

T-nulmeting Benthos buitendelta Amelander Zeegat 2017

Rapportage Benthos boxcorer

Definitief (versie 02)

Rijkswaterstaat

Amsterdam, 15 mei 2018

Verantwoording

Titel : T-nulmeting Benthos buitendelta Amelander Zeegat 2017

Subtitel : Rapportage Benthos boxcorer

Opdrachtgever: : Rijkswaterstaat

Referentie klant : 31129829

Projectnummer : J00002319


Revisie : 02 (definitief)

Datum : 15 mei 2018


Auteur(s) : E.C. Verduin, L. Leewis

E-mail adres : edwinverduin@eurofins.com

Gecontroleerd door : L. Leewis

Paraaf gecontroleerd : 

Goedgekeurd door : A. de Beauvesère-Storm

Paraaf goedgekeurd : 

Contact : Eurofins Omegam B.V.
Eurofins AquaSense
H.J.E. Wenkebachweg 120
1114 AD Amsterdam-Duivendrecht
Postbus 94685
1090 GR Amsterdam
T +31 (0) 20 5976 680
www.aquasense.nl

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	4
2	MEETLOCATIES	7
3	MATERIAAL & METHODEN	8
4	RESULTATEN	13
5	CONCLUSIE	28
	DANKWOORD	31
	LITERATUUR	32
	BIJLAGE 1: BEMONSTERDE LOCATIES	33
	BIJLAGE 2: LOCATIELIJST	36
	BIJLAGE 3: SEDIMENTSAMENSTELLING AMELANDER ZEEGAT	44
	BIJLAGE 4: BIODIVERSTEIT IN KAART	45
	BIJLAGE 5: CORRELATIES VAN BIOTISCHE EN A-BIOTISCHE PARAMETERS	51
	BIJLAGE 6: MILIEUVARIABLEN	52

1 Inleiding

Rijkswaterstaat heeft een besloten om in 2018 een pilotsuppletie uit te voeren op de buitendelta van het Amelandse Zeegat. Het doel hiervan is om de kennis te vergroten van de uitvoerbaarheid en effectiviteit van een grootschalige suppletie op een buitendelta. Het blijkt echter dat de kennis over buitendelta's vrij beperkt is, waardoor het moeilijk is om een inschatting te maken van de ecologische effecten op de buitendelta.

Binnen het onderzoeksprogramma Kustgenese 2.0 is daarom het meetprogramma Ecologie Buitendelta Ameland gestart. In de zomer en het najaar van 2017 is dit meetprogramma gestart met een uitgebreide T-nulmeting (T-0). Met het bepalen van de zogenaamde nulsituatie kan een basis worden gelegd voor het bepalen van het effect van de suppletie op de ecologie van de buitendelta (Schipper en van Dalftsen, 2017).

1.1 Achtergrond

Om de veiligheid van onze kust voor nu en in de toekomst te kunnen waarborgen ontwikkeld RWS een suppletiestrategie. Sinds 1990 wordt de kust door middel van zogenaamde suppleties wordt met zand versterkt en hebben zandsuppleties een belangrijke rol in het onderhoud van de kust. In deze tijd is ook het onderzoeksprogramma Kustgenese opgezet. Op basis van onderzoek en vernieuwde inzichten is de suppletiestrategie een aantal keer aangepast.

In 2020 wordt de suppletiestrategie opnieuw geevalueerd en wordt er gekeken of er grote wijzigingen nodig zijn. Om een goede beslissing hierover te kunnen maken is het programma Kustgenese 2.0 opgezet. In dit programma wordt aanvullende kennis verzameld, om te besluiten over benodigde suppletievolumes en de verdeling van zand, op het niveau van één samenhangend zandig systeem (Deltaprogramma Kust, 2014). Buitendelta's zijn in Kustgenese 2.0 een potentieel nieuwe locatie om zand te suppleren (Holzhauer, 2017).

1.1.1 Buitendelta

Tussen de koppen van twee eilanden ligt een zeegat. Dit is de verbinding tussen open zee en het getijdebekken (Kats, 2012). Aan de zeewaartse kant van het zeegat ligt een zandrijke ondiepte, de buitendelta. De buitendelta bestaat uit platen, die voor het grootste deel onder water liggen, en getijdegeulen. De geulen en platen op de buitendelta's zijn dynamisch en de ligging en de hoogte veranderen in de loop van de tijd (Clevinga, 2004). In Nederland vinden we de buitendelta's voornamelijk tussen de Waddeneilanden en in de Voordelta.

In de afgelopen jaren is er veel geëxperimenteerd met nieuwe locaties en vormen van zandsuppleties, waaronder verschillende suppletieontwerpen en de aanleg van de Zandmotor. Het suppleren van de buitendelta is een mogelijk nieuwe locatie om zand op een strategische manier in het systeem te brengen. Een buitendelta is de ondiepe zone voor een zeegat, deze buitendelta's zijn van nature ontstaan en bestaan uit een getijdesysteem van geulen, platen en ondieptes (Holzhauer, 2017).

De buitendelta in het Amelandse Zeegat, het zeegat tussen Ameland en Terschelling is aangegeven als locatie voor een pilotsuppletie. Er wordt 5-6 miljoen kubieke meter zand gesuppleert (Schipper en van Dalftsen, 2017). De buitendelta ligt in het Natura 2000 gebied Noordzeekustzone.

1.1.2 *Inschatten van effecten*

Het inschatten van de effecten van een dergelijke ingreep is echter niet mogelijk zonder een goede kennis van dit systeem. Er is een brede systeemkennis nodig om de effectiviteit van de suppletie te voorspellen, maar anderzijds ook om de effecten op de aanwezige natuur in te kunnen schatten. Er moeten maatregelen genomen worden om negatieve effecten zoveel mogelijk te beperken, maar ook positieve effecten voor de natuur zoveel mogelijk te versterken. Daarom wordt er ook biologisch onderzoek uitgevoerd, om de aanwezige biologische componenten in kaart te brengen.

Het biologisch onderzoek buitendelta Amelanders Zeegat heeft als doel om aan te tonen wat het effect is van de suppletie op ecologie van de buitendelta. Deze T-nulmeting Benthos legt daarvoor de basis voor het onderzoek naar de ontwikkeling van het bodemleven en de effecten van een suppletie. Daarnaast helpt het om de kennis van het bodemleven in buitendelta's te vergroten en kunnen we meer te weten komen over de rol van het bodemleven in de buitendelta. Het onderzoek naar benthos is slechts één onderdeel van de onderzoeken die in de buitendelta worden uitgevoerd en is onderdeel van een reeks van onderzoeken om een breder inzicht in voedselweb-realties en onderliggende factoren te kunnen krijgen. Zo kan er een beter beeld gevormd worden van de aanwezige natuurwaarden in de buitendelta van het Amelanders Zeegat en de effecten die een suppletie in dit gebied heeft.

1.2 **Doelstelling**

Deze T-nulmeting Benthos vormt een basis voor de effectstudie naar de gevolgen van de pilot-suppletie op het ecologisch functioneren van de buitendelta. De T-nulmeting heeft de volgende doelen:

- Het mogelijk maken om eventuele effecten van suppleties in het gebied van debuitendelta op het ecologisch functioneren inzichtelijk te maken.
- Het vergroten van de kennis over het (ecologisch) functioneren van het systeem van de buitendelta door de gemeenschappen die daar voorkomen te beschrijven.
- Het verkrijgen van inzicht in de sturende abiotische en biotische factoren die de verspreiding van soorten over de buitendelta en het gebruik ervan door deze soorten kunnen verklaren.

Dit onderzoek richt zich primair op de monitoring van het macrozoöbenthos en de sedimentkarakteristiek. De doelen van de brede T-nulmeting van Rijkswaterstaat zijn meer specifiek gemaakt ten behoeve van het benthosonderzoek. Zo worden de doelen uit de meetstrategie en meetplan (Schipper en van Dalen, 2017) vertaald naar de praktijk van het benthosonderzoek.

De doelen voor de T-nulmeting benthos zijn als volgt geformuleerd:

- Het verkrijgen van inzicht in de aanwezigheid van benthos in dichtheid, soortensamenstelling en biomassa in de buitendelta.
- Inzicht verkrijgen in de sedimentsamenstelling in de buitendelta.
- Het inzichtelijk maken van de verschillen in benthosgemeenschappen tussen deelgebieden.
- Het leggen van relaties van de bodemfauna met bekende abiotische omgevingsfactoren, zoals de geografische en bathymetrische ligging van locatie, de sedimentsamenstelling, etc.
- Duiden van verschillen in soortensamenstelling door middel van bekende abiotische omgevingsfactoren.

1.3 Leeswijzer

Deze rapportage geeft een beschrijving van de resultaten van de T-nulmeting van het sediment en het macrozoöbenthos in het Amelander Zeegat in september 2017. Deze rapportage vormt samen met de veldrapportage (Verduin en Engelberts, 2017) en het databestand met de veld- en analysegegevens het resultaat van deze opdracht. Deze producten vormen gezamenlijk het resultaat van het project. Daarnaast is een analyse en duiding gemaakt van de data. Het gaat hier vooral om de onderzoeksresultaten en de duiding van deze resultaten.

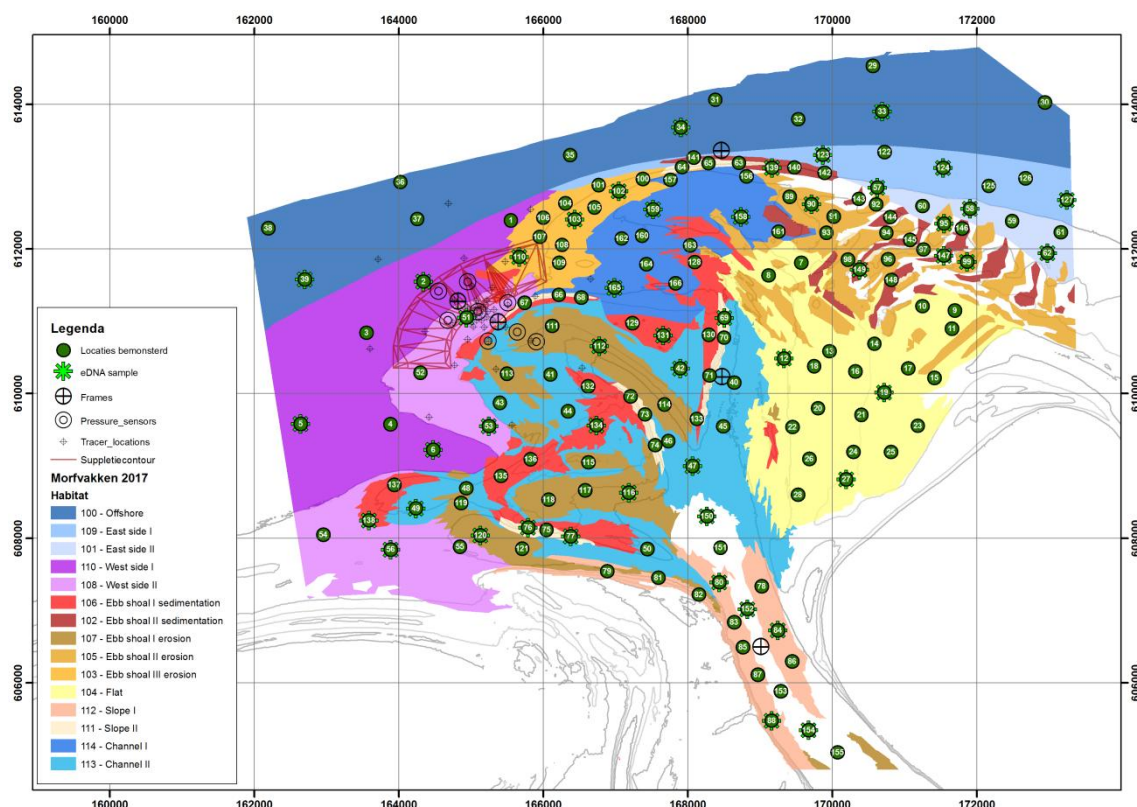
In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van het onderzoeksgebied. In hoofdstuk 3 wordt een korte omschrijving van de gebruikte materialen en methoden gegeven. In hoofdstuk 4 volgt een beschrijving van de opvallende resultaten die uit de analyses naar voren zijn gekomen. Naast deze resultaten van het macrozoöbenthos worden in hoofdstuk 4 de resultaten van de sedimentanalyses beschreven. In hoofdstuk 5 worden conclusies gegeven naar aanleiding van de resultaten.

2 Meetlocaties

2.1 Ligging monsterlocaties

In totaal zijn er 166 locaties bemonsterd. Deze zijn random in de verschillende deelgebieden gepland. Hiervoor is het gebied verdeeld in 16 onderscheidende habitats. Deze onderscheiden zich op basis van de helling en de richting van de helling, de bodemhoogte, het verschil in bodemhoogte. Daarnaast is rekening gehouden met de diepteligging en de bodemschuifspanning op een locatie (Holzhauer, 2017). Vervolgens zijn per gebied een aantal locaties random verdeeld en geplot.

In de kaart hieronder zijn de bemonsterde monsterlocaties geplot. In bijlage 1 zijn twee detailkaarten geplot van de ligging van de bemonsterde locaties.



Figuur 2-1: Ligging van monsterlocaties in de verschillende habitats in het Ameland Zeegeat (kaart naar Holzhauer, 2017)

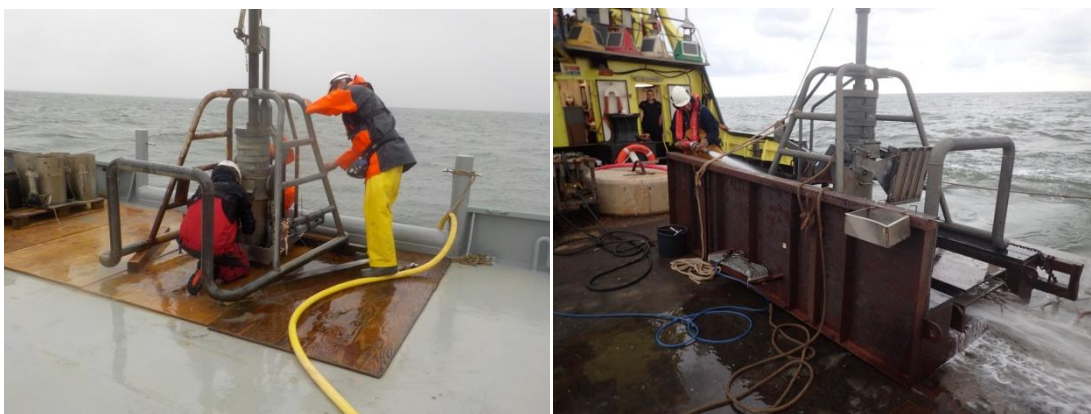
Voor de uitvoering van de monsternamen is door Eurofins een uitvoeringsplan opgesteld, waarbij er per monsterpunt een prioritering is aangegeven voor de monsternamen. In verband met de scheepsinzet hebben de ondiep gelegen locaties een aparte prioritering gehad, omdat deze zijn bemonsterd met een ondiep stekend schip (WR82). De dieper gelegen locaties zijn met een zwaarder schip bemonsterd (Terschelling).

3 Materiaal & methoden

In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van de gebruikte methodieken. De uitvoering van de bemonstering is in meer detail beschreven in de veldrapportage (Verduin en Engelberts, 2017).

3.1 Monsternamen

Op 4 en 5 september 2017 en op 20 en 21 september 2017 zijn er in totaal 166 monsters genomen in het Amelander Zeegat. De bemonstering is uitgevoerd met de WR82 en onderzoeksschip Terschelling. In totaal zijn vier locaties verplaatst tijdens deze survey. In de veldrapportage zijn de verplaatste locaties aangegeven. In bijlage 1 en 2 is een overzicht van alle monsterlocaties weergegeven.



Figuur 3-1: Situering van de Reineck boxcorer op de Gerdia WR82 (links) en MS Terschelling met L-frame (rechts, foto Harriette Holzhauer)

De monsternamen van het macrozoöbenthos heeft plaatsgevonden volgens RWSV 913.00.B200, versie 5.0, 19-12-2016 (Rijkswaterstaat CIV).). Op ieder station is één monster genomen met een Reineck boxcorer (0,078 m²). De waterdiepte, coördinaten, datum, tijd, steekdiepte, sedimenttype en de waargenomen fauna zijn vastgelegd. Ook zijn foto's genomen van de monsters.

Uit ieder monster is een sedimentmonster gestoken, voor de analyse van de sedimentkarakteristieken, korrelgrootte en organisch stofgehalte (≈ 3 cm). Ook is uit iedere boxcorer een monster gestoken (≈ 3,6 cm), voor het SEAWAD onderzoeksprogramma en zijn er op diverse monsterlocaties kleine hoeveelheden sediment verzameld voor onderzoek naar de aanwezigheid van eDNA. Het overige monsterresidu (0,075 m²) uitgespoeld over een geponste (≈ 1 mm). Het uitgespoelde residu is direct gefixeerd met 6% formaldehyde oplossing in zeewater, gebufferd met borax.

Van de gehele bemonstering is een logboek bijgehouden. In het logboek zijn opvallende zaken en afwijkingen, die tijdens het veldwerk werden geconstateerd, genoteerd. In de veldrapportage worden de bijzonderheden voor de monitoringscampagne in detail beschreven (Verduin en Engelberts, 2017).

De monsternamen van zacht substraatmonsters in het Amelander Zeegat is uitgevoerd door Eurofins AquaSense en the Fieldwork Company. Daarbij zijn ze ondersteund door onderzoekers van SEAWAD en personeel van Rijkswaterstaat.

3.2 Laboratoriumanalyse

De laboratoriumanalyse is uitgevoerd volgens analysevoorschrift A2.107 versie 4 (27-02-2017) en A2.120 versie 1 (27-02-2017). De analyse bestaat uit drie onderdelen, namelijk uitzoeken, determineren en biomassabepaling.

3.2.1 Uitzoeken

De monsters zijn minimaal 24 uur voor het uitzoeken gekleurd met enkele druppels Bengaals roze¹ oplossing (0.2 %). De monsters zijn in zijn geheel uitgezocht. Om overtollig zand en slib kwijt te raken is een monster gespoeld even een 500 µm zeef. Wanneer er veel grof materiaal aanwezig was, is er een grove zeef (maaswijdte 4 mm) op de fijne zeef geplaatst en is het grove materiaal van het fijne materiaal gescheiden. De grote macrovertebraten werden, indien mogelijk direct gedetermineerd en verwerkt. Wanneer een monster veel zand of fijn schelpmateriaal bevatte, werd het gedecanteerd. In deze stap worden de lichte en zwaardere delen in het monster (of een deel van het monster) door opwerveling van elkaar gescheiden.

Het gespoelde monster is in een uitzoekbak met onderlicht uitgezocht. Hierbij zijn alle organismen uit de monsters gehaald en op soortgroep gesorteerd (wormen, kreeftachtigen, weekdieren, stekelhuidigen en overige soorten). Het uitgezochte restmateriaal is in de betreffende monsterpot teruggedaan in 4% formaldehyde en opgeslagen. Alle gegevens zijn genoteerd in een digitaal uitzoekformulier in de database van Eurofins AquaSense.

3.2.2 Determineren

Alle organismen werden, indien mogelijk gedetermineerd tot op soortniveau. Als dit niet mogelijk was werden de organismen gedetermineerd tot het eerstvolgende hogere niveau, bijvoorbeeld in het geval van juveniele exemplaren.

Bij het determineren is in sommige gevallen gebruik gemaakt van methyleenblauw. Deze kleurstof maakt bepaalde onduidelijke kenmerken zichtbaar. Ook is gebruik gemaakt van melkzuur² oplossing: dit maakt het betreffende organisme 'helder' zodat bepaalde details (zoals borstels en interne structuren) zichtbaar worden. Alleen individuen met een kop zijn geteld. In het geval van bijvoorbeeld polychaeta zijn veel individuen beschadigd of incompleet. De koploze onderdelen zijn verzameld en samengevoegd met de complete individuen van dezelfde soort of genus. Voor mollusken geldt, dat individuen alleen geteld zijn als er vlees aanwezig was, bij de bivalven moest er ook een slot aanwezig zijn. De naamgeving is conform de TWN lijst genoteerd.

Sommige soortgroepen zijn lastig te determineren en zijn daarom niet verder gedetermineerd dan phylum- of familieniveau. Ook is de abundantie van bepaalde sessiele groepen lastig te bepalen. Voor die groepen is alleen de aanwezigheid genoteerd (> 0 individuen). Van de schelpdieren (bivalvia) zijn de maximale schelp lengtes gemeten op 1 mm nauwkeurig.

3.2.2.1 Asvrijdrooggewicht (AFDW)

Het asvrijdrooggewicht (Ash-Free Dry Weight, AFDW) is bepaald volgens werkprotocol A2.120 versie 1 (27-02-2017). Waar mogelijk is het AFDW van individuele taxa per monster bepaald.

¹ Bengaals Roze: C₂₀H₄Cl₄O₅, CAS nummer: 11121-48-5, oplossing van 2 gram in 1 liter demiwater

² DL-Lactic Acid, 85+%, C₃H₆O₃, ACS reagent, CAS 50-21-5

Voor de meeste soorten is de methode van direct verassen toegepast. Individuen van een soort werden gedroogd bij 65°C (minimaal 48 uur) in een geventileerde droogstoof. Vervolgens werden de organismen afgekoeld in een exsiccator (minimaal 30 minuten) en gewogen op een analytische balans op 0,701 mg nauwkeurig (drooggewicht), waarna ze werden verast in een verasoven bij 510°C. Na het verassen werden ze opnieuw gewogen (asgewicht), nadat ze eerst minimaal 45 minuten waren afgekoeld in een exsiccator. Bivalvia en Gastropoda ≥ 7 mm werden zonder schelp verast. Bivalvia en Gastropoda < 7 mm werden inclusief schelp verast.

Het Asvrij drooggewicht (AFDW) is als volgt berekend:

$$\text{AFDW} = (\text{droogrest} + \text{weegschaaltje}) - (\text{asrest} + \text{weegschaaltje})$$

In het analyseprotocol staat dat van iedere soort een of meerdere individuen dienen te worden bewaard voor controle van Rijkswaterstaat. Daarnaast worden monsters voor kwaliteitsdoeleinden niet verast. Deze data wordt niet aangevuld met conversiefactoren, daarom kunnen er ontbrekende data in de dataset voorkomen.

3.3 Sedimentanalyse

3.3.1 *Monstername*

Op iedere monsterlocaties is een sedimentmonster genomen voor de bepaling van de sedimentkarakteristieken (korrelgrootte, organisch stof, etc.). Er zijn twee steken genomen met een steekbuis met een diameter van 3 cm, tot een diepte van 8 cm. Deze twee steken werden gecombineerd tot één mengmonster. De sedimentmonsters zijn genomen uit de nog intacte boxcore, die afgeheveld was. Monsters werden aan boord van het schip meteen ingevroren.

3.3.2 *Analyse*

De analyse van de sedimentmonsters is uitgevoerd door de Universiteit van Gent. De korrelgrootte verdeling van de monsters is bepaald met laserdiffractie door een Malvern Mastersizer. Daarnaast is het organisch stof gehalte bepaald. Normaliter worden zandmonsters ontdaan van organisch stof en kalkdeeltjes door middel van een zuurbehandeling, als voorbereiding voor de laserdiffractieanalyse. Deze stap is bij deze monsters expliciet weggelaten, omdat het van belang wordt geacht, dat het werkelijk aanwezige bodemmateriaal wordt gemeten.

Hieronder zijn de stappen weergegeven die zijn gevolgd voor de sedimentanalyses.

1. Geen voorbehandeling met zuur
2. Afzeven op 2000 μm
3. Gebruiken van de Malvern analyser
4. Van de volgende klassen is de korrelgroottefractie bepaald:
 - $< 2 \mu\text{m}$ %Clay
 - $< 8 \mu\text{m}$ %Clay
 - $8-63 \mu\text{m}$ %Silt
 - $8-16 \mu\text{m}$ %Very Fine Silt
 - $16-32 \mu\text{m}$ %Fine Silt
 - $32-63 \mu\text{m}$ %Coarse Silt
 - $63-2000 \mu\text{m}$ %Sand
 - $63-125 \mu\text{m}$ %Very Fine Sand
 - $125-250 \mu\text{m}$ %Fine Sand
 - $250-500 \mu\text{m}$ %Middle Coarse Sand
 - $500-1000 \mu\text{m}$ %Coarse Sand
 - $1000-2000 \mu\text{m}$ %Very Coarse Sand
5. Bepaling van de D10, D50 (mediane korrelgrootte) en D90.
6. Organisch stof bepaling

De Autosampler 2000 is bij de analyse gebruikt. Dit is een aansluiting op de Malvern Mastersizer 2000, welke automatisch d.m.v. een hydrovortex het gehele monster in beweging brengt. Hierdoor wordt het 'supernatant' ook meegenomen bij de analyse.

3.4 Gegevensverwerking

De resultaten van het uitzoeken en determineren van de monsters is bijgehouden op uitzoeken en determinatieformulieren. Daarnaast is voor dit project een database (@tlantis) opgezet om de mariene data vast te leggen. In deze database kunnen analisten direct hun bevindingen noteren. De dataverwerking van de gegevens uit de database tot het aan Rijkswaterstaat op te leveren format is uitgevoerd met MS Access en MS Excel.

De verdere verwerking van de gegevens is uitgevoerd met Excel, Primer, R (www.R-project.org) en ArcGIS.

3.4.1 Biodiversiteit

Er zijn een aantal analyses uitgevoerd, om meer inzicht te verkrijgen in de biodiversiteit in het Amelanders zeegat. Hiervoor zijn een aantal biologische parameters bepaald, welke inzicht geven in de biodiversiteit van het Amelanders zeegat. De volgende parameters zijn bepaald: Aantal taxa, totale densiteit per m², totale biomassa (gram asvrijdrooggewicht) per m², diverse diversiteitsindices (Shannon & Wiener, Margalef, Simpson).

3.4.2 Multivariate analyses

nMDS

Om de aanwezige benthosgemeenschappen te kunnen identificeren zijn de densiteiten in de monsters eerst met een vierdemachtswortel voorbehandeld en vervolgens met elkaar vergeleken door middel van een Bray-Curtis similariteitsindex. Deze index zegt iets over de overeenkomstigheid van een monster. Met deze gegevens zijn non-Metric Multidimensional Scaling (nMDS) diagrammen gemaakt, waarmee de data in een tweedimensionaal ordinatieplot zijn gezet. Dit type plot laat de similariteit of overeenkomstigheid van monsters zien. Voor dit type plots geldt: hoe dichter de punten bij elkaar staan geclusterd, hoe groter de overeenkomstigheid van de monsters is.

ENVFIT

Om vervolgens te toetsen welke milieuv variabelen (D50, organisch stof, diepte) zijn gerelateerd aan de benthosgemeenschappen is de functie 'envfit' in R (vegan package) gebruikt. Deze functie correleert de milieuv variabelen aan de soortenmatrix. De geprojecteerde monsters hebben een maximale correlatie met de corresponderende milieuv variabelen (Oksanen *et al.*, 2006). Dit geeft inzicht in welke milieuv variabelen correleren met de soortensamenstelling van het benthos.

SIMPROF test

Daarnaast is een similarity profile analysis of SIMPROF test uitgevoerd. Dit is een statistische toets, waarbij getest wordt of monsters van elkaar verschillen qua soortensamenstelling. Dit wordt gedaan door de similariteit tussen alle monsters te berekenen. Deze worden dan op volgorde van grootte gesorteerd van klein naar groot. Er ontstaat dan een similariteits profiel. Dit profiel wordt vergeleken met een "gemiddeld similariteits profiel", wat als onderdeel van de test berekend wordt op basis van permutaties (random "husselen" van de ruwe data, minimaal 1000 maal). Specifiek aan deze test is dat er geen vooraf bepaalde indeling van de monsters is in bepaalde groepen (Clarke *et al.*, 2008).

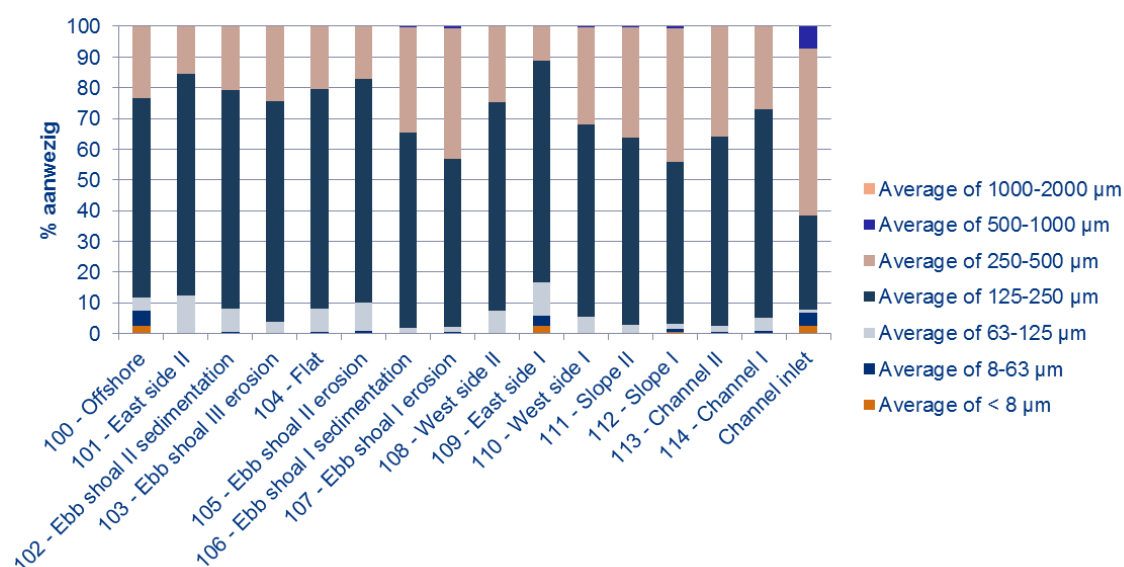
De test kan gebruikt worden om structuur in een ecologische gemeenschap te ontdekken. Dit is gedaan door een Clusteranalyse te combineren met de SIMPROF toets. Hierbij wordt getest welke clusters uit de clusteranalyse verschillen van het gemiddelde similariteitsprofiel. Daar waar de clusters significant verschillen met het gemiddelde profiel, is er sprake van een groep. Deze test is uitgevoerd door Harriette Holzhauer (SEAWAD).

4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de meetcampagne gepresenteerd.

4.1 Sedimentsamenstelling

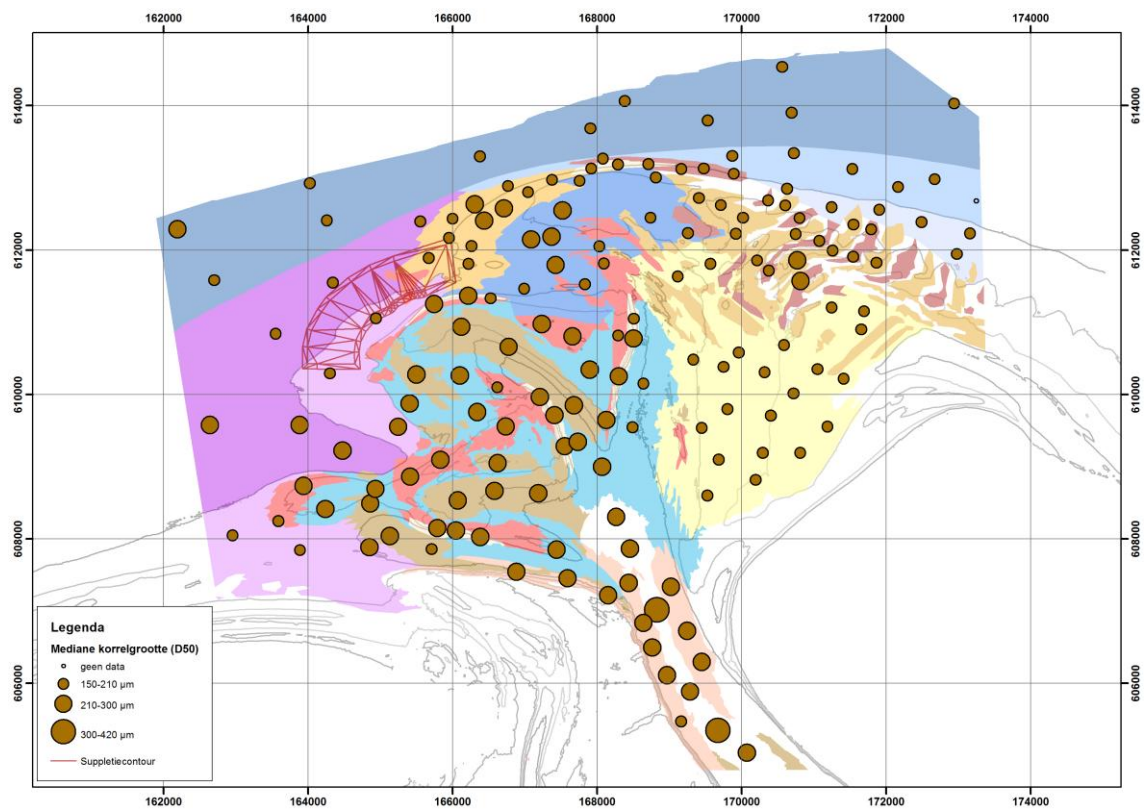
Het sediment van de monsterlocaties in het Amelandse zeegegat bestaat voornamelijk uit fijn tot grof zand en bestaat daarnaast uit grover materiaal. In figuur 4-1 is de gemiddelde korrelgrootte per ecotooptype gepresenteerd. Opvallend is de stroomgeul tussen Ameland en Terschelling (Channel Inlet), welke voor meer dan 60% uit sediment > 250 μm bestaat. De ecotopen Ebb shoal I sedimentation, Ebb shoal I erosion, West side I, Slope II, Slope I en Channel II zijn vrij grof van samenstelling. Dit zijn de ecotopen die vooral in de uitlopers van de buitendelta, welke direct in contact staan met de stroomgeul tussen Ameland en Terschelling. Opvallend is dat de meer oostelijk gelegen ecotopen fijnzandiger zijn en bestaan uit fijner materiaal.



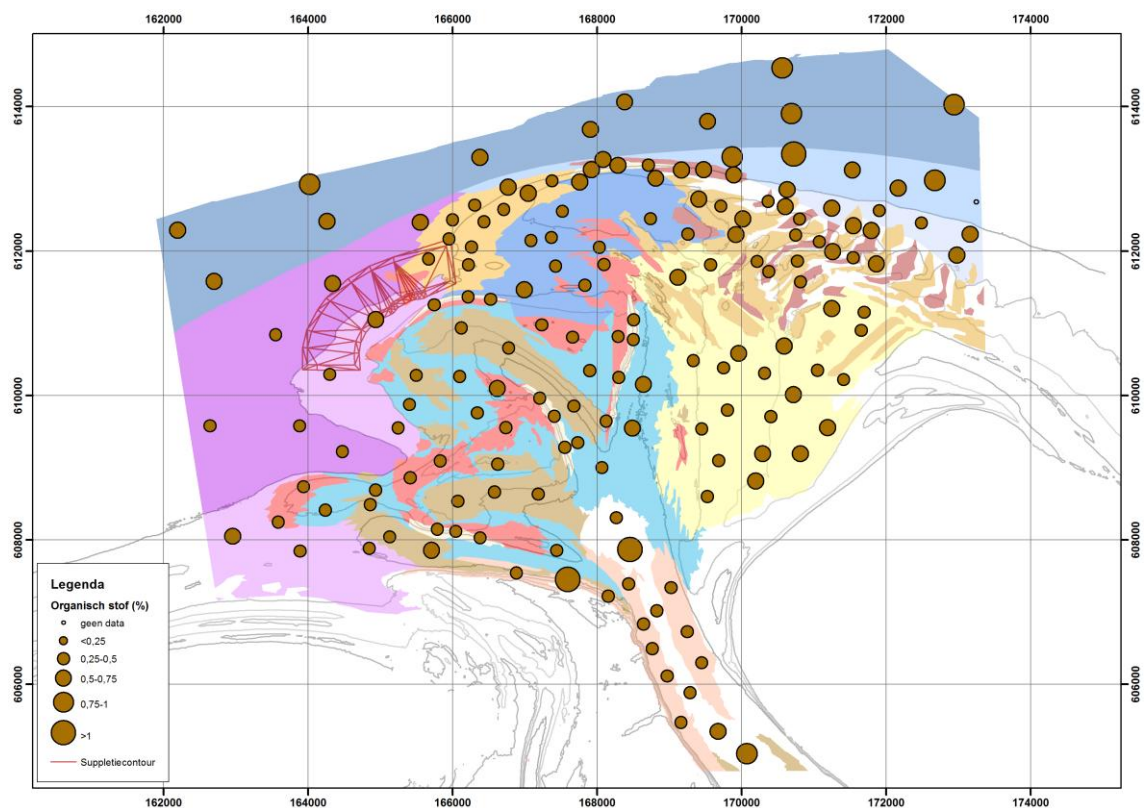
Figuur 4-1: Procentuele verdeling van de aanwezige korrelgroottes in de verschillende ecotooptypen in het Amelandse zeegegat.

Deze verdeling is ook te zien in de geografische spreiding van de korrelgrootteverdeling (D50, Figuur 4-2) en het aanwezige organische stof (%), Figuur 4-3). De stroomgeul en de platen in het Amelandse zeegegat bestaan uit een grover zand, dan de meer oostelijk en offshore gelegen locaties. Ook is het organisch stof gehalte in de meer oostelijk gelegen locaties hoger dan in de meer westelijk gelegen locaties. Dit is een minder dynamische deel van het Amelandse Zeegegat, waardoor zich meer organisch stof kan verzamelen, door het aanwezige bodemleven, of door sedimentatie.

Het percentage organisch stof is overigens in het gehele zeegegat vrij laag (< 1%). Het organisch stof gehalte is hoger naar de dieper gelegen meer offshore ecotopen in het zeegegat (Offshore, East side I en II).



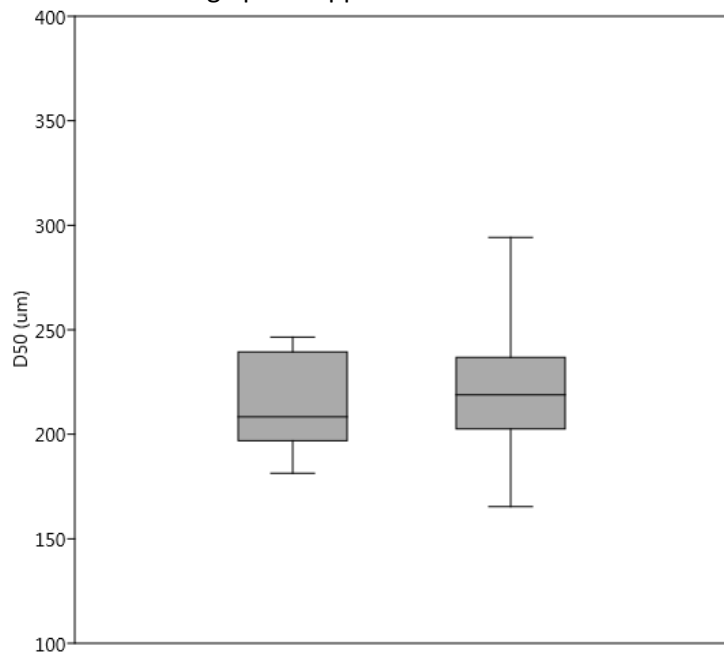
Figuur 4-2: Mediane korrelgrootte (D50) in het Amelandse zeegat



Figuur 4-3: % organisch stof in het Amelandse zeegat

4.1.1 *Sediment op de (beoogde) suppletielocatie*

De samenstelling van het sediment op de suppletie is gelijkwaardig aan de locaties in gelijkwaardige ecotootypen. In Figuur 4-4 is de spreiding van de mediane korrelgrootte op en rond de suppletielocatie en in de dezelfde ecotootypen buiten de beoogde suppletielocatie geplot. Er is geen significant verschil in de korrelgrootte (D10, D50, D90) of het percentage organisch stof op de suppletielocatie, vergeleken met vergelijkbare ecotootypen in de T-0. De sedimentsamenstelling op de suppletielocatie is in de T-0 niet afwijkend.



Figuur 4-4: Boxplot van de mediane korrelgrootte (D50) van de monsterpunten op en nabij de beoogde suppletielocatie (links) en de overige locaties (rechts) in vergelijkbare ecotopen.

4.2 Macrozoöbenthos Ameland Zeevat

4.2.1 Algemeen

In het Ameland zeevat zijn in september 2017, uit 166 monsters in totaal 96 taxa³ gevonden. Hiervan zijn 71 unieke soorten gevonden, waarvan 24 soorten wormen, 29 soorten kreeftachtigen, 9 soorten weekdieren (tweekleppigen en slakken) en 2 soorten stekelhuidigen. De overige taxa zijn gebruikt, wanneer de identificatie niet tot op soort kon worden gedaan. Deze bestaan uit hogere taxonomische niveaus, zoals genussen, families, etc. In het Ameland zeevat komen gemiddeld 9 taxa per monster voor. Hierbij zijn ook de taxa meegenomen, waarvoor geen dichtheid en biomassa wordt bepaald, zoals Bryozoa en Hydrozoa.

In Tabel 4-1 staan de gemiddelde waarden en standaard deviaties voor het aantal taxa, de dichtheid en diverse biodiversiteitsindices in de verschillende ecotopen in het Ameland zeevat. Gemiddeld zijn er negen taxa per monsterstation gevonden. Het hoogste aantal taxa en dichtheiten zijn gevonden in het East side I, East side II en in het Offshoregebied aan de noordoostelijke kant van het zeevat. Het laagste aantal taxa en dichtheid worden gevonden in het stroomgat tussen Ameland en Terschelling en de stroomgeulen in het Zeevat (Channel inlet, Slope I en Channel II).

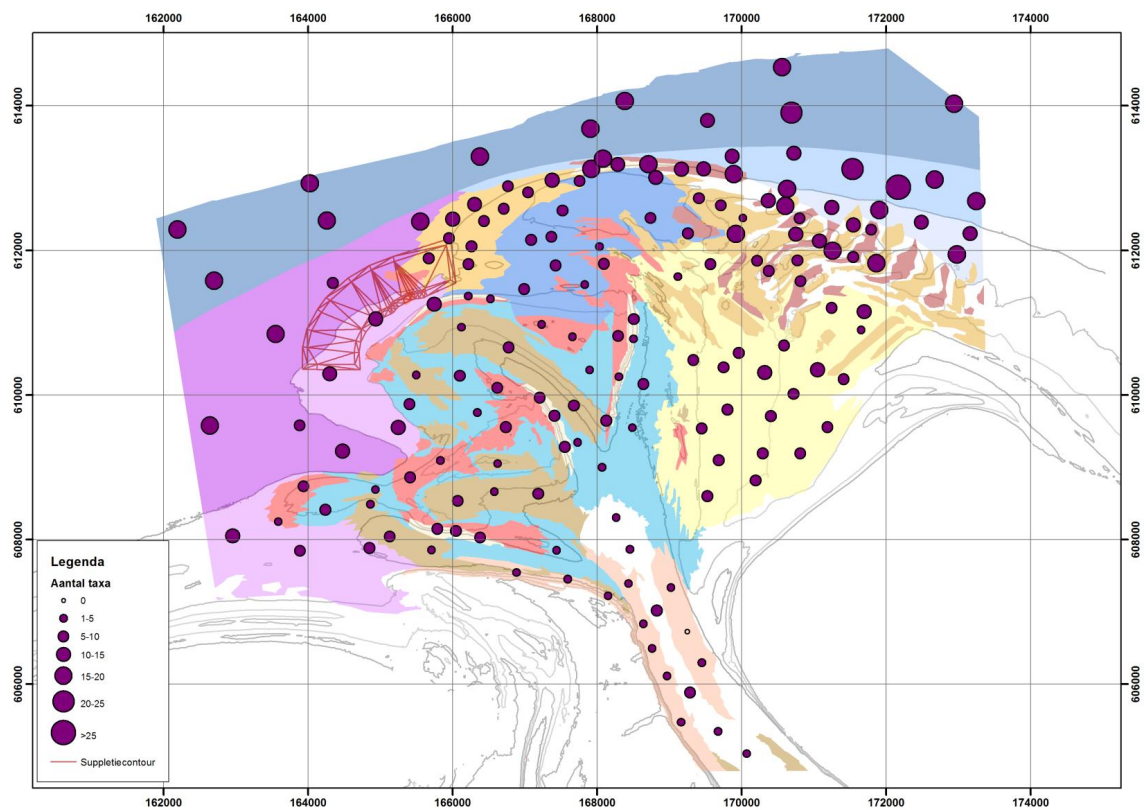
Tabel 4-1: Macrozoöbenthos, gemiddelde en standaarddeviatie voor aantal taxa, dichtheid, Margalef index, Shannon en Wiener index en de Simpson index.

Ecotoop	n taxa	dichtheid (n/m ²)	Margalef	Shannon	Simpson
100 – Offshore	18 (± 3)	1324 (± 644)	2.53 (± 0.35)	2.15 (± 0.35)	0.8 (± 0.1)
101 - East side II	17 (± 4)	1114 (± 559)	2.3 (± 0.49)	2.12 (± 0.32)	0.8 (± 0.07)
102 - Ebb shoal II sedimentation	11 (± 4)	550 (± 410)	1.77 (± 0.58)	1.95 (± 0.38)	0.79 (± 0.08)
103 - Ebb shoal III erosion	9 (± 2)	414 (± 193)	1.49 (± 0.4)	1.8 (± 0.41)	0.76 (± 0.12)
104 – Flat	8 (± 2)	492 (± 226)	1.22 (± 0.34)	1.62 (± 0.3)	0.72 (± 0.1)
105 - Ebb shoal II erosion	12 (± 5)	819 (± 701)	1.71 (± 0.68)	1.89 (± 0.45)	0.78 (± 0.12)
106 - Ebb shoal I sedimentation	6 (± 2)	440 (± 309)	0.88 (± 0.34)	1.26 (± 0.42)	0.6 (± 0.16)
107 - Ebb shoal I erosion	6 (± 2)	955 (± 779)	0.87 (± 0.31)	1.02 (± 0.26)	0.52 (± 0.15)
108 - West side II	11 (± 2)	573 (± 265)	1.59 (± 0.32)	1.9 (± 0.22)	0.78 (± 0.07)
109 - East side I	19 (± 3)	1250 (± 474)	2.64 (± 0.5)	2.34 (± 0.31)	0.85 (± 0.05)
110 - West side I	15 (± 5)	933 (± 474)	2.13 (± 0.71)	2.02 (± 0.43)	0.79 (± 0.11)
111 - Slope II	9 (± 5)	790 (± 816)	1.25 (± 0.66)	1.5 (± 0.56)	0.66 (± 0.2)
112 - Slope I	4 (± 1)	233 (± 453)	0.72 (± 0.29)	0.92 (± 0.46)	0.56 (± 0.18)
113 - Channel II	5 (± 1)	190 (± 122)	0.92 (± 0.34)	1.44 (± 0.39)	0.72 (± 0.12)
114 - Channel I	8 (± 2)	274 (± 127)	1.31 (± 0.36)	1.74 (± 0.31)	0.77 (± 0.09)
Channel inlet	5 (± 3)	221 (± 248)	0.83 (± 0.46)	0.99 (± 0.39)	0.52 (± 0.19)
Totaal	9 (± 5)	629 (± 575)	1.43 (± 0.71)	1.63 (± 0.54)	0.71 (± 0.16)

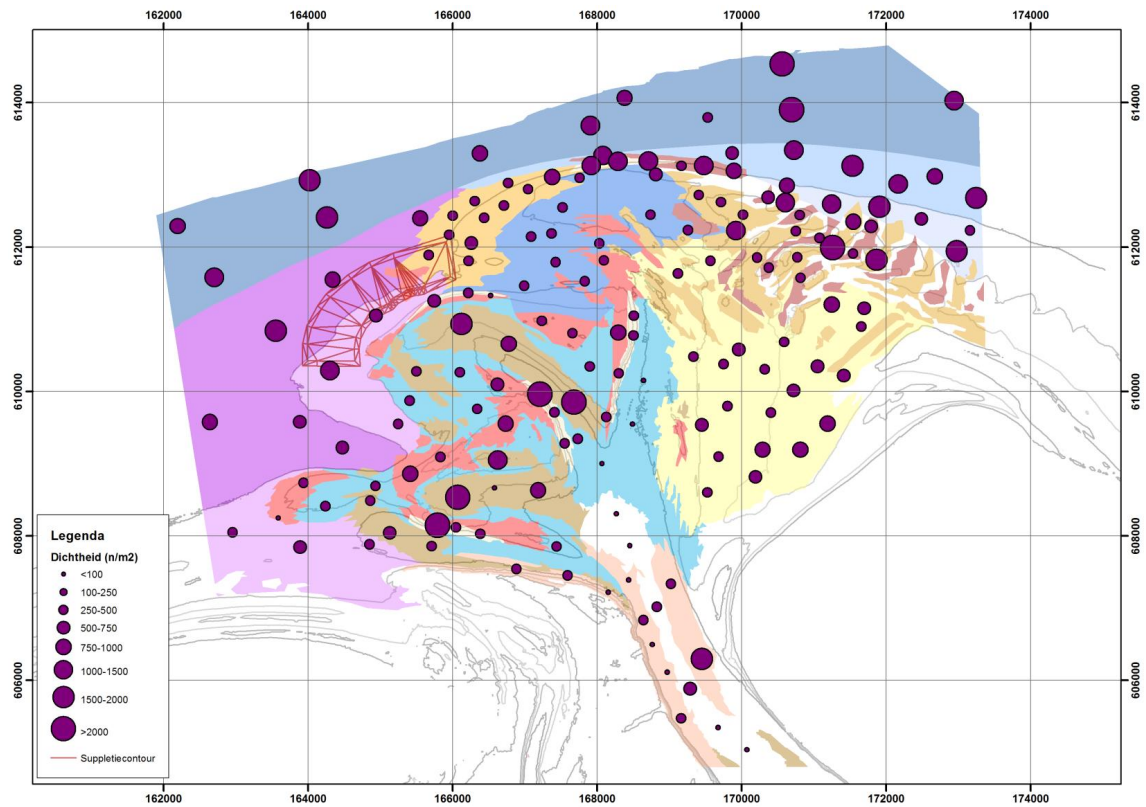
In Figuur 4-5 is het aantal taxa in het Ameland zeevat in kaart geplot. Deze figuur bevestigt, dat de biodiversiteit laag is in de stroomgeulen en op de zandplaten van het zeevat en hoog is aan de buitenzijde van het gebied, vooral in het noordoostelijke deel van het gebied (East side I en II en Offshore). Ook voor de andere waarden, zoals de dichtheid (Figuur 4-7, totaal aantal per m²) is deze spreiding ongeveer gelijk. Het aantal soorten en de totale dichtheid van soor-

³ Gecorrigeerd aantal taxa

ten is overigens ook significant met elkaar gecorreleerd in het Amelander zeegat (bijlage 5). In bijlage 4 zijn kaarten van de verschillende biodiversiteitsindexen getoond.



Figuur 4-5: Aantal taxa in het Amelander zeegat



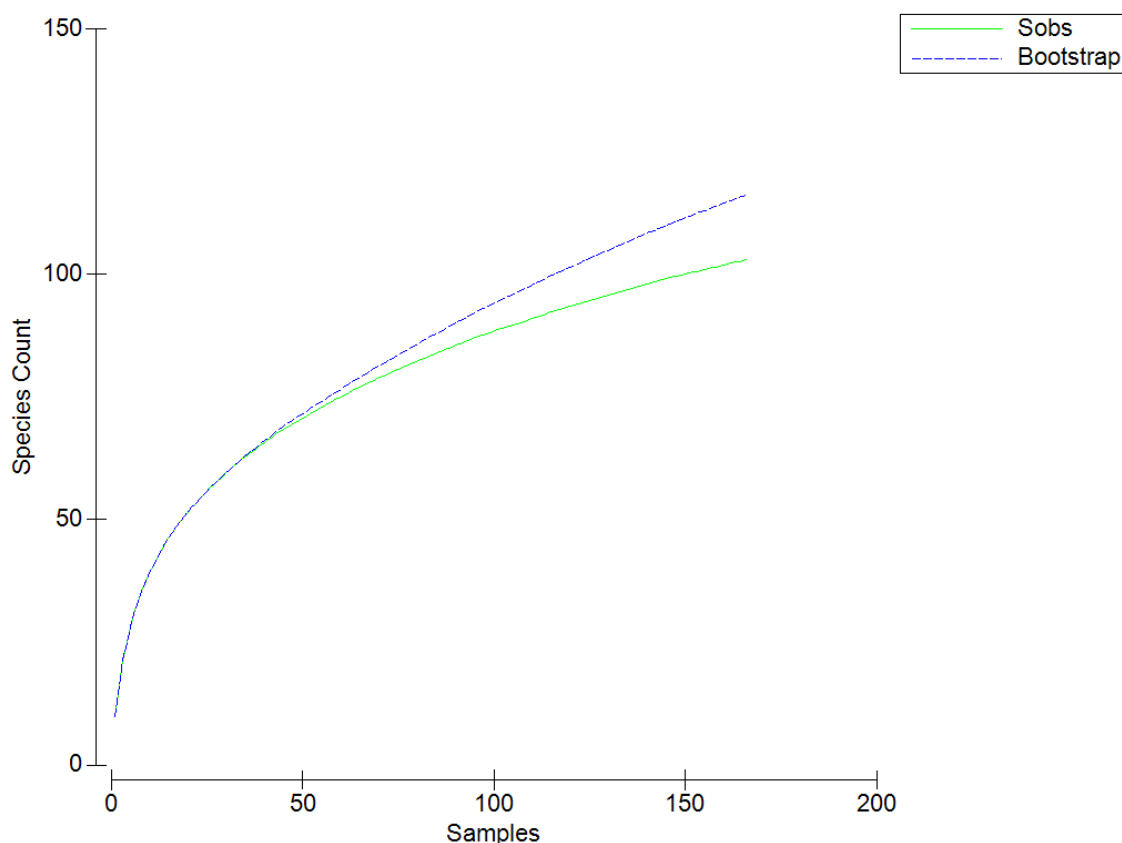
Figuur 4-6: Totale dichtheid van soorten (n/m^2) in het Amelander zeegat

4.2.2 *Macrozoöbenthos op de suppletie*

Op de (beoogde) suppletielocatie liggen relatief weinig monsterlocaties, omdat op deze plek tijdens de bemonsteringscampagnes meetframes lagen. Hierdoor konden hier geen monsters genomen worden met de boxcorer. Er zijn wel monsters in de buurt van de beoogde suppletielocatie genomen. Om te zien of er verschillen zijn tussen de beoogde suppletielocatie en de overige locaties, is er een vergelijking gemaakt van de locaties binnen en buiten het beoogde suppletiegebied. Met de waarden voor: aantal taxa, totale densiteit, de Margalef index, de Shannon en Wiener index en de Simpson index is gezocht naar significante verschillen tussen de beoogde suppletielocatie en de overige monsters. Er zijn voor deze waarden in 2017 geen significante verschillen gevonden tussen deze monsters.

4.2.3 *Species accumulation curve*

In de onderstaande Figuur 4-7 wordt de species accumulation curve van het Amelander zeegat getoond. Dit type figuren zet het aantal monsters (x-as) tegen het aantal taxa (species) uit. In het algemeen geldt, hoe vlakker de grafiek loopt, hoe meer er van de potentieel aanwezige biodiversiteit in kaart is gebracht. De grafiek geobserveerde soorten (Sobs) heeft nog een stijgende lijn bij 166 monsters. Dit betekent dat in het Amelander zeegat het totaal aantal macrozoöbenthossoorten nog niet volledig in kaart is gebracht. Met de bootstrapping methode wordt echter ook aangegeven, dat er nog meer soorten aanwezig kunnen zijn in het Zeegat, maar dat hiervoor veel extra monsters dienen te worden genomen. Naar schatting is met de monsterinspanning van 166 monsters, ongeveer 70 – 80% van het (theoretisch) totaal aanwezige aantal taxa in kaart is gebracht.

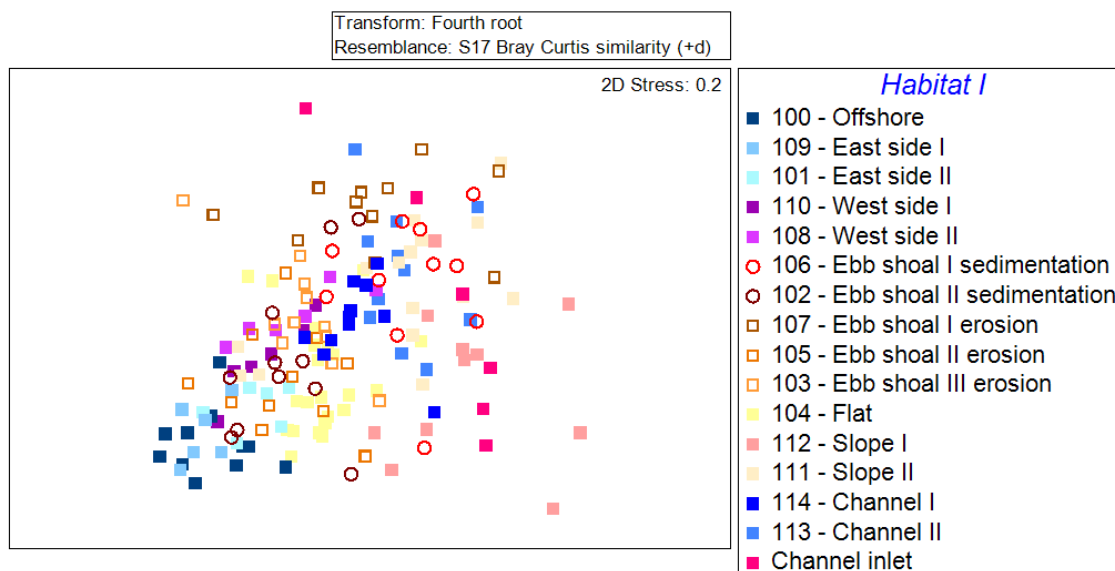


Figuur 4-7: Species accumulation curve voor het Amelander zeegat

4.2.4 Benthos gemeenschap in relatie tot de ecotopen

Alle gegevens van het macrozoöbenthos zijn in een aantal multivariate analyses gebruikt, om de benthosgemeenschap in kaart te brengen in relatie tot een aantal a-biotische parameters, zoals het ecotooptype, diepte en sedimentklasse. Deze analyses zijn gedaan door nMDS plots te maken van de similariteit, de overeenkomstigheid van de monsters. In de figuren worden monsters met een soortensamenstelling die veel overeenkomst met elkaar hebben (hoge similariteit) dichtbij elkaar geplott. Monsters met een lage similariteit worden verder uit elkaar geplott. Wanneer bepaalde monsters met elkaar groeperen kunnen we dit inzichtelijk maken, door abiotische factoren, zoals diepte of het ecotooptype in het figuur te plotten. In dit hoofdstuk wordt de benthosgemeenschap in het Amelander Zeegat aan de hand van deze figuren inzichtelijk gemaakt.

In Figuur 4-8 is de benthosgemeenschap ten opzichte van de verschillende ecotopen uitgezet. Er zijn geen duidelijk afzonderlijke groepen te onderscheiden. De verschillende groepen overlappen en lopen in elkaar over. Dit is ook te begrijpen, aangezien de monsters allemaal uit een relatief klein gebied komen. Wat opvalt aan het figuur is dat de gebieden Offshore, East side I en II samen geclusterd zijn in de hoek linksonder.

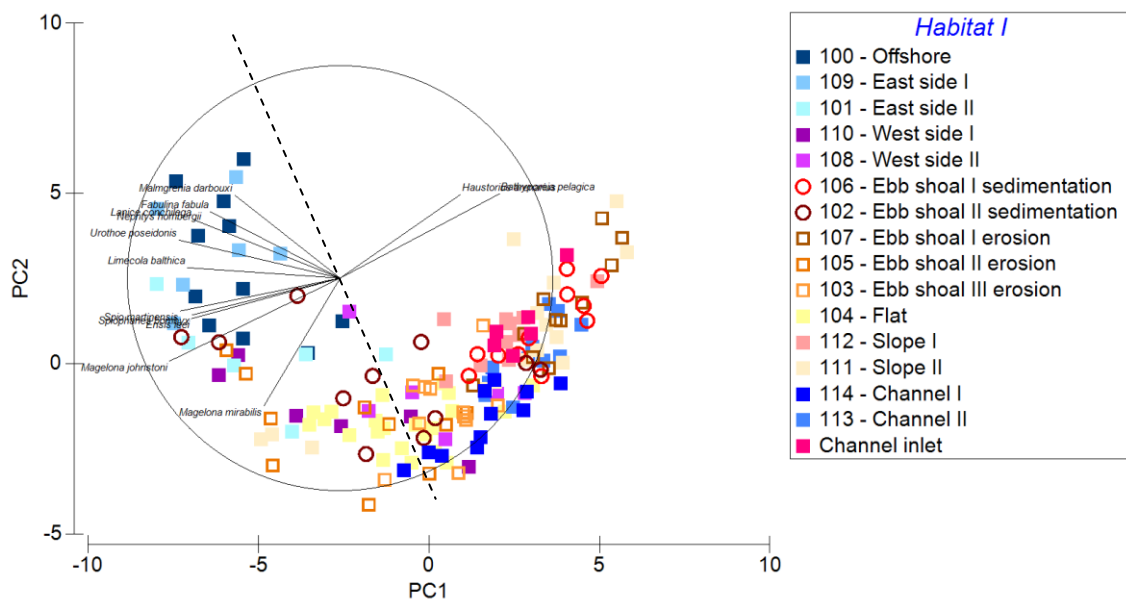


Figuur 4-8: nMDS plot van de soortensamenstelling in de ecotopen in het Amelander zeegat

In Figuur 4-9 is de verdeling van de ecotopen in een PCA (Principal Component Analysis) geplott, met de sterkst correlerende soorten als verklarende variabele. Uit deze figuur komt duidelijk naar voren, dat het Offshore gebied, East side I en II apart staan van de overige ecotopen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door een aantal soorten, welke in hoge aantallen vrijwel alleen in deze gebieden voorkomen. De soorten *Urothoe poseidonis*, *Nephtys hombergii*, *Fabulina fabula*, *Lanice conchilega* en *Limecola balthica* komen vooral in deze drie gebieden voor en komen relatief weinig voor in andere gebieden. De soorten *Ensis leei*, *Spiophanes bombyx*, *Spio martinensis*, *Magelona johnstoni* en *Magelona mirabilis* komen vooral voor in de gebieden Flat, East side I en II, West side I en Ebb shoal II erosion. De soorten gezamenlijk bepalen voor een groot deel de soortensamenstelling van de monsterlocaties aan de links van de stippellijn in de figuur.

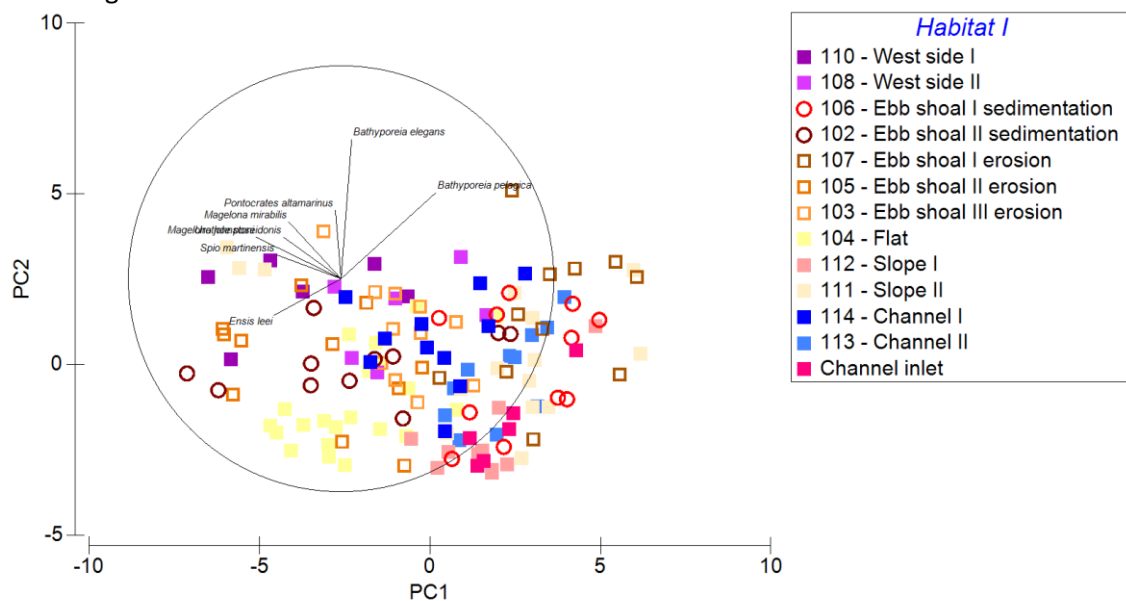
Aan de rechterzijde van de figuur wordt de soortensamenstelling vooral bepaald door het voorkomen van de soorten *Haustorius arenarius* en *Bathyporeia pelagica*. Dit zijn typische

soorten voor ondiepe kustzone. Deze soorten zijn ook vaak gevonden in monsters, die vrij soortenarm waren, zoals de ecotopen Channel inlet,



Figuur 4-9: PCA plot van de soortensamenstelling in de ecotopen in het Amelandse zeegat.

In Figuur 4-10 is een PCA plot van de soortenindeling gegeven, zonder de ecotopen Offshore, East side I en East side II. Door deze ecotopen niet in de figuur te plotten wordt het onderlinge verschil tussen andere ecotopen meer inzichtelijk. Het voorkomen van de soorten *Bathyporeia elegans*, *B. pelagica*, *Magelona johnstoni*, *Magelona mirabilis* en *Ensis leei* bepalen de ligging van de monsterlocaties in het PCA plot. De monsters uit het ecotoop Flat liggen relatief goed gegroepeerd, door het voorkomen van *Ensis leei*. De meer soortenarme monsters uit de ecotopen Channel inlet, Slope I, Slope II, Channel II en Channel I liggen vooral aan de rechterzijde van de figuur.



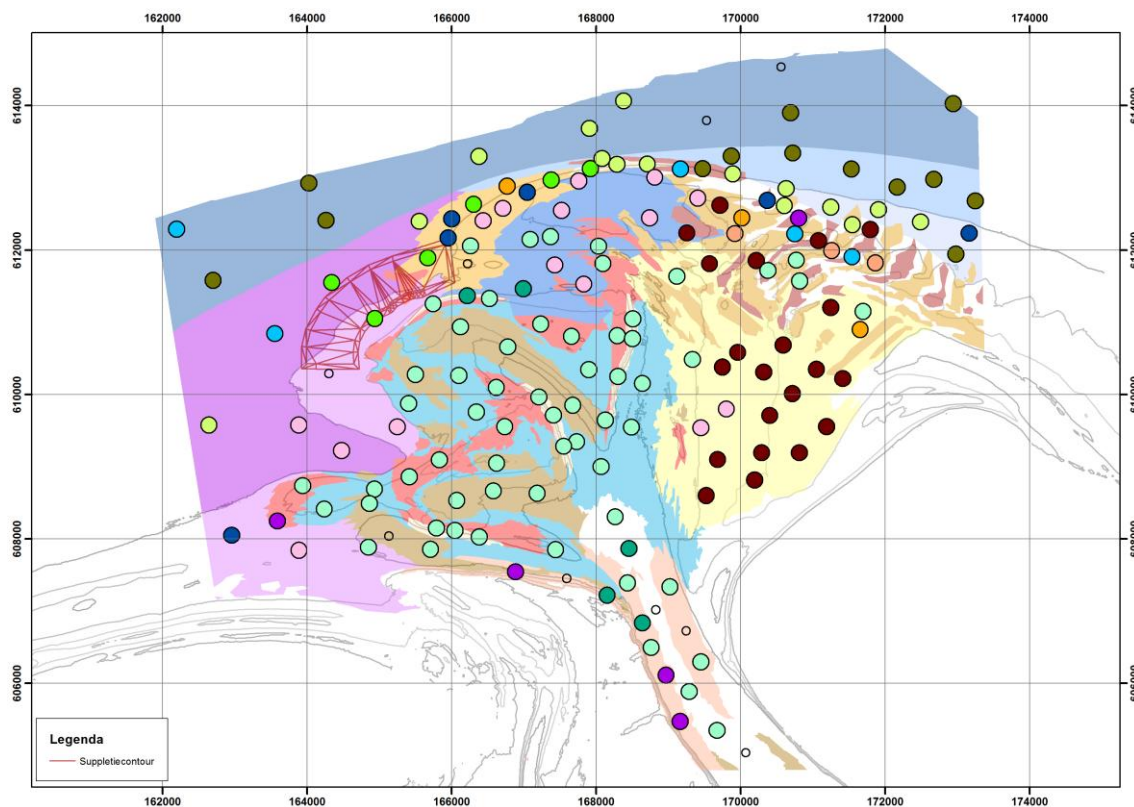
Figuur 4-10: PCA plot van de soortensamenstelling in de ecotopen in het Amelandse zeegat exclusief de ecotopen Offshore, East I en East II.

Naast de nMDS en PCA analyses is er in het kader van het SEAWAD project ook een SIMPROF analyse uitgevoerd, waarin de monsters op basis van de soortensamenstelling in clusters worden ingedeeld. De benthosgemeenschap vertoont een duidelijke clustering in de geografie in het Amelanders zeegat. In figuur 4-11 is de uitkomst van deze analyse geplot, waarin de onderscheiden soortclusters zijn geplot. In de figuur wordt duidelijk dat er een paar zeer duidelijke clusters te onderscheiden zijn. Het eerste cluster (lichtgroen) is een relatief groot cluster, welke voornamelijk bestaat uit kleine kreeftachtigen (*Bathyporeia pelagica*, *Bathyporeia elegans*, *Pontocrates altamarinus*, *Haustorius arenarius* en *Gastrosaccus spinifer*) en wormen (*Nephtys cirrosa*, *Spio martinensis* en *Scolelepis bonnieri*). Dit zijn soorten, die vrij typisch zijn voor een dynamisch kustgebied.

Het tweede cluster (roodbruin) valt vrij goed samen met het gebied 'flat' en een aantal zee-waartse locaties. Deze locaties worden vooral bepaald door het voorkomen van de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis leei*) en de wormen *Magelona johnstoni*, *M. mirabilis* en *Nephtys cirrosa*. Ook bestaat het sediment uit een iets fijner zand (paragraaf 4.1). Deze soorten indiceren een minder dynamisch gebied, waarin op sommige delen zelfs sprake is van schelpdierbanken.

Het lichtgroene derde cluster is een cluster, die meer op de rand naar het diepere deel van de westkant van het Amelanders zeegat ligt. Dit cluster bestaat voornamelijk uit wormen (*Magelona johnstoni*, *Nephtys cirrosa* en *Nephtys cirrosa*) en kleine kreeftachtigen (*Urothoe poseidonis* en *Bathyporeia elegans*). De suppletie is in een deel van dit cluster gepland. Het vierde okergele cluster is ook gelegen aan de rand van de buitendelta naar het diepere offshore. Dit cluster ligt meer aan buiten- en oostzijde van het gebied. In dit cluster komen ook de soorten uit het lichtgroene cluster voor, maar hier komen ook hoge dichtheden van kleine kokerwormen (*Spio martinensis*) en schelpdieren voor, zoals *Ensis leei* (Amerikaanse zwaardschede) en *Limecola balthica* (Nonnetje). Het vijfde cluster is het meer offshore cluster, waarin de ecotopen Offshore, East side II in vallen. Dit cluster bestaat uit geheel andere soorten. Ook is de biodiversiteit van deze clusters hoger dan in de rest van het gebied (zie tabel 4-1).

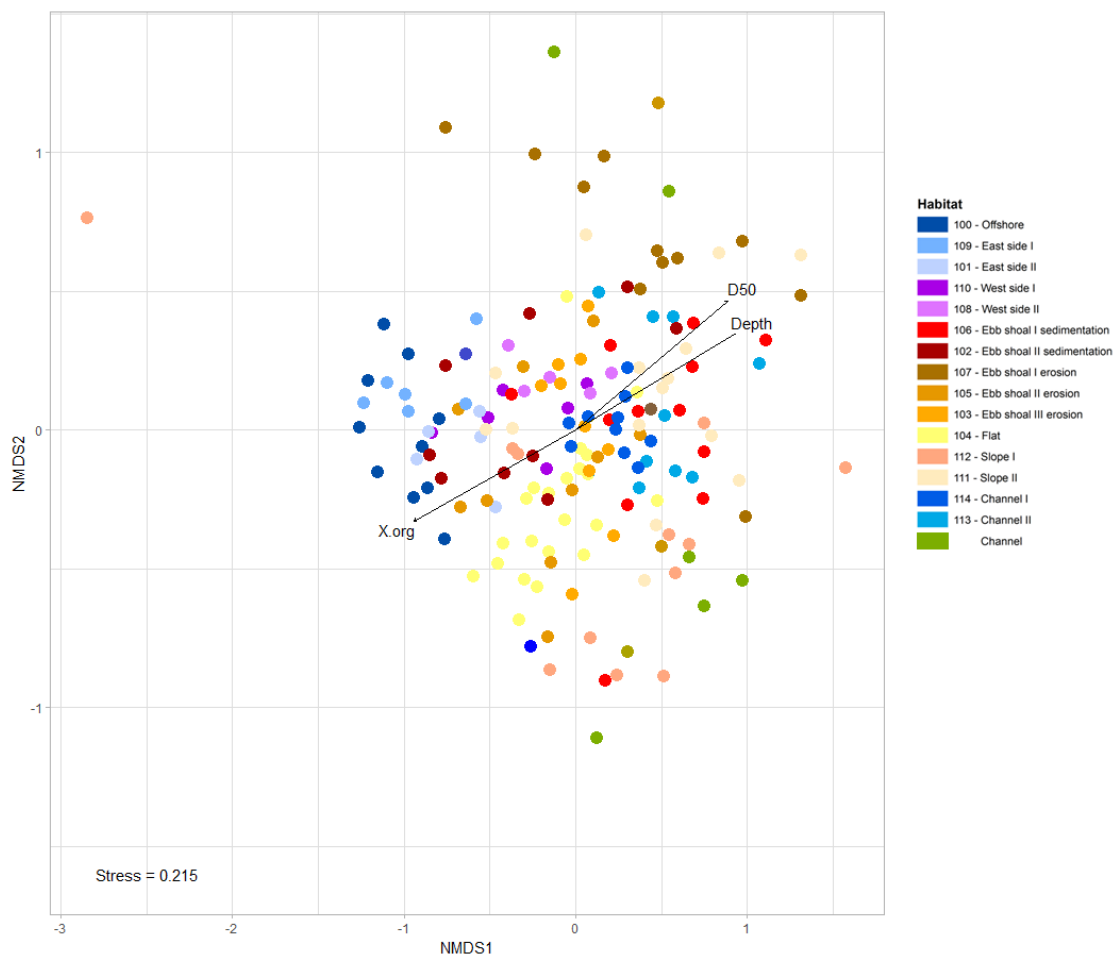
De overige clusters zijn (roze, donkerblauw en paars) zijn clusters, die op opvallende locaties in het zeegat liggen. De roze monsterlocaties zijn erg opvallend, vanwege de ligging van de locaties aan de uitlopers van de geulen. In het SEAWAD programma wordt meer onderzoek gedaan naar de relatie tussen de abiotische omstandigheden en de samenstelling van het bodemleven.



Figuur 4-11 Simprof analyse Amelander Zeegat (o.b.v. densiteiten), analyse door Harriëtte Holzhaer (SEAWAD)

De samenstelling van het bodemleven in het Amelander zeegeat is in kaart gebracht in een relatief klein gebied. Hoewel het gebied klein is, is er een duidelijk verschil in de samenstelling van het bodemleven op detailniveau. Er is een duidelijke clustering op de aangetoond op basis van de soortensamenstelling. De soortensamenstelling is voor een groot deel afhankelijk van de abiotische factoren, die een rol spelen in het Amelander zeegeat. Daarom is er een analyse gedaan, om de bekende milieuv variabelen te plotten op de soortendiversiteit. In Figuur 4-12 is de nMDS geplot, met hierin de milieuv variabelen die significant⁴ zijn voor de verklaring van de soortensamenstelling. De variabelen mediane korrelgrootte (D50), diepte (Depth) en het organisch stof gehalte (x Org) zijn significant. De ondieper gelegen ecotopen liggen meer aan de rechterzijde van het figuur, de dieper gelegen delen liggen meer naar links in het figuur (offshore, east side I). In deze gebieden is ook de D50 lager en het organisch stof gehalte hoger. In bijlage 6 worden de significantiewaarden van de milieuv variabelen gegeven.

⁴ Significantie d.m.v. de ENVFIT functie in het VEGAN pakket van R, zie hoofdstuk 3



Figuur 4-12: nMDS plot van de soortensamenstelling op de ecotopen in het Amelanders zeedijk en de significante milieuvariabelen.

4.3 Macrozoöbenthos als voedsel voor vogels

Naast de analyse van de soortensamenstelling van het macrozoöbenthos in het Amelander zeevat is het voor Rijkswaterstaat ook van belang om een beeld te hebben van het potentiële effect van de suppletie op andere trofische niveaus, zoals vogels. Met name de beschermde vogelsoorten, zoals duikeenden (Zwarte zee-eend, Topper, Eidereend en Roodkeelduiker). In 2013 is er door Leopold et al. een onderzoek gedaan naar de relatie tussen voedsel en het voorkomen van Zwarte zee-eenden. In de onderstaande tabel 4-2 zijn de soorten aangegeven die van belang of mogelijk van belang zijn als het voedsel voor Zwarte zee-eenden. Het Nonnetje (*Limecola balthica*), Amerikaanse zwaardschede (*Ensis leei*), de Halfgeknotte strandschelp (*Spisula*) en het Zaagje (*Donax vittatus*) zijn met zekerheid soorten die door deze eenden gegeten worden. Hiervan zijn de eerste twee het belangrijkste deel van het voedselaanbod.

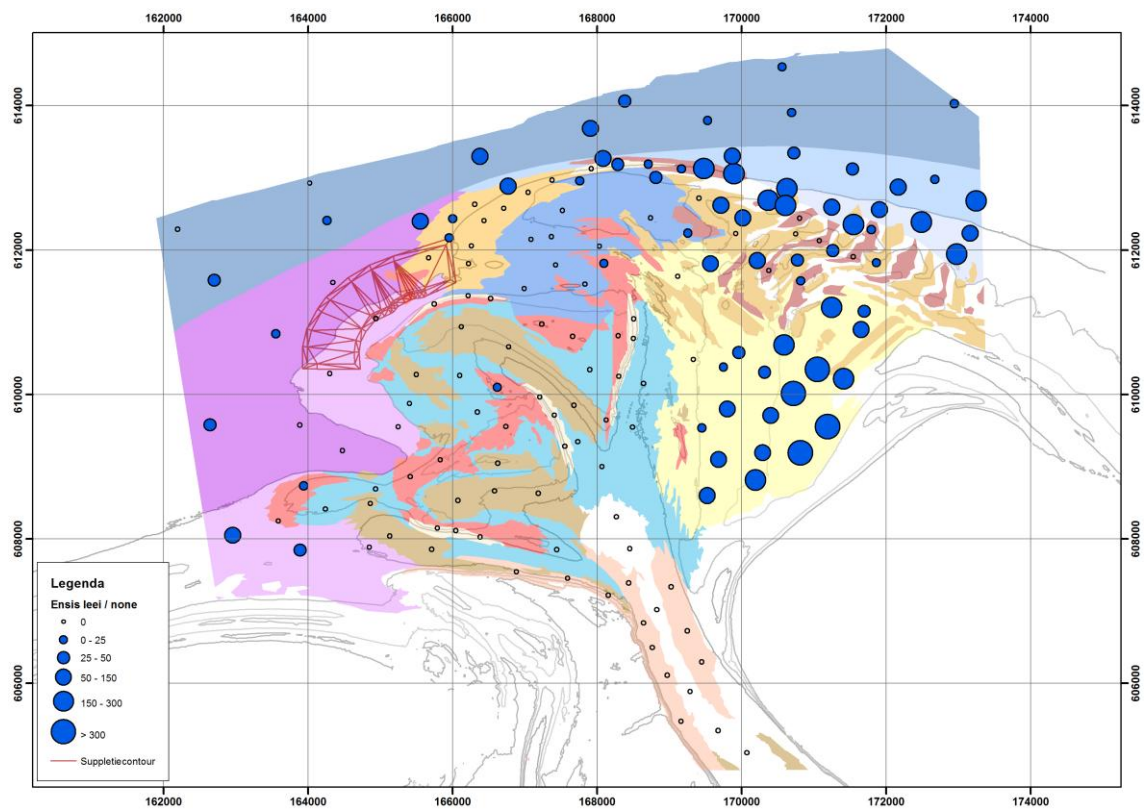
Tabel 4-2: Macrozoöbenthos soorten, die van belang zijn als vogelvoedsel voor de Zwarte zee-eend (aangepast naar Leopold et al., 2013). Daarnaast zijn per soort de gemiddelde aantallen per m² (N gem.) en het aantal stations in het onderzoeksgebied (stations), waarin de soort in 2017 is gevonden.

Taxon	NL naam	Vogelvoedsel	N gem.	Stations
<i>Abra alba</i>	Witte dunschaal	Mogelijk	0.9	6
<i>Donax vittatus</i>	Zaagje	Ja	5.1	35
<i>Ensis leei</i>	Am. Zwaardschede	Ja	43.3	72
<i>Fabulina fabula</i>	Rechtsgestreepte platschelp	Mogelijk	7.2	28
<i>Limecola balthica</i>	Nonnetje	Ja	19.6	55
<i>Macomangulus tenuis</i>	Tere platschelp	Mogelijk	1.4	16
<i>Ophiura ophiura</i>	Gewone slangster	Mogelijk	0.2	1
<i>Spisula</i>	Halfgeknotte strandschelp	Ja	13	26

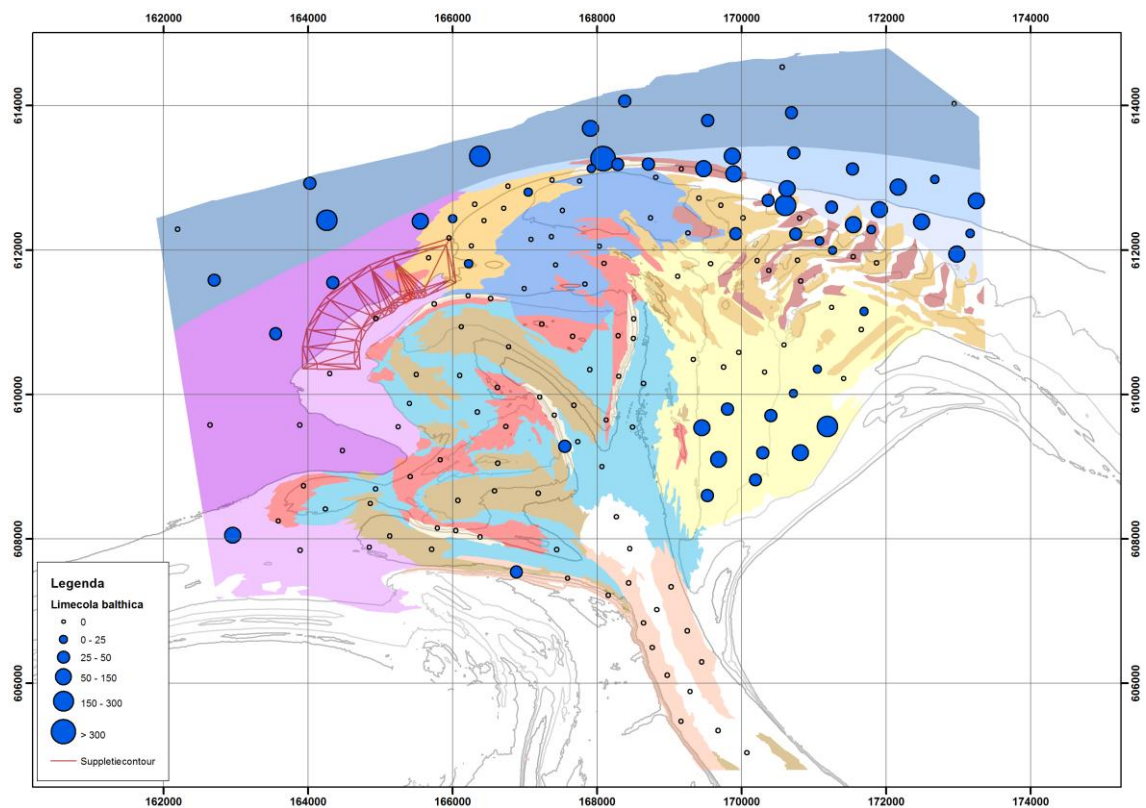
Van de soorten, die van belang zijn voor het vogelvoedsel, zijn de Amerikaanse zwaardschede en het Nonnetje de belangrijkste soorten. Daarnaast zijn er in 2017 uitzonderlijk veel *Ensis* en *Spisula*'s gevonden in de gehele Nederlandse kust (Troost et al., 2017). In het Amelander zeevat worden relatief hoge dichtheden gevonden van deze soorten op een geringe diepte. Het gebied kan dus van belang zijn voor de voedselvoorziening van duikeenden.

In de figuren 4-13 tot 4-15 worden voor drie soorten kaarten gegeven van de verspreiding van deze soorten. Voor alle soorten geldt, dat ze vooral voorkomen in de oostelijke kant van het Amelander zeevat. *Spisula* (4-15) komt alleen in het uiterste noordoostelijke deel van het gebied voor. *Ensis leei* komt meer verspreid voor over oostzijde van het zeevat, maar de hoogste dichtheden en biomassa vinden we in het ecotoop Flat. Het Nonnetje (*Limecola balthica*) heeft een vergelijkbare verspreiding.

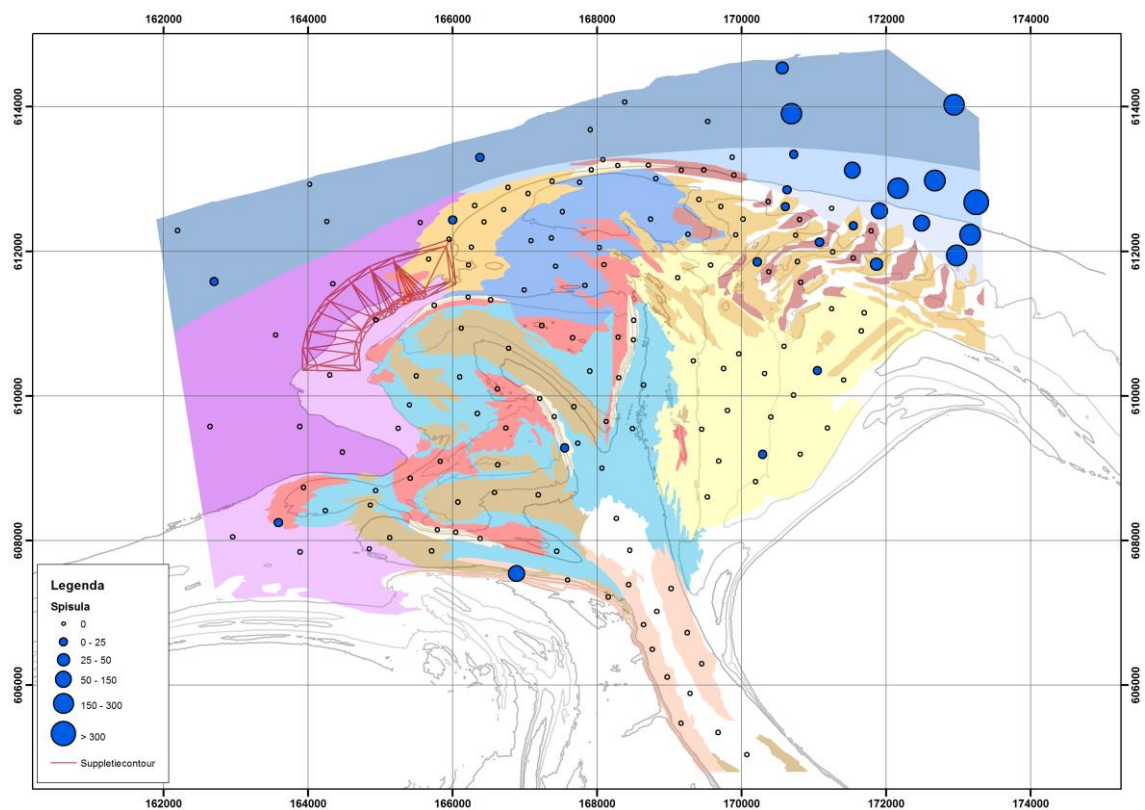
In figuur 4-16 is de dichtheid van het potentieel vogelvoedsel (n/m²) weergegeven. De aantallen zijn gebaseerd op het voorkomen van alle soorten uit tabel 4-2. Er is duidelijk te zien, dat het benthos, dat van belang is voor zwarte zee-eenden voornamelijk op de oostzijde en in het offshore gedeelte van het Amelander zeevat voorkomt. Het aantal monsters op de beoogde suppletielocatie is relatief beperkt. Er lijkt wel potentieel vogelvoedsel aanwezig te zijn op de beoogde suppletielocatie. Hier komen soorten, zoals *Donax vittatus*, *Macomagnulus tenuis*, *Abra alba* of *Fabulina fabula* voor, in relatief lage aantallen. Het effect van aanleg van de suppletie op het benthos als voedsel voor vogels lijkt op basis van deze gegevens relatief beperkt te zijn.



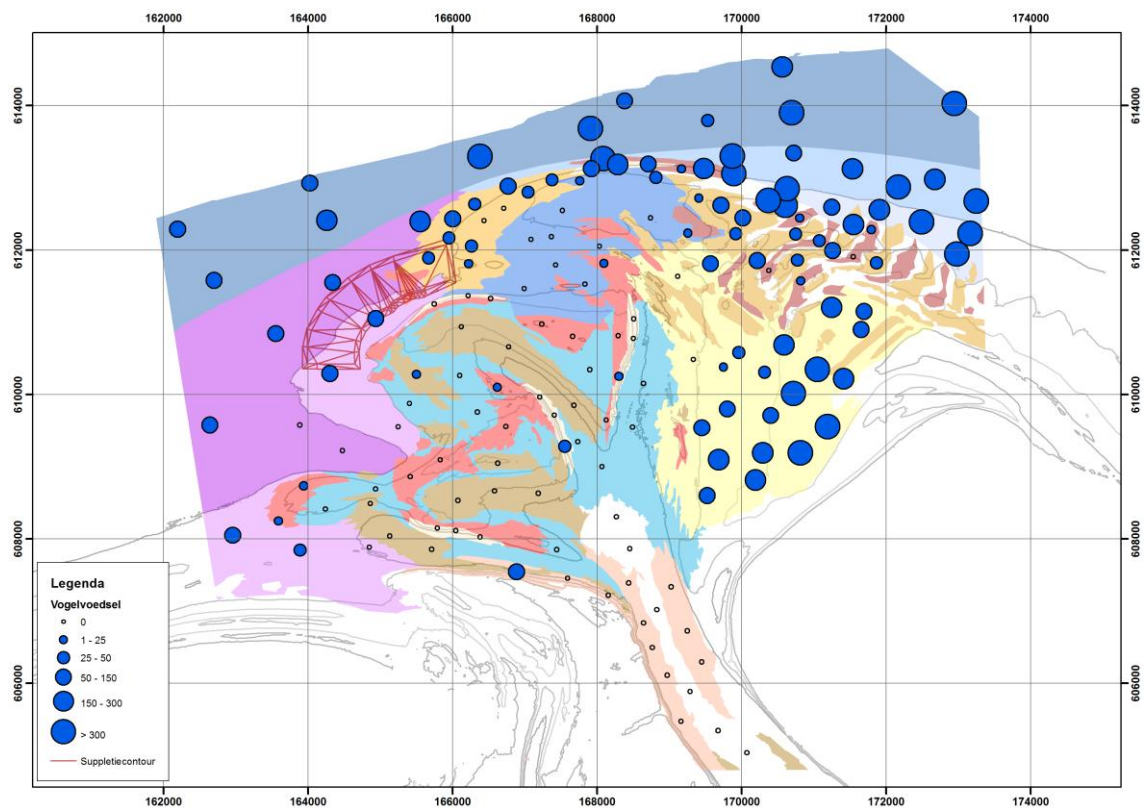
Figuur 4-13: Vindplaatsen van de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis leei*) in het Amelandse zeeget in 2017



Figuur 4-14: Vindplaatsen van het Nonnetje (*Limecola balthica*) in het Amelandse zeeget in 2017



Figuur 4-15: Vindplaatsen van de halfgeknotte strandschelp (*Spisula*) in het Amelandier zeegat in 2017



Figuur 4-16: Verspreiding van het totaal potentiële vogelvoedsel in het in het Amelandier zeegat in 2017

Deze soorten worden ook onderzocht in de jaarlijkse schelpdierensurvey, zoals in Troost *et al.* (2017).

Voor *Ensis leei* blijkt echter niet direct dat er in deze survey hoge aantallen van deze soort zijn gevonden. Rondom het Amelanders zeegegat worden meestal minder dan 10 individuen/m² gerapporteerd, terwijl bij deze survey enkele honderden per vierkante meter zijn gevonden. Hoewel de monstermethodieken niet vergelijkbaar zijn voor beide onderzoeken, is het verschil erg opvallend.

Spisula komt vooral in het uiterste noord-oosten van het onderzoeksgebied voor in aantallen tot maximaal 370 individuen per vierkante meter. Het is te verwachten dat deze soort ook verder langs de kust van Ameland voorkomt in 2017. In Troost *et al.* (2017) worden ten noorden en oosten van het Amelanders zeegegat ook hoge aantallen (> 50/m²) *Spisula*'s gevonden.

5 Conclusie

5.1 Algemene conclusies 2017

In 2017 is een T-0 studie gedaan in het Amelander zeegat, ter voorbereiding aan de suppletie, die gepland staat in 2018. Voor het eerst is er een groot ecologisch onderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van bodemdieren in het zeegat tussen Ameland en Terschelling. Er is zeer veel nieuwe kennis opgedaan over het Amelander zeegat. Het meest opvallende is, dat er in een relatief klein gebied in de kustzone, een brede diversiteit is gevonden in het voorkomen van verschillende soorten bodemdieren. Naast de diversiteit is er ook een duidelijke geografische spreiding in het voorkomen van bodemdieren aangetroffen.

Biodiversiteit

In het onderzoeksgebied zijn in totaal 96 unieke taxa gevonden, waarvan 71 soorten. Voor een relatief klein gebied in de kustzone, zoals het zeegat, is dit aantal vrij hoog. Dit komt waarschijnlijk doordat het gebied een hoge variabiliteit heeft in de a-biotiek, waardoor er veel verschil is in leefomstandigheden voor het benthos. Daarnaast is er een relatief hoog aantal monsters genomen, waardoor de trefkans om soorten aan te treffen wordt verhoogd. Uit de species accumulation curve blijkt dat 70 tot 80 procent van de totale biodiversiteit van het Amelander zeegat in kaart is gebracht.

Er is dus een behoorlijk verschil tussen de verschillende ecotopen in het Amelander zeegat. Het gemiddeld aantal taxa per monster is 9, maar de spreiding over de verschillende ecotopen loopt van gemiddeld 4 tot wel 19 taxa. Dit zien we ook in de andere biodiversiteitindicatoren, zoals de dichtheid per vierkante meter, en de biodiversiteitsindices. De dichtheid van het bodemleven varieert in de verschillende ecotopen van 190 tot 1300 individuen per vierkante meter. De Shannon en Wiener index is minimaal 0,92 en maximaal 2.34. De hoge spreiding van de biodiversiteit geeft aan, dat het gebied niet homogeen is qua bodemleven. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het relatief grote verschil in abiotische factoren in het Amelander zeegat.

Benthos samenstelling

Er is een clustering te vinden in de samenstelling van het benthos. Vooral de ecotopen offshore en East side I en II springen er op het gebied van soortensamenstelling uit, ten opzichte van de overige ecotopen uit. Dit ligt aan een aantal specifieke soorten, die (vrijwel) alleen in deze ecotopen worden gevonden. Wanneer deze gebieden niet meegenomen worden in de analyse, zijn er een aantal specifieke soorten, die van belang zijn in een groot aantal van de ecotopen, maar in verschillende dichtheden voorkomen. Vooral *Bathyporeia elegans*, *B. pelagica*, *Mage-lona johnstoni*, *M. mirabilis* en *Ensis leei* zijn belangrijke soorten, die de indeling van de soortensamenstelling bepalen.

Relatie met a-biotiek

Er is een significante relatie tussen abiotische parameters en het voorkomen van clusters van bodemdieren in het Amelander zeegat. Het organisch stof, de mediane korrelgrootte en de diepte hebben een significante relatie met de soortensamenstelling van de monsters. Ook zien we dit in de resultaten uit de sedimentanalyses dat er een duidelijke geografische spreiding is.

Er zijn een aantal conclusies, die uit de analyses naar voren komen:

- In de geul tussen Ameland en Terschelling is er een duidelijke grote invloed van hoge stroomsnelheden. Het substraat bestaat uit grof zand en soms grote hoeveelheden schelpengruis. De soortensamenstelling is erg arm.

- Er ligt een groot cluster op en rondom het platensysteem direct ten noorden van het zeegat. Dit is het grootste cluster van monsterlocaties en beslaat een groot deel van de buitendelta. Het aanwezige benthos bestaat hier voornamelijk uit kleine kreeftachtigen en wormen. De soorten die gevonden zijn, zijn typerend voor het dynamische kustgebied. Het voorkomen wordt bepaald door het voorkomen van grof zand en waarschijnlijk ook hoge stroomsnelheden.
- In de ondiepe zone in het oosten van het gebied is er ook een relatief soortenarme benthosgemeenschap, maar hier komen wel hoge aantallen van de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis leei*) voor. Het sediment is hier fijner van samenstelling. Dit indiceert dat er sprake is van een minder dynamisch gebied.
- Ook is er een duidelijke hoge biodiversiteit aanwezig meer naar de diepte toe. Hier ligt een meer offshore cluster, waarin hoge aantallen schelpdieren voorkomen, waaronder Nonnetje en *Spisula*. Dit zijn belangrijke schelpdieren, waarvan vogels, zoals zwarte zee-eenden gebruik zouden kunnen maken voor hun voedsel.
- Naar de diepte toe is er ook specifieke clustering gevonden. Vooral in het diepere (oostelijke) deel van het onderzoeksgebied vinden we een specifiek cluster, waarbij de dieper levende soorten zijn aangetroffen, waaronder hoge aantallen schelpdieren. In dit cluster vallen de ecotopen Offshore, East side I en II. Dit cluster bestaat uit geheel andere soorten als de andere clusters, waaronder Nonnetje en *Spisula*. Dit zijn belangrijke schelpdieren, waarvan vogels, zoals zwarte zee-eenden gebruik zouden kunnen maken voor hun voedsel.

De clustering laat een duidelijk geografische spreiding zien in het Amelanders zeegat. De significante relatie met de sedimentsamenstelling en de diepte laten zien, dat de benthosamenstelling afhankelijk is van de abiotische omstandigheden ter plaatse. Gezien de clustering niet volledig overeen komt met de vooraf gedefinieerde ecotopen zou er verder onderzoek gedaan kunnen worden naar de abiotische variabelen in het Amelanders zeegat en de benthosgemeenschap. Dit zou het voorkomen en de ligging van de verschillende clusters nog verder kunnen verklaren. In het SEAWAD programma wordt verder gewerkt aan deze koppeling.

5.2 Suppletielocatie T-0, 2017

Op de suppletielocatie zijn in 2017 relatief weinig monsters genomen, omdat op het moment van monsternamen in september 2017 een aantal meetframes waren geplaatst. Dit zorgde ervoor, dat het niet mogelijk was om veel locaties op de geplande suppletielocatie te bemonsteren. Daarnaast was deze T-0 studie voornamelijk gericht op het in beeld krijgen van de volledige status van het Amelanders zeegat, dat van groot belang is, om ook de relevantie van de suppletielocatie te kunnen inschatten. Het één op één vergelijken van effecten van de suppletie kan echter op termijn wel moeilijk zijn, vanwege het ontbreken van monsters op de suppletielocatie in de T-0 monsternamen.

Op en rond de suppletielocatie liggen een aantal monsters, waar in dit project een vergelijking is gemaakt met locaties in de gelijkwaardige ecotopen. In zowel de sedimentsamenstelling als in de univariate analyses voor de bodemdieren zijn er geen significante verschillen aangetoond. De suppletielocatie is in 2017 gelijkwaardig van samenstelling en soortensamenstelling als monsters in gelijkwaardige ecotopen.

Als het gaat om de soortensamenstelling is het beoogde suppletiegebied een relatief arm gebied, vergeleken met alle andere monsterlocaties in het onderzoeksgebied. Er komen voornamelijk kleine kreeftachtigen en wormen voor. De biodiversiteit van de suppletielocatie is echter vergelijkbaar met de biodiversiteit in vergelijkbare ecotopen.

De suppletie is gepland tussen de ondiepe en diepe zone van het Amelandse zeegat. In het ondiepe deel is het effect op schelpdieren beperkt, maar in de diepere zone is er potentieel vogelvoedsel aanwezig. Op de beoogde suppletielocatie komen soorten, zoals *Donax vittatus*, *Macomagnulus tenuis*, *Abra alba* of *Fabulina fabula* voor, in relatief lage aantallen. Het effect van aanleg van de suppletie op het benthos als voedsel voor vogels lijkt op basis van deze gegevens relatief beperkt te zijn.

5.3 Vogelvoedsel

Er is gekeken naar het voorkomen van het bodemleven en de potentiële aanwezige voedsel voor vogels. Er is vooral naar het voedsel van de zwarte zee-eend gekeken. Het bodemleven in het Amelandse zeegat is geschikt als voedsel voor zwarte zee-eenden. Vooral aan de oostzijde (East side I en II) en in het dieper gelegen offshore deel van het zeegat zijn er veel schelpdieren gevonden, die gegeten worden door de zwarte zee-eend. Er komen grote dichtheden van de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis leei*), Nonnetje (*Limecola balthica*) en de halfgeknotte strandschelp (*Spisula*) voor.

Het aantal monsters op de beoogde suppletielocatie is relatief beperkt. Op de beoogde suppletielocatie lijkt wel potentieel vogelvoedsel aanwezig te zijn. De soorten *Donax vittatus*, *Macomagnulus tenuis*, *Abra alba* of *Fabulina fabula* komen in relatief lage aantallen voor. Het effect van aanleg van de suppletie op het benthos als voedsel voor vogels lijkt op basis van deze gegevens relatief beperkt te zijn.

5.4 Aanbevelingen

Na aanleg van de suppletie is het ook relevant om te kijken hoe de suppletie zich verplaatst en wat hiervan de effecten zijn op het bodemleven op de korte en op de langere termijn. Het is daarom aan te raden om informatie in te winnen, waar het zand naartoe transporteert en daarmee ook rekening wordt gehouden bij het plannen van eventuele vervolgstudies.

Met de suppletie op de geplande locatie is het momenteel niet de verwachting, dat grote hoeveelheden schelpdieren of schelpdierbanken worden bedekt door de suppletie. Wel is het aan te raden om te kijken naar de verspreiding van het suppletiezand in het zeegat op de langere termijn. Het is daarom aan te raden om goed te kijken waar het zand terecht komt en hier gericht een monitoring voor uit te voeren.

Dankwoord

Deze studie werd uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat en is onderdeel van een groot onderzoek in het Amelander zeegat. We bedanken alle betrokkenen bij het project. Vooral de projectleider ecologie Cor Schipper willen we bedanken voor de begeleiding van het project en de goede samenwerking. Daarnaast willen wij Harriëtte Holzhauer en Stuart Pearson uit het SEAWAD project bedanken voor hun hulp bij de bemonstering aan boord van de schepen en Harriëtte ook bij het meedenken in de analyses en het lezen van de rapportage. Daarnaast willen we de bemanningen van de WR82 en de Terschelling en Arjen Ponger van Rijkswaterstaat bedanken voor de inzet bij de monsternamen.

Daarnaast willen we de collega's van the Fieldwork Company en Eurofins AquaSense bedanken voor hun grote inzet in het veld, in het laboratorium en op kantoor bij de uitvoering van het project.

Literatuur

Clarke, K. R., Somerfield, P.J., Gorley, R. N., 2008, Testing null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environmental linkage, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 366: 56-69.

Clevinga, J., Mulder, S., Oost, A., 2004, Kustverdediging van de koppen van de Waddeneilanden, de dynamiek van de kust nabij buitendelta's en passende maatregelen voor het kustbeheer, Rijkswaterstaat rapport RIKZ/2004.017

Deltaprogramma Kust, 2014, Synthesedocument Kust, Achtergronddocument B9, Ministerie van I&M, 1 juli 2014.

Holzhauser H., 2017, Meetlocaties Benthos, Bemonstering van de Buitendelta van Ameland in september 2017 voorafgaand aan de proefsuppletie, versie 1.1. rapportage Universiteit Twente

Kats R., 2012, Buitendelta: Laatste halte voor sediment, WadWeten, Waddenvereniging 27 januari 2012.

Leopold, M.F., Bemmelen, R. van, Perdon, J., Poot, M.J. Heunks, C., Beuker, D., Jonkvorst, R. J., Jong, J. de, 2013, Zwarte Zee-eenden in de Noordzeekustzone benoorden de Wadden: verspreiding en aantallen in relatie tot voedsel en verstoring. Imares rapport C023/13.

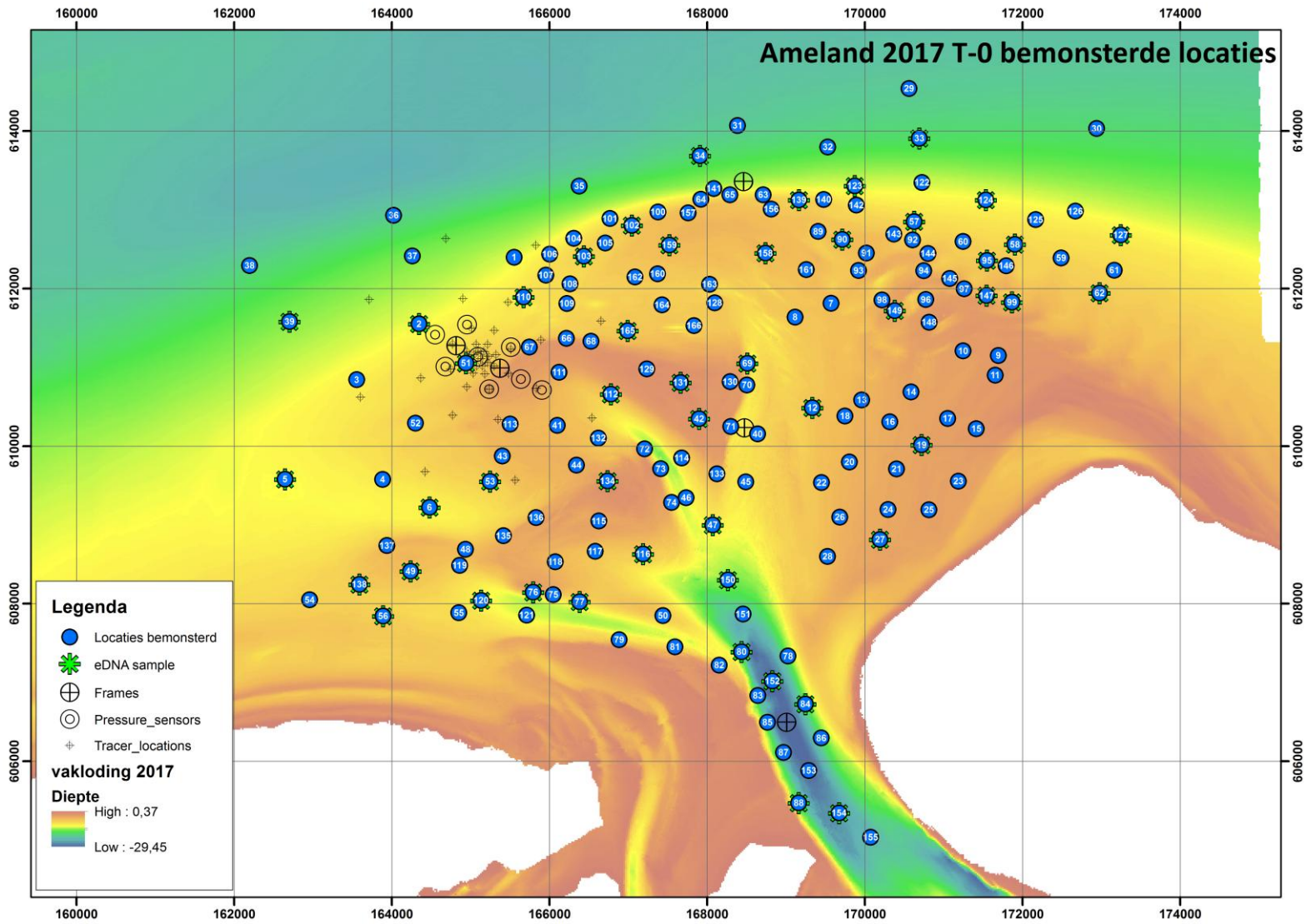
Oksanen, J., Kindt, R., Legendre P., O'Hara B., 2006, The Vegan Package, Community Ecology Package, version 1.8-2.

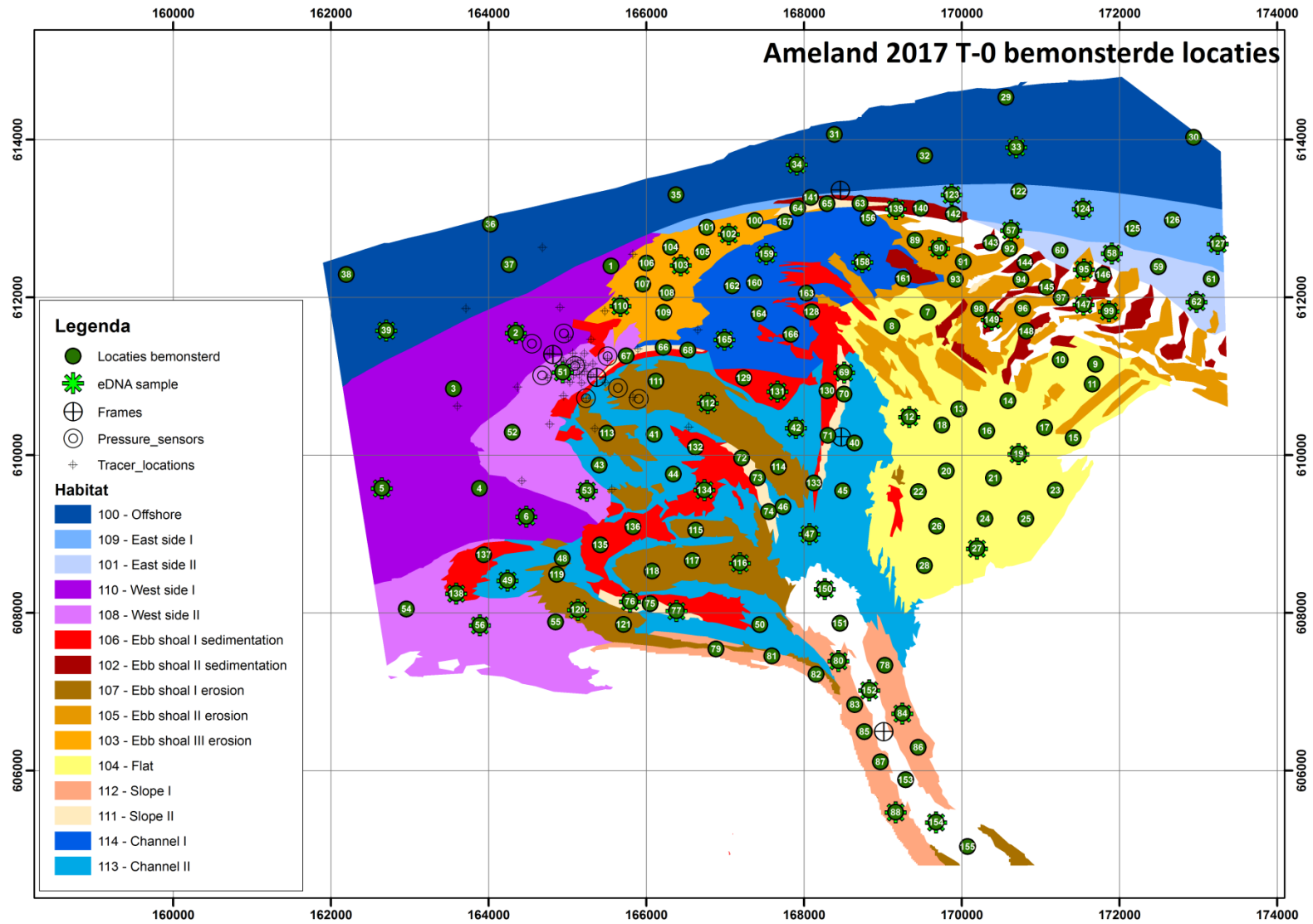
Schipper C. en van Dalftsen, J., Meetstrategie T-nulmeting Ecologie Pilotsuppletie Buitendelta Amelander Zeegat (Deel 1), Meetprogramma Ecologie Buitendelta Ameland, Rijkswaterstaat.

Troost, K., Perdon, K.J., Zwol, J. van, Jol, J., Asch, M. van, 2017, Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2017. CVO rapport 17.014.

Verduin, E.C., Engelberts, A. 2017, T-nulmeting Benthos Buitendelta Amelander Zeegat 2017, veldrapportage Benthos Boxcorer, versie 01, 31 oktober 2017.

Bijlage 1: Bemonsterde locaties





Bijlage 2: Locatielijst

AquaSense referentie	Locatiecode	Datum	Tijd	X coördinaat bemonsterd (RD)	Y coördinaat bemonsterd (RD)	Diepte (m) ⁵	Steekdiepte (cm)	Bodemtype inschatting	Bodemleven inschatting
427221	1	20-9-2017	19:25	165555	612397	12.1	23	Zand	Weinig
427222	2	20-9-2017	16:02	164346	611550	9.2	19	Zand	Weinig
427223	3	20-9-2017	14:30	163556	610842	8.7	20	Zand	Gemiddeld
427224	4	20-9-2017	12:51	163886	609577	9.2	24	Zand	Weinig
427225	5	20-9-2017	13:49	162646	609580	9.7	20	Zand	Gemiddeld
427226	6	20-9-2017	12:39	164479	609222	9.4	26	Zand	Weinig
427227	7	5-9-2017	12:24	169574	611811	6	19	Zand	Weinig
427228	8	20-9-2017	17:21	169117	611636	5.1	18	Zand	Weinig
427229	9	5-9-2017	11:07	171697	611150	3.7	23	Zand	Gemiddeld
427230	10	5-9-2017	11:15	171249	611207	3.9	23	Zand	Gemiddeld
427231	11	5-9-2017	11:02	171656	610900	3.6	22	Zand	Gemiddeld
427232	12	5-9-2017	15:12	169335	610486	5.4	22	Zand	Weinig
427233	13	5-9-2017	10:18	169963	610584	5.6	15	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427234	14	5-9-2017	10:27	170588	610688	4.6	23	Schelpen(gruis); Zand	Gemiddeld
427235	15	5-9-2017	10:52	171416	610220	3.7	22	Zand	Gemiddeld
427236	16	5-9-2017	10:00	170319	610308	5.2	17	Schelpen(gruis); Zand	Gemiddeld
427237	17	5-9-2017	10:38	171052	610349	4	23	Zand	Veel
427238	18	5-9-2017	10:10	169750	610381	6.1	17	Klei; Zand	Weinig
427239	19	5-9-2017	9:02	170721	610015	4.6	23	Zand	Gemiddeld
427240	20	5-9-2017	8:44	169806	609798	5.8	23	Zand	Gemiddeld

⁵ NB: de diepte dient nog te worden gecontroleerd op de ligging t.o.v. NAP. Deze diepte is de genoteerde diepte aan boord van beide onderzoeksschepen.

AquaSense referentie	Locatiecode	Datum	Tijd	X coördinaat bemonsterd (RD)	Y coördinaat bemonsterd (RD)	Diepte (m) ⁵	Steekdiepte (cm)	Bodemtype inschatting	Bodemleven inschatting
427241	21	5-9-2017	8:50	170404	609709	4.6	20	Zand	Gemiddeld
427242	22	5-9-2017	8:35	169451	609536	6.6	19	Schelpen(gruis); Zand	Gemiddeld
427243	23	5-9-2017	7:30	171189	609554	4.1	22	Zand	Veel
427244	24	5-9-2017	7:50	170295	609194	4.6	21	Schelpen(gruis); Zand	Veel
427245	25	5-9-2017	7:40	170814	609192	4.3	22	Zand	Veel
427246	26	5-9-2017	8:25	169684	609098	5.9	22	Schelpen(gruis); Zand	Gemiddeld
427247	27	5-9-2017	8:02	170194	608816	4.6	18	Schelpen(gruis); Zand	Veel
427248	28	5-9-2017	8:14	169527	608599	6.2	22	Schelpen(gruis); Zand	Gemiddeld
427249	29	21-9-2017	15:50	170562	614537	16.8	21	Zand	Veel
427250	30	21-9-2017	16:58	172943	614029	15.1	19	Zand	Veel
427251	31	21-9-2017	13:19	168385	614067	17.9	19	Schelpen(gruis); Zand	Gemiddeld
427252	32	21-9-2017	13:29	169531	613796	16	20	Zand	Weinig
427253	33	21-9-2017	16:00	170692	613905	15	22	Zand	Gemiddeld
427254	34	21-9-2017	13:12	167910	613685	16.4	23	Zand	Gemiddeld
427255	35	21-9-2017	11:18	166377	613300	16.6	20	Zand	Gemiddeld
427256	36	20-9-2017	15:40	164025	612928	15.9	18	Zand	Gemiddeld
427257	37	20-9-2017	15:51	164261	612414	12.5	19	Zand	Gemiddeld
427258	38	20-9-2017	14:08	162196	612291	16.1	21	Zand	Gemiddeld
427259	39	20-9-2017	14:20	162704	611581	12.7	20	Zand	Gemiddeld
427260	40	5-9-2017	15:03	168642	610153	6.7	24	Klei; Zand	Weinig
427261	41	4-9-2017	13:19	166100	610263	4.4	24	Zand	Weinig
427262	42	4-9-2017	10:02	167899	610346	3.1	28	Zand	Weinig
427263	43	4-9-2017	16:04	165404	609873	4.3	22	Zand	Weinig

AquaSense referentie	Locatiecode	Datum	Tijd	X coördinaat bemonsterd (RD)	Y coördinaat bemonsterd (RD)	Diepte (m) ⁵	Steekdiepte (cm)	Bodemtype inschatting	Bodemleven inschatting
427264	44	4-9-2017	13:30	166344	609758	3.9	18	Zand	Weinig
427265	45	5-9-2017	15:28	168491	609547	7.3	28	Klei; Zand	Weinig
427266	46	21-9-2017	9:28	167735	609345	11.8	22	Zand	Weinig
427267	47	5-9-2017	15:49	168072	608999	8.8	30	Klei; Zand	Weinig
427268	48	4-9-2017	13:52	164937	608691	4.1	25	Zand	Weinig
427269	49	4-9-2017	14:28	164240	608412	4.8	27	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427270	50	20-9-2017	11:17	167441	607849	11.2	30	Zand	Weinig
427271	51	20-9-2017	16:12	164942	611052	6	24	Zand	Weinig
427272	52	20-9-2017	14:43	164302	610290	6.5	17	Zand	Gemiddeld
427273	53	20-9-2017	15:07	165248	609550	6.4	24	Zand	Geen
427274	54	20-9-2017	11:57	162959	608048	7.4	19	Zand	Weinig
427275	55	5-9-2017	17:36	164851	607884	7.7	20	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427276	56	20-9-2017	11:46	163891	607844	8.2	26	Zand	Weinig
427277	57	21-9-2017	15:03	170628	612849	7.5	22	Zand	Veel
427278	58	21-9-2017	16:35	171907	612558	6.2	20	Zand	Veel
427279	59	21-9-2017	17:28	172493	612388	6.1	19	Zand	Veel
427280	60	21-9-2017	16:21	171249	612595	6.2	18	Zand	Weinig
427281	61	21-9-2017	17:14	173165	612232	6.4	20	Zand	Veel
427282	62	21-9-2017	17:21	172980	611943	7.7	18	Zand	Veel
427283	63	21-9-2017	13:54	168713	613190	8.6	19	Zand	Gemiddeld
427284	64	21-9-2017	11:52	167922	613131	8.5	20	Zand	Gemiddeld
427285	65	21-9-2017	13:41	168292	613189	8.9	18	Zand	Gemiddeld
427286	66	4-9-2017	11:38	166218	611366	2.6	22	Zand	Weinig
427287	67	4-9-2017	12:00	165745	611257	3	23	Zand	Weinig
427288	68	4-9-2017	11:15	166527	611331	2.1	22	Schelpen(gruis);	Weinig

AquaSense referentie	Locatiecode	Datum	Tijd	X coördinaat bemonsterd (RD)	Y coördinaat bemonsterd (RD)	Diepte (m) ⁵	Steekdiepte (cm)	Bodemtype inschatting	Bodemleven inschatting
								Zand	
427289	69	5-9-2017	14:42	168511	611050	3.8	22	Zand	Weinig
427290	70	5-9-2017	14:54	168507	610775	5.1	26	Zand	Weinig
427291	71	4-9-2017	16:51	168303	610249	2.6	21	Zand	Weinig
427292	72	4-9-2017	16:20	167209	609964	3.5	28	Zand	Weinig
427293	73	21-9-2017	9:42	167411	609711	7.9	23	Zand	Weinig
427294	74	21-9-2017	9:36	167552	609284	6.9	23	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427295	75	5-9-2017	17:13	166049	608116	4.5	24	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427296	76	4-9-2017	14:13	165793	608146	3.3	29	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427297	77	5-9-2017	17:02	166384	608025	7.3	24	Zand	Weinig
427298	78	21-9-2017	9:00	169026	607334	14.3	30	Zand	Weinig
427299	79	20-9-2017	10:58	166884	607543	8.5	42	Zand	Weinig
427300	80	20-9-2017	9:30	168437	607391	19	31	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427301	81	20-9-2017	9:52	167593	607452	11.4	26	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427302	82	20-9-2017	9:43	168155	607220	9.1	34	Zand	Weinig
427303	83	20-9-2017	9:21	168645	606835	18	31	Zand	Weinig
427304	84	21-9-2017	8:42	169248	606727	16.4	29	Klei; Schel- pen(gruis); Zand	Weinig
427305	85	20-9-2017	9:10	168765	606494	17.5	31	Zand	Weinig
427306	86	21-9-2017	8:33	169449	606295	16.2	34	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427307	87	20-9-2017	8:35	168971	606111	21	23	Zand	Weinig
427308	88	20-9-2017	8:00	169163	605472	16.5	29	Zand	Weinig
427309	89	21-9-2017	14:16	169410	612723	4.6	23	Zand	Gemiddeld

AquaSense referentie	Locatiecode	Datum	Tijd	X coördinaat bemonsterd (RD)	Y coördinaat bemonsterd (RD)	Diepte (m) ⁵	Steekdiepte (cm)	Bodemtype inschatting	Bodemleven inschatting
427310	90	5-9-2017	12:00	169714	612623	5.6	22	Zand	Gemiddeld
427311	91	5-9-2017	11:53	170020	612450	5.2	22	Zand	Gemiddeld
427312	92	21-9-2017	14:56	170609	612617	7.3	21	Zand	Gemiddeld
427313	93	5-9-2017	12:14	169923	612227	6.5	15	Zand	Weinig
427314	94	4-9-2017	18:35	170751	612225	5.5	19	Zand	Gemiddeld
427315	95	21-9-2017	16:27	171550	612355	5.7	16	Zand	Gemiddeld
427316	96	4-9-2017	18:28	170774	611859	4.3	18	Zand	Weinig
427317	97	4-9-2017	19:08	171263	611995	6.1	15	Zand	Gemiddeld
427318	98	4-9-2017	17:53	170219	611854	4.5	18	Zand	Veel
427319	99	5-9-2017	11:29	171869	611825	7	17	Zand	Weinig
427320	100	21-9-2017	11:44	167378	612972	7.9	22	Zand	Weinig
427321	101	21-9-2017	11:28	166768	612887	9.7	20	Zand	Gemiddeld
427322	102	21-9-2017	11:36	167047	612802	7.7	20	Zand	Weinig
427323	103	20-9-2017	19:49	166437	612409	8.1	24	Zand	Weinig
427324	104	20-9-2017	19:42	166310	612636	9.6	22	Zand	Weinig
427325	105	21-9-2017	11:09	166711	612577	8.4	25	Zand	Weinig
427326	106	20-9-2017	19:33	166003	612435	9.4	23	Zand	Weinig
427327	107	20-9-2017	19:16	165955	612169	8.6	16	Zand	Weinig
427328	108	20-9-2017	19:06	166262	612057	8.4	23	Zand	Weinig
427329	109	20-9-2017	16:44	166223	611809	7.2	21	Zand	Weinig
427330	110	20-9-2017	16:35	165672	611892	7.5	20	Zand	Weinig
427331	111	4-9-2017	12:52	166123	610937	3.5	36	Zand	Weinig
427332	112	21-9-2017	10:58	166780	610659	2.6	23	Zand	Weinig
427333	113	4-9-2017	13:00	165502	610278	4.3	34	Zand	Weinig
427334	114	21-9-2017	9:55	167678	609850	9.4	26	Zand	Weinig

AquaSense referentie	Locatiecode	Datum	Tijd	X coördinaat bemonsterd (RD)	Y coördinaat bemonsterd (RD)	Diepte (m) ⁵	Steekdiepte (cm)	Bodemtype inschatting	Bodemleven inschatting
427335	115	4-9-2017	13:48	166626	609048	2.6	27	Klei; Zand	Weinig
427336	116	5-9-2017	16:03	167187	608631	6.5	25	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427337	117	5-9-2017	16:11	166583	608664	6	31	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427338	118	4-9-2017	14:00	166075	608531	4.1	29	Zand	Weinig
427339	119	5-9-2017	17:26	164864	608486	6.5	21	Zand	Weinig
427340	120	5-9-2017	17:43	165133	608041	9	24	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427341	121	5-9-2017	17:55	165713	607854	10.5	16	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427342	122	21-9-2017	16:00	170726	613344	10	16	Zand	Gemiddeld
427343	123	21-9-2017	14:35	169874	613302	10.8	19	Zand	Gemiddeld
427344	124	21-9-2017	16:13	171537	613123	8.7	21	Zand	Veel
427345	125	21-9-2017	16:47	172168	612873	8.1	18	Zand	Veel
427346	126	21-9-2017	16:49	172674	612981	9.2	19	Zand	Veel
427347	127	21-9-2017	17:07	173249	612680	8.1	19	Zand	Veel
427348	128	21-9-2017	17:31	168098	611817	5.4	21	Zand	Weinig
427349	129	4-9-2017	11:00	167236	610978	2.4	20	Zand	Weinig
427350	130	4-9-2017	17:05	168294	610817	2	22	Zand	Weinig
427351	131	4-9-2017	10:20	167663	610807	2.6	27	Zand	Weinig
427352	132	21-9-2017	10:30	166623	610100	7.1	26	Zand	Weinig
427353	133	4-9-2017	16:41	168126	609647	4.3	20	Zand	Weinig
427354	134	4-9-2017	13:38	166738	609557	1.5	25	Zand	Weinig
427355	135	4-9-2017	15:01	165417	608862	3.1	25	Zand	Weinig
427356	136	4-9-2017	15:53	165830	609092	3.9	22	Zand	Weinig
427357	137	4-9-2017	14:35	163939	608737	4.1	29	Zand	Weinig
427358	138	20-9-2017	12:26	163591	608245	6.5	18	Zand	Weinig

AquaSense referentie	Locatiecode	Datum	Tijd	X coördinaat bemonsterd (RD)	Y coördinaat bemonsterd (RD)	Diepte (m) ⁵	Steekdiepte (cm)	Bodemtype inschatting	Bodemleven inschatting
427359	139	21-9-2017	14:08	169167	613123	7.1	20	Zand	Gemiddeld
427360	140	21-9-2017	14:24	169479	613129	8.1	23	Zand	Veel
427361	141	21-9-2017	11:59	168085	613268	12.1	20	Zand	Veel
427362	142	21-9-2017	14:44	169895	613058	8	14	Zand	Gemiddeld
427363	143	21-9-2017	14:50	170370	612691	5.8	27	Zand	Gemiddeld
427364	144	4-9-2017	18:45	170804	612443	5	15	Zand	Gemiddeld
427365	145	4-9-2017	18:57	171077	612127	4.3	15	Zand	Weinig
427366	146	5-9-2017	11:38	171795	612288	6.6	18	Zand	Weinig
427367	147	4-9-2017	19:14	171545	611910	4.8	17	Zand	Weinig
427368	148	4-9-2017	18:16	170819	611571	3.2	16	Zand	Gemiddeld
427369	149	4-9-2017	18:10	170381	611718	3.6	19	Zand	Weinig
427370	150	21-9-2017	9:18	168266	608303	14.7	24	Klei; Schel- pen(gruis); Zand	Weinig
427371	151	21-9-2017	9:07	168456	607867	18.7	24	Zand	Weinig
427372	152	21-9-2017	8:51	168827	607019	25.2	37	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427373	153	21-9-2017	8:26	169289	605883	25.4	41	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427374	154	21-9-2017	8:12	169677	605345	21.8	36	Schelpen(gruis); Zand	Weinig
427375	155	21-9-2017	8:01	170076	605035	20.2	27	Klei; Schel- pen(gruis); Zand	Weinig
427376	156	21-9-2017	14:00	168815	613007	6.1	19	Zand	Weinig
427377	157	5-9-2017	12:55	167762	612959	6.3	21	Zand	Weinig
427378	158	5-9-2017	12:42	168741	612449	5.6	21	Zand	Weinig
427379	159	5-9-2017	13:08	167522	612551	5	28	Zand	Geen
427380	160	20-9-2017	17:50	167372	612187	4.8	30	Zand	Weinig

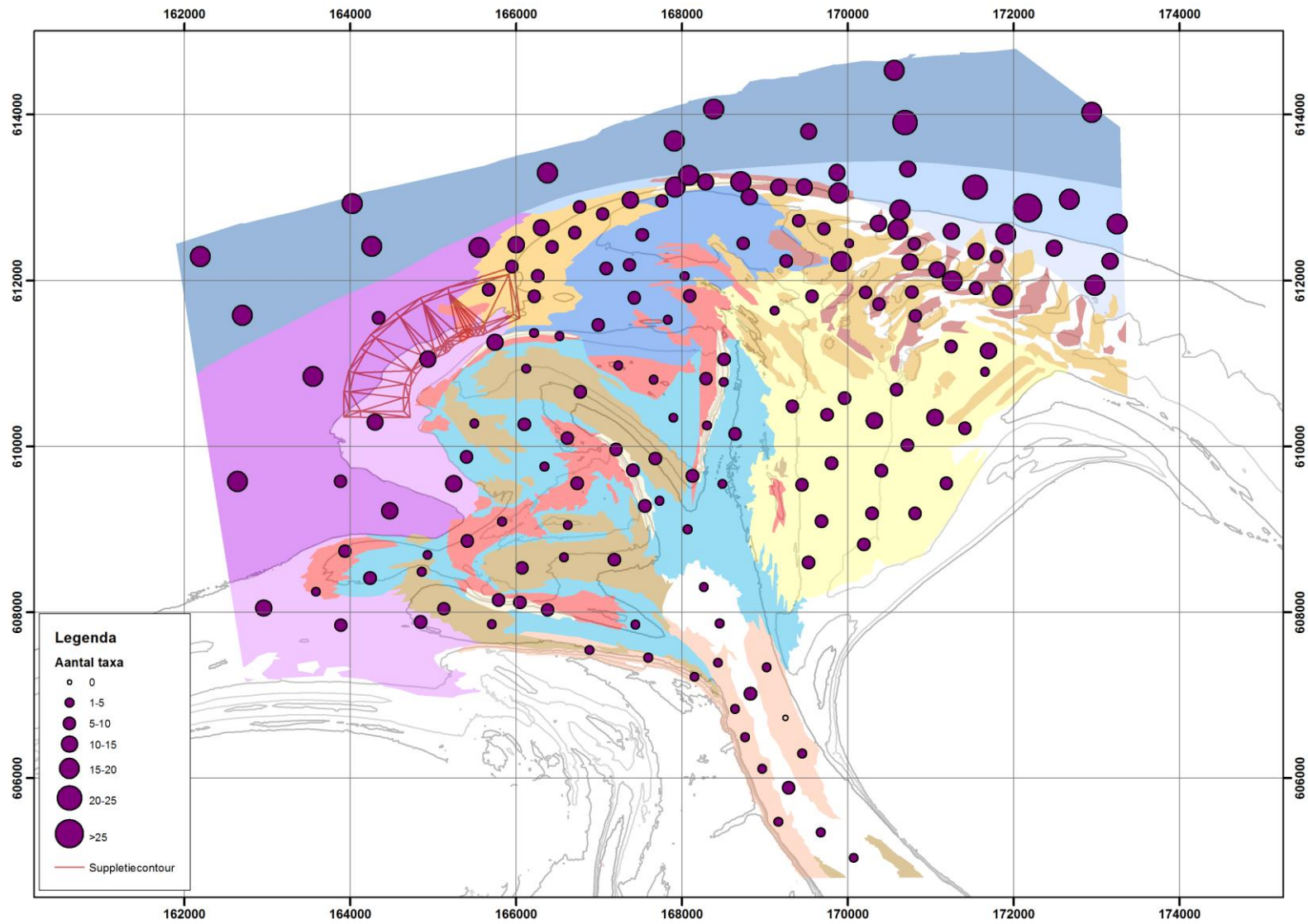
AquaSense referentie	Locatiecode	Datum	Tijd	X coördinaat bemonsterd (RD)	Y coördinaat bemonsterd (RD)	Diepte (m) ⁵	Steekdiepte (cm)	Bodemtype inschatting	Bodemleven inschatting
427381	161	5-9-2017	12:33	169260	612239	5.7	19	Zand	Weinig
427382	162	20-9-2017	17:59	167088	612146	5.8	24	Zand	Weinig
427383	163	20-9-2017	17:40	168033	612053	6.1	18	Zand	Weinig
427384	164	20-9-2017	18:07	167429	611791	6.3	27	Zand	Weinig
427385	165	20-9-2017	16:57	166991	611465	8.2	23	Zand	Weinig
427386	166	20-9-2017	17:06	167833	611530	6.4	19	Zand	Weinig

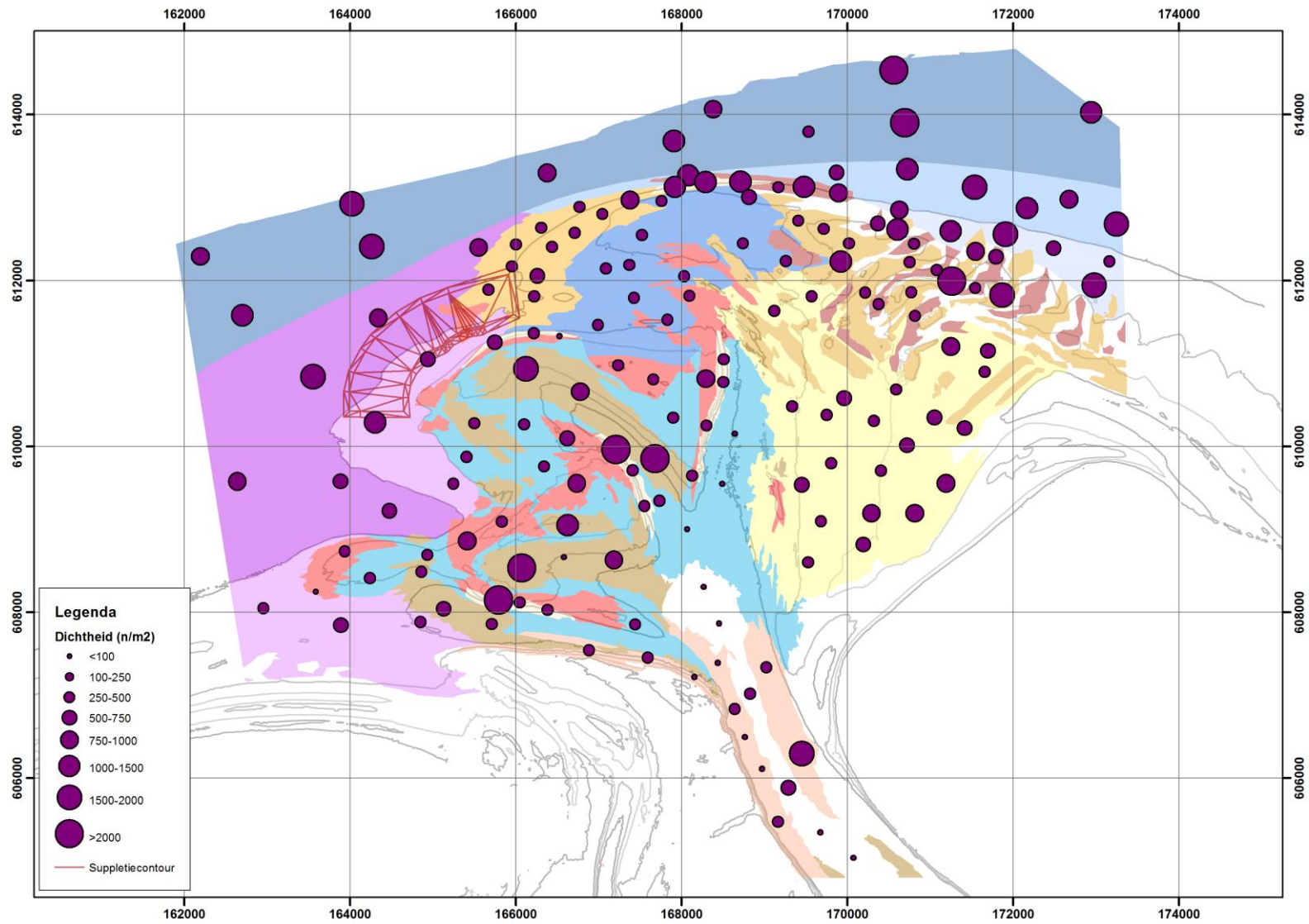
Bijlage 3: Sedimentsamenstelling Amelanders Zeegat

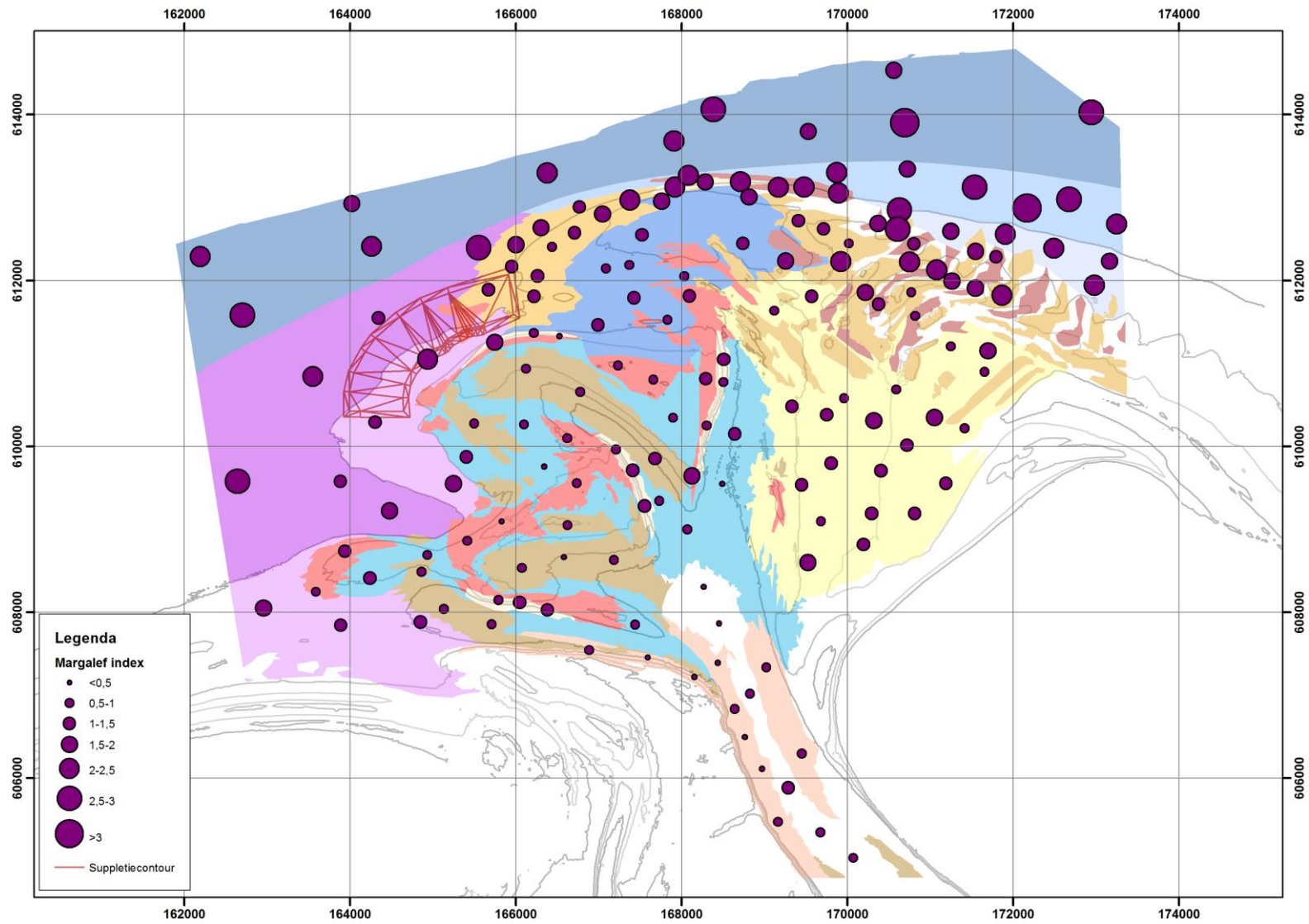
Gemiddelde en standaard deviatie van de D10, D50 (mediane korrelgrootte) en D90 op de ecotopen in het Amelanders Zeegat.

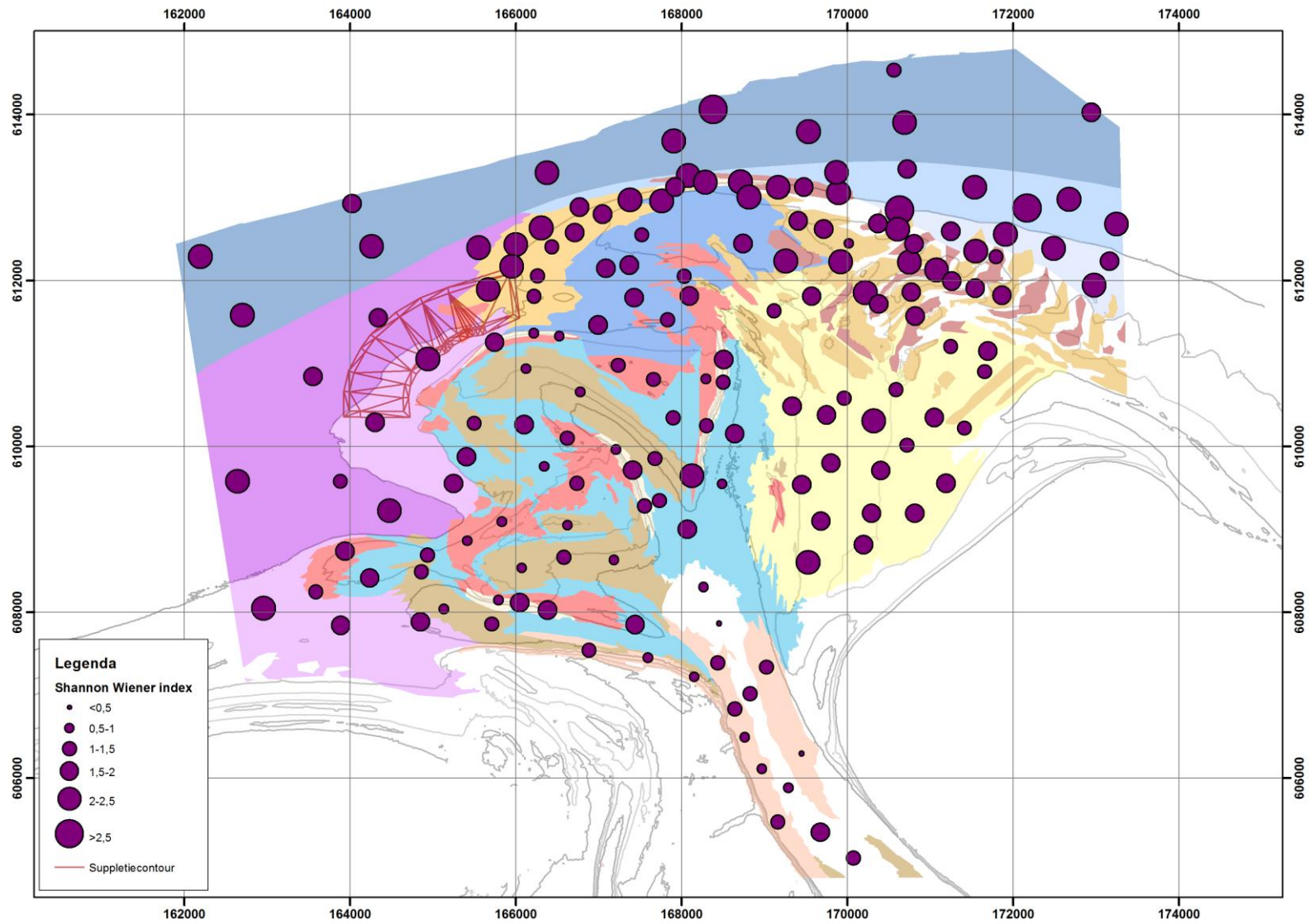
Ecotoop	D10	D50	D90
100 - Offshore	113 (± 35)	199 (± 9)	293 (± 12)
101 - East side II	121 (± 7)	181 (± 8)	270 (± 10)
102 - Ebb shoal II sedimentation	131 (± 13)	194 (± 14)	286 (± 20)
103 - Ebb shoal III erosion	143 (± 6)	205 (± 9)	294 (± 16)
104 - Flat	130 (± 6)	194 (± 8)	286 (± 15)
105 - Ebb shoal II erosion	125 (± 9)	187 (± 11)	275 (± 18)
106 - Ebb shoal I sedimentation	157 (± 15)	224 (± 24)	320 (± 42)
107 - Ebb shoal I erosion	163 (± 23)	239 (± 31)	348 (± 52)
108 - West side II	136 (± 17)	201 (± 24)	297 (± 35)
109 - East side I	95 (± 40)	174 (± 3)	254 (± 10)
110 - West side I	141 (± 14)	215 (± 26)	326 (± 47)
111 - Slope II	156 (± 19)	226 (± 29)	327 (± 47)
112 - Slope I	153 (± 44)	240 (± 30)	353 (± 47)
113 - Channel II	156 (± 15)	225 (± 19)	323 (± 29)
114 - Channel I	141 (± 14)	208 (± 17)	302 (± 23)
Channel inlet	110 (± 86)	284 (± 33)	465 (± 49)
Totaal	138 (± 30)	212 (± 30)	311 (± 50)

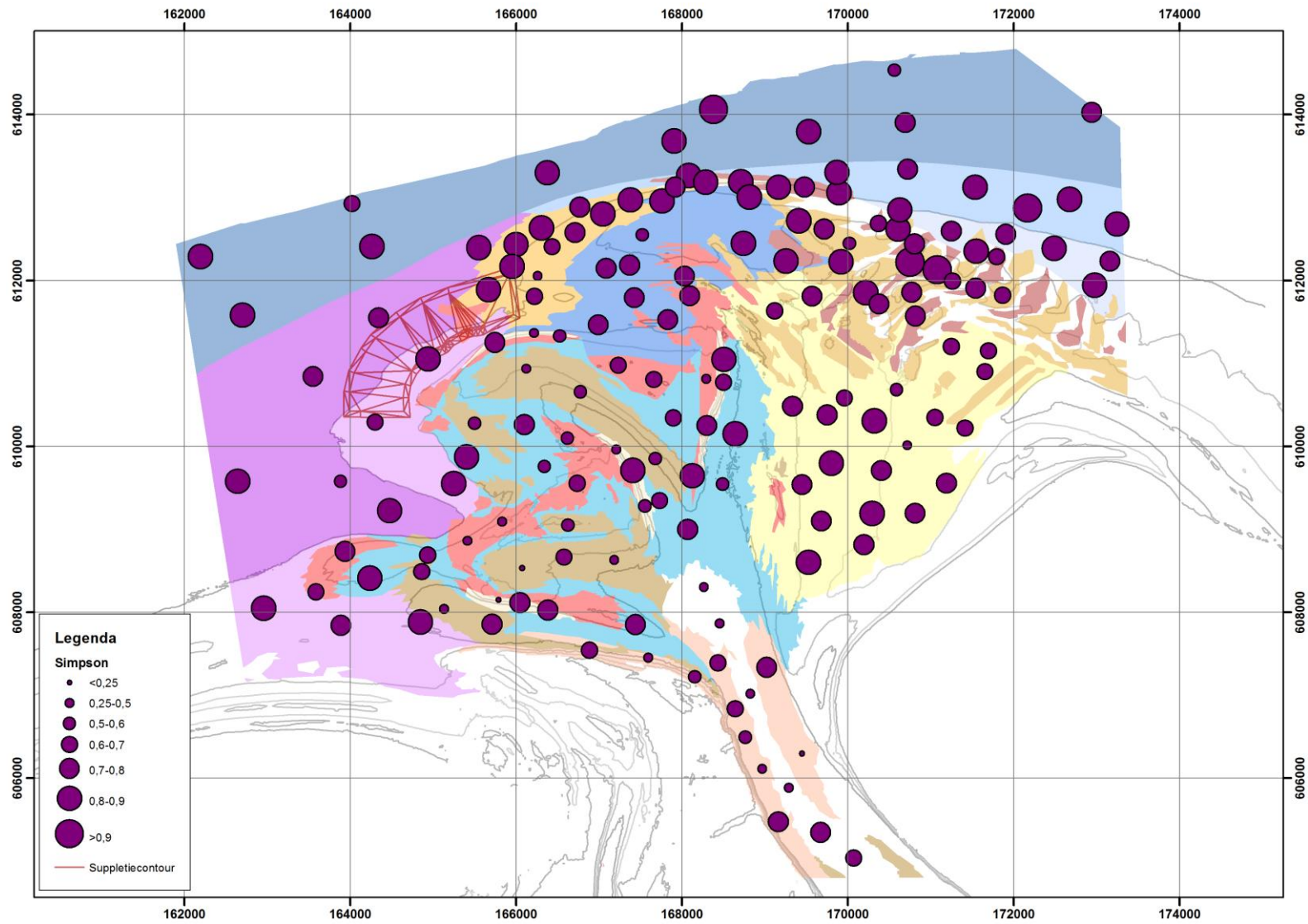
Bijlage 4: Biodiversiteit in kaart



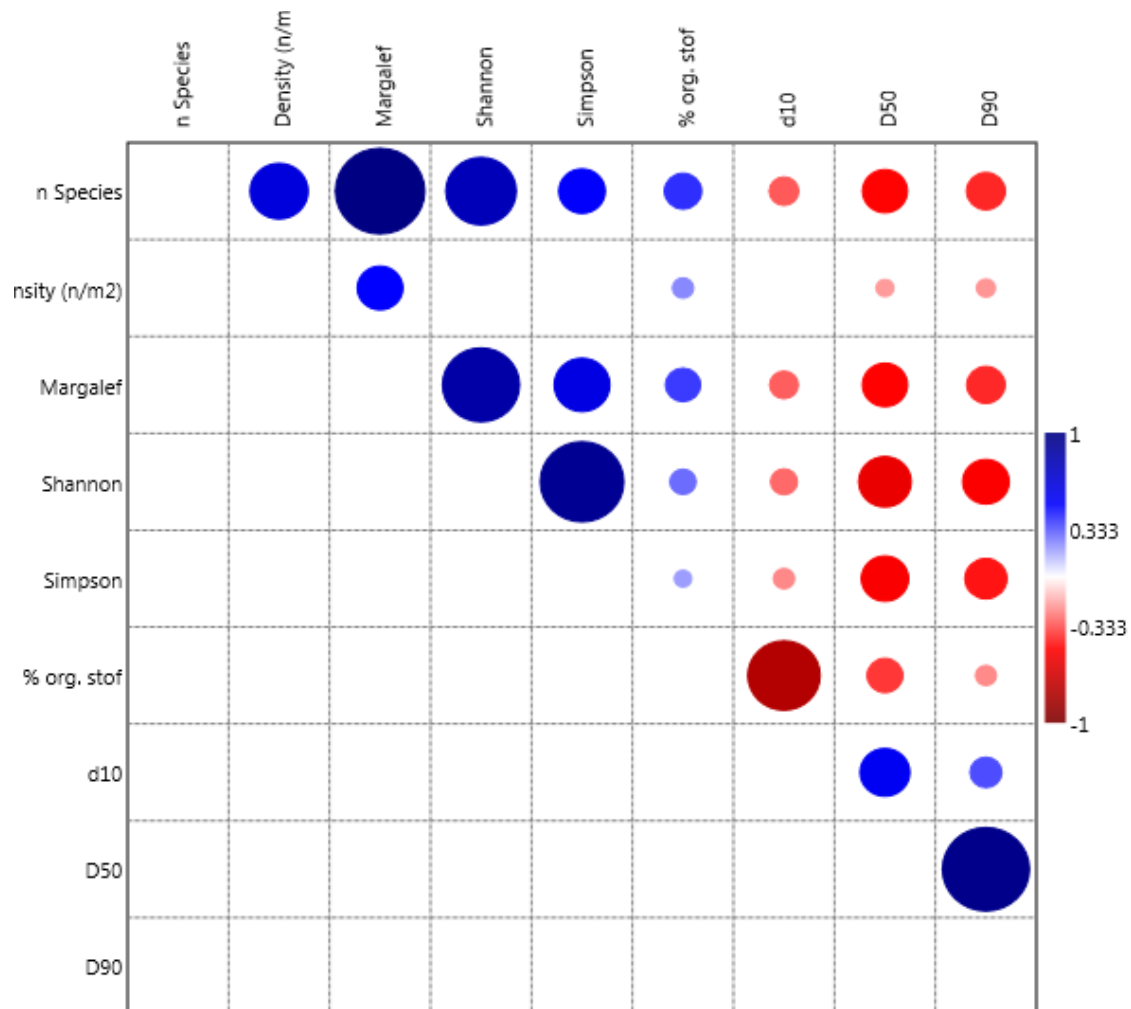








Bijlage 5: Correlaties van biotische en a-biotische parameters



Bijlage 6: Milieuvariabelen

Terms added sequentially (first to last)

	Df	SumsOfSqs	MeanSqs	F.Model	R2	Pr(>F)	
Habitatnr	1	0.547	0.54731	2.7027	0.01044	0.011	*
Habitat.II	14	18.577	1.32689	6.5523	0.35421	0.001	***
Depth	1	0.975	0.97486	4.8139	0.01859	0.001	***
Depthclass1	4	1.393	0.3482	1.7194	0.02656	0.011	*
Depthclass2	9	2.928	0.32528	1.6063	0.05582	0.003	**
X.org	1	0.532	0.53224	2.6283	0.01015	0.006	**
D50	1	0.762	0.76232	3.7644	0.01454	0.001	***
Residuals	132	26.731	0.20251		0.50970		
Total	163	52.445			1.00000		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1