



Vlaanderen
is landbouw & visserij



ILVO Mededeling 184

maart 2015

**Ecologische monitoring
strand-en vooroever in functie van
suppletie activiteiten:
tussentijdse resulaten**

ILVO

Instituut voor landbouw-
en visserijonderzoek



www.ilvo.vlaanderen.be

Ecologische monitoring strand-en vooroever in functie van suppletie activiteiten: tussentijdse resultaten

Opdrachtgever:
Vlaamse overheid, Beleidsdomein Mobiliteit en Openbare werken,
Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust, afdeling Kust

ILVO MEDEDELING 184

maart 2015

ISSN 1784-3197

Wettelijk Depot: D/2015/10.970/184

Ellen Pecceu ¹

Liesbet Colson ¹

Jan Wittoeck

Jan Vanaverbeke

Kris Hostens

Gert Van Hoey

¹: gedeeltelijk eerste auteur

ILVO



Ecologische monitoring strand- en vooroever in functie van suppletie activiteiten: tussentijdse resultaten

- Finaal rapport-

Ellen Pecceu¹, Liesbet Colson¹, Jan Wittoeck, Jan Vanaverbeke, Kris Hostens,
Gert Van Hoey



¹Gedeeltelijk eerste auteur

Document Controle

Ingediend bij	Miran Vanwonterghem
Datum van indienen	24/03/2015
Projectmanager	Gert Van Hoey
Rapport samengesteld door	Ellen Pecceu, Liesbet Colson, Gert Van Hoey
Kwaliteitscontrole door	Annelies Debacker, Harriette Holzhauer, Jan Wittoeck
Goedgekeurd door & datum	Gert Van Hoey – 23/03/2015
Versie	3

Versie Controle Geschiedenis			
Auteur	Datum	Commentaar	Versie
Liesbet Colson	04/02/15	Draft	V1
Ellen Pecceu	04/02/15	Draft	V1
Gert Van Hoey	04/02/15	Draft	V1
Jan Wittoeck, Annelies De Backer, Henriëtte Holzhauer	27/02/15	Aangepast	V1.1
Ellen Pecceu	06/03/15	Tweede draftversie	V2
Liesbet Colson	10/03/15	Tweede draftversie	V2
Gert Van Hoey	11/03/15	Finale versie	V3

Inhoud

1	INLEIDING	5
1.1	Doelstelling	5
2	MATERIAAL EN METHODE	6
2.1	Staalname gebied	6
2.2	Staalname design.....	7
2.3	Staalname overzicht	7
2.4	Staalname methodologie	8
2.4.1	<i>Bemonsteringsmethodiek van macrobenthos</i>	8
a)	Intertidaal	8
b)	Subtidaal	9
2.4.2	<i>Bemonsteringsmethodiek van epibenthos en demersale vis</i>	9
a)	Intertidaal	9
b)	Subtidaal	9
2.4.3	<i>Bemonsteringsmethodiek van hyperbenthos</i>	9
a)	Intertidaal	9
b)	Subtidaal	9
2.4.4	<i>Data</i>	9
a)	Biota	9
b)	Sediment: korrelgrootteverdeling, TOM, TOC.....	10
c)	Strandprofielen	10
2.4.5	<i>Databewerkingen</i>	10
a)	Modificaties in de dataset.....	10
b)	Weergave dichtheid en biomassa.....	11
2.5	Analyses	11
2.5.1	<i>Univariate en multivariate analyses</i>	11
2.5.2	<i>Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI)</i>	12
3	RESULTATEN	14
3.1	Overzicht suppletie activiteiten.....	14
3.2	Fysico-chemie	16
3.2.1	<i>Intertidaal</i>	16
3.2.2	<i>Subtidaal</i>	19
3.3	Macrobenthos	21
3.3.1	<i>T₀</i>	21
3.3.2	<i>T₀ versus T₁ – impact-evaluatie</i>	25
3.3.3	<i>BEQI indicator macrobenthos</i>	28
3.4	Epibenthos.....	30
3.4.1	<i>T₀</i>	30
3.4.2	<i>T₀ versus T₁ najaar – impact-evaluatie</i>	36
3.4.3	<i>BEQI indicator epibenthos</i>	39
3.5	Demersale vis.....	41
3.5.1	<i>T₀</i>	41
3.5.2	<i>T₀ versus T₁ – Impact-evaluatie</i>	46
3.5.3	<i>BEQI indicator demersale vis</i>	50
3.6	Hyperbenthos	51
3.6.1	<i>T₀</i>	51
3.6.2	<i>BEQI indicator hyperbenthos</i>	58

4	DISCUSSIE	59
4.1	Macrobenthos	59
4.2	Epibenthos.....	61
4.3	Demersale vis.....	62
4.4	Hyperbenthos	63
5	CONCLUSIES	65
6	REFERENTIES	66

1 Inleiding

Het Masterplan Kustveiligheid is sinds 10 juni 2011 van kracht en heeft als doel om de kustveiligheid te vergroten. Uit dit plan dat opgesteld is door Afdeling Kust van het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust blijkt het uitvoeren van zgn. ‘zachte’ maatregelen de beste oplossing voor een structureel duurzame zeewering. Hierbij worden op de kritische plaatsen van aanzienlijke zanderosie langs de Belgische kust extra zandbuffers (cfr. Zandsuppleties) aangelegd. In de toekomst wenst afdeling Kust het onderhoud van deze zandsuppleties te optimaliseren, zowel qua uitvoeringstechniek als qua kostprijs en onderhoudsfrequentie. Eén van de opties hierin is het uitvoeren van een onderwatersuppletie (vooroeversuppletie), waarvoor een proefproject is opgestart. Een deel van dit proefproject is het onderzoeken van de veranderingen in het mariene kust-ecosysteem hierdoor, waarvoor dit project werd opgesteld.

Ecologische studies rond de effecten van zandsuppletie op stranden hebben aangetoond dat er voornamelijk effecten zijn op korte termijn (Speybroeck et al., 2004; Speybroeck, 2007; Speybroeck et al., 2008, Vanden Eede & Vincx, 2010, Vanden Eede & Vincx, 2011, Vanden Eede, 2013). De ecologische effecten van vooroeversuppleties zijn in België nog niet onderzocht. In Nederland, waar al jaren vooroeversuppleties worden uitgevoerd, worden met regelmaat studies uitgevoerd om de ecologische impact te evalueren op het benthos van de suppletiegebieden (Van Dalfsen 1998, 2006, 2007, 2009; Van Dalfsen & Essink, 1997, 1999, 2000, 2001, Van der Wal & Dalfsen 2008; Van Dalfsen et al. 2000; Holzhauer et al., 2014). Recent zijn enkele grote en langjarige studies gestart waarin de gevolgen van suppleties integraal worden geëvalueerd (Vanagt et al., 2010) of waar de mogelijkheden van “Bouwen met de Natuur” worden onderzocht (Van Dalfsen & Aarninkhof, 2009; Van Dalfsen et al. 2007).

Een mogelijk herstel van de bodemfauna na een suppletie treedt volgens bovenstaande studies op binnen een periode van 1 tot 3 jaar, afhankelijk van de omvang en het tijdstip van de suppletie. De strandsuppletie activiteiten hebben de wetenschap geleerd dat het herstel van een bentisch habitat sneller verloopt wanneer de suppletie voor de recruteringsperiode gebeurt (einde winter). Hierbij wordt de jaarlijkse recrutering van de benthische organismen, welke plaatsvindt in het voorjaar en/of de zomer niet verstoord. Dit alles op voorwaarde dat de oorspronkelijke habitat karakteristieken niet grondig gewijzigd worden.

Het strand en de vooroever zijn zeer belangrijke leef- en foerageergebieden voor jonge levensstadia van tal van demersale vissoorten en kreeftachtigen (waaronder tong, schol, garnaal, ..) (Beyst, 2001; Holzhauer et al., 2014). Vandaar dat er in dit project wordt toegespitst op de ecosysteemfunctie van het strand en vooroeversysteem, waarbij er een koppeling dient te gebeuren tussen het voedselaanbod (macrobenthos) en epi- en hyperbenthische soorten, met een focus op juveniele vissoorten. De meest directe gevolgen/effecten van een zandsuppletie zijn voornamelijk zichtbaar bij het relatief immobiel macrobenthos. Maar ook de andere lokale trofische niveaus (epibenthos, demersale vis en vogels), dewelke macrobenthos als voedingsbron hebben, worden indirect beïnvloed. Een mogelijke impact zal wel kleiner zijn bij de meer mobiele soorten (vb garnaal, vis), aangezien ze sneller in staat zijn van de migreren tussen gebieden. Om deze interacties tussen de verschillende diergroepen te kunnen bestuderen, dienen alle staalnames zoveel mogelijk op elkaar afgestemd zijn (Beyst et al., 2001a, 2001b, 2002a, 2002b).

Over een periode van 3 jaar (2013-2016) zullen binnen dit project de ecologische veranderingen (natuurlijke, temporele & ruimtelijke) op het strand en de vooroever ter hoogte van Mariakerke (impact gebied) en Brede-Oost (controle gebied) opgemeten en gecompileerd worden. Uit de geobserveerde resultaten zullen ecologische adviezen voor toekomstige milieu-effecten en best passende beoordelingen gesuggereerd worden.

1.1 Doelstelling

Het doel van dit monitoringsproject is om een duidelijk beeld te schetsen van de ecologische waarde van de vooroever en de herstelcapaciteit van lokale benthische gemeenschappen (macrobenthos, epibenthos, hyperbenthos en demersale vis) na de uitvoering van een onderwatersuppletie. Hierbij worden ook de fysisch-chemische eigenschappen van het bodemsediment in rekening gebracht.

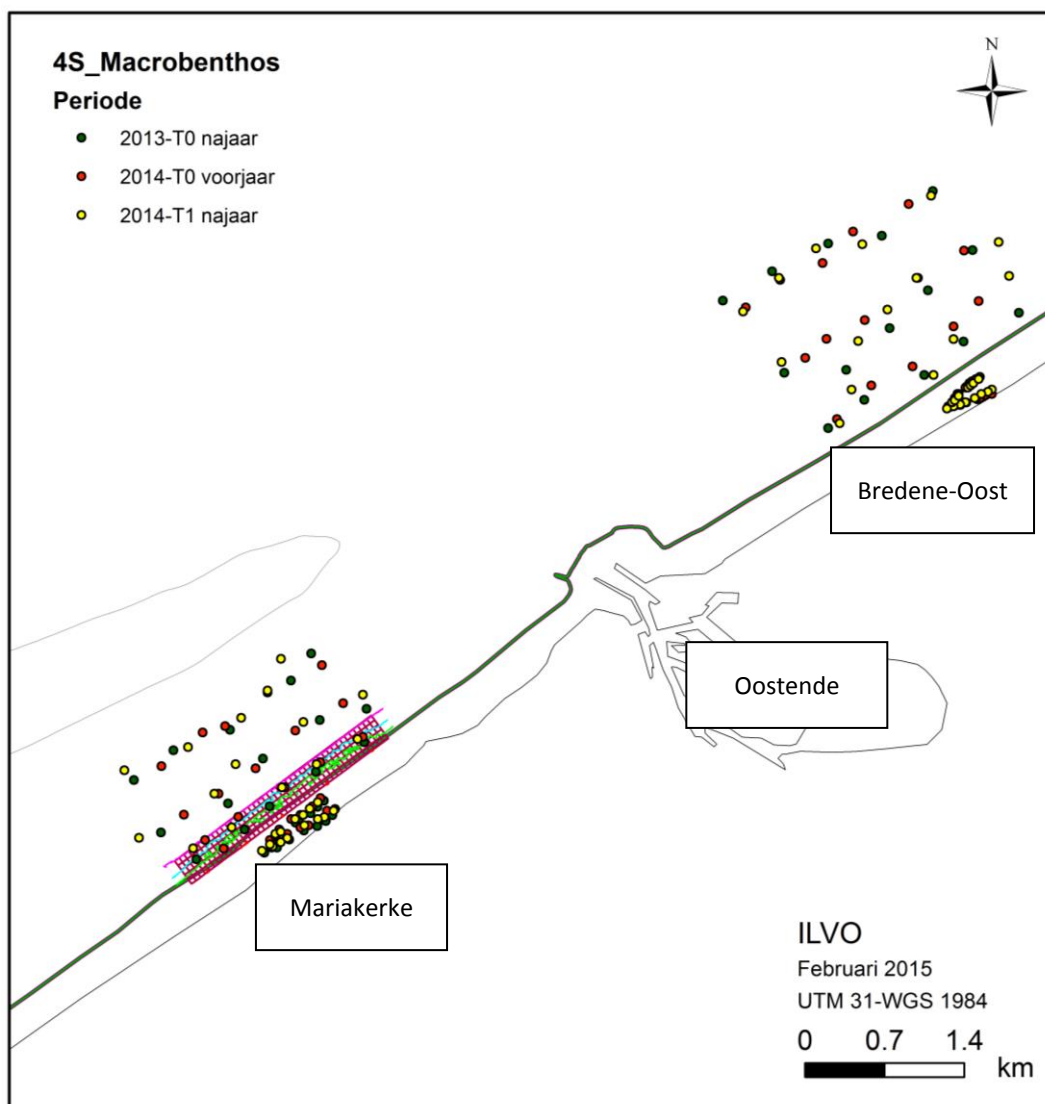
Dit tussentijds rapport beschrijft enerzijds de T_0 van alle onderzochte ecosysteemcomponenten, met focus op eventuele verschillen in locatie (impactgebied versus controlegebied) en seizoenale variatie (voorjaar versus najaar). Anderzijds wordt een pe-liminaire analyse gemaakt op basis van 1 najaarstaalname na de uitvoering van de vooroeversuppletie (april-mei 2014)

2 Materiaal en methode

2.1 Staalname gebied

De monitoring wordt uitgevoerd op het strand en de vooroever van Mariakerke (impact gebied) en Bredene-Oost (controle gebied) over een periode van 3 jaar (najaar 2013- voorjaar 2016) (Figuur 1). Mariakerke is het impact gebied, waar er een strand- en vooroeversuppletie werd aangelegd in 2014. Bredene-Oost is het controle strand, aangezien dit het dichtst bijzijnde gebied is dat gelijkaardige kenmerken (strandprofiel, sediment) vertoont met Mariakerke.

4shore vj/nj2013-14



Figuur 1. Kaart met de staalname locaties (macrobenthos) op het strand- en de vooroever in Mariakerke en Bredene-Oost. Ook het gebied waar de vooroeversuppletie is aangelegd is aangegeven (roze raster) (details zie 3.1.)

2.2 Staalname design

Om de vraagstellingen te kunnen evalueren of te bepalen, dienen we de ecologische data op een geïntegreerde en gerichte manier te verzamelen, hierbij onder andere rekening houdend met historische aanpak (vergelijkbaarheid van de data), de geldende normen en de karakteristieken van de fauna. Daarom gebeurt de monitoring zijnde het verzamelen van de nodige gegevens voor het beantwoorden van de project doelstelling, volgens een BACI design (Before After Control Impact design).

De ecologie zal opgevolgd worden in het impactgebied (Mariakerke) en in een controlegebied (zelfde habitat-type, buiten de invloedssfeer van de proefsuppletie; Bredene-Oost). Er zal zowel in het najaar als in het voorjaar bemonsterd worden vóór de suppletie (T_0 -situatie), als in de twee daaropvolgende jaren (T_1 & T_2 situatie). In deze monitoring wordt ook het seizoenale aspect in rekening gebracht, door het uitvoeren van een monitoring zowel in het voorjaar als het najaar.

In deze studie worden er twee habitats beschouwd: (1) het subtidaal welke de ondiepe kustzone is vanaf de laagwaterlijn tot 6m diepte en (2) het intertidaal of het strand welke het gebied tussen de laag- en hoogwaterlijn is. Beide habitats worden afzonderlijk en op een specifieke manier bemonsterd (zie 2.4).

In elk habitat (subtidaal en intertidaal) worden er at random een aantal punten genomen verspreid over de onderzoekszone. Het staalname design voor het subtidale macrobenthos is gebaseerd op de random stratified strategie in elk stratum. Er zullen ook 3 diepte strata in het subtidaal habitat beschouwd worden om zo de impact langsheen de zeewaartse gradient beter op te meten. Een eventuele invloed van de suppletie naar het strand toe wordt bemonsterd aan de hand van de intertidale stalen. Er worden daarom 15 punten in het intertidaal genomen (over de hele gradient van hoog naar laag strand) en 15 in het subtidaal: 5 punten at random in de suppletie zone (vooroever) (1-2m diepte), 5 punten at random in de nabije zone zeewaarts (3-4m diepte) en 5 punten at random in de diepere zone (4-6m diepte).

2.3 Staalname overzicht

In onderstaande tabellen wordt een overzicht gegeven van de verschillende staalnames en de suppletieactiviteiten. Tijdens de staalnameperiode zijn ook een aantal strandsuppleties uitgevoerd zowel in het controlegebied Bredene als in het impactgebied Mariakerke. Dit kan een invloed hebben op de resultaten.

In het impactgebied werd in januari/februari 2014 een strandsuppletie uitgevoerd. Hierdoor is T_0 vj 2014 in het intertidaal beïnvloed en is het moeilijker na te gaan of de verschillen in het impactgebied het gevolg zijn van seizoenale verschillen of als gevolg van deze strandsuppletie.

In het controlegebied werd in maart-april 2014 (na de voorjaarscampagne) een kleinere noodsuppletie uitgevoerd. Hierdoor is T_1 nj 2014 in het intertidaal beïnvloed. Hierdoor is het moeilijk om de potentiële effecten van de vooroeversuppletie na te gaan.

Tabel 1. Overzicht van staalnames (groen) en suppletie activiteiten

Locatie		september-oktober 2013	jan-feb 2014	maart 2014	mrt-april 2014	april-mei 2014	september 2014
Mariakerke Impact	IT	T_0 NJ staalname	Grote strand-suppletie	T_0 VJ staalname			T_1 NJ staalname
	SU	T_0 NJ staalname		T_0 VJ staalname		Vooroever suppletie	T_1 NJ staalname
Bredene Controle	IT	T_0 NJ staalname		T_0 VJ staalname	Kleinere nood-suppletie		T_1 NJ staalname
	SU	T_0 NJ staalname		T_0 VJ staalname			T_1 NJ staalname

Tabel 2. Overzicht van het aantal genomen stalen per ecosysteemcomponent

	Tijdstip campagne		Impact		Controle	
			Intertidaal	Subtidaal	Intertidaal	Subtidaal
T0	Najaar 2013	Macrobenthos	15 stalen	15 stalen	15 stalen	15 stalen
		Epibenthos/demersale vis	6 stalen	6 stalen	6 stalen	6 stalen
		Hyperbenthos	6 stalen	6 stalen	6 stalen	6 stalen
	voorjaar 2014	Macrobenthos	15 stalen	15 stalen	15 stalen	15 stalen
		Epibenthos/demersale vis	6 stalen	6 stalen	6 stalen	6 stalen
		Hyperbenthos	6 stalen	6 stalen	6 stalen	6 stalen
	T1 Najaar 2014	Macrobenthos	15 stalen	15 stalen	15 stalen	15 stalen
		Epibenthos/demersale vis	6 stalen	6 stalen	6 stalen	6 stalen
		Hyperbenthos	6 stalen	6 stalen	6 stalen	6 stalen

2.4 Staalname methodologie

De gedetailleerde beschrijving van de methodiek en de staalnames is respectievelijk te vinden in Van Hoey et al., 2013 en de veldverslagen (Van Hoey & Colson, 2013; Van Hoey et al., 2014; Van Hoey et al., 2014). Hieronder wordt heel beknopt beschreven hoe de stalen genomen werden.

Tabel 3. Overzicht staalname technieken voor de verschillende ecosysteem componenten

	Intertidaal	Subtidaal
Macrobenthos	Metalen kader (0,1026 m ²)	Van veen (0,1 m ²)
Epibenthos	2 m strandkor, 10 mm maaswijdte, 400 m (15 à 20 min) sleep	3 m boomkor, 22 mm maaswijdte, 15 min sleep
Hyperbenthos	Hyperbentische slede, maaswijdte 1 × 1 mm, 400 m (20-30 min) sleep + flowmeter	Hyperbentische slede verzwaard, maaswijdte 1 × 1 mm, 15 min sleep + flowmeter
Sediment	Core naast het frame	Core uit de Van Veen

Voor hyperbenthos wordt enkel de T₀ situatie geanalyseerd, aangezien de stalen van T₁ najaar 2014 nog niet verwerkt zijn.

2.4.1 Bemonsteringsmethodiek van macrobenthos

Macrobenthische organismen worden in deze studie beschouwd als die soorten die (1) in het sediment leven; (2) efficiënt met een Van Veen grijper kunnen worden bemonsterd in het subtidaal; (3) efficiënt met een metaal kader kunnen worden bemonsterd in het intertidaal; en (4) bij het opspoelen van de stalen achter blijven op een zeef met een maaswijdte van 1 mm.

a) Intertidaal

Klassiek standaard design, waarbij de 15 stalen worden bemonsterd van hoog naar laag water in een V-vorm lopend over het stand. Er wordt gebruik gemaakt van een metaal kader met oppervlakte van 0,1026 m². Dit kader wordt boven de swashzone in het zand geduwd tot op een diepte van 15 cm. De stalen worden met een spade uitgegraven en ter plaatse overgebracht in een zeef met een maaswijdte van 1 mm. Het zeven gebeurt in zee en het gezeefd materiaal wordt in plastic potten overgebracht voor latere analyse in het lab. De stalen

worden gefixeerd in een pH-neutrale oplossing van 8% formaldehyde en zeewater en gekleurd met bengaals roze.

b) Subtidaal

Klassiek, standaard design (random stratified) voor de 15 punten, gegroepeerd in 3 strata. De macrobenthosstalen in het subtidaal worden genomen met een Van Veen grijper (0.1 m²). De stalen worden aan boord levend gezeefd op een 1 mm zeef en daarna gefixeerd met een formaldehyde-zeewater oplossing (8-10%). Het uitgezeefde materiaal wordt gekleurd met eosine.

2.4.2 Bemonsteringsmethodiek van epibenthos en demersale vis

Het epibenthos en demersale vis zijn de biota die op de sedimentbodem leven en welke in deze studie bemonsterd werden met een boomkor.

a) Intertidaal

In het intertidaal wordt er gebruik gemaakt van een strandkor (2 m, 10 mm maaswijdte) welke over een afstand van 400 m (15 à 20 min) gesleept wordt door 2 personen tussen 2 strandhoofden. Het net wordt een aantal keer heen en weer gesleept over een afstand van 100 m om de beoogde afstand te bekomen. We starten 2u voor LW met een epi staalname. 1u voor LW nemen we een hyperbenthos staal en zo alterneren we verder tot 3u na LW. Dit schema wordt herhaald op een andere dag om zo aan 6 slepen per staalname moment te komen. De slepen worden tijdens de staalname direct verwerkt of indien niet mogelijk meegenomen naar het labo en ingevroren.

b) Subtidaal

Het epibenthos en demersale vis in het subtidaal worden bemonsterd met een 3 m boomkor met gestrekte maaswijdte van 22 mm en een lichte ketting onderaan in het net. Het net wordt gedurende 15 minuten over de bodem gesleept aan een constante snelheid t.o.v. de stroming waarbij een afstand van ongeveer 1750 m afgelegd wordt. De exact gesleepte afstand wordt per sleep telkens bepaald door de afstand tussen de begin- en eindcoördinaat van de sleep te bepalen. De slepen worden tijdens de staalname direct verwerkt of indien niet mogelijk meegenomen naar het labo en ingevroren.

2.4.3 Bemonsteringsmethodiek van hyperbenthos

Het hyperbenthos bevatten de biota die in de 1^{ste} meter van de waterkolom leven, dus in nauw contact met de bodem en worden bemonsterd met een hyperbenthische slede. Het bestaat voornamelijk uit kleine aasgarnalen en larvale en juveniele stadia van garnalen en vis.

a) Intertidaal

De bemonstering van het hyperbenthos gebeurt met een hyperbenthische slede bestaande uit een metalen frame van 100*40 cm, voorzien van twee boven elkaar liggende netten. Deze slede wordt voortgetrokken door 2 personen in de surfzone van het strand, parallel met de kustlijn en op een waterdiepte van 1 m diep. Eén trek duurt ongeveer 20-30 minuten waarbij een afstand van 400 m wordt afgelegd. Het volume van de sleep wordt bepaald aan de hand van een flowmeter in het net. De vangsten worden bewaard in een 8% formaldehyde oplossing.

b) Subtidaal

De bemonstering van het hyperbenthos in het subtidaal gebeurt eveneens met de hyperbenthische slede (verzwaard). Deze wordt gedurende 15 min. over de bodem gesleept. De exact gesleepte afstand wordt bepaald door de afstand tussen de begin- en eindcoördinaat van de sleep te bepalen.

2.4.4 Data

a) Biota

Alle biota worden tot op soortniveau gedetermineerd en geteld volgens een taxonomic discrimination protocol (TDP). Dit protocol bepaalt tot welk niveau er minimaal gedetermineerd dient te worden voor alle type

biota. Daarnaast wordt hierin ook bepaald of er een onderscheid dient gemaakt te worden in bepaalde levensstadia (larven, juvenielen).

Alle macrobenthos staalnames (inter- en subtidaal) worden genomen volgens de richtlijnen beschreven in ISO 16665:2005(E) ("Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna").

De analyse van alle macrobenthos monsters (identificatie, aantal & biomassa bepaling) uit de subtidale strata worden conform NBN EN ISO/IEC 17025 standaard uitgevoerd. (cfr. BELAC T-315). De macrobenthos analyses uit het intertidale stratum volgen dezelfde procedures doch niet onder geaccrediteerde voorwaarden.

Voor de analyse van de epibenthoslepen wordt het protocol afgeleid van de ICES Guidelines for the study of the epibenthos of subtidal environments, No. 42, Febr 2009. Indien mogelijk wordt de vangst ter plaatse geïdentificeerd, gemeten en gewogen. Bij twijfelgevallen in identificatie worden individu's bewaard op ethanol en meegenomen naar het lab voor nader onderzoek.

Het hyperbenthos wordt verwerkt in het lab volgens het protocol gevolgd in Beyst et al. (2001a).

b) Sediment: korrelgrootteverdeling, TOM, TOC

Bij elke macrobenthos staalname wordt een steekbuisstaal genomen (core van 3.6 cm diameter) voor fysico-chemische analyse. In het intertidaal is het sediment wordt gedroogd bij 60 °C. Vervolgens wordt de korrelgrootte (μm) bepaald via laserdiffractie (Malvern Mastersizer 2000). Volgende sedimentfracties worden onderscheiden: silt ($< 63\mu\text{m}$), zeer fijn zand ($< 125\mu\text{m}$), fijn zand ($< 250\mu\text{m}$), medium zand ($< 500\mu\text{m}$) en grof zand ($< 1600\mu\text{m}$). De waarden voor TOC (Total Carbon) worden bepaald via een geautomatiseerde elementanalyse 1500 Carlo Erba. De TOM waarden worden bekomen via gewichtsverlies door verassing.

c) Strandprofielen

Tijdens de staalname wordt het strandprofiel aan de hand van een hoogtemeter opgemeten. De meting gebeurt ten opzichte van een vast referentiepunt. De afstand tussen de opeenvolgende meetpunten wordt gemeten langs een meetlint dat uitgerold wordt langs het hele transect. Om de tien meter wordt een hoogtemeting uitgevoerd. Een dergelijke techniek werd reeds met succes toegepast tijdens voorgaande staalname van Vlaamse stranden (o.a. Elliott et al., 1997; Degraer et al., 1999a, Vanden Eede et al. 2008, Vanden Eede & Vincx, 2010, 2011 en VandenEede et al., 2013).

2.4.5 Databewerkingen

Alle ruwe data van de bemonsterde ecosysteemcomponenten werd voor de statische analyse gestandaardiseerd. Derhalve werden alle niet kwantitatief bemonsterde taxa of taxa dewelke op een te hoog taxonomisch niveau werden geïdentificeerd, uit de dataset verwijderd. Voor deze tussentijdse analyse hebben we geopteerd om zoveel mogelijk taxa (ook de zeldzame) mee te nemen voor elke ecosysteemcomponent.

a) Modificaties in de dataset

Macrobenthos

Niet relevante taxa (Nematoda, Copepoda, Chaetognatha, vis, ...) en niet kwantitatief bemonsterde soorten (Nemertea) werden verwijderd uit de dataset. Voor het nonnetje (*Macoma balthica*) zijn er 3 stadia onderscheiden (juist gesettelde, juvenielen en adulten), aangezien deze soort zeer abundant voorkomt en een duidelijke populatiestructuur vertoont.

Epibenthos

De kwallen (Cnidaria) vallen niet onder epibenthos en deze soorten werden dan ook verwijderd uit de dataset. In deze studie werden bivalven ook meegenomen onder het epibenthos, doordat ze een abundante fractie zijn en het net ook de bovenste sedimentlaag mee bemonstert.

Demersale vis

De pelagische soorten sprat (*Sprattus sprattus*) en haring (*Clupea harengus*) zijn niet meegenomen in de data analyses omdat deze soorten niet kwantitatief bemonsterd worden met een 3m of 2m boomkor en sterk schoolvormend zijn.

Hyperbenthos

Er werden geen soorten verwijderd uit de dataset. Voor de vissoorten gevonden in de hyperbenthische slede is er ook geen biomassa waarde bepaald. De gegevens van het onderste en bovenste net van de hyperbenthische slede werden gepoold.

b) Weergave dichtheid en biomassa

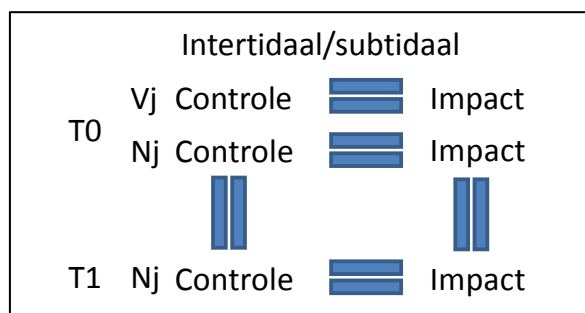
Om een vergelijking mogelijk te maken tussen de verschillende metingen, is het aantal individuen per bodemonster en per soort omgezet naar aantal individuen per m². De exacte trek lengte verschilt per trek. Voor het epibenthos en demersale vis is het aantal individuen per trek en per taxon omgezet naar aantal individuen per 1000 m². Voor het hyperbenthos zijn de densiteiten en biomassa uitgedrukt per 100 m², voor macrobenthos naar m².

2.5 Analyses

In dit rapport willen we per ecosysteemcomponent nagaan of het BACI design en de nulhypothese kloppen. Als nulhypothese verwachten we geen veranderingen in densiteit, aantal soorten, diversiteit en biomassa, geldend voor alle bemonsterde ecosysteem componenten zowel in tijd als ruimtelijk (Figuur 2).

- Hiervoor wordt binnen T₀ (voorjaar en najaar) het controlegebied (Bredene) vergeleken met het impactgebied (Mariakerke). Daarnaast kijken we ook naar de seizoenale verschillen (najaar 2013 versus voorjaar 2014) binnen de T₀

- Verder willen we de potentiële effecten van de suppletie in kaart brengen. Hier vergelijken we het najaar van 2013 (T₀) met het najaar van 2014 (T₁) met als factoren jaar en gebied (controle/impact).



Figuur 2. BACI design met de nul hypothese.

2.5.1 Univariate en multivariate analyses

Voor de analyses is gebruik gemaakt van het softwareprogramma PRIMERE packet met PERMANOVA add-on, versie 6.1.6 en het open source software programma R (<http://cran.r-project.org>).

Elke gemeenschap is beschreven aan de hand van de biologische parameters soortenrijkdom, densiteit, biomassa (niet voor demersale vis) en de diversiteitsindices Shannon-Wiener (H, log2) & Pielou's evenness (J'). Shannon Wiener is een maat voor diversiteit aan soorten en Pielou's Evenness geeft een beeld over de dominantie van bepaalde soorten. Resultaten zijn uitgedrukt als gemiddelde ± standaardfout. Voor het berekenen van de gemiddelde waarden van J', zijn lege stalen en stalen met 1 soort verwijderd, aangezien daar geen J' voor kan berekend worden. Deze gemiddelden worden in de resultaten weergegeven met een °. Alle vis uit de diverse bemonsterde ecosysteemcomponenten, met uitzondering van de grondels werd enkel opgemeten, niet gewogen.

Alle data zijn getest op normaliteit en homogeniteit van de varianties in R met respectievelijk een Shapiro test en een Levene's test. Indien aan de voorwaarden voldaan is, is een 2-way ANOVA gebruikt om de significantiewaarden te berekenen. Indien niet, is overgeschakeld naar een niet-parametrische test in Permanova. Deze testen zijn eventueel gevolgd door paarsgewijze testen (respectievelijk Tukeytest (als normaal verdeeld) en pairwise test in Permanova). In sommige gevallen is het aantal unieke permutaties te laag (<100) en is de Monte Carlo permutatie toegepast (Anderson and Robinson, 2003). De p-waarden bekomen via een 2-way ANOVA (normale verdeling) worden in de resultaten aangegeven met een * in de tabel. De p-waarden worden als signi-

ficant beschouwd als de waarde kleiner is dan 0.05. De fysische omgevingsvariabelen (totaal organisch materiaal (TOM), totaal organisch koolstof (TOC) en korrelgrootte) zijn op dezelfde manier in rekening gebracht.

Voor de multivariate analyse (Multidimensional scaling [MDS]) is de data getransformeerd (vierkantswortel) om minder gewicht te geven aan de dominante soorten (Field et al. 1982). Een Permanova toont of de verschillende gemeenschappen significant verschillen voor de factoren en hun interactie. Indien de interactie significant is, zijn er nog paarsgewijze testen uitgevoerd. Om de gemeenschapsstructuur te visualiseren wordt een Principal coordinates analysis (PCO) opgesteld, gebaseerd op een Bray Curtis resemblance matrix. Vector (soorten) overlay is gebaseerd op multiple correlatie en de correlatiewaarde is vermeld. Daarna is een SIMPER test op de dataset uitgevoerd om de dissimilariteit te tonen tussen het controle en impact gebied (als we spreken over de T_0 situatie) of tussen de twee periodes (als we het effect van de suppletie willen nagaan). De drie soorten die het meest bijdragen tot de dissimilariteit tussen beide gebieden worden met hun percentages weergegeven.

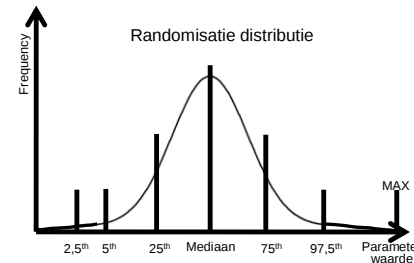
2.5.2 Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI)

De indicator BEQI (www.beqi.eu) laat toe om het verschil in biologische parameters (aantal soorten, soorten-samenstelling [Bray-Curtis similariteit], densiteit en biomassa) tussen twee groepen van stalen (impact versus controle) te scoren (Van Hoey et al., 2007; Van Hoey et al., 2013). Het gebruikt de parameterwaarden waargenomen in het controlegebied om een score (schaal tussen 0 en 1) te bepalen die aangeeft wat de karakteristieken in het impactgebied minimaal dienen te zijn om een bepaalde overeenkomst te bekomen. Indien de overeenkomst zeer goed of goed (>0.6) is, betekent dit dat de verschillen tussen beiden aanvaardbaar zijn. Indien de overeenkomst lager is dan 0.6 (matig, slecht of zeer slecht) dan zijn de verschillen te groot en wijst dit op een duidelijk verschil tussen de systemen. De procedure voor het bepalen van de BEQI scores per parameter is schematisch weergegeven in Figuur 3. Via de website (www.beqi.eu) is het mogelijk om de procedure automatisch toe te passen.

Voor het evalueren van doelstelling 1 (vergelijking controle- impact gebied) is als controle de dataset van Bre-dene gebruikt en als impact de dataset van Mariakerke. Voor het evalueren van doelstelling 2 (potentieel effect van suppletie) is de controle dataset de T_0 -dataset van elk gebied en de impact dataset de T_1 -dataset van elk gebied.

Procedure BEQI berekening

Stap 1) Randomisatie (boots-trapping) van parameter waarden (vb. aantal soorten, densiteit) uit controle dataset voor bepaalde staalname inspanning (vb 1m²) voor het bekomen van de parameter distributie, waaruit de grenswaarden per klasse (zeer slecht tot zeer goed) wordt bepaald.



Stap 2) Aan een vaste meetlat (geschaald tussen 0-1; 0,2 verschil per klasse) worden bepaalde waarden (vb mediaan, max, percentiel) uit de randomisatie distributie gekoppeld voor iedere klasse grens.

	EQR: 0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Meetlat		Ze er sle cht	Sle cht	Gema tigd	Goed	Ze er goed
Aantal soorten	0	1/3	2/3	5 th	Mediaan	Max
Soorten samenstelling	0	1/4	1/2	3/4	5 th	Max
Densiteit/ Biomassa	0	1/3	2/3	2,5 th	25 th	Mediaan
	0	5/3	4/3	97,5 th	75 th	

Stap 3) Deze meetlat genereert dan parameter grenswaarden per klasse voor iedere parameter op basis van wat er waargenomen wordt in de controle dataset.

	EQR: 0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Meetlat		Ze er sle cht	Sle cht	Gema tigd	Goed	Ze er goed
Aantal soorten	0	4	8	12	15	17
Soorten samenstelling	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Densiteit (ind/m ²)	0	45,1	90,1	135,2	249,7	322,3
	1950,4	975,7	780,5	585,4	402,9	
Biomassa (gWW/m ²)	0	1	1,9	2,9	4,9	6,2
	34,4	17,2	13,7	10,3	7,5	

Stap 4) Aftoetsing van de parameter waarde in de impact dataset op deze meetlat om de EQR waarde te bepalen.

	EQR: 0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
		Ze er sle cht	Sle cht	Gema tigd	Goed	Ze er goed
Aantal soorten	0	4	8	12	14	17
					EQR: 0,733	
Densiteit (ind/m ²)	0	45,1	90,1	135,2	249,7	322,3
	1950,4	975,7	780,5	585,4	402,9	
					EQR: 0,8	
					250,2	

Figuur 3. Schematische weergave van de procedure voor het bepalen van de BEQI scores per parameter.

3 Resultaten

3.1 Overzicht suppletie activiteiten

Om te evalueren of de suppletie activiteiten een rol hebben gespeeld bij de geobserveerde veranderingen in het mariene strand- en vooroeverecosysteem in Mariakerke en Bredene, wordt er in dit stuk een beschrijving gegeven van de suppletie activiteiten in deze zones. De gegevens zijn afkomstig van Afdeling Kust en zijn zeer waardevol om de menselijke activiteiten te linken met de ecologische monitoring. Onderstaande tabellen (Tabel 3&4) schetsen een duidelijk beeld in tijd en ruimte betreffende het type van suppletie alsook de wijze waarop ze zijn uitgevoerd.

Mogelijke correlaties tussen deze impacten en lokale ecologische veranderingen kunnen hierbij gemakkelijker worden vastgesteld.

Suppletie activiteit in het intertidaal.

In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de suppletie activiteiten in het intertidaal ter hoogte van de staalname locaties in de periode 2008-2013; in Tabel 5 volgt een overzicht met de suppletie activiteiten in Bredene.

Tabel 4. Overzicht van de suppletie activiteiten in de zone Mariakerke (sectie 103-108) en nabijgelegen zone Oostende (sectie 109-117) (Bron Afdeling Kust)

Jaar	Type	Volume (m ³)	Opmerking
Mariakerke			
2008	grote strandsuppletie	130000	opspuiting
2008	kleine strandsuppletie	24800	vrachtwagens
2009	kleine strandsuppletie	26000	vrachtwagens
2010	kleine strandsuppletie	14200	vrachtwagens
2011	kleine strandsuppletie	12925	vrachtwagens / januari 2011
2012	kleine strandsuppletie	32018	vrachtwagens
2014	grote strandsuppletie	681243	opspuiting / januari-februari 2014
Oostende			
2008	grote strandsuppletie	70000	opspuiting (sectie 112-117)
2008	badstrandophoging	5600	zand van klein strand verplaatst naar noodstrand (sectie 113-116)
2009	badstrandophoging	12800	zand van klein strand verplaatst naar noodstrand (sectie 113-116)
2010	grote strandsuppletie	71850	opspuiting (sectie 113-117)
2011	grote strandsuppletie	229840	opspuiting (sectie 113-117)
2013	grote strandsuppletie	822164	opspuiting (sectie 109-115)

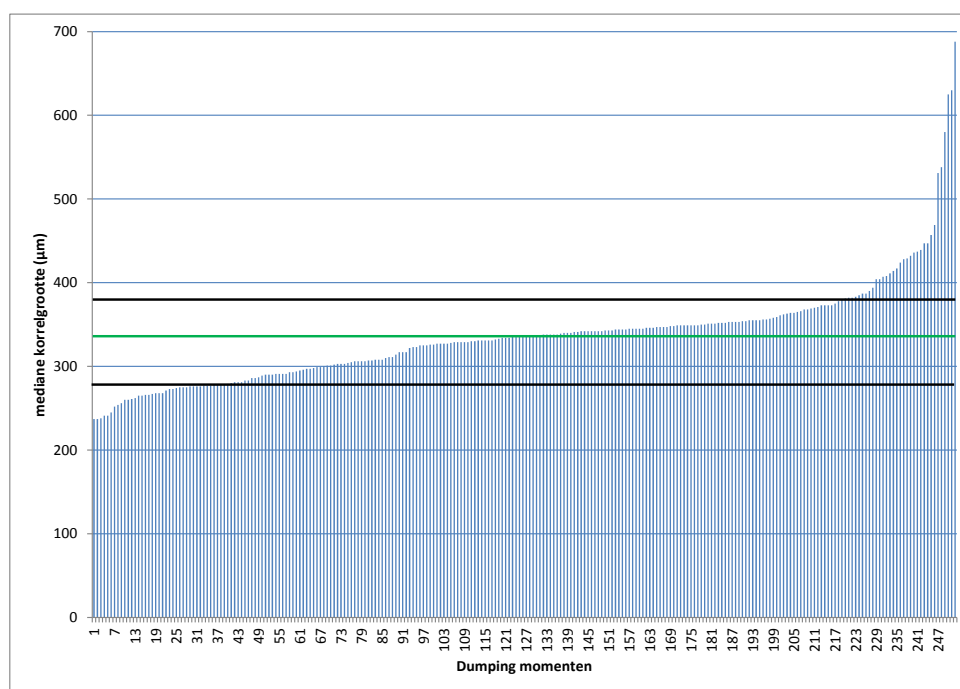
Tabel 5. Overzicht van de suppletie activiteiten in de controlezone Bredene (sectie 131-133) (bron Afdeling Kust).

Jaar	Type	Volume (m ³)	Opmerking
2008	badstrandophoging	31400	210m westelijk van strandhoofd 8 tem 75m oostelijk strandhoofd 3
2009	badstrandophoging	35000	210m westelijk van strandhoofd 8 tem 75m oostelijk strandhoofd 3
2011	badstrandophoging	32090	vanaf ten westen van strandhoofd 8 tot ten oosten van strandhoofd 3/ maart-april 2011
2012	badstrandophoging	29782	vanaf strandhoofd 7 tot aan strandhoofd 5
2013	badstrandophoging	31353	tussen strandhoofd 4 en strandhoofd 5 + naaktstrand
2014	noodstrandsuppletie	402350	Sectie 124-143; eind maart/april 2014

Zowel ter hoogte van het impactstrand (Mariakerke) als het controlestrand (Bredene) zijn tijdens de periode 2008-2014 verschillende suppletie activiteiten uitgevoerd.

In Bredene beperkt zich dit tot jaarlijks een aantal badstrandophogingen. Deze zullen de vorm van het hoogstrand licht aanpassen maar zouden in principe slechts een beperkte invloed mogen hebben op het laagstrand, zeker omdat de hoeveelheden laag zijn. Enkel in het voorjaar 2014 (eind maart/april 2014) zijn er noodstrandsuppleties uitgevoerd ten gevolge van een storm (de zgn. Sinterklaasstorm in december 2014) in Bredene ter hoogte van strandsecties 131-133 (staalnamezone). Er is een zeer groot volume zand (402350 m^3) gestort op het strand in de omgeving Bredene- De Haan, waarbinnen onze controle zone valt. Ter hoogte van onze staalname locatie, gaat het echter maar om een beperkt aantal suppletie momenten (± 4). Het opgespoten zand had een gemiddelde mediane korrelgrootte van $446 \pm 104\text{ }\mu\text{m}$; wat zeer grof is ten opzichte van het 'natuurlijke' type.

In Mariakerke, welke gelegen is in de zone Raversijde-Oostende zijn er zeer grote suppleties uitgevoerd in de afgelopen jaren. En dit vooral in zone Oostende, ten oosten van onze monitoringlocatie. In Mariakerke zelf (zone 103-108) is er een grote suppletie gerapporteerd in januari-februari 2014, welke tussen de T_0 najaar 2013 (oktober 2013) en T_0 voorjaar 2014 (begin maart 2014) was in de monitoringcyclus van dit project. Hierdoor is de T_0 voorjaar op het impact strand niet echt een T_0 situatie en zijn de veranderingen in het benthos mogelijk het gevolg van deze suppletie activiteit. Voor de strandsectie zone 104-105 waar de stalen worden genomen, zijn er 38 suppletie momenten geregistreerd en is het strand opgespoten met zand van een gemiddelde mediane korrelgrootte van $307 \pm 78\text{ }\mu\text{m}$.



Figuur 4. Overzicht van de distributie van het gestorte sediment in de vooroever.

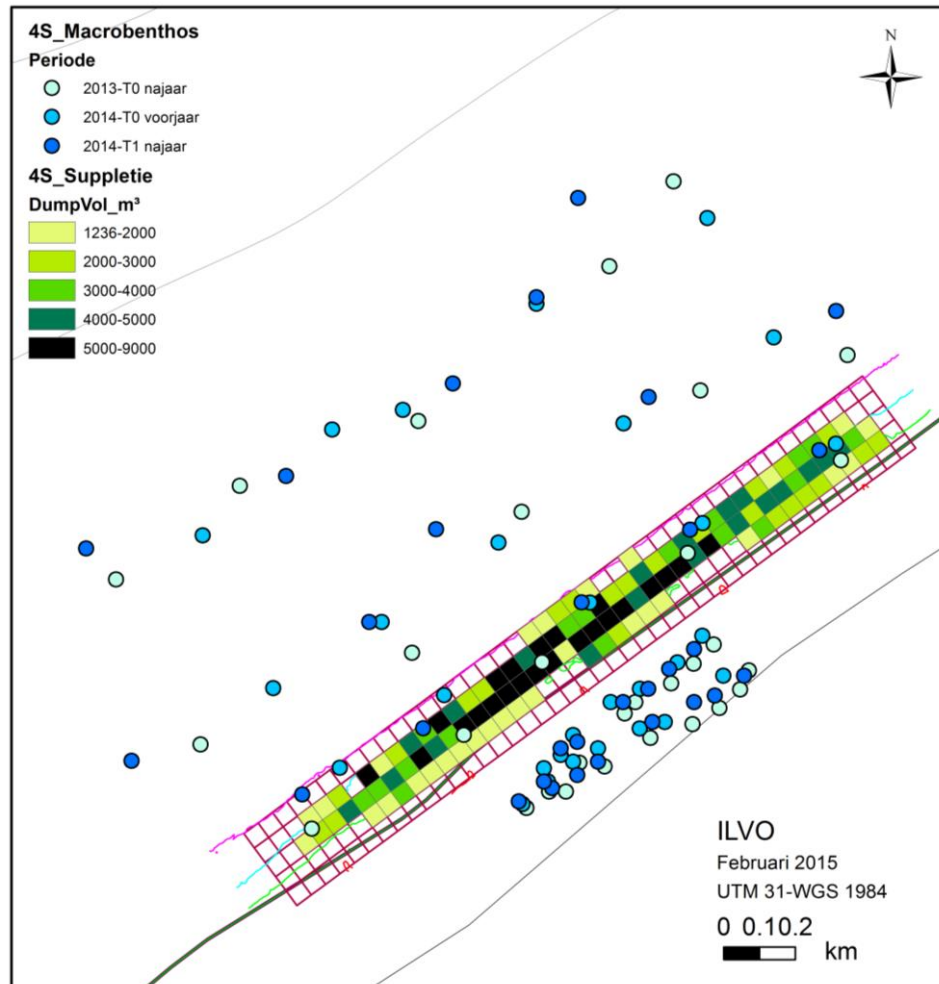
Het is duidelijk dat geen enkel strand gevrijwaard is van enige suppletie activiteit. Deze activiteit is beperkt in ons controle gebied (Bredene) en substantieel in onze impact gebied (Mariakerke). De exacte volumes zand aangebracht op onze intertidale staalname locaties zijn met de huidige gegevens niet te bepalen, maar bepalen wel zeer sterk wat het mogelijke effect op de fauna is. Hoe groter de laagdikte per oppervlakte-eenheid hoe groter het te verwachten effect. Op basis van de beschikbare gegevens en de strandprofielen kunnen we wel indirect afleiden dat de laagdikte in Middelkerke groter is dan in Bredene.

Suppletie activiteit in de vooroever

In de periode van 15 april 2014 tot 14 mei 2014 is er ter hoogte van Mariakerke een vooroeversuppletie uitgevoerd met een volume van ongeveer 303837 m^3 . Het sediment komt van 'beneficial use' bij het uitbaggeren van de nieuwe vaargeul in Oostende. Het gestorte sediment heeft een gemiddelde mediane korrelgrootte van $336 \pm 61\text{ }\mu\text{m}$. Als er gekeken wordt naar de distributie van het type sediment dat gestort is in deze zone, is het duidelijk dat de meeste stortevents (71%) gebeurden met een mediane korrelgrootte tussen $280\text{--}380\text{ }\mu\text{m}$ (Figuur 4).

In Figuur 5 worden de gestorte volumes per stortvak weergegeven en is te zien dat de grootste volumes (5000-9000 m³) gestort zijn in het centrale deel. Het monitoring design past nagenoeg perfect op de aangelegde suppletie, met één zone van punten waar de suppletie werd uitgevoerd en een strand- en zeewaartse zone om de mogelijke neveneffecten van deze suppletie op te volgen.

4shore vj/nj2013-14



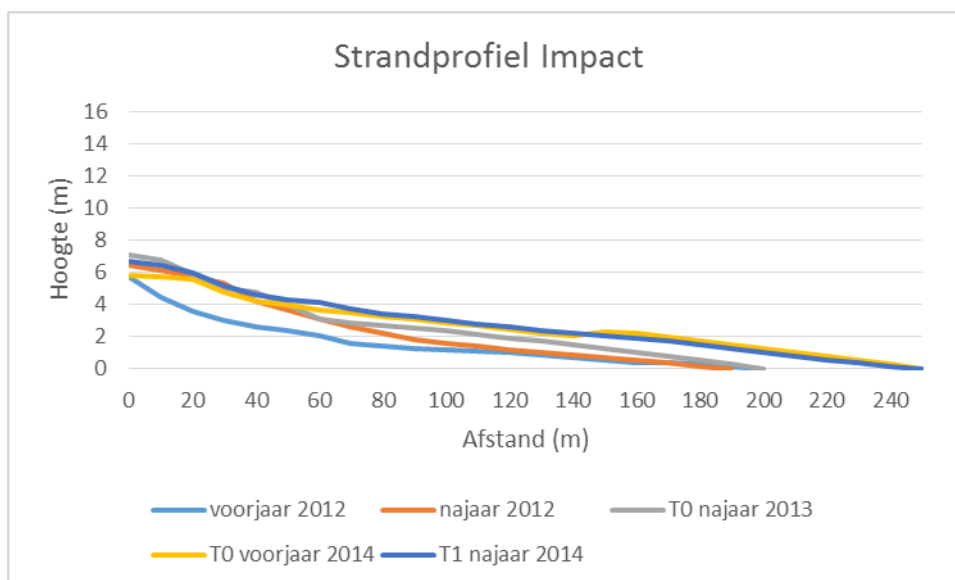
Figuur 5. Kaart met de suppletie in de vooroever en aanduiding van de staalname punten voor macrobenthos in het subti-daal en intertidaal in najaar 2013, voorjaar 2014 en najaar 2014. De roze lijnen geven hweer et raster waarbinnen de voor-oeversuppletie plaats vond.

3.2 Fysico-chemie

3.2.1 Intertidaal

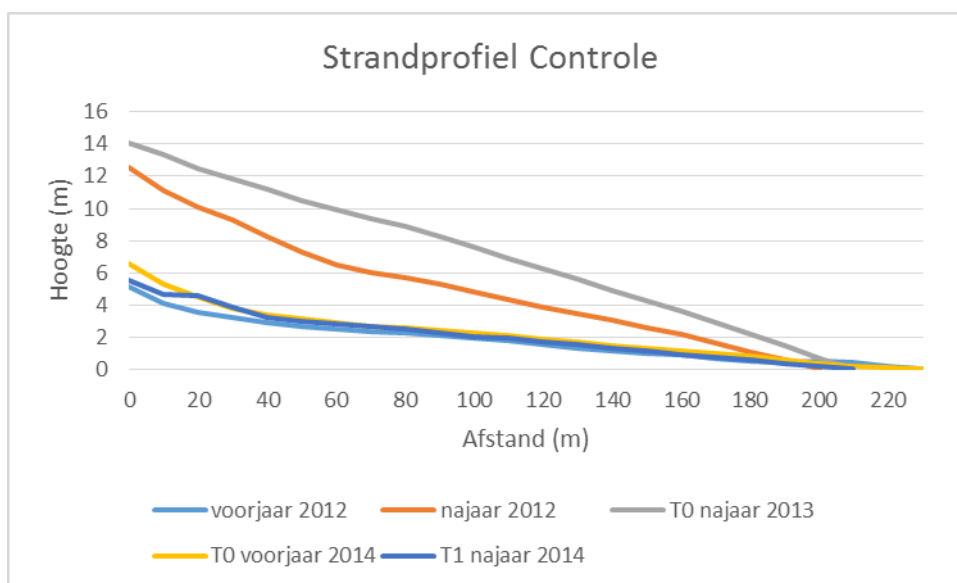
Strandprofielen

Onderstaande grafieken geven de strandprofielen weer van het impactstrand Mariakerke (Figuur 6) en controle strand Bredene (Figuur 7), tijdens voor- en najaar 2012, T₀ najaar 2013, T₀ voorjaar 2014 en T₁ najaar 2014. De data van de strandprofielen van 2012 komen uit het rapport Van den Eede et al. (2013). In 2012 zien we in Mariakerke een verhoging op het hoogstrand in het najaar. De reden voor deze wijziging in strandmorfologie is momenteel niet duidelijk. In januari 2014 werd een grote strandsuppletie uitgevoerd en dat zien we in de pro-fielen van voorjaar 2014, waar het strand 1 à 2m is verhoogd. Deze strand morfologie werd behouden in het najaar 2014.



Figuur 6. Strandprofiel Mariakerke (impact)

Het najaarsprofiel van Bredene in 2012 is duidelijk verschillend van het voorjaarsprofiel. Het strand werd enorm verhoogd tussen voor- en najaar 2012 (Van den Eede et al. 2013). Deze verhoging is nog steeds te zien in het najaar 2013. De oorzaak hiervoor is helemaal niet duidelijk en we kunnen niet aangeven of dit een reflectie van de werkelijke toestand is, aangezien een verhoging tot 6m ons wel heel eigenaardig lijkt. In het voorjaar 2014 is het profiel weer lager, wat normaal is door de erosie die heeft plaatsgevonden op het hoogstrand. door de Sinterklaasstorm van december 2013. Hierna blijft het profiel gelijkaardig in het najaar van 2014. Tussen T0 voorjaar en T1 najaar verdween het strandgeulstelsel (persoonlijke communicatie lokale visser). Dit detailniveau is echter niet zichtbaar op deze profielen.



Figuur 7. Strandprofiel Bredene (controle). De lijnen van najaar 2012 en voorjaar 2013 zijn extreem verschillend, maar de oorzaak hiervoor is nog niet gekend. Daarom deze observatie met enige omzichtigheid interpreteren.

Sedimentsamenstelling, TOC/TOM

Onderstaande tabel (Tabel 6) toont de gemiddelde waarden van **totaal organisch materiaal (TOM)** voor de verschillende periodes.

Tabel 6. %TOM ± standaardfout

	T ₀ najaar 2013	T ₀ voorjaar 2014	T ₁ najaar 2014
Impact	1.4063±0.4543	0.4705±0.0574	0.3869±0.0198
Controle	1.3215±0.4292	0.5395±0.0261	0.4301±0.0155

Als we de najaarsdata voor en na de suppletie statistisch testen, zien we geen significant effect van de interactie periode en locatie ($p = 0.112$). Er werden ook geen significante verschillen gemeten tussen de verschillende stranden ($p = 0.115$). Het gehalte aan TOM veranderde wel significant doorheen de tijd ($p = 0.001$) over de locaties heen. We zien een duidelijk daling van het TOM gehalte in het najaar 2014.

Onderstaande tabel (Tabel 7) toont de gemiddelde waarden voor **totaal organisch koolstof (TOC)** voor de verschillende periodes.

Tabel 7. %TOC ± standaardfout

	T ₀ najaar 2013	T ₀ voorjaar 2014	T ₁ najaar 2014
Impact	0.1161±0.0083	0.0477±0.0040	0.1856±0.0131
Controle	0.1112±0.0066	0.0564±0.0038	0.1855±0.0131

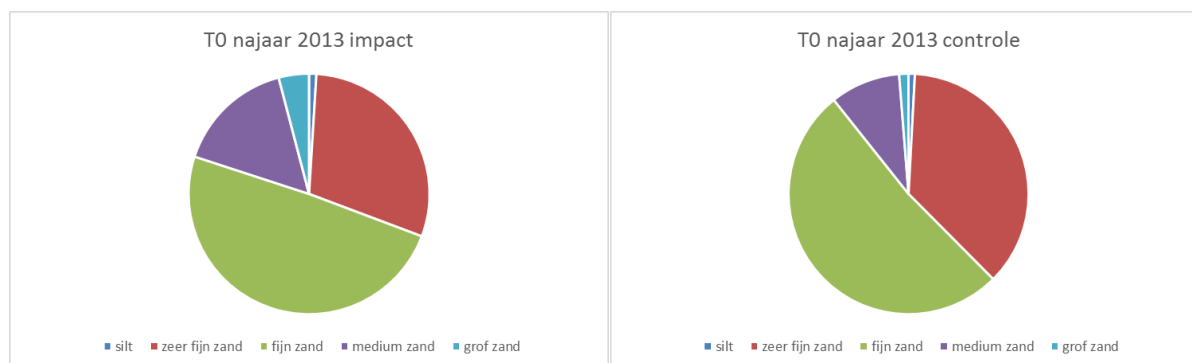
We zien dat de interactie tussen de periode en de locatie niet significant is ($p = 0.7813^*$). De T₁ situatie verschilt significant van de T₀ situatie ($p < 0.001^*$) met hogere waarden in najaar 2014 voor beide stranden, maar het impact en controle strand verschillen niet significant ($p = 0.7813^*$).

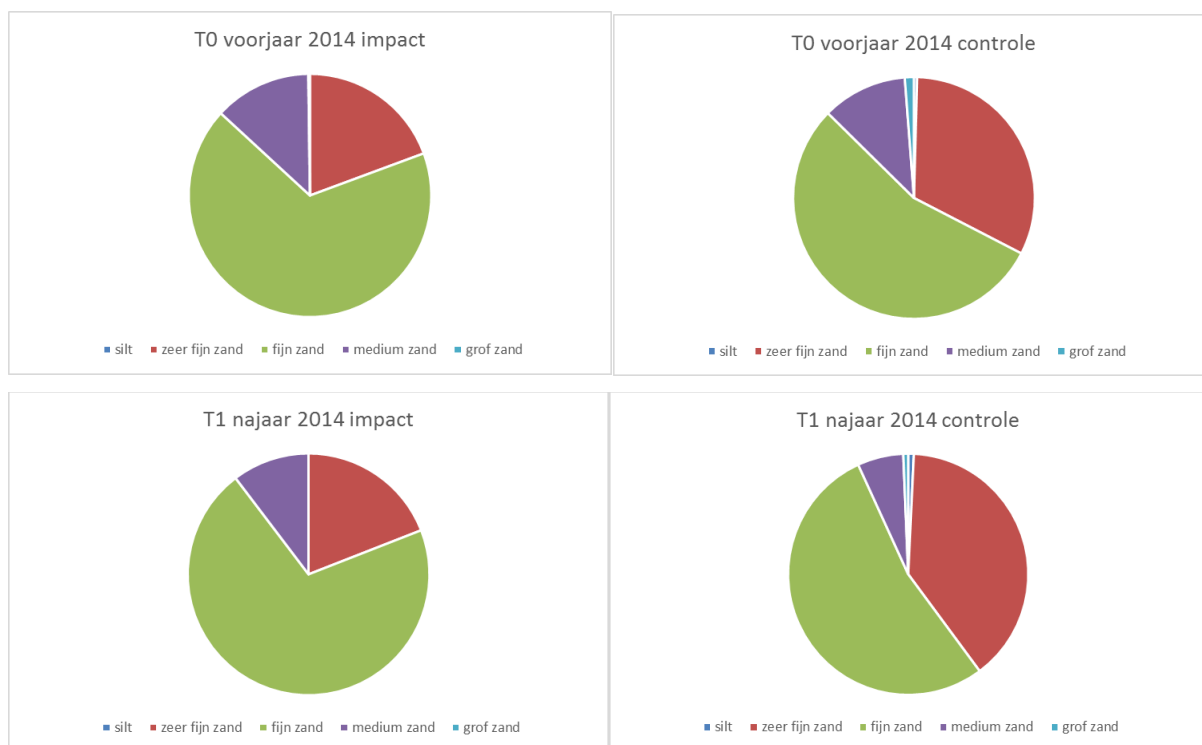
Tabel 8. Gemiddelde mediane korrelgrootte ± standaardfout (µm)

	T ₀ najaar 2013	T ₀ voorjaar 2014	T ₁ najaar 2014
Impact	377±25.0248	339±6.1677	332±3.6323
Controle	288±5.6022	306±8.8515	277±3.6699

Tabel 8 toont de **gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK)** voor de drie periodes. Als we de GMK statistisch testen zien we dat de interactie tussen de periode en de locatie niet significant is ($p = 0.8318$). De T₁ situatie verschilt niet significant van de T₀ situatie ($p = 0.5973$), maar de korrelgrootte in het impact strand is significant hoger dan in het controle strand ($p = 0.0001$). Ook in de studie van Van den Eede et al. (2013) was de GMK significant hoger in het impact gebied dan in het controle gebied (voor- en najaar 2012).

Onderstaande figuur (Figuur 8) geeft de sedimentfracties weer voor Mariakerke (impact zone) en Bredene (controle zone) voor de suppletie (T₀ najaar 2013 en T₀ voorjaar 2014) en na de suppletie (T₁ najaar 2014). Deze tonen dat het controlestrand over het algemeen meer zeer fijn zand heeft dan het impactstrand. Als we de T₀ met de T₁ situatie vergelijken (najaar) zien we dat de sedimentsamenstelling in het controlestrand gelijkaardig blijft. In het impactstrand verhoogt het aandeel aan fijn zand vanaf het voorjaar 2014 en het grove zand verdwijnt. Dit blijft gelijkaardig na de suppletie.





Figuur 8. Sedimentfracties Mariakerke (impact; links) en Bredene (controle; rechts) voor de verschillende periodes.

3.2.2 Subtidaal

Onderstaande tabel (Tabel 9) toont de gemiddelde waarden van **totaal organisch materiaal (TOM)** voor de verschillende periodes. De gegevens voor najaar 2014 zijn momenteel nog niet beschikbaar. In het impactgebied zijn de waarden tussen de verschillende periodes gelijkaardig. In het controlegebied zien we lagere waarden in het voorjaar van 2014.

Tabel 9. % TOM $\pm$ standaardfout

	T0 NJ 2013	T0 VJ 2014	T1 NJ 2014
impact	2,09 $\pm$ 0,35	2,13 $\pm$ 0,39	-
controle	2,18 $\pm$ 0,68	1,50 $\pm$ 0,50	-

Onderstaande tabel (Tabel 10) toont voor **totaal organisch koolstof (TOC)** gelijkaardige gemiddelde waarden tussen het controle en impact strand in het najaar 2013. De TOC waarde van het controlegebied in het voorjaar 2014 is wel een stuk lager dan in het impactgebied. De T1-gegevens zijn momenteel nog niet beschikbaar.

Tabel 10. % TOC $\pm$ standaardfout

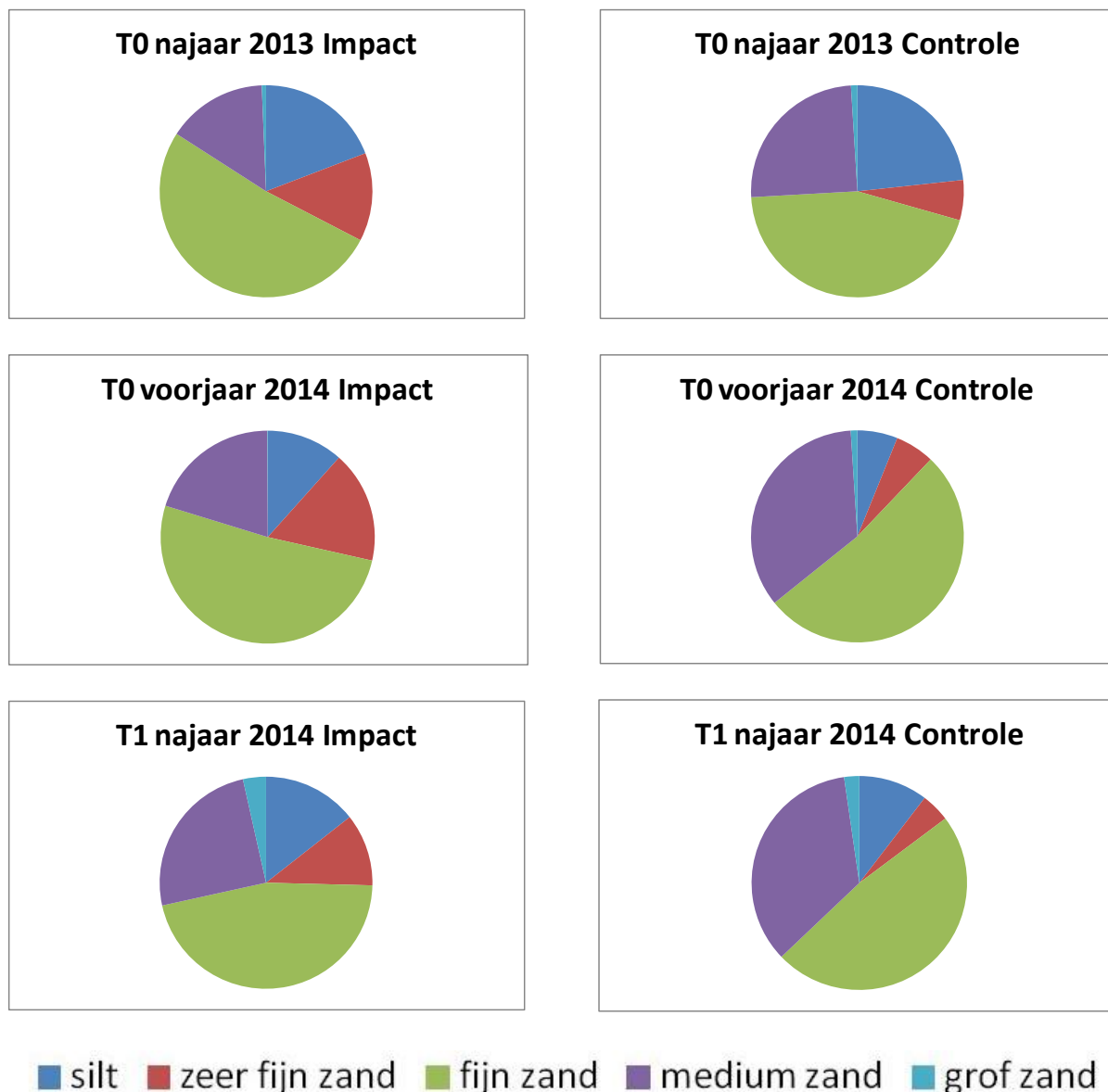
	T0 NJ 2013	T0 VJ 2014	T1 NJ 2014
impact	0.59 $\pm$ 0,12	0.61 $\pm$ 0,12	-
controle	0.57 $\pm$ 0,18	0.37 $\pm$ 0,13	-

Tabel 11 toont de **gemiddelde mediane korrelgrootte (GMK)** voor de drie periodes. De gemiddelde korrelgrootte in Bredene (controle) is groter dan die van Mariakerke (impact). Zowel voor het impact als het controle strand is er een stijging van de gemiddelde korrelgrootte in het najaar 2014 (T_1) ten opzichte van het najaar 2013 (T_0). Als we de GMK statistisch testen (Permanova) zien we dat zowel de interactiefactor ($p = 0.6046$) als het gebied (co/im) ($p = 0.6197$) niet significant is. Er is wel een significant verschil te zien tussen beide jaren (najaar 2013 vs najaar 2014) ($p = 0.0001$).

Tabel 11. Gemiddelde mediane korrelgrootte $\pm$ standaardfout (μm)

	T0 NJ 2013	T0 VJ 2014	T1 NJ 2014
impact	149,91 $\pm$ 11,76	131,57 $\pm$ 19,39	189,06 $\pm$ 17,74
controle	167,58 $\pm$ 23,11	193,21 $\pm$ 18,92	209,10 $\pm$ 19,83

Uit de gegevens (Tabel 11, Figuur 9) blijkt dat zowel het controlegebied (Bredene) als het impactgebied (Maria-kerke) vooral bestaat uit fijn zand (125-250 μm), zeer fijn zand (63-125 μm) en medium zand (250-500 μm). Als we de najaarsituatie van T₀ en T₁ vergelijken dan zien we dat in beide gebieden het aandeel grof zand en medium zand is toegenomen. De slibfractie (silt) is in beide gebieden afgenomen. Tussen controle en impactgebied zijn er geen grote verschillen waar te nemen al heeft het controlegebied een iets grotere grove fractie dan het impactgebied.



Figuur 9. Diagrammen met de korrelgrootteverdeling per seizoen, per locatie

3.3 Macrobenthos

3.3.1 T₀

Algemene kenmerken fauna

In de T₀ situatie zijn in totaal 79 taxa teruggevonden: 71 taxa zijn geteld in najaar 2013 (21 taxa intertidaal en 56 taxa subtidaal), in het voorjaar 2014 zijn 56 taxa (13 taxa intertidaal en 47 taxa subtidaal) waargenomen. Het maximum aantal taxa aangetroffen in één staal in het najaar is 8 in het intertidaal en 33 in het subtidaal. Dit is iets hoger dan in het voorjaar (maximaal 7 taxa in het intertidaal, 20 taxa in het subtidaal).

Tabel 12 toont het totaal aantal taxa en de gemiddelde densiteit (N/m²) in het inter- en subtidaal, en voor het controle en impact gebied apart. Tabel 13 en Tabel 14 geven een overzicht van het totaal aantal taxa per locatie, de soortenrijkdom (= gemiddeld aantal taxa per staal), de gemiddelde densiteit (N/m²), biomassa/m², H (Shannon Wiener) en J' (Pielou). Voor het berekenen van de gemiddelde waarden van J', zijn lege stalen en stalen met 1 soort verwijderd, aangezien daar geen J' voor kan berekend worden. Deze gemiddelden worden in de resultaten weergegeven met een °. Het aantal verwijderde stalen wordt in de tabel weergegeven tussen haakjes.

Tabel 12. Totaal aantal macrobenthostaxa en de gemiddelde densiteit (N/m²) in het intertidaal en het subtidaal

T ₀	Tot. aantal taxa	Gem. densiteit (N/m ²)	Gebied	Tot. aantal taxa	Gem. densiteit (N/ m ²)
Intertidaal	22	201±43	impact	16	143±36
			controle	17	259±49
Subtidaal	66	3056±452	impact	61	4466±512
			controle	48	1646±290

Tabel 13. Algemene patronen in aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa met standaardfout per gebied per seizoen voor macrobenthos in het intertidaal

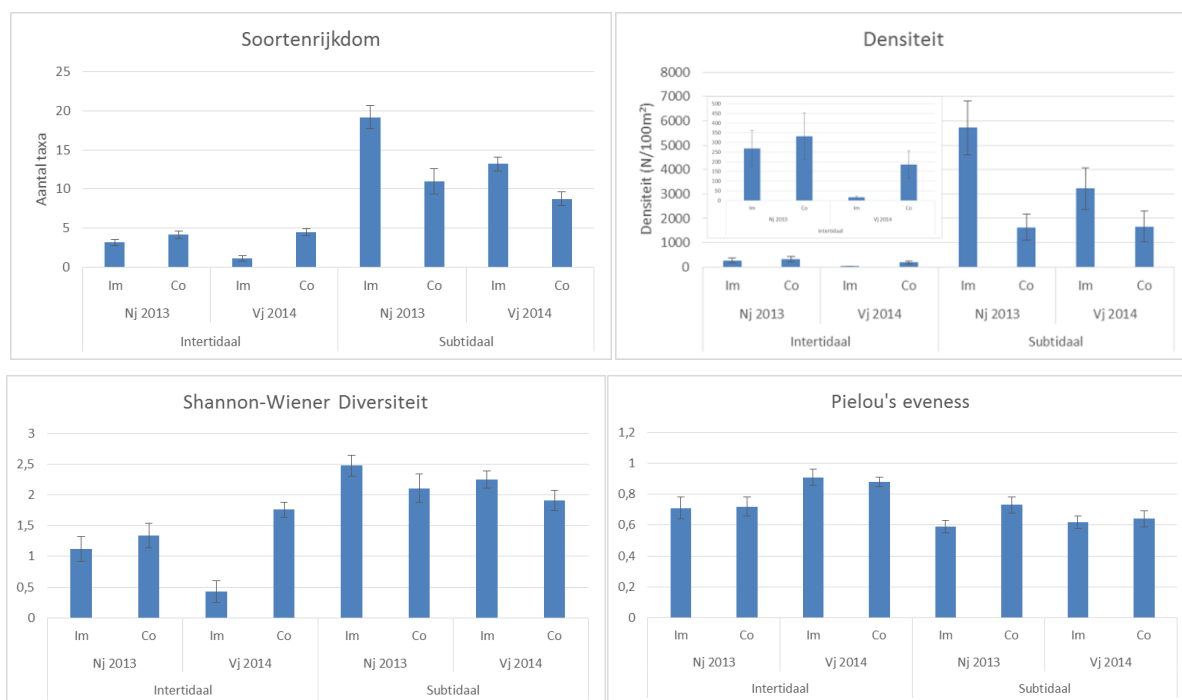
T ₀	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit (N/m ²)	Biomassa (WW/m ²)	H	J'
INTERTIDAAL							
najaar 2013	Impact	14	3.13±0.43	269±93	3.37±1.25	1.12±0.20	0.71±0.07°(2)
	Controle	17	4.13±0.51	332±119	6.23±1.85	1.34±0.20	0.72±0.06°(2)
voorjaar 2014	Impact	7	1.13±0.36	16.24±5.18	0.65±0.55	0.43±0.18	0.91±0.05°(10)
	Controle	12	4.47±0.43	186±70	9.79±3.91	1.76±0.12	0.88±0.03

Tabel 14. Algemene patronen in aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa met standaardfout per gebied per seizoen voor macrobenthos in het subtidaal

T ₀	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit (N/m ²)	Biomassa (WW/m ²)	H	J'
SUBTIDAAL							
najaar 2013	Impact	55	19.2±1.48	5712±1109	5436±620	2.48±0.17	0.59±0.04
	Controle	37	11±1.62	1626±540	599±188	2.11±0.23	0.73±0.05°(1)

voorjaar 2014	Impact	38	13.2±0.90	3220±847	1964±617	2.25±0.14	0.62±0.04
	Controle	38	8.73±0.86	1665±638	695±281	1.91±0.16	0.64±0.05

Onderstaande grafieken (Figuur 10) visualiseren enkele van deze biotische waarden voor het inter- en subtidaal voor beide locaties (controle/impact) en de twee seizoenen in de T₀ situatie (najaar 2013 en voorjaar 2014) (zie ook Tabel 13 en Tabel 14). Het subtidaal is over het algemeen rijker dan het intertidaal. Wegens het grote verschil in densiteiten tussen inter- en subtidaal, wordt het intertidaal nog in detail weergegeven.



Figuur 10. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness ± standaardfout in het intertidaal en subtidaal per locatie en seizoen in T₀

We testen statistisch of de verschillen die we zien in bovenstaande tabellen en figuren significant zijn, aan de hand van de factoren locatie (impact/controle) en seizoen (T₀ najaar 2013 en T₀ voorjaar 2014) en hun interactie. Tabel 15 geeft een overzicht van de p-waarden.

Tabel 15. Overzicht van de significantie-waarden voor de factoren (locatie en seizoen). Rood zijn de significante p-waarden (p<0.05)

INTERTIDAAL	locatie x seizoen	Locatie (C/I)	seizoen
Soortenrijkdom (S)	0.009	0.001	0.056
Densiteit (N)	0.529	0.185	0.017
Biomassa	0.202	0.002	0.863
J	0.771	0.928	0.008
H'	0.002	0.001	0.459
SUBTIDAAL	locatie x seizoen	Locatie (C/I)	seizoen
Aantal taxa*	0.1450	5.678e-06	0.0018
Densiteit	0.124	0.004	0.132
Biomassa	0.538	0.001	0.664
J*	0.2202	0.0883	0.4696
H'*	0.9516	0.0529	0.2403

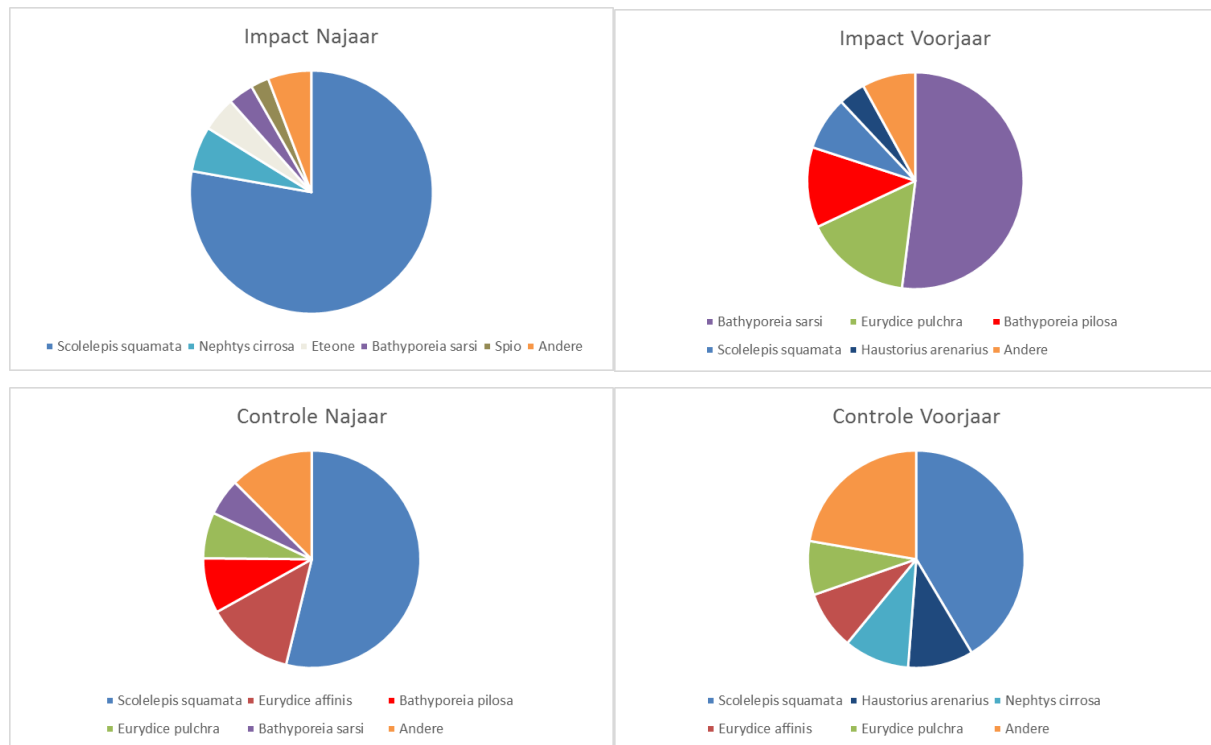
In het **intertidaal** doen we voor soortenrijkdom en H nog een paarsgewijze test aangezien de interactie tussen locatie en seizoen significant is. Voor soortenrijkdom is er in het najaar geen significant verschil tussen controle en impact ($P(\text{MC}) = 0.132$). In het voorjaar is het aantal taxa in het controlegebied significant hoger dan in het impactgebied ($P(\text{MC}) = 0.001$) (Figuur 10). De Shannon Wiener Index toont dezelfde trend (najaar: $p = 0.454$; voorjaar: $p = 0.001$). De biomassa is significant hoger in het controlegebied dan in het impactgebied voor beide seizoenen. Dit komt door het voorkomen van *Macoma balthica* in het controlegebied en bijna niet in het impactgebied. In het najaar is de densiteit significant hoger en J' significant lager voor beide locaties. Dit wijst op de dominantie van een soort in het najaar voor beide locaties namelijk *Scolelepis squamata* (zie ook Figuur 11).

In het **subtidaal** is er geen enkele interactie significant. Het aantal taxa, de densiteit en biomassa zijn significant hoger in het impactgebied dan in het controlegebied (over de seizoenen heen). Het aantal taxa is voor beide gebieden significant hoger in het najaar dan in het voorjaar.

Soortensamenstelling

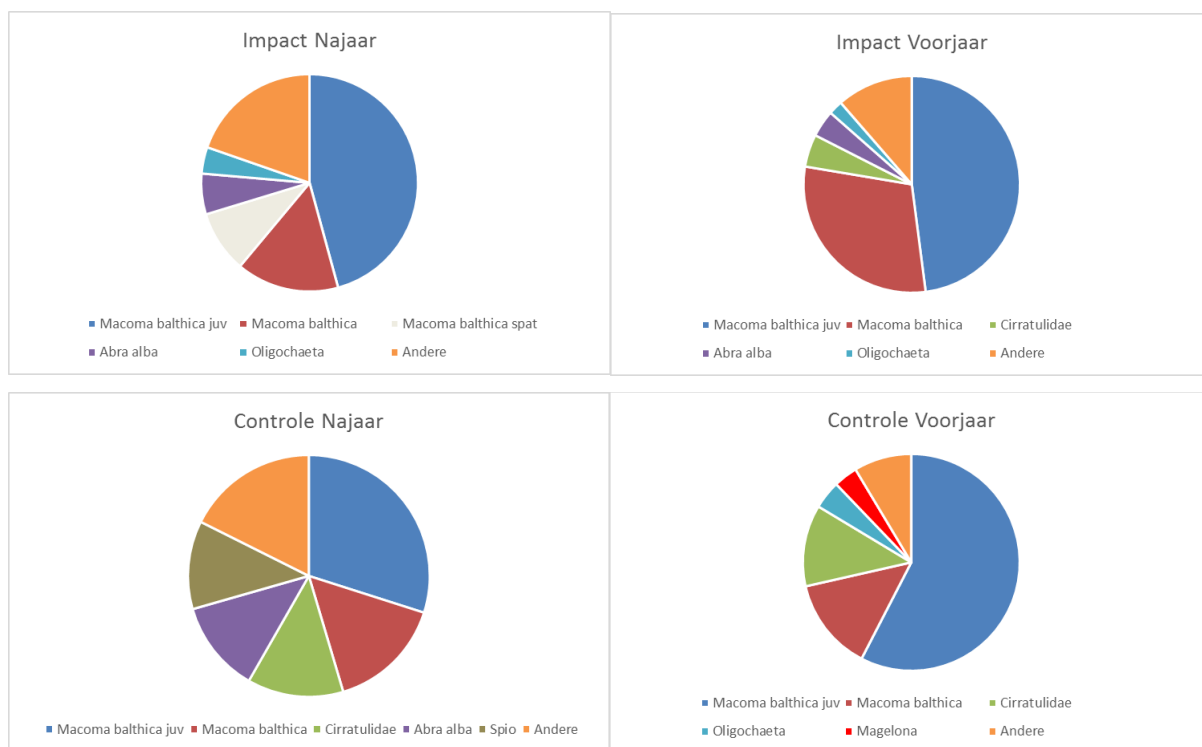
Onderstaande grafieken geven een overzicht van de soortensamenstelling in het intertidaal (Figuur 11) en sub-tidaal (Figuur 12) voor het impact- en controlestrand in voor- en najaar.

In het intertidaal in het najaar (links) zien we een duidelijke dominantie van de gemshoornworm *Scolelepis squamata* in het controlegebied en nog meer uitgesproken in het impactgebied. In het voorjaar neemt de relatieve abundantie van deze borstelworm af, vooral in het impactgebied. Daar zien we dat de soortensamenstelling sterk verschilt tussen voor- en najaar.



Figuur 11. Soortensamenstelling Intertidaal

In het subtidaal is *Macoma balthica* (adult + juveniel) de soort met de grootste relatieve abundantie in beide seizoenen en gebieden.



Figuur 12. Soortensamenstelling Subtidaal

Onderstaande tabellen geven een overzicht van de 10 meest voorkomende taxa in het intertidaal en het subtidaal (Tabel 16)

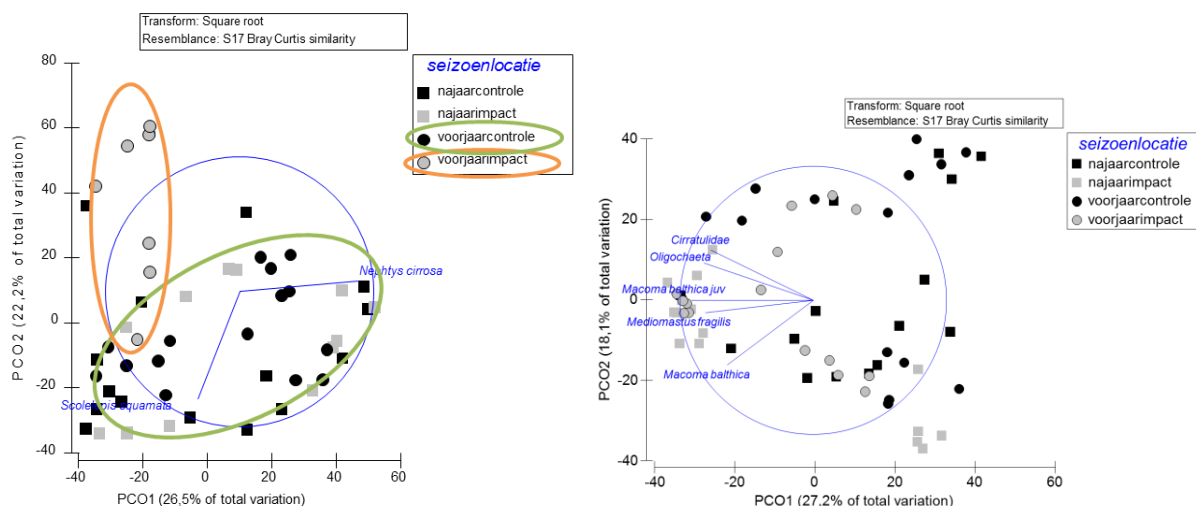
Tabel 16 en het voorkomen in het aantal stalen. In het intertidaal komt de gemshoornworm *Scolecopsis squamata* in 63,3% van de stalen voor. De borstelworm *Nephtys cirrosa* in 41,7% en de amphipode *Bathyporeia sarsi* in 35% van de stalen. In het subtidaal komt het nonnetje (tweekleppige) *Macoma balthica* in juveniele fase in 93,3% van de stalen en in adulte fase in 83,3% van de stalen voor net als de juveniele borstelworm *Nephtys* (83,3%).

Tabel 16. Overzicht van de 10 meest aangetroffen taxa in het intertidaal en het subtidaal, inclusief het percentage van voorkomen in de stalen

Intertidaal		Subtidaal	
Aangetroffen taxa	% voorkomen in stalen	Aangetroffen taxa	% voorkomen in stalen
<i>Scolecopsis squamata</i>	63,3	<i>Macoma balthica juv</i>	93,3
<i>Nephtys cirrosa</i>	41,7	<i>Macoma balthica</i>	83,3
<i>Bathyporeia sarsi</i>	35,0	<i>Nephtys juv</i>	83,3
<i>Eurydice pulchra</i>	28,3	<i>Oligochaeta</i>	75,0
<i>Eurydice affinis</i>	23,3	<i>Cirratulidae</i>	71,7
<i>Haustorius arenarius</i>	20,0	<i>Nephtys hombergii</i>	71,7
<i>Macoma balthica</i>	20,0	<i>Abra alba</i>	56,7
<i>Bathyporeia pelagica</i>	16,7	<i>Ophiura ophiura</i>	51,7
<i>Bathyporeia pilosa</i>	16,7	<i>Mediomastus fragilis</i>	48,3
<i>Eteone</i>	11,7	<i>Glycera</i>	40,0

Multivariate analyse

De verschillen in gemeenschapsstructuur visualiseren we aan de hand van onderstaande PCO plots (Figuur 13) voor de seizoenen en locaties in de T₀ situatie (intertidaal: links, subtidaal: rechts). Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0.8 worden weergegeven.



Figuur 13. PCO plot macrobenthos (IT: links; SU: rechts)

Als we de gemeenschappen statistisch testen zien we in het intertidaal een significant verschil voor de interactie ($p = 0.002$). Een paarsgewijze test toont in het najaar geen significant verschil tussen impact en controle ($p = 0.138$) en in het voorjaar wel ($p = 0.001$). In het subtidaal is er geen significante interactiefactor ($p = 0.126$). De gemeenschappen verschillen wel significant tussen de verschillende locaties en seizoenen ($p = 0.001$ en 0.009 resp.) De statistiek toont significante verschillen die moeilijk te zien zijn in de PCO. Wellicht is de variatie binnen de groepen ook vrij groot, waardoor er een significant verschil wordt gevonden, terwijl die er eigenlijk niet is. (Permdisp voor locatie is 0.005, dus wil dit zeggen dat er binnen de stranden een grote variatie is..., voor seizoen is permdisp 0.572).

In de T₀ situatie zijn we vooral geïnteresseerd in de dissimilariteit tussen impact en controle gebied. In het intertidaal toont een SIMPER test dat de dissimilariteit tussen de gemeenschappen in impact en controle gelijk is aan 77.33. Voor het subtidaal toont een SIMPER test een dissimilariteit van 67.95. Onderstaande tabel (Tabel 17) geeft weer welke soorten voornamelijk bijdragen tot deze dissimilariteit.

Tabel 17. Dissimilariteit tussen controle en impact en de soorten die hiertoe bijdragen

	Dissimilariteit	Soorten
IT	77.33	<i>Scolelepis squamata</i> (26.77%), <i>Nephthys cirrosa</i> (12.06%) en <i>Bathyporeia sarsi</i> (9.10%)
SU	67.95	<i>Macoma balthica</i> juv. (17.79%), <i>Macoma balthica</i> (11.60%) en <i>Cirratulidae</i> (6.13%)

3.3.2 T₀ versus T₁ – impact-evaluatie

Algemene kenmerken fauna

In dit stuk wordt het najaar 2013 met het najaar van 2014 vergeleken om een eerste indruk te krijgen van de potentiële verschillen tussen de T₀ en de T₁ situatie.

In het najaar zijn in totaal 100 taxa teruggevonden: 71 taxa werden geteld voor de suppletie (T₀ 2013) (21 taxa intertidaal en 56 taxa subtidaal), na de suppletie (T₁ 2014) werden 89 taxa (16 taxa intertidaal en 82 taxa subtidaal) waargenomen. Het maximum aantal taxa aangetroffen in één staal in T₀ was 8 in het intertidaal en 33 in het subtidaal. In T₁ is dat maximaal 7 taxa in het intertidaal en 41 taxa in het subtidaal.

Onderstaande tabellen (Tabel 18 en Tabel 19) geven een overzicht van het totaal aantal taxa per locatie, de soortenrijkdom (= gemiddeld aantal taxa per staal), de gemiddelde densiteit (N/m²), biomassa (WW/m²), H en J'.

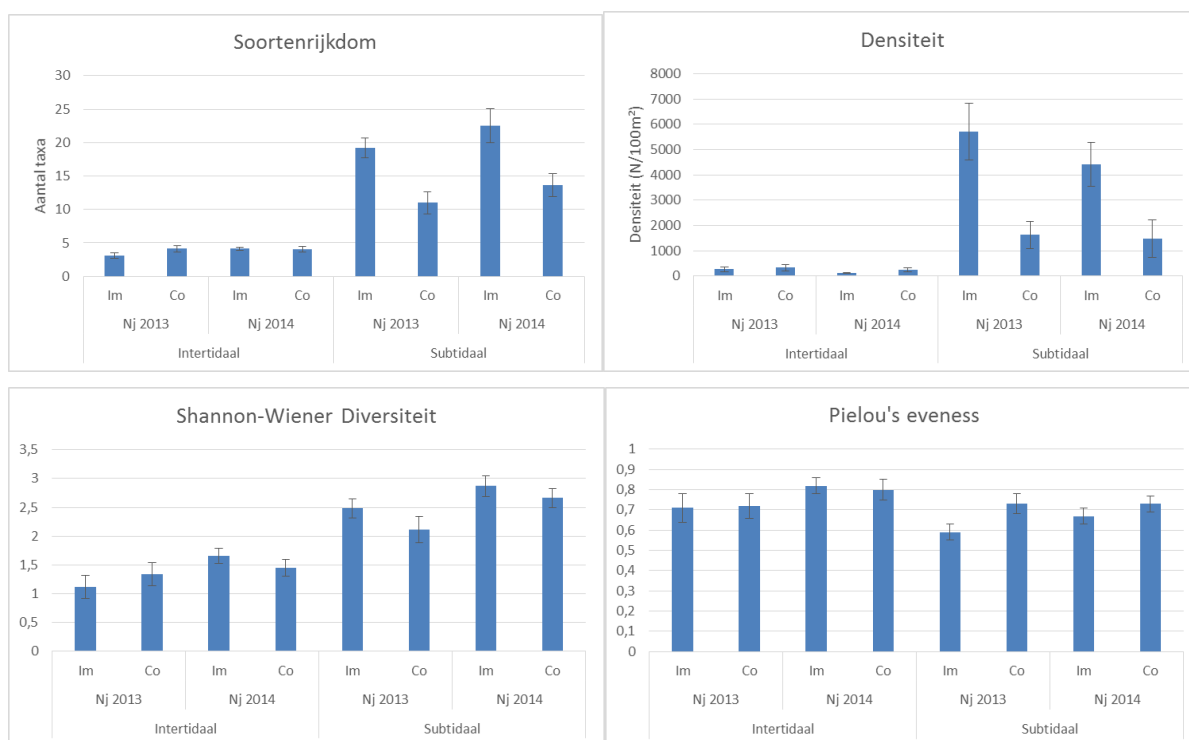
Tabel 18. Algemene patronen in aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa met standaardfout per gebied per seizoen voor macrobenthos in het intertidaal

T ₀ - T ₁	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	Biomassa	H	J'
INTERTIDAAL							
najaar 2013 (T₀)	Impact	14	3.13±0.43	269±93	3.37±1.25	1.12±0.20	0.71±0.07*
	Controle	17	4.13±0.51	332±119	6.23±1.85	1.34±0.20	0.72±0.06*
najaar 2014 (T₁)	Impact	14	4.13±0.25	116±17	0.89±0.21	1.66±0.13	0.82±0.04
	Controle	14	4±0.41	250±93	5.99±2.75	1.45±0.14	0.80±0.05*

Tabel 19. Algemene patronen in aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom, H en J'), densiteit en biomassa met standaardfout per gebied per seizoen voor macrobenthos in het subtidaal

T ₀ - T ₁	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	Biomassa	H	J'
SUBTIDAAL							
najaar 2013 (T₀)	Impact	55	19.2±1.48	5712±1109	5436±620	2.48±0.17	0.59±0.04
	Controle	37	11±1.62	1626±540	599±188	2.11±0.23	0.73±0.05*
najaar 2014(T₁)	Impact	73	22.53±2.58	4428±870	2059±782	2.87±0.18	0.67±0.04
	Controle	62	13.67±1.73	1482±751	520±150	2.66±0.17	0.73±0.04

Onderstaande grafieken (Figuur 14.) visualiseren enkele van deze biotische waarden voor het inter- en subtidaal voor beide locaties (controle/impact) en voor en na de suppletie (najaar 2013 en najaar 2014) (zie ook Tabel 18 en Tabel 19). Het subtidaal is over het algemeen rijker dan het intertidaal.



Figuur 14. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout in het intertidaal en subtidaal per locatie en jaar

We testen statistisch of de verschillen die we zien in bovenstaande tabellen en figuren significant zijn adhv de factoren locatie (impact/controle) en jaar (T_0 najaar 2013 en T_1 najaar 2014) en hun interactie. Tabel 20 geeft een overzicht van de p-waarden.

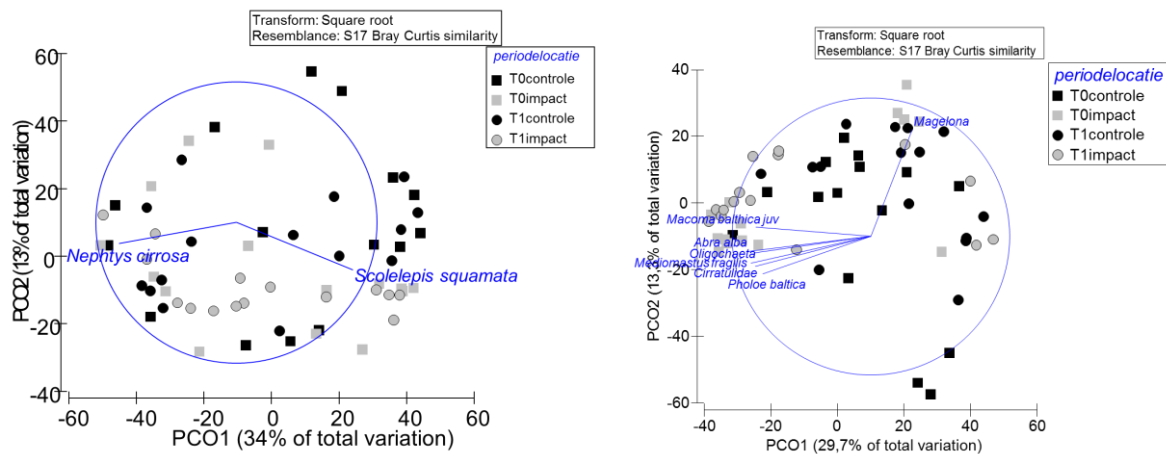
Tabel 20. Overzicht van de significantie-waarden voor de factoren (locatie en jaar). De p-waarden in rood zijn significant ($p < 0.05$)

	Locatie x pe-riode	Locatie (C/I)	Jaar (Before/After)
INTERTIDAAL			
Soortenrijkdom (S)	0.167	0.301	0.306
Densiteit (N)	0.706	0.295	0.209
Biomassa	0.506	0.023	0.464
J*	0.7925	0.9882	0.1675
H'*	0.2205	0.9772	0.0606
SUBTIDAAL			
Soortenrijkdom S	0.867	0.001	0.091
Densiteit N	0.519	0.001	0.382
Biomassa*	0.6238	0.0003	0.6135
J*	0.3661	0.0253	0.3917
H'*	0.6723	0.1337	0.0150

We zien dat voor zowel inter- als subtidaal geen enkele interactie significant is. In **het intertidaal** is enkel de biomassa significant hoger in het controlegebied dan in het impactgebied. Dit komt doordat *Macoma baltica* in beide jaren in hogere mate aanwezig is in het controlegebied en de nog steeds lagere biomassa van *Scolecopsis squamata* in het impactgebied. In **het subtidaal** zijn de soortenrijkdom, densiteit en biomassa significant hoger in het impactgebied en J' in het controlegebied. H is significant hoger in T_1 najaar 2014.

Multivariate analyse

De verschillen in gemeenschapsstructuur visualiseren we aan de hand van onderstaande PCO plots (Figuur 15. PCO plot) voor de periodes en locaties (intertidaal: links, subtidaal: rechts). Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0.8 worden weergegeven.



Figuur 15. PCO plot (IT: links, SU: rechts)

Als we de gemeenschappen statistisch testen zien we in het intertidaal geen significante interactie ($p = 0.256$). Locatie en periode afzonderlijk zijn wel significant ($p = 0.031$ en $p = 0.061$). Het subtidaal toont dezelfde trend (resp. $p = 0.087$, 0.001 en 0.022).

Als we de situatie voor en na de suppletie willen vergelijken zijn we vooral geïnteresseerd in de dissimilariteit tussen T_0 en T_1 . In het intertidaal toont een SIMPER test dat de dissimilariteit tussen T_0 en T_1 gelijk is aan 71.24. Voor het subtidaal toont een SIMPER test een dissimilariteit van 67.85. Onderstaande tabel (Tabel 21) geeft weer welke soorten voornamelijk bijdragen tot deze dissimilariteit.

Tabel 21. Dissimilariteit tussen controle en impact en de soorten die hiertoe bijdragen

	Dissimilariteit	Soorten
IT	71.24	<i>Scolelepis squamata</i> (26.48%), <i>Nephtys cirrosa</i> (11.56%) en <i>Eurydice pulchra</i> (8.36%)
SU	67.85	<i>Macoma baltica juv.</i> (11.68%), <i>Macoma baltica</i> (8.53%) en <i>Abra alba</i> (5.90%)

3.3.3 BEQI indicator macrobenthos

Tabel 22. BEQI scores per staalname tussen impact en controle voor het intertidaal en subtidaal voor macrobenthos. Groen en blauw (goed tot zeer goed) en geel, oranje, rood (matig, slecht tot zeer slecht).

Intertidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Najaar 2013	0,617	0,733	0,812	0,647	0,702
Voorjaar 2014	0,46	0,467	0,105	0,112	0,286
Najaar 2014	0,742	1	0,642	0,313	0,674
Subtidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Najaar 2013	0,664	1	0,157	0,108	0,482
Voorjaar 2014	0,668	1	0,554	0,274	0,624
Najaar 2014	0,752	1	0,355	0,101	0,552

In **het intertidaal** is er in het voorjaar 2014 een duidelijk verschil in de karakteristieken tussen controle en impactgebied (Tabel 22). Het aantal soorten en de soortensamenstelling vertonen een matige afwijking, terwijl de densiteiten en biomassa een zeer slechte score geven. Het aantal soorten, de densiteiten en biomassa zijn veel lager in het impactgebied dan in het controlegebied.

In **het subtidaal** wordt er een afwijking tussen impact en controle geëvalueerd in het najaar van 2013 en 2014, wat te wijten is aan grote verschillen in densiteit en biomassa tussen de 2 gebieden (Tabel 22). Het aantal soorten is hoger in het impactgebied dan in het controlegebied en de soortensamenstelling is gelijkaardig. Het verschil in het subtidaal in de densiteiten en biomassa is het gevolg van het veel abundanter voorkomen van *Macoma balthica* en *Abra alba* in het impactgebied; twee bivalven met een relatief hoge biomassa.

Op basis van de BEQI indicator evalueer je een duidelijk verschil in het voorjaar 2014 in het **intertidaal** tussen impact en controle, wat kan gelinkt zijn aan de strandsuppletie activiteit kort voor de staalname. In het **subtidaal** zijn de verschillen hoofdzakelijk toe te schrijven aan verschillen in voorkomen van 2 bivalven.

Tabel 23. BEQI scores voor controle en impact tussen T_0 (najaar 2013) en T_1 (najaar 2014) voor het intertidaal en het subtidaal voor macrobenthos.

Intertidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Controle	0,731	0,733	0,8	0,968	0,808
Impact	0,633	1	0,621	0,38	0,659
Subtidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Controle	0,599	1	0,828	0,879	0,827
Impact	0,64	1	0,713	0,829	0,796

Wanneer er een vergelijking wordt gemaakt in het controle en het impactgebied in de tijd (T_0 versus T_1), dan zien we dat de benthos karakteristieken geen verschil tonen (goede tot zeer goede score) in **het intertidaal**. Enkel de biomassa parameter in het impactgebied tussen T_0 en T_1 is duidelijk verschillend (slechte score). Dit toont aan dat de biomassa (voornamelijk deze van *Scolecopsis squamata*) nog niet gelijk is aan de vorige situatie. Voor **het subtidaal** zijn de scores voor respectievelijk het controle en impact gebied gelijkaardig en zijn er dus geen duidelijke verschillen in benthos karakteristieken over de tijd.

3.4 Epibenthos

3.4.1 T₀

Algemene kenmerken fauna

In de periode najaar 2013 tot en met najaar 2014 zijn in totaal 48 slepen genomen. Hierin zijn 40 verschillende epibenthische taxa aangetroffen. In T₀ (najaar 2013 en voorjaar 2014) zijn in totaal 31 verschillende taxa geteld. Algemeen zijn de dichtheden in het najaar hoger dan in het voorjaar.

In het **intertidaal** is het controlegebied rijker dan het impactgebied in het najaar van 2013. De hoge biomassa en densiteit is vooral te wijten aan de grote hoeveelheden grijze granaal (*Crangon crangon*). In het voorjaar van 2014 is het impactgebied iets rijker dan het controlegebied.

In het **subtidaal** zijn er geen grote verschillen op basis van soortenrijkdom of diversiteit over de seizoenen en de gebieden heen. Er zijn wel grote variaties op basis van densiteit. De hoogste dichtheden werden in het sub-tidaal aangetroffen in het impactgebied in het najaar van 2013 (9821 ind./1000m²). Dit is veroorzaakt door grote dichtheden gewone slangster (*Ophiura ophiura*).

Tabel 24. Totaal aantal taxa en totale dichtheid in controle en impactgebied zowel in het intertidaal als het subtidaal

T ₀	Tot. aantal taxa	Gem. aantal ind./1000 m ²		Tot. aantal taxa	Gem. aantal ind./1000 m ²
Intertidaal	18	454	impact	12	196
			controle	16	666
Subtidaal	32	544	impact	22	680
			controle	20	389

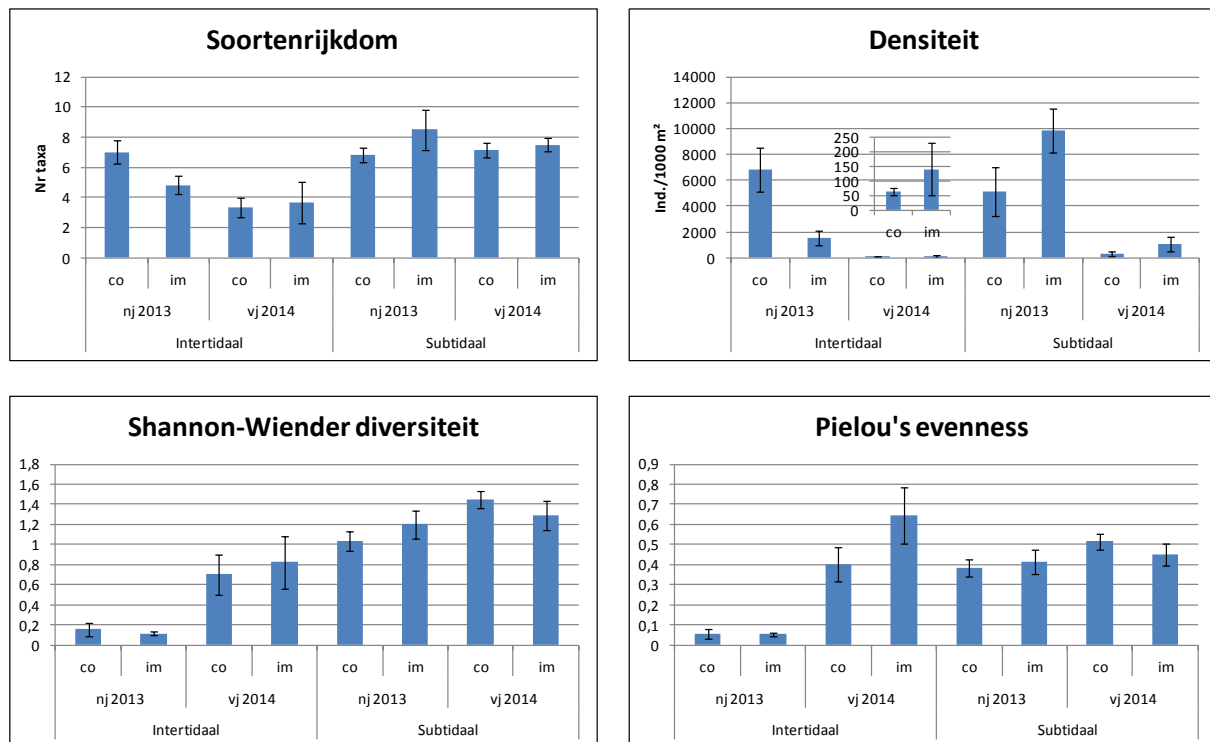
Tabel 25. Algemene patronen in densiteit, diversiteit en biomassa met standaardfout per gebied per seizoen voor epibenthos in het intertidaal

T ₀	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	Biomassa	H	J'
INTERTIDAAL							
najaar 2013	Impact	7	4,83 ± 0,60	1527,71 ± 581,96	85,55 ± 69,07	0,11 ± 0,04	0,05 ± 0,01
	Controle	14	7 ± 0,78	6817,73 ± 1722,65	101,179 ± 98,98	0,16 ± 0,07	0,06 ± 0,02
voorjaar 2014	Impact	12	3,67 ± 1,38	141,46 ± 89,38	53,77 ± 36,07	0,82 ± 0,26	0,65 ± 0,14
	Controle	8	3,33 ± 0,61	65,00 ± 13,39	34,46 ± 23,03	0,70 ± 0,20	0,21 ± 0,06

Tabel 26. Algemene patronen in densiteit, diversiteit en biomassa met standaardfout per gebied per seizoen voor epibenthos in het subtidaal

T ₀	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	Biomassa	H	J'
SUBTIDAAL							
najaar 2013	Impact	16	8,5 ± 1,34	9820,94 ± 1711,56	266,70 ± 199,60	1,20 ± 0,14	0,41 ± 0,06
	Controle	15	6,83 ± 0,48	5125,34 ± 1854	216,60 ± 144,05	1,04 ± 0,09	0,38 ± 0,04

voorjaar 2014	Impact	16	$7,5 \pm 0,43$	$1059,97 \pm 535,64$	$101,92 \pm 72,06$	$1,29 \pm 0,15$	$0,45 \pm 0,05$
	Controle	15	$7,17 \pm 0,48$	$323,55 \pm 169,80$	$69,12 \pm 44,50$	$1,44 \pm 0,08$	$0,52 \pm 0,04$



Figuur 16. Gemiddelde soortenrijkdom, dichtheid, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness $\pm$ standaardfout per locatie en gebied in T₀

Uit de grafieken (Figuur 16) blijkt dat het impactstrand rijker is dan het controlestrand behalve voor het najaar 2013 (It). Voor de univariate parameters soortenrijkdom (S), dichtheid (N), Shannon-Wiener diversiteit (H) en Pielou's evenness (J') werd afzonderlijk onderzocht of er significante verschillen zijn tussen de seizoenen en/of de gebieden (controle/impact). De waarden van zowel evenness als shannon diversiteit zijn erg laag wat wordt veroorzaakt door de sterke dominantie van vnl. de grijze garnaal (*Crangon crangon*).

In het **intertidaal** zijn voor alle parameters een significant verschil gevonden voor de factor seizoen. Er zijn dus vooral verschillen tussen voor- en najaar en niet tussen de gebieden (controle/impact). Over het algemeen zijn de stalen van het najaar rijker dan de stalen in het voorjaar. Enkel op basis van dichtheid werd ook een significant verschil gevonden voor de factor locatie en de interactie tussen locatie en seizoen. Uit een pairwise test blijkt dat er in het voorjaar geen significant verschil is tussen het controle en impactgebied ($p = 0.5979$) en er in het najaar wel een significant verschil is tussen beide gebieden ($p = 0.0295$). Dit is te wijten aan de hoge dichtheiten grijze garnaal die in het controlegebied werden bemonsterd in het najaar van 2013.

In het **subtidaal** zijn er voor soortenrijkdom, H en J' geen significante verschillen waargenomen voor locatie, seizoen en hun interactie. Voor de dichtheid en de biomassa is er zowel voor de factor locatie als voor de factor seizoen een p-waarde kleiner dan 0.05 (significant verschil). Dit verschil is te verklaren door hoge dichtheiten *Macoma balthica* in het impactgebied en hogere dichtheiten van grijze garnaal in het controlegebied in het najaar van 2013. Net zoals in het intertidaal zijn de stalen van het najaar rijker dan in het voorjaar zowel op basis van dichtheid als op basis van diversiteit.

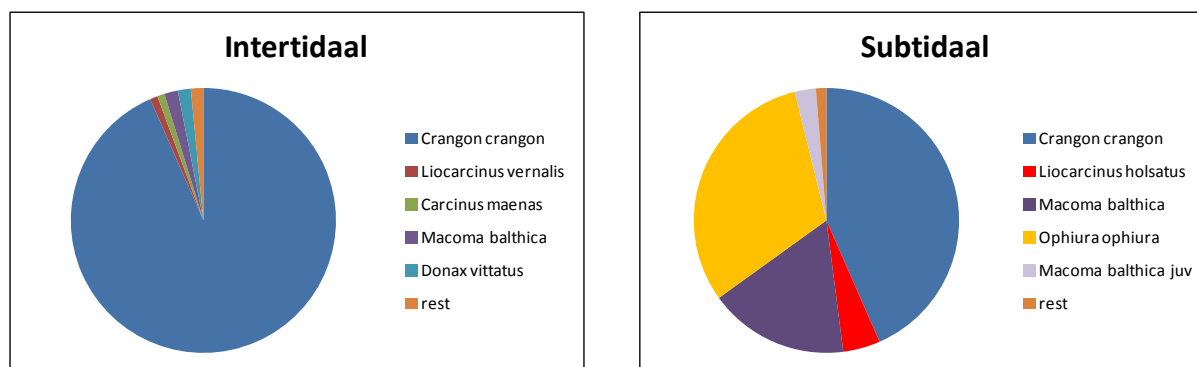
Tabel 27. Overzicht van de significantiewaarden voor de factoren locatie en seizoen. *two-way anova; ° 1 staal verwijderd om J' te kunnen berekenen. De rode p-waarden zijn significant ($p < 0.05$)

	locatie x seizoen	locatie (C/I)	seizoen
INTERTIDAAAL			
Soortenrijkdom (S)	0,1784	0,3247	0,0158
Densiteit (N)*	0,01638	0,02233	0.000008
Biomassa*	0.81020	0.35931	0.00381
J'*°	0,6165	0,3997	0.0000001
H	0,6399	0,8289	0,0016
SUBTIDAAAL			
Soortenrijkdom (S)*	0.4018	0.2135	0.6730
Densiteit (N)	0,1404	0,0479	0,0001
Biomassa	0,1465	0,0067	0,0001
J'*	0,3496	0,6817	0,1138
H*	0,1928	0,9627	0.0505

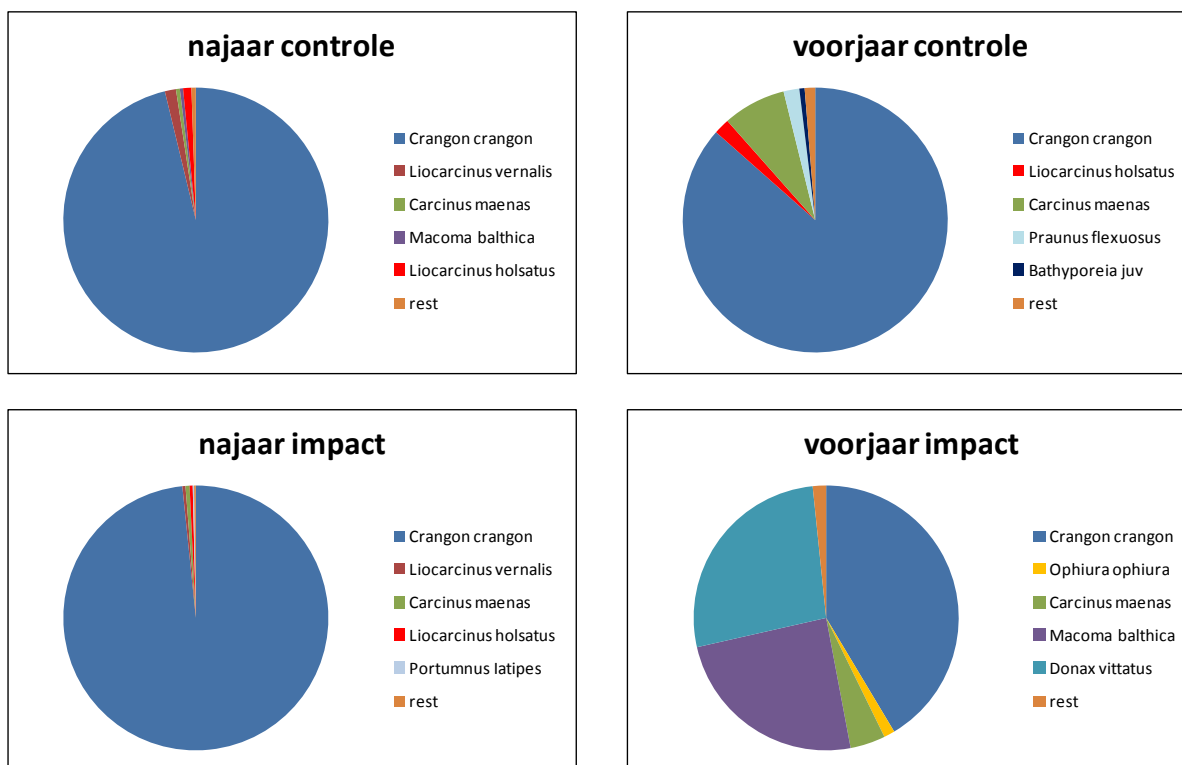
Soortensamenstelling

De onderstaande grafieken geven een overzicht van de soortensamenstelling in het intertidaal en het subtidaal. Er werden ook verdere opsplitsingen gemaakt per gebied (controle/impact) en periode (voorjaar/najaar).

In het intertidaal is er een grote dominantie van de grijze garnaal (*Crangon crangon*). Ook bij de opsplitsing per gebied is deze dominantie verder waar te nemen. Wanneer we een onderverdeling per seizoen maken, zien we dat de grijze garnaal in het najaar (2013) de meest abundante soort is en dit zowel in het controle als in het impactgebied. In het voorjaar (2014) is de relatieve abundantie van de grijze garnaal lager en komt vooral de gewone slangster (*Ophiura ophiura*) in grote aantallen voor. Bij de opsplitsing per gebied, zien we dat de grijze garnaal dominant is in het controlegebied maar dat de tweekleppigen *Donax vittatus* en *Macoma balthica* ook een relatief groot aandeel hebben in het impactgebied.

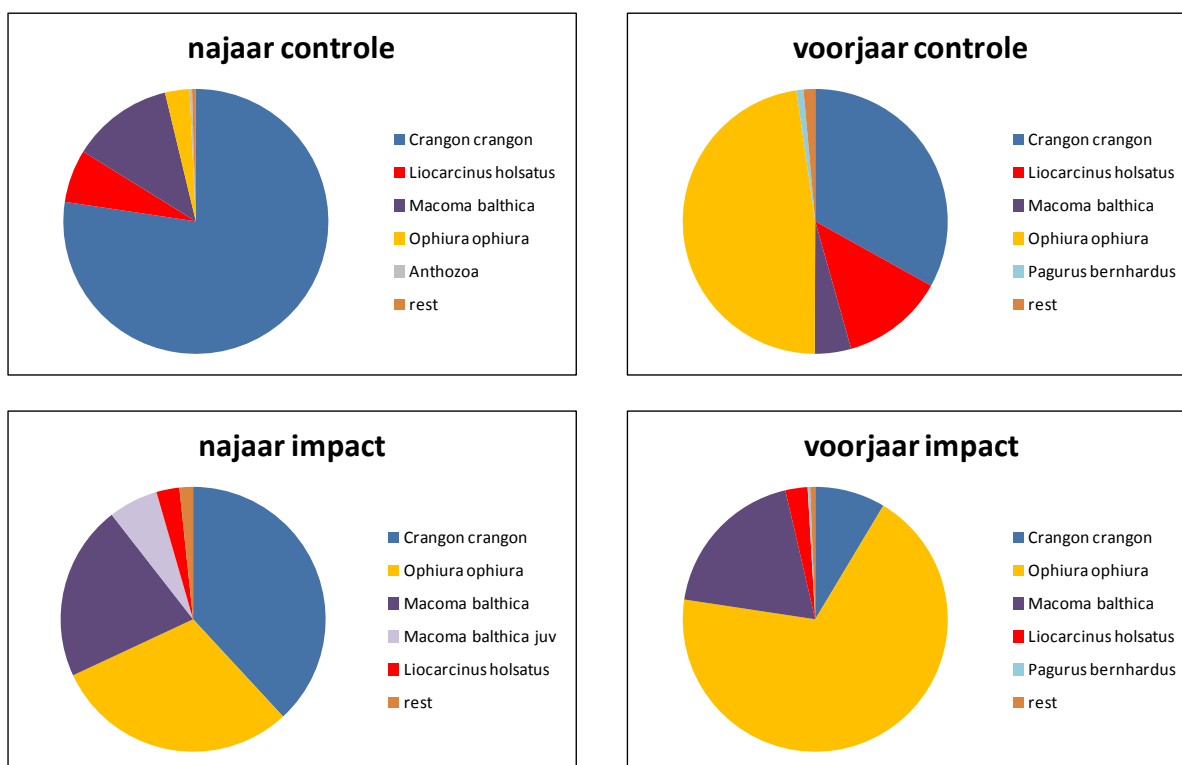


Figuur 17. Soortensamenstelling T₀ algemeen in het intertidaal en het subtidaal



Figuur 18. Soortensamenstelling T0 intertidaal per seizoen per gebied

In het subtidaal is de grijze garnaal (*Crangon crangon*) vooral in het najaar sterk aanwezig en dit is nog meer uitgesproken in het controlegebied dan het impactgebied. In het voorjaar is de relatieve abundantie van de grijze garnaal lager en is het vooral de gewone slangster die in hoge aantallen voorkomt. Zowel in het voorjaar als in het najaar komt het nonnetje (*Macoma balthica*) ook in relatief hoge aantallen voor.



Figuur 19. Soortensamenstelling T0 subtidaal per seizoen per gebied

De 3 meest voorkomende soorten in het intertidaal zijn de grijze garnaal (*Crangon crangon*), de gewone strandkrab (*Carcinus maenas*) en de gewone zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*) (Tabel 28). In het subtidaal zijn dit de grijze garnaal (*Crangon crangon*), de gewone zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*) en de gewone slangster (*Ophiura ophiura*) (Tabel 28).

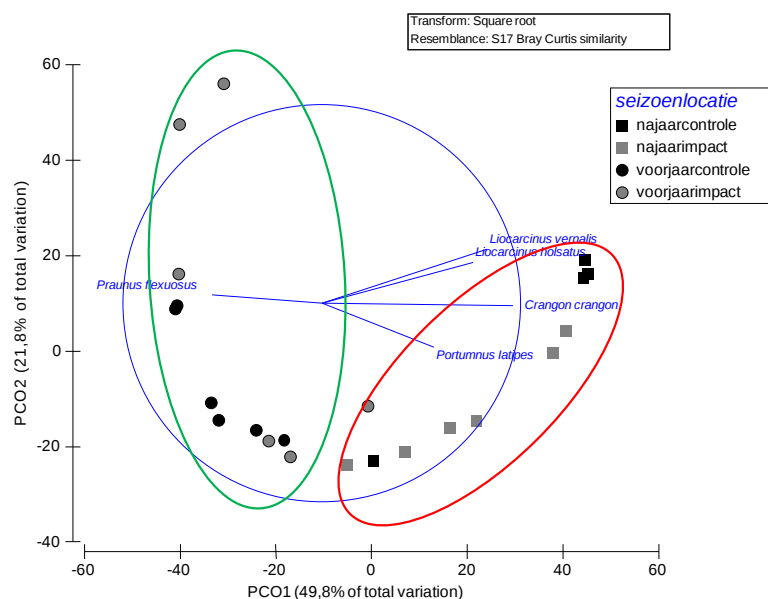
Tabel 28. Overzicht van de 10 meest aangetroffen taxa in het intertidaal, inclusief het percentage van voorkomen in de stalen.

Intertidaal		Subtidaal	
Aangetroffen taxa	% voorkomen in stalen	Aangetroffen taxa	% voorkomen in stalen
<i>Crangon crangon</i>	100,0	<i>Crangon crangon</i>	100,0
<i>Carcinus maenas</i>	75,0	<i>Liocarcinus holsatus</i>	100,0
<i>Liocarcinus holsatus</i>	50,0	<i>Ophiura ophiura</i>	95,8
<i>Liocarcinus vernalis</i>	50,0	<i>Macoma balthica</i>	87,5
<i>Portumnus latipes</i>	45,8	<i>Pagurus bernhardus</i>	58,3
<i>Diogenes pugilator</i>	29,2	<i>Asterias rubens</i>	50,0
<i>Anthozoa</i>	25,0	<i>Anthozoa</i>	37,5
<i>Macoma balthica</i>	16,7	<i>Abra alba</i>	33,3
<i>Praunus flexuosus</i>	16,7	<i>Carcinus maenas</i>	29,2
<i>Abra alba</i>	12,5	<i>Palaemon</i>	25,0

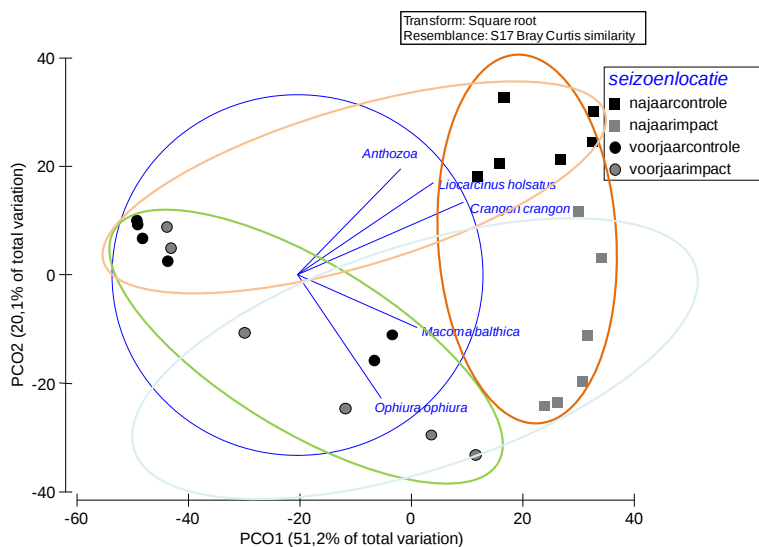
Multivariate analyse

De PERMANOVA analyse gebaseerd op de a priori gedefinieerde groepen (locatie en seizoen) geeft een significante interactie ($p=0.0114$) tussen de twee factoren in **het intertidaal** aan. De pairwise test toont een licht significant verschil in het najaar ($p= 0.0462$) tussen controle en impactgebied maar niet in het voorjaar ($p=0.1202$). Dit is ook te zien in onderstaande PCO (Figuur 20). In totaal wordt 71.8% van de variatie verklaard door de eerste twee assen. De stalen zijn seizoenaal verdeeld over de x-as en min of meer per gebied verdeeld volgens de y-as. Met de vector-overlay worden de soorten weergegeven die bijdragen tot dit patroon. Met behulp van de SIMPER test werd nagegaan welke soorten verantwoordelijk zijn voor de dissimilariteit tussen het controle en het impactgebied. In totaal is er in het intertidaal een dissimilariteit van 51.28 % vastgesteld. Dit is vooral te wijten aan de grote densiteiten grijze garnaal in het controlegebied in najaar 2013. Daarnaast dragen ook *Macoma baltica* en *Carcinus maenas* bij tot de dissimilariteit tussen controle en impact in T_0 .

In **het subtidaal** blijkt er geen significant verschil tussen de interactie locatie x seizoen ($p=0,2221$). Wel is er een significant verschil tussen de locatie over de seizoenen heen en tussen de seizoenen over de locaties heen. Dit is ook zichtbaar in onderstaande PCO (Figuur 21). In totaal wordt 71.3% van de variatie verklaard door de eerste twee assen. Uit een SIMPERtest (Tabel 29) blijkt dat er 50.55% dissimilariteit is tussen het controlegebied en het impactgebied. Er werden veel hogere densiteiten *Ophiura ophiura* en *Macoma balthica* gevonden in het impactgebied dan in het controlegebied. Zowel *Macoma Balthica* als *Ophiura ophiura* hebben een voorkeur voor fijnere sedimenten wat eerder in het impactgebied voorkomt dan in het controlegebied. Er zijn iets hogere densiteiten grijze garnaal gevonden in het controlegebied ten opzichte van het impactgebied.



Figuur 20. PCO plot van de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van epibenthos in het intertidaal. Elk punt stelt een afzonderlijk staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0.5 worden aangegeven. Met de ellipsen worden de groepen weergegeven (voorjaar vs najaar)



Figuur 21. PCO plot gebaseerd op de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van epibenthos in het subtidaal. Elk punt stelt een afzonderlijk staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0.7 worden aangegeven. Met de ellipsen worden de groepen weergegeven. Cluster voorjaar; najaar; controle; impact.

Tabel 29. Dissimilariteit tussen controle en impact en de contributie van de soorten in het intertidaal en het subtidaal (SIMPER)

	% dissimilariteit	Soorten
IT	51,28	<i>Crangon crangon</i> (57,25%), <i>Carcinus maenas</i> (9,11%), <i>Macoma balthica</i> (5,12%)
SU	50,55	<i>Ophiura ophiura</i> (36,86%), <i>Macoma balthica</i> (22,95%), <i>Crangon crangon</i> (14,06%)

3.4.2 T₀ versus T₁ najaar – impact-evaluatie

Algemene kenmerken fauna

In **het intertidaal** is de densiteit en biomassa in het najaar van 2014 lager dan in het najaar van 2013. De H en J' waarden (diversiteit) liggen in 2014 wel iets hoger dan in 2013. Het controlegebied in najaar 2013 is rijker dan de andere gebieden zowel op basis van soortenrijkdom ($7 \pm 0,78$), densiteit (6817 ind./ 1000 m²) en biomassa (101.179/ 1000 m²). Dit is te wijten aan de hoge hoeveelheden grijze garnaal.

In **het subtidaal** is de densiteit en biomassa net als in het intertidaal hoger in T₀ dan in T₁. De diversiteit (H en J') blijft per gebied wel relatief gelijk over de tijd.

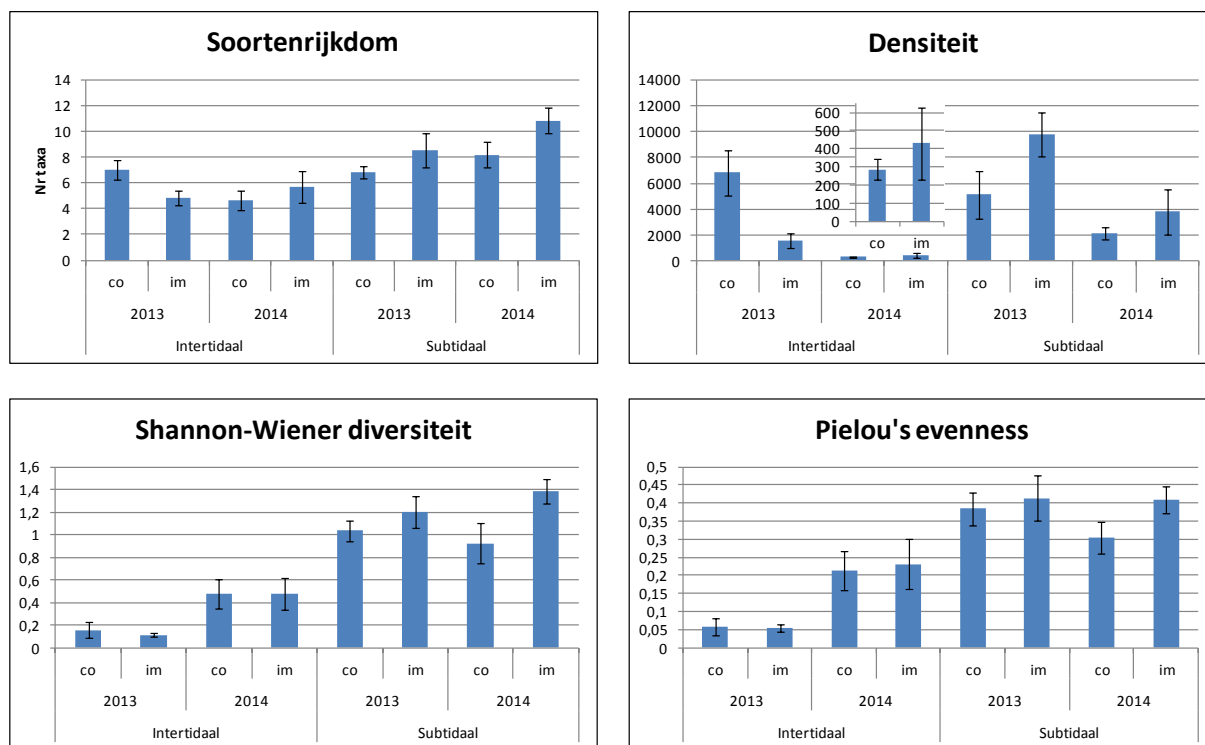
Tabel 30. Algemene patronen in soortenrijkdom, densiteit, diversiteit en biomassa met standaardfout per gebied per jaar voor epibenthos in het intertidaal T₀ vs T₁

T ₀ -T ₁	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	Biomassa	H	J'
INTERTIDAAL							
najaar 2013	Impact	7	$4,83 \pm 0,60$	1528 ± 582	86 ± 69	$0,11 \pm 0,04$	$0,05 \pm 0,01$
	Controle	14	$7 \pm 0,78$	6818 ± 1723	101 ± 99	$0,16 \pm 0,07$	$0,06 \pm 0,02$
najaar 2014	Impact	12	$5,67 \pm 1,26$	430 ± 200	50 ± 52	$0,47 \pm 0,14$	$0,23 \pm 0,07$
	Controle	7	$4,67 \pm 0,76$	287 ± 59	39 ± 28	$0,48 \pm 0,13$	$0,21 \pm 0,05$

Tabel 31. Algemene patronen in densiteit, diversiteit en biomassa met standaardfout per gebied per jaar voor epibenthos in het subtidaal T₀ vs T₁

T ₀ -T ₁	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	Biomassa	H	J'
SUBTIDAAL							
najaar 2013	Impact	16	$8,5 \pm 1,34$	9821 ± 1712	267 ± 200	$1,20 \pm 0,14$	$0,41 \pm 0,06$
	Controle	15	$6,83 \pm 0,48$	5125 ± 1854	217 ± 144	$1,04 \pm 0,09$	$0,38 \pm 0,04$
najaar 2014	Impact	22	$10,83 \pm 0,98$	3786 ± 1734	102 ± 72	$1,38 \pm 0,11$	$0,41 \pm 0,04$
	Controle	15	$8,17 \pm 0,98$	2148 ± 494	184 ± 128	$0,93 \pm 0,18$	$0,31 \pm 0,04$

Uit de grafieken blijkt dat het impact gebied telkens rijker is dan het controlegebied met uitzondering van najaar 2013 in het intertidaal. Zowel in het intertidaal als in het subtidaal zijn de densiteiten in 2013 aanzienlijk hoger dan in 2014 zowel in impact als controle.



Figuur 22. Gemiddelde soortenrijkdom, dichtheid, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness +/- standaardfout per locatie en gebied in T1

Behalve op basis van soortenrijkdom en Pielou's evenness vertoont de factor jaar voor alle biologische variabelen een significant verschil. In **het intertidaal** is voor de variabele dichtheid zowel voor jaar, locatie als voor de interactie een significant verschil. Uit de pairwise test blijkt dat er wel een significant verschil is tussen de jaren in het controlegebied ($p=0.011$) maar niet in het impactgebied ($p=0.999$).

In **het subtidaal** is er een significant verschil voor de interactie locatie x jaar voor de variabele biomassa. Uit de pairwise test blijkt dat er wel een significant verschil is voor biomassa tussen de jaren in het impactgebied ($p=0.0019$) maar niet in het controlegebied ($p=0.9637$). Op basis van dichtheid is de factor jaar (before/after) significant verschillend ($p=0.0028$).

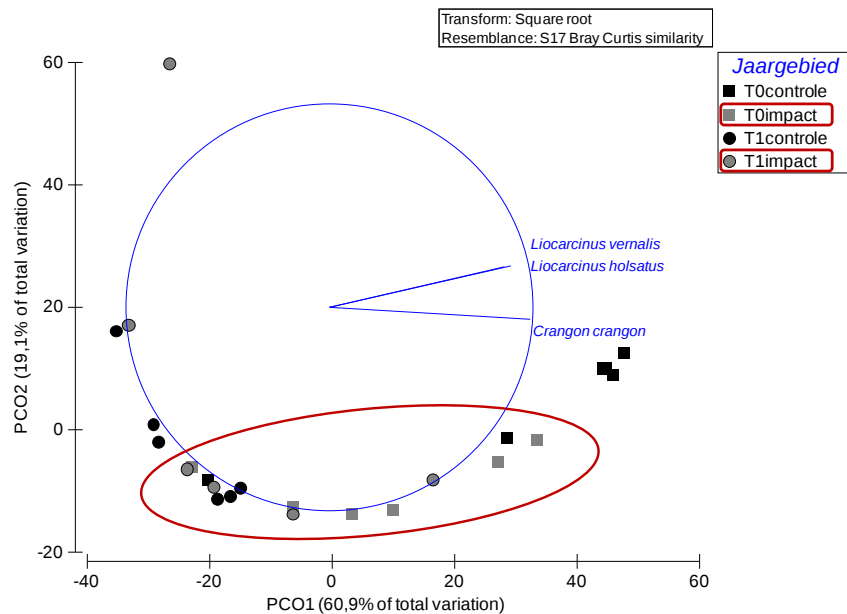
Tabel 32. Overzicht van de significantiewaarden voor de factoren locatie en seizoen. * two-way anova De rode waarden zijn de significante p-waarden ($p<0.05$)

	Locatie x jaar	Locatie (C/I)	Jaar (Before/After)
INTERTIDAAL			
Soortenrijkdom S*	0,08799	0,51625	0,40557
Densiteit N*	0,02783	0,02624	0,0001
Biomassa	0,0955	0,4003	0,0106
J'	0,3496	0,6817	0,1138
H	0,8325	0,8114	0,003
SUBTIDAAL			
Soortenrijkdom S*	0,61962	0,04096	0,07932
Densiteit N*	0,324070	0,1547	0,0028
Biomassa	0,0095	0,2625	0,0139
J'	0,3082	0,1270	0,3700
H	0,2909	0,029	0,7937

Multivariate analyse

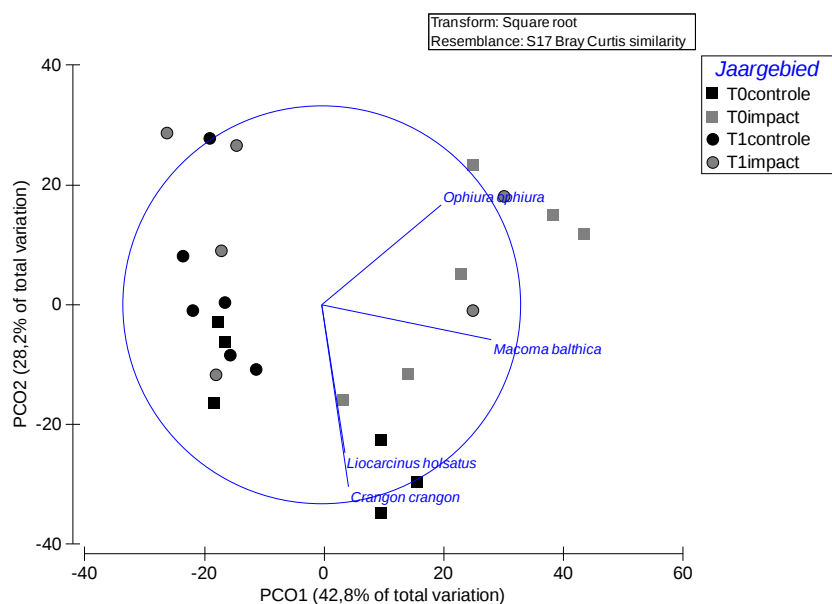
Een PERMANOVA analyse op basis van a priori gedefinieerde groepen (jaar(Before/After) en locatie (C/I)) toont een significant verschil in gemeenschapsstructuur in **het intertidaal** tussen najaar2013 en najaar2014. Er is ook een licht interactie-effect aanwezig tussen jaar en locatie. De pairwise test toont aan dat er een significant verschil is tussen beide jaren in het controlegebied ($p=0.0053$) maar niet in het impactgebied ($p=0.0637$). In de PCO plot (Figuur 23) zie je ook dat de stalen per jaar samenclusteren.

De dissimilariteit tussen de beide jaren werd nagegaan en bedraagt 54.75%. Zowel uit de SIMPER test (Tabel 33) als met de vector overlay in het PCO plot (Figuur 23) bleek dat vooral de grijze garnaal en in mindere mate de zwemkrabben (*Liocarcinus holsatus* & *Liocarcinus vernalis*) verantwoordelijk zijn voor deze verschillen. Deze soorten komen in 2013 (groen) in (veel) hogere densiteiten voor dan in 2014 (rood).



Figuur 23. PCO plot van de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van het epibenthos uit het intertidaal. Elke stip stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0,7 worden weergegeven.

Uit een PERMANOVA analyse blijkt dat de gemeenschapsstructuur in **het subtidaal** significant verschilt in de gebieden ($p=0.0004$) en in de jaren ($p=0.0009$). De dissimilariteit (Tabel 33) tussen T0 en T1 is 44,13%. De soorten *Macoma balthica*, *Crangon crangon* en *Ophiura ophiura* zijn hiervoor verantwoordelijk. In 2013 worden veel hogere densiteiten van deze soorten aangetroffen in vergelijking met 2014. Dit is ook te zien op de vector overlay in Figuur 24.



Figuur 24. PCO plot van de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van het epibenthos uit het subtidaal. Elke stip stelt een staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0,7 worden weergegeven

Tabel 33. Dissimilariteit tussen najaar 2013 en najaar 2014 en de contributie van de soorten in het intertidaal en het subtidaal (SIMPER)

	% dissimilariteit	soorten
IT	54,75	<i>Crangon crangon</i> (72,37%), <i>Liocarcinus vernalis</i> (4,51%), <i>Liocarcinus holsatus</i> (4,28%)
SU	44,13	<i>Macoma balthica</i> (23,82%), <i>Crangon crangon</i> (22,92%), <i>Ophiura ophiura</i> (18,67%)

3.4.3 BEQI indicator epibenthos

De verschillen tussen impact en controle in het intertidaal en subtidaal op de verschillende staalname tijdstippen voor de epibenthos karakteristieken geeft aan dat enkel in het najaar 2013 in het intertidaal er een negatief verschil was (Tabel 34). Dit was toe te schrijven aan het lager aantal soorten in het impactgebied en de heel hoge densiteiten aan garnalen in het controlegebied. Op de andere momenten werden in **het intertidaal** vooral iets meer soorten gevonden in het impactgebied en waren de densiteiten ook hoger door het nonnetje (voorjaar 2014) en de garnaal (najaar 2014). In **het subtidaal** blijkt het epibenthos zeer gelijkaardig met nagenoeg hetzelfde aantal soorten (1 of 2 meer in impact) en hogere densiteit en biomassa in het impactgebied. Vooral in het voorjaar 2014 was dit verschil groot qua densiteit, door de gewone slangster en het nonnetje in het impactgebied.

Tabel 34. BEQI scores per staalname tussen impact en controle voor het intertidaal en subtidaal voor epibenthos.

Intertidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Najaar 2013	0,644	0,42	0,254		0,439
Voorjaar 2014	0,564	1	0,239	0,647	0,613
Najaar 2014	0,63	1	0,535	0,496	0,665
Subtidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Najaar 2013	0,618	1	0,52	0,504	0,661
Voorjaar 2014	0,813	1	0,192	0,857	0,716
Najaar 2014	0,683	1	0,47	0,59	0,686

In de tijd, blijkt in **het intertidaal** het controlegebied verschillend te zijn tussen T_0 en T_1 en het impactgebied licht verschillend in **het subtidaal** (Tabel 35). Hier blijkt dat de T_1 veel lagere epibenthos densiteiten (en biomass) had, vooral betreffende garnaal en het nonnetje ten opzichte van de T_0 .

Tabel 35. BEQI scores voor controle en impact tussen T_0 en T_1 (najaar) voor het intertidaal en het subtidaal voor macrobenthos.

Intertidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Controle	0,466	0,42	0,048		0,311
Impact	0,69	1	0,425	0,638	0,688
Subtidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Controle	0,619	1	0,49	0,367	0,619
Impact	0,672	1	0,32	0,345	0,584

3.5 Demersale vis

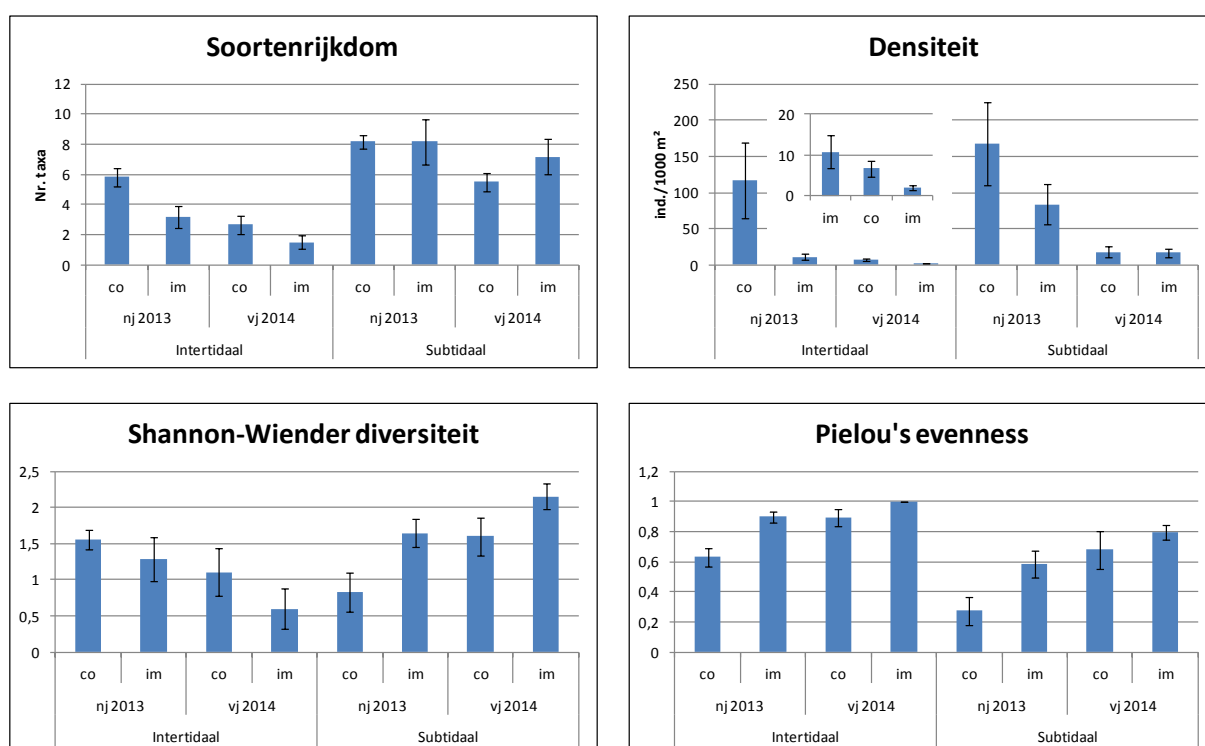
3.5.1 T₀

Algemene kenmerken fauna

Er zijn tussen najaar 2013 en najaar 2014 29 verschillende demersale vistaxa aangetroffen in de 48 slepen. In twee stalen (nj 2014 & vj2014) van het intertidaal werd geen enkele demersale vissoort aangetroffen. In de T₀ zijn in totaal 24 verschillende taxa aangetroffen.

In **het intertidaal** is over het algemeen het controlegebied iets rijker dan het impactgebied zowel op basis van soortenrijkdom, densiteit als shannon-wiender diversiteit. Dit patroon zien we zowel in het voorjaar als in het najaar. Er is wel een groot verschil in densiteit in het najaar wat hoofdzakelijk veroorzaakt wordt door grote densiteiten grondel & spiering in het controlegebied.

Er zijn geen grote verschillen in soortenrijkdom, totaal aantal taxa en diversiteit in **het subtidaal** tussen het controle en het impactgebied. Enkel op basis van densiteit is er een groot verschil tussen de twee gebieden in het najaar 2013. Dit is te wijten aan de grote hoeveelheden grondel (*Pomatoschistus sp.*) in het controlegebied.



Figuur 25. Gemiddelde soortenrijkdom, dichtheid en diversiteit +/- standaardfout per locatie en gebied in T₀

Tabel 36. Algemene patronen in densiteit en diversiteit met standaardfout per gebied, per seizoen voor demersale vis in het intertidaal

T ₀	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	H	J'
INTERTIDAAL						
najaar 2013	controle	8	5,83 ± 0,6	116 ± 52	1,56 ± 0,13	0,63 ± 0,06
	impact	6	3,17 ± 0,7	11 ± 4	1,29 ± 0,3	0,9 ± 0,03

voorjaar 2014	controle	7	$2,67 \pm 0,61$	7 ± 2	$1,11 \pm 0,33$	$0,89 \pm 0,06$
	impact	4	$1,5 \pm 0,43$	2 ± 1	$0,60 \pm 0,28$	1 ± 0

Tabel 37. Algemene patronen in densiteit en diversiteit met standaardfout per gebied, per seizoen voor demersale vis in het subtidaal

T ₀	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	H	J'
SUBTIDAAL						
najaar 2013	controle	14	$8,17 \pm 0,48$	168 ± 57	$0,83 \pm 0,28$	$0,27 \pm 0,09$
	impact	16	$8,17 \pm 1,51$	84 ± 28	$1,65 \pm 0,19$	$0,59 \pm 0,09$
voorjaar 2014	controle	8	$5,5 \pm 0,62$	18 ± 8	$1,6 \pm 0,26$	$0,68 \pm 0,12$
	impact	14	$7,17 \pm 1,19$	17 ± 6	$2,15 \pm 0,18$	$0,79 \pm 0,05$

In **het intertidaal** is er een significant verschil voor de densiteit zowel voor locatie, seizoen als voor de interactie tussen locatie en seizoen. Een paarsgewijze test toont aan dat er geen significant verschil is ($p(\text{mc}) = 0.0713$) in het voorjaar tussen de twee gebieden maar wel in het najaar ($p = 0.0049$). Zoals hierboven al vermeld is dit te verklaren door de grote densiteiten spiering (*Osemerus eperlanus*) en grondels (*Pomatoschistus sp.*) in het controlegebied in het najaar. Op basis van de soortenrijkdom en Pielou's evenness is er een significant verschil tussen het impact en het controlegebied. Voor soortenrijkdom is er ook een significant verschil tussen voorjaar en najaar.

In **het subtidaal** is er geen significant verschil tussen het controlegebied en het impactgebied op basis van soortenrijkdom en densiteit. Er werd wel een significant verschil waargenomen tussen de twee gebieden op basis van de twee diversiteitsindices. De factor seizoen vertoont een significant verschil op basis van densiteit en diversiteit.

Tabel 38. Overzicht van de significantiewaarden van de factoren locatie en seizoen. *two-way anova; ° 5 stalen verwijderd om J' te kunnen berekenen. De significante waarden worden in rood aangeduid ($p < 0.05$)

	locatie x seizoen	Locatie (C/I)	seizoen
INTERTIDAAL			
Soortenrijkdom (S)*	0,1536	0,0109	0,00116
Densiteit (N)*	0,04756	0,00049	0,000017
J'°	0,1835	0,0057	0,007
H*	0,8362	0,2876	0,0847
SUBTIDAAL			
Soortenrijkdom (S)*	0,43275	0,4328	0,09345
Densiteit (N)	0,2093	0,1995	0,0005
J'*	0,1911	0,0158	0,00314
H*	0,36330	0,00683	0,01423

Soortensamenstelling

Tabel 39. Overzicht van de 10 meest (en tevens enige) voorkomende taxa in het intertidaal, inclusief het percentage van voorkomen in de stalen

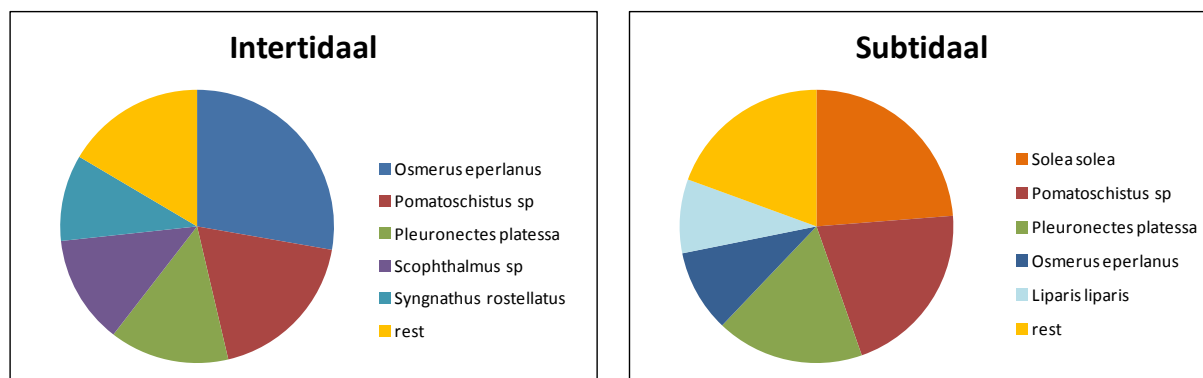
Intertidaal			Subtidaal		
Aangetroffen taxa	Nederlandse naam	% voorkomen in stalen	Aangetroffen taxa	Nederlandse naam	% voorkomen in stalen
<i>Scophthalmus sp.</i>	tarbot/griet complex	66,7	<i>Solea solea</i>	tong	95,8
<i>Pleuronectes platessa</i>	schol	54,2	<i>Pleuronectes platessa</i>	schol	91,7
<i>Echiichthys vipera</i>	kleine pieterman	45,8	<i>Pomatoschistus sp.</i>	grondel	91,7
<i>Syngnathus rostellatus</i>	kleine zeenaald	45,8	<i>Osmerus eperlanus</i>	spiering	87,5
<i>Pomatoschistus sp.</i>	grondel	33,3	<i>Syngnathus rostellatus</i>	kleine zeenaald	58,3
<i>Osmerus eperlanus</i>	spiering	29,2	<i>Merlangius merlangus</i>	wijting	54,2
<i>Atherina presbyter</i>	koornaarvis	16,7	<i>Agonus cataphractus</i>	harnasmannetje	50,0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	zeebaars	16,7	<i>Liparis liparis</i>	slakdolf	50,0
<i>Solea solea</i>	tong	16,7	<i>Ciliata mustela</i>	vijfdradige meun	33,3
<i>Merlangius merlangus</i>	wijting	4,2	<i>Limanda limanda</i>	schar	29,2

In het **intertidaal** komen 10 verschillende taxa voor (Tabel 39). Het meest voorkomende taxon is *Scophthalmus sp.* waaronder zowel tarbot en griet behoren. Verder komt ook schol (*Pleuronectes platessa*) in meer dan de helft van de stalen voor.

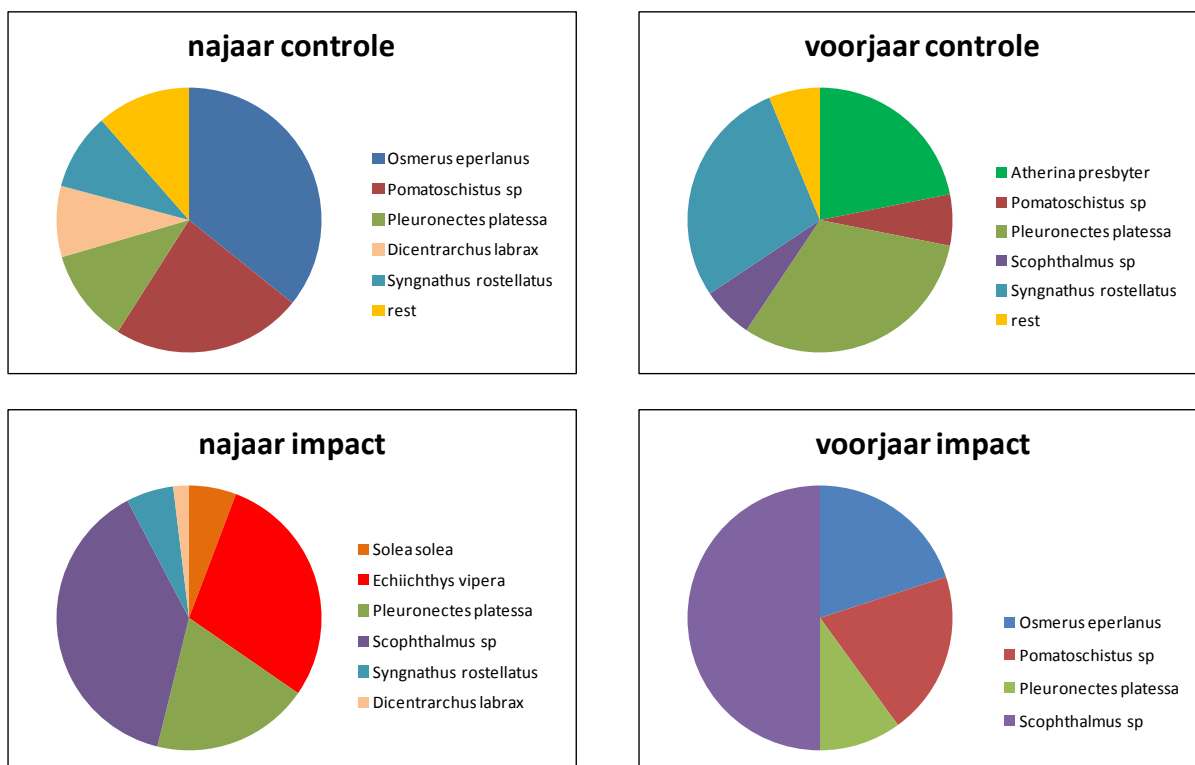
In totaal werden 20 verschillende demersale taxa aangetroffen in **het subtidaal**. Hiervan werden 5 soorten in minder dan 10% van de stalen waargenomen nl. grote zeenaald, rivierprik, dwergtong, gewone zeedonderpad en de glasgrondel. De zeetong (*Solea solea*) werd in de meeste stalen (96%) aangetroffen. Ook de schol (*Pleuronectes platessa*) en de grondel (*Pomatoschistus sp.*) werden in meer dan 90% van alle stalen teruggevonden (Tabel 39).

In **het intertidaal** komt zowel de schol (*Pleuronectes platessa*) als het tarbot/griet-complex (*Scophthalmus sp.*) in beide seizoenen en beide gebieden voor. In het najaar is dit complex zelfs het meest dominant aanwezig. Algemeen is er een grote variatie tussen de seizoenen en de gebieden.

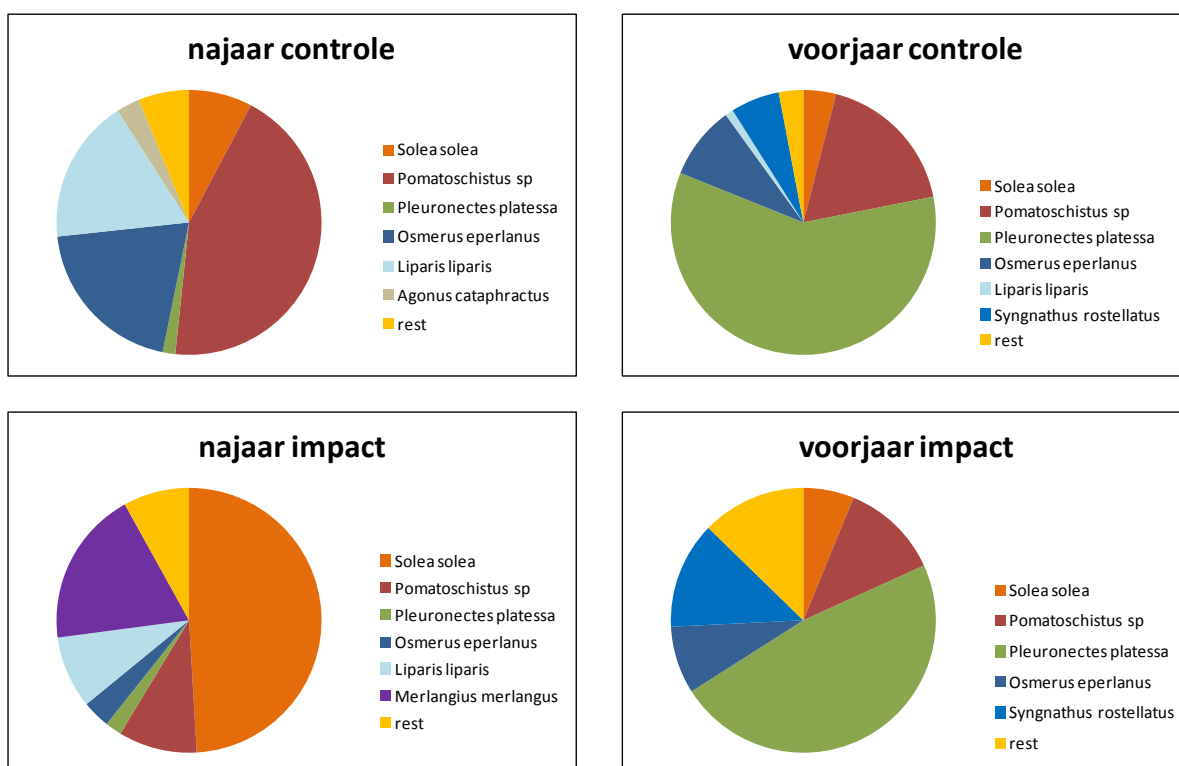
In **het subtidaal** zijn er verschillende soorten die in beide seizoenen en beide gebieden voorkomen waaronder de tong (*Solea solea*), grondel (*Pomatoschistus sp.*), schol (*Pleuronectes platessa*) en spiering (*Osmerus eperlanus*). In het voorjaar is vooral de schol dominant aanwezig. In het najaar is er in het impactgebied een grote hoeveelheid tong aanwezig en in het controlegebied werd vooral de grondel gevangen.



Figuur 26. Soortensamenstelling T₀ algemeen intertidaal en subtidaal

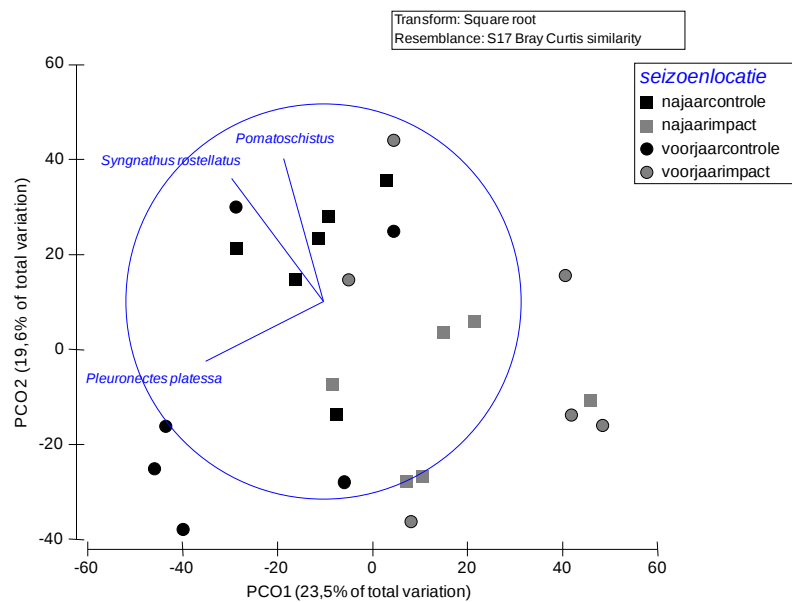


Figuur 27. Soortensamenstelling T_0 intertidaal per seizoen per gebied



Figuur 28. Soortensamenstelling T_0 subtidaal per seizoen per gebied

Multivariate analyse

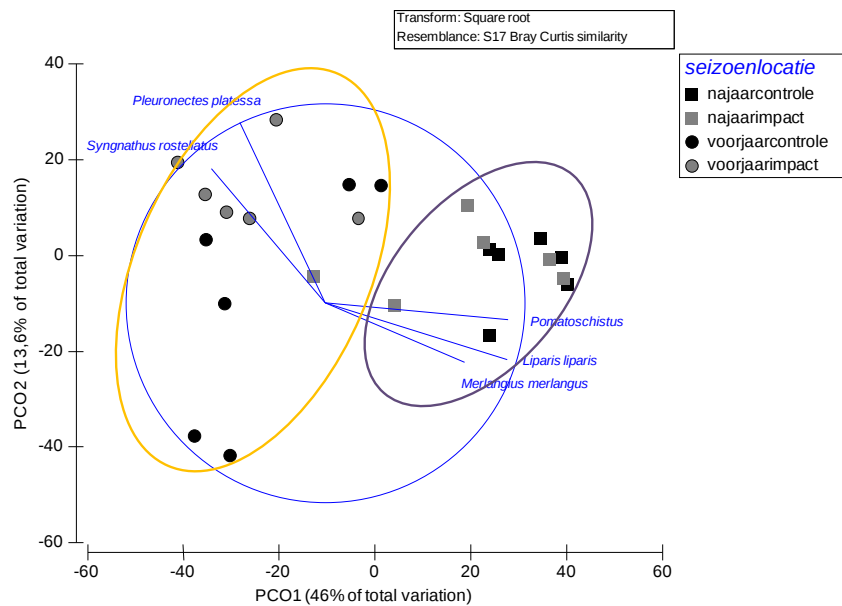


Figuur 29. PCO plot gebaseerd op de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van demersale vis in het intertidaal. Elk punt stelt een afzonderlijk staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0.7 worden weergegeven.

In **het intertidaal** zijn er significante verschillen ($p < 0.05$) in de gemeenschapsstructuur tussen seizoen, gebied en de interactiefactor. Uit de pairwise testen blijkt dat er zowel in het najaar ($p = 0.004$) als in het voorjaar ($p = 0.0122$) een significant verschil is tussen het controlegebied en het impactgebied. Daarnaast is er zowel in het controlegebied als in het impactgebied een significant verschil ($p < 0.05$) tussen de seizoenen. Dit is ook te zien in de PCO plot waar elke groep uit de legende min of meer samenclustert. Wel dient opgemerkt te worden dat slechts 43.1% van de totale variatie kan verklaard worden door de twee eerste assen van de PCO.

Uit de SIMPERtest blijkt dat de dissimilariteit tussen controle en impact 75,48% bedraagt en dat voornamelijk de grondel, schol en de kleine zeenaald hiervoor verantwoordelijk zijn. In het controlegebied in het najaar 2013 komen grote densiteiten grondel voor terwijl slechts een aantal individuen werden aangetroffen in het voorjaar van 2014. In het impactgebied in het najaar van 2013 werd geen enkele grondel aangetroffen.

De PERMANOVA analyse voor **het subtidaal** geeft enkel een significant verschil voor de factor seizoen. Dit patroon is ook zichtbaar in onderstaande PCO (Figuur 30). Uit de vectoroverlay is te zien dat *Pomatoschistus sp.*, *Liparis liparis* en *Merlangius merlangius* vooral in de najaarsstalen voorkwamen terwijl *Pleuronectes platessa* en *Syngnathus rostellatus* vooral in het voorjaar waargenomen is. Er is 50,08% dissimilariteit tussen controle en impact wat voornamelijk veroorzaakt wordt door hogere densiteiten *Pomatoschistus sp.* en *Solea solea* in het voorjaar van 2013 en hogere densiteiten *Pleuronectes platessa* in het voorjaar van 2014.



Figuur 30. PCO plot gebaseerd op de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van demersale vis in het subtidaal. Elk punt stelt een afzonderlijk staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0.7 worden weergegeven.

Tabel 40. Dissimilariteit tussen controle en impact en de contributie van de soorten in het intertidaal en het subtidaal (SIMPER)

	% dissimilariteit	soorten
IT	75,48	<i>Pomatoschistus sp.</i> (22.59%), <i>Pleuronectes platessa</i> (19.59%), <i>Syngnathus rostellatus</i> (13.91%)
SU	50.08	<i>Pomatoschistus sp.</i> (30.74%), <i>Pleuronectes platessa</i> (13.35%), <i>Solea solea</i> (8,86%)

3.5.2 T₀ versus T₁ – Impact-evaluatie

Algemene kenmerken fauna

In totaal zijn in het najaar 29 taxa gevonden: 23 taxa werden geteld in T₀ (najaar 2013) (8 IT en 14 SU) en 22 in T₁ (najaar 2014) (waarvan 6 IT en 19 SU).

In de onderstaande grafieken wordt een visuele voorstelling gegeven van een aantal biologische parameters telkens voor en na de suppletie (nj2013 vs. nj2014) voor zowel het subtidaal als het intertidaal. Algemeen is het subtidaal rijker dan het intertidaal (9 taxa vs. 28 taxa).

Tabel 41. Algemene patronen in densiteit en diversiteit met standaardfout per gebied, per jaar voor demersale vis in het intertidaal T₀ vs T₁

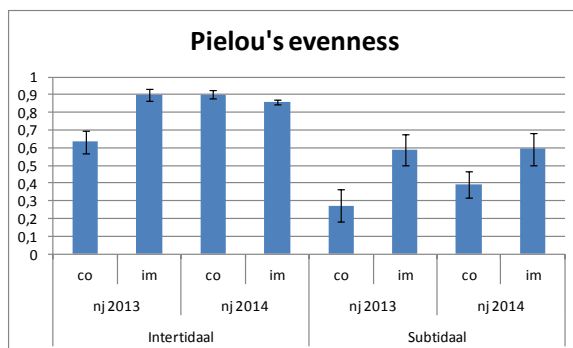
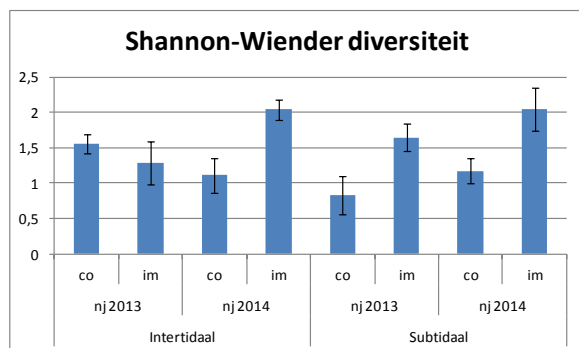
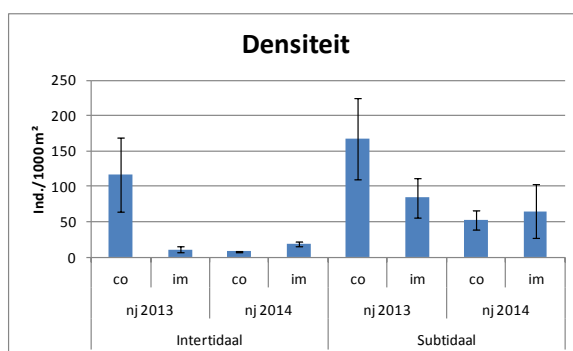
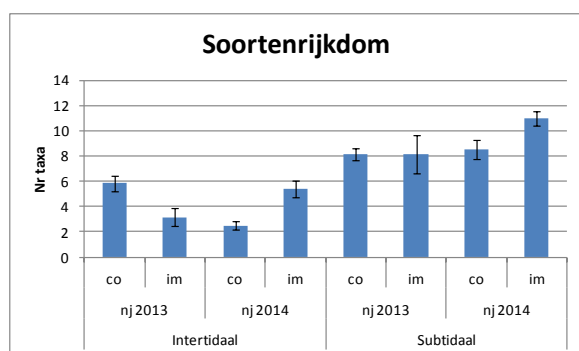
T ₀ - T ₁	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	H	J'
INTERTIDAAAL						
najaar 2013	controle	8	5,83 ± 0,6	116,27 ± 52,38	1,56 ± 0,13	0,63 ± 0,06
	Impact	6	3,17 ± 0,7	10,83 ± 3,95	1,29 ± 0,3	0,9 ± 0,03
najaar 2014	Controle	4	2,5 ± 0,34	7,92 ± 1,36	1,11 ± 0,25	0,9 ± 0,03
	Impact	8	4,5 ± 1,09	15,4 ± 4,20	1,7 ± 0,36	0,86 ± 0,02

In het **intertidaal** zijn de gebieden in T₀ rijker dan na de suppletie (T₁) in het bijzonder op basis van de diversiteit. Dit verschil wordt veroorzaakt door een grote hoeveelheid grondels in het controlegebied van 2013.

In het **subtidaal** is het najaar 2014 iets rijker dan het najaar van 2013. Een aantal taxa zoals de spiering, grondel, schol en tong komen in zowat alle stalen voor. De densiteit in 2013 is hoger dan in 2014. Dit wordt veroorzaakt door een groot aantal grondels in het controlegebied in 2013.

Tabel 42. Algemene patronen in densiteit en diversiteit met standaardfout per gebied, per jaar voor demersale vis in het subtidaal T₀ vs T₁

T ₀ -T ₁	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	H	J'
SUBTIDAAL						
najaar 2013	Controle	14	8,17 ± 0,48	167,81 ± 57,17	0,83 ± 0,28	0,27 ± 0,09
	Impact	16	8,17 ± 1,51	83,88 ± 28,15	1,65 ± 0,19	0,59 ± 0,09
najaar 2014	Controle	18	8,5 ± 0,76	51,85 ± 13,48	1,17 ± 0,18	0,39 ± 0,07
	Impact	19	11 ± 0,58	65,04 ± 38,32	2,04 ± 0,31	0,59 ± 0,09



We testen statistisch of de verschillen die we in de bovenstaande tabellen en figuren zien significant zijn aan de hand van de factoren locatie (impact/controle), jaar (T₀ najaar 2013 en T₁ najaar 2014) en hun interactie.

In **het intertidaal** is er telkens een significant verschil tussen de interactie locatie x jaar. Dit wil zeggen dat er binnen de groep jaar (2013 vs 2014) en/of gebied (impact vs controle) ook een significant verschil waar te nemen is. Met een paarsgewijze tekst gaan we per parameter na aan wat dit te wijten is. Hieruit blijkt dat er voor de meeste variabelen (uitzondering H') een significant verschil is tussen de jaren in het controlegebied maar niet in het impactgebied. Daarnaast is ook te zien dat er zowel in 2013 als in 2014 een significant verschil ($p < 0,05$) is tussen beide gebieden (co/im) (Tabel 44). Zowel bij soortenrijkdom, densiteit en Pielou's evenness is er binnen het controlegebied een significant verschil tussen de twee jaren en binnen 2013 een significant verschil tussen controle en impactgebied. Verder is er voor soortenrijkdom en de Shannon-Wiener index een significant verschil tussen controle en impactgebied.

In **het subtidaal** zijn er voor soortenrijkdom en densiteit geen significante verschillen waar te nemen voor de factor locatie, jaar of de interactie. Voor de twee diversiteitsindices is er enkel een significant verschil ($p < 0,05$) waar te nemen voor de factor locatie (tussen het controle – en het impactgebied).

Tabel 43. Overzicht van de significantiewaarden voor de factoren locatie en jaar. *two-way anova; ° 2 stalen verwijderd om J' te kunnen berekenen De rode waarden zijn significant ($p < 0.05$).

	Locatie x jaar	Locatie (C/I)	Jaar (Before/After)
INTERTIDAAL			
Soortenrijkdom (S)	0,0004	0,841	0,3721
Densiteit (N)	0,0023	0,0305	0,0149
J' °	0,0014	0,0143	0,0138
H	0,014	0,1726	0,5103
SUBTIDAAL			
Soortenrijkdom (S)	0,1899	0,2015	0,1003
Densiteit (N)	0,2188	0,3638	0,0888
J'	0,5209	0,0086	0,4717
H	0,9214	0,0034	0,1491

Tabel 44. resultaat (p-waarden) van de paarsgewijze testen voor verschillende biologische variabelen. De rode waarden zijn significant ($p < 0.05$)

S	<i>binnen controle</i>	<i>binnen impact</i>
2013/2014	$p(\text{mc})=0,001$	$p(\text{mc})=0,0593$
	<i>binnen 2013</i>	<i>binnen 2014</i>
co/im	$p(\text{mc})=0,0161$	$p(\text{mc})=0,0043$

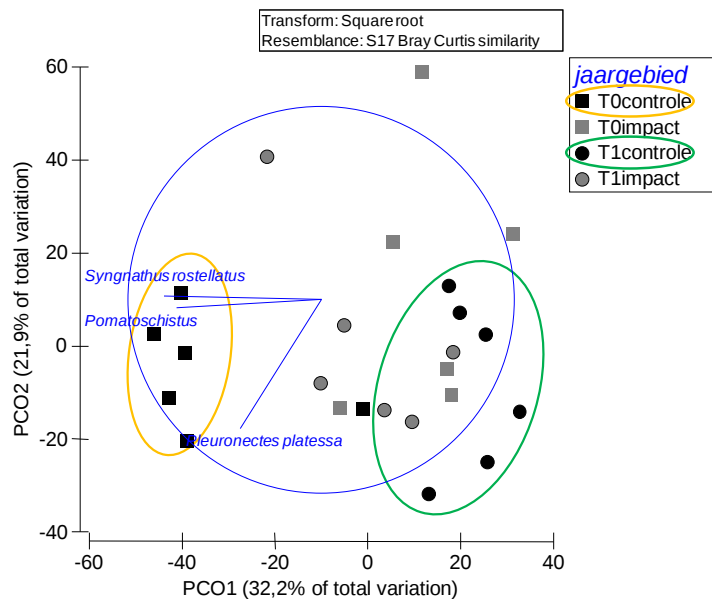
H	<i>binnen controle</i>	<i>binnen impact</i>
2013/2014	$p=0,1304$	$p(\text{mc})=0,0551$
	<i>binnen 2013</i>	<i>binnen 2014</i>
co/im	$p=0,4772$	$p=0,0019$

N	<i>binnen controle</i>	<i>binnen impact</i>
2013/2014	$p=0,0024$	$p(\text{mc})=0,194$
	<i>binnen 2013</i>	<i>binnen 2014</i>
co/im	$p=0,0054$	$p(\text{mc})=0,0133$

J'	<i>binnen controle</i>	<i>binnen impact</i>
2013/2014	$p=0,0045$	$p(\text{mc})=0,3575$
	<i>binnen 2013</i>	<i>binnen 2014</i>
co/im	$p=0,0063$	$p=0,2182$

Multivariate analyse

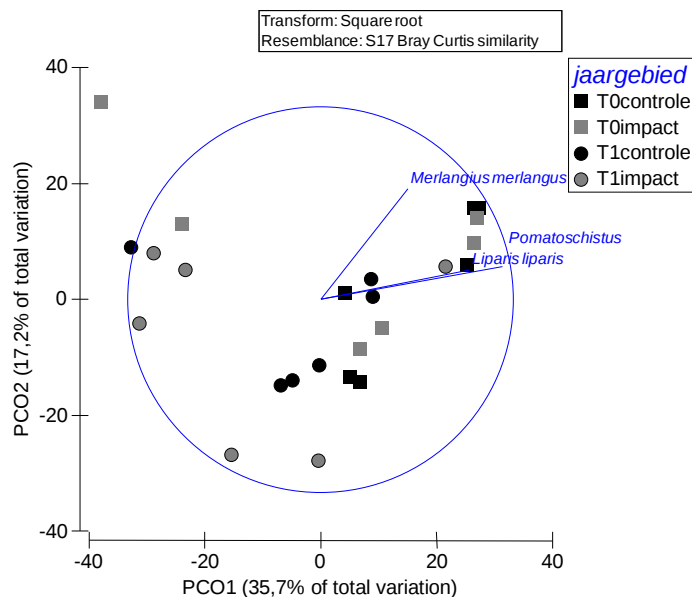
Een PERMANOVA analyse met als input de vierkantswortel getransformeerde densiteitsmatrix op basis van a priori gedefinieerde groepen gebied (controle, impact) en jaar (T_0 , nj 2013 en T_1 , nj 2014) toont voor het **intertidaal** significante verschillen in de soortengemeenschap tussen zowel jaar, gebied als de interactie. Een pairwise test toont geen significant verschil in het impactgebied ($p=0.1757$) tussen beide jaren maar wel in het controlegebied ($p=0.0025$). Dit is ook zichtbaar in onderstaande PCO. Verschillen tussen beide jaren in het controlegebied zijn hoofdzakelijk veroorzaakt door densiteitsverschillen van het dominante taxa *Pomatoschistus sp.* en *Pleuronectes platessa*. Dit is te zien op de vector overlay in de PCO plot en blijkt ook uit de SIMPER analyse waarbij de dissimilariteit tussen nj2013 en nj2014 berekend wordt.



Figuur 31. PCO plot gebaseerd op de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van demersale vis in het subtidaal. Elk punt stelt een afzonderlijk staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0.7 worden weergegeven. De ellipsen tonen de controlepunten in het controlegebied (geel) en het impactgebied (groen)

Voor **het subtidaal** is er een significant verschil tussen de verschillende jaren ($p=0.0021$) en de verschillende gebieden ($p=0.0246$) maar niet voor de interactiefactor ($p=0.0922$). Uit de PCO plot (Figuur 32) is er geen duidelijk patroon waar te nemen. De dissimilariteit (

Tabel 45) tussen T_0 en T_1 is 50.03% en wordt vooral veroorzaakt door de dichtheidsverschillen voor *Pomatoschistus* sp. In 1 gebied en 1 jaar werd een groot aantal grondels aangetroffen.



Figuur 32. PCO plot gebaseerd op de vierkantswortel getransformeerde dichtheidsdata van demersale vis in het subtidaal. Elk punt stelt een afzonderlijk staal voor. Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0.7 worden weergegeven.

Tabel 45. Dissimilariteit tussen najaar 2013 en najaar 2014 en de contributie van de soorten in het intertidaal en het subtidaal (SIMPER)

	% dissimilariteit	soorten
IT	63.89	<i>Pomatoschistus sp.</i> (18.92%), <i>Pleuronectes platessa</i> (16.10%), <i>Scophthalmus sp.</i> (13.23%)
SU	50.03	<i>Pomatoschistus sp.</i> (32.65%), <i>Liparis liparis</i> (8.41%), <i>Solea solea</i> (8%)

3.5.3 BEQI indicator demersale vis

Voor de evaluatie van demersale vis met de BEQI methode, hebben we de parameter biomassa niet meegenomen (vis niet gewogen). In het **intertidaal** werden er zowel tussen impact en controle als in de tijd verschillen waargenomen. Hier is het vooral de factor densiteit die het verschil bepaald, wat te wijten is aan een verschil in het voorkomen van de grondels tussen impact en controle. In het controlegebied was de T_0 veel rijker aan soorten en waren er hogere densiteiten demersale vis (vooral grondel en spiering) dan in de T_1 .

In het **subtidaal** is er niet echt een verschil tussen impact en controle of in de loop van de tijd waar te nemen. Alle geanalyseerde karakteristieken zijn sterk gelijkend.

Tabel 46. BEQI scores per staalname tussen impact en controle voor het intertidaal en subtidaal voor demersale vis.

Intertidaal				
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Gemiddelde score
Najaar 2013	0,573	0,514	0,156	0,414
Voorjaar 2014	0,719	0,667	0,338	0,575
Najaar 2014	0,597	1	0,311	0,636
Subtidaal				
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Gemiddelde score
Najaar 2013	0,595	1	0,632	0,742
Voorjaar 2014	0,673	1	0,839	0,837
Najaar 2014	0,755	1	0,739	0,831

Tabel 47. BEQI scores voor controle en impact tussen T_0 en T_1 (najaar) voor het intertidaal en het subtidaal voor demersale vis.

Intertidaal				
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Gemiddelde score
Controle	0,466	0,343	0,114	0,308
Impact	0,854	1	0,723	0,859
Subtidaal				
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Gemiddelde score
Controle	0,572	1	0,416	0,663
Impact	0,671	1	0,795	0,822

3.6 Hyperbenthos

3.6.1 T₀

Algemene kenmerken fauna

In de T₀ situatie werden in totaal 98 taxa teruggevonden: 77 taxa werden geteld in najaar 2013 (61 taxa intertidaal en 48 taxa subtidaal), in het voorjaar 2014 werden 63 taxa (53 taxa intertidaal en 38 taxa subtidaal) waargenomen. Het maximum aantal taxa aangetroffen in één staal in het najaar was 30 in het intertidaal en 23 in het subtidaal. Dit is iets hoger dan in het voorjaar (maximaal 26 taxa in het intertidaal, 24 taxa in het subtidaal).

Tabel 48 toont het totaal aantal taxa en de gemiddelde densiteit (N/100m²) in het inter- en subtidaal, en voor het controle en impact gebied apart. Tabel 49 en Tabel 50 geven een overzicht van het totaal aantal taxa per locatie, de soortenrijkdom (= gemiddeld aantal taxa per staal), de gemiddelde densiteit (N/100m²), biomassa/100m², H en J'.

Tabel 48. Totaal aantal taxa en de gemiddelde densiteit (N/100m²) in het intertidaal en het subtidaal

T ₀	Tot. aantal taxa	Gem. densiteit (N/100 m ²)	Gebied	Tot. aantal taxa	Gem. densiteit (N/100 m ²)
Intertidaal	81	1091±357	impact	59	981±289
			controle	65	1203±426
Subtidaal	61	820±71	impact	52	761±79
			controle	46	879±63

Tabel 49. Algemene patronen in aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom, H' en J), densiteit en biomassa met standaardfout per gebied per seizoen voor hyperbenthos in het intertidaal

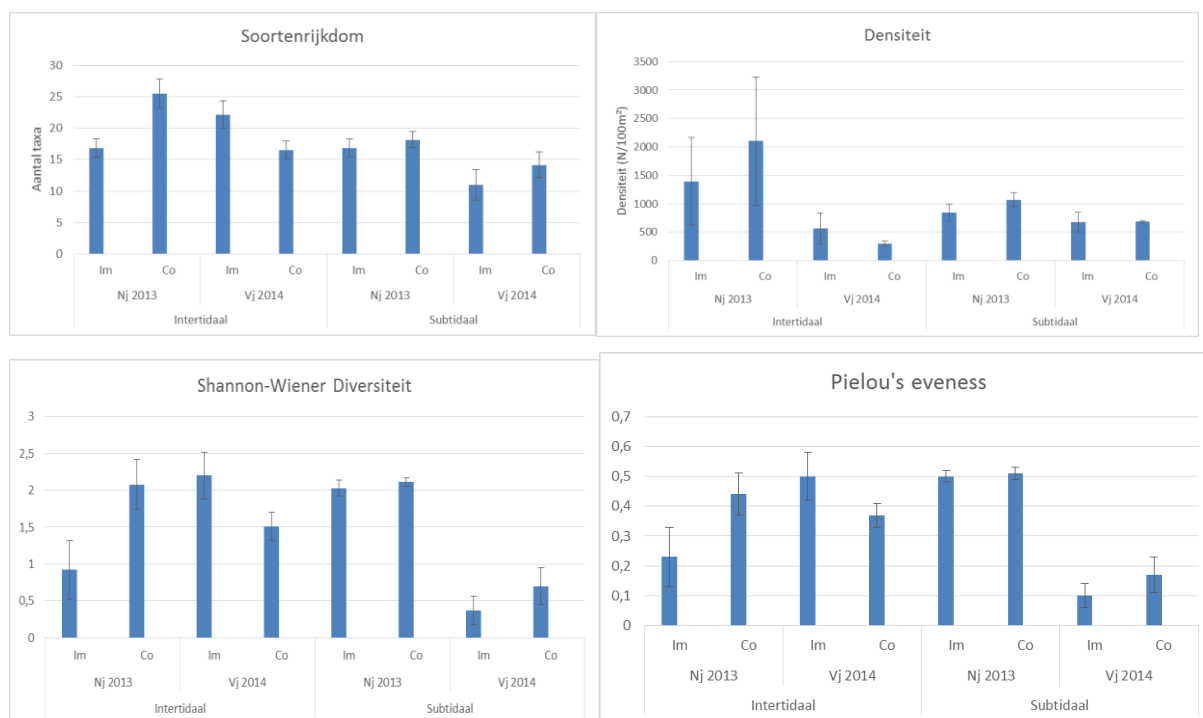
T ₀	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	Biomassa	H	J'
INTERTIDAAL							
najaar 2013	Impact	36	16.83±1.49	1396±768	8.49±3.59	0.92±0.40	0.23±0.10
	Controle	55	25.50±2.25	2103±1126	95.52±41.43	2.08±0.34	0.44±0.07
voorjaar 2014	Impact	44	22.17±2.13	565±271	10.91±5.10	2.20±0.32	0.50±0.08
	Controle	33	16.50±1.41	302±40	3.51±1.29	1.51±0.19	0.37±0.04

Tabel 50. Algemene patronen in aantal taxa, diversiteit (soortenrijkdom, H' en J), densiteit en biomassa met standaardfout per gebied per seizoen voor hyperbenthos in het subtidaal

T ₀	Gebied	Totaal aantal taxa	Soortenrijkdom	Densiteit	Biomassa	H	J'
SUBTIDAAL							
najaar 2013	Impact	38	16.83±1.40	844±148	127.27±48.16	2.03±0.11	0.50±0.02

	Controle	35	18.17±1.30	1072±123	310.11±70.57	2.11±0.06	0.51±0.02
voorjaar 2014	Impact	31	11.00±2.46	679±174	6.82±1.50	0.37±0.19	0.10±0.04
	Controle	31	14.17±2.07	686±17	8.59±2.00	0.70±0.25	0.17±0.06

Onderstaande grafieken (Figuur 33) visualiseren enkele van deze biotische waarden voor het inter- en subtidaal voor beide locaties (controle/impact) en de twee seizoenen in de T₀-situatie (najaar 2013 en voorjaar 2014) (zie ook Tabel 49 en Tabel 50).



Figuur 33. Gemiddelde soortenrijkdom, densiteit, Shannon-Wiener diversiteit en Pielou's evenness ± standaardfout in het intertidaal en subtidaal per locatie en seizoen in T₀

We testen statistisch of de verschillen die we zien in bovenstaande tabellen en figuren significant zijn, adhv de factoren locatie (impact/controle) en seizoenen (T₀ najaar 2013 en T₀ voorjaar 2014) en hun interactie. Tabel 51 geeft een overzicht van de p-waarden.

Tabel 51. Overzicht van de significantie-waarden voor de factoren (locatie en seizoen). De rode waarden zijn significant (p<0.05)

INTERTIDAAL	locatie x seizoen	locatie (C/I)	seizoen
Soortenrijkdom S	0.002	0.416	0.351
Densiteit N*	0.4901	0.4284	0.1440
Biomassa*	0.0460	0.0992	0.0292
J'*	0.0326	0.5659	0.1789
H*	0.0093	0.4772	0.2875
SUBTIDAAL	locatie x seizoen	Locatie (C/I)	seizoen
Soortenrijkdom S*	0.3707	0.1514	0.0080
Densiteit N*	0.4216	0.3914	0.0544
Biomassa*	0.6536	0.0695	3.997e-08
J'*	0.4086	0.3835	7.927e-06
H*	0.3619	0.3016	1.277e-05

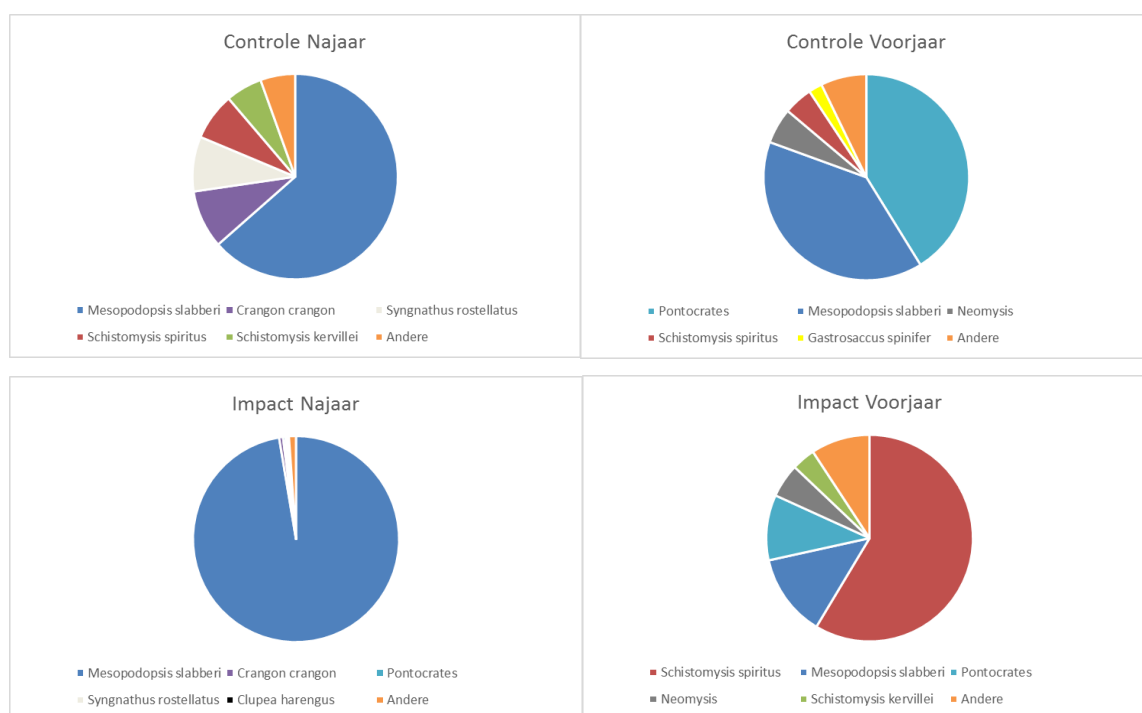
We zien dat de densiteiten zowel in het intertidaal als subtidaal niet significant verschillen. De densiteiten zijn in het najaar 2013 wel zeer hoog, maar ook zeer variabel (hoge standaardfout). In **het intertidaal** tonen de diversiteitsvariabelen (aantal taxa, J' en H) en de biomassa een significante interactie. Hiervoor wordt nog een pairwise test uitgevoerd voor de interactieterm met als factor locatie. Wat het aantal taxa betreft zien we dat in het najaar het controlegebied significant meer taxa heeft dan het impactgebied ($P(MC) = 0.009$). In het voorjaar zien we een omgekeerde trend ($P(MC) = 0.049$). Biomassa en beide diversiteitsindices tonen in beide seizoenen geen significant verschil tussen controle en impact gebied (biomassa: najaar p adj = 0.0578, voorjaar: p adj = 0.9919; H : najaar p adj = 0.0826; voorjaar p adj = 0.4431 en J' : najaar p adj = 0.2082 en voorjaar p adj = 0.6272). In het controlegebied is de biomassa significant hoger in het najaar 2013 (p adj = 0.0231). Dit komt door zeer hoge aantallen grijze garnaal (*Crangon crangon*). Dit verschil vinden we niet in het impactgebied (p adj = 0.9986). Daar vinden we voornamelijk aasgarnalen terug. De diversiteitsindices zijn in het impactgebied (bijna) significant lager in het najaar dan in het voorjaar (H' : p adj = 0.0491 J : p adj = 0.0732). Dit is te wijten aan de dominantie van de aasgarnaal *Mesopodopsis slabberi*. We vinden dit niet terug in het controlegebied (H : p adj = 0.5961; J' : p adj = 0.9181).

In **het subtidaal** is de diversiteit (aantal taxa, J' en H) en de biomassa significant verschillend voor de factor seizoen. Deze waarden zijn voor beide stranden hoger voor het najaar dan het voorjaar. Dit is te wijten aan de dominantie van de aasgarnaal *Mesopodopsis slabberi* in het voorjaar voor beide stranden.

Soortensamenstelling

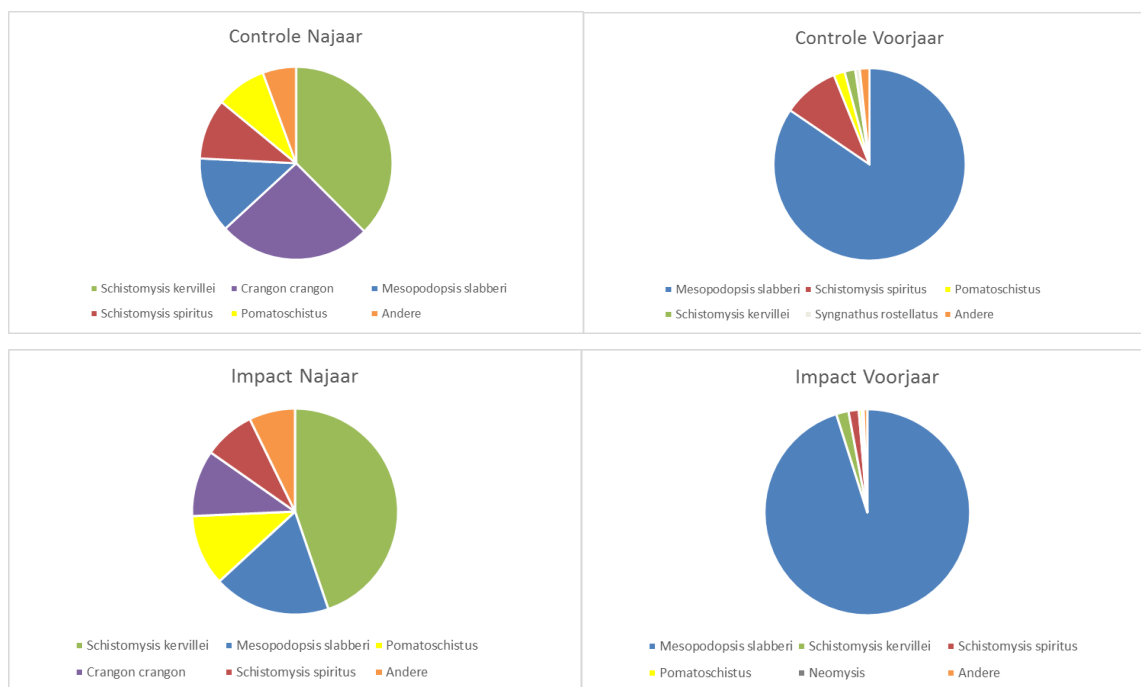
De dominantie van de soorten die we hierboven terugvinden, worden gevisualiseerd in onderstaande grafieken die een overzicht geven van de soortensamenstelling in het intertidaal (Figuur 34) en subtidaal (Figuur 35) voor het impact en controle strand in voor- en najaar.

In **het intertidaal** in het najaar (links) zien we een duidelijke dominantie van de aasgarnaal *Mesopodopsis slabberi* in het controle gebied en nog meer uitgesproken in het impact gebied. In het voorjaar neemt de relatieve abundantie van deze aasgarnaal af. We zien de aanwezigheid van de grijze garnaal in het controlegebied in het najaar die de hoge biomassa verklaart.



Figuur 34. Soortensamenstelling Intertidaal

In **het subtidaal** zien we eigenlijk net het tegenovergestelde patroon: het voorjaar toont een sterke dominantie van *Mesopodopsis slabberi*, terwijl de relatieve abundantie van deze aasgarnaal in het najaar voor beide locatie sterk afneemt.



Figuur 35. Soortensamenstelling Subtidaal

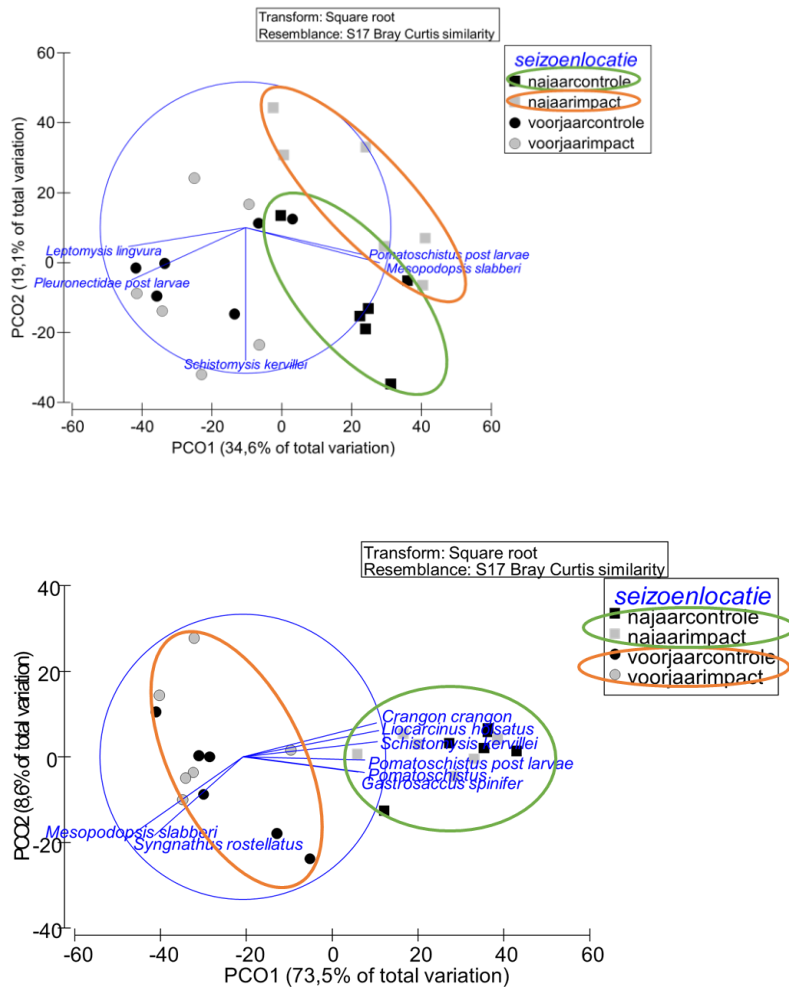
Onderstaande tabellen geven een overzicht van de 10 meest voorkomende taxa in het intertidaal en het subtidaal (Tabel 52) en hun percentage van voorkomen in de stalen. In het intertidaal komt de Kleine Zeenaald (*Syngnathus rostellatus*) in alle stalen voor. De aasgarnaal *Mesopodopsis slabberi* en de amphipode *Pontocrates sp.* in 95.8% van de stalen. In het subtidaal komen de aasgarnalen *Mesopodopsis slabberi* en *Schistomysis spiritus* en de grondel *Pomatoschistus sp.* in alle stalen voor.

Tabel 52. Overzicht van de 10 meest voorkomende taxa in het intertidaal, inclusief het percentage van voorkomen in de stalen

Intertidaal		Subtidaal	
Aangetroffen taxa	% voorkomen in stalen	Aangetroffen taxa	% voorkomen in stalen
<i>Syngnathus rostellatus</i>	100	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	100
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	95.8	<i>Schistomysis spiritus</i>	100
<i>Pontocrates</i>	95.8	<i>Pomatoschistus</i>	100
<i>Crangon crangon</i>	91.7	<i>Schistomysis kervillei</i>	87.5
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	87.5	<i>Syngnathus rostellatus</i>	83.3
<i>Schistomysis spiritus</i>	79.2	<i>Neomysis</i>	79.2
<i>Eurydice pulchra</i>	75.0	<i>Pomatoschistus post larvae</i>	79.2
<i>Neomysis</i>	70.8	<i>Crangon crangon</i>	75.0
<i>Schistomysis kervillei</i>	66.7	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	70.8
<i>Brachyura megalopa</i>	58.3	<i>Gammarus</i>	62.5

Multivariate analyse

Onderstaande PCO plots (Figuur 36) tonen de spreiding van de stalen voor de seizoenen en locaties in de T₀ situatie (intertidaal: boven, subtidaal: onder). Vector overlay is gebaseerd op multiple correlatie en enkel soorten met correlatie > 0.8 worden weergegeven.



Figuur 36. PCO plot IT (boven) en SU (onder)

In de T_0 situatie zijn we vooral geïnteresseerd in de dissimilariteit tussen impact- en controlegebied. In **het intertidaal** toont een SIMPER test dat de dissimilariteit tussen impact en controle (over de seizoenen heen) gelijk is aan 58.85. Onderstaande tabel (Tabel 53) geeft weer welke soorten voornamelijk bijdragen tot deze dissimilariteit. Als we de gemeenschappen statistisch testen zien we een significante interactie ($p = 0.001$). Een pairwise test toont dat er in het najaar een significant verschil is tussen impact en controle ($p(\text{MC}) = 0.028$). Dit komt door de dominantie van *Mesopodopsis slabberi* in het impactgebied. Dit vinden we niet terug in het voorjaar ($p(\text{MC}) = 0.108$). We willen wel nog vermelden dat er zowel in het controle- als impactgebied een significant verschil is tussen de seizoenen (resp. $p(\text{MC}) = 0.003$ en $p(\text{MC}) = 0.005$). Dit wordt duidelijk gevisualiseerd in bovenste PCO (we zien dat de stalen van het voorjaar en najaar apart gegroepeerd liggen) en een SIMPER test van 73.12. Onderstaande tabel geeft weer welke soorten voornamelijk bijdragen tot deze dissimilariteit. De soorten rechts in de grafiek hebben hogere abundanties in het najaar, deze links in de grafiek in het voorjaar.

In **het subtidaal** toont een SIMPER test een lage dissimilariteit tussen impact en controle (30.43). Onderstaande tabel (Tabel 53) geeft weer welke soorten voornamelijk bijdragen tot deze dissimilariteit (drie aasgarnalen). Als we de gemeenschappen statistisch testen, wordt ook geen significant verschil teruggevonden tussen de gebieden. De PCO plot toont ons ook dat de stalen van controle- en impactgebied bij elkaar liggen. Het subtidaal toont enkel een significant verschil tussen de seizoenen over de locaties heen ($p = 0.001$). We zien dat de stalen van het voorjaar en najaar apart gegroepeerd liggen (zie PCO onder). Dit wordt ook getoond door een SIMPER test die een dissimilariteit geeft van 61.52. De soorten rechts op de grafiek hebben hoger abundanties in het najaar, deze links in het voorjaar.

Tabel 53. Dissimilariteit tussen controle en impact en de contributie van de soorten (SIMPER)

	Dissimilariteit	Soorten
IT	58.85	<i>Mesopodopsis slabberi</i> (22.02%), <i>Schistomysis spiritus</i> (10.86%) en <i>Syngnathus rostellatus</i> (6.94%)
SU	30.43	<i>Mesopodopsis slabberi</i> (19.59%), <i>Schistomysis spiritus</i> (14.08%) en <i>Schistomysis kervillei</i> (10,43%)

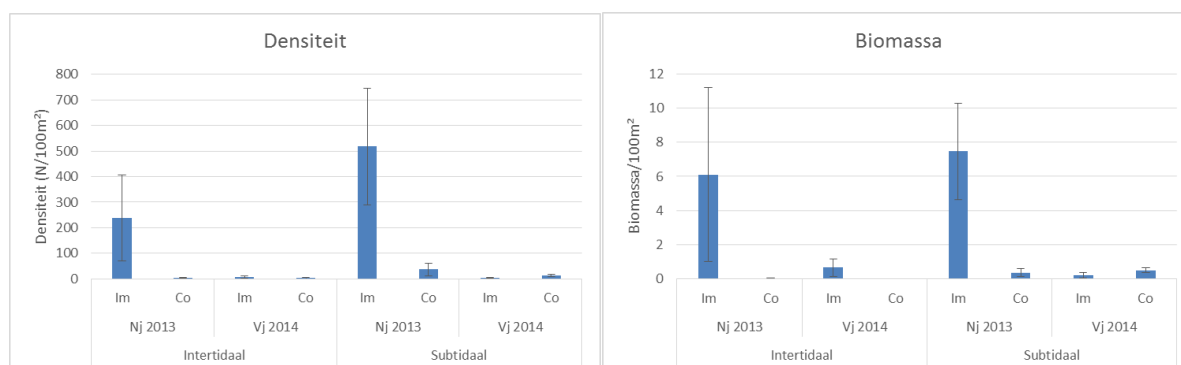
- Kwallen (gelatinouos zooplankton)

De kwallen werden gegroepeerd in Cnidaria (neteldieren, waaronder de schijfkwallen) en Ctenophora (ribkwallen). Hier kunnen we dan ook enkel de densiteit en biomassa bespreken en geen diversiteit. Onderstaande tabel (Tabel 54) geeft de gemiddelde waarden weer van densiteit (N/m²) en biomassa/m² voor het impact en controle gebied voor beide seizoenen. We kunnen stellen dat de waarden wellicht een onderschatting zijn, aangezien de kwallen vaak in vele stukjes uit elkaar vielen (voornamelijk het meloenkwalletje *Beroe gracilis*) en een exacte telling onmogelijk was. Ook het bepalen van wet weight op deze organismen is vrij random.

Tabel 54. Gemiddelde densiteit (N/m²) en biomassa/m² voor impact en controle gebied

T ₀	Gebied	Densiteit	Biomassa	Densiteit	Biomassa
		INTERTIDAAL		SUBTIDAAL	
najaar 2013	Impact	239±168	6.11±5.10	518±228	7.47±2,82
	Controle	3.08±1.71	0.03±0.01	36.45±25.00	0.37±0.23
voorjaar 2014	Impact	8±5	0.67±0,52	4.55±2.12	0.21±0,15
	Controle	3.04±2.79	0.008±0.007	12.47±3.92	0.52±0.16

Onderstaande grafieken visualiseren deze gemiddelde waarden (Figuur 37).

Figuur 37. Gemiddelde densiteit en biomassa ± standaardfout per locatie en gebied in T₀

We testen statistisch of de verschillen die we zien in bovenstaande tabellen en figuren significant zijn, adhv de factoren locatie (impact/controle) en seizoen (T₀ najaar 2013 en T₀ voorjaar 2014) en hun interactie. Tabel 55 geeft een overzicht van de p-waarden. We zien dat er in **het intertidaal** de densiteit significant verschilt voor de interactiefactor. Een pairwise test toont dat er in het najaar een significant verschil is tussen impact en controle

($p(\text{MC}) = 0.034$). In het voorjaar niet ($p(\text{MC}) = 0.394$). Dit is ook duidelijk te zien op Figuur 37 (links) en is te wijten aan een heel hoog aantal *Beroe gracilis* (Ctenophora) (in één staal, vandaar de grote standaardfout) in het impactgebied. De biomassa is voor beide seizoenen significant hoger in het impactgebied.

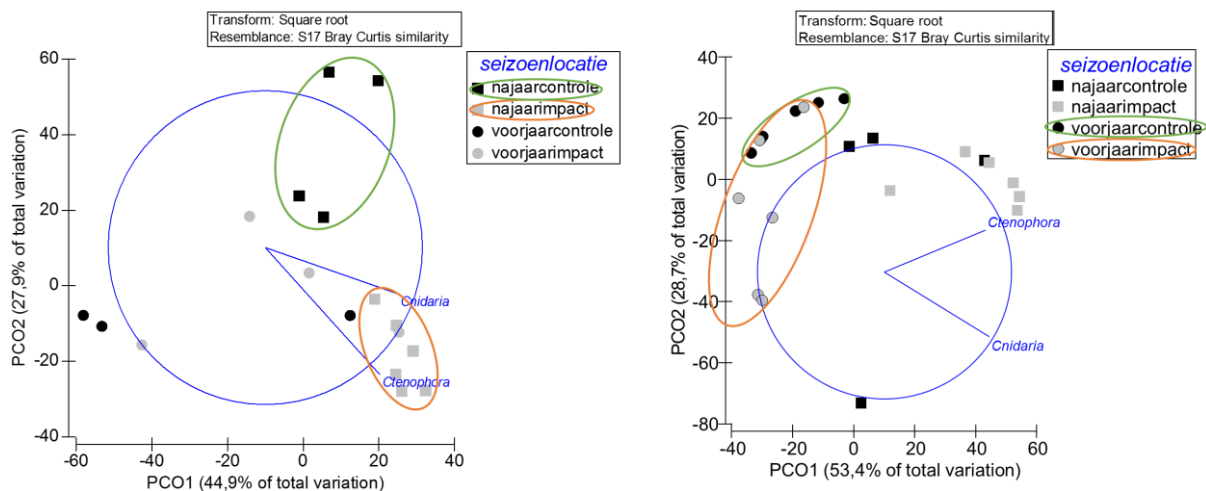
Voor **het subtidaal** is de interactie tussen periode en locatie significant (zie Tabel 55). Een pairwise test voor de significante interactieterm voor de factor locatie toont gelijke resultaten voor densiteit en biomassa. In het najaar zijn de densiteit en biomassa significant hoger in het impact gebied dan in het controlegebied ($p = 0,014$ en $0,012$ resp.). Dit is te wijten aan hele hoge aantallen *Beroe gracilis*. Het significante verschil verdwijnt in het voorjaar voor densiteit ($p(\text{MC}) = 0,066$), maar niet voor biomassa ($p(\text{MC}) = 0,09$) (zie ook Figuur 37).

Tabel 55. Gemiddelde densiteit (N/100m²) en biomassa/100m². De rode waarden zijn significant ($p < 0.05$)

INTERTIDAAAL	locatie x seizoen	Locatie (C/I)	seizoen
Densiteit	0.018	0.004	0.014
Biomassa	0.228	0.002	0.139
SUBTIDAAAL	locatie x seizoen	Locatie (C/I)	seizoen
Densiteit	0.004	0.008	0.003
Biomassa	0.006	0.027	0.011

Multivariate analyse

Om de gemeenschappen te analyseren maken we PCO plots (Figuur 38) die de spreiding tonen van de stalen voor de verschillende seizoenen en locaties (intertidaal: links en subtidaal: rechts). Lege stalen werden verwijderd voor de visualisatie.



Figuur 38. PCO plot van de densiteiten IT (links) en SU (rechts)

De statistiek toont een significante interactie seizoenxlocatie in **het intertidaal** ($p = 0.006$). Pairwise testen tonen dat in het najaar een significant verschil is tussen controle en impact ($p(\text{MC}) = 0.003$), in het voorjaar niet ($p(\text{MC}) = 0.148$) (zie ook Figuur 37). Een SIMPER test toont een dissimilariteit van 64.66 tussen controle en impact gebied over de seizoenen heen. Dit is voor 77.30% te wijten aan de Ctenophora (*Beroe gracilis*) die een veel hogere abundantie hebben in het impactgebied. Beide gebieden tonen een significant verschil tss voor- en najaar (controle: $p(\text{MC}) = 0.017$; impact: ($p(\text{MC}) = 0.023$) (zie Figuur 38).

De statistiek toont een significante interactie seizoenxlocatie in **het subtidaal** ($p = 0.008$). Pairwise testen tonen in het najaar geen significant verschil tussen controle en impact ($p(\text{MC}) = 0.084$), in het voorjaar wel ($p(\text{MC}) = 0.043$). Voor beide gebieden is er een significant verschil tussen voor- en najaar (impact: $p(\text{MC}) = 0.001$; controle: $p(\text{MC}) = 0.016$) (zie Figuur 38). In het subtidaal is er een dissimilariteit van 46.93 tussen controle en impact gebied (SIMPER). Dit is opnieuw voornamelijk aan de Ctenophora te wijten (74.57%) met een hogere abundantie in het impact gebied.

3.6.2 BEQI indicator hyperbenthos

Met de BEQI wordt er enkel een duidelijk verschil gevonden voor **het interdaal** in het najaar van 2013. Het aantal soorten is hoger in de controle en de biomassa is sterk verschillend door garnaal en kleine zeenaald. De densiteiten van beide soorten zijn veel hoger in het controlegebied. De densiteiten (alle taxa) zijn gelijkaardig (door de dominantie in densiteit van mysida). In **het subtidaal** zijn er geen opmerkelijke verschillen, behalve in biomassa in het najaar 2013. Het aantal taxa is licht hoger (3) in het impactgebied, terwijl densiteiten en vooral biomassa hoger is in het controlegebied door de grijze garnaal, *Schistomysis sp.* en de zwemkrab.

Tabel 56. BEQI scores per staalname tussen impact en controle voor het intertidaal en subtidaal voor hyperbenthos.

Intertidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Najaar 2013	0,585	0,554	0,823	0,105	0,517
Voorjaar 2014	0,626	1	0,418	0,431	0,619
Subtidaal					
	Similariteit	Aantal taxa	Densiteit	Biomass	Gemiddelde score
Najaar 2013	0,7	1	0,582	0,397	0,67
Voorjaar 2014	0,767	1	0,965	0,683	0,853

4 Discussie

In een eerste luik is nagegaan of het gekozen controlegebied (Bredene) een goede referentie is voor het impactgebied (Mariakerke). Daarnaast is ook gekeken naar de seizoenale verschillen. Wel moet opgemerkt worden dat er in januari 2014 een suppletie heeft plaatsgevonden op het strand van Mariakerke. Dit heeft als gevolg dat we voorjaar 2014 eigenlijk niet meer als onderdeel van de T_0 -situatie mogen beschouwen voor het intertidaal. Dit maakt het wel moeilijk om de seizoenale variatie van het suppletie effect te onderscheiden.

In een tweede luik proberen we die seizoenale variatie uit te sluiten om zo het potentiële effect van de vooroeversuppletie (april/mei 2014) na te gaan. Daarom vergelijken we de T_0 - T_1 situatie tussen het najaar 2013 en het najaar 2014. Wel moet opgemerkt worden dat er in de periode april/mei ook een strandsuppletie is uitgevoerd op het strand van Bredene (controlegebied). Intertidaal en subtidaal worden telkens apart besproken, aangezien dit twee verschillende habitats zijn.

4.1 Macrobenthos

INTERTIDAAL

In het voor- en najaar 2012 had het impactgebied algemeen hogere densiteiten dan het controlegebied, maar dit was nergens significant (Van den Eede et al. 2013). Algemeen waren de densiteit en soortenrijkdom lager in 2012 dan in onze studie. In het voorjaar 2014 zien we dat het aantal taxa, Shannon-Wiener diversiteitsindex en biomassa significant hoger zijn voor het controlegebied. In het najaar 2013 zien we dit enkel voor biomassa. Het significante verschil in biomassa in beide seizoenen is te wijten aan het voorkomen van *Macoma baltica* in het controlegebied en bijna niet in het impactgebied. Voor de densiteiten vinden we in beide seizoenen geen significant verschil tussen de locaties. De tegenstrijdige resultaten voor biomassa en densiteit kunnen we verklaren doordat de soort die vooral bijdraagt aan verschillen in biomassa de zware soort *Macoma balthica* is. De verschillen in de densiteit zijn te wijten aan soorten zoals *Scolelepis squamata*, *Eurydice* en *Haustorius arenarius* (gelijkaardige biomassa). De gemeenschappen verschillen niet significant tussen controle en impact in het najaar, maar wel in het voorjaar.

Afdeling kust informeerde ons over het feit dat op het strand van Mariakerke in januari 2014 een strandsuppletie werd uitgevoerd, waardoor de T_0 situatie in het voorjaar 2014 eigenlijk ook een T_1 situatie is, waar effecten van suppletie kunnen ondervonden worden. Met deze kennis kijken we ook naar de verschillen tussen de twee periodes (najaar 2013 en voorjaar 2014). In het controlegebied verschilt het aantal taxa en de diversiteitsindex niet significant tussen de twee periodes (resp. $p(\text{MC}) = 0.631$ en 0.083). Enkel de densiteiten verschillen significant, wat te wijten is aan hoge aantallen *Scolelepis squamata* in het najaar (2680 ind./m^2 t.o.v. 1159 ind./m^2 in het voorjaar). Dit is wellicht te wijten aan seizoenale variatie. In het impactgebied zijn het aantal taxa en de diversiteitsindex significant hoger in het najaar (resp. $p(\text{MC}) = 0.004$ en 0.02). De densiteit toont dezelfde trend door de dominantie van *Scolelepis squamata* (3138 ind./m^2). Dit wordt bevestigd door een significant lagere waarde voor Pielou Evenness in het najaar. Ook in het voor- en najaar van 2012 werd al veel *Scolelepis squamata* teruggevonden in het impactgebied (Van den Eede et al. 2013). Tijdens de staalname van het voorjaar 2014 werden slechts in 5 van de 15 stalen organismen teruggevonden. We zien dus grotere verschillen in het impactgebied tussen voor-en najaar dan in het controlegebied, wat te wijten is aan de strandsuppletie die uitgevoerd werd in januari 2014.

Het effect van deze strandsuppletie vinden we ook terug in de gemeenschappen, aangezien we daar geen significant verschil vinden tussen impact en controle in het najaar 2013, maar in het voorjaar 2014 wel. In het controlegebied vinden we geen significant verschil tussen de seizoenen ($p(\text{MC}) = 0.144$), terwijl de gemeenschap in het impactgebied sterk veranderd is in het voorjaar in vergelijking met het najaar ($p(\text{MC}) = 0.002$). *Scolelepis squamata* verdwijnt bijna volledig (densiteit: 19 ind./m^2) en wordt vervangen door *Bathyporeia sarsi*, *Eurydice pulchra* en *Bathyporeia pilosa*. Hoewel in andere studies reeds aangetoond werd dat al deze soorten beperkte hinder ondervinden van suppletie (Holzhauer et al. 2012 en Speybroeck 2007), blijkt dit hier niet zo te zijn voor *Scolelepis squamata*. *Macoma balthica* is volledig verdwenen in het impact gebied, terwijl er een toename is in het controlegebied. Ook een studie in Ameland toont aan dat het nonnetje zo goed als verdwijnt na een suppletie (Holzhauer et al. 2012).

Om seizoenale variatie uit te sluiten moeten we het effect van de suppletie nagaan, aan de hand van de situatie voor en na de suppletie in hetzelfde seizoen (najaar). Het mogelijke effect van de strandsuppletie die we terugvonden in het voorjaar 2014 vinden we niet meer terug in het najaar 2014 aangezien de interactie en periodes

niet significant verschillen. We zien enkel een significant verschil in biomassa tussen impact en controlegebied over de periodes heen. Dit verschil hadden we ook al in de T_0 situatie in het najaar en is te wijten aan het voorkomen van *Macoma balthica* in het controle en bijna niet in het impact gebied en dit is zo gebleven in T_1 najaar. We merken wel op dat *Macoma balthica* nog steeds verdwenen is in het impactgebied in het najaar 2014, terwijl de densiteiten van *Scolecopsis squamata* reeds toegenomen zijn (808 ind./m²). We zien een lichte daling in de biotische variabelen in het controlegebied, maar het is niet duidelijk of dit ligt aan natuurlijke variatie of lichte effecten van de suppletie op het hoogstrand na de Sinterklaasstorm in april 2014. Ook in de gemeenschappen kan geen significant effect teruggevonden worden door de suppletie (geen significante interactie). We zien enkel dat de locaties onderling verschillen zowel voor als na de suppletie en zowel voor impact als controle gebied is er een verschil tussen de twee periodes.

Deze patronen werden nagenoeg bevestigd door de BEQI indicator analyses. In het intertidaal habitat werd er een duidelijk verschil waargenomen in het voorjaar tussen controle en impact, terwijl deze gebieden in het najaar terug gelijkend waren. Enkel de biomassa van het benthos op het impactstrand is nog duidelijk verschillend met de controle en verschilt over de tijd (T_0 versus T_1).

SUBTIDAAL

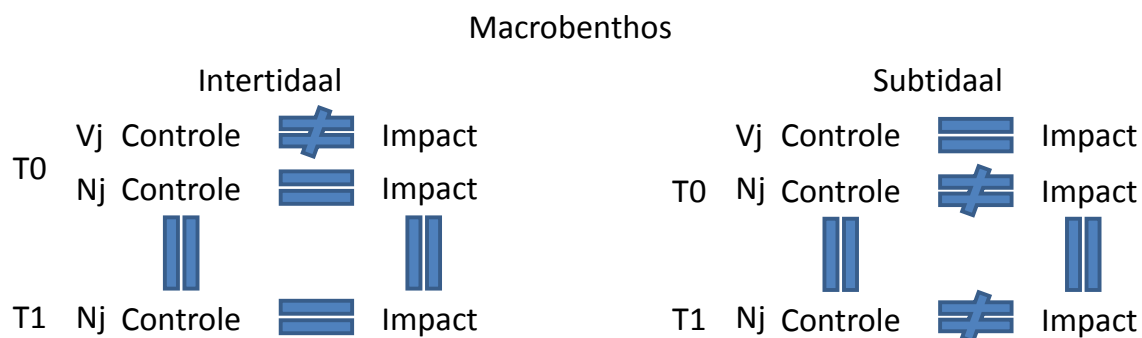
In het subtidaal is *Macoma balthica* zowel in adult als juveniel stadium de meest abundante soort in beide gebieden en seizoenen. Ook in de studie van Van den Eede et al. (2013) zorgde deze tweekleppige voor de algemeen hogere densiteiten in het impactgebied dan in het controlegebied, vooral in het voorjaar 2012. Het verschil in voorkomen van *Macoma balthica* tussen impact en controle is gerelateerd aan het fijner sediment in het impactgebied, welke meer geschikt is voor *Macoma balthica*. Hierdoor worden er hogere densiteiten van *Macoma balthica* waargenomen in het impactgebied. In deze studie zien we dat, naast de densiteit, ook het aantal taxa en de biomassa significant hoger zijn in het impactgebied dan in het controlegebied en dit voor beide seizoenen. In beide gebieden zien we een lichte daling van de biotische variabelen in het voorjaar ten opzichte van het najaar. Deze is echter niet significant (enkel voor het aantal taxa) maar ze is iets sterker in het impactgebied, wat wellicht wijst op een licht effect in de vooroever van de strandsuppletie van januari 2014 naast de seizoenale variatie, zoals in het controlegebied. De gemeenschappen verschillen tussen najaar en voorjaar voor beide gebieden (seizoenale variatie). Ze verschillen ook in beide seizoenen tussen de gebieden, wat voor 29.39% te wijten is aan *Macoma balthica* (adult + juveniel) met hogere abundanties in het impactgebied in beide seizoenen. We kunnen dus stellen dat de vooroever van beide stranden natuurlijke verschillen vertonen.

Als we kijken naar de situatie na de vooroeversuppletie van april/mei 2014 zien we dat de verschillen tussen controle en impact die we zien in de T_0 situatie blijven bestaan na de suppletie. Hetzelfde geldt voor de soortensamenstelling, welke verschilt tussen de twee periodes, maar dit is zowel voor het controle als het impact strand. Er werd tijdens de uitwerking van de T_1 stalen wel hoge aantallen aan jonge stadia van verschillende taxa waargenomen, wat bij toekomstige analyses dient apart bekeken te worden. Het bleek dat de vooroever van het impactgebied al iets rijker was aan macrobenthos fauna ten opzichte van het controle gebied, dat mogelijks zelf licht versterkt wordt door de suppletie. Dit kan doordat lichte verstoring een positief effect heeft op het ecosysteem (De Backer et al., 2014).

In het subtidaal geeft de indicator een verschil aan tussen controle en impactgebied zowel in het najaar T_0 als T_1 , door de abundantere aanwezigheid van *Macoma balthica* en *Abra alba* in het impact gebied. Over de tijd zijn zowel het controle als het impactgebied niet echt verschillend van elkaar.

BESLUIT

In de T_0 situatie kunnen we algemeen stellen dat het strand rijker is in het controlegebied, terwijl de vooroever rijker is in het impactgebied. In maart 2014 zien we dat het strand effecten ondervindt van de strandsuppletie die uitgevoerd werd in januari 2014: het impact strand is zeer arm en de gamschoornworm en het nonnetje verdwijnen bijna volledig. Ook in het najaar 2014 vinden we het nonnetje niet meer terug terwijl de gamschoornworm lijkt te herstellen en in densiteit toeneemt, maar niet in biomassa. Algemeen vinden we echter geen significante impact van de vooroeversuppletie op het macrobenthos intertidaal. In de vooroever blijven de verschillen tussen beide gebieden bestaan na de suppletie. Dus ook hier is niet direct een duidelijke invloed van de suppletie impact merkbaar. Deze patronen vonden we nagenoeg bevestigd door de indicator analyse.



Figuur 39. Schematisch overzicht van de BACI design resultaten voor macrobenthos

4.2 Epibenthos

INTERTIDAAL

In het intertidaal zijn de stalen in beide gebieden vooral door de grijze garnaal (*Crangon crangon*) gedomineerd. Er zijn geen significante verschillen waar te nemen tussen controle - en impactgebied voor de meeste verschillen. Enkel voor de parameter densiteit zijn er verschillen waar te nemen. In detail zien we dat er voor densiteit geen significante verschillen zijn tussen het controlegebied en het impactgebied in het voorjaar 2014. Er zijn wel significante verschillen in het najaar van 2013. Dit heeft vooral te maken met grotere aantallen grijze garnaal in het controlegebied (Bredene). Beide gebieden worden ook door quasi dezelfde soorten (grijze garnaal, zwemkrab (gewone en grijze), strandkrab) gedomineerd. Hieruit kunnen we besluiten dat het controlegebied een goede referentie vormt van het impactgebied. Daarnaast kunnen we ook besluiten dat de strand-suppletie in Mariakerke (januari 2014) geen aantoonbare invloed heeft gehad (in het voorjaar is het controlegebied immers gelijk aan het impactgebied op basis van alle parameters)

Er is algemeen veel seizoenale variatie tussen najaar 2013 en voorjaar 2014. Dit heeft vooral te maken met grote dichtheidsverschillen van de dominante soorten in tijd en ruimte (Beyst, 2001).

Wanneer de gegevens uit najaar 2013 met najaar 2014 tegenover mekaar worden gezet, zien we een significant verschil tussen beide jaren op basis van biomassa en de Shannon-Wiener index. Dit is opnieuw te wijten aan de grote hoeveelheden grijze garnaal in najaar 2013. Het is ook gekend dat het najaar 2013 een heel goede periode was voor de garnalenvangst (B.Verschueren, persoonlijke mededeling; persbericht FOD economie). Aan de hand van de multivariate analyse werd vastgesteld dat er een significant verschil is in de epibenthische gemeenschap tussen de verschillende jaren in het controlegebied maar niet in het impactgebied. Mogelijk kan dit een gevolg zijn van de strandsuppletie in Bredene in april/mei 2014 of van de hoge dichtheiden grijze garnaal in 2013. Op basis van deze gegevens kan geen duidelijk effect aangetoond worden van de vooroeversuppletie op de epibenthos gemeenschap in het intertidaal.

SUBTIDAAL

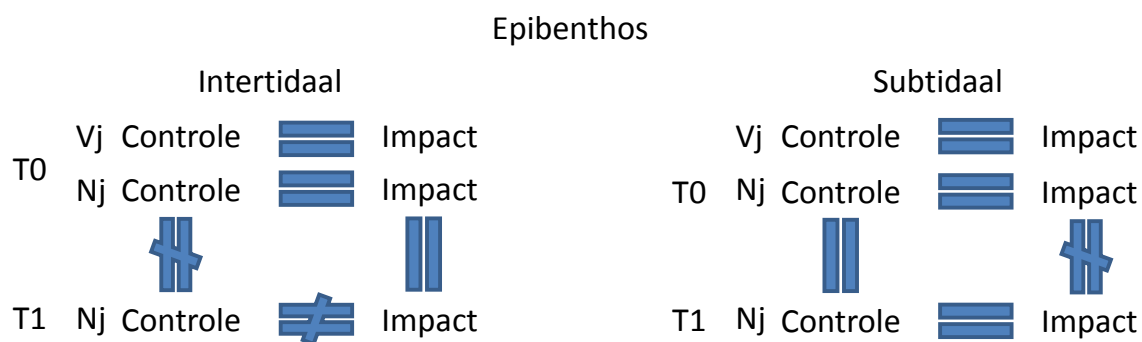
Het controlegebied verschilt significant van het impactgebied op basis van densiteit en biomassa. Dit wordt veroorzaakt door hogere dichtheiden van de dominante soorten in 1 van de gebieden. In het impactgebied (fijner sediment) worden hogere dichtheiden aan *Ophiura ophiura* (gewone slangster) en *Macoma balthica* (nonnetje) gevonden. Deze soorten zijn ook gelinkt aan fijner sediment. Ook voor de factor seizoen (voorjaar versus najaar) worden er significante verschillen gevonden op basis van densiteit en biomassa. Opnieuw liggen dichtheidsverschillen van een aantal dominante soorten aan de basis van deze verschillen. Ook bij de multivariate analyse blijkt dat de epibenthische gemeenschap significant verschilt in ruimte (controle versus impact) en tijd (voorjaar versus najaar). Toch zien we dat de beide gebieden gedomineerd worden door dezelfde soorten (grijze garnaal, gewone slangsterren en het nonnetje) en dat ze niet verschillen op basis van diversiteit. Hieruit kunnen we besluiten dat er seizoenale verschillen zijn en dat het controlegebied een goede referentie is van het impactgebied.

Om het effect van de vooroeversuppletie op het subtidaal na te gaan vergelijken we najaar 2013 met najaar 2014. Uit de gegevens blijkt dat er een significant verschil is voor de variabele biomassa. Als we in detail kijken, zien we dat het controlegebied van 2013 gelijk is aan het controlegebied van 2014 maar dat er wel een significant verschil is tussen beide jaren in het impactgebied. Uit een analyse van de gemeenschapsstructuur blijkt

dat zowel de gebieden (controle versus impact) als de jaren (2013 versus 2014) significant van mekaar verschillen. Het feit dat het impactgebied significant verschilt over de jaren kan wijzen op een potentieel effect van de vooroeversuppletie. We moeten ook rekening houden met de grote variatie van een aantal dominante soorten (*Macoma balthica*, *Crangon crangon*, *Ophiura ophiura*)

BESLUIT

Samengevat kunnen we voor het epibenthos besluiten dat beide systemen (controle en impact) gelijkaardig zijn qua soortensamenstelling, maar dat er vooral een dichtheidsverschil is. Dit wordt ook bevestigd door de BEQI indicator analyses. Dit dichtheitseffect speelt ook het sterkst in de tijd (tussen T_0 en T_1). Het intertidaal epibenthos in het controlegebied is veranderd in de tijd, terwijl in het subtidaal het epibenthos in het impactgebied licht is veranderd. Dit kan deels veroorzaakt zijn door lichte veranderingen (vb. afwezigheid van strandgeulstelsel wat de habitatdiversiteit doet dalen) door de uitgevoerde suppletiewerken (strandsuppletie in het impactgebied-Mariakerke in januari/februari 2014 en de strandsuppletie in het controlegebied-Bredene in maart/april 2014). Daarnaast heeft de natuurlijke ruimtelijke en temporele variatie een sterke invloed op de waargenomen patronen.



Figuur 40. Schematisch overzicht van de BACI design resultaten voor epibenthos

4.3 Demersale vis

Algemeen is er heel veel natuurlijke variatie zowel tussen de verschillende seizoenen als tussen de verschillende gebieden. Vis is ook zeer mobiel en kan zich snel aanpassen aan veranderende omstandigheden. Dit werd ook vastgesteld in het onderzoek naar ecologische effecten suppletie in Ameland (Holzhauer et al (2014)) en blijkt ook uit de resultaten van verschillende monitoringsstudies (Van Hoey et al., 2012). Dit maakt het moeilijk om het potentiële suppletie effect waar te nemen.

INTERTIDAAL

In het intertidaal is er veel variatie zowel seizoenaal als ruimtelijk. Het controlegebied Bredene verschilt significant van het impactgebied Mariakerke op basis van soortenrijkdom, dichtheid en Pielou's evenness. Een paarsgewijze test voor de parameter dichtheid toont aan dat het controlegebied gelijk is aan het impactgebied in het voorjaar 2014 maar dat er wel een significant verschil is tussen beide gebieden in najaar 2014. Vooral de verschillen in aantal grondels (*Pomatoschistus* sp.) zijn hiervoor verantwoordelijk. In het impactgebied van najaar 2013 werden geen grondels gevangen terwijl deze soort in grote dichtheiden voorkwam in het controlegebied in 2013. In het voorjaar werden in beide gebieden lage dichtheiden waargenomen. In het impactgebied in najaar 2013 werden ook verschillende kleine Pietermannen (*Echiichthys vipera*) gevonden terwijl deze soort afwezig was in het voorjaar in Mariakerke en ook volledig ontbreekt in Bredene (controlegebied). Uit de multivariate analyse blijkt dat zowel in het voorjaar 2014 als in het najaar 2013 er significante verschillen zijn tussen het strand van Bredene en dat van Mariakerke. Deze analyse houdt ook rekening met de soorten wat kan verklaren waarom hier wel een significant verschil is in voorjaar 2014. Hieruit kunnen we besluiten dat er heel veel natuurlijke variatie is tussen het controlegebied en het impactgebied en dat er ook veel seizoenale verschillen waar te nemen zijn.

Ook hier werd om de seizoenale variatie uit te sluiten gekeken naar 1 specifiek seizoen (najaar 2013 versus najaar 2014). Voor elke biologische variabele werd een significant verschil aangetroffen voor de interactiefactor locatie x jaar. Met een paarsgewijze test werd vervolgens per parameter nagegaan aan wat dit te wijten is. Hieruit bleek dat er meestal een significant verschil is tussen beide jaren in het controlegebied maar dat 2013

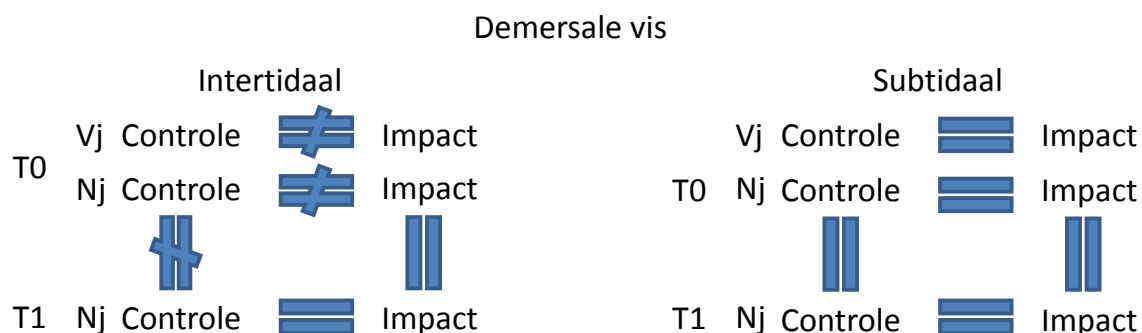
niet significant verschilt van 2014 in het impactgebied. Daarnaast is ook te zien dat zowel in 2013 als in 2014 er significante verschillen zijn tussen het controlegebied en het impactgebied. Ook de multivariate analyse toont gelijkaardige resultaten. Er zijn significante verschillen tussen 2013 & 2014 in het controlegebied maar niet in het impactgebied. Hieruit kunnen we besluiten dat er geen effect kan aangetoond worden van de vooroeversuppletie. De verschillen in het controlegebied zouden een effect kunnen zijn van de strandsuppletie in Brede in maart 2014.

SUBTIDAAL

In het subtidaal zijn er vooral seizoenale verschillen en zijn ook significante verschillen waargenomen tussen de gebieden (controlegebied versus impactgebied) voor de Shannon-Wiener index en Pielou's evenness. De diversiteit is hoger in het impactgebied dan in het controlegebied (over de seizoenen heen). Bij de multivariate analyse van de demersale vis werd enkel een significant verschil waargenomen voor de factor seizoen. Hieruit kunnen we besluiten dat er seizoenale variatie is en dat het controlegebied een goede referentie is van het impactgebied.

Als we najaar 2013 vergelijken met najaar 2014 zien we dat er geen significant verschil is tussen beide jaren. Op basis van soortenrijkdom en densiteit is het controlegebied gelijk aan het impactgebied. De gemeenschapsanalyse wijst uit dat er een significant verschil is tussen de jaren (2013/2014) enerzijds en de locaties (impactgebied/controlegebied). Uit deze resultaten blijkt dat er veel natuurlijke variatie is en dat er geen aantoonbaar effect is van de vooroeversuppletie op de demersale vispopulatie.

BESLUIT



Figuur 41. Schematisch overzicht van de BACI design resultaten voor demersale vis

Samengevat kunnen we besluiten dat in het subtidaal de demersale visgemeenschap sterk gelijkend is qua karakteristieken en niet beïnvloed lijkt door de suppletiewerken. In het intertidaal zijn er wel duidelijke verschillen waar te nemen, wat gedeeltelijke te maken kan hebben met de strandsuppletiewerken. Op basis van deze gegevens kunnen we geen invloed aantonen van de vooroeversuppletie op de demersale vispopulatie.

4.4 Hyperbenthos

INTERTIDAAL

In het intertidaal tonen de densiteiten geen significante verschillen. In het najaar is het aantal taxa significant hoger in het controlegebied dan in het impactgebied. Het impactgebied wordt in het najaar volledig gedomineerd door *Mesopodopsis slabberi* waardoor de gemeenschappen significant verschillen tussen de gebieden. In het voorjaar zien we een omgekeerde trend, maar de gemeenschappen verschillen niet significant. Biomassa en beide diversiteitsindices tonen in beide seizoenen geen significant verschil tussen controle en impactgebied. Er zijn echter wel verschillen merkbaar tussen de seizoenen binnen de gebieden. We zien dat in het controlegebied de biomassa significant lager is in het voorjaar dan in het najaar. Dit is voornamelijk te wijten aan grote aantallen grijze garnaal (*Crangon crangon*) in het najaar. Dit verschil vinden we niet in het impactgebied. Daar vinden we voornamelijk aasgarnalen terug. De indices zijn binnen het impactgebied significant hoger in het voorjaar dan in het najaar. Een lage evenness in het najaar wijst op de dominantie van een soort. Het impact in het najaar wordt gedomineerd door *Mesopodopsis slabberi*, terwijl het voorjaar meer verschillende soorten toont, wat een hoger Shannon-Wiener Index verklaart. We vinden dit niet terug in het controlegebied. De gemeenschappen verschillen significant tussen de seizoenen in beide gebieden. In het impact gebied verandert

de soortensamenstelling tussen de seizoenen: de dominantie van *Mesopodopsis slabberi* zwakt af en wordt (in mindere mate) vervangen door *Schistomysis spiritus*. Ook in het controlegebied neemt *Pontocrates* de dominante positie van *Mesopodopsis* over. Aangezien deze gemeenschapsverschillen aanwezig zijn in beide gebieden, zal voor hyperbenthos de strandsuppletie van januari 2014 wellicht niet zo een grote impact gehad hebben op de hyperbenthische soorten in de surfzone en is dit voornamelijk natuurlijke variatie.

Voor de kwalen merken we eerst op dat de resultaten wellicht een onderschatting zijn van de werkelijke situatie. Voornamelijk de Ctenophora (voornamelijk het meloenkwalletje *Beroe gracilis*) vielen vaak in vele stukjes uiteen, waardoor een exacte telling onmogelijk was. Ook de bepaling van de biomassa was niet eenvoudig, aangezien het afdeppen van deze organismen resulteerde in een waterige massa. De handeling werd wel zoveel mogelijk op een gestandaardiseerde manier uitgevoerd. We zien in het intertidaal een dominantie van het meloenkwalletje in het impactgebied in het najaar, dit verdwijnt in het voorjaar. Deze dominantie is echter te wijten aan hele hoge aantallen in slechts één staal. Aangezien deze ecosysteemcomponent moeilijk gestandaardiseerd te bemonsteren is en zeer variabel is in het voorkomen, zal die in de toekomst niet meer meegenomen worden in de analyses.

Beyst (2001) bestudeerde het hyperbenthos van de surfzone (dus onze intertidale zone), welke kan opgesplitst worden in het holo- en merohyperbenthos. Het holohyperbenthos zijn permanente bewoners zoals vlokreeftjes en aasgarnalen. Het merohyperbenthos is tijdelijk hyperbenthos zoals postlarvale Decapoda, vissen en kwalletjes. Deze laatste groep heeft een planktonische levenswijze en wordt passief getransporteerd naar de surfzone. Het voorkomen van het hyperbenthos is vooral seizoenaal gebonden (temperatuur), maar ook hydrodynamische variabelen zoals golfhoogte en turbiditeit spelen een rol. Deze bepalen ook de ruimtelijke verspreiding, net als de intertidale en subtidale helling (vooral voor aasgarnalen).

Beyst (2001) vond in de surfzone totale hyperbenthische densiteiten die vergelijkbaar of zelfs hoger zijn dan de aangrenzende subtidale zones en een soortenrijkdom die vergelijkbaar is met deze zones. In onze studie is de soortenrijkdom en de gemiddelde densiteit van het hyperbenthos hoger in het intertidaal dan in het subtidaal (81 versus 61 en 1091 versus 820 ind./100m²). De gemiddelde densiteit in deze studie is iets lager dan die in Beyst (2001) (1091 versus 1500 ind./100m²). De gemiddelde totale samenstelling van de stalen bestond voor meer dan 75% uit aasgarnalen (*Mesopodopsis slabberi*, *Schistomysis spiritus* en *Schistomysis kervillei*: holohyperbenthos) (Beyst 2001). In onze studie is dit 77% (*Mesopodopsis slabberi* en *Schistomysis spiritus*).

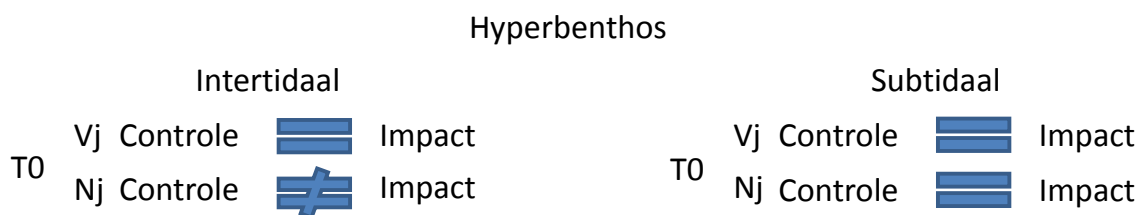
We concluderen net als Beyst (2001) dat de surfzone ondanks de turbulentie geen mariene woestijn is en intensief gebruikt wordt door heel wat hyperbenthische soorten. Het is ook een kinderkamer en/of doorganggebied voor verschillende vroege levensstadia van vissen en macrocrustaceën. Ook in deze studie werden vaak megalopafasen van krabben teruggevonden. Alhoewel de sterke hydrodynamische omgeving van de surfzone een belangrijke rol speelt in het structureren van de gemeenschappen, is het opmerkelijk dat verschillende soorten zich heel goed aanpassen aan dit milieu (Beyst 2001).

SUBTIDAAAL

Ook voor het subtidaal zijn de densiteiten nergens significant verschillend. Alle andere biotische variabelen tonen hogere waarden in het najaar dan in het voorjaar, voor beide gebieden, wat gelinkt kan worden aan de rekrutering na de zomer. De vooroever toont dus enkel seizoenale variatie in beide gebieden. Beide stranden worden gedomineerd door *Mesopodopsis slabberi* in het voorjaar, terwijl de gemeenschappen totaal veranderen en rijker worden in het najaar. De gemeenschappen verschillen niet significant tussen de gebieden. Wat de kwalen betreft zien we ook in het subtidaal een dominantie van het meloenkwalletje in het impactgebied in het najaar.

BESLUIT

In de T₀ situatie verschillen de gebieden in het intertidaal enkel wat het aantal taxa betreft. In het najaar zijn die hoger in het controlegebied door een dominantie van *Mesopodopsis slabberi* in het impactgebied. Hierdoor en ook door het voorkomen van de grijze garnaal in het controlegebied, verschillen de gemeenschappen significant tussen beide gebieden (Figuur 42). In het voorjaar is het aantal taxa hoger in het impactgebied, maar verschillen de gemeenschappen niet significant. In het subtidaal zien we geen significante verschillen tussen de gebieden. Er is enkel seizoenale variatie.



Figuur 42. Schematisch overzicht van de BACI design resultaten voor hyperbenthos

5 Conclusies

Dit rapport geeft een gedetailleerde beschrijving van de T₀-situatie (voor- en najaar) op de twee locaties (impact - en controlegebied). Hierbij is er naast de seizoenale verschillen vooral gefocust op de verschillen tussen deze gebieden. Vervolgens is er nagegaan of er een invloed is van de vooroeversuppletie. Dit is onderzocht voor een aantal belangrijke ecosysteemcomponenten zoals het macrobenthos, epibenthos, hyperbenthos en demersale vis.

De fauna in het Belgische kustecosysteem is zeer sterk beïnvloed door ruimtelijke en temporele invloeden (Van Hoey et al. 2004; Beyst, 2001). Daarnaast vertonen de gemeenschappen een verschillende graad van mobiliteit en dus gevoeligheid voor externe invloeden. Het macrobenthos is het meest sessiel en zou het gevoeligst zijn, terwijl de vissen zeer mobiel zijn en bijgevolg veel minder gevoelig voor externe verstoringen. Het is wel zo dat alle componenten los van hun mobiliteit zeer sterk afhankelijk zijn van hun omgeving (sediment, strand- en vooroever morfologie) en dat sterke veranderingen kunnen leiden tot een impact op het voorkomen van deze ecosysteemcomponenten. De mate van impact op het ecosysteem is sterk afhankelijk van de suppletie omvang (volume gestort, sedimenttype) en het tijdstip van de suppletie activiteit (Van den Eede, 2014). Dit alles wordt bevestigd door de observaties uit dit project en kan in volgende puntjes samengevat worden:

- Hoewel de fauna van de twee locaties gelijkaardig zijn, vertonen ze toch in een aantal kenmerken die duidelijk verschillen in tijd en ruimte. Deze verschillen zijn variabel tussen de verschillende staalname-tijdstippen, en het meest uitgesproken voor de mobielere fauna. Dit bevestigt dat de natuurlijke veranderingen (vb 2013 goed jaar voor garnaal) een invloed hebben op de resultaten volgens een BACI design. Deze variatie veroorzaakt door natuurlijke invloeden kan gedetecteerd worden doordat er een controle-impact design is en dat deze kan vergeleken worden met patronen waargenomen in parallel lopende monitoring langsheen de Belgische kust.
- In het intertidaal werd er kort voor de T₀ voorjaar 2014 staalname een grote strandsuppletie aangelegd in het impactgebied. Dit heeft een duidelijke invloed gehad op het macrobenthos (minst mobiel) en een beperkte tot geen invloed op de mobielere fauna.
- De fauna in het intertidaal zijn in de T₁ najaar 2014 staalname zo goed als hersteld (behalve biomassa van de gemshoornworm) van de strandsuppletie in januari 2014, wat zeer snel is (na 6 maanden). Dit snelle herstel is vermoedelijk het gevolg van het tijdstip van de suppletie (vóór de belangrijkste recruiteringsperiode van de fauna wat een snelle recolonisatie mogelijk maakt).
- Ook in het controlegebied is er een kleine strandsuppletie uitgevoerd (periode tussen T₀ voorjaar en T₁ najaar). Ondanks de kleine omvang heeft deze mogelijk toch een invloed gehad op de intertidale fauna. Deze invloed is mogelijk te wijten aan het veranderen van de strandmorfologie in Bredene waar op het laag strand het strandgeulsysteem was verdwenen. Deze invloed is ook waarneembaar op de mobielere fauna die normaal in hogere abundanties voorkomen in zulke systemen.
- De suppletie in de vooroever, welke relatief beperkt is in omvang, vertoont geen opvallende invloed op de fauna in het algemeen, zeker niet op de mobielere fauna. In het subtidaal, is de biota voornamelijk beïnvloed door de natuurlijke ruimtelijke (verschil in controle-impact) en temporele patronen. Het macrobenthos op de T₁ staalname is wel gekenmerkt door hoge aantallen aan jonge individuen (juvenielen) van tal van taxa, wat kan duiden op een lichte verstoring.
- Voor de verdere monitoring en analyse is het belangrijk dat we mogelijke gevolgen op iets langere termijn niet uitsluiten (bvb veranderende bodemmorfologie) en nagaan of dat dit een invloed heeft op bepaalde gevoelige soorten. Daarnaast zal de link in de patronen van de fauna en de omgeving in meer detail bekeken worden. Het vooropgestelde monitoringsplan voor dit project zal hiervoor de nodige info kunnen leveren.

6 Referenties

- Anderson M.J. and Robinson J. (2003). Generalized discriminant analysis based on distances. *Aust. N.Z. J. Stat.* 45, 301-318.
- Beyst, B., D. Buysse, A. Dewike & J. Mees. (2001a). Surf zone hyperbenthos of Belgian Sandy beaches: Seasonal Patterns. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53, 877-895.
- Beyst, B., D. Buysse, A. Dewike & J. Mees. (2001b). Factors influencing fish and macrocrustacean communities in the surf zone of sandy beaches in Belgium: temporal variation. *Journal of Sea Research*, 46, 281-294.
- Beyst, B., Hostens, K. & J. Mees. (2002a). Factors influencing the spatial variation in fish and macrocrustacean communities in the surf zone of sandy beaches in Belgium. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82, 181-187.
- Beyst, B., J. Vanaverbeke, M. Vincx & J. Mees. (2002b). Tidal and diurnal periodicity in macrocrustaceans and demersal fish of an exposed sandy beach, with special emphasis on juvenile plaice *Pleuronectes platessa*. *Marine Ecology Progress Series*, 225, 263-274.
- Buchanan JB (1984) Sediment analysis. In Holme NA & McIntyre AD, eds.: *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh: 41-65
- Clarke KR, Gorley RN (2006) *Primer v6: User Manual/Tutorial*. Primer-E Plymouth.
- De Backer A, Van Hoey, G., Coates D, Vanaverbeke J, Hostens K (2014). Similar diversity-disturbance responses to different physical impacts: Three cases of small-scale biodiversity increase in the Belgian part of the North Sea. *Marine Pollution Bulletin* 84, 251-262
- Field, J.G., Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (1982). A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8, pp.37-52.
- Fod Economie, Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie (2014) *Persbericht zeevisserij 2013*.
- Holzhauser H, Vanagt T, Lock K, van Oeveren MC, de Backer A, Hostens K, van Dalfsen J, Reinders J (2014) *Ecolo-gische effecten suppletie Ameland 2009-2012. Report Deltares 211p*
- Speybroeck, J., Degraer, S., Vincx, M. (2003). *Ecologische monitoring kustverdedigingsproject Oostende (fase 1). Final report*. Ministry of the Flemish Community, Coastal Waterways Division, dossiernr.202.290
- Speybroeck, J.; Bonte, D.; Courtens, W.; Gheschiere, T.; Grootaert, P.; Maelfait, J.-P.; Mathys, M.; Provoost, S.; Sabbe, K.; Stienen, E.; Van Lancker, V.R.M.; Vincx, M.; Degraer, S. (2004). *Studie over de impact van zandsuppleties op het ecosysteem: eindrapport*. Afdeling Waterwegen Kust/Instituut voor Natuurbehoud/KBIN/Universiteit Gent: Belgium. 201 pp.
- Speybroeck, J. (2007). *Ecologie van macrobenthos als een basis voor een ecologische bijsturing van strandsuppleties = Ecology of macrobenthos as a baseline for an ecological adjustment of beach nourishment*. PhD Thesis. Universiteit Gent. Vakgroep Biologie, sectie Mariene Biologie: Gent. 189 pp.
- Speybroeck, J.; Bonte, D.; Courtens, W.; Gheschiere, T.; Grootaert, P.; Maelfait, J.-P.; Provoost, S.; Sabbe, K.; Stienen, E.; Van Lancker, V.R.M.; Van Landuyt, W.; Vincx, M.; Degraer, S. (2008). The Belgian sandy beach ecosystem: a review *Mar. Ecol. (Berl.)* 29(Suppl. 1): 171-185
- Vanagt, T., Van De Moortel, L., Heusinkveld, J., Vanden Eede S., Van Steenbrugge, L., Van Hoey, G., Vincx, M., (2011). *Veldcampagne ecologie Ameland 2010. eCOAST rapport 2010014-4*
- Van Dalfsen, J.A., (1998). *RIACON 2. Long term effects of subaqueous sand extraction North of the island of Terschelling*. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Report RIKZ-98.034.
- Van Dalfsen, J.A. (2006). *Inventarisatie brandingszone zandige kust. TNO-rapport B&O-DH-R2005/251*
- Van Dalfsen, J.A. (2007). *Inventarisatie brandingszone. Wageningen IMARES Rapport C138/07*.
- Van Dalfsen, J.A. (2009). *Inventarisatie brandingszone. Wageningen IMARES rapport C0138/07*
- Van Dalfsen, J.A. & S.G.J. Aarninkhof (2009). Building with Nature: Mega nourishments and ecological landscaping of extraction areas. *Proceedings of the EMSAGG Conference, 5-6 February 2009, Rome, Italy*.

- Van Dalfsen, J.A. & K. Essink (1997). Risk analysis of coastal nourishment techniques (RIACON). Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Report RIKZ-97.022
- Van Dalfsen, J.A. & K. Essink (1999). RIACON: Risk analysis of coastal nourishment techniques in The Netherlands. *Senckenbergiana maritima* 29: pp 51-53.
- Van Dalfsen, J.A. & K. Essink (2000). Benthic community response to sand dredging and dumping off the Dutch Coast. In: Krönke, I. & Türkay, M. & Sündermann, J. (eds), *Burning issues of North Sea ecology*, Proceedings of the 14th international Senckenberg Conference North Sea 2000, *Senckenbergiana marit.* 31 (2): 329-332.
- Van Dalfsen, J.A. & K. Essink (2001). Benthic community response to sand dredging and dumping off the Dutch Coast. In: Krönke, I. & Türkay, M. & Sündermann, J. (eds), *Burning issues of North Sea ecology*, Proceedings of the 14th international Senckenberg Conference North Sea 2000, *Senckenbergiana marit.* 31 (2): 329-332.
- Van Dalfsen, J.A., K. Essink, H. Toxvig Madsen, J. Birklund, J. Romero and M. Manzanera (2000). Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the western Mediterranean. - *ICES Journal of Marine Science* 57: 1439 –1445.
- Vanden Eede, S. & Vincx, M. (2010). Ecologische monitoring natuurinrichtingsproject Lombardsijde t₁ situatie – 2009. Eindrapport. Vlaamse overheid, Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust
- Vanden Eede S. & Vincx M. (2011) Ecologische monitoring natuurinrichtingsproject Lombardsijde en OW-plan Oostende (t₁ situatie – 2010). Eindrapport. Vlaamse Overheid, Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust; Afdeling Kust, pp.91
- Vanden Eede S., Colson L & Vincx M. (2013) Ecologische monitoring natuurinrichtingsproject Lombardsijde en OW-plan Oostende (t₃ situatie – 2012). Eindrapport. Vlaamse Overheid, Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust; Afdeling Kust
- Vanden Eede, S. (2013) Impact of beach nourishment on coastal ecosystems with recommendations for coastal policy in Belgium. PhD thesis University of Ghent
- Van der Wal, J.T. & J.A. van Dalfsen (2008). Monitoring kustsuppleties. Wageningen IMARES rapport C014/08
- Van Hoey, G., Degraer, S., Vincx, M. (2004). Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59, 599-613
- Van Hoey, G., Drent, J., Ysebaert, T., Herman, P., 2007. The Benthic Ecosystem quality index (BEQI), intercalibration and assessment of Dutch coastal and transitional waters for the Water Framework Directive. NIOO-CEME report 2007-02, 242pp
- Van Hoey, G., Delahaut Vyshal, Derweduwen Jozefien, Devriese Lisa, Dewitte Bavo, Hostens Kris, Robbens Johan, (2012). Biological and chemical effects of the disposal of dredged material in the Belgian Part of the North Sea (licensing period 2010-2011). ILVO-mededeling 109
- Van Hoey G, Colson L, De Backer A, Hillewaert H, Holshauer H, Hostens K, Vanaverbeke J, Van Dalfsen J, Vincx M, Wittoeck J (2013). Meetplan ecologische studie onderwatersuppleties aan de Vlaamse kust (4shore). ILVO-mededeling 144, 34p
- Van Hoey, Gert; David Cabana Permy; Sofie Vandendriessche, Magda Vincx, Kris Hostens (2013). An Ecological Quality Status assessment procedure for soft-sediment benthic habitats: weighing alternative approaches. *Ecological Indicators* 25, 266-278
- Van Hoey G, Colson L, Hillewaert H, Hostens K, Vanaverbeke J, Vincx M (2013) Staalname rapportage 4shore campagne T0 najaar 2013. ILVO mededeling 143
- Van Hoey G, Hillewaert H, Colson L, Vanaverbeke J (2014) Staalname rapportage 4shore campagne T0 voorjaar 2014. ILVO mededeling 162
- Van Hoey G, Hillewaert H, Wittoeck J, Colson L, Vanaverbeke J (2014) Staalname rapportage 4shore campagne T1 najaar 2014. ILVO mededeling 172

Contact

Gert Van Hoey, Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
Dier
Ankerstraat 1 - 8400 Oostende
T +32 (0)59 56 98 47
gert.vanhoey@ilvo.vlaanderen.be

Liesbet Colson, Wetenschappelijk onderzoeker
Universiteit Gent
groep Mariene Biologie
Krijgslaan 281 Campus Sterre - S8
9000 Gent
T +32(0)9/2648515
liesbet.colson@ugent.be

Deze publicatie kan geraadpleegd worden op aanvraag
bij Gert Van Hoey of Liesbet Colson

Vermenigvuldiging of overname van gegevens is toegestaan mits duidelijke bronvermelding.
Ellen Pecceu ¹, Liesbet Colson ¹, Jan Wittoeck, Jan Vanaverbeke, Kris Hostens, Gert Van Hoey .2015.
Ecologische monitoring strand- en vooroever in functie van suppletie activiteiten: tussentijdse resultaten.
ILVO-mededeling 184



Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd door ILVO met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen ILVO of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zal ILVO of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.



Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
Burg. Van Gansberghelaan 92
9820 Merelbeke - België

T +32 9 272 25 00
ilvo@ilvo.vlaanderen.be
www.ilvo.vlaanderen.be