RESULTATEN MONITORINGSPROGRAMMA OFF-BOTTOM OESTERKWEEK IN DE OOSTERSCHELDE

Monitoren van oesterproductie parameters en effecten van kweekinstallatie op omgeving

Delta Academy
25 januari 2016

Jacob Capelle, Miami Payne, Emily Shields, Jouke Heringa

Onderzoeksgroep Aquacultuur in Deltagebieden

Europees Visserijfonds: Investering in duurzame visserij

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

RESULTATEN MONITORINGSPROGRAMMA 'OFF-BOTTOM' OESTERKWEEK IN DE OOSTERSCHELDE

Monitoren van oesterproductie parameters en effecten van kweekinstallatie op omgeving

JACOB CAPELLE[1], MIAMI PAYNE[2], EMILY SHIELDS[2], JOUKE HERINGA[1]

[1]ONDERZOEKSGROEP AQUACULTUUR IN DELTAGEBIEDEN
[2]WATERLOO UNIVERSITY CANADA

25 JANUARI 2016
VLISSINGEN

Europees Visserijfonds:
Investering in
duurzame visserij

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

INHOUD

SAMENVATTING 5

1. INLEIDING 7

1.1. Off-bottom oesterkweek in de Oosterschelde 7
1.2. Productieparameters 7
1.3. Mogelijke effecten op omgeving 8
1.4. Vraagstelling 8

2. METHODES 10

2.1. Kweeklocatie 10
2.2. Productieparameters 11
2.3. Mogelijke effecten op omgeving I: verstoring 13
2.4. Mogelijke effecten op omgeving II: sediment dynamiek 15
2.5. Data analyse 16

3. RESULTATEN 18

3.1. Productieparameters 18
3.1.1. Schelpvorm 18
3.1.2. Kwaliteit van het vlees 19
3.2. Vogeltellingen 20
3.3. sediment dynamiek 27

4. DISCUSSIE 30

5. CONCLUSIES 32

6. REFERENTIES 33

BIJLAGE 1 MONITORINGSFORMULIER VOGELTELLINGEN 35
BIJLAGE 2 OVERZICHT VAN HET TOTAAL AANTAL VOGELS PER OBSERVATIE RONDE VOOR KWEEKLOCATIE EN REFERENTIELOCATIE 36
BIJLAGE 3 ALGEMEEN WAARGENOMEN VOGELSOORTEN PER TYPE 37
BIJLAGE 4 SAMENVATTINGEN DATA ANALYSE VOGELWAARNEMINGEN 41
BIJLAGE 5 OVERZICHT VAN HET VERSCHIL TUSSEN DE VOORKOMENS VAN DE ONDERSCHEIDEN VOGELTYPES OP DE KWEEKLOCATIE EN DE REFERENTIELOCATIE UITGESPLITST PER DATUM 43
BIJLAGE 6 DGPS HOOGTEMETINGEN PER MAAND (LEGENDA IN METER TEN OPZICHTE VAN NAP) 49
BIJLAGE 7 STROOMSNELHEID IN HET MIDDEN VAN DE KWEEKLOCATIE EN OP DE RAND VAN DE KWEEKLOCATIE 50

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

SAMENVATTING

DOEL

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd en bediscussieerd van een monitoringsprogramma naar effecten van de off-bottom oesterkweek in de Oosterschelde op de oesterkwaliteit en op de omgeving. Oesterkwaliteit is gekwantificeerd als de hoeveelheid vlees (vleespercentage, conditie index) en de vorm van de schelp. Omgevingseffecten zijn gedefinieerd als verstoring van vogels en effecten van de kweekstructuur op erosie en sedimentatie die linken aan de zandhonger-kustveiligheid problematiek.

De kweek van oesters in zakken op tafels is opgezet als pilot op locatie Kats in Oosterschelde door een coöperatie van bedrijven, met de volgende doelstelling: 'Het door ontwikkelen van aangepaste kweektechnieken voor een hogere kwaliteit oesters tegen een commercieel verantwoorde kostprijs.'

Het doel van de monitoring sluit hierop aan door het beantwoorden van de volgende deelvragen:

1. Leidt off-bottom kweek tot een oester met een hogere kwaliteit dan wanneer deze oester op de bodem (on-bottom) gekweekt worden en kunnen deze oester concurreren met Franse import oesters?
2. Wat zijn de neveneffecten van off-bottom oesterkweek op verstoring van vogels en op de kustveiligheid?

METHODES

Om de vraag te beantwoorden of off-bottom kweek tot een oester met een hogere kwaliteit leidt dan wanneer deze oester op de bodem gekweekt wordt, zijn vleesgewichten en schelpvorm van off-bottom gekweekte oesters vergeleken met oesters uit dezelfde batch die op dezelfde locatie op de bodem opgekweekt zijn en met geïmporteerde oesters (Normandië, Charente en Ierland). Voor de vleesgewichten zijn het vleespercentage en de conditie index vergeleken, voor de schelpvorm is de ratio tussen de schelplengte en de schelpdiepte uitgezet tegen de ratio tussen de schelplengte en schelpbreedte. Verstoring van de kweekstructuren en de kweekactiviteiten op de aanwezigheid en het foerageren van vogels is onderzocht doormiddel van kwantitatieve observaties (tellingen) en het kweekgebied te vergelijken met een referentiegebied. Vogels zijn hierbij niet op soortniveau gebracht maar ingedeeld in (gedrags)types. Deze types waren: 1. kraaien, kauwen en aalscholvers, 2. Eendachtigen en futen, 3. Meeuwen 4. Steltopers, 5. Scholeksters. Per waarneming is het type gedrag gekarakteriseerd als: Vliegen, Rusten, Foerageren of Zwemmen. Bij de invloed van de kweekstructuur op erosie- en sedimentatieprocessen, is netto sedimentatie opgevat als een positieve bijdrage aan de kustveiligheid. Hiervoor is de verandering in bodemhoogte gemeten met een DGPS in een grid van 2x2 meter, op en vlak langs de kweeklocatie in maart, april, mei, juni en november 2015.

RESULTATEN

Resultaten laten zien dat oestervorm sterk overeenkomt tussen de oesters van verschillende oorsprong. Alleen bodem oesters hadden een grotere breedte:lengte verhouding hadden dan oesters uit Normandië en een minder diepe schelp dan oesters uit de zakken. Oesters van locatie Kats, van de bodem of van de tafels verschilden niet van elkaar in vispercentage, maar wel van de buitenlandse oesters. Alleen oesters uit Charente hadden een hogere conditie index dan de andere oestertypes, die onderling geen significant verschil laten zien.

Van de geobserveerde vogeltypen zijn alleen meer meeuwen geteld op de referentielocatie dan op de kweeklocatie, van de andere vogeltypen is geen effect van kweekstructuren of menselijke verstoring op vogelaantallen gevonden. Sommige vogeltypen (aalscholvers, kauwen en kraaien en meeuwen) maakten gebruik van de kweeklocatie om te rusten of veren te drogen. Effect op gedrag was minimaal, alleen het verschil tussen

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

zwemmende vogels was significant: voor meeuwen meer zwemmende vogels op de referentielocatie, eenden zwommen meer op de kweeklocatie.

Waar kweekstructuren (tafels) aanwezig zijn is netto sedimentatie gemeten, terwijl naast de kweekstructuren erosie optrad. De netto sedimentatie over het totaal gemeten oppervlak is 165 m^3. Dit staat gelijk aan een netto sedimentatie snelheid van 2.3 cm over een periode van 7 maanden.

CONCLUSIES

Oesters in off-bottom kweek ontwikkelde een diepere schelp dan dezelfde type oesters die op de bodem opgekweekt zijn. Deze vorm was vergelijkbaar met oesters uit Frankrijk en Ierland. Off-bottom oesters hadden geen hogere visgewichten of een andere conditie index dan oesters die op de bodem opgekweekt waren. Visgewichten waren minder hoog, maar conditie index was vergelijkbaar met import oesters die ook op tafels gekweekt zijn. Tafeloesters van Kats kunnen dus met vleesgewicht en schelpvorm concurreren met geïmporteerde oesters die op eenzelfde manier gekweekt worden. De kwaliteit van de (geaffineerde) Charente oester was beter dan de tafeloester.

Effecten van off-bottom oesterkweek inclusief menselijke activiteiten op verstoring van vogels is te verwaarlozen. Het enige vogeltype dat significant meer in de referentielocatie gevonden is zijn meeuwen. Er zijn minimale aanwijzingen dat de oesterkweek effect heeft op het gedrag van vogels. De palen van de kweekstructuren worden gebruikt door vogels om op te rusten of te drogen. Er zijn geen aanwijzingen dat andere activiteiten gehinderd worden door de kweekstuctuur.

Met betrekking tot effecten van off-bottom oesterkweek op de kustveiligheid kan geconcludeerd worden dat de kweekstructuren, waarschijnlijk door reductie in stroomsnelheid tot een netto sedimentatie effect op de onderliggende wadplaat tot gevolg hebben. Lokaal wordt de zandhonger daarmee tegengegaan en kan hiermee een netto positieve bijdrage leveren aan de kustveiligheid.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

1.INLEIDING

1.1. OFF-BOTTOM OESTERKWEEK IN DE OOSTERSCHELDE

Traditionele oesterkweek in de Oosterschelde is een bodemcultuur van de platte oester (*Ostrea edulis*) (Dijkema, 1997). In de strenge winter van 1962/1963 werd de *O. edulis* populatie in de Oosterschelde gedecimeerd en in 1964 werd, zoals in veel andere landen in Europa de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) door de oesterkweeksector ter aanvulling ingevoerd (Smaal, et al., 2008). De Japanse oester werd vanaf het begin net als de platte oester op bodempercelen gekweekt. In andere delen van Europa werd de Japanse oester voornamelijk 'off-bottom' gekweekt: in kisten, mandjes, of in zakken op tafels (MacKenzie jr, et al., 1997). Recentelijk vinden in de Oosterschelde diverse initiatieven plaats waarbij oesters op experimentele basis ook 'off-bottom' gekweekt worden (Figuur 1). Deels wordt dit ingegeven door bedreigingen van de bodemkweek (virussen, oesterboorders), deels door de toegevoegde waarde die van deze kweekvorm verwacht wordt.

Figuur 1 pilot off-bottom oesterkweek Oosterschelde, locatie Kats

1.2. PRODUCTIEPARAMETERS

De waarde van oesters wordt door een combinatie van parameters bepaald die deels door de productiemethode beïnvloed worden. De belangrijkste van deze parameters voor de Franse oesterindustrie worden opgesomd in Buestel, et al. (2009) als *A) de vorm van de schelp*: cupped, niet te lang en smal, *B) het uiterlijk van de schelp*: glad, geen aangroei, aan de binnenkant geen blaren of kamers, *C) sensorische kenmerken*: prettige iodine geur, stevig vlees, niet melkachtig, ivoor en niet te zout.

Parameters die eenvoudig gekwantificeerd kunnen worden zijn het vleespercentage (Ventilla, 1984) en de schelpvorm (Brake, et al., 2003). Deze kwaliteitsparameters worden door de kweekmethode beïnvloed. Bij droogvallende off-bottom kweek worden de oesters blootgesteld aan golven en droogval. Deze omstandigheden kunnen de groei hinderen (Bartol, et al., 1999; Ortega, 1981), maar ook resulteren in een betere schelpvorm

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

doordat de oesters continu in beweging zijn en een langere houdbaarheid door gewenning aan droogvalduur (Manley, et al., 2009).

1.3. MOGELIJKE EFFECTEN OP OMGEVING

Lokale effecten van oesterkweek op de omgeving zijn een optelsom van negatieve en positieve effecten die op hun beurt weer invloed hebben op, of invloed ondervinden van, effecten die op systeemschaal plaats vinden (Forrest, et al., 2009). Effecten op de omgeving moeten daarom altijd in een bredere context geïnterpreteerd worden. In dat opzicht zijn voor een systeem als de Oosterschelde vooral effecten van belang die impact hebben op de erosie en sedimentatie van de droogvallende platen en daarmee op het proces wat 'zandhonger' wordt genoemd. Zandhonger is een urgent probleem, is een lange termijn effect van de aanleg van de deltawerken en heeft een netto erosie van de droogvallende platen en een opslibbing van de geulen tot gevolg (Commissie voor milieu effecten rapportage, 2014). Erosie van droogvallende platen vormen een gevaar voor de kustveiligheid, daarom word op verschillend manieren onderzoek gedaan dit proces tegen te gaan (De Winder, et al., 24 september 2014; Walles, 2015).

Vergeleken met andere vormen van aquacultuur heeft schelpdierkweek weinig lokale impact op de benthische omgeving, off-bottom kweek heeft daarbij nog minder impact dan bodemcultuur, waarbij bijvoorbeeld ook korren gebruikt worden (Crawford, et al., 2003). Voornaamste effecten die optreden onder off-bottom locaties zijn gerelateerd aan de accumulatie van schelpen, levende schelpdieren en algen die van de kweekstructuren afkomstig zijn (Grant, et al., 1995). Hierdoor kunnen off-bottom kweeklocaties juist tot een hogere biodiversiteit leiden dan op locaties waar geen kweek plaatsvindt (Crawford, et al., 2003; Mallet, et al., 2006). Op sommige locaties leidde de kweek van oesters op tafels wel tot een verhoogde sedimentatie onder de structuren, die echter meer veroorzaakt werd door de fysieke effecten van deze structuren op lokale bezinking dan door bio-depositie van de oesters (Kaiser, et al., 1998; Nugues, et al., 1996).

Bij grootschalige off-bottom schelpdierfarms kan potentieel wel verstoring optreden door menselijke activiteiten omdat de droogvallende platen ook foerageer of rustgebied zijn voor vogels en zeezoogdieren (De Grave, et al., 1998). Er zijn een aantal studies gepubliceerd die zich hierbij specifiek gericht hebben op verstorende effecten van off-bottom oesterkweek. In een studie in Californië naar effecten van off-bottom oesterkweek op droogvallende platen op de aanwezigheid van vogels kwam naar voren dat het aantal vogels groter was op de oesterkweek locatie dan op referentie plots (Connolly, Colwell, 2005). Bijna alle vogelsoorten (met name *Charadriiformes* en *Ciconiiformes*) kwamen in groter aantal voor op de kweeklocatie, de enige uitzondering van de zilverplevier, die meer op de referentielocatie geteld is (Connolly, Colwell, 2005). Vergelijkbare studies laten zien dat off-bottom kweek niet leidt tot een afname van foeragerende vogels in het algemeen, maar dat de soortcompositie wel kan verschillen met referentielocaties, al lijkt deze soortcompositie niet eenduidig (Gittings, O'Donoghue, 2012; Hilgerloh, et al., 2015; Kelly, et al., 1996). Dit type studies zijn vaak afhankelijk van lokale omstandigheden en moeilijk te veralgemeniseren.

1.4. VRAAGSTELLING

Op een intertidale locatie in de Oosterschelde bij de slikken van Kats (zie Figuur 2) is door een coöperatie van schelpdierkweekbedrijven een pilot opgezet om mogelijkheden voor de off-bottom kweek van oesters te verkennen. Hiervoor is door de HZ University of Applied Sciences een monitoringsprogramma opgezet en uitgevoerd om de voor het project gestelde doelen te beantwoorden en effecten op de omgeving te kwantificeren. Hierbij is de **hoofddoelstelling** voor dit project:

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

‘Het door ontwikkelen van aangepaste kweektechnieken voor een hogere kwaliteit oesters tegen een commercieel verantwoorde kostprijs.’

Het **doel van de monitoring** sluit hierop aan door het beantwoorden van de volgende deelvragen:

1. Leidt off-bottom kweek tot een oester met een hogere kwaliteit dan wanneer deze oester op de bodem (on-bottom) gekweekt worden en kunnen deze oester concurreren met Franse import oesters?
2. Wat zijn de neveneffecten van off-bottom oesterkweek op verstoring van vogels en op de kustveiligheid?

3. **Wat is de kostprijs per oester uit de mandjes en de zakken en hoe verhoudt zich dat tot de kostprijs van een oester uit de bodemcultuur en tot een import oester uit Frankrijk?*

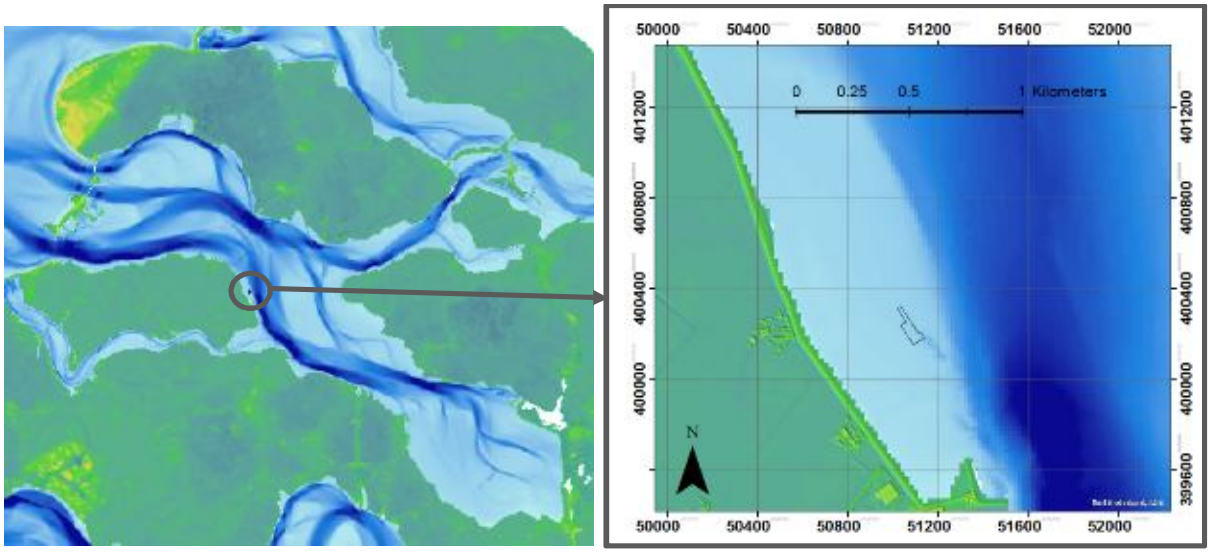
*Rapportage over deelvraag 3 heeft in aparte rapportage plaatsgevonden
*

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2. METHODES

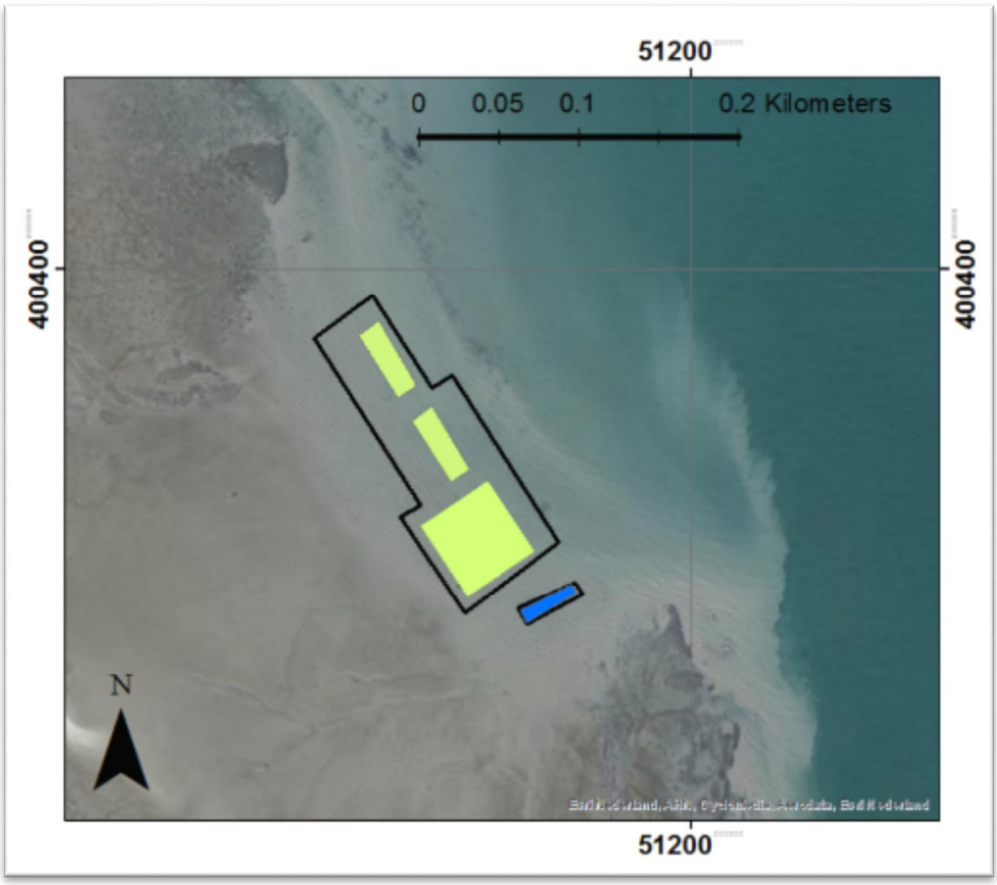
2.1. KWEEKLOCATIE

De kweeklocatie is gesitueerd in de Oosterschelde in Noord-Beveland bij Kats (Figuur 2) en bestond tijdens de monitoring uit circa 8500 m^2 afgezet met ongeveer 2.5 meter hoge houten palen (Figuur 1). Van deze kweeklocatie was ten tijde van het onderzoek ongeveer de helft in gebruik (Figuur 3), waarbij de zakken in 43 rijen georganiseerd waren, met circa 50 zakken met oesters per rij.



Figuur 2 Ligging kweeklocatie

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



Figuur 3 Schematische weergave kweeklocatie, zwarte rand geeft de met palen afgezette kweeklocatie weer, tafels met oesterzakken bevonden zich ten tijde van de monitoring maximaal op groen gearceerde oppervlak, blauwe polygoon geeft locatie weer van oester invang installaties (OBIs) in de vorm van coupels.

2.2. PRODUCTIEPARAMETERS

Om de vraag te beantwoorden of off-bottom kweek tot een oester met een hogere kwaliteit leidt dan wanneer deze oester op de bodem gekweekt wordt, zijn off-bottom gekweekte oesters vergeleken met oesters die op de bodem opgekweekt zijn en met geïmporteerde oesters.

De geïmporteerde oesters waren afkomstig uit twee oesterkweeklocaties in Frankrijk: Charente (*Figuur 4*) en Normandie (*Figuur 5*) en van oesterkweeklocaties in Ierland (*Figuur 6*).

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Figuur 4 referentie oesters afkomstig uit Charente Fr.

Figuur 5 referentie oesters afkomstig uit Normandië Fr.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Figuur 6 referentie oesters afkomstig uit Ierland

Voor de tafeloesters in de zakken op kweeklocatie Kats is uitgegaan van oesters die als broed vanaf de coupels (broedval 2014) in zakken zijn opgekweekt. De halfwas oesters zijn gevolgd vanaf19 mei 2015. Van deze oesters zijn op de startdatum twee zakken uitgezaaid op de bodem een 50tal meters ten oosten van de kweeklocatie. Deze locatie is zo gekozen dat de droogvalduur hetzelfde was als de zakken met halfwas oesters. Om de oesters te beschermen ten wegspoeling is rond het plot met bodemoesters een afscheiding gemaakt van gaas. Alle oesters zijn (destructief) bemonsterd van 9-20 november 2015. Per herkomst zijn 25 (random geselecteerde) oesters doorgemeten.

De volgende kwaliteit gerelateerde productie parameters zijn gemeten:

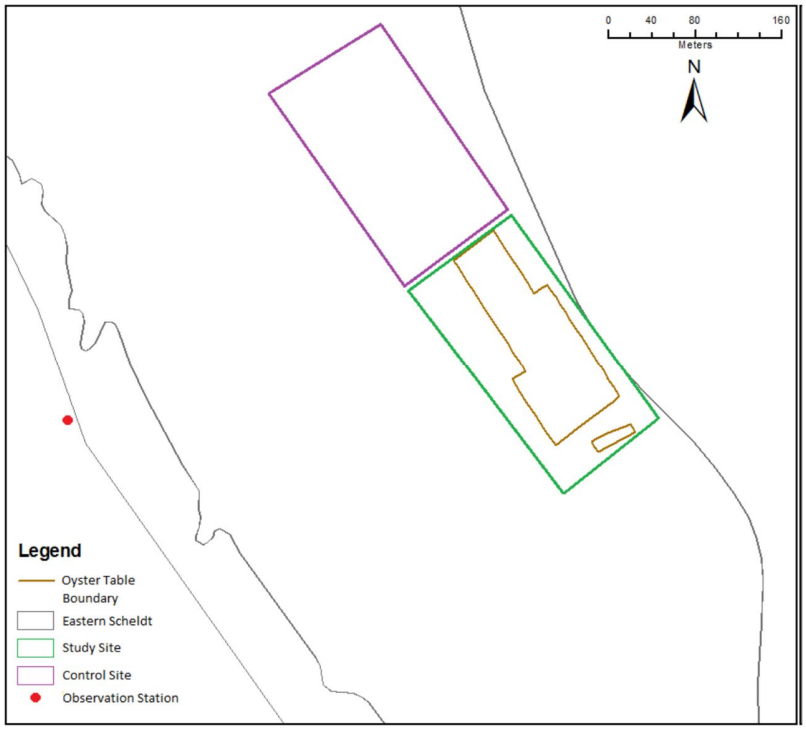
- **Schelpvorm** is vergeleken door gebruik te maken van de methode van Brake, et al. (2003). Hierbij wordt de ratio tussen de schelplengte en de schelpdiepte op de y-as van een grafiek uitgezet tegen de ratio tussen de schelplengte en schelpbreedte. Met experts uit de handel (USA) zijn grenswaarden vastgesteld waaraan een goede oestervorm voldoet. Deze grenswaarden kwamen uit op >0.25 voor de diepte:lengte verhouding en >0.62 voor de breedte:lengte verhouding.
- Kwaliteit van het vlees is vergeleken met behulp van het **vleespercentage** en met de **conditie index (CI)**. Vlees percentage is: natgewicht vlees (g)/vers gewicht oester (g), de CI is uitgerekend als: [asvrij drooggewicht vlees (g)/schelpgewicht (g)]*100 (Abbe, Albright, 2003).

2.3. MOGELIJKE EFFECTEN OP OMGEVING I: VERSTORING

Verstoring van de kweekstructuren en de kweekactiviteiten op de **aanwezigheid en het foerageren van vogels** is onderzocht doormiddel van kwantitatieve observaties (tellingen). Hierbij is het kweekgebied vergeleken met een referentie gebied. Dit referentie gebied grensde aan het kweekgebied en had een vergelijkbare droogvalduur. In een deel van het referentiegebied bevond zich een wilde oesterbank.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Waarnemingen zijn uitgevoerd vanaf de dijk op circa 375 meter vanaf het telgebied (Figuur 7). Door deze afstand en de contrastwerking van de dijk waren de vogeltellers nauwelijks zichtbaar vanuit het telgebied en vogels lieten door aanwezigheid tellers geen afwijkend gedrag zien. Er is steeds met twee personen geteld: een persoon die de observaties uitvoerde en een persoon die de observaties registreerde.



Figuur 7 Overzicht kweeklocatie (groen), referentielocatie (paars) en observatiepost (rode stip)

Samenvatting van de tellingen zijn weergeven in Tabel 1. Bij de tellingen is een telescoop (Vixen, 16x20x) met statief gebruikt. Een telronde bestond uit 15 minuten, opgedeeld in: 5 minuten telling kweeklocatie, 5 minuten telling referentielocatie en 5 minuten pauze. Tijdens de tellingen werd van de zuidoost rand van het telgebied naar de noordwest rand van het telgebied geteld, met een snelheid dat in 5 minuten het hele telgebied een maal bestreken werd.

Vogels die zich op de tellocaties bevonden zijn geturfd. Vogels zijn hierbij niet op soortniveau gebracht maar ingedeeld in (gedrags)types. Deze types waren:

1. kraaien, kauwen en aalscholvers
2. Eendachtigen
3. Meeuwen
4. Steltopers
5. Scholeksters (alleen vanaf september, daarvoor meegeteld met steltlopers)

Per waarneming is het type gedrag gekarakteriseerd als:

1 Vliegen
2 Rusten
3 Foerageren (voedsel zoeken)
4 Zwemmen.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Daarnaast is per datum genoteerd of er menselijke activiteiten waren op het kweekperceel (ja/nee) en is het weertype is gekarakteriseerd. Weertype is een subjectieve inschatting gebaseerd op historische weerinformatie voor die dag gekoppeld aan persoonlijke observatie. Metingen zijn uitgevoerd rondom laag water.

Het bij het tellen gebruikte formulier is bijgevoegd als Bijlage 1.

Tabel 1 Samenvatting van vogeltellinginen

Datum	Aantal rondes (5 min kweeklocatie + 5 min referentie locatie)	Totaal aantal vogels geteld	Weertype (0 = slecht) (1 = gem-goed)	Mensenlijke activiteit
21 maart 2015	10	1083	0	Nee
22 maart 2015	10	1026	0	Nee
23 maart 2015	10	1274	0	Nee
21 april 2015	10	1184	1	Ja
7 mei 2015	10	3072	1	Ja
8 mei 2015	10	2600	1	Nee
20 mei 2015	10	2609	1	Ja
1 juni 2015	10	101	1	Nee
2 juni 2015	10	439	0	Ja
4 juni 2015	10	515	1	Nee
4 september 2015	20	3434	0	Nee
10 november 2015	20	1005	0	Nee

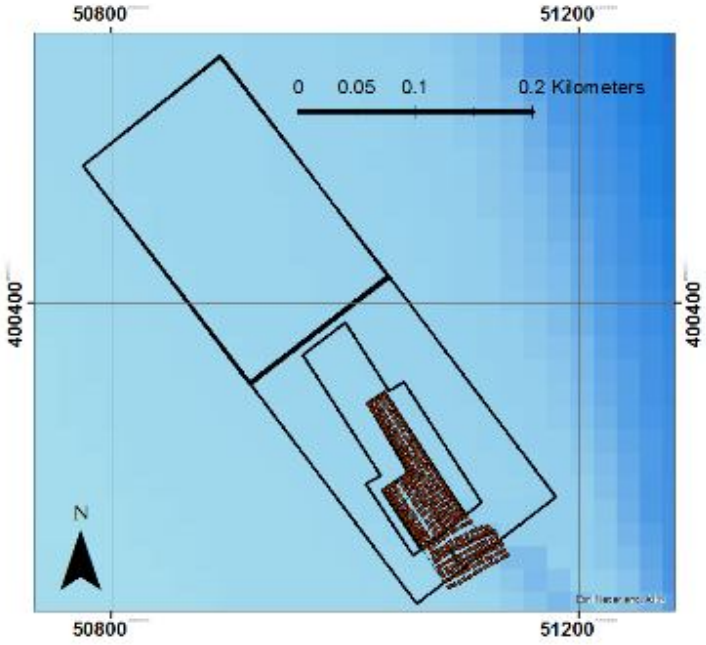
2.4. MOGELIJKE EFFECTEN OP OMGEVING II: SEDIMENT DYNAMIEK

Om de impact van de kweekstructuren op de bodemmorfologie te kwantificeren zijn over tijd metingen uitgevoerd met een Real Time Kinematic Differential Global Positioning System (RTK-DGPS, Figuur 8). De DGPS bepaald van elke positie, een X, Y en Z coördinaat, de X-coördinaat en Y-coördinaat refereerden aan het Rijksdriehoekstelsel, de Z-coördinaat aan de hoogte (tot op 1 mm ten opzichte van NAP).

Veranderingen in bodemmorfologie is opgevat als de invloed van de kweekstructuur op erosie- en sedimentatieprocessen, waarbij netto sedimentatie opgevat wordt als een positieve bijdrage voor de **kustveiligheid**. Hiervoor is de verandering in bodemhoogte gemeten op en vlak langs de kweeklocatie in maart, april, mei, juni en november 2015. Er is bij laagwater gemeten in een grid van 2x2 meter over een totaal oppervlak van 628 m^3.

Figuur 8 DGPS Leica CS10

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



Figuur 9 voorbeeld van meetpunten (november 2015) die gebruikt zijn om veranderingen in bodemmorfologie op kweeklocatie in kaart te brengen.

2.5. DATA ANALYSE

Vorm van de oesterschelp wordt geanalyseerd als de verhouding van lengte:diepte tot lengte:breedte. Verschillen hierin tussen de oesters van verschillende oorsprong worden evenals het visgewicht en de CI getest met een variantie analyse (ANOVA), gevolgd door een paarsgewijze t-test met Bonferroni correctie.

Vogeltellingen zijn 'count data' op verschillende momenten in de tijd gemeten. Deze data zijn per definitie niet parametrisch en zijn per vogeltype in een mixed-model benadering geanalyseerd met: A) locatie (kweek of referentie), B) menselijke activiteit (ja of nee) en C) weertype (1 of 0) als random effecten en datum als fixed effect. De kansverdeling van de waarnemingen per soort zijn geplot, als observaties op de y-as met de kwantielen van het distributiemodel van de specifieke kansverdeling. De grafieken zijn visueel geïnterpreteerd ten opzichte van een perfecte fit volgens distributiemodel van de specifieke kansverdeling en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen. De volgende kansverdelingen zijn geïnterpreteerd: normaal, log-normaal, negatief binomiaal en poisson. De vogeltypes: kraaien, kauwen en aalscholvers, eendachtigen, meeuwen en scholeksters werden het beste beschreven met een log-normale kansverdeling, deze data zijn geanalyseerd met een *penalized quasilikelihood* (PQL) methode in een *generalized linear mixed model* (GLMM) met een log-link (Venables, Ripley, 2002). Overige steltlopers werden het beste beschreven met een negatief binomiaal verdeling ($k=0.58$, $\mu=45.8$), waarschijnlijk omdat het grootste deel van de steltlopers individueel of in kleine aantallen geteld zijn, maar er incidenteel ook relatief veel grote groepen steltlopers geteld zijn. Deze data zijn geanalyseerd met een GLMM model voor negatief binominale data (glmer.nb) (Bates, et al., 2015). Heterogeniteit in de residuen van de modellen zijn visueel beoordeeld in residual plots, dit gaf geen noodzaak tot aanpassing. Alle analyses zijn uitgevoerd in R (R Core Team, 2013).

Bodemmorfologie is geanalyseerd in ArcGIS 10. Hiervoor zijn een aantal stappen gevolgd.

- Data zijn als XY-data ingelezen in ArcMAP en met een Natural Neighbour extractie geïnterpoleerd.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

- Met de voorgeprogrammeerde functie ‘minus’ (Math) kan het verschil in Z (hoogte) tussen twee interpolaties (rasters) uitgerekend worden. Bij een negatief getal is er sprake van erosie, bij een positief getal sedimentatie.
- Met de voorgeprogrammeerde functie ‘cut-fill’ (Spatial analist) is het totale sediment transport uitgerekend in m^3 per m^2.

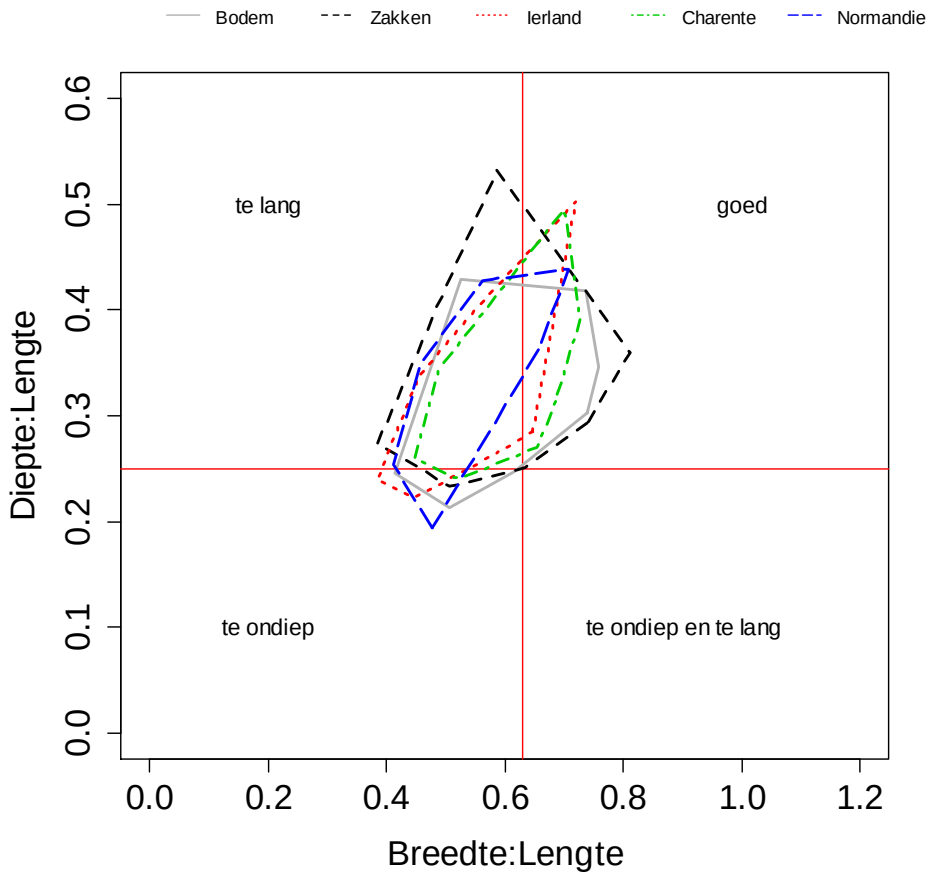
You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3.RESULTATEN

3.1. PRODUCTIEPARAMETERS

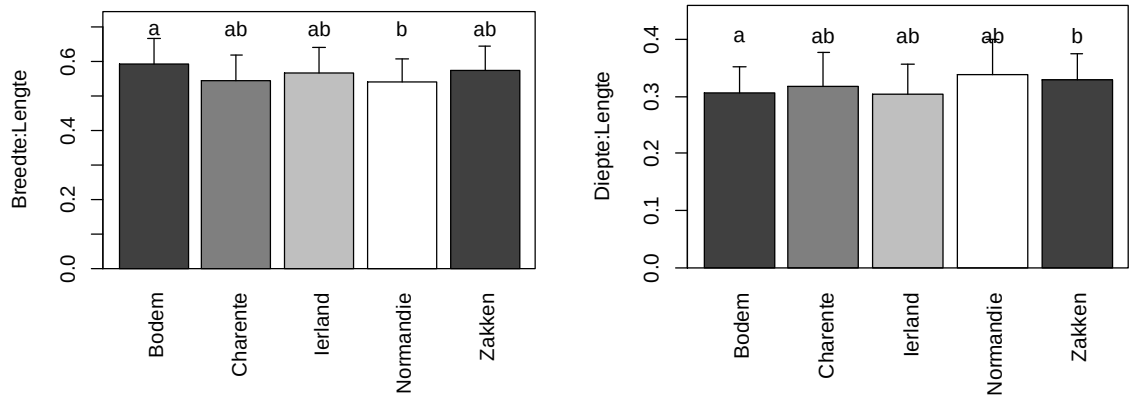
3.1.1. SCHELPVORM

De schelpvorm uitgezet als verhouding tussen lengte:diepte ten opzichte van lengte:breedte is weergeven in Figuur 10. Van alle typen oesters die onderzocht zijn, zijn 25 random geselecteerde schelpen geplot. De stippellijnen in het figuur geven de contouren weer van deze puntenwolk. Het valt op dat de oesters zich op de zelfde locatie in het lijnenveld concentreren. Visueel is er geen oester type dat qua vorm sterk afwijkt van de ander types. Statistische analyse wijst uit dat er verschil is tussen de verschillende soorten oesters ($F(4,275)=3.24$, $p=0.01$). Onderliggende resultaten laten zien dat de bodem oesters een grotere breedte:lengte verhouding hadden dan oesters uit Normandië en een minder diepe schelp hadden dan oesters uit de zakken (Figuur 11).



Figuur 10 karakterisering van de schelpvorm rode lijn geeft grenswaardes weer zoals voorgesteld in Brake, et al. (2003)

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



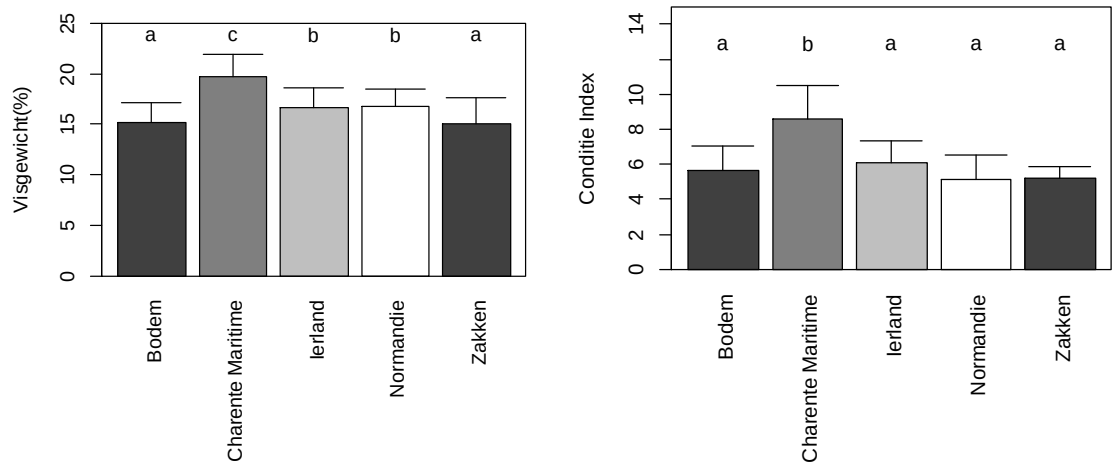
Figuur 11 links: de ratio tussen de breedte en de lengte van de oesterschelp en rechts: de ratio tussen de diepte en de lengte van de oesterschelp, van oesters met een verschillende herkomst, waarbij Bodem en Zakken allebei van de kweeklocatie Kats afkomstig waren. Letters boven de grafiek geven aan welke balken (behandelingen) significant van elkaar verschillen: als letters hetzelfde zijn boven 2 balken verschillen deze behandelingen niet van elkaar

3.1.2. KWALITEIT VAN HET VLEES

De visgewichten lieten een verschil zien tussen de oesters van verschillende herkomst ($F(119,4)=19.82$, $p<0.001$). Analyse van onderliggende gegevens laat zien dat oesters van locatie Kats, van de bodem of van de tafels niet van elkaar verschilden, maar wel van de buitenlandse oesters. De buitenlandse oesters hadden allemaal een hoger visgewicht. Onderling verschilden de buitenlandse oesters ook van elkaar: oesters uit Charente hadden een hoger visgewicht dan oesters uit Normandië of Ierland, die in visgewicht niet van elkaar verschilden (Figuur 12 links).

Visgewicht is echter een vrij grove maat, die bijvoorbeeld ook beïnvloed wordt door de hoeveelheid water en de dikte van de schelp. De conditie index is een preciezere maat, omdat hier alleen de organische stof van het oestervlees uitgedrukt wordt ten opzichte van het volume van de oester. De conditie index van de oesters verschillen onderling ($F(119,4)=25.34$,$p<0.001$), onderliggende waardes laten zien dat alleen de conditie index van oesters uit Charente hoger zijn dan de andere oestertypes, die onderling geen significant verschil laten zien (Figuur 12 rechts).

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

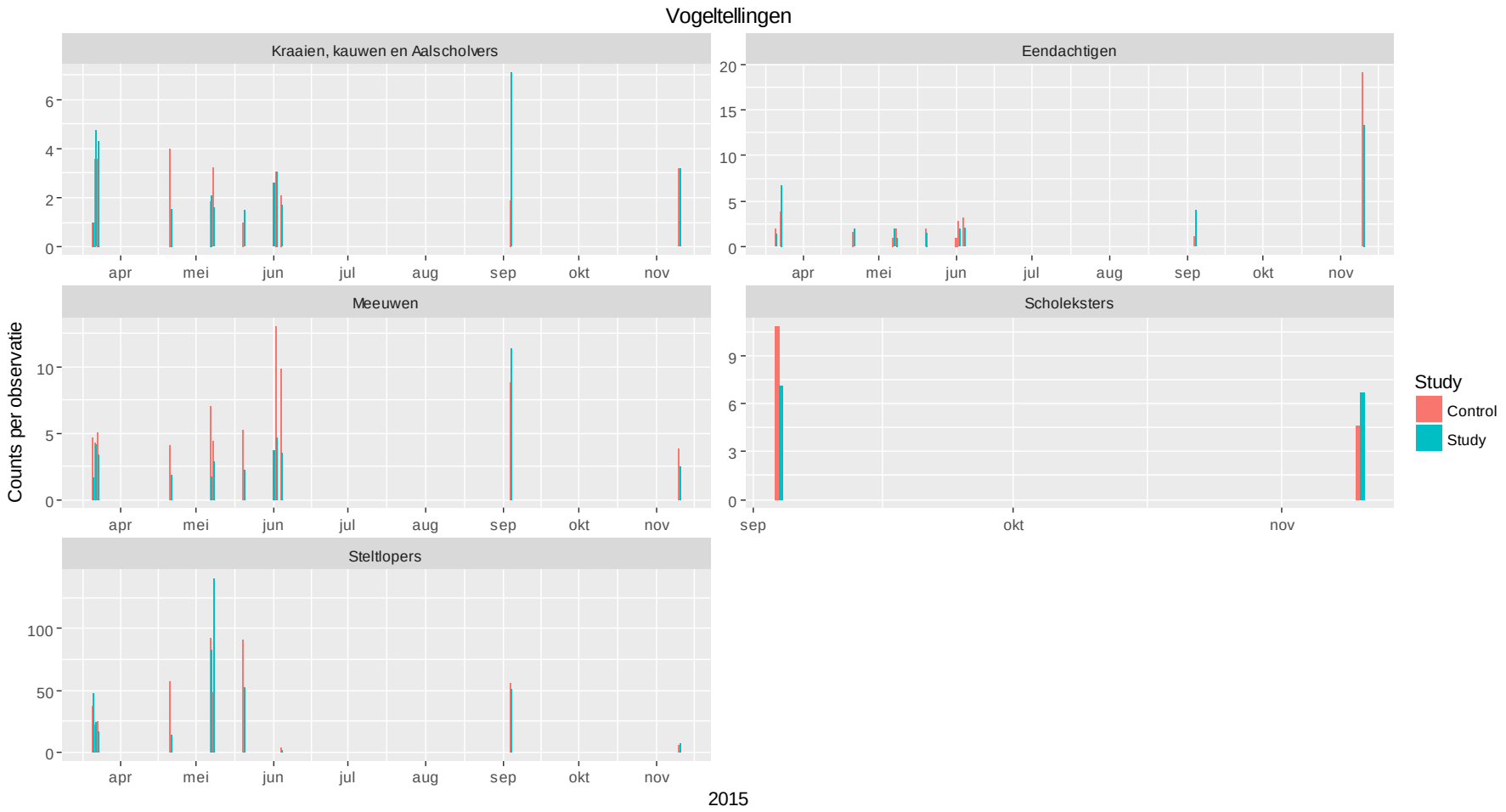


Figuur 12 links: het relatieve visgewicht van de oesters en rechts: de conditie index, van oesters met een verschillende herkomst, waarbij Bodem en Zakken allebei van de kweeklocatie Kats afkomstig waren. Letters boven de grafiek geven aan welke balken (behandelingen) significant van elkaar verschillen: als letters hetzelfde zijn boven 2 balken verschillen deze behandelingen niet van elkaar

3.2. VOGELTELLINGEN

In totaal zijn 140 observaties uitgevoerd verspreid over 12 dagen over de periode maart-november 2015 (Samengevat in Bijlage 2). Over alle waarnemingen uitgemiddeld zijn per observatie 71 vogels op de referentie locatie en 68 vogels op de kweeklocatie geteld. Aantallen vogels per type laat veel variatie zien over de tijd, ook wanneer uitgedrukt als aantal vogels per observatie (Figuur 13). Piek van de steltlopers lijkt in het voorjaar te liggen, meeuwen, aalscholvers, kraaien en kauwen piekten in september en eendachtigen in november.

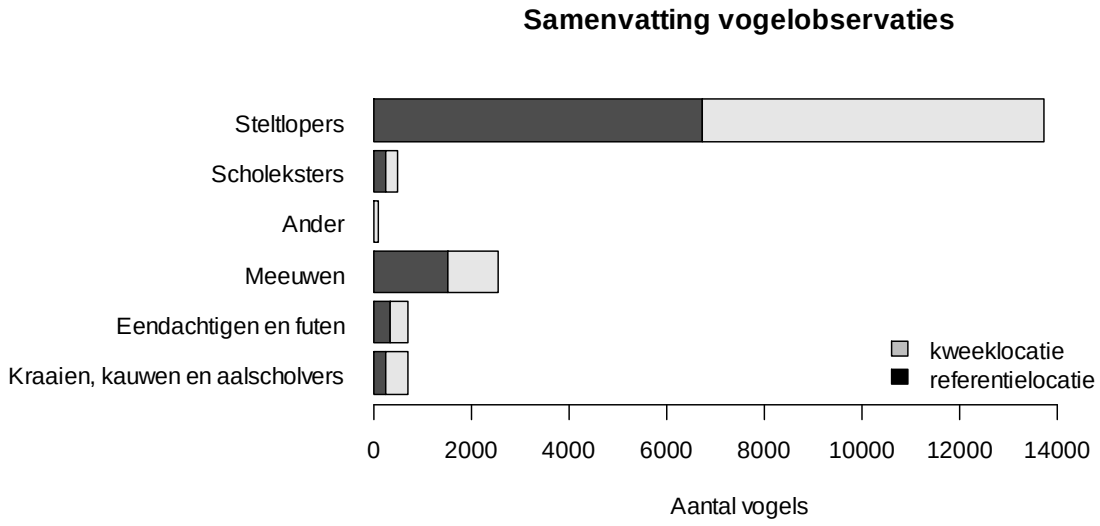
You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



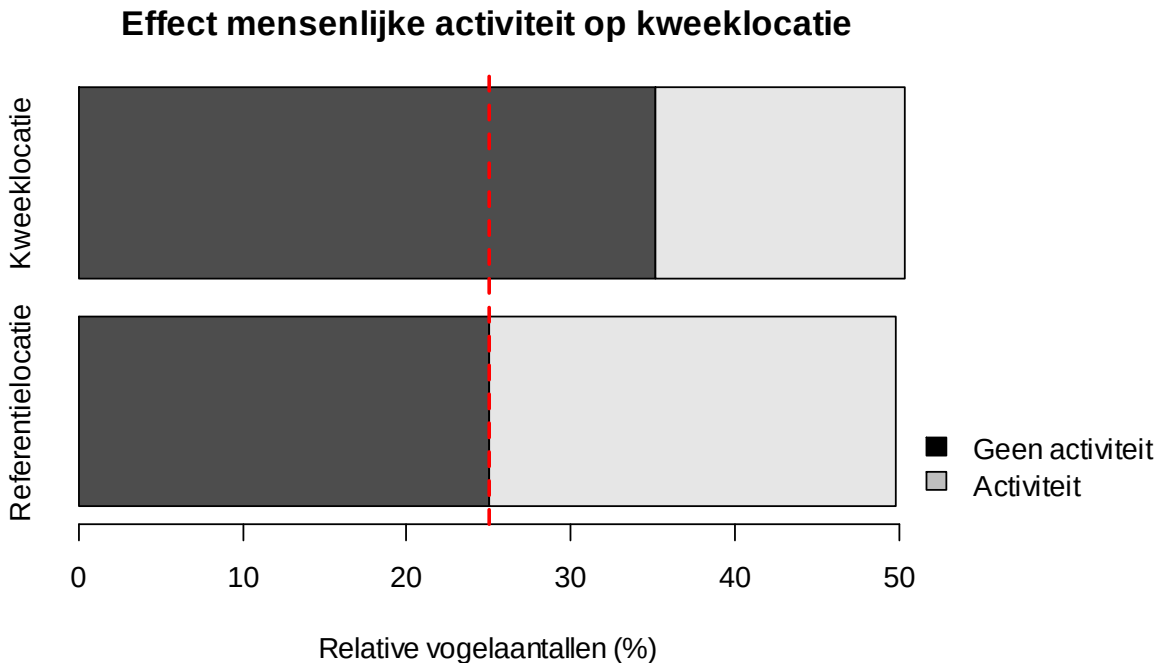
Figuur 13 Overzicht vogeltellingen per soort voor alle tijdstippen dat in 2015 geteld is.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Het totale aantal vogelobservaties uitgeslitst per vogeltype is weergegeven in Figuur 14. Het gesommeerde effect van mensenlijke effectiviteit voor kweeklocatie en referentielocatie is weergeven in Figuur 15.



Figuur 14 Totale aantal getelde vogels tijdens de monitoring uitgesplitst per type en per locatie.



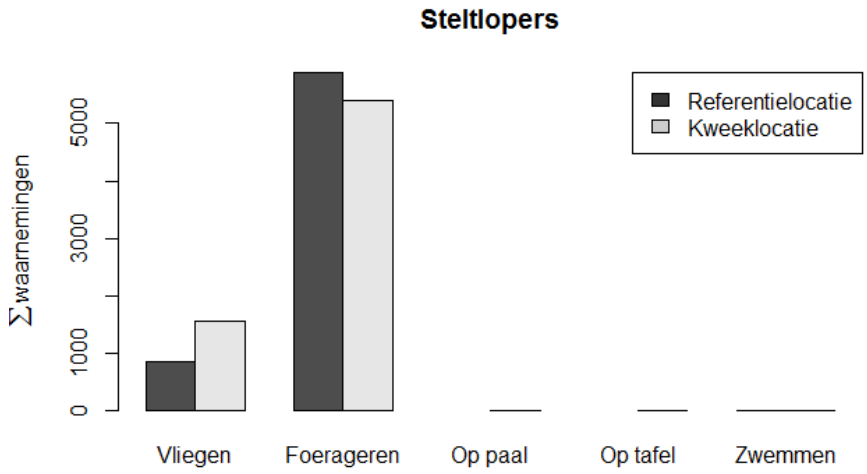
Figuur 15 Effect menselijke activiteit op totale relatieve vogelaantallen (geschaald naar 100%), bij geen effect ligt scheiding donkere en lichte balk op rode stippellijn. Op kweeklocatie zijn 50.02% van alle vogelaantallen geteld, op referentielocatie 49.98%. Er is gecorrigeerd voor het feit dat activiteit slechts in 25% van de veldbezoeken is waargenomen.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Algemeen waargenomen soorten per vogeltype zijn weergegeven in Bijlage 3. Opdeling in type is meer gebaseerd op overeenkomst in gedrag (gedragstypes), dan op familie. De fuut is bijvoorbeeld ingedeeld bij de eendachtigen vanwege een zelfde soort gedrag (zwemmend) en de aalscholvers bij de kraaien en kauwen, allemaal (zwarte) vogels die vaak op de palen van de kweeklocatie zaten. Een indeling op basis van gedrag is ook een adequate indeling omdat mogelijke effecten vooral vergelijkbare impact hebben op soorten die overeenkomstig gedrag laten zien (Kelly, et al., 1996).

Resultaten van de data analyse (Bijlage 4) laten zien dat er geen bewijs is dat er een verschil is in aanwezigheid van **steltlopers** tussen de kweeklocatie en de referentielocatie. Ook is er geen aantoonbaar effect gevonden van menselijke activiteit en weertype op aanwezigheid van steltlopers. Menselijke effectiviteit en weertype waren voor 66% gecorreleerd, met slecht weer was er minder activiteit.

Het waargenomen gedrag bij steltlopers is opgeteld voor de hele waarnemingsperiode samengevat in Figuur 16. Gedrag van de steltlopers was beperkt tot vliegen en foerageren, de verschillen tussen de kweeklocatie en referentielocatie zijn niet significant (Kruskal-Wallis, p>0.05).

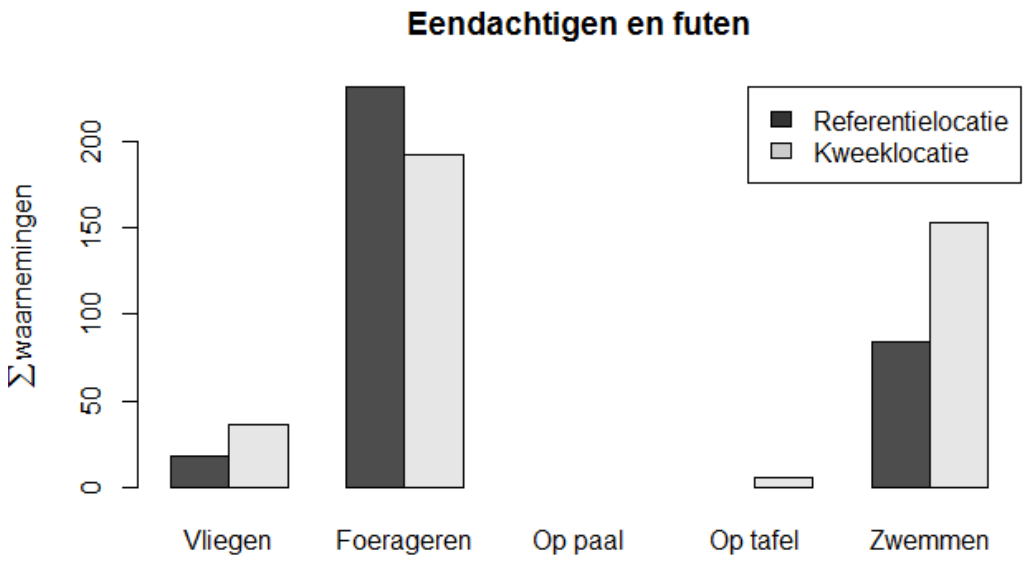


Figuur 16 waargenomen gedrag steltlopers op kweeklocatie en referentielocatiie

Resultaten van de data analyse (Bijlage 4) laten zien dat er geen bewijs is dat er een verschil is in aanwezigheid van **Eendachtigen en futen** tussen de kweeklocatie en de referentielocatie. Ook is er geen aantoonbaar effect gevonden van menselijke activiteit of weertype.

Het waargenomen gedrag bij eendachtigen en futen is opgeteld voor de hele waarnemingsperiode samengevat in Figuur 17. Gedrag van de eendachtigen en futen is voor het merendeel in te delen in foerageren en zwemmen. De verschillen tussen de kweeklocatie en referentielocatie zijn niet significant voor vliegen en foerageren (Kruskal-Wallis, p>0.05). Op de kweeklocatie waren meer zwemmende eendachtigen aanwezig dan op de referentielocatie (Kruskal-Wallis, p=0.001).

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

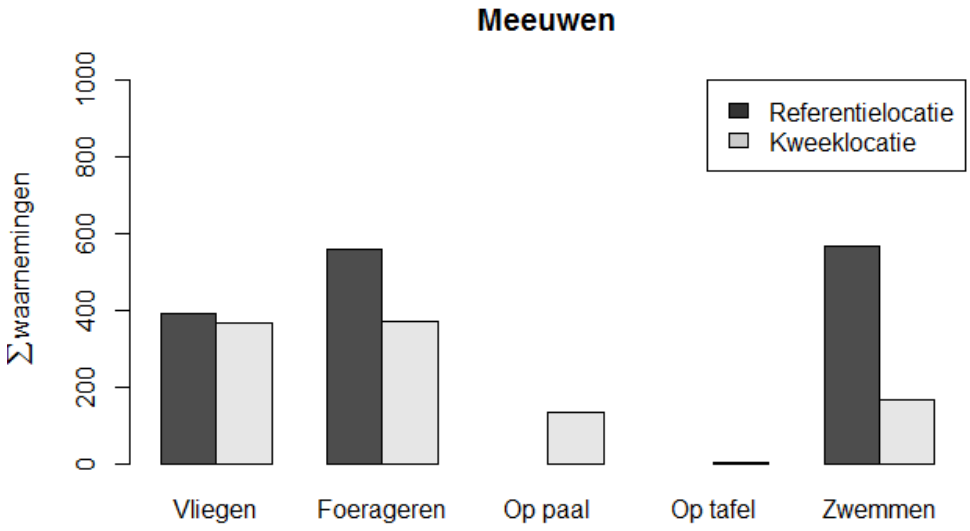


Figuur 17 waargenomen gedrag eendachtigen en futen op kweeklocatie en referentielocatie

Resultaten van de data analyse (Bijlage 4) laten zien dat minder **Meeuwen** zijn waargenomen op de kweeklocatie dan op de referentielocatie ($p<0.001$). Onderliggende gegevens laten zien dat het aantal waarnemingen van meeuwen lager is op de referentielocatie (n=227) dan op de kweeklocatie(n=241), maar dat de absolute aantallen groter waren op de referentielocatie (1517) dan op de kweeklocatie (1042). Op de referentielocatie zijn de meeuwen dus in grotere groepen gezien dan op de kweeklocatie. Er is geen aantoonbaar effect gevonden van menselijke activiteit en weertype.

Het waargenomen gedrag bij meeuwen is opgeteld voor de hele waarnemingsperiode samengevat in Figuur 18. Meeuwen vertoonden alle soorten gedrag op de kweeklocatie zaten ze regelmatig op de palen. De verschillen tussen de kweeklocatie en referentielocatie zijn niet significant voor vliegen, maar wel voor foerageren (Kruskal-Wallis, $p=0.01$) en vooral voor zwemmen (Kruskal-Wallis, $p>0.001$).

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

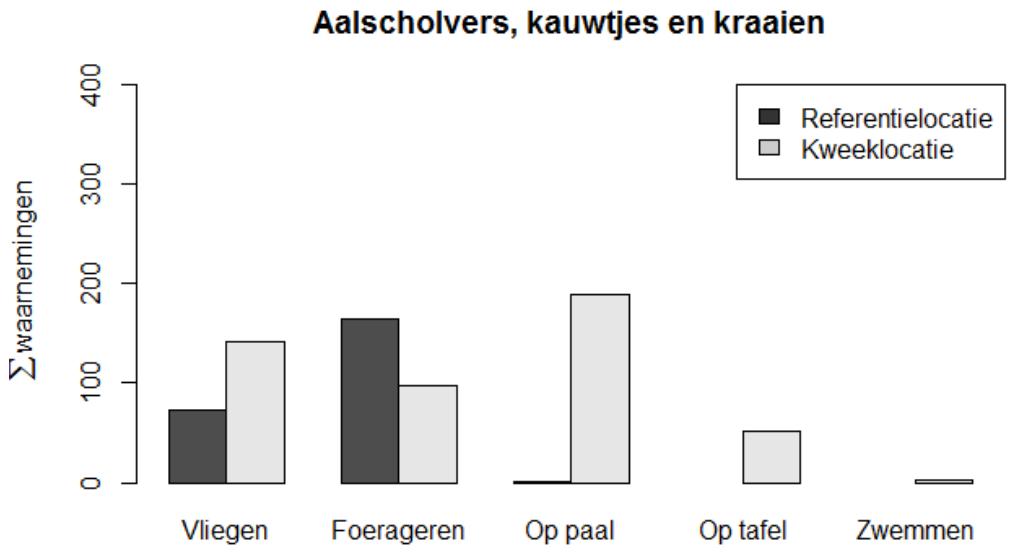


Figuur 18 waargenomen gedrag meeuwen op kweeklocatie en referentielocatie

Resultaten van de data analyse (Bijlage 4) laten zien dat er geen bewijs is dat er een verschil is in aanwezigheid van **Aalscholvers, kauwen en kraaien** tussen de kweeklocatie en de referentielocatie. Ook is er geen aantoonbaar effect gevonden van menselijke activiteit of weertype.

Het waargenomen gedrag bij aalscholvers, kauwtjes en kraaien is opgeteld voor de hele waarnemingsperiode samengevat in Figuur 19. Aalscholvers, kauwtjes en zijn de vogeltypes die het meest gebruik maken van de structuren op de kweeklocatie, aalscholvers gebruiken de palen om hun vleugels op te drogen en kauwtjes en kraaien rusten op de palen en tafels. De meeste vliegbewegingen vinden dan ook plaats in de kweeklocatie (Kruskal-Wallis, p=0.002). Foerageergedrag laat geen significant verschil zien tussen kweeklocatie en referentielocatie.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

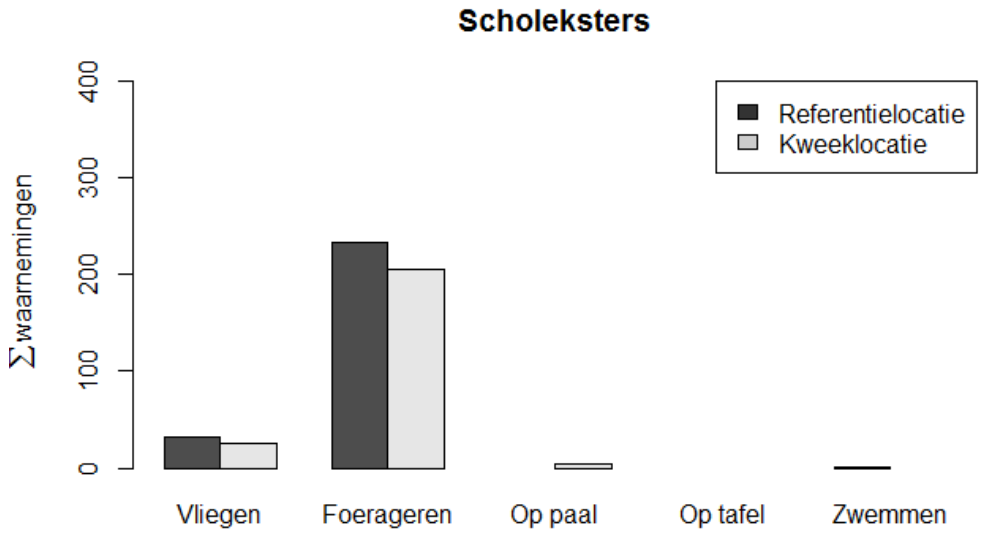


Figuur 19 waargenomen gedrag aalscholvers, kauwtjes en kraaien op kweeklocatie en referentielocatie

Scholeksters zijn alleen de laatste twee bemonsteringen als aparte soort aangemerkt. Voor september 2015 zijn de scholeksters ingedeeld bij de steltlopers. De waarnemingen in september en november zijn vanwege de lage frequentie waarnemingen alleen getest op verschil tussen de locaties. Deze test liet vond geen bewijs dat de aanwezigheid van scholeksters beïnvloed werd door de kweeklocatie (Bijlage 4).

Het waargenomen gedrag bij scholeksters (Figuur 20) laat een zeer vergelijkbaar beeld zien als bij steltlopers (Figuur 16). Gedrag van de scholeksters was net als bij de steltlopers beperkt tot vliegen en foerageren, de verschillen tussen de kweeklocatie en referentielocatie zijn ook hier niet significant (Kruskal-Wallis, $p>0.05$).

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



Figuur 20 waargenomen gedrag scholeksters op kweeklocatie en referentielocatie

Een overzicht van het verschil tussen de voorkomens van de onderscheiden vogeltypes op de kweeklocatie en de referentielocatie is voor alle datums visueel weergeven in Bijlage 5.

Naast de beschreven vogels zijn ook met regelmaat zilverreigers en lepelaars waargenomen (Bijlage 3).

Er zijn tijdens de monitoringsperiode geen zeehonden waargenomen op de kweeklocatie of op de referentielocatie.

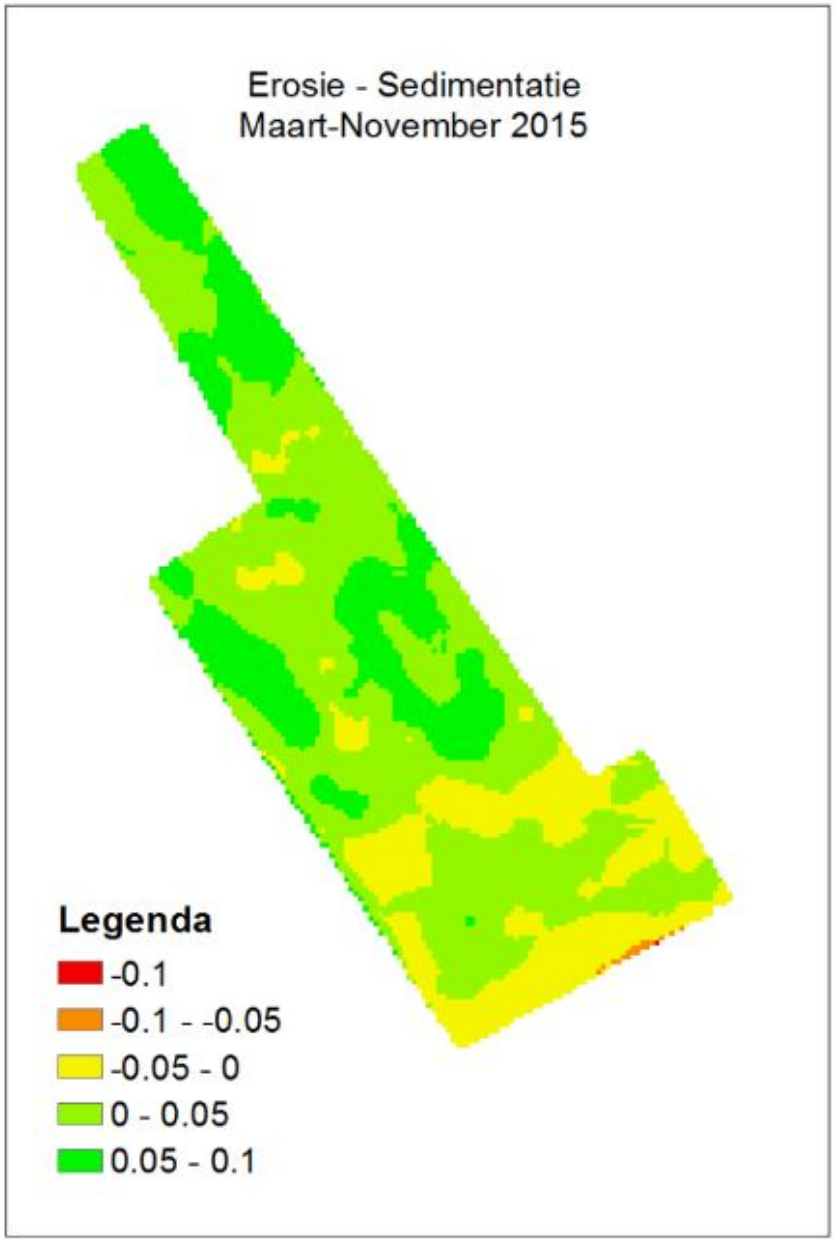
3.3. SEDIMENT DYNAMIEK

De resultaten van de hoogtemetingen met de DGPS zijn per meting weergeven in Bijlage 6. Uit deze resultaten is over de gehele meetperiode (maart-november) de sediment dynamiek brekend. Deze is visueel weergegeven in Figuur 21. Deze kaart laat zien dat er voornamelijk sedimentatie opgetreden is.

Ingepast in de kweeklocatie valt op dat waar kweekstructuren (tafels) aanwezig zijn netto sedimentatie optreed, terwijl naast de kweekstructuren erosie optreed (Figuur 22).

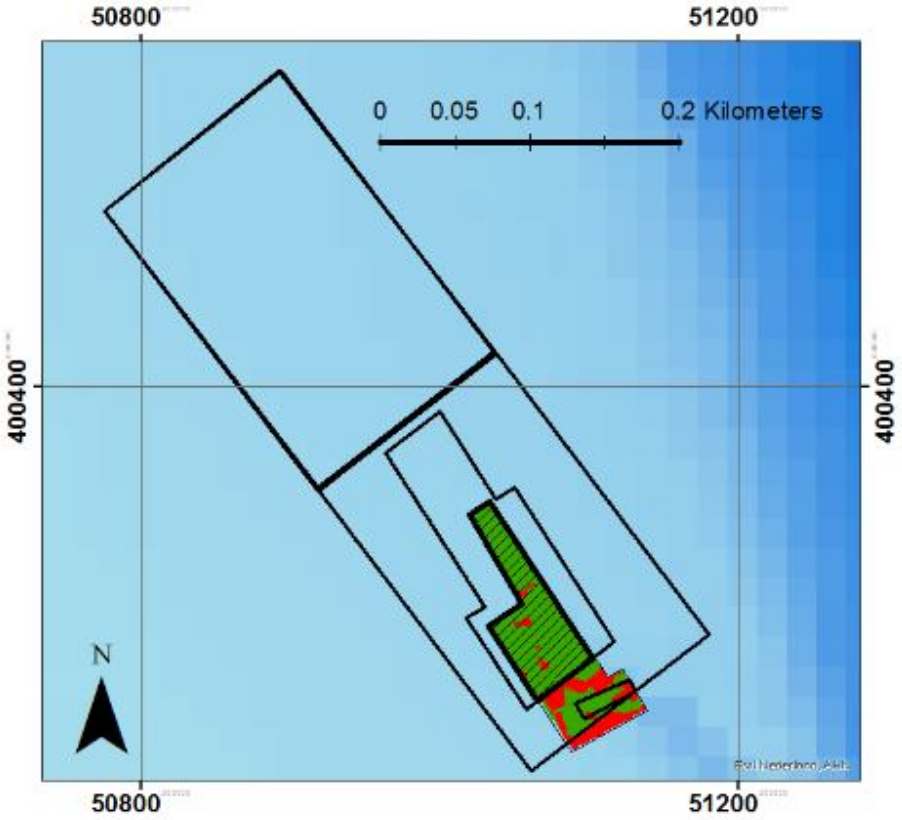
De netto sedimentatie over het totaal gemeten oppervlak van 6288 m^2 (Figuur 22) is 165 m^3. Dit staat gelijk aan een **netto sedimentatie snelheid** van 115 cm^3 per m^2 per dag ofwel 2.29 cm over de gehele periode van 7 maanden.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



Figuur 21 Erosie en sedimentatie kaart van de kweeklocatie over de periode maart-november 2015. Negatieve waardes (rood/geel) duiden op erosie, positieve waardes (groen) op sedimentatie.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



Figuur 22 Erosie (rood) sedimentatie (groen) geplaatst in de kweeklocatie.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

4. DISCUSSIE

Oesterkwaliteit is samengevat als een combinatie van schelpvorm en vleespercentage. Het achterliggende idee om de tafeloesters bij Kats te vergelijken met een representatieve steekproef import oesters, is dat deze nieuwe (duurdere) kweekmethode een Nederlandse oester op zal leveren die de concurrentie met de buitenlandse oesters aankan en beter presteert dan oesters die in de bodemcultuur gekweekt worden.

Resultaten laten zien dat **schelpvorm** van de oesters zeer vergelijkbaar was tussen de verschillende soorten oesters. Oesters uit Normandië waren wat smaller, oesters van de bodem wat minder diep dan oesters uit de zakken. Dit laatste resultaat zou erop kunnen wijzen dat het opkweken in zakken tot een diepere oesterschelp ('cupshape') leidt dan op de bodem. De kwalificatie in Figuur 10 is gebaseerd op een Amerikaanse studie (Brake, et al., 2003). Het valt op dat de oesters allemaal in dezelfde positie van de grafiek gepositioneerd zijn. Van de import oesters kan verwacht worden dat de schelpvorm in ieder geval de Europese standaard dicht benaderd. In onderliggende studie is ook *C. gigas* vergeleken, uit Figuur 10 kan daarom de hypothese afgeleid worden dat de diepte van de oesters in Amerika net zo gewaardeerd wordt als in Europa, maar dat in Europa de oesters smaller ook gewaardeerd worden. Het verdient aanbeveling deze studie nog een keer te herhalen, geënt op de Europese markt.

De **visgewichten** van de tafeloesters van Kats zijn vergelijkbaar met de oesters die op de bodem gelegd zijn. De verwachting dat het kweken van oesters op tafels zal leiden tot een verhoogd visgewicht kan hiermee niet ondersteund worden. Hoewel de oesters op de bodem aan eenzelfde droogvalduur bloot stonden als de oesters op de tafels en op dezelfde locatie lagen, is het vergelijk niet helemaal zuiver, omdat dichtheden niet overeenkwamen. Dit is in het voordeel van de oesters op de bodem. Vergelijkbare studies laten echter ook zien dat de groei en conditie van oesters meer beïnvloed wordt door het effect van kweekmethodiek op droogvalduur dan door de kweekmethodiek zelf (Manley, et al., 2009; Marshall, Dunham, 2013). De **conditie index** laat zien dat de kwaliteit van de tafeloesters op Kats alleen onderdoet voor de oesters uit Charente en vergelijkbaar is met oesters uit Ierland of Normandië, waarbij nog opgemerkt kan worden dat de tafeloesters bij Kats qua kweekmethodiek vergelijkbaar gekweekt worden (op tafels) dan in Ierland en Normandië, oesters uit Charente, zijn in de regel nog geaffineerd in claires, waarbij ze als het ware nog even opgevet worden.

Figuur 15 laat zien dat menselijke aanwezigheid op de kweeklocatie geen effect had op het aantal **vogels** waargenomen op de referentielocatie. Dit laat zien dat er geen verstorende effecten van kweeklocatie op referentielocatie verwacht worden. Wel lijkt menselijke aanwezigheid een negatief effect te hebben op het aantal vogels op de kweeklocatie. Onderliggende gegevens laten hier geen duidelijk patroon in zien. Waarschijnlijk zijn de effecten min of meer uniform verdeeld over de verschillende vogelsoorten en leiden opgeteld niet tot significante verschillen in aanwezigheid. Uitwerking van de gegevens laat zien dat eigenlijk alleen het aantal meeuwen op de referentielocatie hoger is dan op de kweeklocatie. Op andere vogelsoorten lijken de kweekstructuren niet te leiden tot minder aanwezigheid van vogels. Wanneer naar het gedrag van vogels gekeken wordt valt op dat alleen het verschil tussen zwemmende vogels significant was: voor meeuwen meer zwemmende vogels op de referentielocatie, eenden zwommen meer op de kweeklocatie. De kweekstructuren zelf kunnen ook weer vogels aantrekken, die de kweekstructuren en dan met name de palen gebruiken om op te rusten, dat geldt vooral voor aalscholvers, kauwtjes en kraaien, in mindere mate geldt dit ook voor meeuwen.

Steltlopers inclusief scholeksters die een zeer vergelijkbaar voorkomen laten zien, worden niet gehinderd door de tafels en foerageren met het water mee tot onder de tafels. Dit is in overeenstemming met recent gepubliceerde resultaten, waarbij ze ook geen effect vonden van de af- of aanwezigheid van zakken op de tafels op het gedrag van de vogels (Hilgerloh, et al., 2015).

De gevonden resultaten zijn eenduidig met vergelijkbare studies, waarbij de invloed van off-bottom kweek beperkt leek op verstoring van vogels, maar wel effect had op vogelcompositie (Connolly, Colwell, 2005; Gittings, O'Donoghue, 2012; Hilgerloh, et al., 2015; Kelly, et al., 1996).

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Effecten van off-bottom kweek op **kustveiligheid**, opgevat als impact op erosie en sedimentatie processen, laten zien dat er netto sedimentatie plaats vind binnen de locatie waar de kweekstructuren staan. De sedimentatie als gevolg van de oestertafels kan het gevolg zijn van ophoping van (pseudo)faeces of de structuren kunnen als sedimentval werken door het verlagen van de stroomsnelheid. In het kader van een andere meetcampagne is op 9 april 2014 de stroomsnelheid voor en in het midden van de oestertafels gemeten (Bijlage 7). Deze gegevens laten zien dat de stroomsnelheid in het midden van de kweeklocatie sterk afneemt. Wat zal resulteren in een sedimentatieval. Visuele observaties laten zien dat het water erg troebel is ter hoogte van de kweeklocatie en dus veel gesuspendeerd sediment zal bevatten. In andere studies uitgevoerd op oesterkweeklocaties met zakken op tafels leidde de kweek van oesters op tafels tot een verhoogde sedimentatie onder de structuren, die meer veroorzaakt werd door de fysieke effecten van deze structuren op lokale bezinking dan door bio-depositie van de oesters (Kaiser, et al., 1998; Nugues, et al., 1996).

Zandhonger is een groot probleem in de Oosterschelde. Gemiddeld voor het hele systeem wordt een netto erosiesnelheid geschat van 10 mm per vierkante meter jaar (Santinelli, De Ronde, 2012). De netto erosiesnelheid van 10 mm per vierkante meter per jaar, is gelijk aan een erosie van 27 cm^3 per vierkante meter per dag. De netto sedimentatie op de kweeklocatie was 115 cm^3 per vierkante meter per dag.

Verschillende innovatieve methodes zoals het aanleggen van artificiele oesterriffen worden getest om de zandhonger te bestrijden (Walles, 2015). Achterliggende gedachte is dat ze hiermee ook de kust helpen beschermen, omdat droogvallende platen in de Oosterschelde een belangrijke rol hebben in de kustveiligheid (Temmerman, et al., 2013). Resultaten laten zien dat de kweekstructuren op de oesterkweeklocatie een rol kunnen spelen in het tegengaan van erosie en een potentieel positief effect kunnen hebben op de kustveiligheid.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

5.CONCLUSIES

Wat betreft de **kwaliteit van de oester** kan geconcludeerd worden dat:

- De vorm van de schelp bij off-bottom kweek waarschijnlijk anders ontwikkeld dan wanneer de oesters op de bodem opgekweekt worden. Kweek op tafels resulteerde in een diepere oesterschelp (cupshape). De vorm was vergelijkbaar met oesters uit twee kweekgebieden uit Frankrijk en uit Ierland.
- De visgewichten niet verschilden tussen off-bottom gekweekte oesters en oesters die op de bodem opgekweekt zijn.
- De conditie index van de oesters vergelijkbaar was met oesters uit Normandië en Ierland die op een vergelijkbare manier geweekt zijn, maar voor alle tafeloesters lager was dan voor oesters uit Charente.

Tafeloesters van Kats kunnen dus met vleesgewicht en schelpvorm concurreren met geïmporteerde oesters die op eenzelfde manier gekweekt worden. De kwaliteit van de geaffineerde Charente oester was beter dan de tafeloester.

Wat betreft de **effecten op vogels** kan geconcludeerd worden dat:

- Er geen bewijs is gevonden dat de kweekstructuren verstorend werken op vogels. Het enige vogeltype dat significant meer in de referentielocatie gevonden is zijn de meeuwen. Er zijn minimale aanwijzingen dat de oesterkweek effect heeft op het gedrag van vogels. De palen van de kweekstructuren worden gebruikt door vogels om op te rusten of te drogen. Er zijn geen aanwijzingen dat andere activiteiten gehinderd worden door de kweekstuctuur.

Wat betreft mogelijke **effecten op kustveiligheid** kan geconcludeerd worden dat:

- De kweekstructuren, waarschijnlijk door reductie in stroomsnelheid tot een netto sedimentatie effect op de onderliggende wadplaat tot gevolg hebben. Lokaal wordt de zandhonger daarmee tegengegaan en kan hiermee een netto positieve bijdrage leveren aan de kustveiligheid.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

6. REFERENTIES

Abbe, G.R., Albright, B.W., 2003. An improvement to the determination of meat condition index for the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin 1791). Journal of Shellfish Research. 22, 747-752.

Bartol, I.K., et al., 1999. Growth and mortality of oysters *(Crassostrea virginica*) on constructed intertidal reefs: effects of tidal height and substrate level. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 237, 157-184.

Bates, D., et al., 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software. 67, 1-48.

Brake, J., et al., 2003. Is beauty in the eye of the beholder? Development of a simple method to describe desirable shell shape for the Pacific oyster industry. Journal of Shellfish Research. 22, 767-772.

Buestel, D., et al., 2009. History, status, and future of oyster culture in France. Journal of Shellfish Research. 28, 813-820.

Commissie voor milieu effecten rapportage, (MER), 2014. Zandhonger Oosterschelde, Toetsingsadvies over het milieueffectrapport, rapportnummer 2595–65.

Connolly, L.M., Colwell, M.A., 2005. Comparative use of longline oysterbeds and adjacent tidal flats by waterbirds. Bird Conservation International. 15, 237-255.

Crawford, C.M., et al., 2003. Effects of shellfish farming on the benthic environment. Aquaculture. 224, 117-140.

De Grave, S., et al., 1998. Changes in benthic macrofauna associated with intertidal oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) culture. Journal of Shellfish Reseach. 17, 1137-1142.

De Winder, B., et al., 24 September 2014. Zandhonger Oosterschelde aangepakt met 'Building with Nature'. H2O-Online

Dijkema, R., 1997. Molluscan fisheries and culture in the netherlands. NOAA Technical Report NMFS. 129, 115-134.

Forrest, B.M., et al., 2009. Bivalve aquaculture in estuaries: Review and synthesis of oyster cultivation effects. Aquaculture. 298, 1-15.

Gittings, T., O'Donoghue, P., 2012. The effects of intertidal oyster culture on the spatial distribution of waterbirds. Report prepared for the Marine Institute. Atkins, Cork, 170.

Grant, J., et al., 1995. A multidisciplinary approach to evaluating impacts of shellfish aquaculture on benthic communities. Estuaries. 18, 124-144.

Hilgerloh, G., et al., 2015. A preliminary study on the effects of oyster culturing structures on birds in a sheltered Irish estuary. Hydrobiologia. 465, 175-180.

Kaiser, M., et al., 1998. Environmental impacts of bivalve mariculture. Journal of Shellfish research. 17, 59-66.

Kelly, J.P., et al., 1996. Effects of aquaculture on habitat use by wintering shorebirds. California Fish and Game 82, 160-174.

MacKenzie jr, C.L., et al., 1997. The history, present condition, and future of the molluscan fisheries of North and Central America and Europe, Volume 3, Europe. . U.S. Dep. Commer.

Mallet, A.L., et al., 2006. Impact of suspended and off-bottom Eastern oyster culture on the benthic environment in eastern Canada. Aquaculture. 255, 362-373.

Manley, J., A., et al., 2009. Comparison of techniques for off-bottom culture of the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), in Georgia. , Occasional Papers of the University of Georgia Marine Extension Service, pp. 16.

Marshall, R.D., Dunham, A., 2013. Effects of culture media and stocking density on biofouling, shell shape, growth, and survival of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and the Manila clam (*Venerupis philippinarum*) in suspended culture. Aquaculture. 406–407, 68-78.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Nugues, M., et al., 1996. Benthic community changes associated with intertidal oyster cultivation. Aquaculture Research. 27, 913-924.
Ortega, S., 1981. Environmental stress, competition and dominance of *Crassostrea virginica* near Beaufort, North Carolina, USA. Marine Biology. 62, 47-56.
R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.
Santinelli, G., De Ronde, J.G., 2012. Volume analysis on RTK profiles of the Eastern Scheldt. Deltares.
Smaal, A.C., et al., 2008. Introduction, establishment and expansion of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the Oosterschelde (SW Netherlands). Helgoland Marine Research. 63, 75-83.
Temmerman, S., et al., 2013. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. Nature. 504, 79-83.
Venables, W.N., Ripley, B.D., 2002. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York, ISBN 0-387-95457-0.
Ventilla, R.F., 1984. Recent Developments in the Japanese Oyster Culture Industry. in: J.H.S. Blaxter, F.S.R., Maurice, Y. (Eds.), Advances In Marine Biology. Academic Press, pp. 1-57.
Walles, B., 2015. The role of ecosystem engineers in the ecomorphological development of intertidal habitats, Dissertation. Wageningen University, Wageningen.

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

BIJLAGE 1 MONITORINGSFORMULIER VOGELTELLINGEN

Date:		Time:
Site:		Observation Number:
Weather:		Workers:
Bird	Activity	Count
Wader	Walking	
	Flying	
	Swimming	
	On pole	
Duck	Walking	
	Flying	
	Swimming	
	On pole	
Gull	Walking	
	Flying	
	Swimming	
	On pole	
Black Bird	Walking	
	Flying	
	Swimming	
	On pole	
Black Bird	Walking	
	Flying	
	On pole	
Other		
Additional Information		

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

BIJLAGE 2 OVERZICHT VAN HET TOTAAL AANTAL VOGELS PER OBSERVATIE RONDE VOOR KWEEKLOCATIE EN REFERENTIELOCATIE

A. Referentielocatie

Datum/Observatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21-03-2015	189	40	21	17	13	136	30	15	15	13
22-03-2015	49	0	34	67	34	64	20	65	33	79
23-03-2015	97	62	35	75	37	68	28	69	54	97
21-04-2015	269	71	80	46	31	94	280	19	18	78
07-05-2015	100	73	242	169	183	144	137	164	135	180
08-05-2015	119	37	37	48	14	43	48	141	137	162
20-05-2015	137	194	198	173	130	85	218	186	220	170
01-06-2015	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
02-06-2015	59	23	31	38	46	40	27	12	10	21
04-06-2015	41	68	37	26	21	24	28	35	32	38
04-09-2015	0	64	0	180	0	238	0	290	0	86
10-11-2015	0	143	0	116	0	53	0	37	0	37

B. Kweeklocatie

Datum/observatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21-03-2015	242	30	35	12	14	189	19	27	12	14
22-03-2015	162	52	52	55	55	54	37	32	47	35
23-03-2015	115	70	67	70	55	58	51	45	66	55
21-04-2015	5	69	7	15	5	8	5	8	21	55
07-05-2015	78	73	41	110	168	170	297	204	106	298
08-05-2015	228	203	378	155	82	129	274	84	134	147
20-05-2015	11	25	293	120	3	8	136	161	22	119
01-06-2015	8	12	8	9	16	19	10	11	4	3
02-06-2015	21	11	5	13	0	15	18	14	14	21
04-06-2015	42	22	28	3	9	13	13	18	10	7
04-09-2015	77	0	262	0	248	0	121	0	292	0
10-11-2015	72	0	98	0	114	0	90	0	53	0

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

BIJLAGE 3 ALGEMEEN WAARGENOMEN VOGELSOORTEN PER TYPE

Eendachtigen

Fuut (*Podiceps cristatus*)

Bergeend (*Tadorna tadorna*)

Wilde eend (*Anas platyrhynchos*)

Smient (*Anas penelope*)

Meeuwen

Kokmeeuw (*Chroicocephalus ridibundus*)

Zilvermeeuw (*Larus argentatus*)

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Noordse stern (*Sterna paradisaea*)

Kraaien, kauwen en Aalscholvers

Kauw (*Corvus monedula*)

Zwarte kraai (*Corvus corone*)

Aalscholver (*Phalacrocorax carbo*)

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Steltlopers

Drieteenstrandloper (*Calidris alba*)

Rosse grutto (*Limosa lapponica*)

Wulp (*Numenius arquata*)

Steenloper (*Arenaria interpres*)

Scholekster (*Haematopus ostralegus*)

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Overig

Kleine zilverreiger (*Egretta garzetta*)

Lepelaar (*Platalea leucorodia*)

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

BIJLAGE 4 SAMENVATTINGEN DATA ANALYSE VOGELWAARNEMINGEN

A. Steltlopers

```
Scaled residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max
-0.8753 -0.7355 -0.3474  0.4155  5.2906

Random effects:
 Groups Name        Variance Std.Dev.
 Date2  (Intercept) 0.8091   0.8995
Number of obs: 300, groups:  Date2, 10

Fixed effects:
                   Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)          3.2206     0.4202   7.664 1.81e-14 ***
SiteStudy           -0.1056     0.1384  -0.762    0.446
Workers.PresentYes   1.2536     0.8535   1.469    0.142
WeatherGood         -0.2887     0.7836  -0.368    0.713
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
            (Intr) StStdy Wrk.PY
SiteStudy   -0.193
Wrkrs.PrsnY -0.005  0.024
WeatherGood -0.519  0.014 -0.663
```

B. Eendachtigen en futen

```
Random effects:
 Formula: ~1 | Date2
        (Intercept) Residual
StdDev:   0.6357085 8.617739

Variance function:
 Structure: fixed weights
 Formula: ~invwt
Fixed effects: Count ~ Site + Workers.Present + Weather
                      Value Std.Error  DF   t-value p-value
(Intercept)         1.8506279 0.4016295 115  4.607799  0.0000
SiteStudy          -0.2662857 0.1960031 115 -1.358580  0.1769
Workers.PresentYes -0.6685070 0.9887982   8 -0.676080  0.5181
WeatherGood        -0.8155695 0.8634705   8 -0.944525  0.3725
```

C. Meeuwen

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

```
Random effects:
 Formula: ~1 | Date2
        (Intercept) Residual
StdDev:   0.3478887 5.423107

Variance function:
 Structure: fixed weights
 Formula: ~invwt
Fixed effects: Count ~ Site + Workers.Present + Weather
                       Value  Std.Error  DF   t-value p-value
(Intercept)         1.8575897 0.17361083 455 10.699735  0.0000
SiteStudy          -0.3628114 0.08830079 455 -4.108813  0.0000
Workers.PresentYes  0.1516929 0.25937051   9  0.584850  0.5730
WeatherGood        -0.2558574 0.24802731   9 -1.031570  0.3292
 Correlation:
                   (Intr) StStdy Wrk.PY
SiteStudy          -0.192
Workers.PresentYes -0.311  0.066
WeatherGood        -0.505 -0.032 -0.336
```

D. Aalscholvers, kauwen en kraaien

```
Variance function:
 Structure: fixed weights
 Formula: ~invwt
Fixed effects: Count ~ Site + Workers.Present + Weather
                       Value Std.Error  DF   t-value p-value
(Intercept)         1.2575048 0.1941292 208  6.477669  0.0000
SiteStudy           0.2635216 0.2134937 208  1.234330  0.2185
Workers.PresentYes -0.2381136 0.2490007   9 -0.956277  0.3639
WeatherGood        -0.6043355 0.2727719   9 -2.215535  0.0540
 Correlation:
                   (Intr) StStdy Wrk.PY
SiteStudy          -0.839
Workers.PresentYes -0.238  0.069
WeatherGood        -0.143 -0.003 -0.226
```

E. Scholeksters

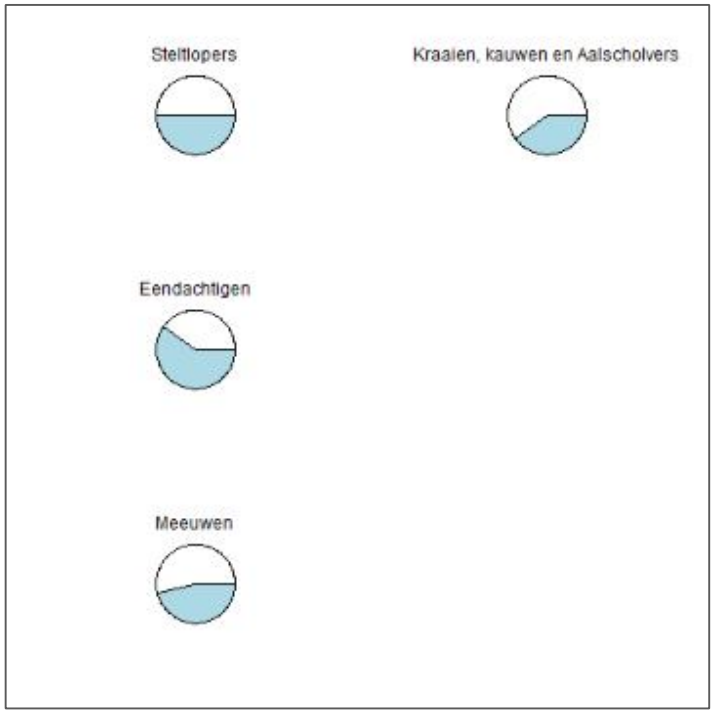
```
Random effects:
 Formula: ~1 | Date2
        (Intercept) Residual
StdDev:   0.1895055 6.189826

Variance function:
 Structure: fixed weights
 Formula: ~invwt
Fixed effects: Count ~ Site
                Value Std.Error DF  t-value p-value
(Intercept)  2.097005 0.1907024 64 10.99622  0.0000
SiteStudy   -0.192791 0.2037551 64 -0.94619  0.3476
```


You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

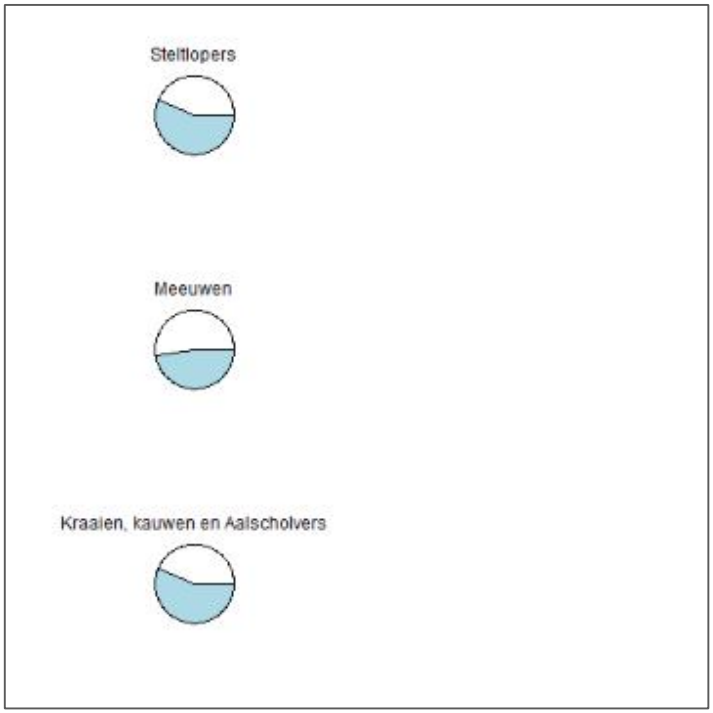
BIJLAGE 5 OVERZICHT VAN HET VERSCHIL TUSSEN DE VOORKOMENS VAN DE ONDERSCHEIDEN VOGELTYPES OP DE KWEEKLOCATIE EN DE REFERENTIELOCATIE UITGESPLITST PER DATUM

*In de grafieken is blauw is de kweeklocatie, wit de referentielocatie

21 maart

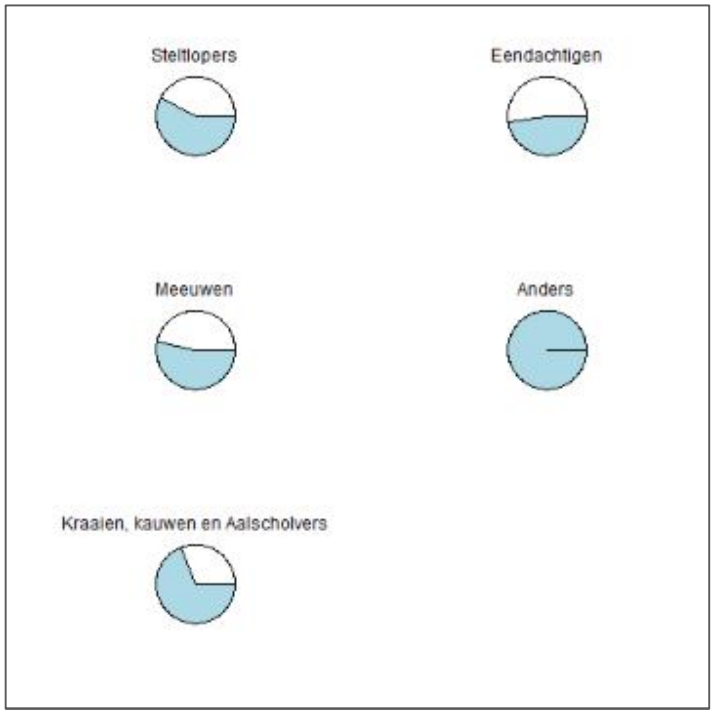


22 maart

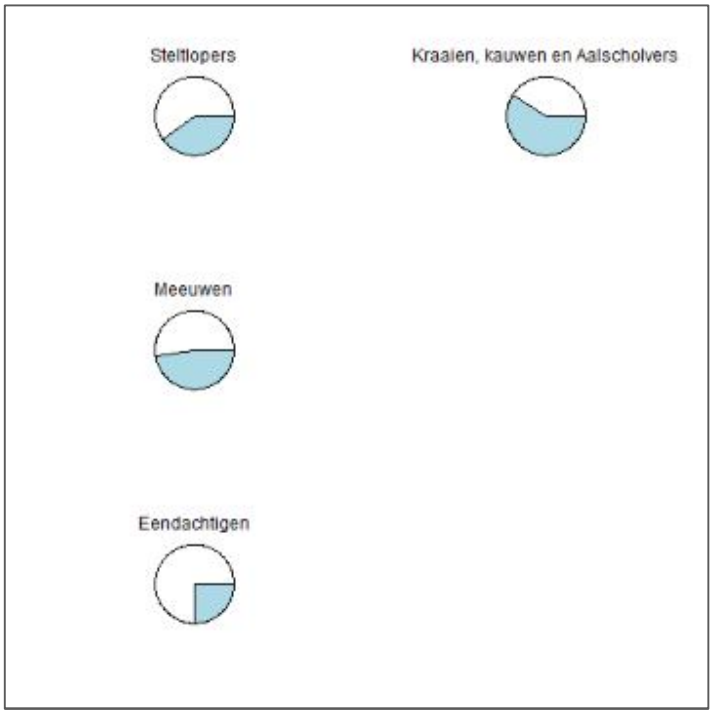


You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

23 maart

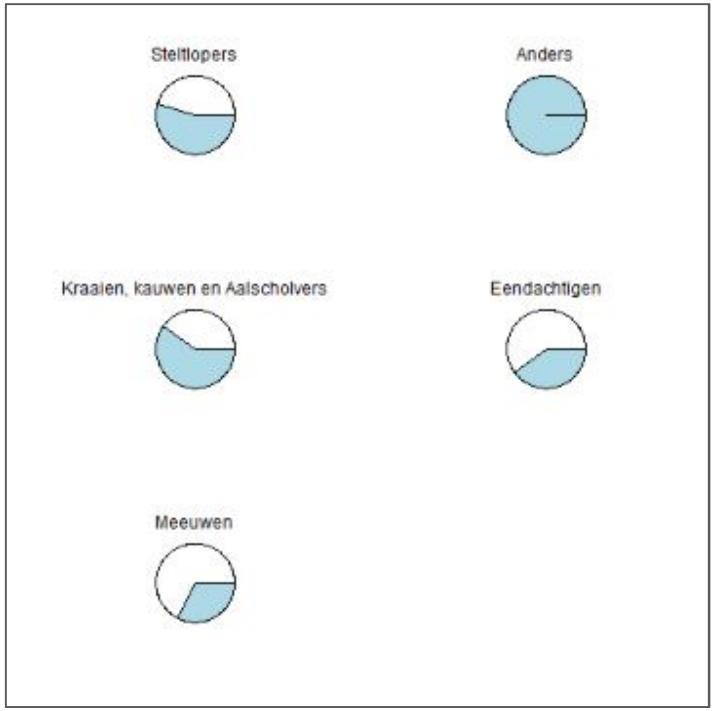


21 april

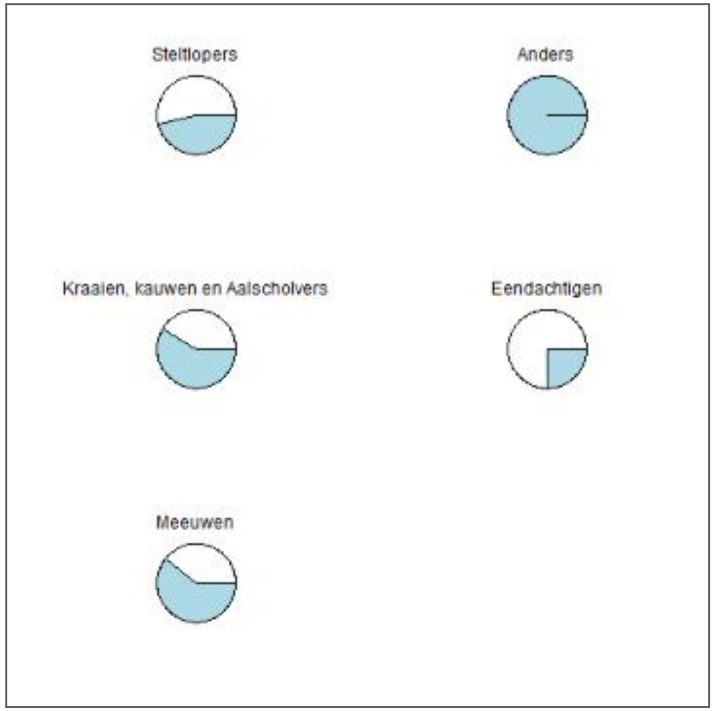


You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

7 mei

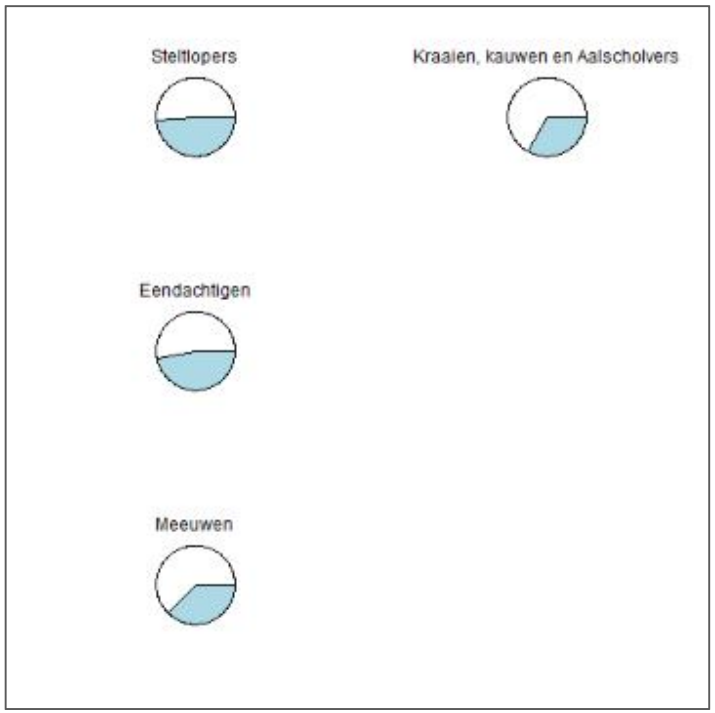


8 mei

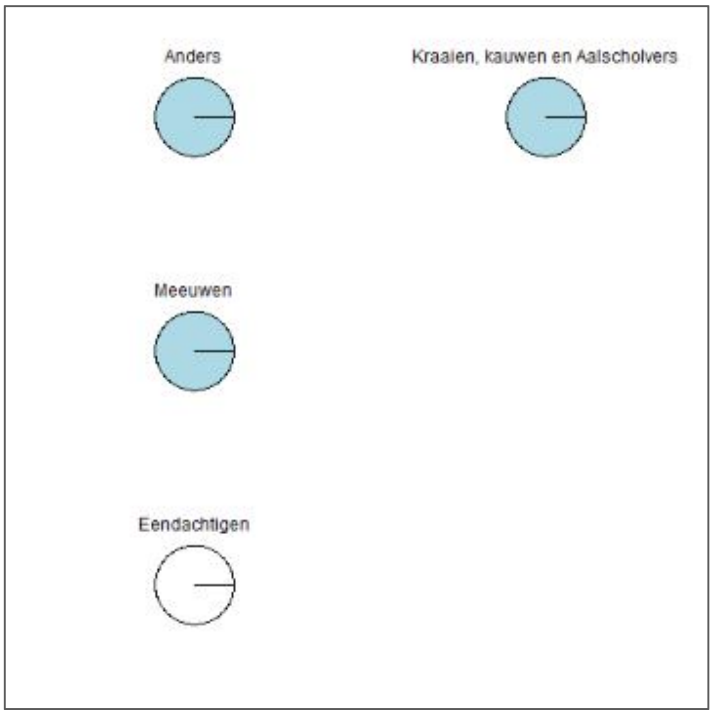


You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

20 mei

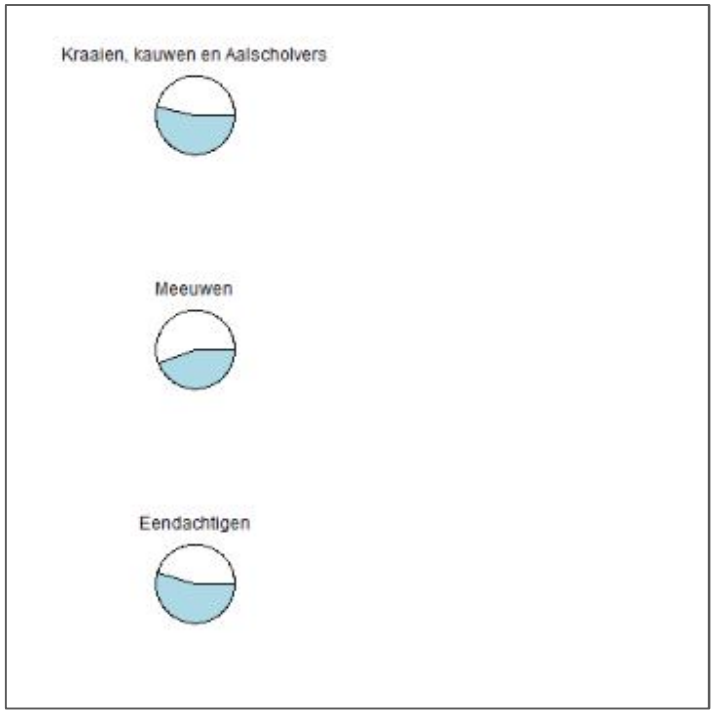


1 juni

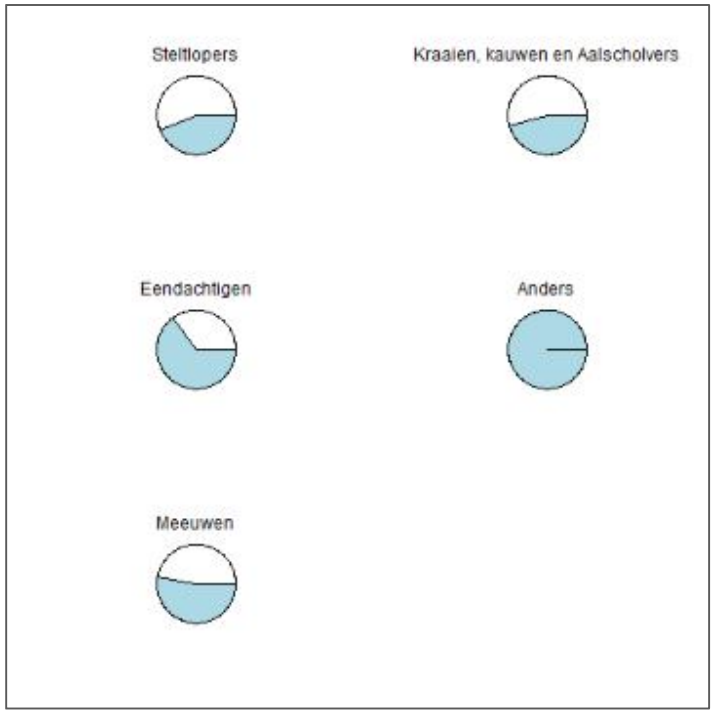


You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2 juni

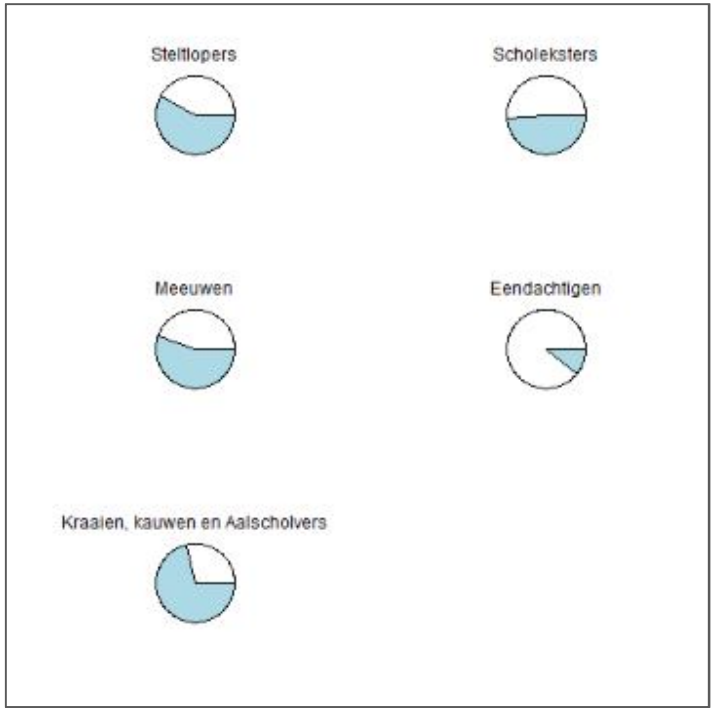


4 juni

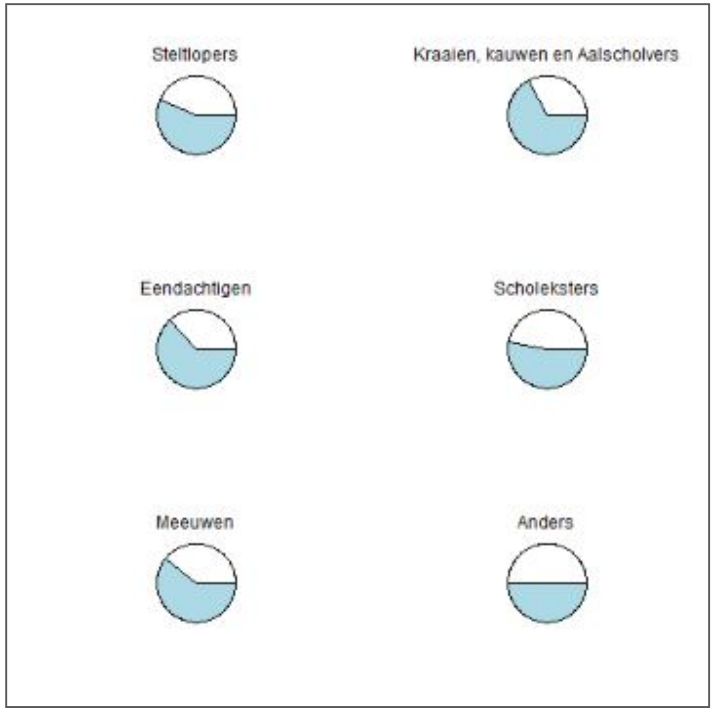


You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

4 september

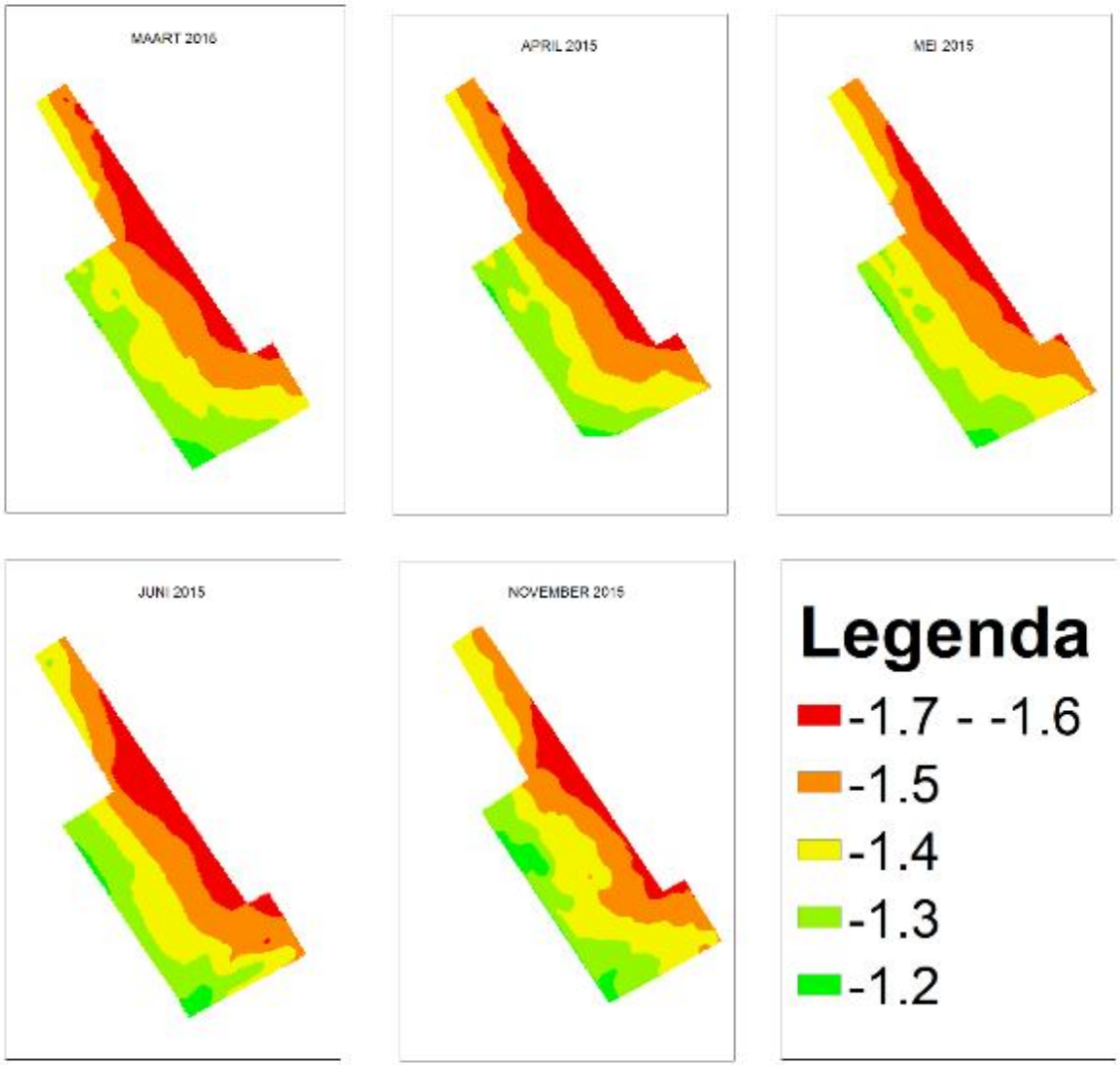


10 november



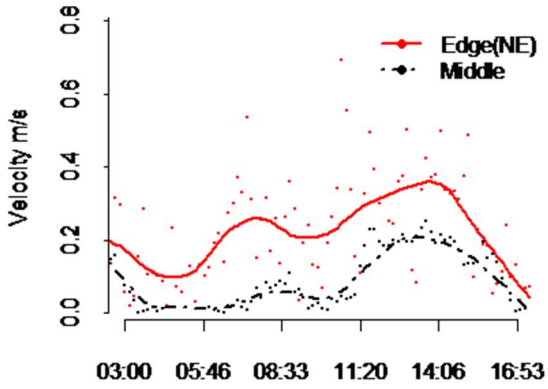
You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

BIJLAGE 6 DGPS HOOGTEMETINGEN PER MAAND (LEGENDA IN METER TEN OPZICHTE VAN NAP)



You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

BIJLAGE 7 STROOMSNELHEID IN HET MIDDEN VAN DE KWEEKLOCATIE EN OP DE RAND VAN DE KWEEKLOCATIE



Water velocity measured using an ADCP device at 0.2 m above the sea floor during two tides on 9 April 2014 at two locations in the culture plot, with the dotted line representing the middle and the straight line the north-eastern edge of the plot; the line is a LOWESS smoother based on a locally weighted polynomial regression (uit: Capelle et al. submitted)

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (http://www.novapdf.com)