

Nulmeting en monitoring bodemdieren en sedimentsamenstelling (biotiek) Boontjes

Nulmeting 2024

Auteur(s) E. de Froe, J. Craeymeersch

Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research
Yerseke, juli 2025

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C056/25

E. de Froe, J. Craeymeersch, 2025. *Nulmeting en monitoring bodemdieren en sedimentsamenstelling (biotiek) Boontjes; Nulmeting 2024*. Wageningen, Wageningen Marine Research, Wageningen Marine Research rapport C056/25. 38 blz.; aantal tab 5.;aantal fig. 24

Keywords: **Vaarweg de Boontjes, Benthos, Sediment, Baggeren, Waddenzee.**

Opdrachtgever Rijkswaterstaat Noord-Nederland
T.a.v.: Jan Maarten Bakker
Postbus 2232
3500 GE Utrecht

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/698730>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut binnen de
rechtspersoon Stichting Wageningen Research,
hierbij vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt
worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Kennisvraag	5
1.3 Leeswijzer	5
2 Methoden	6
2.1 Poweranalyse	6
2.2 Bemonstering	7
2.3 Bepaling van dichtheid en biomassa	11
2.4 Sedimentkarakteristieken	11
2.5 Mathematische verwerking	11
3 Resultaten	12
3.1 Poweranalyse	12
3.2 Bodemdieren (box-corer)	15
3.2.1 Dichtheden	15
3.2.2 Biomassa	20
3.3 Bodemdieren (schaaf)	24
3.3.1 Dichtheden	24
3.3.2 Biomassa	27
3.4 Samenstelling toplaag van het sediment	30
4 Discussie en conclusie	34
5 Kwaliteitsborging	35
Literatuur	36
Verantwoording	37

Samenvatting

Vanaf 1 januari 2025 wordt het baggeren van de vaarweg Boontjes beperkt tot een interventiediepte van 3,30m – NAP. Voorheen was de onderhoudsdiepte 3,80m – NAP. Deze mitigerende maatregel is genomen op advies van het Bestuurlijk Overleg Waddengebied (onderdeel van de governance Wadden) met als doel de negatieve impact van baggeren op de natuurwaarden te verminderen. Om de effecten van deze maatregel beter te kunnen begrijpen heeft WMR vóór de toepassing van de mitigerende maatregel in 2024 een nulmeting uitgevoerd. Vervolgens zal in 2025 en 2026 de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap gemonitord worden na het van kracht worden van de mitigerende maatregelen in 1) het deel van de vaarweg waar gebaggerd wordt, 2) het Kimstergat, het gebied waar baggerspecie wordt gestort, en in 3) een referentiegebied in de vaarweg waar niet gebaggerd wordt. De nulmeting (2024) en de monitoring (2025-2026) bestaan beiden uit 45 box-core locaties en 20 schaaftreklocaties per jaar, verdeeld over deze drie gebieden. Ook worden van de box-core monsters, de sedimenteigenschappen bepaald van de top 3 cm van het sediment. Het aantal monsters is gedefinieerd aan de hand van een poweranalyse.

De voorliggende rapportage omvat een eerste analyse van de nulmeting in 2024. De resultaten van de box-core laten zien dat in het baggergebied de dichtheid en biomassa van bodemdieren significant lager zijn dan in het referentiegebied. In het Kimstergat zijn de dichtheden en biomassa niet lager dan het referentiegebied, maar is de soortensamenstelling van bodemdieren anders dan in de vaarweg. De soortensamenstelling verschilde ook tussen het baggergebied en het referentiegebied, maar dit was minder zichtbaar dan bij het Kimstergat. De resultaten van de schaaftrekken laten geen significante verschillen zien tussen het baggergebied en het referentiegebied, en worden gedomineerd door hoge dichtheden en biomassa's van het nonnetje (*Macoma balthica*) en *Mya arenaria*. Deze eerste analyse laat zien dat het baggeren van de vaarweg een significant effect heeft op de bodemdiergemeenschap en vormt een goede basis om te gaan vergelijken met de monitoring in 2025 en 2026.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

N.a.v. de evaluatie van de onderhoudspilot Boontjes (2022) en aanvullend onderzoek (2023) heeft de minister van Infrastructuur en Waterstaat op 7 juni 2024 op advies van het Bestuurlijk Overleg Waddengebied besloten de onderhoudsdiepte van de Boontjes gedurende de resterende planperiode Nationaal Waterprogramma t/m 2027 terug te brengen van 3,80m – NAP naar 3,30m – NAP. Met deze mitigerende maatregel hoopt men de impact van baggeren op natuurwaarden te verminderen. Om het effect van deze mitigerende maatregel te kunnen beoordelen heeft de minister opdracht gegeven een monitoringprogramma op te starten. Met het monitoringprogramma wordt het effect van de mitigerende maatregel op biotiek en abiotiek gemeten. Dit onderdeel omvat een nulmeting en monitoring van het effect op benthos (biotiek) en sedimentsamenstelling.

1.2 Kennisvraag

Rijkswaterstaat heeft WMR gevraagd om in het najaar van 2024, 2025 en 2026 bemonsteringen uit te voeren in de vaarweg Boontjes tussen Kornwerderzand en Harlingen. Doel is daarmee het effect van mitigerende maatregelen, met name het beperken van het baggeren tot een interventiediepte van 3,30m – NAP, op het bodemleven en sediment te meten. Op dit moment zijn de ecologische effecten van het baggeren, met name op de sedimentsamenstelling en op het benthos, onvoldoende bekend (Cleveringa & Versteeg 2022). De meting in het najaar van 2024 is een nulmeting.

Bemonsteringen moeten uitgevoerd worden met de bodemschaaf en met de box-corer. Uitgangspunt bij de offerte-aanvraag was het volgende aantal bemonsteringspunten: 5 schaaftrekken en 20 box-corer monsters in de gebaggerde vaarweg en 5 schaaftrekken en 20 box-cores monsters in het niet-gebaggerd referentiegebied. Het gebaggerde sediment wordt verspreid op locatie Kimstergat. De effecten van het baggeren en/of van het storten van baggerspecie worden gemeten op basis van bodemonsters (benthos en sediment) verzameld in de gebieden waar die activiteiten plaatsvinden en vergeleken met een niet-gebaggerd referentiegebied. Voorafgaand aan de bemonstering is nagegaan of het geplande aantal monsterpunten wel voldoende was om significante verschillen tussen de monstergebieden te kunnen waarnemen (poweranalyse).

Aan WMR is gevraagd om bij elke monstercampagne ook 5 box-corer monsters te nemen op de stortlocatie Kimstergat. Uit iedere box-core zal een deelmonster genomen worden voor sedimentanalyse (korrelgroottebepaling). Voor deze stortlocatie geldt dat er een (tijdelijke) vermindering van gestorte baggerspecie verwacht wordt van 10-20% vergeleken met voorgaande jaren (van maximaal 200.000 kuub) en dat dit lokaal zeer weinig effect zal hebben. Het baggerslib uit de haven van Harlingen zal tijdens de onderzoeksperiode gestort blijven worden op deze locatie met een omvang van ongeveer 1 miljoen kuub per jaar. Lokaal kan de bodemsamenstelling bij de Kimstergat licht veranderen door de (tijdelijke) vermindering van de hoeveelheid gestorte baggerslib uit de Boontjes. Dit zou terug te zien kunnen zijn in de korrelgroottesamenstelling van het sediment ter plaatse.

1.3 Leeswijzer

Het voorliggende rapport beschrijft de poweranalyse, de gevolgde bemonsteringsopzet en de resultaten van de nulmetingen.

2 Methoden

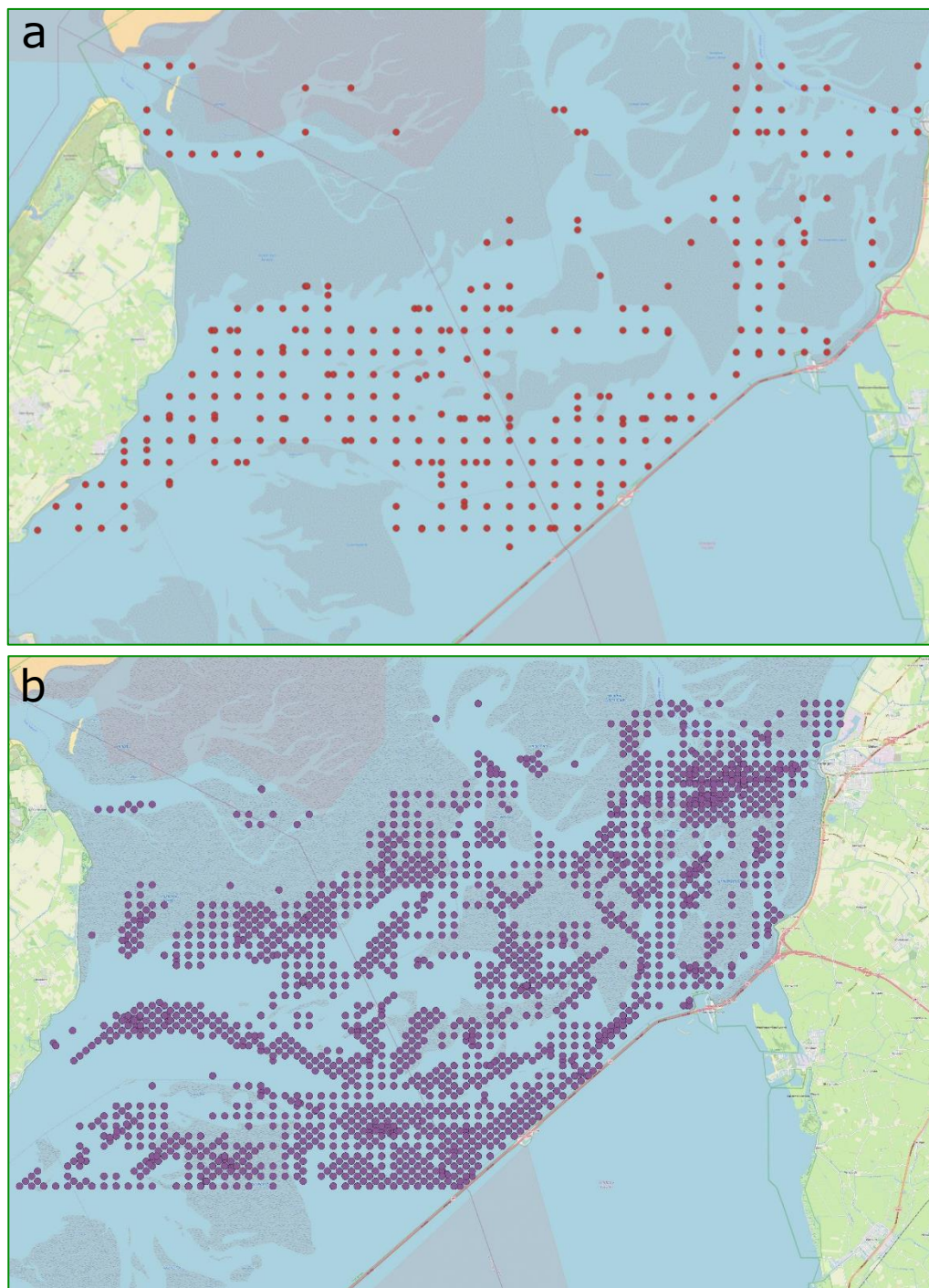
2.1 Poweranalyse

Voorafgaand aan de bemonstering is gekeken naar de optimale hoeveelheid monsterpunten die nodig is om significante verschillen in totale bodemdieren dichtheid, aantal soorten en de dichtheid per soort waar te nemen. Daarbij is nagegaan hoeveel monsterpunten nodig zijn voor een bepaald onderscheidingsvermogen (poweranalyse). Op basis daarvan zal ingeschat worden of met de voorziene bemonsteringsinspanning (zie kennisvraag) wel degelijk getoetst kan worden of de mitigerende maatregelen effect hebben. Bij deze analyse wordt het verschil tussen twee groepen van waarnemingen (in dit geval tussen referentiegebied en gebaggerd gebied) statistisch getoetst op basis van een t-test onder de aanname van een normale verdeling binnen beide groepen. Hierbij is de nulhypothese dat er geen verschil is. Voor de kans deze nulhypothese ten onrechte te verwerpen, te weten een verschil waarnemen tussen twee groepen afkomstig uit dezelfde normale verdeelde populatie, is 5% aangehouden. De kans dat de nulhypothese niet waar is, maar toch niet verworpen wordt (geen verschil waarnemen tussen twee groepen afkomstig uit verschillende populaties) is op 20% gezet. Dat betekent dat het onderscheidingsvermogen van de toets (power) 80% is. De power hangt verder af van de variatie van de betreffende variabele tussen de monsters binnen elke groep en van de grootte van het verschil dat men wil kunnen detecteren. Het aantal te nemen monsters (n) kan dan op volgende manier berekend worden (Ens et al. 2007):

$$n = 8 * \left(\frac{\sigma}{\delta} \right)^2$$

met σ de standaarddeviatie en δ de effectgrootte (het verschil tussen de twee groepen van monsters) waarvoor een onderscheidingsvermogen van 80% gehaald moet worden. De effectgrootte wordt uitgedrukt als een percentage van het waargenomen bereik, het verschil tussen de minimale en maximale waarde. Berekeningen zijn uitgevoerd voor meerdere effectgroottes: 5%, 10%, 15% en 20% van het waargenomen bereik.

Als waarnemingen voor de power analyse zijn de totale dichtheid, het aantal soorten en de dichtheid per soort genomen. Voor deze analyses is, conform de vraagspecificatie, gebruik gemaakt van de data uit de voorjaarsinventarisaties met de bodemschaaf (zie o.a. van den Ende & van Asch 2024), en van data verzameld door het NIOZ met de box-corer (Waddenmozaiek, Meijer et al. 2023). Enkel de locaties gelegen tussen 53 en 53.2 NB zijn meegenomen (Figuur 1). Data met box-corer zijn van 2019, deze van de bodemschaaf van de jaren 2011 t/m 2022. Vooraf de analyse ondergaan de waarnemingen een vierdemachtswortel transformatie om afwijkingen ten opzichte van een normale verdeling (een aanname bij de t-toets) te dempen.



Figuur 1. Ligging van de monsterlocaties meegenomen voor de poweranalyses: a. box-corer, b. bodemschaaf

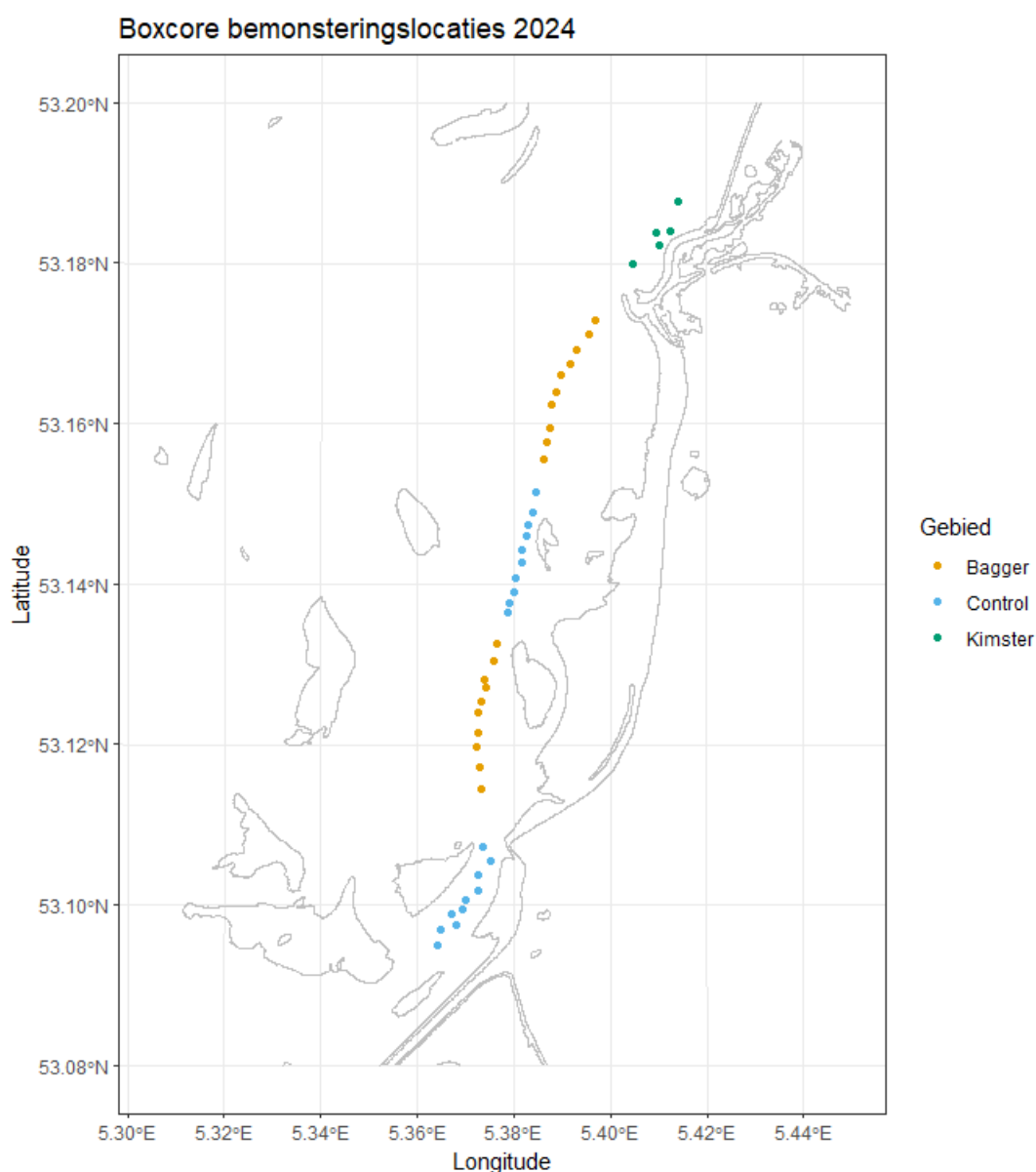
2.2 Bemonstering

De bemonsteringsopzet is n.a.v. de poweranalyses (§ 3.1) iets aangepast. Er zijn – conform de oorspronkelijke opzet – 20 box-corer bemonsteringslocaties in zowel het gebaggerde als niet gebaggerde deel van de geul genomen, evenals 5 box-corer bemonsteringslocaties in het Kimstergat (Figuur 2). In ieder deel zijn er, n.a.v. de poweranalyses, 10 bodemschaaf monsters genomen in plaats van de oorspronkelijk geplande 5. De posities van de monsterlocaties zijn weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3.

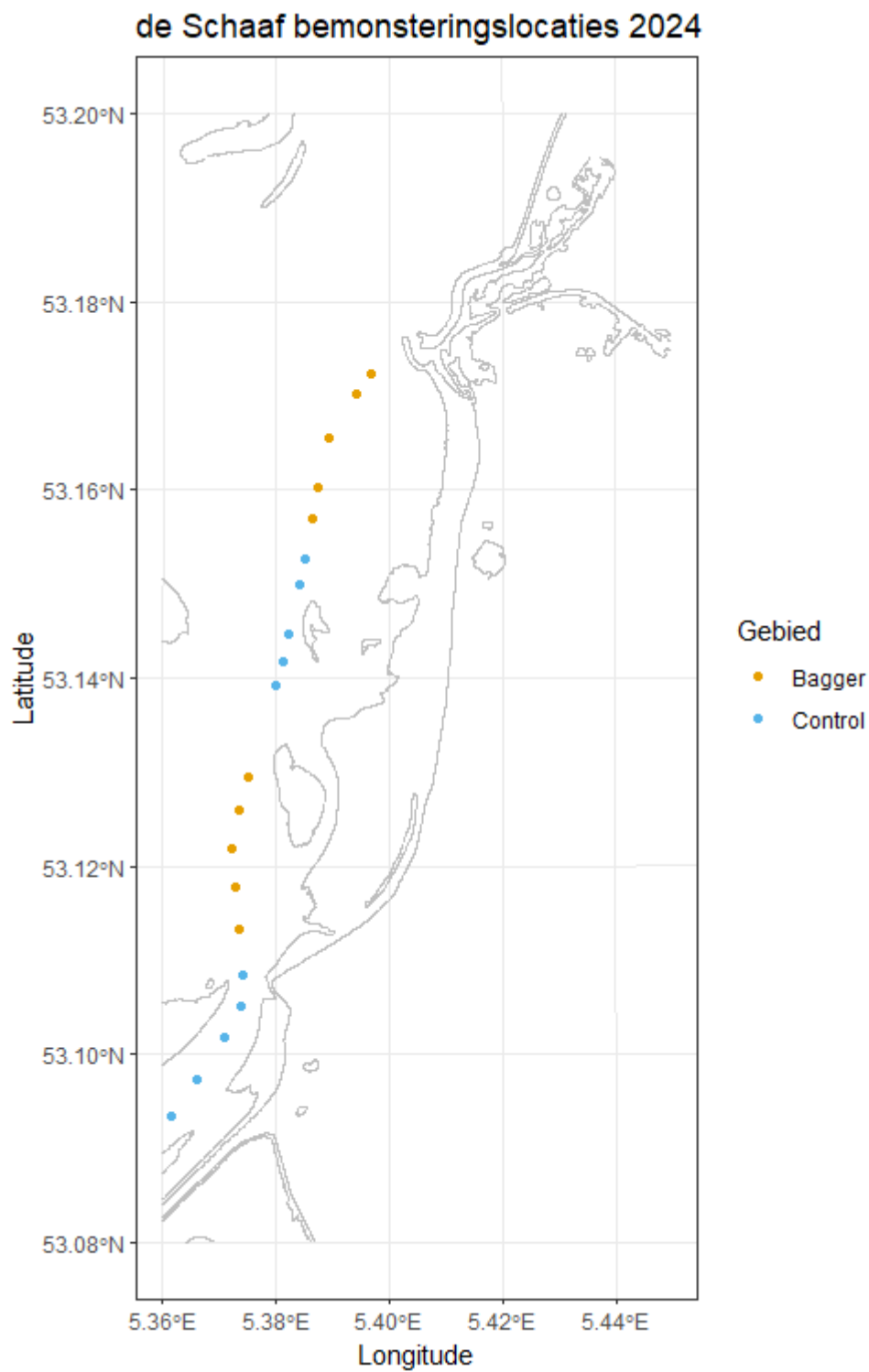
De bemonstering met de box-corer is uitgevoerd volgens RWS-voorschrift RWSV 913.00.B200. De schaafmonsters zijn genomen conform het protocol dat bij de WOT-bemonsteringen in de Waddenzee wordt gevolgd.

Met behulp van een box-corer worden monsters met een oppervlak van ca. 0,078 m² en een diepte van minimaal 15 cm van de bodem genomen (Figuur 4), conform RWSV 913.00.B200. Uit iedere box-corer is eerst een deelmonster van de top 3cm ($\varnothing = 3$ cm) van het sediment genomen voor sedimentanalyses. De inhoud van de boxcorer wordt op het dek over een gekalibreerde zeef met een zeefdiameter van 1 mm gespoeld. Met een boxcorer worden de in het algemeen kleine, talrijke bodemdieren soorten bemonsterd die een grote fractie van de soortendiversiteit vertegenwoordigen.

De bodemschaaf vist over een afstand van ca. 150 m, met een mesbreedte van 0,1 m waardoor de bovenste 7 cm van het sediment bemonsterd wordt over een oppervlakte van ca. 15 m² (Figuur 5). De kooi van de bodemschaaf is voorzien van gaas met een maaswijdte van 5 mm. De schaaf geeft t.o.v. de box-corer extra informatie over epifauna en minder abundante (en veelal grotere) infauna-soorten.



Figuur 2: Bemonsteringslocaties van de box-corer in 2024. De gebieden Bagger en Control hebben ieder 20 locaties, en het Kimstergat 5 locaties.



Figuur 3: Bemonsteringslocaties van de schaaf in 2024. Tien schaaftrekken waren genomen in het baggergebied, en 10 schaaftrekken in het controlegebied.



Figuur 4: boxcorer die in het water



Figuur 5: de schaaf die uit het water gehaald wordt.

2.3 Bepaling van dichtheid en biomassa

De monsters genomen met de box-corer zijn in het lab verwerkt volgens RWS-voorschriften A2.107 en A2.120. Voor zover mogelijk zijn de dieren op soort gedetermineerd, en zijn de aantallen en biomassa bepaald per onderscheiden taxonomische groep. Uiteindelijk zijn voor de box-corer monsters 13 van de 37 onderscheiden organismen gedetermineerd op een niveau hoger dan op soortniveau (bijvoorbeeld *Bivalve*, *sp.*, etc.). Van veel soorten waren de aantallen echter te klein om de biomassa te kunnen bepalen. In totaal werden 234 bepalingen van natgewicht gedaan. Slechts van 100 kon ook het asvrij drooggewicht bepaald worden.

2.4 Sedimentkarakteristieken

De uit iedere box-corer genomen deelmonster van de top 3cm ($\varnothing = 3$ cm) van het sediment genomen voor sedimentanalyses. De analyse van de korrelgrootte is uitgevoerd door NIOZ, met een Malvern particle sizer.

2.5 Mathematische verwerking

Verschillen tussen gebaggerd en niet gebaggerd deel van de vaarweg, evenals het Kimstergat, in karakteristieken van de bodemfauna (aantal soorten, totale dichtheid, totale biomassa) en sedimentkarakteristieken (mediane korrelgrootte, slibgehalte) zijn getest met behulp van een niet-parametrische pairwise Wilcoxon-test.

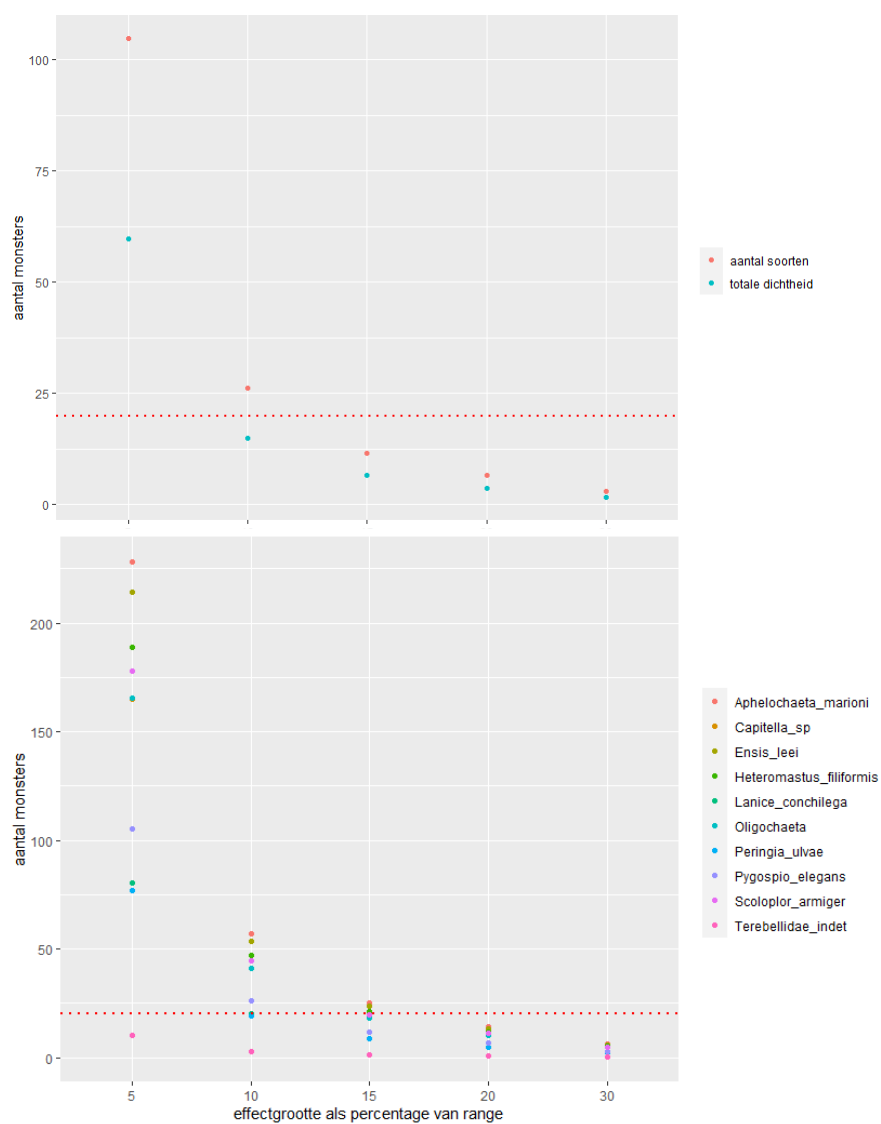
3 Resultaten

3.1 Poweranalyse

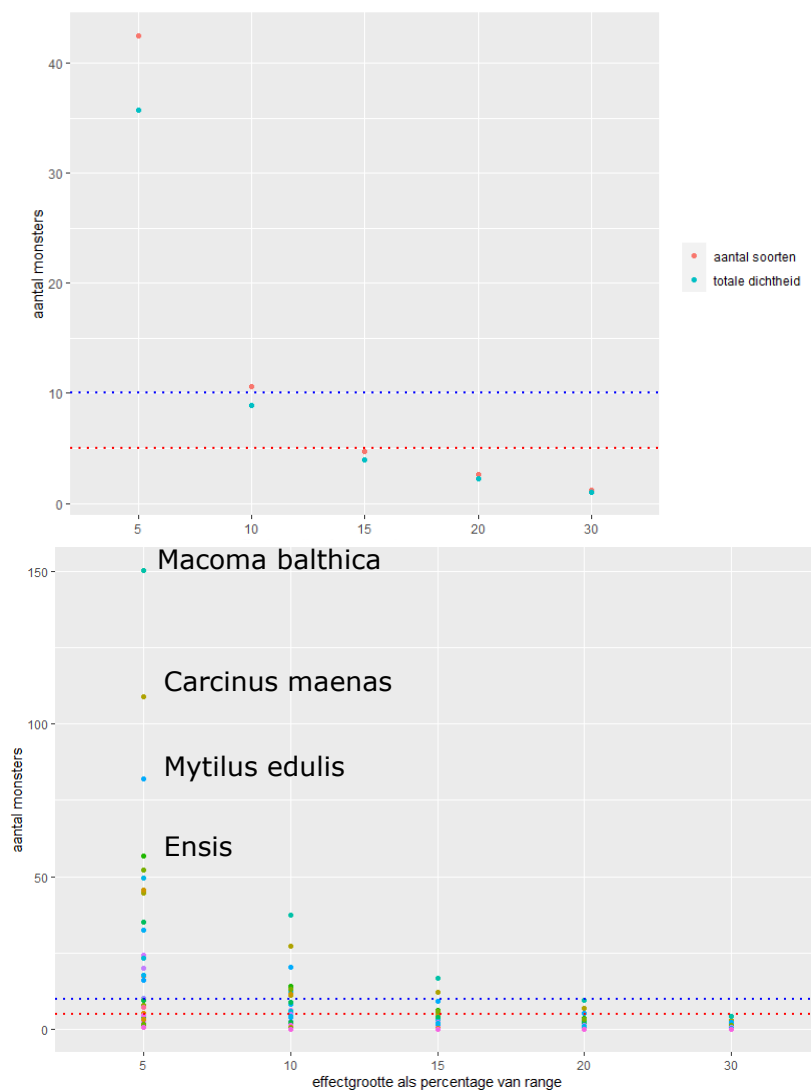
Hoeveel monsters genomen moeten worden met een box-corer om effectgroottes van 5%, 10%, 15%, 20% en 30% van het waargenomen bereik te kunnen detecteren met een onderscheidingsvermogen van 80% is geschetst in Figuur 6. Het aantal monsters dat nodig is om significante verschillen te kunnen aantonen, neemt – uiteraard - toe naarmate een kleiner verschil aangetoond moet kunnen worden. Ook is het te nemen aantal monsters bij een kleine effectgrootte sterk afhankelijk van de soort tussen soorten die in grote dichtheden voorkomen en soorten die zeldzaam zijn. Bij een grotere effectgrootte wordt het aantal benodigde monsters kleiner, en is er praktisch geen verschil meer voor de verschillende bodemdiersoorten (punten vallen ook op elkaar).

Voor de totale dichtheid, het aantal soorten en de dichtheid van de numeriek dominantste soorten is 20 monsters genoeg voor het kunnen vaststellen van een effectgrootte van 20%. In de meeste gevallen (op enkele soorten na) is dit zelfs genoeg voor een effectgrootte van 15%.

Het aantal te nemen monsters met een bodemschaaf, bij verschillende effectgroottes, is geschetst in Figuur 7. Voor de totale dichtheid en het aantal soorten zijn 5 monsters voldoende om een effectgrootte van 15% significant te kunnen aantonen. Maar voor een aantal soorten, waaronder het nonnetje (*L. balthica*), de strandkrab (*C. maenas*), de mossel (*M. edulis*) en mesheften (*Ensis* sp.), kan met 5 monsters ook geen effectgrootte van 20% aangetoond worden. Dat kan wel als 10 monsters genomen worden, in zowel referentiegebied als gebaggerd deel. Op basis van deze resultaten is ervoor gekozen om uiteindelijk 10 bodemschaaf monsters te nemen i.p.v. de oorspronkelijk geplande 5 om dergelijke verschillen in soorten dichtheid te kunnen aantonen.



Figuur 6. Aantal benodigde monsters te nemen met box-corer als functie van de gewenste effectgrootte voor totale dichtheid en aantal soorten (boven) en dichtheid van de tien numeriek dominantste bodemdiersoorten (onder). De rode lijn geeft 20 monsters aan.



Figuur 7. Aantal benodigde monsters te nemen met bodemschaaf als functie van de gewenste effectgrootte voor totale dichtheid en aantal soorten (boven) en dichtheid van alle bodemdiersoorten (onder). Enkel de namen van de vier soorten waarvoor het meest aantal monsters nodig is, is gegeven (de volgorde langs de y-as blijft voor alle effectgroottes gelijk). De rode lijn geeft 5 monsters aan, de rode lijn 10 monsters.

3.2 Bodemdieren (box-corer)

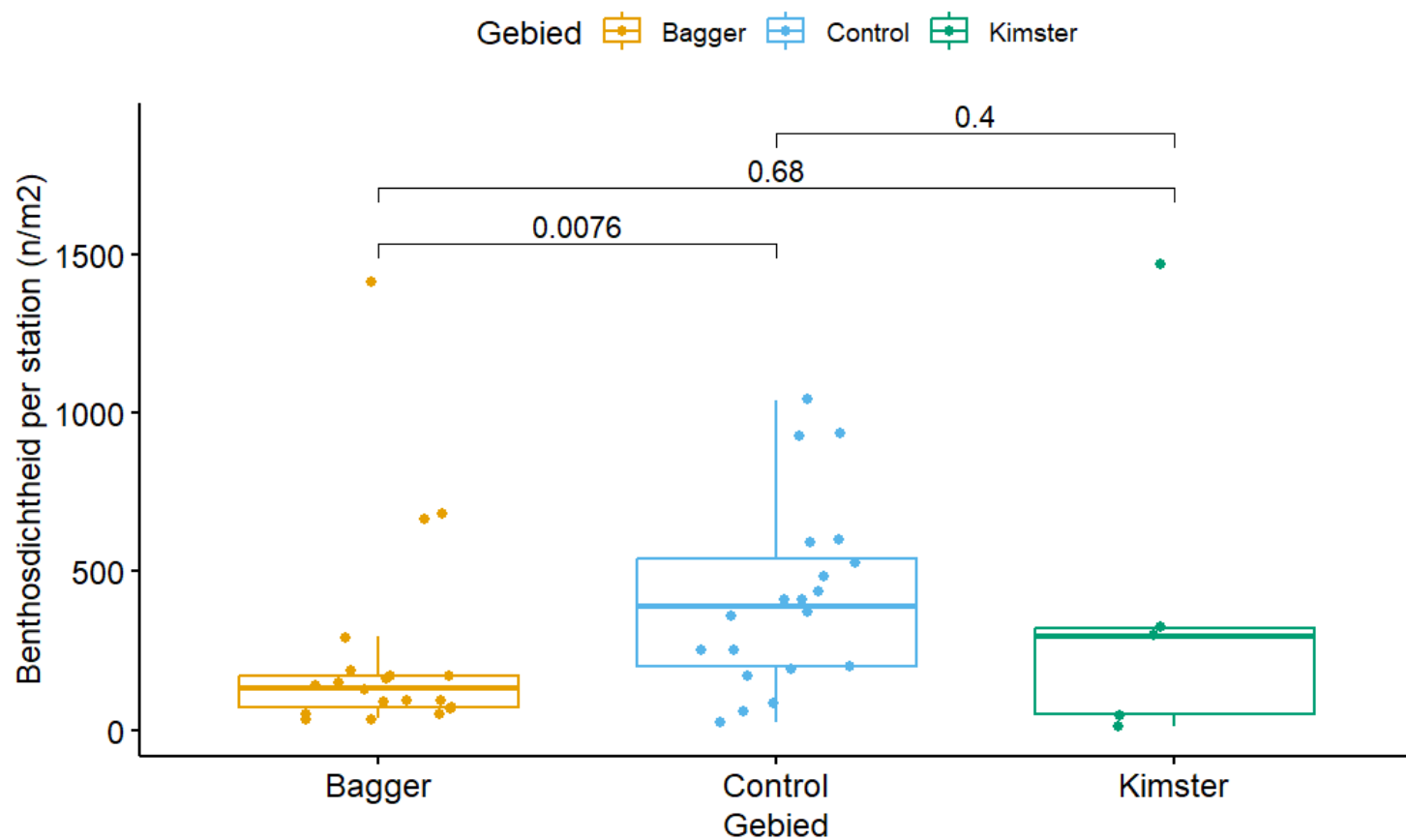
3.2.1 Dichtheden

De bemonstering van bodemdieren door middel van een box-corer in 2024 laat zien dat er een vergelijkbaar aantal soorten wordt gevonden in het baggergebied, het controlegebied, en het Kimstergat (Tabel 1). Tabel 2 geeft een overzicht van alle gevonden soorten met de box-corer. De totale bodemdieren dichtheid ligt lager in het baggergebied dan in het controlegebied en het Kimstergat. De totale bodemdieren dichtheid ligt significant lager (p -waarde < 0.05) in het baggergebied vergeleken met het controlegebied (Figuur 8). De bodemdieren soortensamenstelling, uitgedrukt in gemiddelde dichtheid per gebied en per soort, is verschillend per gebied (Figuur 9; Tabel 2). De bodemdiergemeenschap in het baggergebied wordt gedomineerd door de borstelwormen *Streblospio benedicti*, *Heteromastus filiformis*, *Aphelochaeta* sp., en door de tweekleppige *Macoma balthica* (nonnetje). Deze vier soorten vormen het overgrote deel van de bodemdierdichtheid in het baggergebied. In het controlegebied, de borstelwormen *Heteromastus filiformis*, *Capitella* sp., *Aphelochaeta* sp., en de oligochaeta *Clitellata* sp. waren dominant. De bodemdiergemeenschap in het Kimstergat was duidelijk anders dan in de vaarweg. Hier lieten de borstelwormen *Polydora cornuta* en *Heteromastus filiformis*, de Amerikaans boormossel (*Petricolaria pholadiformis*), en de amphipod *Gammarus salinus* de hoogste dichtheden zien.

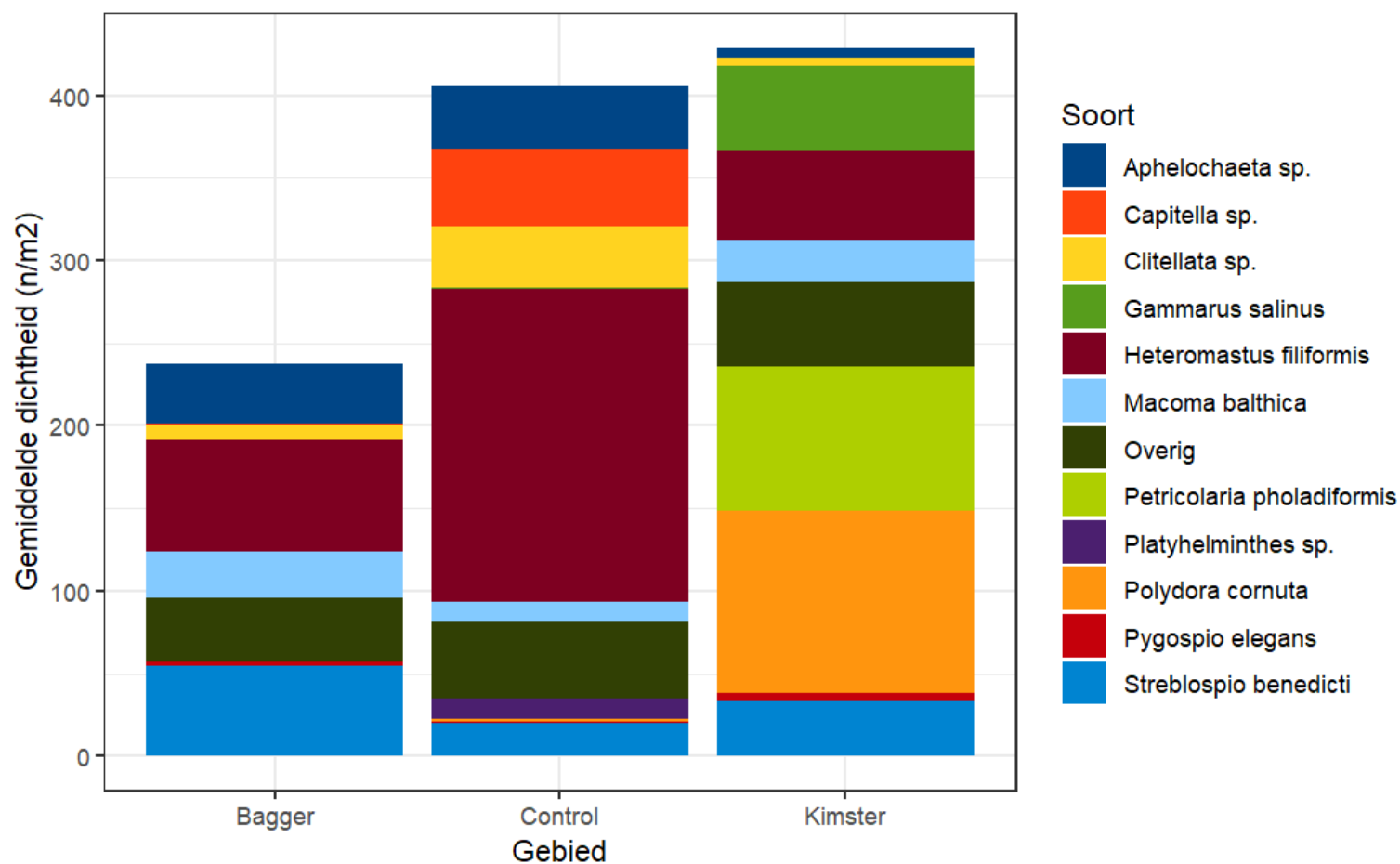
In het noordelijke baggergebied was de totale bodemdieren dichtheid het laagst in het midden van het gebied, en het zuidelijke baggergebied liet in het algemeen lagere dichtheden zien. De noordelijke en zuidelijke controlegebieden waren vergelijkbaar in dichtheden, en in het Kimstergat waren er grote verschillen tussen de locaties, met één locatie die hele hoge dichtheden van *Polydora cornuta* en *Petricolaria pholadiformis* liet zien (Tabel 2; Figuur 10).

Tabel 1: Aantal stations, aantal soorten, totale bodemdieren dichtheid (aantal / m²), en biomassa (g / m²) per gebied.

Gebied	Aantal stations	Aantal soorten	Benthos dichtheid (n/m ²)	Benthos biomassa (g/m ²)
Bagger	20	15	237.8	1.4
Control	20	18	417.3	3.4
Kimster	5	14	428.2	3.0



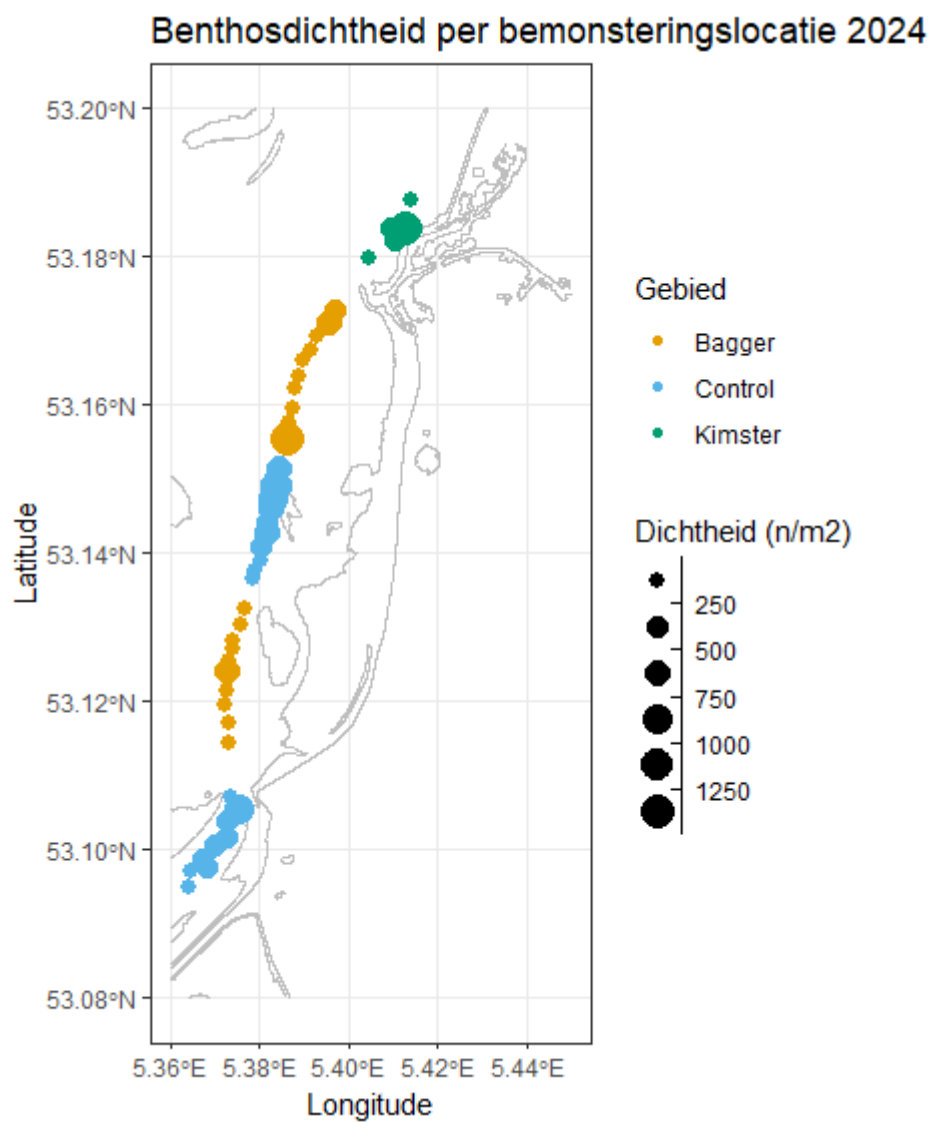
Figuur 8: Totale bodemdieren dichtheid (alle soorten bij elkaar) in het baggergebied, controlegebied, en Kimstergat. De getallen boven de haakjes laten de *p*-waarde van een "pairwise" Wilcoxon test zien.



Figuur 9: Soortensamenstelling op basis van dichtheid in het baggergebied, controlegebied, en Kimstergat. Alleen de elf soorten met hoogste gemiddelde dichtheid zijn aangegeven in kleuren.

Tabel 2: Dichtheid (in n/m²) per bodemdiersoort en deelgebied. Waardes zijn weergegeven als gemiddelde (standaard deviatie). Gemiddelden zijn afgerond op één decimaal, standaard deviaties op twee decimalen.

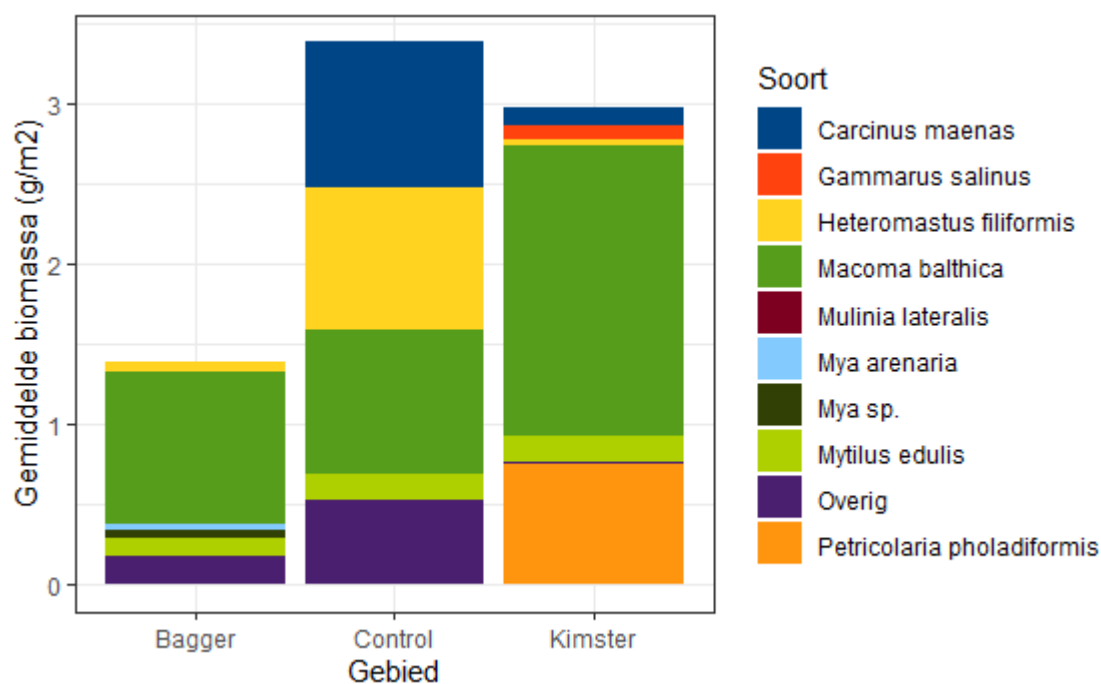
Soort	Bagger	Control	Kimster
Heteromastus filiformis	67.9 (158.5)	196.8 (153.64)	53.8 (77.14)
Streblospio benedicti	54.5 (100.42)	19.9 (33.66)	33.3 (48.48)
Aphelochaeta sp.	36.5 (78.84)	37.2 (90.55)	5.1 (11.47)
Capitella sp.	0.6 (2.87)	47.4 (73.25)	0 (0)
Clitellata sp.	9 (18.65)	37.2 (82.76)	5.1 (7.02)
Macoma balthica	28.2 (35.44)	12.2 (12.11)	25.6 (50.47)
Polydora cornuta	0 (0)	1.3 (5.73)	110.3 (246.54)
Peringia ulvae	12.8 (18.6)	14.1 (23.12)	5.1 (11.47)
Petricolaria pholadiformis	0 (0)	0 (0)	87.2 (194.94)
Marenzelleria viridis	4.5 (9.55)	13.5 (15.83)	0 (0)
Gammarus salinus	0 (0)	0.6 (2.87)	51.3 (114.67)
Platyhelminthes sp.	0 (0)	12.2 (51.53)	0 (0)
Crangon crangon	2.6 (5.26)	7.1 (14.69)	0 (0)
Hediste diversicolor	1.3 (3.95)	3.2 (9.18)	2.6 (5.73)
Leucon (Leucon) nasica	5.1 (17.35)	0 (0)	0 (0)
Pygospio elegans	2.6 (11.47)	1.3 (3.95)	5.1 (11.47)
Nereididae sp.	0.6 (2.87)	1.3 (3.95)	7.7 (7.02)
Asciacea sp.	1.9 (8.6)	1.3 (3.95)	0 (0)
Gammarus locusta	0 (0)	3.2 (14.33)	0 (0)
Melita palmata	0 (0)	0 (0)	12.8 (28.67)
Corophium volutator	0 (0)	0.6 (2.87)	7.7 (11.47)
Mya arenaria	1.3 (3.95)	1.3 (3.95)	0 (0)
Mytilus edulis	1.3 (5.73)	0.6 (2.87)	2.6 (5.73)
Tubificoides benedii	1.9 (4.7)	0.6 (2.87)	0 (0)
Eteone flava	1.3 (3.95)	0.6 (2.87)	0 (0)
Melitidae sp.	0 (0)	0 (0)	7.7 (11.47)
Actiniaria sp.	1.9 (8.6)	0 (0)	0 (0)
Carcinus maenas	0 (0)	0.6 (2.87)	2.6 (5.73)
Nemertea sp.	0 (0)	1.3 (3.95)	0 (0)
Bryozoa sp.	0 (0)	0.6 (2.87)	0 (0)
Corophiidae sp.	0 (0)	0 (0)	2.6 (5.73)
Mulinia lateralis	0.6 (2.87)	0 (0)	0 (0)
Mya sp.	0.6 (2.87)	0 (0)	0 (0)
Myidae sp.	0 (0)	0.6 (2.87)	0 (0)
Mysidae sp.	0.6 (2.87)	0 (0)	0 (0)
Phyllodocidae sp.	0 (0)	0.6 (2.87)	0 (0)
Bivalvia sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)



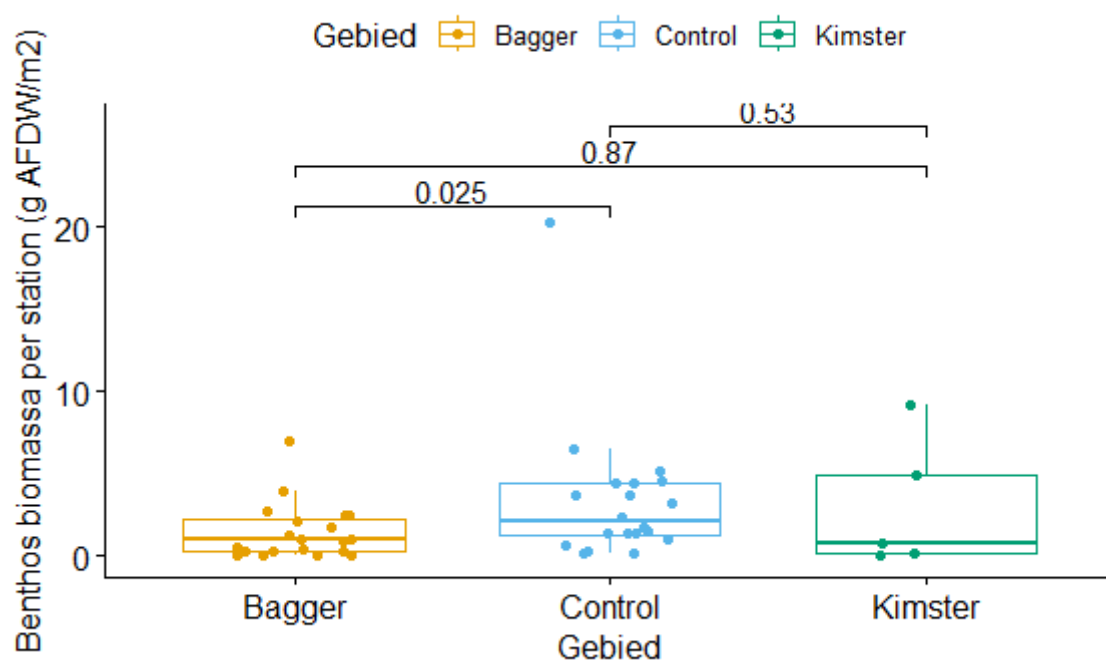
Figuur 10: Benthosdichtheid (alle soorten opgeteld) per bemonsteringslocatie in 2024.

3.2.2 Biomassa

De totale bodemdieren biomassa was significant lager (p -waarde < 0.05) in het baggergebied vergeleken met het controlegebied (Figuur 12). Tabel 3 laat de biomassa zien van alle gevonden soorten. Tussen het Kimstergat en het baggergebied of controlegebied was geen statistisch significant verschil gevonden. Dit komt omdat de bodemdieren biomassa van het Kimstergat tussen die van het baggergebied en het controlegebied inligt (Tabel 3) en omdat er met maar vijf box-core monsters statistisch slechts verschillen 30% aangetoond kunnen worden (Figuur 7). De soortensamenstelling uitgedrukt in biomassa laat ook een verschil zien tussen de gebieden (Figuur 11; Tabel 3). In het baggergebied is het nonnetje (*Macoma balthica*) de meest dominante soort met ongeveer 75% van de totale biomassa. In het controlegebied zijn het nonnetje, *Heteromastus filiformis* en *Carcinus maenas* de dominante soorten. In het Kimstergat zijn het nonnetje en de Amerikaanse boormossel de dominante soorten. De biomassa van bodemdieren is het hoogst in het zuidelijke controlegebied, met kleine verschillen tussen de andere gebieden. Wat opvalt is dat de biomassa van het noordelijke controlegebied niet veel lijkt te verschillen ten opzicht van de vaarweg en van het Kimstergat (Figuur 13).



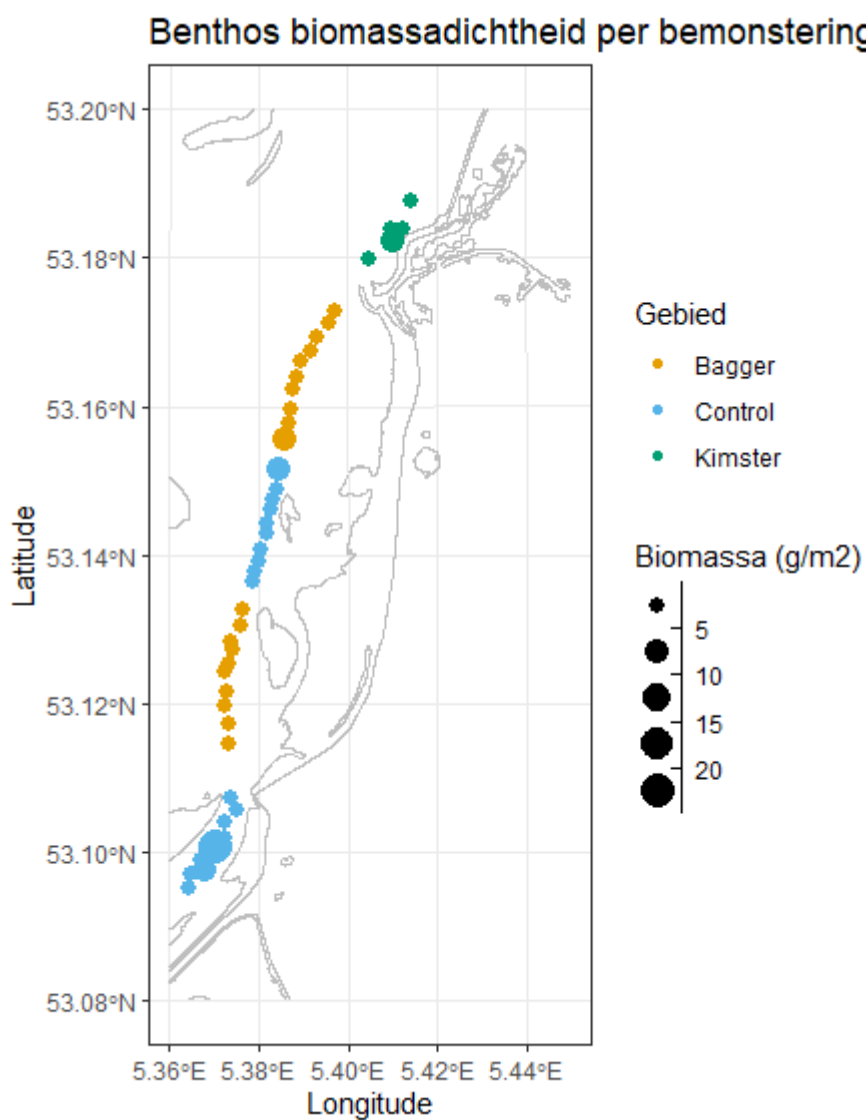
Figuur 11: Soortensamenstelling op basis van biomassa in het baggergebied, controlegebied, en Kimstergat. Alleen de tien soorten met hoogste gemiddelde dichtheid zijn aangegeven in kleuren.



Figuur 12: Totale bodemdieren biomassa (alle soorten bij elkaar) in het baggergebied, controlegebied, en Kimstergat. De getallen boven de haakjes laten de p-waarde van een "pairwise" Wilcoxon test zien.

Tabel 3: biomassa (in gr/m²) per bodemdiersoort en deelgebied. Waardes zijn weergegeven als gemiddelde (standaard deviatie). Voor maar een deel van de benthossoorten kon het biomassa bepaald worden, waardoor er hier meer nulwaardes instaan dan in de dichtheidstabel (Tabel 2). Gemiddelden zijn afgerond op één decimaal, standaard deviaties op twee decimalen.

Soort	Bagger	Control	Kimster
Macoma balthica	0.9 (1.11)	0.9 (1.18)	1.8 (3.63)
Heteromastus filiformis	0.1 (0.12)	0.9 (0.84)	0 (0.06)
Carcinus maenas	0 (0)	0.9 (4.04)	0.1 (0.28)
Crangon crangon	0.1 (0.43)	0.5 (1.05)	0 (0)
Mytilus edulis	0.1 (0.51)	0.2 (0.72)	0.2 (0.36)
Petricolaria pholadiformis	0 (0)	0 (0)	0.8 (1.7)
Mya sp.	0 (0.2)	0 (0)	0 (0)
Mya arenaria	0 (0.16)	0 (0)	0 (0)
Gammarus salinus	0 (0)	0 (0.01)	0.1 (0.18)
Peringia ulvae	0 (0.02)	0 (0.02)	0 (0)
Capitella sp.	0 (0.05)	0 (0.02)	0 (0)
Marenzelleria viridis	0 (0.01)	0 (0.05)	0 (0)
Aphelochaeta sp.	0 (0.01)	0 (0.02)	0 (0)
Mulinia lateralis	0 (0.03)	0 (0)	0 (0)
Bivalvia sp.	0 (0.02)	0 (0)	0 (0)
Hediste diversicolor	0 (0)	0 (0.02)	0 (0)
Melita palmata	0 (0)	0 (0)	0 (0.03)
Gammarus locusta	0 (0)	0 (0.01)	0 (0)
Actinaria sp.	0 (0.01)	0 (0)	0 (0)
Clitellata sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Corophiidae sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Corophium volutator	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Eteone flava	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Leucon (Leucon) nasica	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Melitidae sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Myidae sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Mysidae sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Nemertea sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Nereididae sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Phyllodocidae sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Platyhelminthes sp.	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Polydora cornuta	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Pygospio elegans	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Streblospio benedicti	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Tubificoides benedii	0 (0)	0 (0)	0 (0)

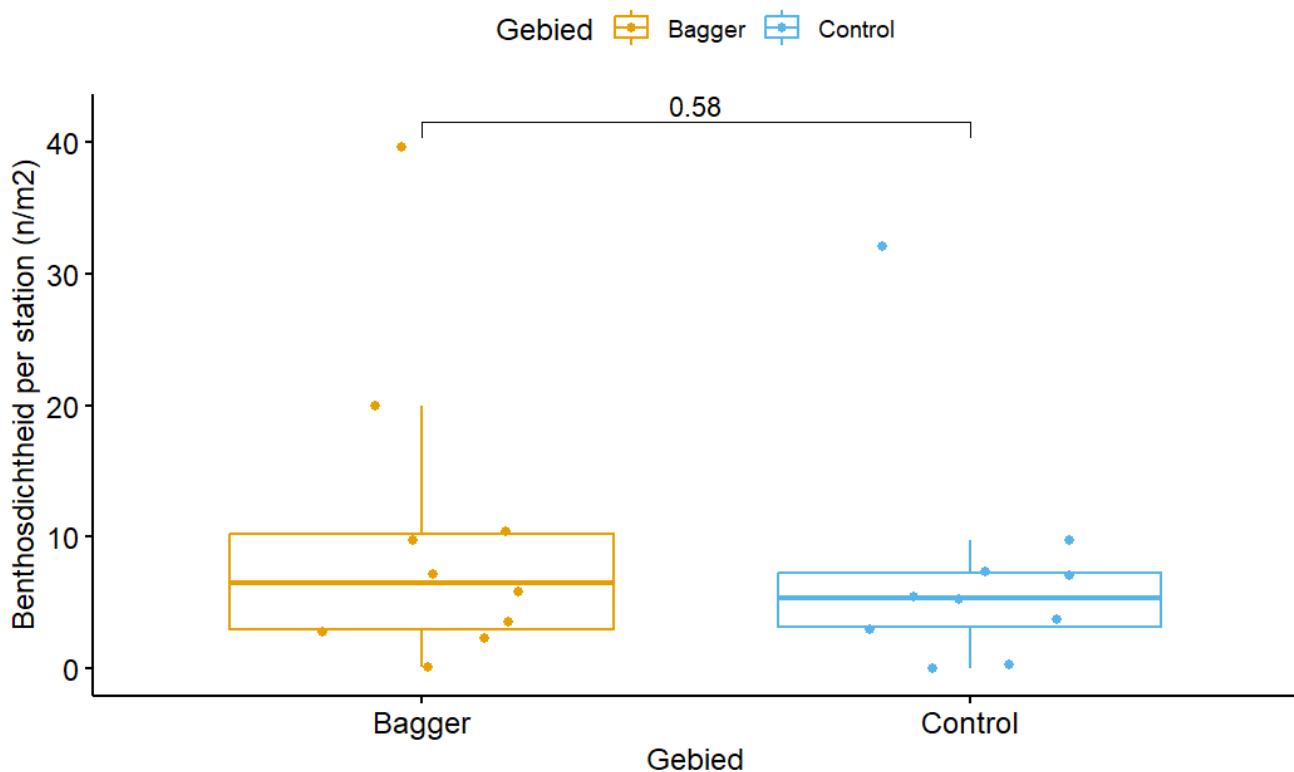


Figuur 13: : Benthosbiomassa (alle soorten opgeteld) per bemonsteringslocatie in 2024.

3.3 Bodemdieren (schaaf)

3.3.1 Dichtheden

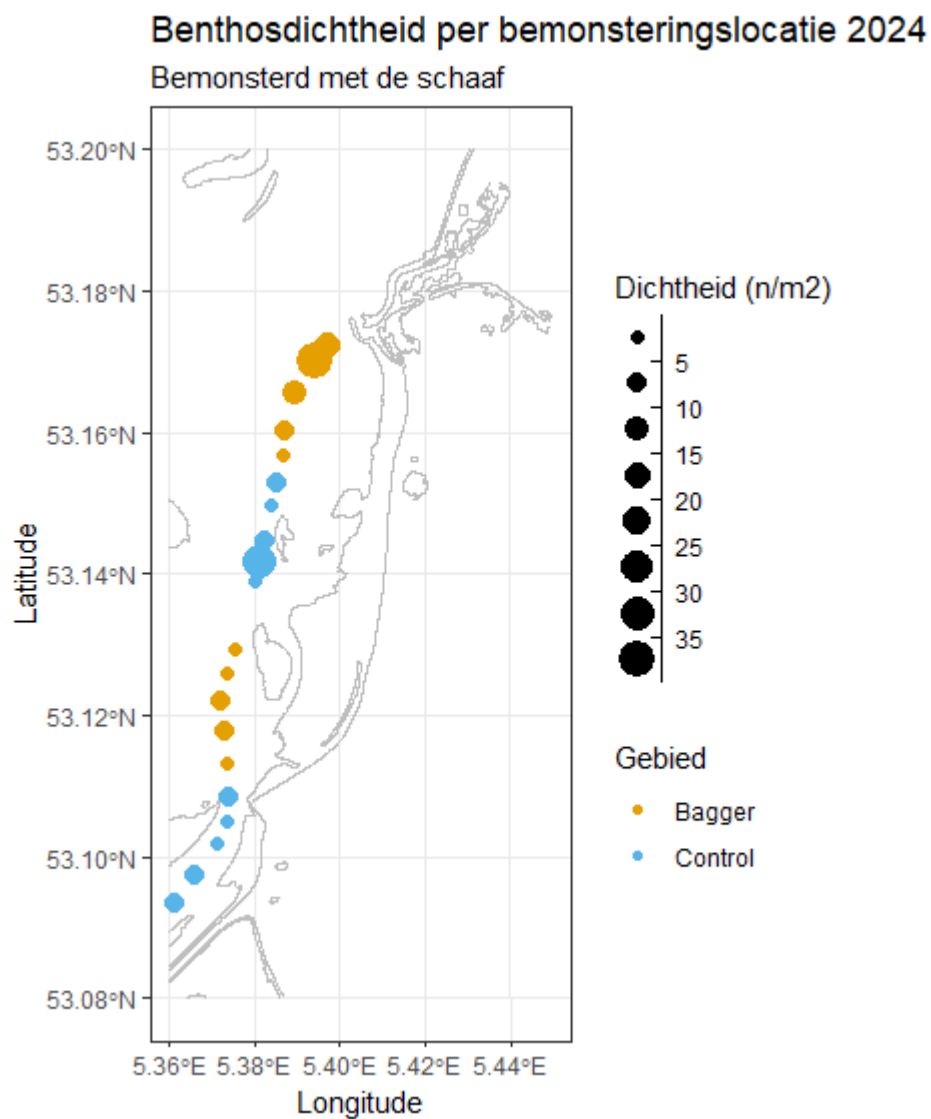
In alle bodemschaaf monsters zijn er maar acht soorten aangetroffen in totaal. Het totale bodemdierdichtheid van het baggergebied verschilde niet significant van het controlegebied (Figuur 14). Door de hogere maaswijdte van de schaarf vergeleken met de box-corer (5mm vs. 1mm), is het aantal soorten aangetroffen in de schaarf lager dan in een box-corer monster. De dichtheid van bodemdieren aangetroffen in de schaarf bestond voor het overgrote deel uit het nonnetje (*Macoma balthica*) voor beide gebieden (Tabel 4; Figuur 16). Het noordelijke deel van het baggergebied en het controlegebied lieten de grootste dichtheden zien, met weinig verschil tussen de andere bemonsteringslocaties (Figuur 15).



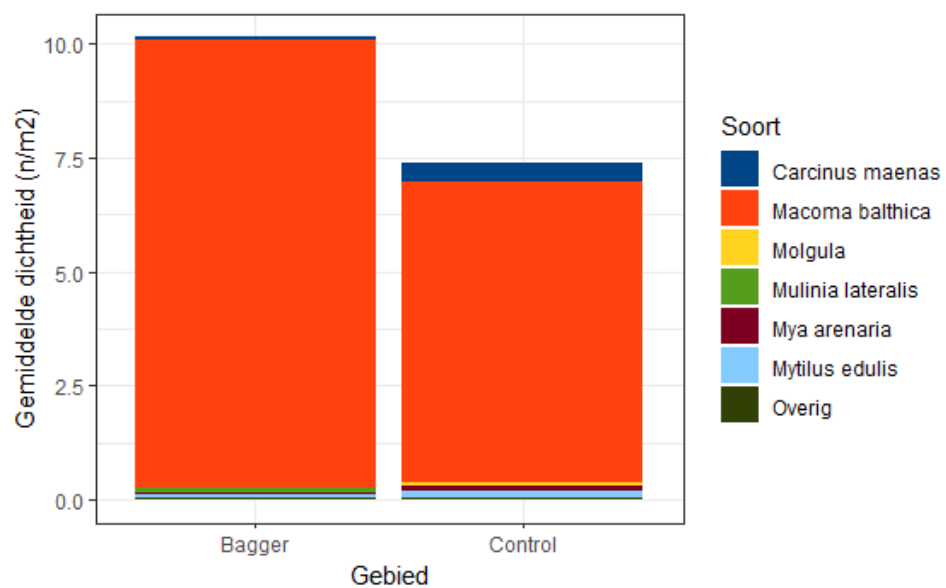
Figuur 14: dichtheid van benthos (alle soorten bij elkaar) in het baggergebied en controlegebied, bemonsterd door de schaarf. De getallen boven de haakjes laten de p-waarde van een "pairwise" Wilcoxon test zien.

Tabel 4: gemiddelde bodemdierdichtheid (in n/m²) per soort en gebied, bemonsterd door de schaaf trekken. Waardes zijn uitgedrukt in gemiddelde (standaard deviatie).

Soort	Bagger	Control
Macoma balthica	9.82 (11.65)	6.61 (8.91)
Carcinus maenas	0.05 (0.06)	0.43 (0.58)
Mytilus edulis	0.1 (0.12)	0.15 (0.31)
Mulinia lateralis	0.13 (0.2)	0 (0)
Mya arenaria	0.03 (0.04)	0.1 (0.21)
Molgula	0 (0)	0.08 (0.24)
Ensis	0.01 (0.03)	0.04 (0.09)
Corbula amurensis	0.01 (0.04)	0 (0)



Figuur 15: Benthosdichtheid (alle soorten opgeteld) per bemonsteringslocatie in 2024, bemonsterd met de schaaf.



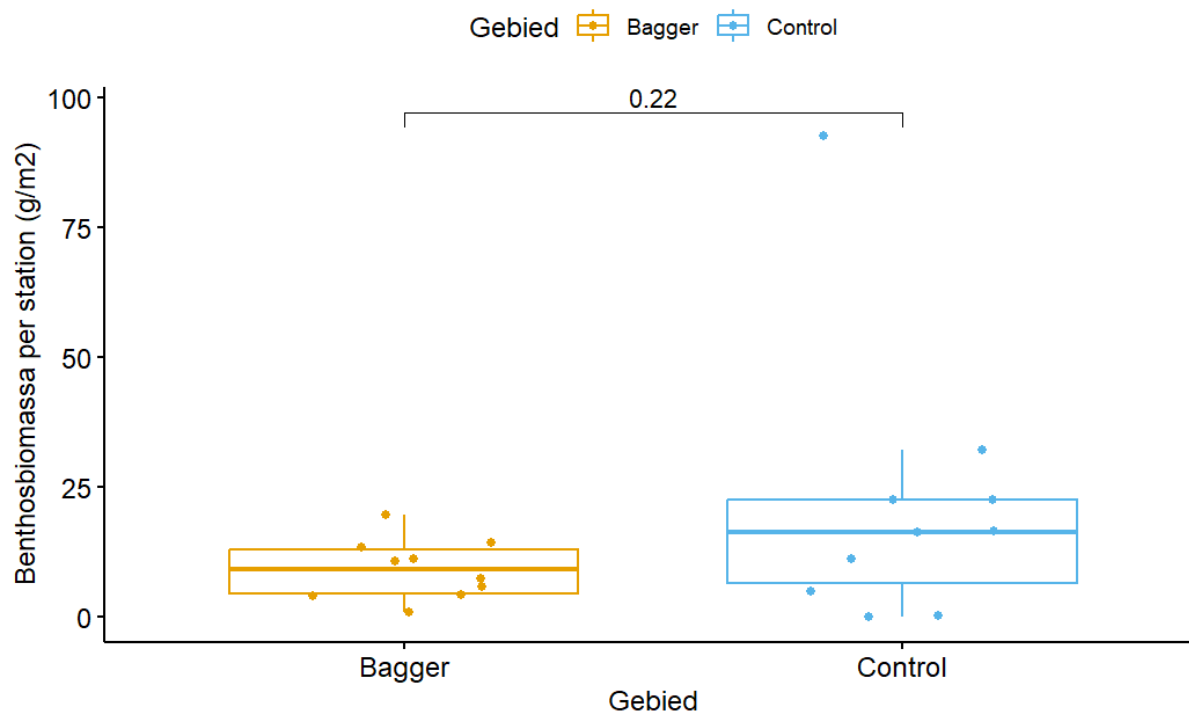
Figuur 16: soortensamenstelling van gemiddelde dichtheid bodemdiergemeenschap bemonsterd met de schaaf.

3.3.2 Biomassa

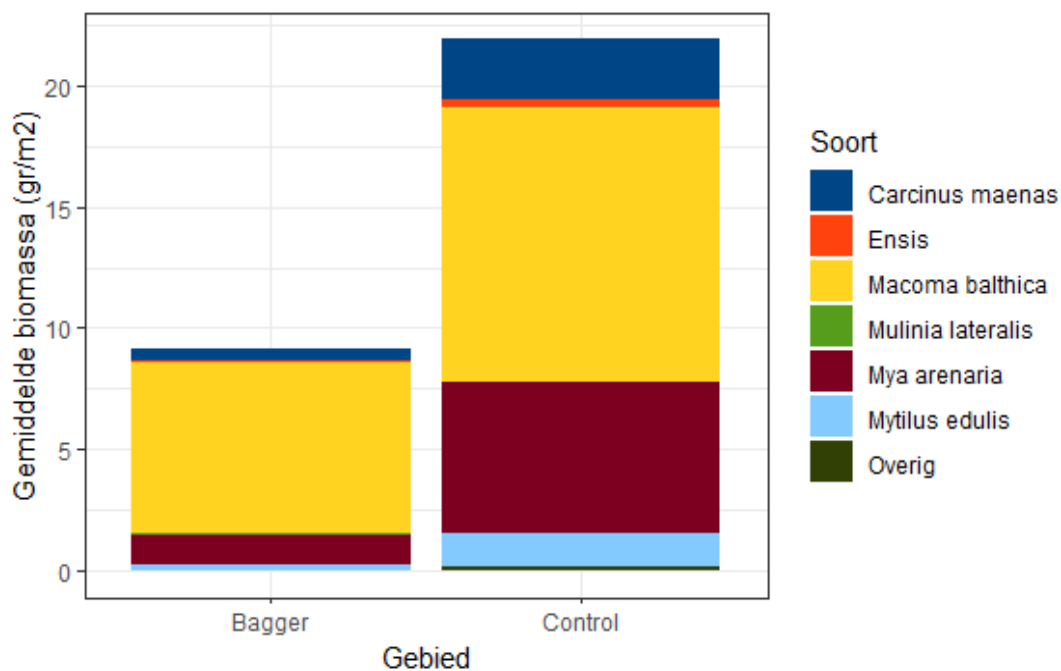
De biomassa aan bodemdieren bemonsterd door middel van de schaaf was niet significant verschillend tussen het baggergebied en het controlegebied (Figuur 17). Desalniettemin was de gemiddelde biomassa van bodemdieren in het controlegebied wel hoger, en was voor zes van de acht soorten de biomassa hoger in het controlegebied vergeleken met het baggergebied. In het baggergebied waren de biomassa's van het nonnetje (*Macoma balthica*) en *Mya arenaria* het hoogst (Tabel 5; Figuur 18). In het controlegebied was de biomassa's van het nonnetje (*Macoma balthica*), *Mya arenaria*, en *Carcinus maenas* het hoogst (Tabel 5; Figuur 18). De biomassa van bodemdieren was het hoogst in het noordelijke deel van het controlegebied (**Error! Reference source not found.**).

Tabel 5: gemiddelde bodemdierbiomassa (in gr/m²) per soort en gebied, bemonsterd door de schaaftrekken. Waardes zijn uitgedrukt in gemiddelde (standaard deviatie).

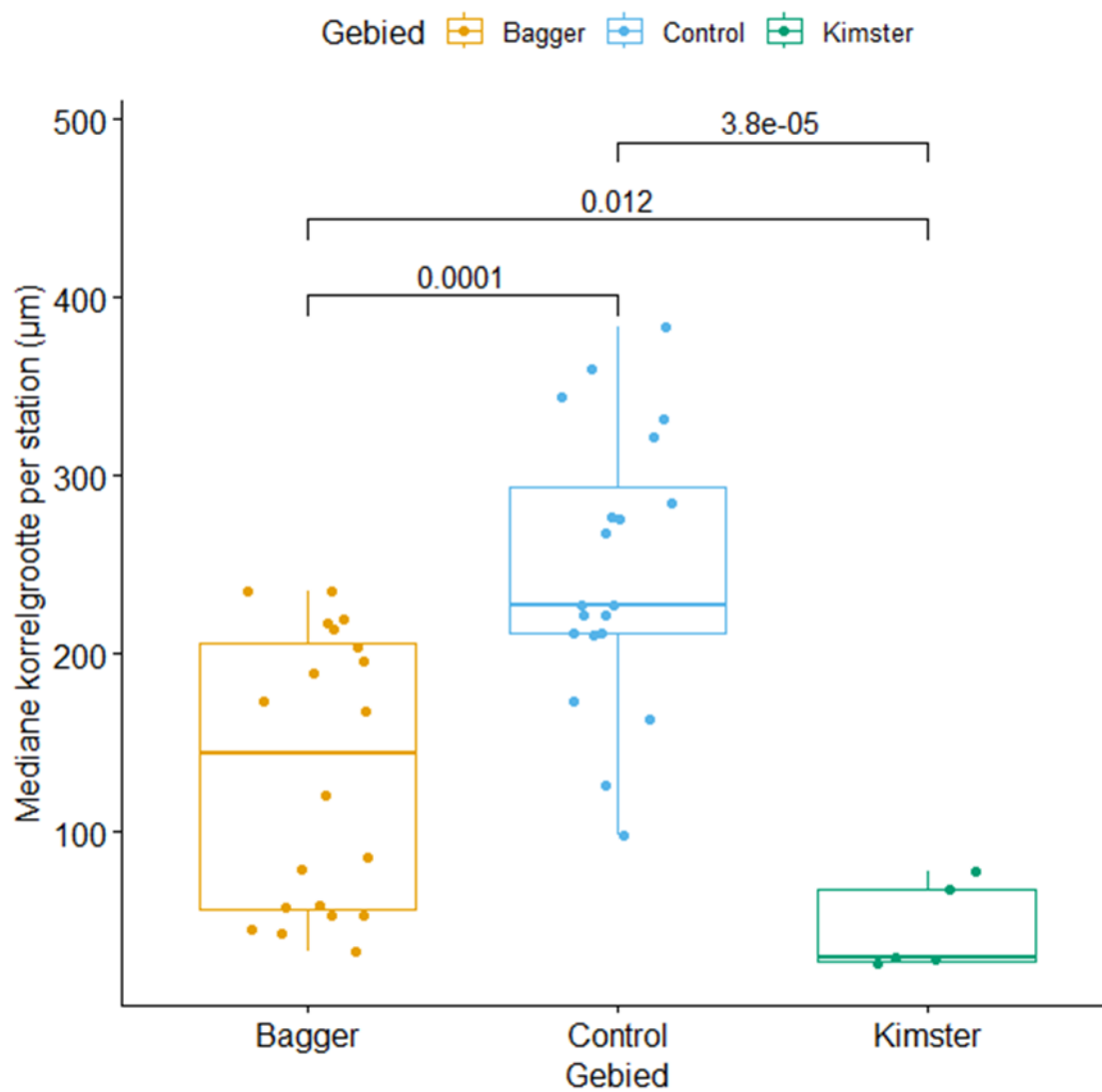
Soort	Bagger	Control
Macoma balthica	7.01 (5.22)	11.35 (14.7)
Mya arenaria	1.2 (2.18)	6.21 (13.25)
Carcinus maenas	0.49 (0.69)	2.47 (4.44)
Mytilus edulis	0.26 (0.45)	1.42 (3.53)
Ensis	0.09 (0.28)	0.3 (0.72)
Molgula	0 (0)	0.16 (0.5)
Mulinia lateralis	0.09 (0.19)	0 (0)
Corbula amurensis	0.01 (0.05)	0 (0)



Figuur 17: dichtheid van benthos (alle soorten bij elkaar) in het baggergebied en controlegebied, bemonsterd door de schaaf. De getallen boven de haakjes laten de p-waarde van een "pairwise" Wilcoxon test zien.



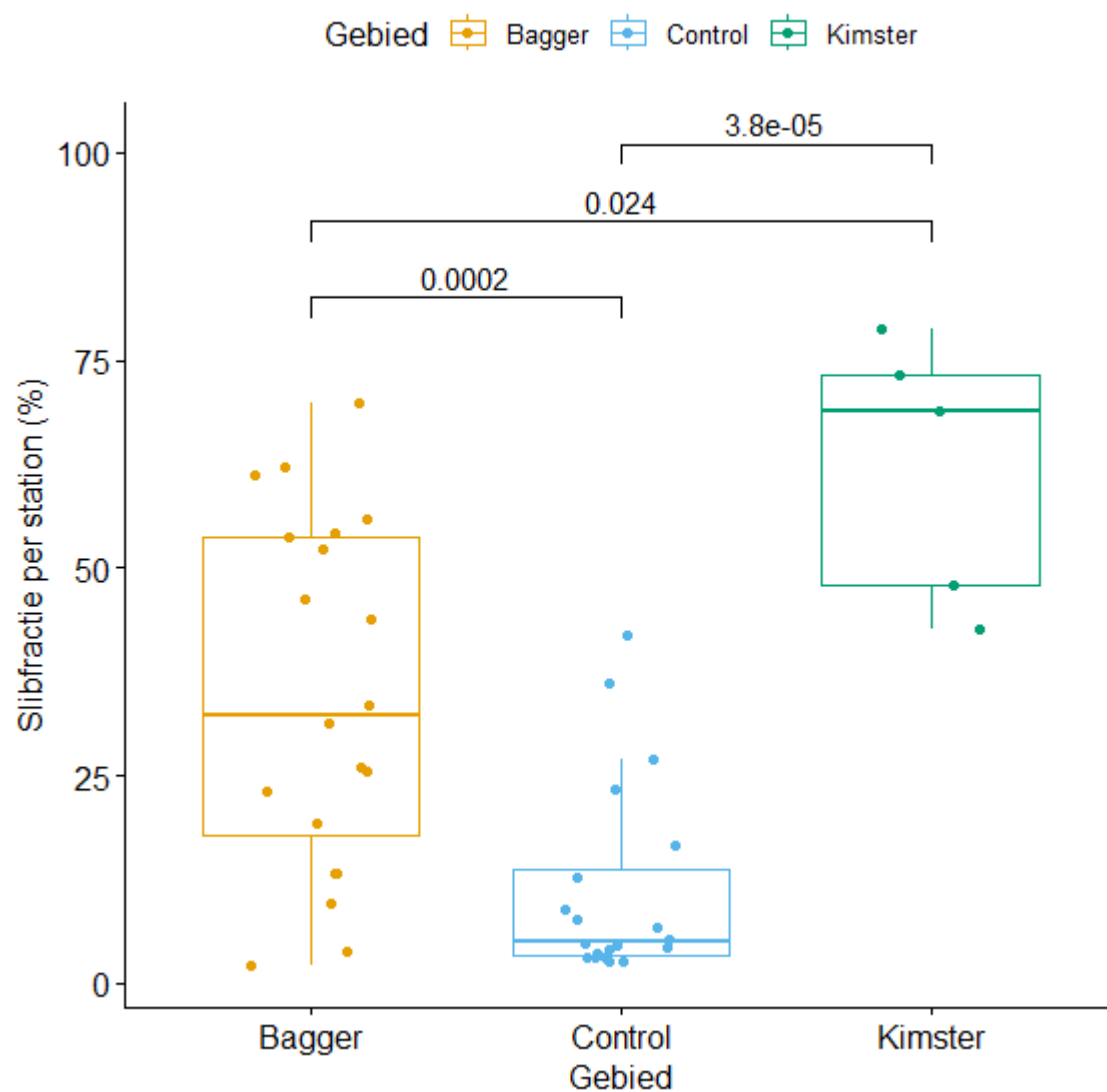
Figuur 18: biomassa van benthos (alle soorten bij elkaar) in het baggergebied en controlegebied, bemonsterd door de schaaf: verdeling over de verschillende soorten.



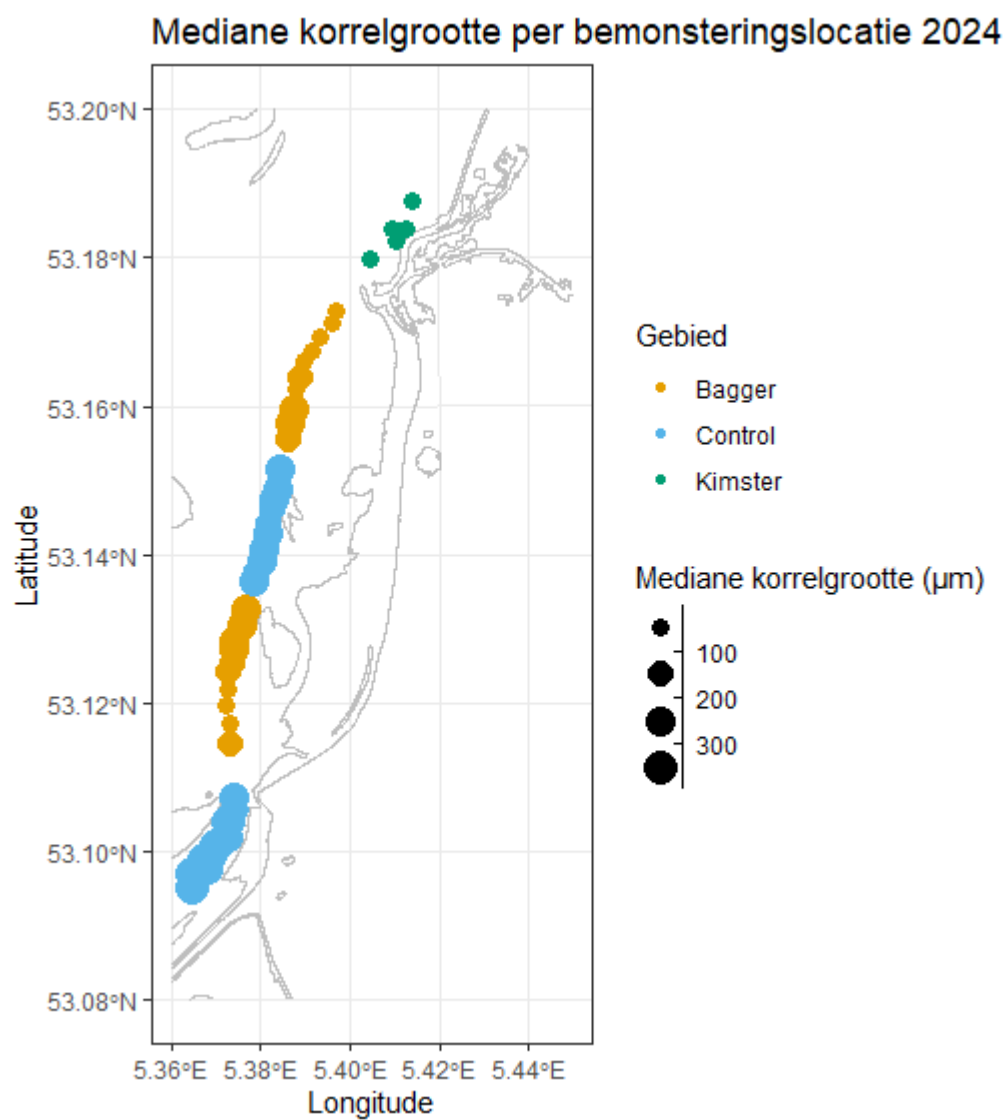
Figuur 19: mediane korrelgrootte van de sedimenttoplaag in het baggergebied, controlegebied, en het kimstergat. De getallen boven de haakjes laten de p-waarde van een "pairwise" Wilcoxon test zien.

3.4 Samenstelling toplaag van het sediment

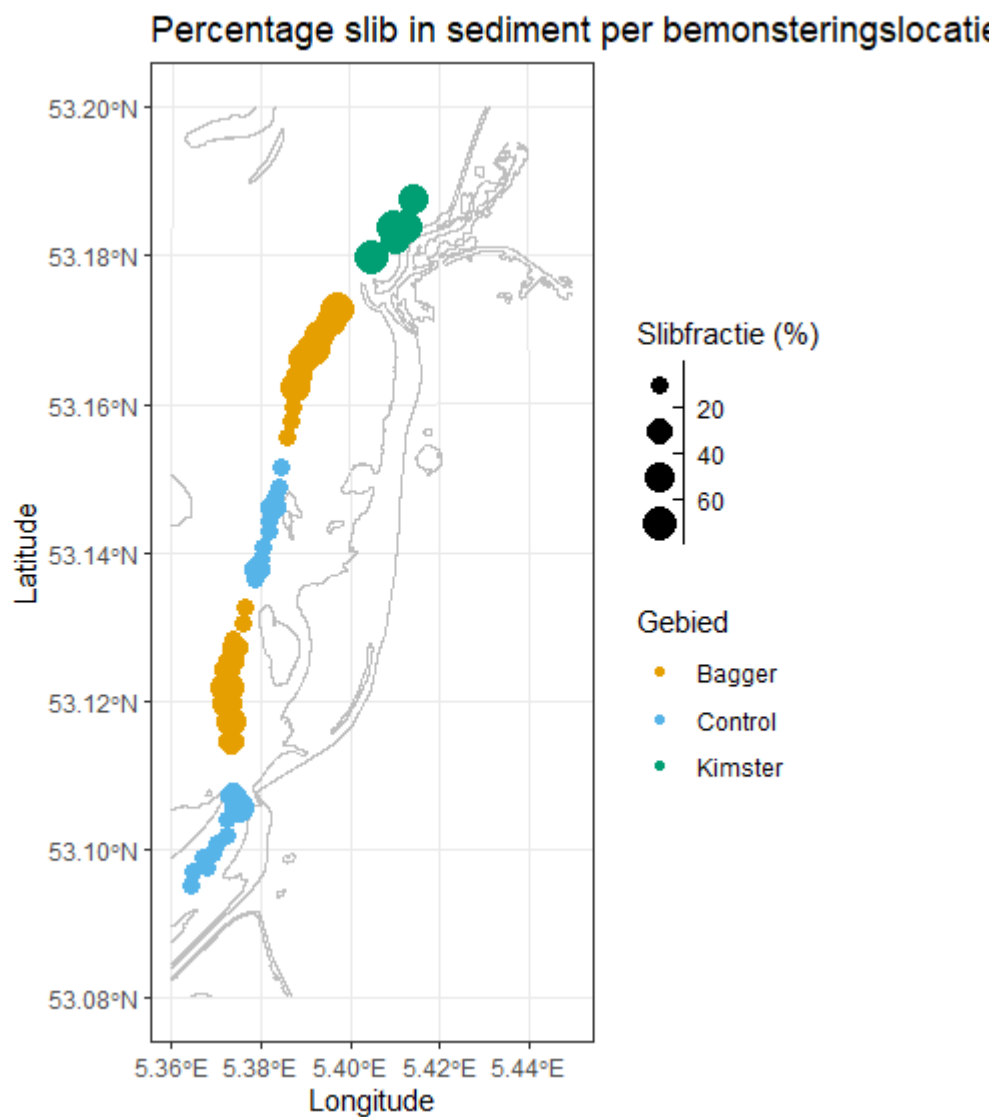
De samenstelling van de toplaag van het sediment verschilt aanzienlijk tussen de drie gebieden. Het baggergebied bestaat uit een significant fijner sediment vergeleken met het controlegebied, maar grover dan het Kimstergat. Het Kimstergat bestaat ook uit significant fijner sediment dan het controlegebied (Figuur 19). De slibfractie is hoger in het Kimstergat vergeleken met het baggergebied en het controlegebied, en het controlegebied heeft ook een significant lagere slibfractie dan het baggergebied (Figuur 20). De mediane korrelgrootte was fijner in het noordelijke deel van het baggergebied dat dicht bij het Kimstergat lag (Figuur 21).



Figuur 20: Percentage slib (korrelgrootte < 63 μ m) van de toplaag (0-3cm) van het sediment in het baggergebied, controlegebied, en Kimstergat. De getallen boven de haakjes laten de p-waarde van een "pairwise" Wilcoxon test zien.



Figuur 21: Mediane korrelgrootte van de top 3cm van het sediment per bemonsteringslocatie.



Figuur 22: Percentage slib van de top 3cm van het sediment per bemonsteringslocatie.

4 Discussie en conclusie

De effecten van baggeren in vaarweg de Boontjes zijn zichtbaar in deze nulmeting. De dichtheid en biomassa van bodemdieren, bemonsterd met de box-corer, zijn significant lager in het baggergebied vergeleken met het controlegebied. Daarnaast zien we ook dat de biomassa van bodemdieren in het noordelijke controlegebied, dat tussen twee baggergebieden inligt, lager is dan in het zuidelijke controlegebied. Dit zou eerder kunnen wijzen op een gebied-breed effect van het baggeren van de vaarweg, maar om dit vast te kunnen stellen zijn er meer gegevens nodig. De gegevens verzameld met de schaaf laten geen significante verschillen zien tussen het baggergebied en het controlegebied, al was de gemiddelde biomassa wel ongeveer 2x zo hoog in het controlegebied. De biomassa in het baggergebied bestond voornamelijk uit het nonnetje (*Macoma balthica*), terwijl in het controlegebied ook *Mya arenaria*, *Carcinus maenas*, en *Mytilus edulis* een hogere biomassa lieten zien.

De sedimentsamenstelling van de top 3cm van het sediment verschillen ook significant. Hierin is duidelijk te zien dat in het Kimstergat, fijn, slibrijk, baggerspecie wordt gestort, en dat het baggeren in de vaarweg ervoor zorgt dat de sediment laag ook slibrijker en fijner wordt. Het relatief geringe verschil in dichtheid/biomassa van het nonnetje (*Macoma balthica*) tussen het controlegebied en het baggergebied, suggereert dat deze soort minder gevoelig is voor verstoring door bodemberoering dan andere schelpdieren zoals de kokkel of de gewone mossel. Dit sluit aan bij een eerder literatuuronderzoek hiernaar (Rippen et al. 2021). De resultaten van deze nulmeting laten onder andere zien dat de bemonsteringsstrategie afdoende is om eventuele verschillen tussen gebieden waar te kunnen nemen.

5 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Cleveringa J, Versteeg S (2022) Vaarweg de Boontjes; Ecologische scenariovergelijking aanvullend scenario NAP - 2,80 m. Arcadis, november 2022.
- Ens BJ, Craeymeersch JA, Fey FE, Heessen HJL, Smaal AC, Brinkman AG, Dekker R, van der Meer J, van Stralen MR (2007) Sublitorale natuurwaarden in de Waddenzee. Een overzicht van bestaande kennis en een beschrijving van een onderzoekopzet voor een studie naar het effect van mosselzaadvisserij en mosselkweek op sublitorale natuurwaarden. Wageningen IMARES, Rapportnummer C077/07. 117 pp.
- Meijer KJ, Franken O, van der Heide T, Holthuijsen SJ, Visser W, Govers LL, Olff H (2023) Characterizing bedforms in shallow seas as an integrative predictor of seafloor stability and the occurrence of macrozoobenthic species. Remote Sens Ecol Con 9:323-339
- Rippen A, van der Zee E, Fieten N, Latour J, Wymenga E (2021) Review effecten natuurlijke bodemdynamiek en menselijke bodemberoering in de sublitorale Waddenzee. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden. 155 p.
- van den Ende D, van Asch M (2024) Inventarisatie van het wilde sublitorale mosselbestand van de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2024. Wageningen Marine Research, Yerseke

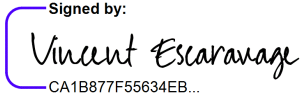
Verantwoording

Rapport C056/25

Projectnummer: 4313100239

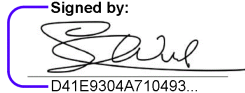
Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research.

Akkoord: Vincent Escaravage
Onderzoeker

Handtekening:  Signed by:
CA1B877F55634EB...

Datum: 07-08-2025

Akkoord: Cas Wiebinga
Business Manager Projecten

Handtekening:  Signed by:
D41E9304A710493...

Datum: 07-08-2025

Wageningen Marine Research
T +31 (0)317 48 70 00
E marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekersadres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

Certificate Of Completion

Envelope Id: 7C7A9F54-7BBE-4D5D-AF8D-1CD1567FB578

Status: Completed

Subject: Complete with Docusign: C056.25 Rapport-Nulmeting - Biotiek - Boontjes_def 13-08-EdF-lcs.pdf

Source Envelope:

Document Pages: 38

Signatures: 2

Envelope Originator:

Certificate Pages: 2

Initials: 0

Lydia Cornelissen

AutoNav: Enabled

Postbus 9101

Envelopeld Stamping: Enabled

Wageningen, Gelderland 6700 HB

Time Zone: (UTC+01:00) Amsterdam, Berlin, Bern, Rome, Stockholm, Vienna

lydia.cornelissen@wur.nl

IP Address: 137.224.252.13

Record Tracking

Status: Original

Holder: Lydia Cornelissen

Location: DocuSign

8/13/2025 3:08:06 PM

lydia.cornelissen@wur.nl

Signer Events

Vincent Escaravage

vincent.escaravage@wur.nl

Security Level: Email, Account Authentication
(None)

Signature

Signed by:

CA1B877F55634EB...

Signature Adoption: Pre-selected Style

Using IP Address: 81.207.221.162

Timestamp

Sent: 8/13/2025 3:10:59 PM

Viewed: 8/14/2025 3:53:01 PM

Signed: 8/14/2025 3:54:30 PM

Electronic Record and Signature Disclosure:

Not Offered via Docusign

Cas Wiebinga

cas.wiebinga@wur.nl

Security Level: Email, Account Authentication
(None)

Signed by:

D41E9304A710493...

Signature Adoption: Uploaded Signature Image

Using IP Address: 137.224.252.10

Sent: 8/14/2025 3:54:32 PM

Viewed: 8/14/2025 4:35:18 PM

Signed: 8/14/2025 4:39:47 PM

Electronic Record and Signature Disclosure:

Not Offered via Docusign

In Person Signer Events

Signature

Timestamp

Editor Delivery Events

Status

Timestamp

Agent Delivery Events

Status

Timestamp

Intermediary Delivery Events

Status

Timestamp

Certified Delivery Events

Status

Timestamp

Carbon Copy Events

Status

Timestamp

WMR Secretariaat

secretariaat.marine-research@wur.nl

Security Level: Email, Account Authentication
(None)

COPIED

Sent: 8/14/2025 4:39:49 PM

Viewed: 8/15/2025 1:51:52 PM

Electronic Record and Signature Disclosure:

Not Offered via Docusign

Witness Events

Signature

Timestamp

Notary Events

Signature

Timestamp

Envelope Summary Events	Status	Timestamps
Envelope Sent	Hashed/Encrypted	8/13/2025 3:11:00 PM
Certified Delivered	Security Checked	8/14/2025 4:35:18 PM
Signing Complete	Security Checked	8/14/2025 4:39:47 PM
Completed	Security Checked	8/14/2025 4:39:49 PM
Payment Events	Status	Timestamps