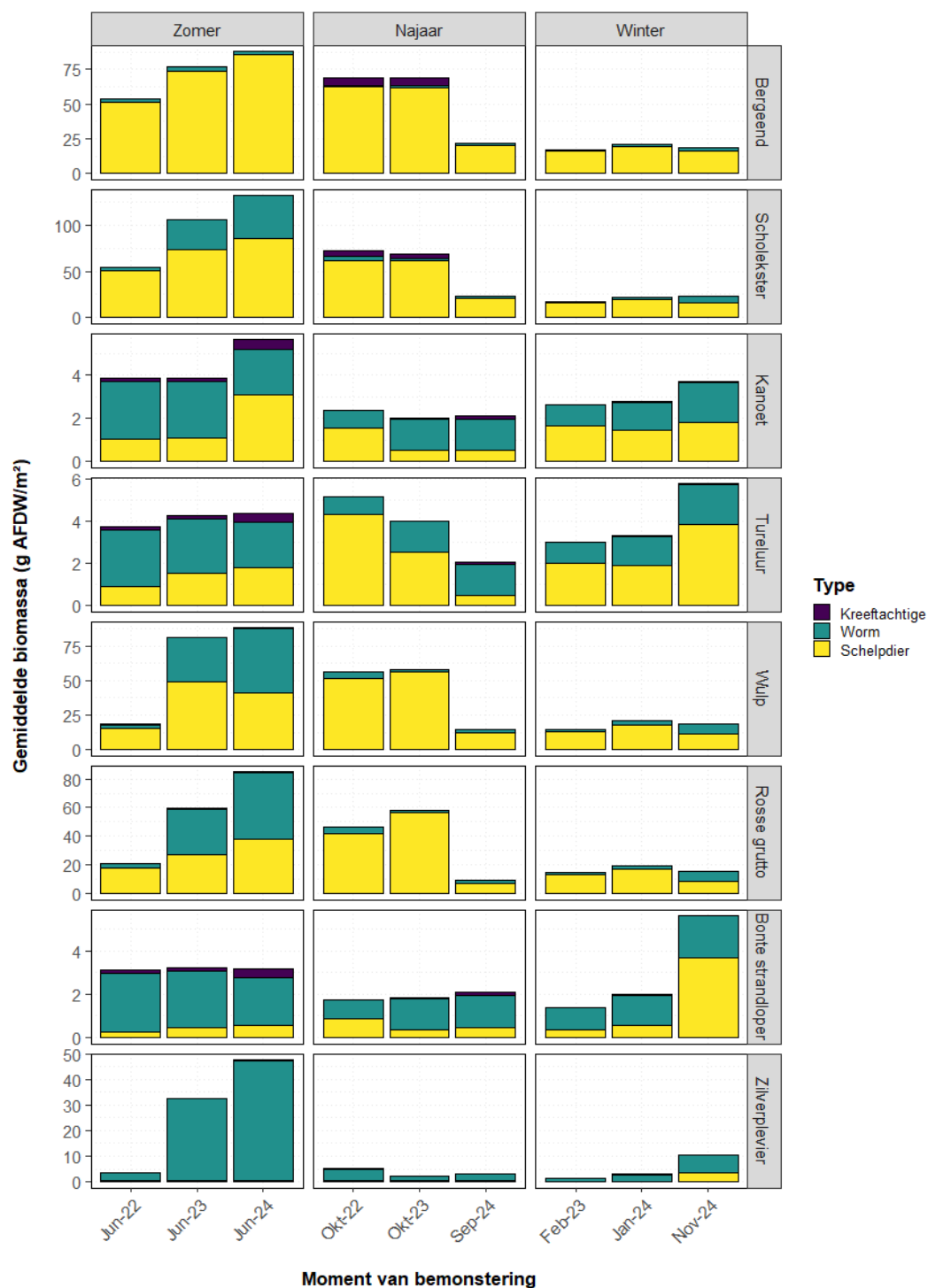


Figuur B4.1. Totale bodemdierdichtheid (aantal/m²) per bemonsteringsmoment op de verschillende meetpunten binnen Ballastplaat Zuid (19 punten), Midden 1 (5 punten) en Midden 2 (10 punten) aangegeven per bodemdiersoort.



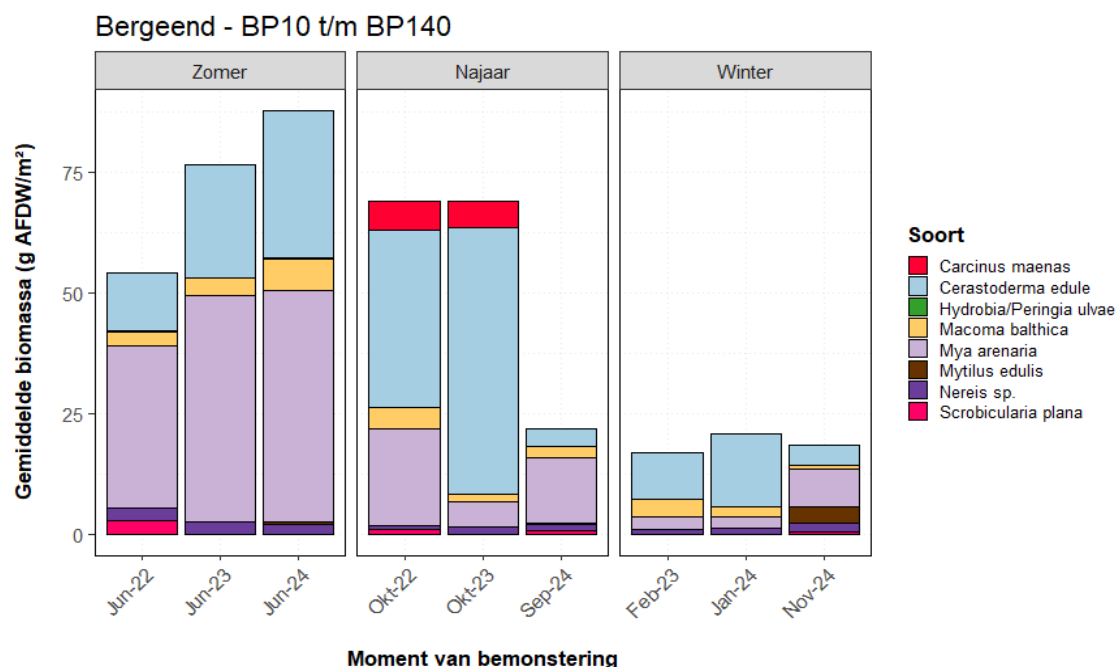
Figuur B4.2. Totale bodemdierbiomassa (g AFDW/m²) per bemonsteringsmoment op de verschillende meetpunten binnen Ballastplaat Zuid (19 punten), Midden 1 (5 punten) en Midden 2 (10 punten) aangegeven per bodemdiertype (schelpdier, worm, kreeftachtige).

Bijlage 5 Bemonsterd benthos voor vogels

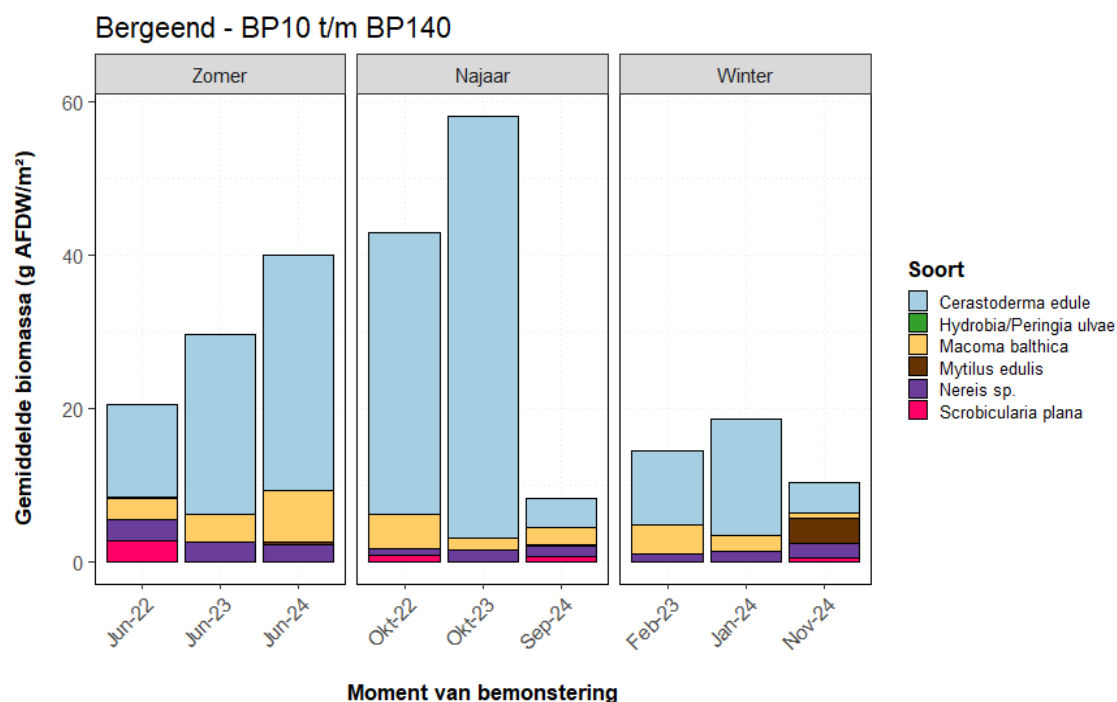


Figuur B5.1. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen per benthostype voor de Bergeend, Scholekster, Kanoet, Tureluur, Wulp, Rosse grutto, Bonte strandloper en Zilverplevier op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per vogel.

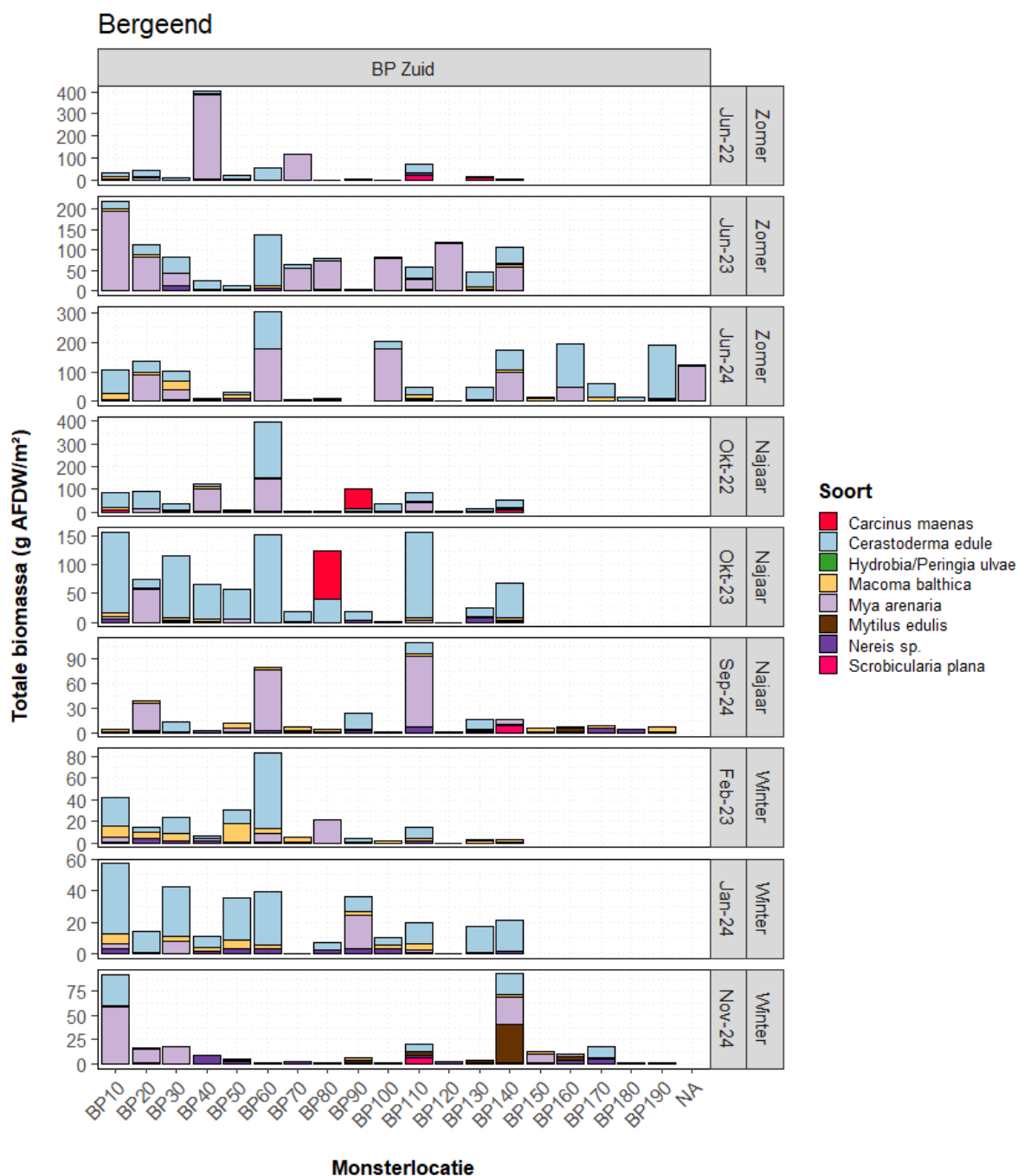
Bijlage 5.1 Bergeend



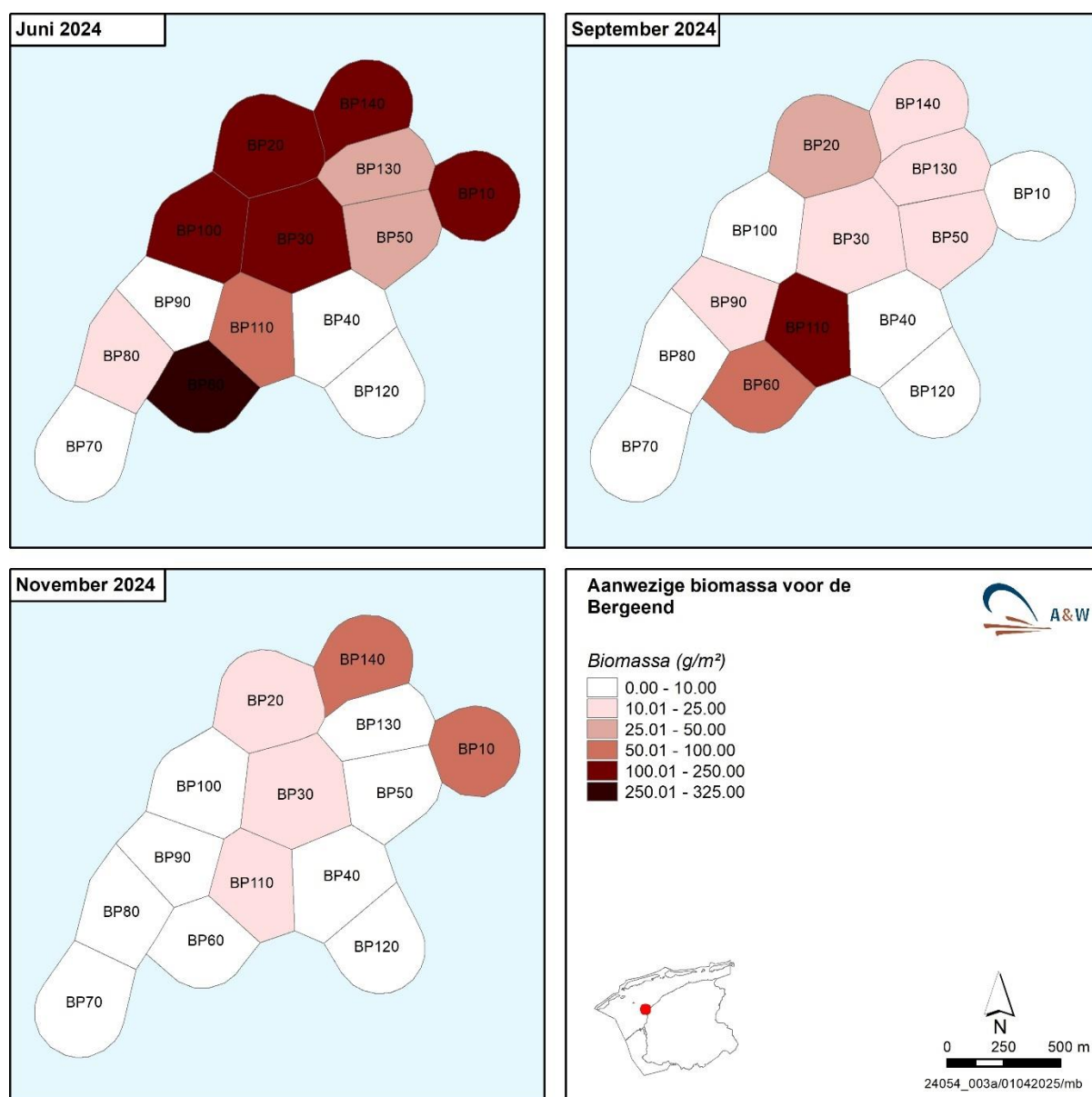
Figuur B5.2. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Bergeend op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024



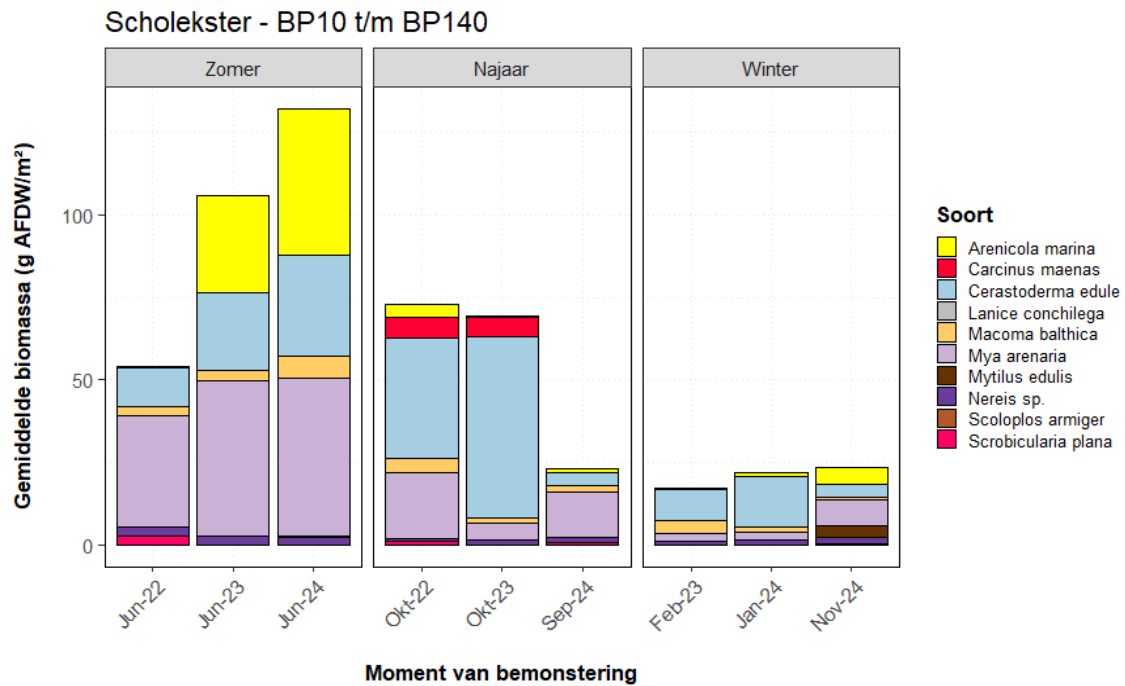
Figuur B5.3. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel en aanvullende (zonder sporadische) voedselbronnen voor de Bergeend op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.



Figuur B5.4. Totale prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Bergeend op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per bemonstering.

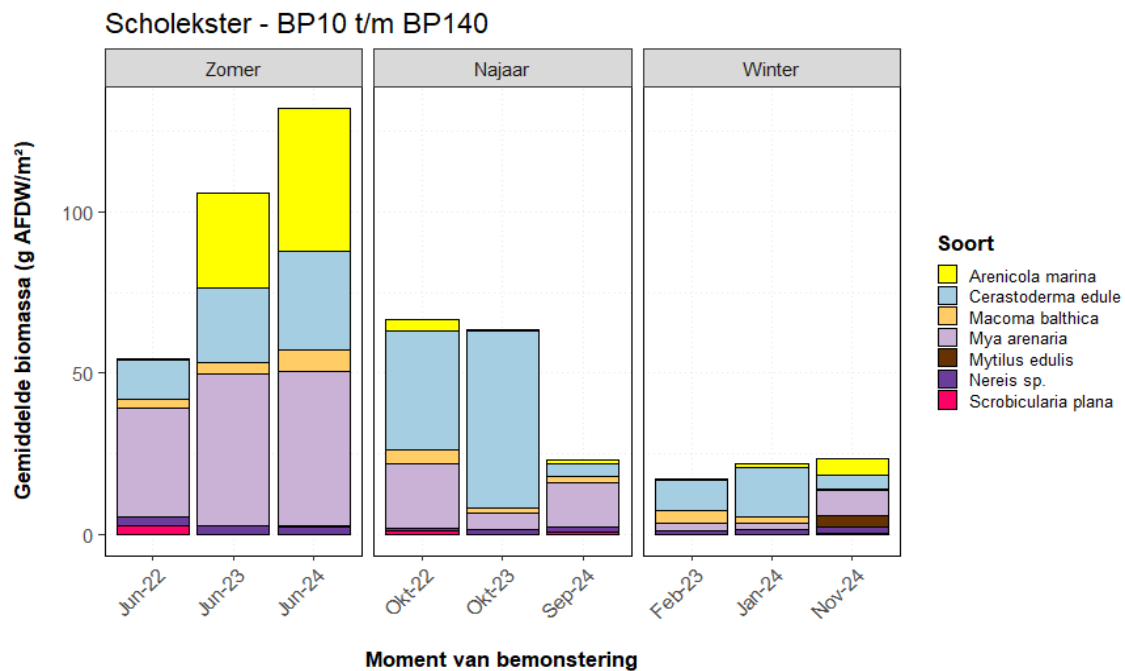


Figuur B5.5. Aanwezige prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Bergeend op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen van het monitoringsjaar 2024.

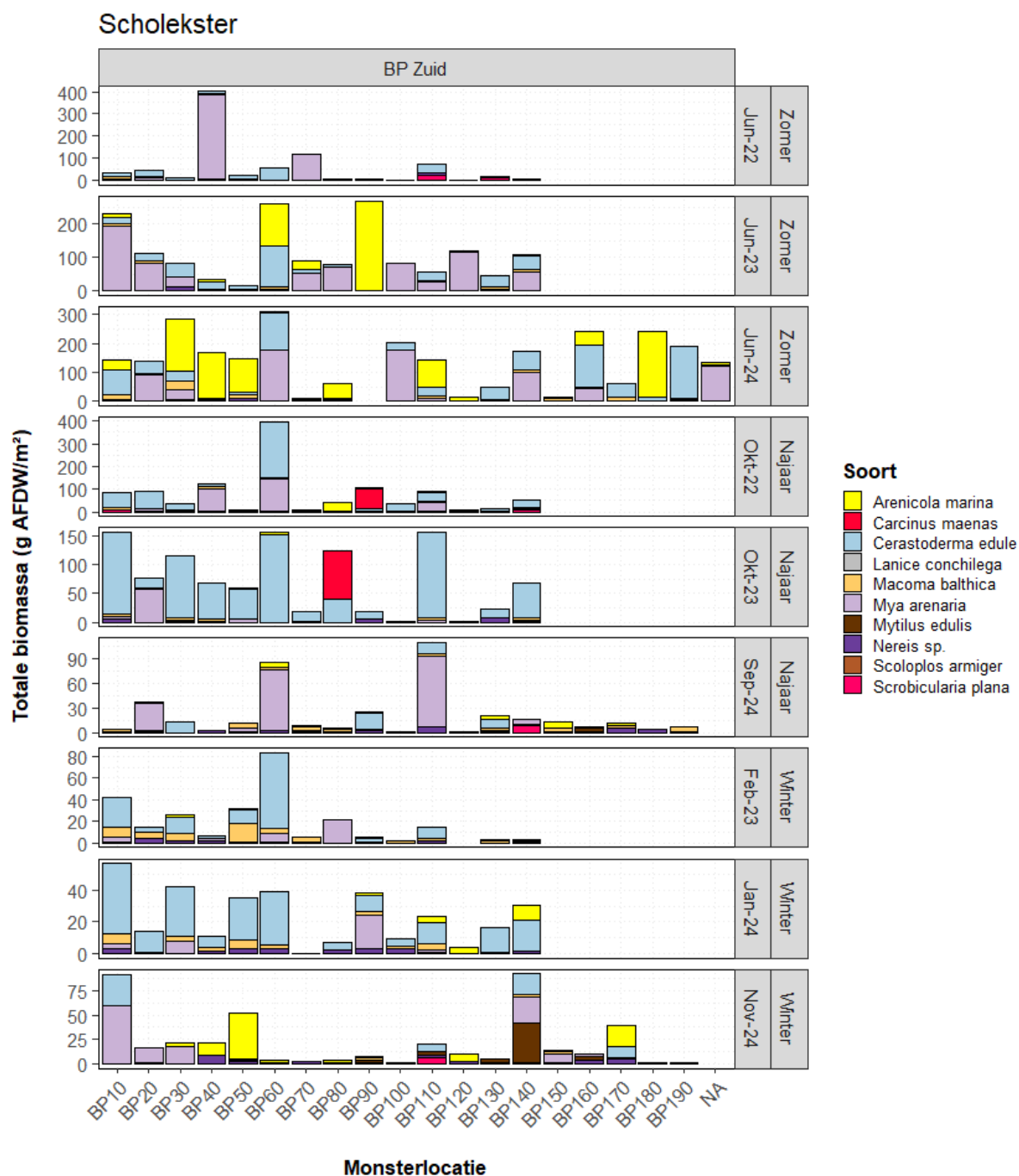


Bijlage 5.2 Scholekster

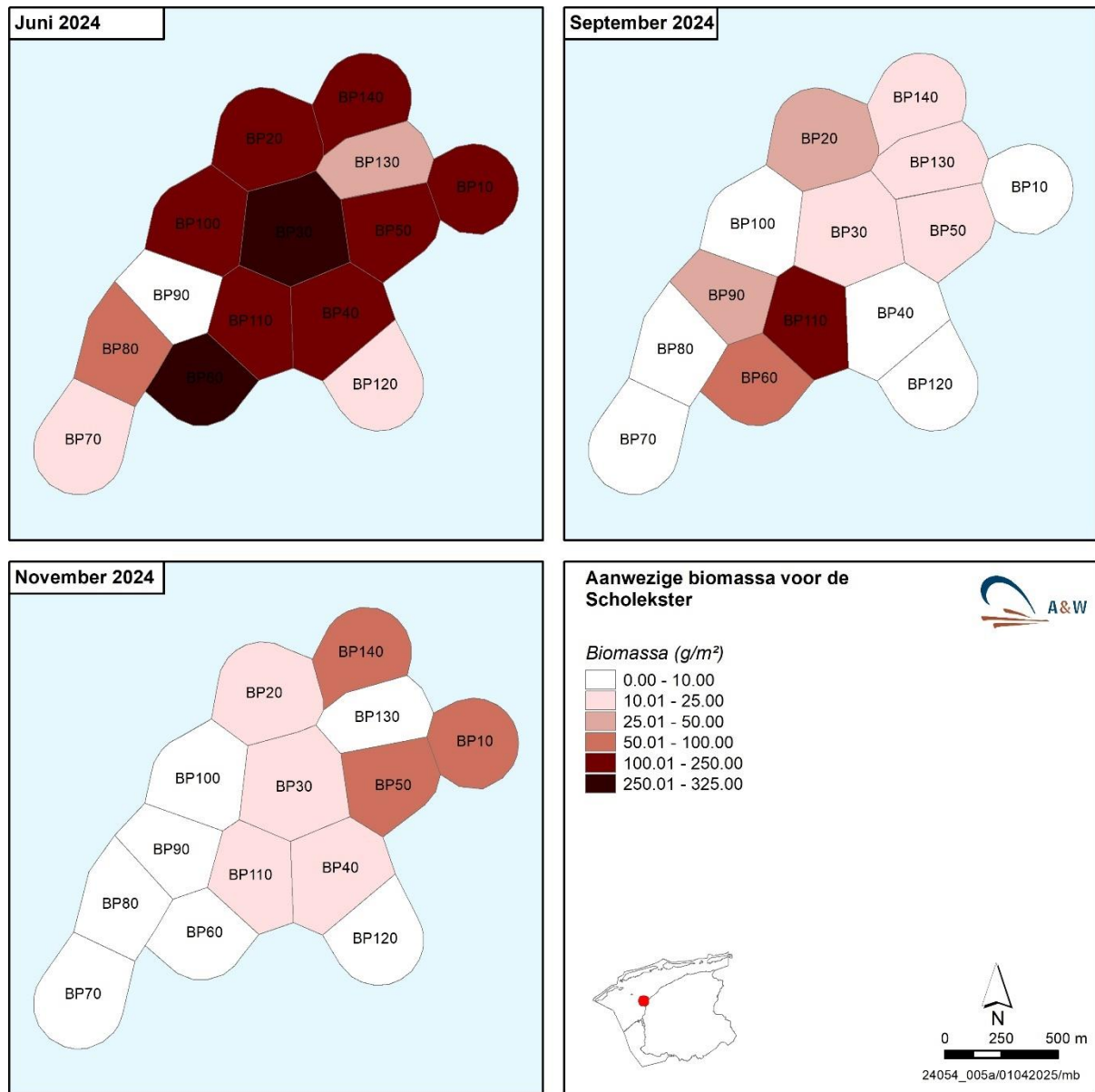
Figuur B5.6. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Scholekster op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.



Figuur B5.7. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel en aanvullende (zonder sporadische) voedselbronnen voor de Scholekster op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.



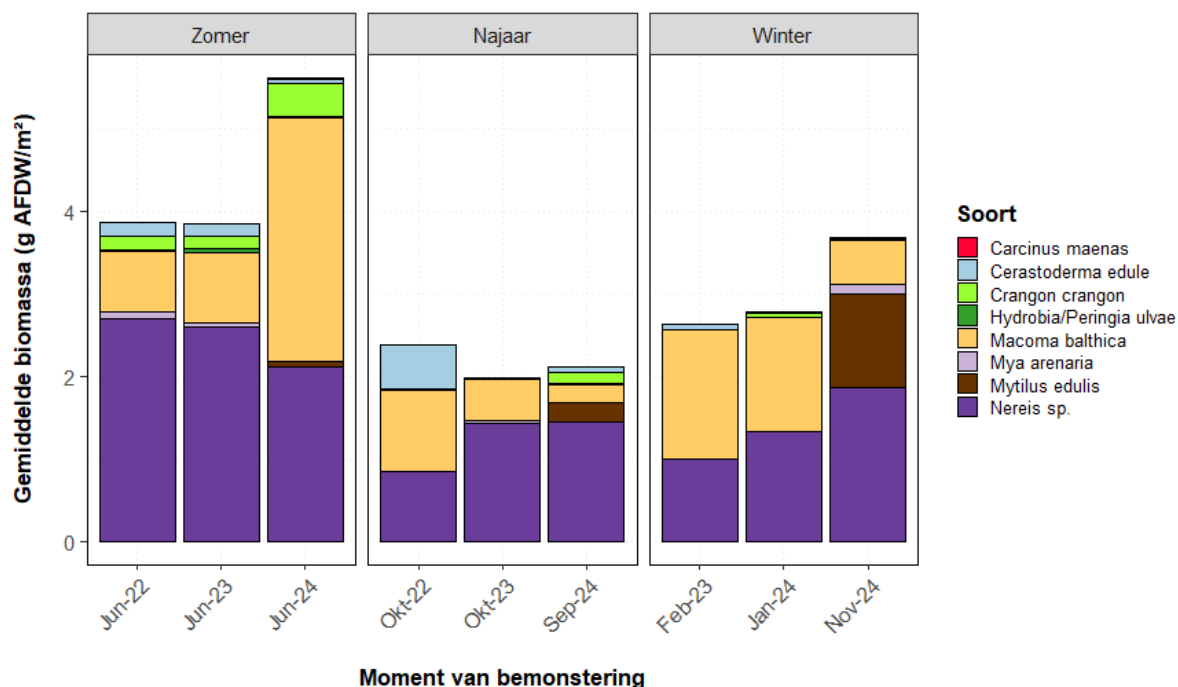
Figuur B5.8 Totale prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Scholekster op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per bemonstering.



Figuur B5.9 Aanwezige prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Scholekster op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen van het monitoringsjaar 2024.

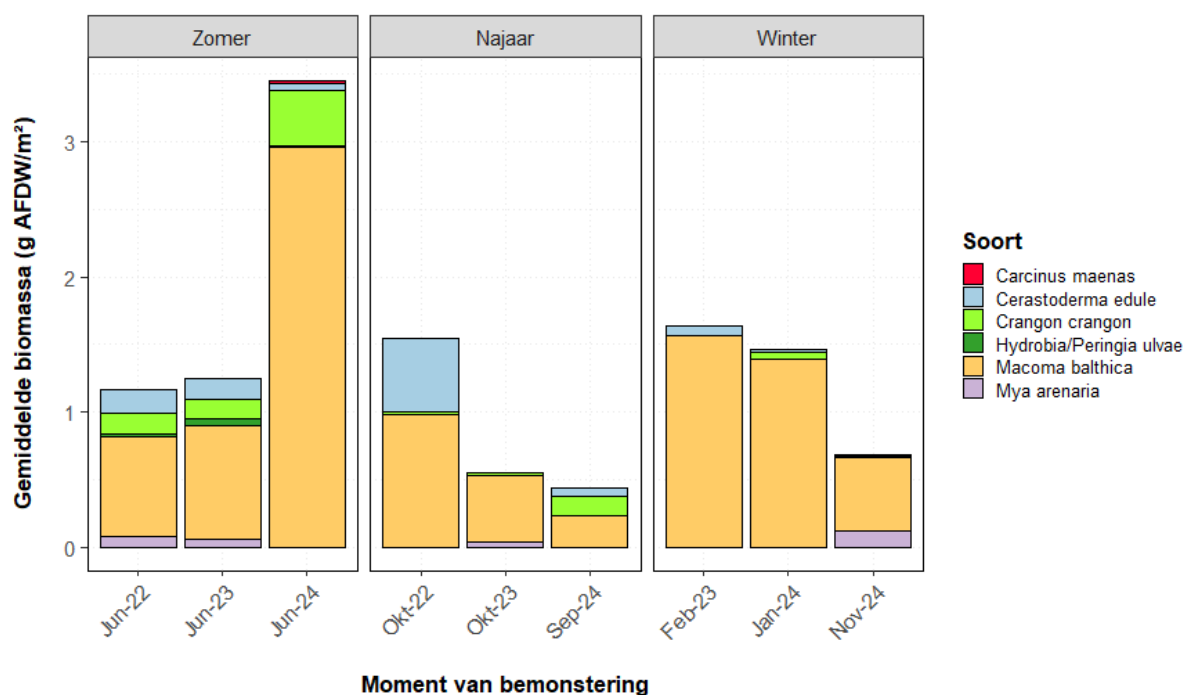
Bijlage 5.3 Kanoet

Kanoet - BP10 t/m BP140

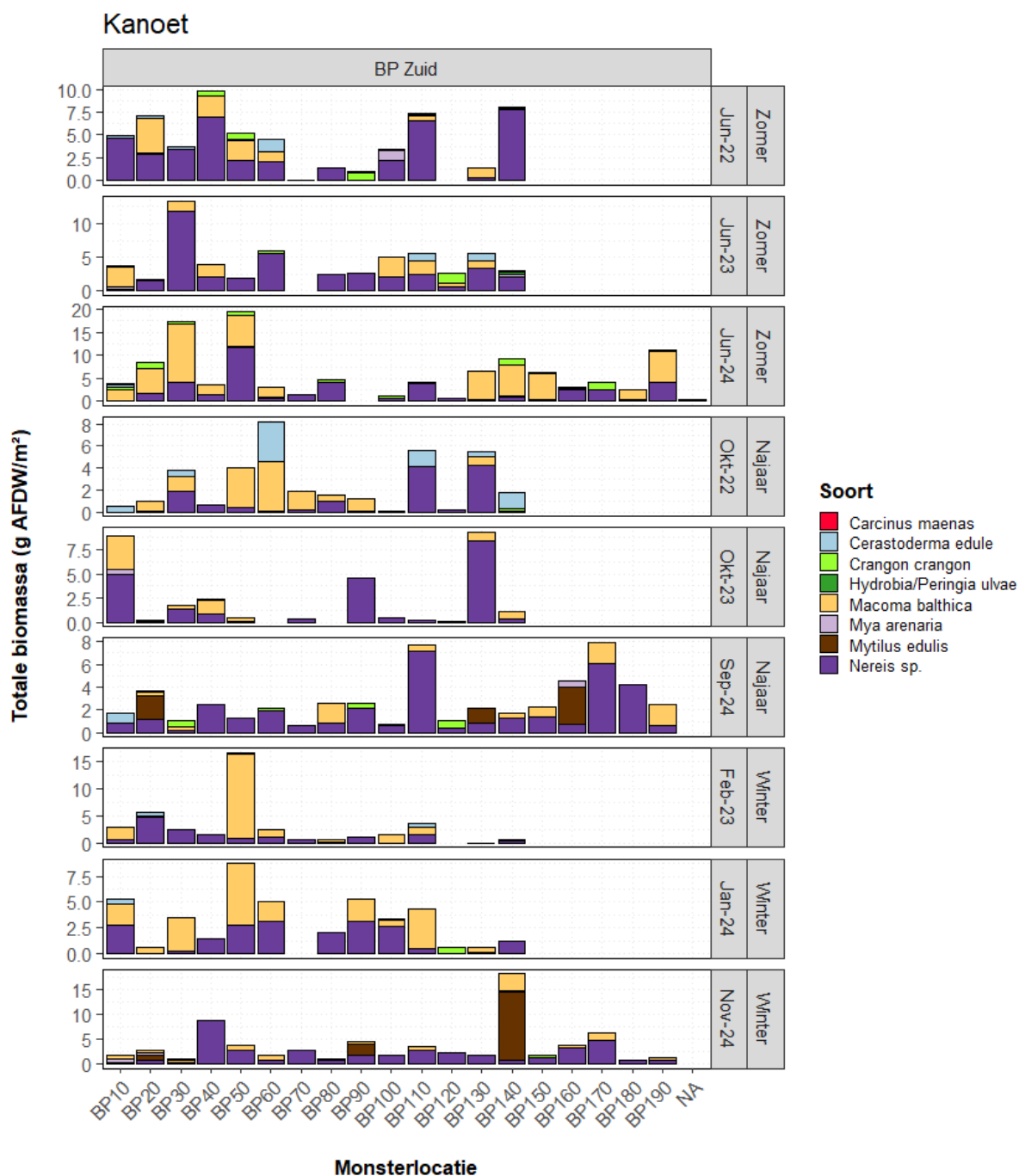


Figuur B4.10. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Kanoet op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.

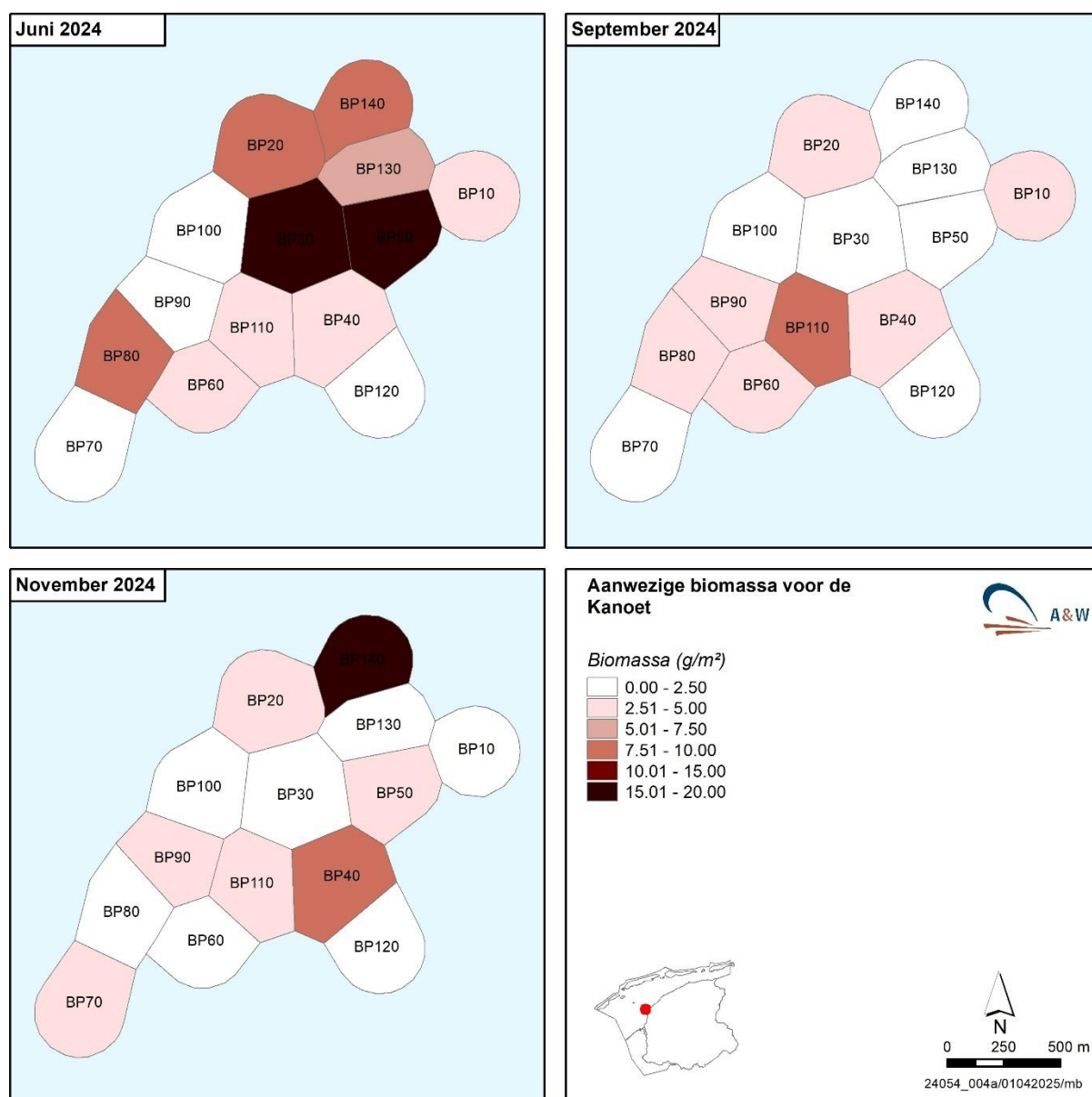
Kanoet - BP10 t/m BP140



Figuur B5.11. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel en aanvullende (zonder sporadische) voedselbronnen voor de Kanoet op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.

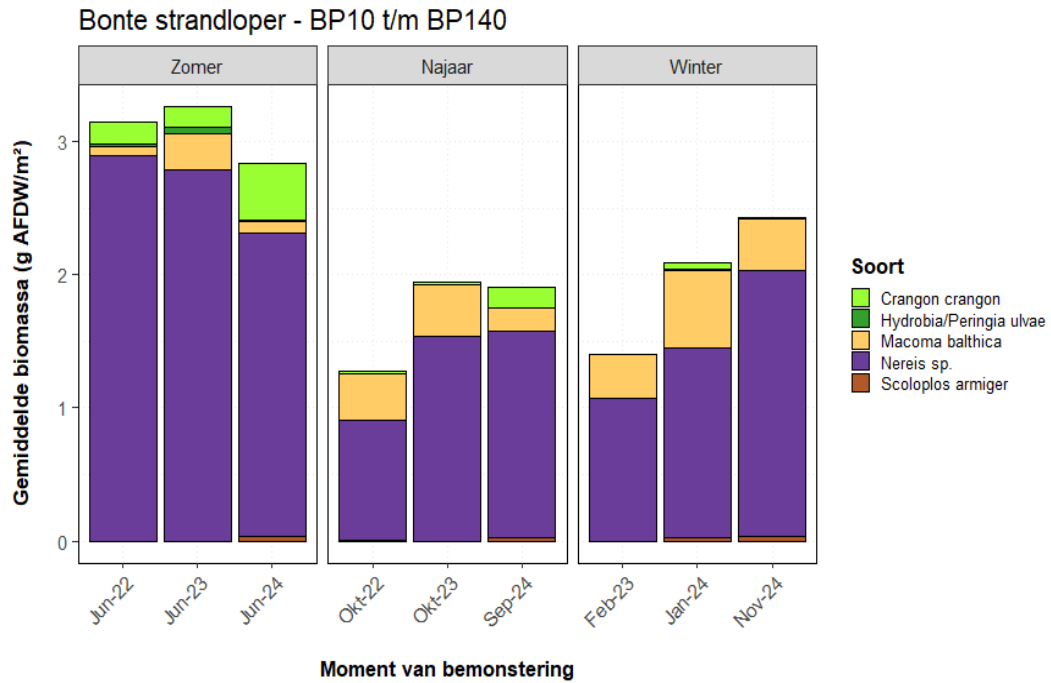


Figuur B5.12. Totale prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Kanoet op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per bemonstering.

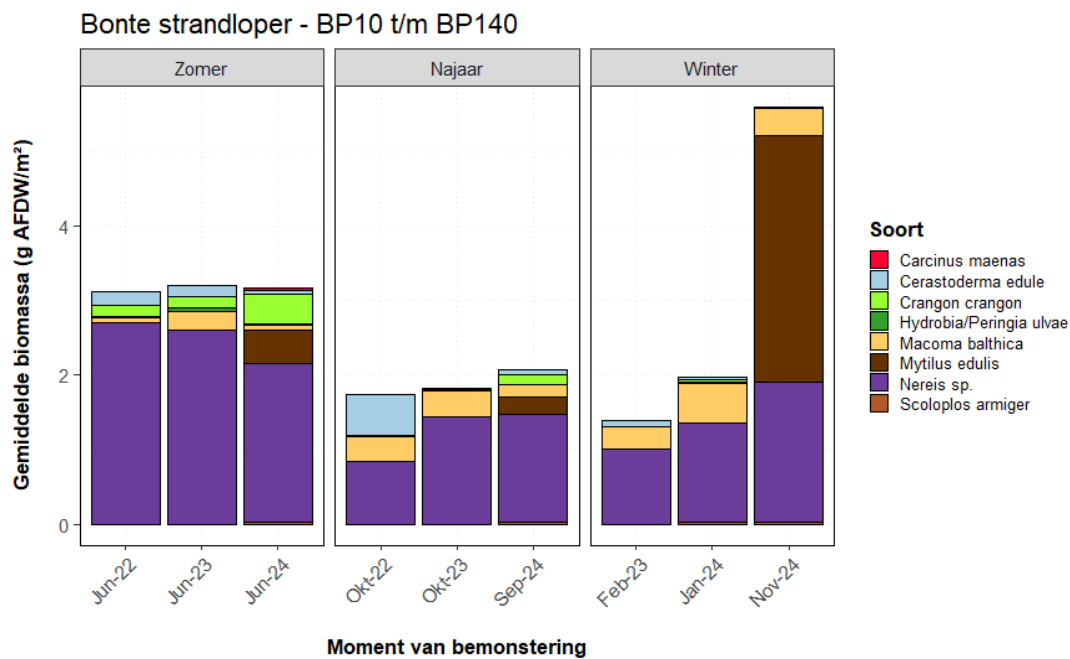


Figuur B5.13. Aanwezige prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Kanoet op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen van het monitoringsjaar 2024.

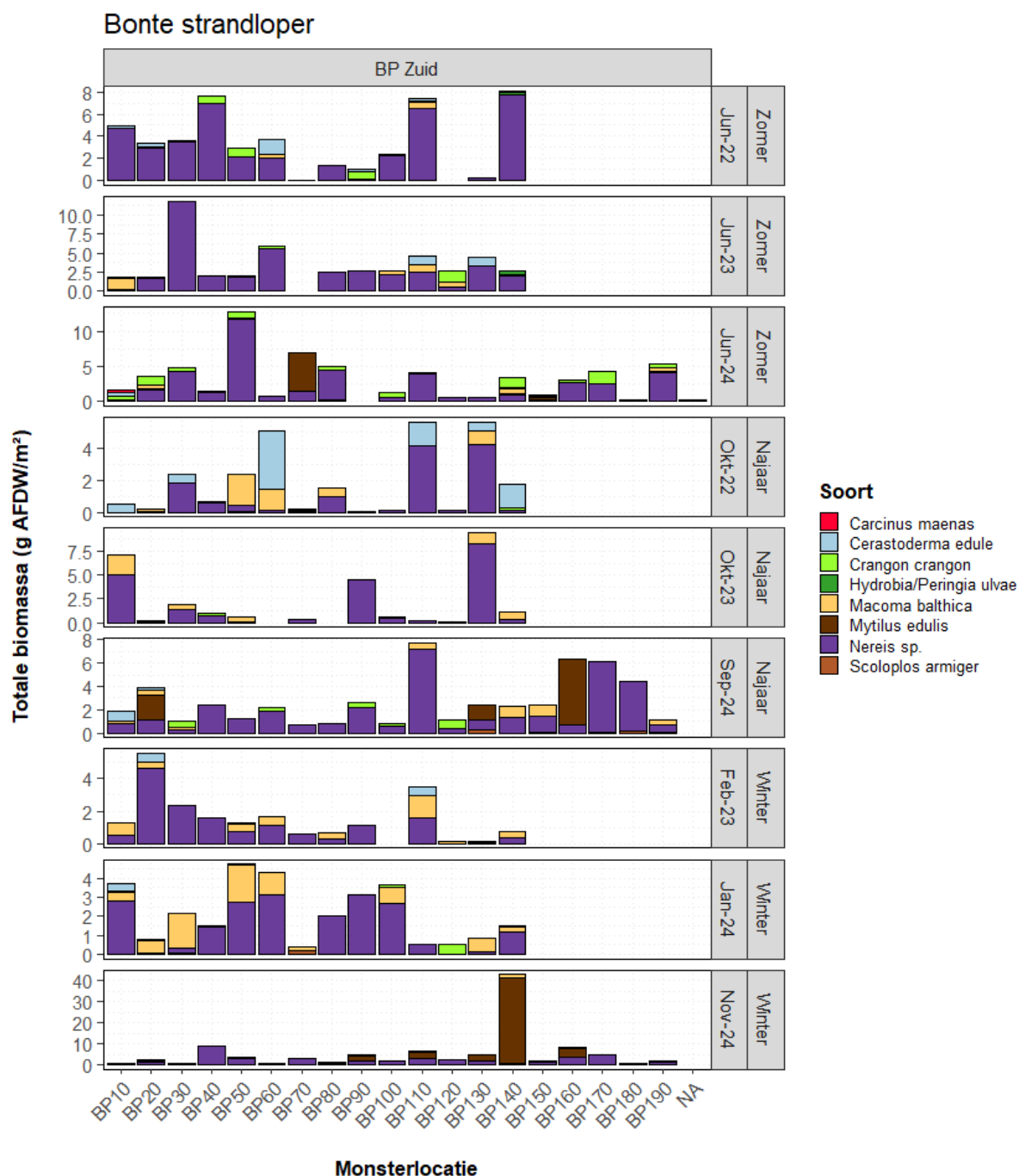
Bijlage 5.4 Bonte strandloper



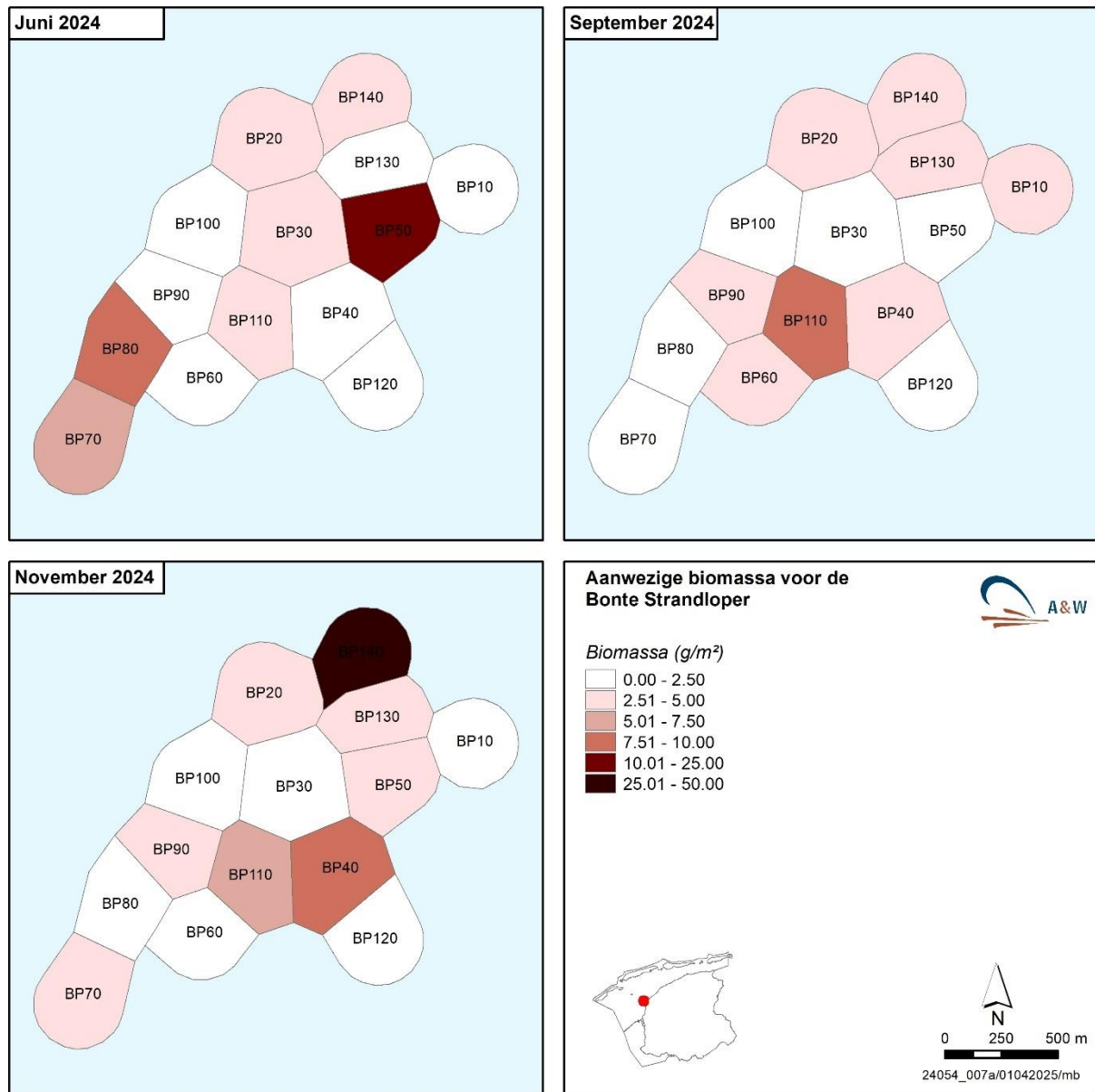
Figuur B5.14. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Bonte strandloper op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.



Figuur B5.15. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel en aanvullende (zonder sporadische) voedselbronnen voor de Kanoet op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.

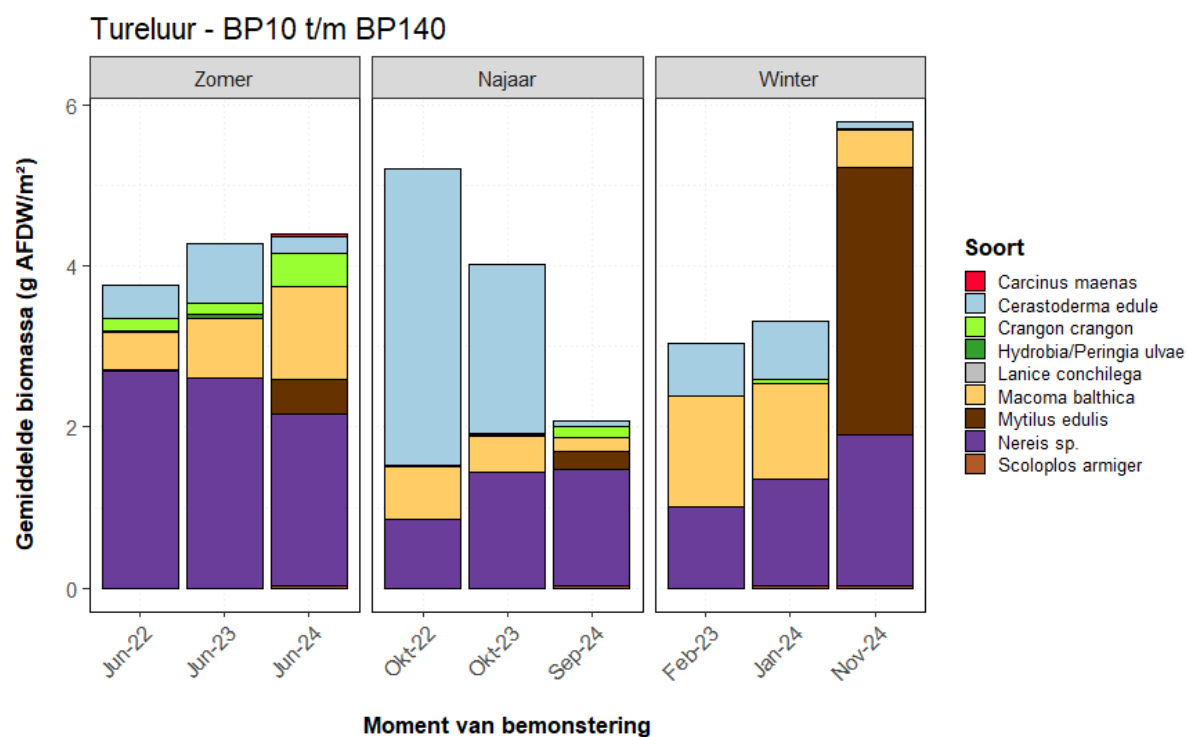


Figuur B5.16. Totale prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Bonte strandloper op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per bemonstering.

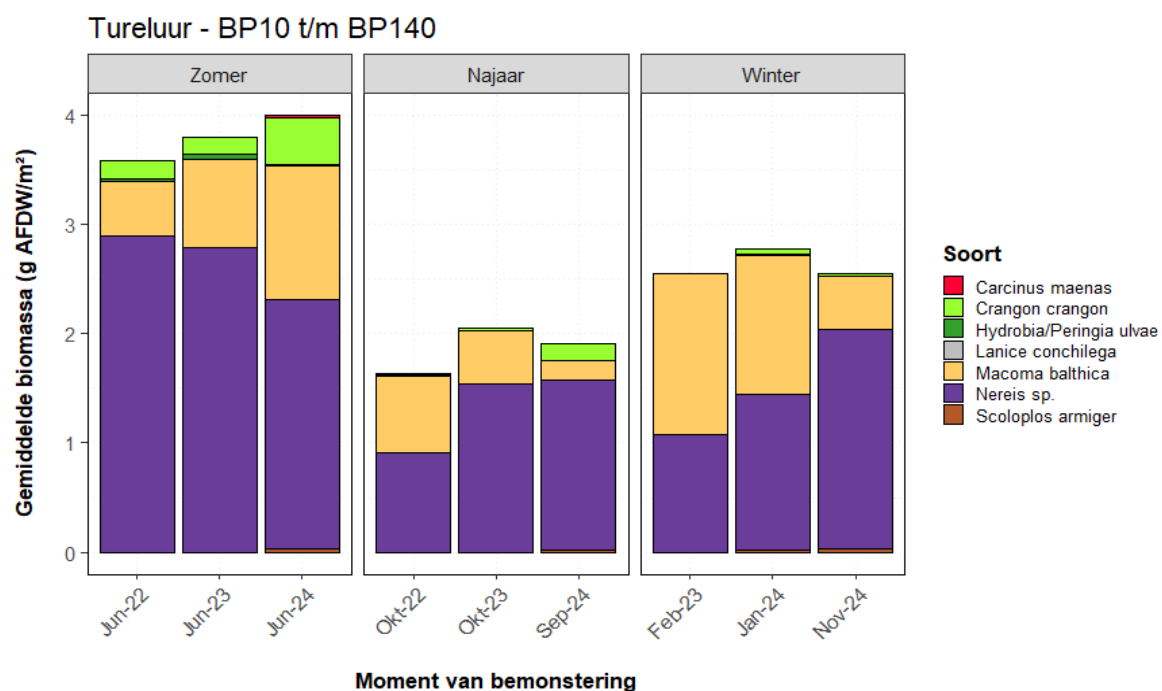


Figuur B5.17. Aanwezige prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Bonte strandloper op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen van het monitoringsjaar 2024.

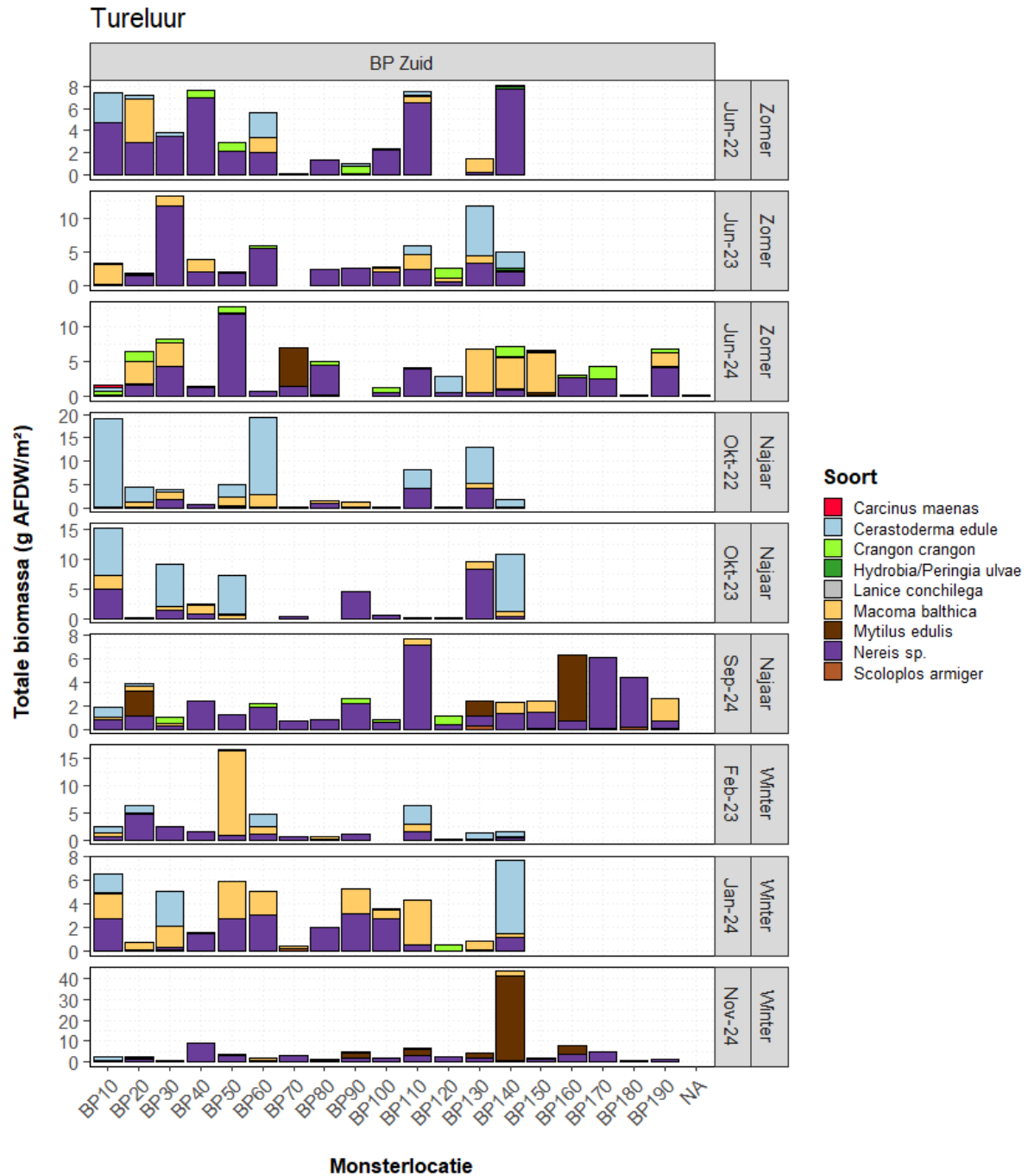
Bijlage 5.5 Tureluur



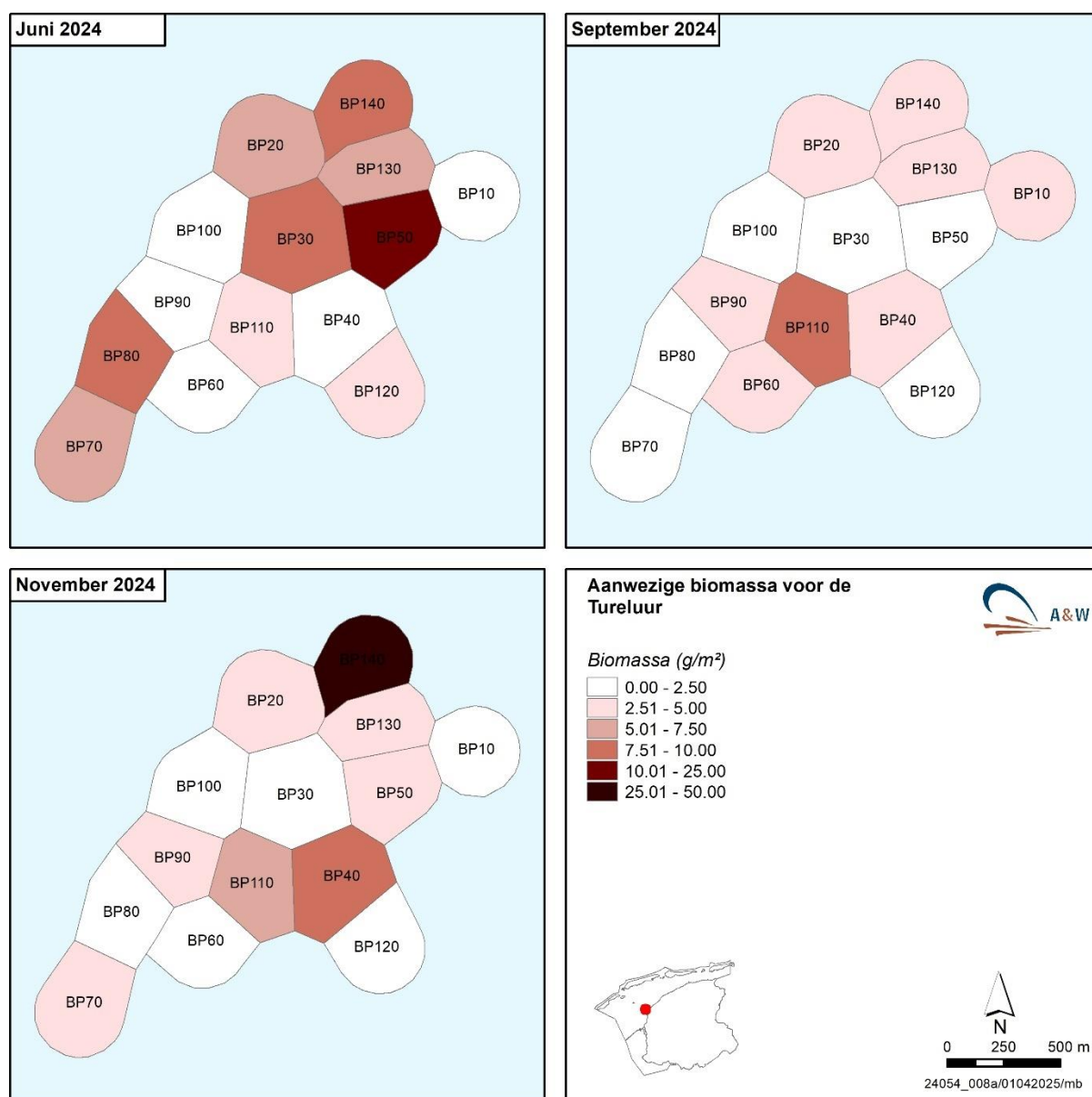
Figuur B5.18. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Tureluur op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.



Figuur B5.19. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel en aanvullende (zonder sporadische) voedselbronnen voor de Tureluur op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.

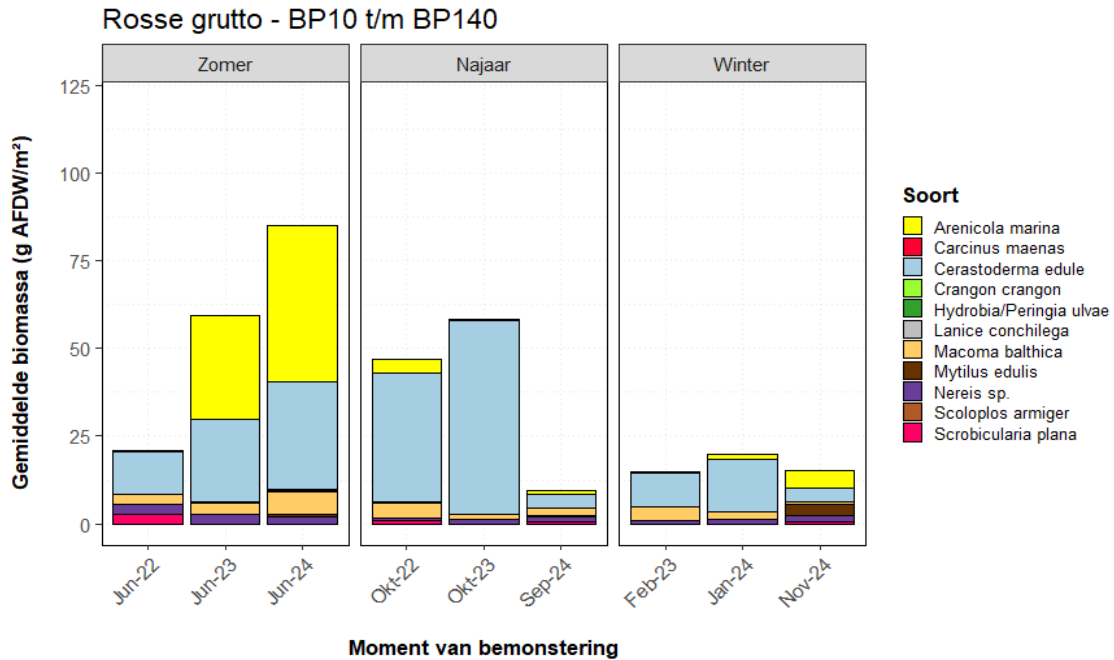


Figuur B5.20. Totale prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Tureluur op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per bemonstering.

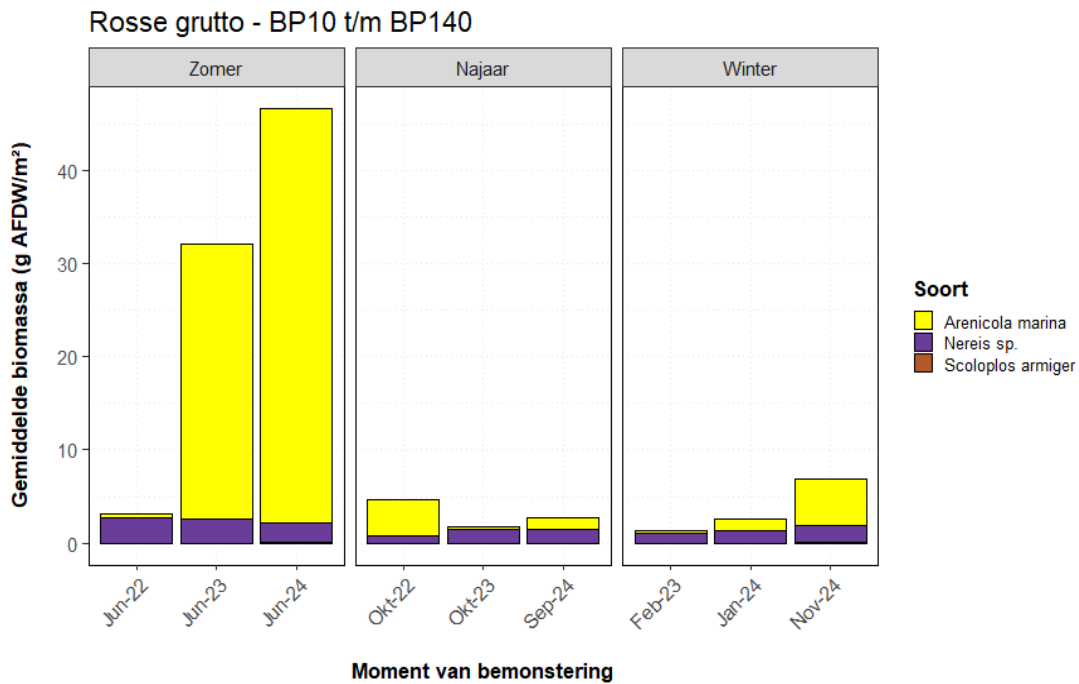


Figuur B5.21. Aanwezige prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Tureluur op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen van het monitoringsjaar 2024.

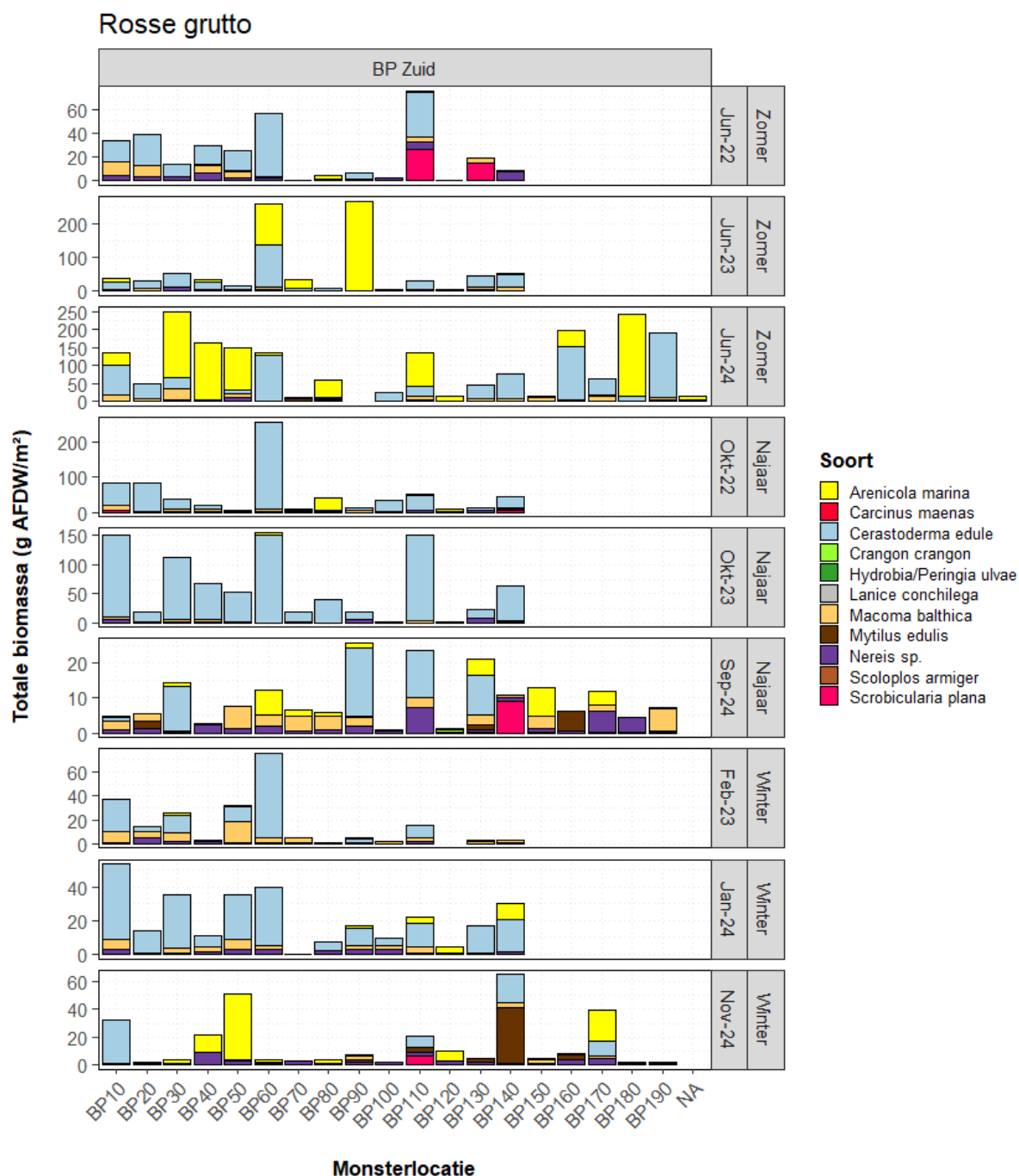
Bijlage 5.6 Rosse grutto



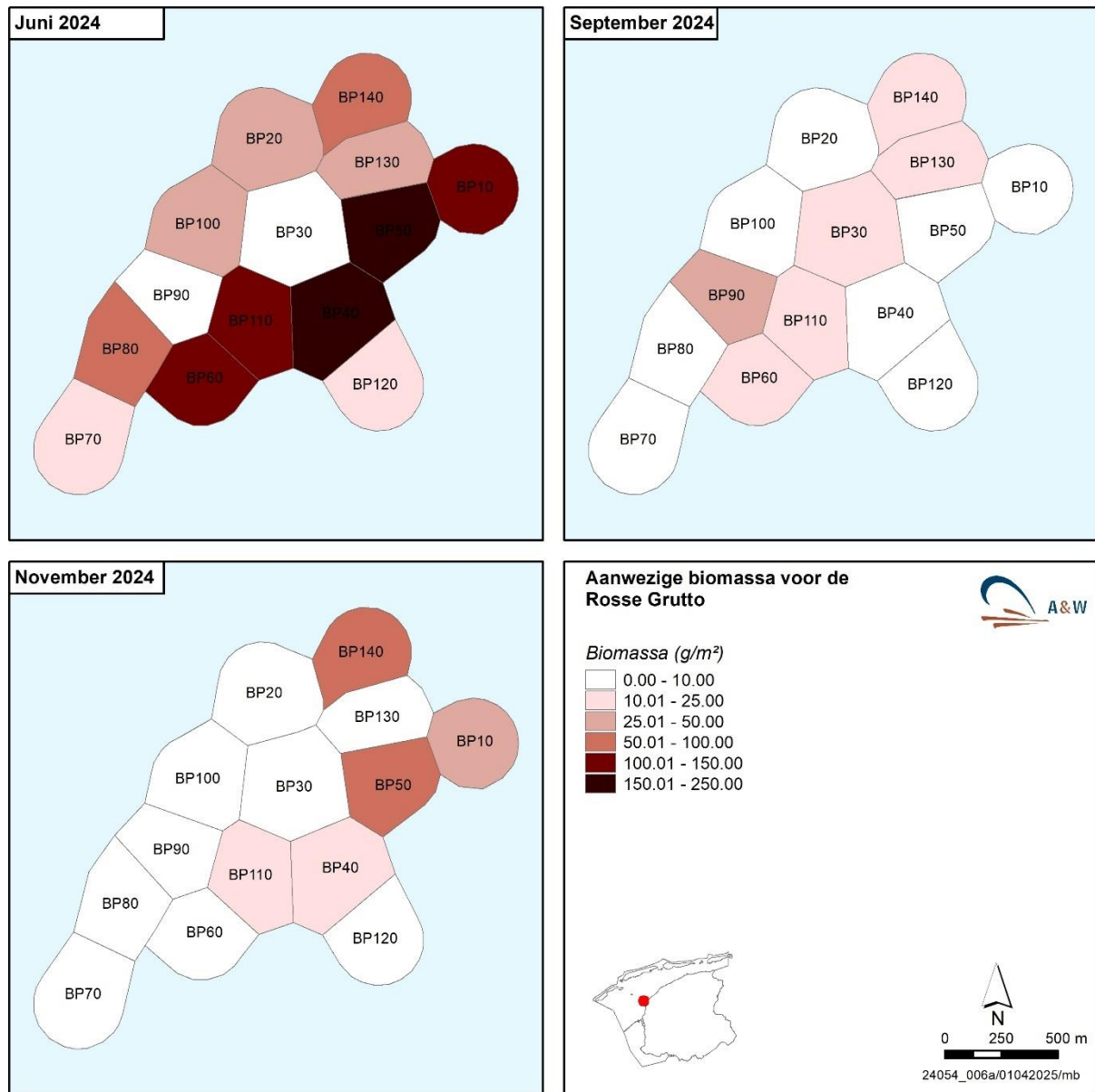
Figuur B5.22. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Rosse grutto op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.



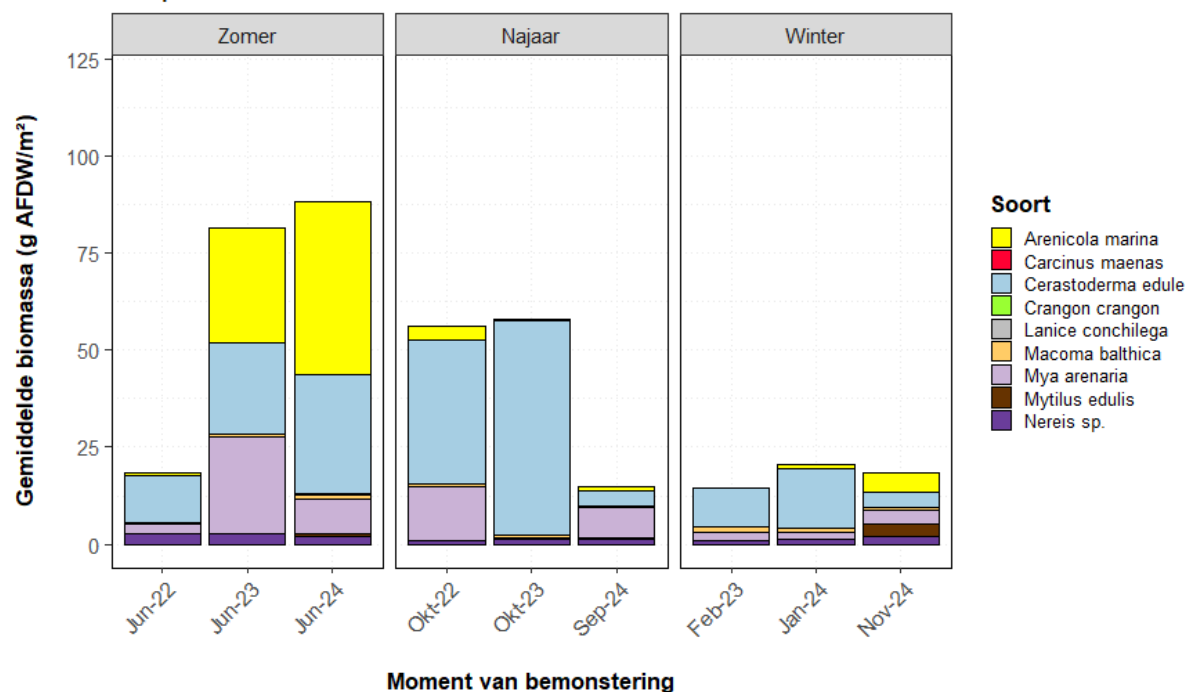
Figuur B5.23. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel en aanvullende (zonder sporadische) voedselbronnen voor de Rosse grutto op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.



Figuur B5.24. Totale prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Rosse grutto op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per bemonstering.

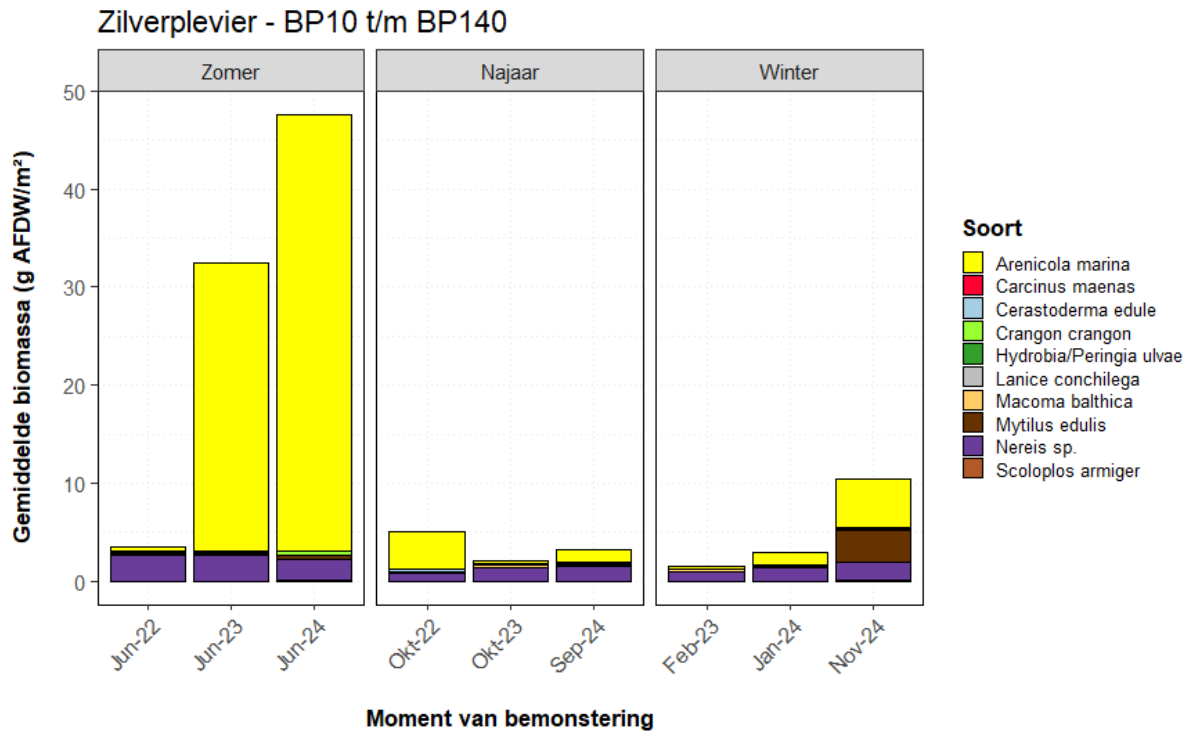


Figuur B5.25. Aanwezige prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Rosse grutto op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen van het monitoringsjaar 2024.

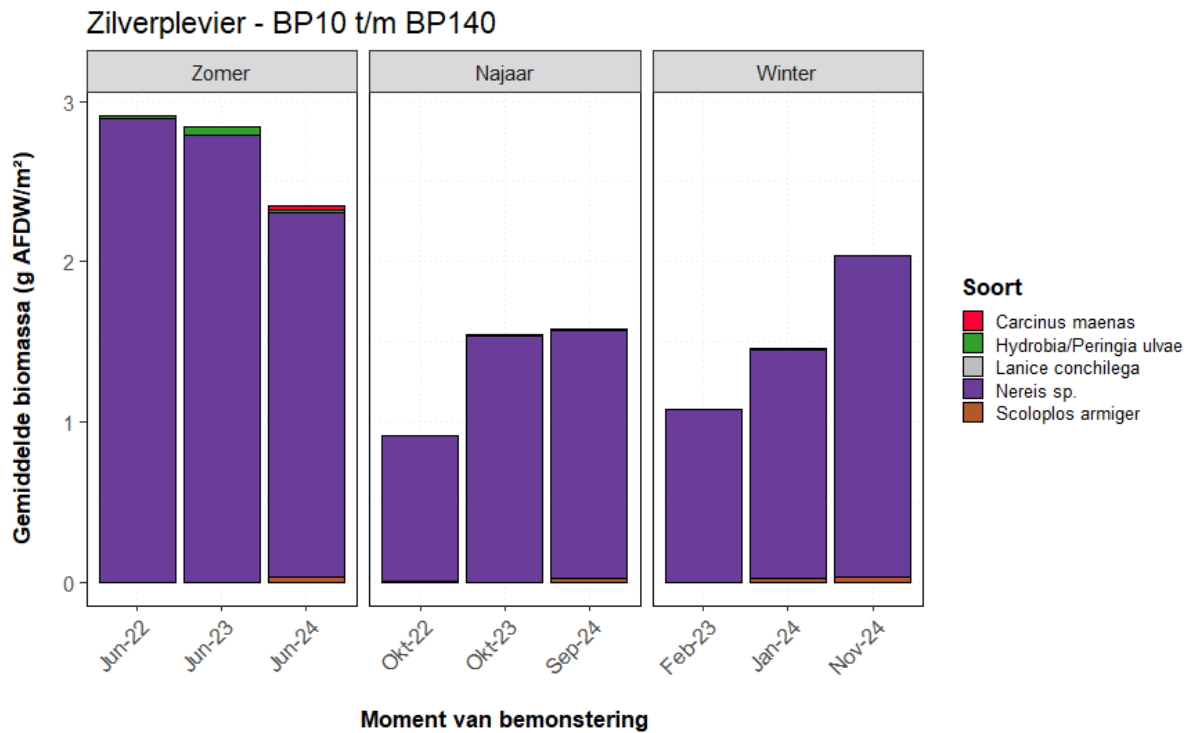
Bijlage 5.7 Wulp**Wulp - BP10 t/m BP140**

Figuur B5.26. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthosoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Wulp op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.

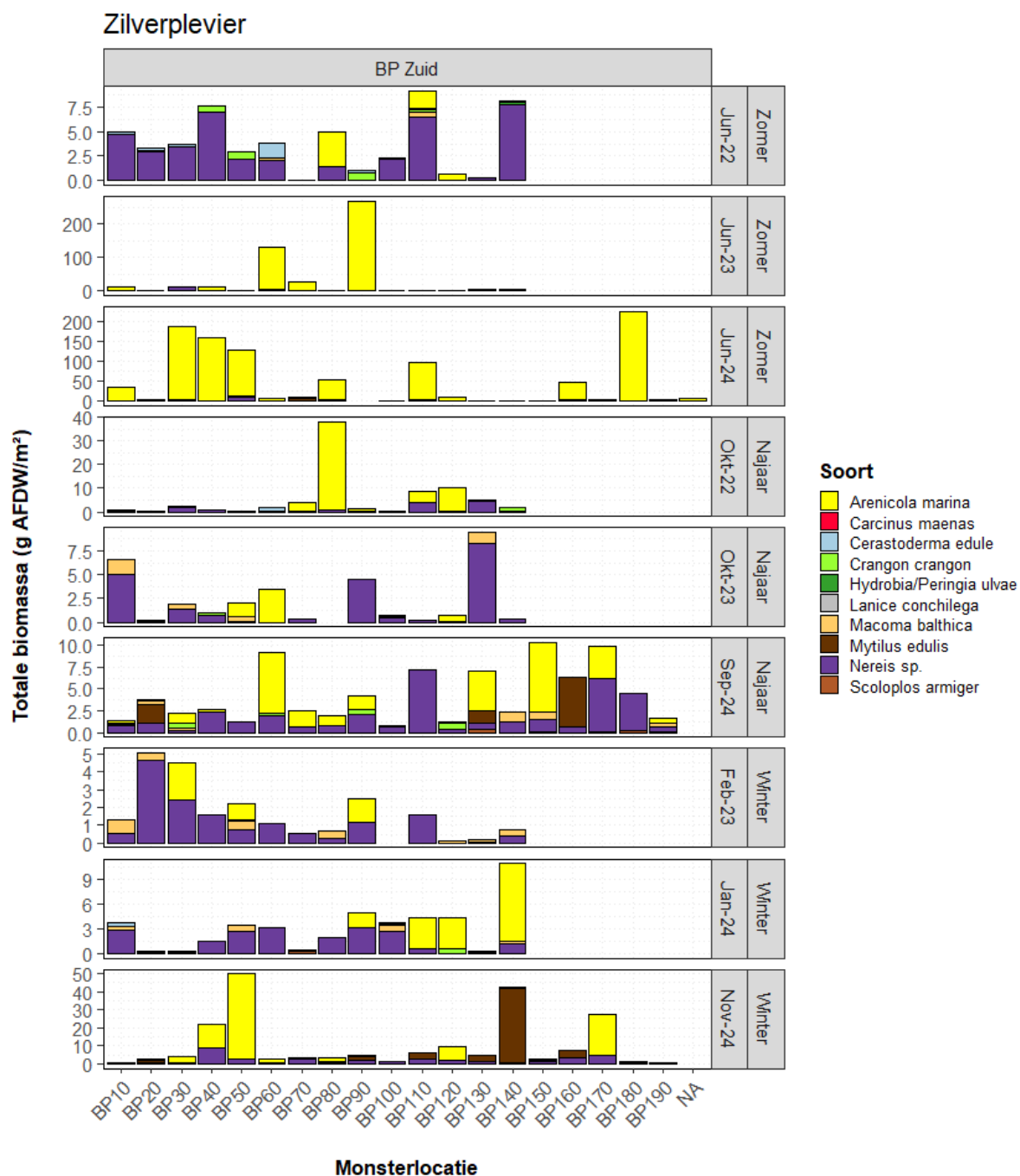
Bijlage 5.8 Zilverplevier



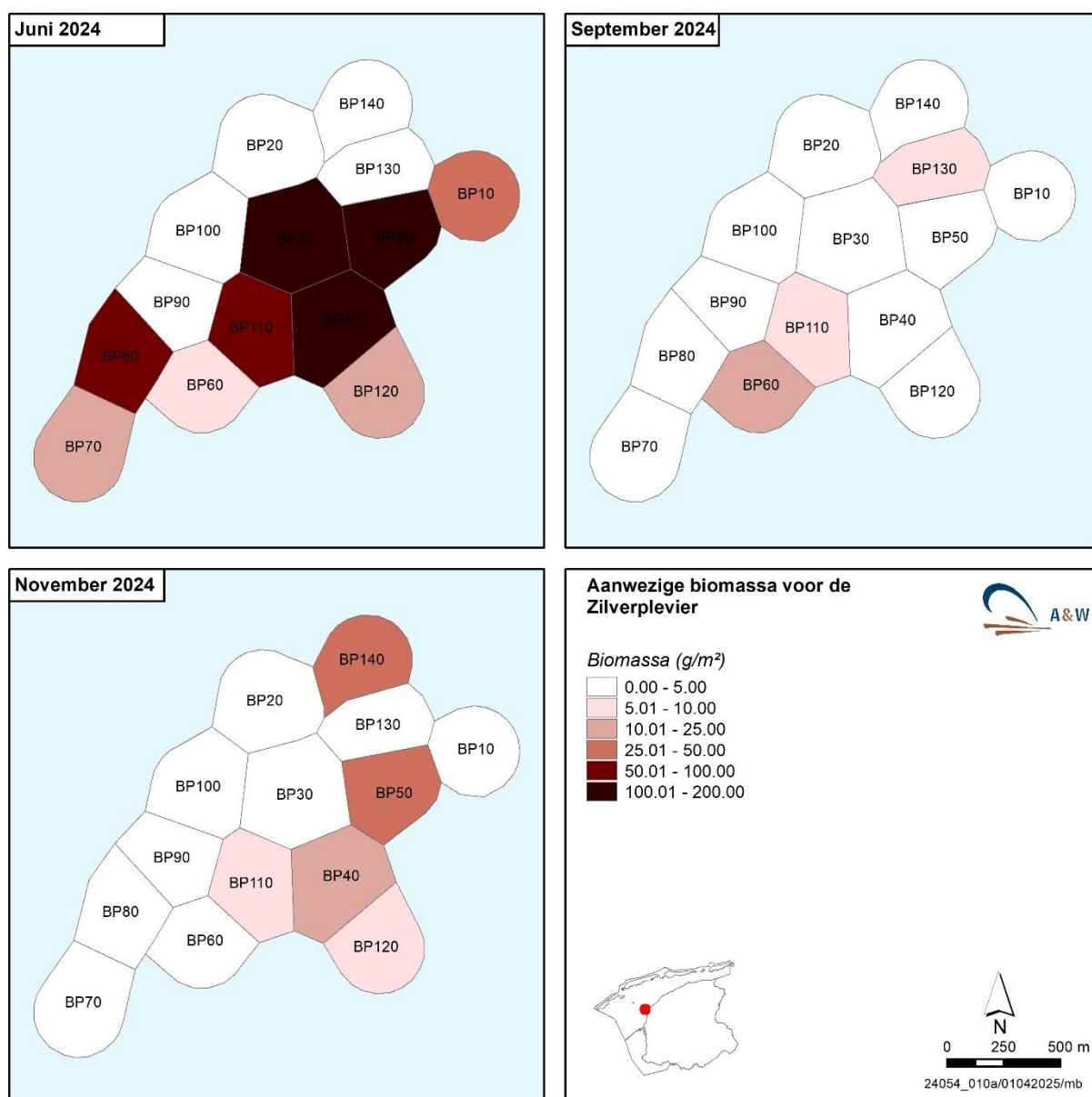
Figuur B5.30. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthosoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Zilverplevier op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.



Figuur B5.31. Gemiddelde prooibiomassa (in g AFDW/m²) per benthosoort van stapelvoedsel en aanvullende (zonder sporadische) voedselbronnen voor de Zilverplevier op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024.

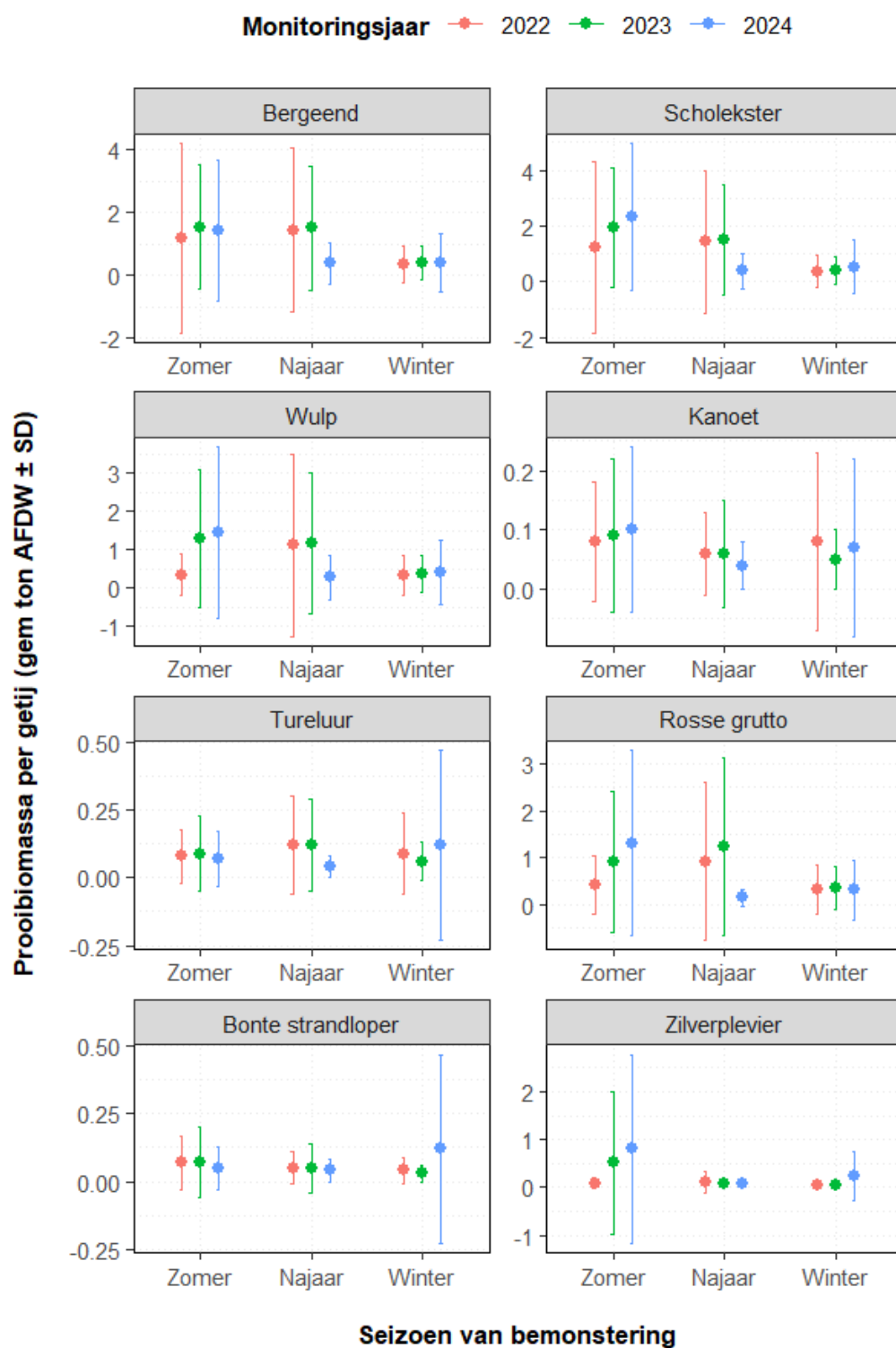


Figuur B5.32 Totale prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) per benthossoort van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Zilverplevier op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per bemonstering.



Figuur B5.33. Aanwezige prooibiomassa per punt (in g AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de Zilverplevier op de Ballastplaat Zuid in drie seizoenen van het monitoringsjaar 2024.

Bijlage 5.9 Prooibiomassa per getij



Figuur B7.34 Gemiddelde prooibiomassa per getij (in ton AFDW/m²) van stapelvoedsel, aanvullende en sporadische voedselbronnen voor de bergeend, scholekster, kanoet, tureluur, wulp, rosse grutto, bonte strandloper en zilverplevier op de Ballastplaat Zuid (BP10 t/m BP140) in drie seizoenen in de monitoringsjaren 2022, 2023 en 2024. Let op: de y-as heeft aangepaste schaal per vogel. 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..

Adres Feanwâlden

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl

www.altwym.nl

Adres Amsterdam

Gebouw Matrix II,
Science Park 400/K1.05 t/m 1.07
1098 XH Amsterdam