

Zeezoogdieren in de Eems; studie naar de effecten van bouwactiviteiten van GSP, RWE en NUON in de Eemshaven in 2011

Klaus Lucke, Elisa Bravo Rebolledo, Jenny Cremer,
Frouke Fey-Hofstede, Han Lindeboom, Michaela Scholl & Lorna Teal

Rapport [C082.12]



IMARES Wageningen UR

Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Opdrachtgever:

Groningen Seaports
Postbus 20004
9930 PA Delfzijl

Publicatiedatum:

28 september 2012

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68
1970 AB IJmuiden
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 77
4400 AB Yerseke
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 59
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 57
1780 AB Den Helder
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)223 63 06 87
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 167
1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V12

Dit rapport is mede tot stand gekomen met medewerking van Sophie Brasseur, Steve Geelhoed en Marcel Machiels.

Inhoud

1	Samenvatting.....	9
1.1	Bouwactiviteiten	10
1.2	Zeehonden	10
1.2.1	Vliegtuigtellingen	10
1.2.2	Zenderstudie.....	11
1.2.3	Cameraobservaties.....	12
1.3	Bruinvissen	13
1.4	Effect van geluid op zeezoogdieren.....	13
1.5	Early warning systeem.....	13
1.6	Belangrijkste conclusies	14
2	Inleiding	17
2.1	Geschiedenis Eemsstudie	17
2.1.1	Vraagstelling	18
2.2	Monitoringsprogramma en early warning systeem.....	19
2.3	Deze rapportage.....	20
2.3.1	Beperking van deze rapportage.....	20
2.3.2	Totstandkoming van het rapport	21
3	Gegevens over de bouwactiviteiten.....	23
3.1	Methodes.....	23
3.1.1	Statistische analyse.....	24
3.1.2	Scheepsbewegingen	24
3.2	Resultaten	24
3.2.1	Overzicht van de activiteiten.....	24
3.2.2	Scheepvaart.....	26
3.2.3	Heien en trillen	27
3.2.4	Baggeren, peiling en grondverzet	28
3.2.5	Verdeling van activiteiten gedurende de week	30
3.2.6	Vergelijking van activiteiten in 2009, 2010 en 2011	30
3.2.7	Bouwdata 2012	31
3.3	Discussie	31
4	Zeehonden – vliegtuigtellingen.....	33
4.1	Methodes.....	34
4.2	Resultaten	37
4.2.1	Gewone zeehonden	37
4.2.2	Grijze zeehonden	45
4.3	Discussie	46
4.3.1	Gewone zeehonden	46
4.3.2	Grijze zeehonden	48
4.3.3	Het statistische onderscheidend vermogen van de gegevens	49
5	Zeehonden –zenderstudie	51
5.1	Methodes.....	52
5.1.1	Zenders.....	52
5.1.2	Veldwerk	53
5.1.3	Analyse	55

5.2	Resultaten	58
5.2.1	Directe metingen aan individuele zeehonden	59
5.2.2	Zendergegevens van individuele zeehonden	61
5.2.3	Haulout-gedrag	77
5.2.4	Ligplaatskeuze van de dieren gevangen op de verschillende locaties	80
5.2.5	Effectanalyse	82
5.3	Discussie	100
5.3.1	Hypotheses	100
5.3.2	Zeggingskracht data en analyse	101
5.3.3	Directe metingen aan individuele zeehonden	102
5.3.4	Zendergegevens van individuele zeehonden	102
5.3.5	Verspreiding gezenderde zeehonden in relatie tot bouwactiviteiten ...	104
5.3.6	Effecten op duikgedrag	106
6	Zeehonden - cameraobservaties	107
6.1	Methodes	107
6.1.1	Camerasysteem	108
6.1.2	Het verzamelen van de gegevens	110
6.1.3	Aanpassingen in de procedures voor het verzamelen van gegevens en de analyses	110
6.1.4	Sampling error	111
6.1.5	Analyses	111
6.1.6	Gedragsobservaties met waarnemers	113
6.2	Resultaten	114
6.2.1	Functioneren van de camera	114
6.2.2	Dagelijkse aanwezigheid van zeehonden en activiteit van zeehonden	115
6.2.3	Resultaten van de modelanalyse	116
6.2.4	Invloed van menselijke activiteiten	121
6.3	Discussie	135
6.3.1	Hypotheses	135
6.3.2	Methodes	135
6.3.3	Functioneren van de camera	136
6.3.4	Dagelijkse aanwezigheid van zeehonden en waarnemingsfouten	136
6.3.5	Aanpassingen in het verzamelen van de gegevens en de analyses	136
6.3.6	Het aantal zeehonden op de ligplaats	137
6.3.7	Invloed van natuurlijke factoren	137
6.3.8	Invloed van menselijke activiteiten	138
6.3.9	Conclusies	142
7	Bruinvissen - passieve akoestische monitoring	143
7.1	Methodes	143
7.1.1	Veldwerk	144
7.1.2	Analyse	145
7.2	Resultaten	147
7.2.1	Functioneren van de CPODs	147
7.2.2	Dagelijkse aanwezigheid en activiteit van bruinvissen	147
7.2.3	Effectanalyse	152
7.3	Discussie	159
7.3.1	Hypotheses	160
7.3.2	Invloed van natuurlijke omgevingsfactoren	160
7.3.3	Invloed van menselijke activiteiten op bruinvissen	161
8	Early warning systeem	163
8.1	Early warning in 2011	166
8.1.1	Langjarige aantallen zeehonden uit vliegtuigtellingen	166
8.1.2	Gedrag van gezenderde zeehonden	166
8.1.3	Aantalsveranderingen op de plaat	167
8.1.4	Bruinvissen	170

8.1.5	Geluidsmetingen	170
8.2	Tot slot	170
9	Referenties	173
	Kwaliteitsborging	177
	Verantwoording	179

1 Samenvatting

In verband met de uitbreiding van het Energy Park in de Eemshaven vinden er op het land en in het water diverse (bouw)activiteiten plaats. In opdracht van Groningen Seaports (GSP), RWE en NUON (de initiatiefnemers) monitort IMARES sinds 2009 de effecten van deze activiteiten op zeezoogdieren, i.c. de gewone zeehond (*Phoca vitulina*), grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) en bruinvis (*Phocoena phocoena*). Het gaat hierbij specifiek om de activiteiten die plaatsvinden in het kader van de verruiming van de haven (GSP) en de bouw van de energiecentrales van NUON en RWE. Omdat er in 2007 veel leemtes zijn geconstateerd in de beschikbare kennis over zeezoogdieren in het gebied (Brasseur 2007) en de naar verwachting belangrijkste verstoringbron (onderwatergeluid) nog niet direct te meten was, is toen in lijn met het monitoringplan van Wymenga et al. (2009) een flexibel monitoringprogramma opgezet dat gaandeweg de uitvoering kon worden aangepast of uitgebreid wanneer nieuwe inzichten uit het lopende monitoringonderzoek daartoe aanleiding zouden geven. Het monitoringprogramma dient niet alleen als basis van de uit te voeren effectstudie maar wordt ook ingezet als early warning instrument.

De meeste deelstudies kennen nu een looptijd van drie jaar (2009-2011). Dat geldt niet voor de gedetailleerde gedragsobservaties aan de zeehonden op de Hond en Paap die alleen in 2009 zijn uitgevoerd, en de deelonderzoeken naar het dieet van zeehonden en de visuele observaties van bruinvissen, die in 2011 niet meer zijn voortgezet. De redenen voor het beëindigen van deze deelstudies zijn vooral methodologisch van aard (Brasseur 2010 en 2011). Naast het monitoringprogramma is in 2011 met een pilotstudie geluidsregistraties gestart.

Binnen de verschillende deelstudies van het monitoringsprogramma zijn in 2011 wederom waardevolle gegevens verzameld over de drie zeezoogdierensoorten die in het Eems-Dollardgebied voorkomen: de gewone en grijze zeehond, en de bruinvis. In overeenstemming met de voorschriften van de NB-wetvergunning en het goedgekeurde monitoringplan zijn de verzamelde ecologische gegevens en de door de opdrachtgever verstrekte informatie over de (bouw)activiteiten in samenhang geanalyseerd en in relatie tot de bevindingen uit 2009 en 2010 gezet. Hiermee is uitvoering gegeven aan het monitoringsprogramma voor 2011 en vooruitgang geboekt in het opvullen van de eerder gesignaleerde leemtes in kennis.

In dit rapport, dat een vervolg is op de monitoringrapporten voor 2009 en 2010 (Brasseur et al. 2010a, 2011) worden de voor 2011 gevonden resultaten gepresenteerd. Ook is met behulp van de door de opdrachtgever aangeleverde informatie over de (bouw)activiteiten in en rond de Eemshaven opnieuw een effectstudie met behulp van statistische methodes uitgevoerd. De gevonden resultaten zijn in de eerste plaats correlaties tussen het optreden van bouwgerelateerde en andere activiteiten en de onderzochte parameters zoals voorkomen en habitatgebruik van zeehonden en bruinvissen. Afhankelijk van de significantie (de kans dat het gevonden effect niet op toeval berust; p-waarde) kan er wel sprake zijn van een meer of minder sterke indicatie dat er ook een causale samenhang bestaat tussen de activiteit en het gemeten effect. De statistisch significante effecten op zichzelf zijn echter ook bij een sterke correlatie niet voldoende om deze causaliteit onomstotelijk aan te tonen. De gevonden relaties kunnen werkelijk bestaan maar sluiten andere oorzaken van het waargenomen effect niet uit. Cruciaal hierbij is het ontbreken van gegevens over geluidsemissies verbonden aan de bouwgerelateerde en andere relevante menselijke activiteiten. De verschillende bouwactiviteiten zijn statistisch steeds afzonderlijk getoetst. Een analyse waarbij meerdere factoren cumulatief worden onderzocht, kan op dit moment nog niet worden uitgevoerd vanwege de extreme complexiteit ervan.

Aangezien de getoetste verbanden zijn gebaseerd op in de literatuur beschreven causale verbanden, is het daar waar de resultaten uit deze studie significante correlaties laten zien, wel gerechtvaardigd om van werkelijk aanwezige effecten te spreken ook al zijn ze niet exclusief aan een specifieke activiteit toe te schrijven.

1.1 Bouwactiviteiten

Om te kunnen bepalen of de bouwwerkzaamheden van de initiatiefnemers in en rond de Eemshaven van invloed zijn op de aanwezigheid en het gedrag van zeezoogdieren, is het belangrijk alle menselijke activiteiten die zich in het studiegebied voordoen, te kennen en in de analyse te betrekken. Het spreekt voor zich dat het verzamelen van 'alle' gegevens praktisch niet haalbaar is dan wel in redelijkheid niet geveerd kan worden van de initiatiefnemers. In het studiegebied worden immers ook activiteiten door andere partijen ontplooid. Verder moet in aanmerking worden genomen dat de monitoringverplichting van de initiatiefnemers zich strikt genomen ook alleen tot de zgn. vergunningplichtige activiteiten beperkt. In een effectstudie als de voorliggende kan dit onderscheid in activiteiten echter niet zinvol gemaakt worden. Daarom is er juist naar gestreefd om ook andere niet-vergunningplichtige activiteiten in de analyses mee te nemen, met name wanneer deze in relatie tot onderwatergeluid naar verwachting van grote invloed kunnen zijn, zoals scheepvaart of het baggeren van derden. Door de opdrachtgever zijn niet alleen gegevens aangeleverd van de relevante bouwactiviteiten die in 2011 in en rond de Eemshaven hebben plaatsgevonden, maar ook van de scheepspassages voor de Eemshaven, Delfzijl en Emden. In aanvulling daarop is informatie verzameld over andere menselijke activiteiten in het Eemsgebied zoals de baggerwerkzaamheden door Duitse bedrijven.

De gerapporteerde bouwgerelateerde activiteiten vonden het hele jaar door plaats en vertoonden grote verschillen in tijdsduur en intensiteit. Er werd voornamelijk van maandag tot vrijdag gewerkt en in mindere mate tijdens het weekend. Heiwerkzaamheden waren er alleen nog van RWE. Zij vonden merendeels plaats in de eerste helft van 2011 en dan vooral op werkdagen. De andere bouwactiviteiten werden meer of minder regelmatig verspreid over het hele jaar uitgevoerd. Hetzelfde geldt voor het trillen van damwanden. Peilen en baggeren vonden eveneens het hele jaar door plaats; deze beperkten zich echter niet tot de werkweek maar gingen regelmatig ook in het weekend door en buiten de reguliere werktijden. In totaal vonden er in 2011 op 78% van de dagen tenminste één of meerdere van de gemelde bouwactiviteit plaats. In 2011 waren er weliswaar minder activiteiten dan in 2009 en 2010 maar deze zijn op meer dagen uitgevoerd dan in die jaren. Scheepvaartbewegingen deden zich in het Eems-Dollardgebied in 2011 gedurende het gehele jaar voor en wel op alle dagen van de week. De Duitse baggeractiviteiten op de Eems werden eveneens nagenoeg het hele jaar door uitgevoerd.

1.2 Zeehonden

Om het effect van de bouwactiviteiten op zeehonden te onderzoeken zijn ecologische gegevens verzameld op drie niveaus: dat van het individu (zenderen), de kolonie (cameraobservaties) en de deelpopulatie¹ (vliegtuigtellingen). Deze complementaire datasets geven informatie over de aanwezigheid en het gedrag en habitatgebruik van de zeehonden in het Eems-Dollardgebied.

1.2.1 Vliegtuigtellingen

Tellingen van de gewone en grijze zeehonden vanuit een vliegtuig vinden plaats in de periode november tot en met januari en in maart/april (respectievelijk in de zoog- en verharingsperiode van grijze zeehonden) en in juni/juli en augustus (respectievelijk in de zoog- en verharingsperiode van gewone zeehonden). De tellingen geven een globaal beeld van de veranderingen in aantallen dieren en het ligplaatsgebruik gedurende het jaar en tussen jaren. Aangezien de monitoring van gewone zeehonden al tientallen jaren in de gehele Waddenzee wordt uitgevoerd, kunnen veranderingen in het studiegebied vergeleken worden met (langetermijn-)veranderingen in de rest van de Waddenzee.

¹De zeehonden in het Eems-Dollardgebied vormen geen afzonderlijke populatie maar zijn onderdeel van de Nederlandse subpopulatie, die deel uitmaakt van de internationale Waddenzeepopulatie.

De ontwikkeling van het relatieve belang van een deelgebied kan worden gevolgd door te berekenen welk aandeel van de populatie een bepaald deelgebied gebruikt. Het vertrekpunt bij deze benadering is dat elk deelgebied in potentie even aantrekkelijk is en relatief dezelfde groei of krimp kan laten zien qua aantal zeehonden die er gebruik van maken. De gemaakte aanname is vatbaar voor discussie. Wanneer de groei in een deelgebied achterblijft kan het minder aantrekkelijk zijn geworden, mogelijkerwijs als gevolg van menselijke activiteiten, maar het kan ook zijn dat de draagkracht van het deelgebied is bereikt waardoor de groei afvlakt.

In 2011 zijn 15 vliegtuigtellingen in het Nederlandse Waddenzee uitgevoerd. De resultaten van die tellingen laten zien dat het aantal zeehonden in 2011 ten opzichte van 2010 licht is toegenomen. Het aantal pups daarentegen was iets lager. Een gedetailleerde analyse laat zien dat de onderscheiden deelgebieden in de Eems-Dollard zich verschillend hebben ontwikkeld.

Na een stijging van het totaal aantal pups van de gewone zeehond in de jaren 2007-2010 nam het totaal aantal pups in 2011 ten opzichte van 2010 met 10% af. Dit is nagenoeg volledig toe te schrijven aan de afname van het aantal pups van het Randzelgat met 44%. In de gehele internationale Waddenzee bedroeg de toename in 2011 van het aantal pups 8%. In het Nederlandse deel van de Waddenzee blijft het aantal pups nagenoeg gelijk.

Welk effect een specifieke menselijke activiteit op de lange termijn op zeehonden heeft is aan de hand van de vliegtuigtellingen niet vast te stellen.

1.2.2 Zenderstudie

De zenderstudie tracht het habitatgebruik van zeehonden in het Eemsgebied in beeld te brengen. Zenders maken het mogelijk om individuele zeehonden continu te volgen ook wanneer zij in het water verblijven (aan de oppervlakte of onder water). Evenals in 2009 en 2010 zijn in het voor- en najaar op vier locaties in het Eemsgebied gewone zeehonden gezenderd. Omdat in 2011 opnieuw vroeg in het najaar is gezenderd, zijn anders dan in 2010, weer data beschikbaar vanaf half september. Door technisch falen van de zenders is de periode waarin locatiegegevens konden worden verzameld, in 2011 echter korter dan in voorgaande jaren: de ontvangst beperkt zich tot de periode half september 2011 tot en met half november 2011.

Het onderzoek met gezenderde zeehonden in het Eemsgebied heeft in 2011 opnieuw veel data gegenereerd ondanks de relatief korte periode dat de zenders functioneerden. Er wordt een beeld verkregen van hoe de gevolgde zeehonden hun leefgebied gebruiken en hoe dit mogelijk wordt beïnvloed door menselijke activiteiten, in dit geval de bouw in de Eemshaven.

Aan de hand van de zendergegevens is een globaal beeld geschetst van de verspreiding en het gedrag van de gezenderde dieren waarbij naar verschillende aspecten is gekeken. De bevindingen zijn echter niet statistisch getoetst; de verkregen indrukken dienden als eerste aanknopingspunt voor de verdere analyses. Zo leek er een verschil te bestaan tussen het gebruik van het studiegebied bij dag en nacht. Ook waren er verschillen vast te stellen voor het gebiedsgebruik afhankelijk van getij, geslacht en leeftijd. De locatiegegevens leverden ook informatie over het haulout-gedrag. Het verblijf van de gezenderde dieren op een ligplaats duurt in de buurt van de Eemshaven vergeleken met het gebied daarbuiten relatief langer.

Uit de resultaten van de effectanalyse blijkt ruwweg dat statistisch significante correlaties tussen enkele bouwactiviteiten en de verspreiding van gezenderde zeehonden konden worden gevonden voor de afstandscategorieën met een straal tot 10 km rondom de bouwactiviteiten. De gezenderde dieren zijn significant minder in het gebied aanwezig wanneer de activiteit gaande is, dan wanneer dit niet het geval is. Er zijn ook statistisch significante verschillen in het duikgedrag gevonden: wanneer een

bouwgerelateerde activiteit gaande is, duren de duiken langer. Duikduur en duiksnelheid zijn weliswaar zeer fijne parameters omdat zij het gedrag van een zeehond kunnen typeren, maar zijn niet geschikt voor een effectanalyse vanwege de relatief kleine aantallen gezenderde dieren per afzonderlijke bouwactiviteit.

1.2.3 Cameraobservaties

In 2011 is de analyse van de cameraregistraties voor 2011 afzonderlijk en voor de jaren 2010/2011 gezamenlijk uitgevoerd. Dat laatste om de statistische zeggingskracht te verhogen. Daarvoor zijn alle 2010-data opnieuw bewerkt.

De aanwezigheid van zeehonden op de zandbank Hond en Paap vertoonde ook in 2011 een duidelijk seizoenspatroon met het grootste aantal in de geboorte-, zoog- en verharingsperiode en het kleinste aantal in de winter. Na 'dag van het jaar' waren temperatuur en windsnelheid de belangrijkste factoren die dat patroon verklaarden. Uit de gezamenlijke analyse voor 2010 en 2011 zijn statistisch significante² relaties naar voren gekomen tussen het aantal aanwezige zeehonden en verscheidene bouwactiviteiten. Baggeren en trillen van buispalen en trillen van planken hadden in aflopende volgorde de meest significante positieve³ effecten; deze activiteiten gingen gepaard met een toename van het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap. Bij heien en RIB's werden significant lagere aantallen waargenomen (negatief effect). De gedetailleerdere analyse van de 2011-data leverde een gedifferentieerder beeld van de effecten van de specifieke activiteiten. Zo kon worden vastgesteld dat de verschillende typen baggeractiviteiten verschillende effecten hadden. BaggerenAussenEems had een sterk positief effect, terwijl BaggerenOnderhoud GSP een licht negatief effect liet zien, hetgeen erop kan duiden dat het effect van baggeren verschilt afhankelijk van de locatie waar de activiteit plaatsvindt: in de Eems of in de Eemshaven.

In de vergelijking van maart met juni, die betrekking heeft op alle activiteiten, werd geen verschil gevonden in de resultaten. Ervan uitgaande dat significant meer of significant minder dieren op de zandbank een maat voor hun gevoeligheid voor prikkels is, dan geeft dit aan dat de dieren in het geboorteseizoen (juni/juli) niet meer of minder geneigd waren op een verstoring te reageren dan in het voorjaar.

De cameradata vormen een goede basis voor het in 2010 ontwikkelde en nu in 2011 verbeterde statistische model waarmee een voorspelling gedaan kan worden van het te verwachten aantal zeehonden op een bepaalde dag of in een bepaalde periode. In dat model is rekening gehouden met relevante factoren zoals seizoenspatroon en de invloed van biotische en abiotische parameters. Het model kan ook gebruikt worden voor de verdere ontwikkeling van een early warning systeem waarmee in een redelijk kort tijdsbestek (van enkele dagen tot een week) het optreden van mogelijke effecten kan worden vastgesteld.

² De betekenis van het woord "significant" in dit document is statistisch van aard en impliceert geen juridische beoordeling van (ecologische) gevolgen op individueel of populatieniveau.

³ Positief en negatief is geen waardeoordeel maar geeft uitsluitend de richting van een gemeten effect aan: bv. wanneer positief betekent 'meer dieren', dan betekent negatief 'minder dieren'. Dit geldt voor de hele rapportage.

1.3 Bruinvissen

In 2011 is net als in 2010 alleen nog passieve akoestische monitoring uitgevoerd om de verspreiding en het gebruik van het gebied door bruinvissen te monitoren. Visuele observaties, waarmee in het gebied aanwezige bruinvissen zouden kunnen worden gedetecteerd wanneer die aan het wateroppervlak komen, bleken al in 2010 in de praktijk niet haalbaar vanwege de grote afhankelijkheid van goede weercondities voor dergelijke tellingen (zeestaat ≤ 3 in verband met golfhoogtes en schuimkoppen die de waarneembaarheid belemmeren).

Op een raai van Borkum tot Delfzijl leveren negen (van de oorspronkelijk tien) CPODs continu gedetailleerde data op over de activiteit van bruinvissen, waardoor zowel een ruimtelijk als een temporeel beeld van de aanwezigheid en activiteit van bruinvissen wordt verkregen. In 2011 kwamen net als in 2009 en 2010 het hele jaar door in het gehele studiegebied bruinvissen voor.

De verzamelde monitoringdata over bruinvissen lieten in 2011 een temporeel en ruimtelijk patroon zien dat consistent is met de eerdere monitoringjaren. De akoestische activiteit van bruinvissen wordt beïnvloedt door natuurlijke factoren. De Generalized Additive Model (GAM)-analyses tonen aan dat ook bouwgerelateerde activiteiten invloed hebben op de akoestische activiteit van bruinvissen, die als proxy voor hun aanwezigheid mag worden beschouwd. Ook in 2011/2012 laten damwanden trillen, baggeren, heien en peilen op basis van de beschikbare gegevens statistisch significante resultaten op het aantal detecties van bruinvis-clicks zien. De meeste bouwgerelateerde activiteiten gaan gepaard met een lagere click-activiteit als gevolg van minder bruinvissen of van gewijzigd akoestisch gedrag.

Het aantal detecties van bruinvis-clicks is in het algemeen laag in vergelijking met de resultaten van de passieve akoestische monitoring (met CPODs) in het Nederlandse deel van de Noordzee. Maar het aantal detecties kan nog steeds niet worden geïnterpreteerd in termen van aantal individuen. Daarom moet worden volstaan met de voorgaande constatering.

1.4 Effect van geluid op zeezoogdieren

Onderwatergeluid wordt in de wetenschappelijke literatuur aangemerkt als de meest belangrijke menselijke factor in gedragsveranderingen bij zeezoogdieren. In dit rapport wordt het onderzoek naar de reacties van de drie onderzochte zeezoogdiersoorten op de onderzochte bouwactiviteiten beschreven. Dat onderzoek gebeurde aan de hand van aangeleverde data van bouwactiviteiten. De werkhypothese is dat eventuele reacties op activiteiten het gevolg zijn van de geluidsemissies van de activiteiten. Rechtstreeks meten van geluidsemissies onder water zou een directere manier van het onderzoeken van geluidseffecten mogelijk maken. De voordelen daarvan worden onderkend. Bij wijze van pilot is daarom in 2011 in het studiegebied een onderzoek uitgevoerd waarbij gebruik werd gemaakt van apparatuur waarmee onderwatergeluid kan worden opgenomen (geluidsloggers). Ondanks technische problemen, bieden de eerste resultaten perspectief. De voorlopige analyses van de geluidsregistraties geven te kennen dat wanneer in de buurt van de Eemshaven of de zandbank Hond en Paap een bepaalde geluidsemissie heeft plaatsgevonden, die emissie kan worden geregistreerd evenals de sterkte ervan.

1.5 Early warning systeem

De monitoringverplichting behelst ook het beschikbaar hebben van een 'early warning systeem' (EWS). In het jaarrapport over 2010 is een voorstel gedaan voor de ontwikkeling van het early warning systeem en hoe het verder geoperationaliseerd zou kunnen worden. Op basis van de resultaten van 2011 zijn in deze rapportage aanvullende voorstellen gedaan, ook voor de mogelijke inzet van geluidregistratie-apparatuur. Zeker in combinatie met cameraobservaties kan inzet daarvan van doorslaggevende betekenis zijn. Overeenkomstig de verplichting richt het EWS zich primair op de gewone zeehond en

voorziet in indicatoren die in principe een reactie door het bevoegd gezag mogelijk maken indien drempelwaarden overschreden zijn. Deze drempelwaarden zijn gezien de aanwezige onzekerheidsmarges rond de indicatoren nog niet specifiek en onomstreden vast te stellen. De bevindingen van drie jaar monitoringonderzoek bieden echter steeds meer aanknopingspunten voor de keuze van in potentie geschikte parameters, waarvoor we in dit rapport een voorstel doen. De uit dit monitoringonderzoek verkregen databestanden kunnen daarbij als vergelijkingsmateriaal dienen. Uiteindelijk is het aan het bevoegd gezag om deze drempelwaarden exact vast te stellen, afhankelijk van de beleidsmatige afweging over de bandbreedte waarin effecten zijn toegestaan.

1.6 Belangrijkste conclusies

Voor de analyses van de voor deze studie verzamelde gegevens uit 2011 waren, net als in 2009 en 2010, geen directe gegevens over de verstoringsbronnen beschikbaar in de vorm van registraties van geluidsemissies onder en boven water. De effectstudies werden daarom indirect, dat wil zeggen op basis van de door de opdrachtgever aangeleverde gegevens over de bouwgerelateerde activiteiten - anders dan de geluidskenmerken ervan - uitgevoerd. De aanzienlijk hogere resolutie van deze data heeft in 2011 geleid tot een verbeterde (statistische) analyse. Hieronder volgen de belangrijkste conclusies.

Vliegtellingen gewone en grijze zeehonden

- Het Eemsgebied wordt net als in voorgaande jaren door een groot aantal gewone zeehonden gebruikt: in 2011 bedroeg het maximum aantal zeehonden zoals dat met behulp van vliegtuigtellingen in augustus wordt verkregen, 2083 individuen. Ten opzichte van 2010 is dat een lichte toename.
- Wanneer met het oog op verschuivingen in het relatieve belang van de onderscheiden deelgebieden, de aantalsontwikkeling per deelgebied afzonderlijk wordt bekeken en vergeleken met de getelde aantallen in augustus in andere deelgebieden in de Nederlandse Waddenzee, blijkt dat (met uitzondering van het Randzelgat) de deelgebieden in het studiegebied ten opzichte van 2010 in relatief belang zijn toegenomen.
- Wanneer de reproductieve functie die een deelgebied kan vervullen wordt onderzocht, blijkt dat de ligplaatsen in het Eemsgebied ook in 2011 tijdens de geboorte- en zoogperiode worden gebruikt. De relatieve waarde van het studiegebied nam in deze periode (juni) ten opzichte van 2010 af hetgeen vooral is toe te rekenen aan de sterke afname (>40%) in het aantal pups in het Randzelgat. In het Sparregat zijn de aantallen ook afgenomen, maar zeer licht. De vrijwel gelijkblijvende aantallen pups op de Hond en Paap, de ligplaats die het dichtst bij de Eemshaven gelegen is, en de stijgende aantallen pups in de Dollard geven aan dat geen aantoonbaar nadelige effecten van de bouwactiviteiten op de aantallen pups zijn waar te nemen.
- De aantallen grijze zeehonden bedroegen in 2011 max. 79 dieren. Door de relatief lage aantallen en de ligging van de ligplaatsen van de grijze zeehonden bij Borkum is geen effectanalyse voor deze soort uitgevoerd. Hierdoor kan ook, net als voor de daling van het aantal grijze zeehonden in 2010, toen maximaal 50 dieren werden geteld ten opzichte van 130 in 2009, het aantal in 2011 niet worden getoetst aan de bouwactiviteiten in en om de Eemshaven.

Zenderstudie gewone zeehonden

- In 2011 zijn 48 gewone zeehonden gezenderd. De resultaten laten wederom een grote individuele variatie zien.
- De met behulp van de zenders verkregen resultaten tonen aan dat het trekgedrag van de in het Eemsgebied gezenderde zeehonden in 2011 niet veel anders was dan in 2009 en 2010; dat geldt ook wanneer op het gebied in de nabijheid van de Eemshaven wordt ingezoomd. Ook het haulout-gedrag komt overeen met het beeld voor 2010.
- De wijze waarop de dieren hun ligplaats kiezen, ten opzichte van waar ze gezenderd werden, verschilt van jaar op jaar. Opvallend is dat de Hond en Paap en de Dollard praktisch uitsluitend

gebruikt worden door de dieren die daar ook gevangen zijn. Op de andere plaatsen zien we vaker dieren uit andere gebieden. Dit kan erop duiden dat er relatief weinig nieuwe dieren in het binnendeel van het Eems-Dollardgebied toestromen.

- In de nabijheid van bouwgerelateerde activiteiten verschilt het moment waarop de dieren een zandbank opgaan van andere gebieden.
- De met geavanceerde statistische methodes uitgevoerde effectanalyse, waarbij door de wijze waarop deze analyse is aangepast ten opzichte van 2010 en waarbij zo veel mogelijk voor individuele verschillen in gedrag wordt gecorrigeerd, laat zien dat verscheidene bouwgerelateerde activiteiten een statistisch significant resultaat laten zien op het gebiedsgebruik van de zeehonden in en rond de Eemshaven. Zeer significante correlaties waren er in de drie zones 0-5 km voor: heien RWE, damwanden trillen, peilen, RIB's, baggeren onderhoud GSP en baggeren Van der Kamp. De resultaten geven een statistische correlatie aan, echter nog geen causaal verband. De gevonden relaties kunnen werkelijk bestaan maar sluiten andere oorzaken van het waargenomen effect niet uit.
- Duidelijk is dat tijdens bouwactiviteiten de dieren minder in de nabijheid van de Eemshaven, waar de meeste activiteiten plaatsvinden, aanwezig zijn. Hoewel causaliteit nog niet kan worden aangetoond – het gaat om een statistisch verband – is de aanname gerechtvaardigd dat de onderzochte activiteit de verdeling van de dieren in het gebied beïnvloedt.
- De hypothese dat veranderingen in stimuli in de omgeving van zeehonden leiden tot verandering in het gebruik van hun leefgebied wordt door de gevonden statistisch significante correlaties bevestigd. Tot nu toe zijn echter geen aanwijzingen gevonden voor een negatieve invloed van bouwactiviteiten op de langetermijntontwikkelingen (bijvoorbeeld gereduceerde fitness met als gevolg een verminderde reproductie) van het aantal zeehonden in het studiegebied.
- Het is momenteel (nog) niet mogelijk om uit de zendergegevens conclusies te trekken over eventuele langetermijneffecten van de bouwgerelateerde activiteiten noch op het niveau van de lokale populatie in het Eemsgebied noch op het niveau van de Nederlandse zeehondenpopulatie.

Cameraobservaties

- Met betrekking tot het verzamelen en analyseren van de gegevens hebben er in 2011 ten opzichte van 2010 belangrijke veranderingen plaatsgevonden: alle tellingen werden uitgevoerd op het optimale telmoment ($1,5 \pm 0,5$ uur na laagwater); ter controle op consistentie zijn de beelden uit 2010 opnieuw bewerkt en geanalyseerd; de verschillende activiteiten zijn op een gedetailleerdere schaal geanalyseerd om de potentiële effecten per afzonderlijke activiteit te kunnen bepalen. Deze aanpassingen hebben tot een verbeterde analyse geleid.
- Door de gegevens van 2010 en 2011 ook gezamenlijk te analyseren kon het onderscheidend vermogen van de statistische analyse worden verhoogd.
- De aanwezigheid van zeehonden op de zandbank Hond en Paap wordt bepaald door natuurlijke factoren en menselijke activiteiten. Van de onderzochte natuurlijke factoren verklaart de 'dag van het jaar' de aantallen in belangrijkste mate. Van de verschillende bouwactiviteiten zijn baggeren Aussen-Eems, heien RWE en damwanden trillen de activiteiten die de aantallen zeehonden op de zandbank het best verklaren.
- Door de complexiteit van de factoren en de geringe omvang van de datasets is het niet mogelijk om oorzaak-effectrelaties definitief vast te stellen en te kwantificeren voor de afzonderlijke bouwgerelateerde activiteiten en het gedrag van de zeehonden.

Bruinvissen

- Bruinvissen waren het hele jaar door in het studiegebied aanwezig; op 58.2 % van de monitoringdagen werden bruinvissen gedetecteerd.
- Er zijn correlaties gevonden tussen de akoestische activiteit van bruinvissen, als proxy voor hun aanwezigheid (en activiteit), en natuurlijke omgevingsvariabelen. De belangrijkste zijn seizoen,

ligging, waterdiepte op de verankeringslocatie van de CPOD, tijd tot hoogwater Eemshaven en windkracht.

- De detecties vertonen een duidelijk seizoenspatroon met een hoge voorjaarspiek in maart, een dal in de zomer gevolgd door een tweede kleinere piek in augustus en weer een dal in de wintermaanden. Het aantal detecties neemt af in een gradiënt van noord naar zuid.
- Bovenop de natuurlijke omgevingsfactoren toonden de GAM-analyses aan dat bouwgerelateerde activiteiten statistisch significante correlaties met het aantal detecties van bruinvissen in de Eems-Dollard hadden: op de meerderheid van de CPOD-locaties werd voor de verschillende activiteiten een afname van detecties vastgesteld.

Early warning systeem

- Het early warning systeem (EWS) zoals opgezet in 2009/2010 kon in 2011 verder worden verbeterd.
- Op dit moment is een EWS in werking dat kan aangeven of er een extreme verandering is in het ligplaatsgedrag van zeehonden op de Hond en Paap of (indien er gezenderde zeehonden zijn) in het gebiedsgebruik van zeehonden in de Eems. Op basis van drie jaar monitoringonderzoek kunnen de parameters van het EWS worden aangescherpt. De verbetering van de EWS is een iteratief proces. Op basis van voortschrijdend inzicht worden in dit rapport nieuwe drempelwaarden voor zeehonden op de zandbank voorgesteld: Het getelde aantal zeehonden op de zandbank is lager of hoger dan anderhalf maal de standaarddeviatie van de in voorgaande jaren getelde aantallen zeehonden (criterium 1), en deze afwijking doet zich voor gedurende drie achtereenvolgende tellingen (criterium 2). Het voorgaande geldt met beperkingen voor de pup-periode omdat dan niet alle aanwezige dieren even goed geregistreerd worden.
- Door terugkoppeling van vastgestelde early-warning signalen naar aanvankelijk op basis van 'expert judgement' toegepaste drempelwaarden (zie Brasseur et al. 2010, 2011) kan het systeem steeds doeltreffender worden. Als deze waarnemingen gekoppeld worden aan *in situ* geluidsregistratie zal het ook makkelijker worden om oorzaak-effectrelaties voor specifieke activiteiten vast te stellen. Vliegtuigtellingen kunnen gebruikt worden voor een meer langetermijnwaarschuwing voor ongewenste ontwikkelingen in de zeehondenpopulatie die strijdig (kunnen) zijn met de instandhoudingsdoelen. Door online-akoestisch onderzoek in het early warning systeem op te nemen kan het risico om een vals alarm af te geven, geminimaliseerd worden.
- In alle studies zijn statistisch soms zeer significante correlaties gevonden tussen (afzonderlijke) activiteiten met het (tijdelijk) gebruik van zeezoogdieren in het gebied.

2 Inleiding

2.1 Geschiedenis Eemsstudie

Groningen Seaports (GSP) ontwikkelt in de oostlob van de Eemshaven een Energy Park. In het Energy Park staat nu een centrale van Electrabel. De bouw van een energiecentrale door RWE evenals een zogenoemde multifuel energiecentrale van NUON vorderen gestaag. Daarnaast staan nog een aantal andere projecten op stapel (Tabel 1). Om al deze bouwwerkzaamheden te faciliteren en de aan- en afvoer via schepen mogelijk te maken, worden ook de Eemshaven en de vaargeul naar de Noordzee verruimd en verdiept.

In opdracht van Groningen Seaports, RWE en NUON monitort IMARES sinds 2009 de zeezoogdieren in de Eems, waarmee effecten van deze (bouw)activiteiten, met name de werkzaamheden voor de verruiming van de haven (GSP) en de bouw van de energiecentrales van NUON en RWE, kunnen worden bestudeerd. Voorafgaand aan dit monitoringprogramma zijn de vliegtuigtellingen in 2007/2008 die door IMARES ten behoeve van de overheid worden uitgevoerd, in opdracht van GSP uitgebreid met extra vluchten (Brasseur et al. 2009).

Tabel 1. Overzicht van de geplande activiteiten en de fasering ervan (situatie vanaf 2006; stand van zaken juli 2012). Vetgedrukt de monitoringplichtige activiteiten van de opdrachtgevers.

Plan	Plaats	Bouwfase	In gebruik	Initiatiefnemer
Nord kabel	Eems	2006-2008		Tennet
Electrabel centrale	Eemshaven	Al uitgevoerd		Electrabel
Datahotel	Eemshaven	2006-2007		TCN SIG
Energiecentrale NUON	Eemshaven	2009-2013	2013	NUON
Energiecentrale RWE	Eemshaven	2009-2013	2014	RWE
Verruiming Eemshaven inclusief kade Wilhelminahaven	Eemshaven	2007-2013	2013	Groningen Seaports/RWE
Short Sea haven	Eemshaven	2006-2014	2008	Groningen Seaports
Bulkkade Julianahaven	Eemshaven	2006-2010	2010	Groningen Seaports
Revitalisering Oosterhorn	Delfzijl	2006-2007	2007	Groningen Seaports
Revitalisering	Delfzijl	Al uitgevoerd	2007	Groningen Seaports
Farmsummerpoort	Eemshaven	2006-2008?	2008	
Biodieselabriek	Riffgat, offshore	2008-2009	?	Enova Energie-anlagen GMBH
Windmolenpark Riffgat	Borkum			
Verruiming van de vaargeul	Eems	2013-20?	2016?	RWS
Verruiming van de vaargeul	Eems	continu	nvt	WSA (Duitsland)
Verdieping toegang Emden	Emden	Onbekend	Onbekend	Niedersachsen Ports GmbH
Olieterminal	Eemshaven	2010	2012	Vopak
Elektriciteitscentrale	Eemshaven	2014?	2015?	Advanced Power

Voor zover mogelijk zijn de verwachte effecten van bovenstaande bouwwerkzaamheden op de aanwezigheid en het habitatgebruik van zeehonden en bruinvissen in het Eemsgebied beschreven door Brasseur (2007). Door leemtes in beschikbare kennis bleek het niet mogelijk op voorhand te bepalen of er effecten zullen optreden en welke mitigerende maatregelen in het geval van effecten noodzakelijk zijn. Hiervoor miste de benodigde kennis zowel over de dieren zelf, over de geplande werkzaamheden, als over de uitwerking van de werkzaamheden op de dieren. In het rapport uit 2007 is daarom ook aangegeven welke gegevens nodig zijn om de effecten beter te kunnen inschatten. In de NB-wet vergunningen voor de activiteiten van Groningen Seaports, RWE en NUON in de Eemshaven is

aangegeven dat deze aanbevelingen van IMARES (Brasseur 2007) leidend zijn voor de opzet van het monitoringprogramma (letterlijk: onverkort te volgen) om de effecten van de bouwwerkzaamheden te kunnen volgen. De minister van LNV (nu EL&I) en de Provincie Groningen hebben tevens verzocht om speciale aandacht voor een early warning systeem, mede om te kunnen inspelen op onverwachte effecten. Deze twee onderdelen hebben hun ingang gevonden in het monitoringplan van Wymenga et al. (2009) dat mede de grondslag vormt van het door IMARES opgezette onderzoek.

Opgemerkt dient te worden dat geen uitspraken over de nul-situatie in het studiegebied kunnen worden gedaan. Wel zijn er resultaten uit de vliegtuigtellingen, die IMARES al enkele tientallen jaren in opdracht van EL&I uitvoert en voor de onderhavige studie gebruikt kunnen worden. In de aanloop naar de verplichte monitoring zijn deze vliegtuigtellingen al in 2007/2008 in opdracht van de initiatiefnemers uitgebreid met extra vluchten, waardoor ook meer informatie over de lokale populatieontwikkeling beschikbaar kwam. Gezien de relatief korte waarnemingsperiode van enkele jaren, is deze informatie zeker waardevol maar niet voldoende om de nul-situatie te beschrijven, ook omdat het daarbij alleen om telgegevens voor zeehonden gaat. Idealiter waren alle deelstudies in de ongestoorde situatie, voorafgaand aan de bouw, gedurende tenminste één jaar uitgevoerd.

2.1.1 Vraagstelling

De onderzoeksvraag zoals die ten behoeve van deze monitoring is geformuleerd, luidt:

Hebben de door GSP, RWE en NUON in en rond de Eemshaven uitgevoerde werkzaamheden effecten op de landelijke instandhoudingsdoelstelling voor drie soorten zeezoogdieren?

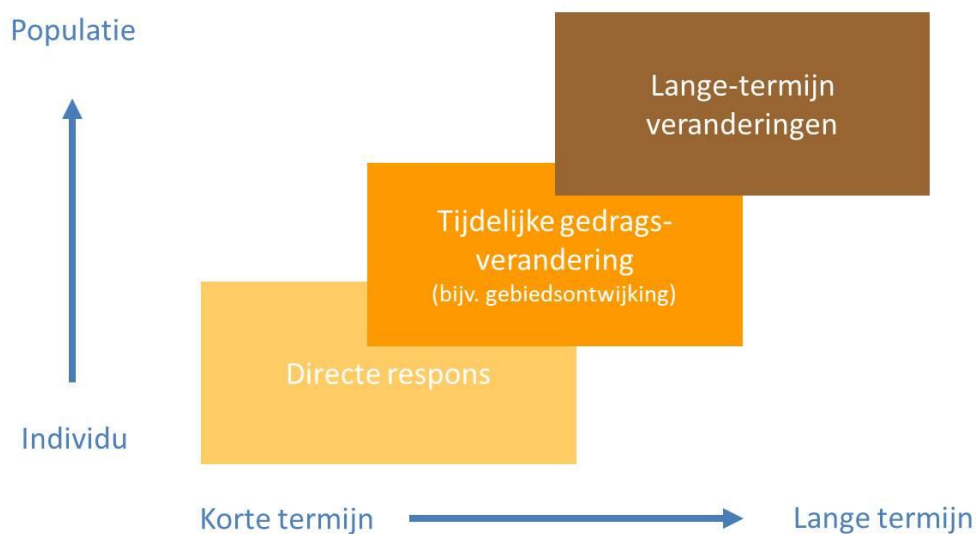
Landelijke instandhoudingsdoelstelling:
Gewone zeehond: Behoud verspreiding, uitbreiding omvang en verbetering kwaliteit leefgebied ten behoeve van uitbreiding populatie.
Grijze zeehond en Bruinvis: Behoud verspreiding, omvang en behoud kwaliteit leefgebied ten behoeve van behoud populatie.

Op grond van de monitoringverplichting die aan de verleende NB-wet- en FF-wet-vergunningen is verbonden, en om invulling te geven aan het bijbehorende monitoringplan (Wymenga et al. 2009), is deze vraag als volgt vertaald:

Hebben de door GSP, RWE en NUON in en rond de Eemshaven uitgevoerde werkzaamheden effect op populatieniveau op het voorkomen, de ruimtelijke verspreiding en het gebruik van het gebied door zeezoogdieren?

De vergunningverlener verwacht "dat er een bepaald effect van de bouwwerkzaamheden in de Eemshaven op de zeezoogdieren zal uitgaan" (verwachte effecten). Vanwege de onderkende leemtes in kennis en de onzekerheid over de reikwijdte van effecten wordt echter ook rekening gehouden met het optreden van onverwachte effecten. Dat onderscheid is ook terug te vinden in het monitoringplan en is in de onderzoekopzet meegenomen. In Figuur 1 zijn de verschillende schaalniveaus aangegeven waarop het onderzoek zich richt. Deze opzet beoogt zowel eventueel aanwezige effecten op individueel niveau als ook op populatieniveau in beeld te brengen, waarbij registraties van korte-termijnveranderingen mede input leveren voor de early warning functie. De early warning dient in eerste instantie om onverwachte effecten te detecteren en voor de verwachte effecten om vast te stellen of de waargenomen effecten binnen de "vergunde bandbreedte" vallen (ter beoordeling door het bevoegd gezag).

Onderzoek op verschillende schaalniveaus



Figuur 1. Schematische weergave van de onderzoekopzet.

In Brasseur (2007) worden de volgende leemtes in kennisesignaleerd:

- a) verspreiding en gebruik van het gebied door de drie soorten zeezoogdieren
- b) migratiegedrag
- c) frequentie-specifieke geluidscontouren van de activiteiten, met en zonder mitigatie

Conform de afspraken met de opdrachtgever beperkt het IMARES-onderzoek zich tot de eerste twee punten met betrekking tot aantalsontwikkeling en gedrag van zeezoogdieren en werd tot nu toe geen verder onderzoek aan de actuele geluidsniveaus op het moment van gedragswaarnemingen uitgevoerd. Zonder kennis over alle drie de punten en de mogelijke variatie hierin, is een eenduidige en onomstreden effectenmeting niet mogelijk.

2.2 Monitoringsprogramma en early warning systeem

Als eerste stap van het monitoringsprogramma is in 2009 begonnen met de uitvoering van een reeks onderzoeken naar het voorkomen van gewone zeehonden, grijze zeehonden en bruinvissen én het habitatgebruik en gedrag van deze zeezoogdieren in de Eems. Dat onderzoek is in 2010 in iets gewijzigde omvang voortgezet. De resultaten van deze reeks zijn gerapporteerd in Brasseur et al. (2010a en 2011). Met het monitoringonderzoek trad ook het early warning systeem in werking, dat inmiddels op basis van de resultaten van 2009 en 2010, in nader overleg met de opdrachtgever en met name het bevoegd gezag, verder is uitgewerkt. Het early warning systeem is dus een flexibel systeem: wanneer nieuwe inzichten door verder onderzoek beschikbaar komen en daartoe aanleiding geven, kan het systeem vervolgens worden aangepast of uitgebreid.

Het monitoringsprogramma is opgedeeld in verschillende deelstudies die elk te maken hebben met de verschillende soorten zeezoogdieren of specifieke aspecten van het onderzoek:

1. Gewone zeehonden
 - Vliegtuigtellingen **
 - Zenderstudie
 - Cameraobservaties **
 - Dieetanalyse*

2. Grijs zeehonden

- Vliegtuigtellingen

3. Bruinvissen:

- Passieve akoestische monitoring
- Visuele observaties*

**) in 2011 niet meer uitgevoerd; opdrachtgever was van mening dat voortzetting van de dieetanalyses een te geringe meerwaarde voor de verdere monitoring zou hebben; de visuele observaties bleken praktisch niet haalbaar vanwege het doorgaans ontbreken van de vereiste waarnemingsomstandigheden.*

***) deze deelstudies lopen ook in 2012 nog door*

Het early warning systeem maakt gebruik van indicatoren of signalen uit het monitoringsprogramma. Het systeem richt zich specifiek op:

- gedrag van de gezenderde zeehonden
- aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap (haulout)
- (met enige vertraging) aanwezigheid en activiteit van bruinvissen

2.3 Deze rapportage

Deze rapportage is een vervolg op de monitoringrapporten voor de jaren 2009 en 2010 (Brasseur et al. 2010a, 2011) en geeft de resultaten voor 2011 afzonderlijk en waar vermeld voor meerdere monitoringjaren (2009, 2010, 2011) gezamenlijk weer.

De bouwwerkzaamheden voor de twee energiecentrales en de onderwaterwerkzaamheden in de Eemshaven gingen ook in 2011 door. Dit bracht wederom een groot aantal en breed spectrum aan verschillende werkzaamheden met zich mee, waarvoor door de initiatiefnemers data zijn aangeleverd. In dit rapport wordt onderzocht of deze bouwwerkzaamheden in 2011 de verschillende soorten zeezoogdieren hebben beïnvloed. Hierbij worden, voor zover de beschikbare gegevens dit toelaten, de initiatieven van GSP, RWE en NUON specifiek getoetst. Tevens worden, net zoals in 2009 en 2010, de toegepaste onderzoeksmethodes geëvalueerd en suggesties gedaan voor eventuele aanpassingen aan de methodes.

In dit rapport worden de in 2011 verzamelde biologische gegevens gecorreleerd aan de beschikbare informatie over de bouwactiviteiten en andere mogelijke verstoringbronnen in en rond de Eemshaven. De gepresenteerde analyses zijn gebaseerd op de resultaten en de geleerde lessen uit de rapportage over de gegevens van 2009 en 2010. De gegevens die in 2011 zijn verzameld worden geanalyseerd en bediscussieerd in vergelijking met de gegevens uit 2009/2010, zodat mogelijke middellange- tot langetermijnveranderingen en de seizoensvariatie geïdentificeerd kunnen worden. In sommige gevallen bleek het het meest logisch om de gegevens uit de voorgaande jaren te combineren om zo de omvang van de steekproef te vergroten of om een beter begrip van het algemene patroon van sommige parameters te krijgen (bijvoorbeeld dag/nacht-bewegingen bij zeehonden).

2.3.1 Beperking van deze rapportage

Voor de analyses van de gegevens uit 2011 waren, net zoals in 2009 en 2010, geen directe gegevens over de verstoringbronnen beschikbaar, bijvoorbeeld in de vorm van geluidsmetingen onder en boven water. Deze informatie is wel nodig om eventuele afwijkingen in het gedrag van de zeezoogdieren direct te kunnen correleren aan een bouwactiviteit (Brasseur 2007). Om toch een indicatie te krijgen van de verstoringbronnen zijn door de opdrachtgever aangeleverde gegevens gebruikt over de bouwactiviteiten die mogelijk verstorend zijn voor zeezoogdieren. Met behulp van statistische modellen is geanalyseerd of er al dan niet statistisch significante relaties bestaan tussen de bouwactiviteiten en het gedrag en voorkomen van zeezoogdieren.

De analyse van de gegevens uit 2009 was de eerste keer dat een effectanalyse op deze wijze is uitgevoerd. Hoewel de bruikbaarheid van de diverse methodes en de mogelijke uitkomsten op voorhand onzeker waren, bleek de aanpak veelbelovend. De rapportage over 2010 bevestigde dit. De data uit 2011 zijn dan ook in grote lijnen op dezelfde manier geanalyseerd als in 2010, waarbij enkele aanpassingen zijn gemaakt én nieuwe analyses zijn gedaan.

Zoals ook al in de rapporten over 2009 en 2010 is benadrukt (Brasseur et al. 2010a) kunnen de verzamelde gegevens niet op zichzelf staand worden gezien, maar moeten ze bekeken worden in het licht van alle andere activiteiten in het gebied, zoals scheepvaart ten behoeve van transport of visserij en baggeren. Gezien het belang van deze factoren voor de analyse van de effectrelaties die in deze studie worden uitgevoerd, zijn inspanningen verricht om ontbrekende informatie te bemachtigen. Dat is niet volledig gelukt. Zo konden data over scheepvaartbewegingen in het gebied uit het Automatic Identification System (AIS) niet worden verkregen. In 2011 konden wel voor het eerst ook de bagger- en verspreidingsactiviteiten van derden (bedrijven uit Duitsland) in de analyse worden betrokken.

Het spreekt voor zich dat de kwaliteit van de resultaten van de analyse - het identificeren van de mogelijke effecten van de bouwwerkzaamheden, het kwantificeren ervan en zo nodig voorstellen van mitigerende maatregelen om deze effecten te minimaliseren - sterk afhankelijk is van de kwaliteit van de aangeleverde informatie. De analyses in dit rapport zijn gebaseerd op de data over (bouw)activiteiten zoals die door de initiatiefnemers (vertegenwoordigd door GSP) aan IMARES zijn aangeleverd. IMARES verzamelt dergelijke data niet zelf. Vanuit de onderzoeksoptiek moeten in principe alle activiteiten die door de in het onderzoeksgebied aanwezige zeezoogdieren waarneembaar zijn, als potentieel verstorend worden aangemerkt – ongeacht de uitvoerder. Het spreekt voor zich dat verzameling daarvan in redelijkheid niet haalbaar is of geëist kan worden. De voor dit onderzoek aangeleverde data zijn daarom per definitie onvolledig. In 2011/2012 zijn wel inspanningen verricht om de kwaliteit van de benodigde data te verhogen. Dat resulteerde in een fijnere resolutie voor bepaalde activiteiten waardoor ook de kwaliteit van de effectstudie kon worden verbeterd.

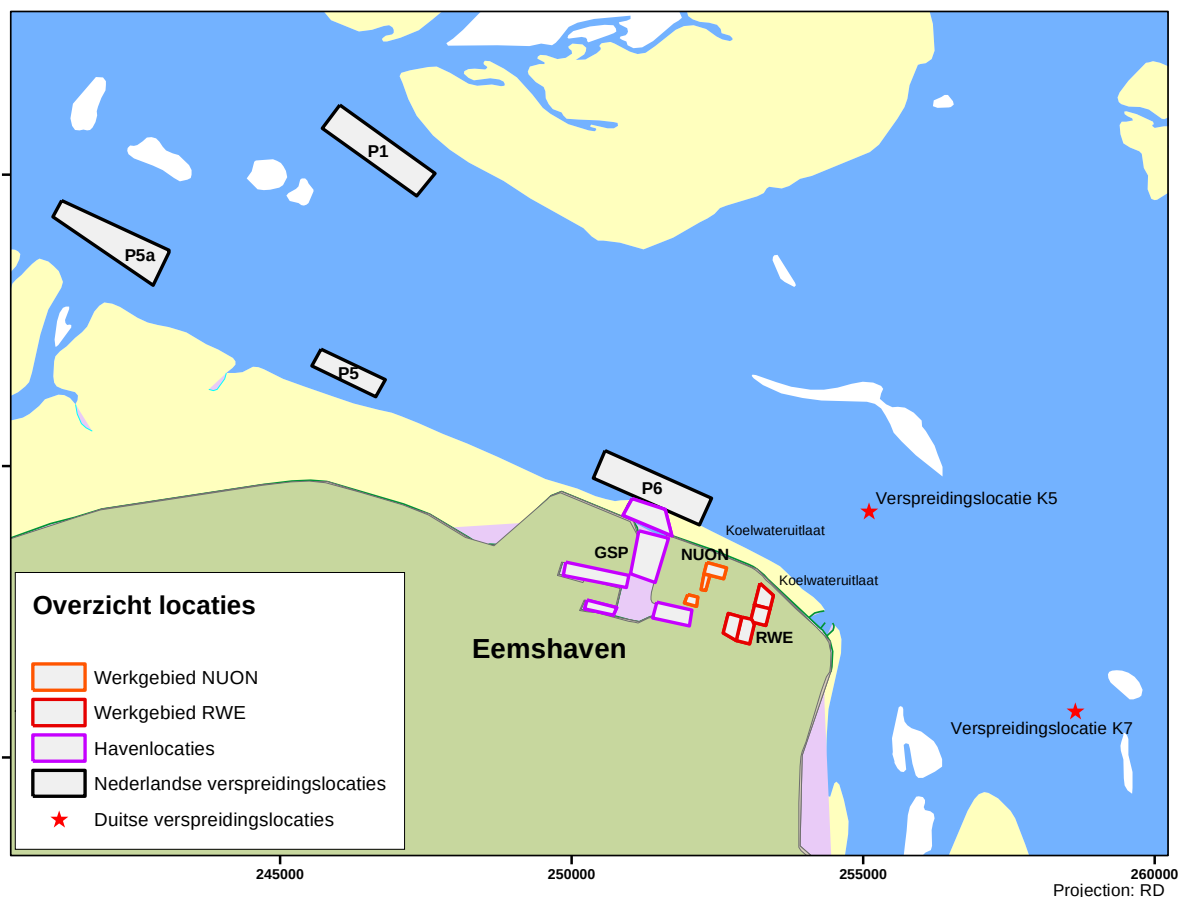
Het belang van het direct kunnen meten van geluidsemissies die een mogelijke verstoringsbron voor de zeezoogdieren kunnen zijn, wordt steeds meer onderkend. De in 2010/2011 uitgevoerde pilotstudie met geluidsloggers (geen onderdeel van deze monitoring; zie hierboven) is een eerste poging geweest om de mogelijkheden te verkennen. Technische ontwikkelingen lijken een effectievere en efficiëntere toepassing van geluidsloggers in de nabije toekomst mogelijk te maken.

2.3.2 Totstandkoming van het rapport

Door de initiatiefnemers is bij begin van de monitoringstudie een wetenschappelijke beoordelingscommissie ingesteld die dient te adviseren over de methodes en de kwaliteit van het onderzoek. De jaarrapportage over het in 2011 verrichte onderzoek is door de commissie uitgebreid beoordeeld. IMARES heeft talrijke commentaren van de commissie in het jaarrapport 2011 zelf verwerkt en voor het overige een gedetailleerde verantwoording van de commentaarverwerking opgeleverd. Voor de voorliggende finale versie van het jaarrapport draagt IMARES de eindverantwoordelijkheid.

3 Gegevens over de bouwactiviteiten

Gedurende de bouw van de energiecentrales en de aanpassingen daarvoor in de Eemshaven zelf vinden activiteiten plaats die mogelijk tot verstoring kunnen leiden (zie Figuur 2 voor de belangrijkste werklocaties). Te denken valt aan heien en trillen van damwanden, extra scheepvaart, plaatsen van stenen, zandtransport e.d. In de Eemshaven en op de Eems vinden daarnaast structurele werkzaamheden plaats, zoals bijvoorbeeld het baggeren en peilen van de haven en de vaargeul van de Eems.



Figuur 2. De belangrijkste locaties van de bouwactiviteiten in en rond de Eemshaven in 2011.

3.1 Methodes

De verkregen data zijn toegevoegd aan een database waarin ook de data uit 2009 en 2010 zijn opgeslagen. Om een vergelijking te kunnen maken met de verzamelde biologische data is de database zo opgezet dat voor ieder willekeurig tijdstip en voor iedere locatie bepaald kon worden welke activiteit gaande was en op welke afstand van die locatie deze activiteit plaatsvond. De kwaliteit en de mate van detail van de verschillende datasets varieert. Om inzicht in de kwaliteit van de data te geven, is classificatie ontworpen (voor de toepassing op de gebruikte datasets zie Tabel 2):

A = hoge temporele en in mindere mate hoge ruimtelijke resolutie, bijvoorbeeld 'Baggeren' waarbij de activiteit voor ieder tijdstip en iedere locatie bekend was.

B = matige temporele of ruimtelijke resolutie, bijvoorbeeld de scheepvaartgegevens van de verschillende havens

C = lage temporele en ruimtelijke resolutie, waarbij per activiteit alleen een begin- en eindtijd is vermeld, zoals bijvoorbeeld bij het trillen van damwanden. Bij analyse is aangenomen dat de activiteit homogeen over de vermelde tijdsduur plaatsvond.

3.1.1 Statistische analyse

Voor de statistische analyse betreffende de effecten van de activiteiten in en rond de Eemshaven zijn de coördinaten van de locaties van de werkzaamheden van belang. Deels zijn deze coördinaten door de opdrachtgever aangeleverd. Bij een aantal data, zoals het grootste deel van het baggeren, is dat dit jaar heel precies gedaan. Zowel bagger- als verspreidingsposities zijn aangeleverd. In de analyse is voor het baggeren (in de haven) en het verspreiden één positie gebruikt. Voor alle bagger- en stortactiviteiten waren de eindposities bekend, maar niet in alle gevallen ook de startposities. Daarom zijn in de statistische analyse van de bagger- en verspreidingsactiviteiten alleen de eindposities gebruikt als plaats van activiteit. Nieuw zijn in 2011 de data voor bagger- en verspreidingsactiviteiten van Duitsland op de Eems. Ook deze beschikken over een grote nauwkeurigheid omtrent de baggerposities: per verspreidingslocatie was één positie opgegeven. Voor andere data, zoals de heiwerkzaamheden voor RWE, zijn de coördinaten met behulp van ArcGIS van een aangeleverde kaart afgelezen. Er is daardoor wel verschil in nauwkeurigheid wat betreft de locaties, echter voor de locaties op het land is deze nauwkeurigheid van iets minder belang.

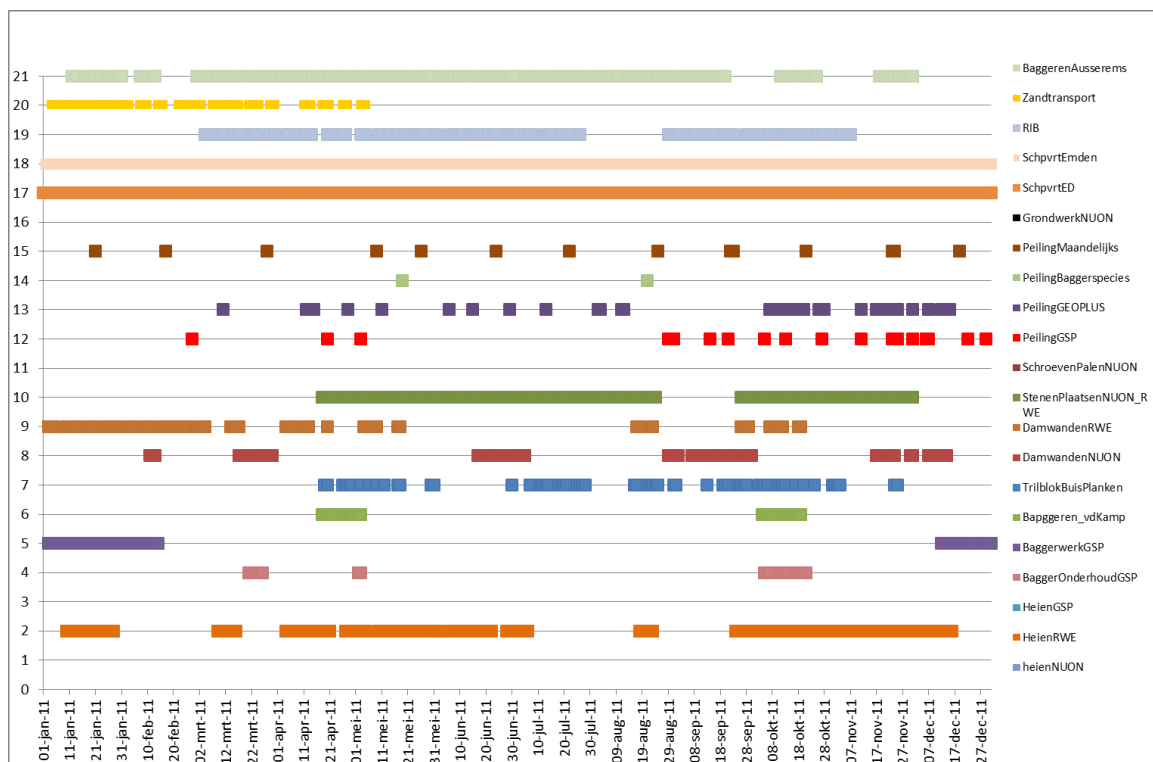
3.1.2 Scheepsbewegingen

De datasets over de scheepvaartbewegingen in het Eems-Dollardgebied beperken zich in 2011 tot de grotere schepen (>20 m) van de drie belangrijke havens Eemshaven, Delfzijl en Emden. Voor de Eemshaven en Delfzijl is daarbij nog onderscheid gemaakt tussen binnenvaartschepen en zeegaande schepen. Voor kleinere schepen zijn de gegevens niet beschikbaar omdat deze niet geregistreerd worden. De gegevens van de scheepsbewegingen geven alleen aan wanneer (datum en tijd) een schip in de haven aankwam of deze verliet; aankomst- en vertrekrichting zijn niet bekend. Dat maakt het moeilijk, zo niet onmogelijk, om te berekenen op welk moment een schip op welke positie vaart, met welke snelheid en in welke richting. Met uitzondering van een aparte dataset betreffende het zandtransport per schip van de koelwateruitlaat naar Delfzijl is geen informatie verstrekt over welke scheepsactiviteiten gerelateerd zijn aan de bouwactiviteiten in de Eemshaven. Van de Rigid Inflatable Boats (RIB's) is bekend dat ze in de haven blijven en hoe lang ze daar gemiddeld rond voeren. Sommige RIB's verlieten kort de haven, maar met uitzondering van twee tochten met bekende bestemming, is niet bekend voor welke tochten dit geldt.

3.2 Resultaten

3.2.1 Overzicht van de activiteiten

In en rond de Eemshaven en op de Eems vonden in 2011 het hele jaar door bouwwerkzaamheden en andere menselijke activiteiten plaats. Figuur 3 geeft hiervan een overzicht. Per dag is aangegeven of de betreffende activiteit al dan niet heeft plaatsgevonden.



Figuur 3. Overzicht van de activiteiten in het studiegebied in 2011. Per dag is aangegeven of een activiteit heeft plaatsgevonden. Zie Tabel 2 voor informatie over de verschillende activiteiten.

Bouwgerelateerde activiteiten (dus excl. de Duitse baggerwerkzaamheden) vonden in 2011 op 78% van alle dagen plaats; in 2010 was dat 69%. De intensiteit van de bouwactiviteiten (alle geregistreerde dagen van alle activiteiten bij elkaar opgeteld) was vergeleken met 2010 in 2011 9% hoger. Het aantal afzonderlijke bouwactiviteiten nam in vergelijking met 2010 echter af met 9%. Dit betekent dat er in 2011 weliswaar minder activiteiten waren maar deze op meer dagen uitgevoerd zijn dan in 2010. Over het algemeen zijn de bouwgerelateerde gegevens van 2011 nauwkeurig aangeleverd met een hoge temporele en ruimtelijke resolutie. Alleen het trillen van damwanden, het trillen van palen en planken en de Rigid Inflatable Boat (RIB)-activiteiten zijn minder nauwkeurig geregistreerd; slechts de begin- en eindtijden op een dag zijn aangegeven. Tabel 2 geeft een overzicht van de aangeleverde datasets en een kwaliteitsindicatie (zie ook par. 3.1).

Tabel 2. Overzicht van de datasets over menselijke activiteiten in 2011 in het Eemsgebied, verkregen van de opdrachtgevers. Zie de tekst (3.1) voor de definities van de kwaliteitsaanduiding (A t/m C). Voor een vergelijking met de data-kwaliteit van 2010 zie Brasseur et al. (2011).

Naam dataset	Informatie	Overige relevante informatie	Kwaliteit
Scheepvaart Delfzijl	Datum, tijd van aankomst en vertrek grote schepen	Binnenvaart/zeevaart, bruto registerton	B
Scheepvaart Eemshaven	Datum, tijd van aankomst en vertrek grote schepen	Binnenvaart/zeevaart, bruto registerton	B
Scheepvaart Emden	Datum, tijd van aankomst en vertrek grote schepen	Bruto registerton, scheepsnaam,	B
Scheepvaart RIB	Datum en vertrektijd RIB's (Rigid Inflatable Boat) in de Eemshaven en de haven van Delfzijl	Scheepsnaam	C
Baggerwerkzaamheden GSP	Vaar-, bagger-, en storttijden; verspreidingslocaties	Scheepsnaam, beunvolume	A
Baggeronderhoud GSP	Datum, begin- en eindtijd, locaties	Scheepsnaam, bedrijf	A
Baggeren_vdKamp	Vaar-, bagger-, en verspreidingstijden; bagger en verspreidingslocaties	Scheepsnaam, bedrijf	A
Baggeren Duitsland	Vaar-, bagger-, en verspreidingstijden; bagger en verspreidingslocaties		A
Heien RWE	Voor elke heisessie gedetailleerde informatie over tijden, locatie en rigs	Hamertype, heidiepte, betonvolume, doorsnee heipaal	A
Trilblok buis en planken GSP	Datum, begin- en eindtijd per dag, gemiddelde tijd per buis	Buis/plank materiaal en doorsnee	C*
Trillen damwanden RWE	Datum, begin- en eindtijd per dag, locaties	Aantal, diepte, breedte	C*
Trillen damwanden NUON	Datum, begin- en eindtijd werkzaamheden per dag, werkgebied	Rig-id	C*
Stenen plaatsen NUON en RWE	Datum, begin- en eindtijd plaatsen, locatie		A
Zandtransport	Datum, vertrektijd, locatie	Bestemming	A
Peilingen maandelijks	Datum, begin en eindtijd, locatie	Sonar-informatie, scheepsnaam	A
Peilingen GSP	Begin- en einddatum, globale tijd, locatie	Sonar-informatie, Scheepsnaam	A
Peilingen Geoplus	Begin- en einddatum, globale tijd, locatie	Sonar-informatie, Scheepsnaam	A
Peiling Baggerspecies	Begin- en einddatum, globale tijd, locatie	Sonar-informatie, Scheepsnaam	A

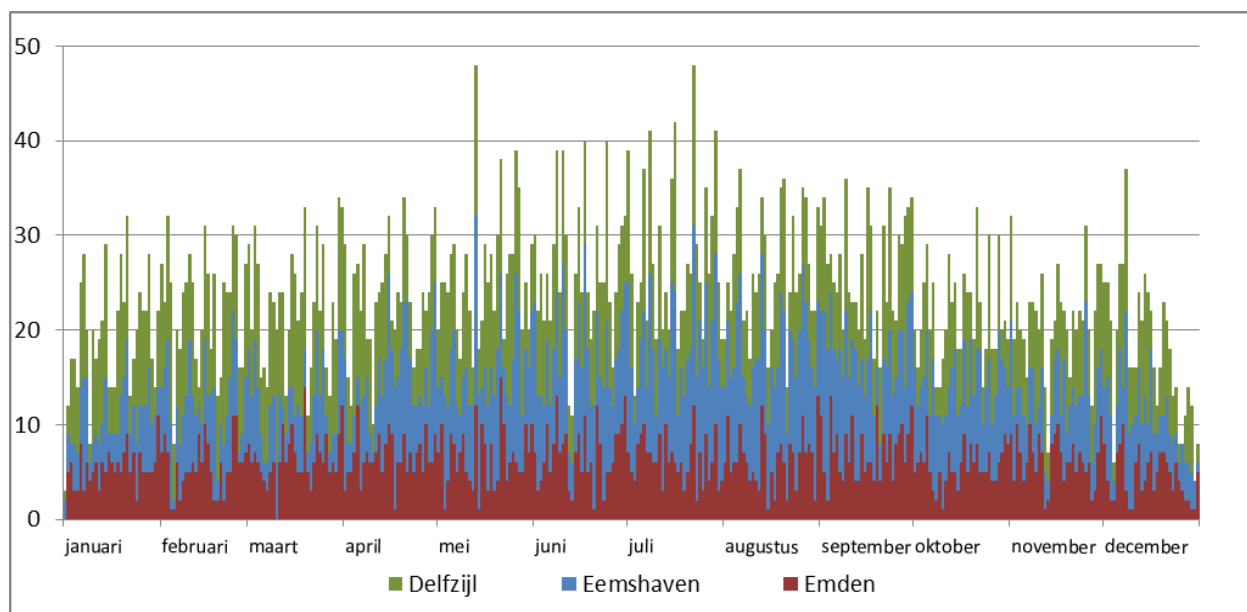
* Deze indeling is gebaseerd op de aanname dat onderbrekingen van meer dan 10-15 minuten tussen de opgegeven begin- en eindtijden voorkwamen.

3.2.2 Scheepvaart

Bij de berekening van het gemiddelde aantal scheepvaartbewegingen over de Eems is de binnenvaart van Delfzijl buiten beschouwing gelaten. Van deze schepen is niet duidelijk of ze de Eems opgaan. In 2011 zijn voor de grotere schepen gemiddeld 33,5 bewegingen per dag geregistreerd. Dit betekent dat in 2011 dagelijks gemiddeld 33 schepen in het Eems-Dollardgebied voeren, met topdagen van bijna 40 scheepsbewegingen. De scheepsbewegingen vertonen geen duidelijk seizoenspatroon (Figuur 4), hoewel tussen april en oktober meer activiteit te zien is in de Eemshaven en tussen mei en juli enkele

pieken voor Delfzijl. In totaal deden ongeveer evenveel schepen de Eemshaven (3120) en Delfzijl (3205) aan; in Emden waren dat minder (2261). Worden alleen zeegaande schepen vergeleken dan is de Eemshaven veruit de belangrijkste bestemming (2058 tegen 742 voor Delfzijl).

Naast genoemde scheepsbewegingen worden ook vaartochten met Rigid Inflatable Boats (RIB's) uitgevoerd in de Eemshaven (116) en de haven van Delfzijl (3). Deze RIB's varen met passagiers rond in de haven en verlaten de haven soms heel even, het is niet bekend hoe lang precies. De tochten duurden gemiddeld 45 minuten, ontbrekende tijden zijn met behulp van dit gemiddelde uitgerekend. Twee keer zijn met deze boten tochten naar andere havens gemaakt: één keer vanuit de Eemshaven naar Noordpolderzijl en één keer vanuit Delfzijl naar Knock (Dld.). Een enkele keer is, in plaats van met een RIB, met een sleepboot een dergelijk tochtje gemaakt. De RIB-tochten werden, met uitzondering van de zondag, de hele week gehouden, met een lichte voorkeur voor dinsdag en vrijdag (Figuur 7)



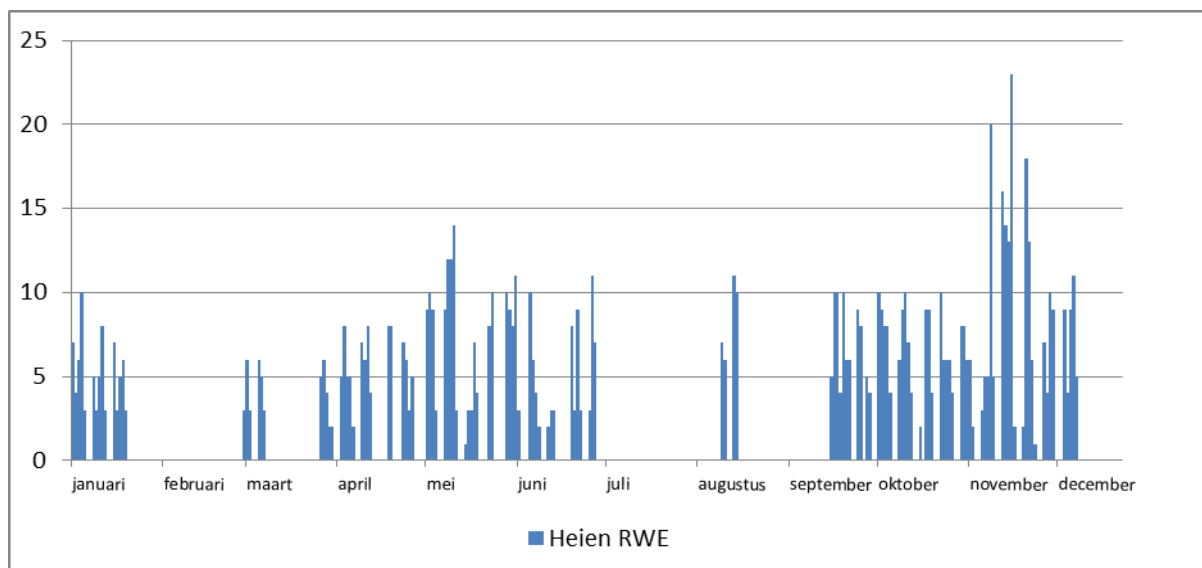
Figuur 4. Overzicht van het aantal scheepsbewegingen in het Eems-Dollardgebied per dag in 2011. Data alleen beschikbaar voor schepen >20 m.

3.2.3 Heien en trillen

Heien en damwanden trillen, twee vergelijkbare activiteiten, vonden ook in 2011 plaats. Er is echter aanzienlijk minder geheid dan in 2010 en alleen door RWE. Bij RWE worden holle buizen geheid die met beton worden volgegoten. Deze holle buis wordt vervolgens van de betonnen paal 'geheid'. Dit laatste geeft twee zogenaamde heimomenten per paal: bij het erin slaan ('pile') en bij het eruit heien van het omhulsel ('pull').

De hei-activiteiten vonden, tijdens aaneensluitende periodes, het hele jaar door plaats (Figuur 5). Maximaal werden er 23 palen per dag geheid, met een totaal van 939 en een gemiddelde van 6,5 palen per dag dat er geheid is. Er zijn in 2011 wel meer damwanden geplaatst dan in 2010, zowel bij NUON als bij RWE en verspreid over het hele jaar.

Het trillen van de buispalen en planken vond met name in de periode april-november plaats (Figuur 3). Bij het trillen van buispalen en planken (TrilblokBuisPlanken GSP) met behulp van een trilblok in de Eemshaven werden verschillende formaten gebruikt. In totaal werden gemiddeld ruim acht buispalen/damwandplanken per werkdag getrild.



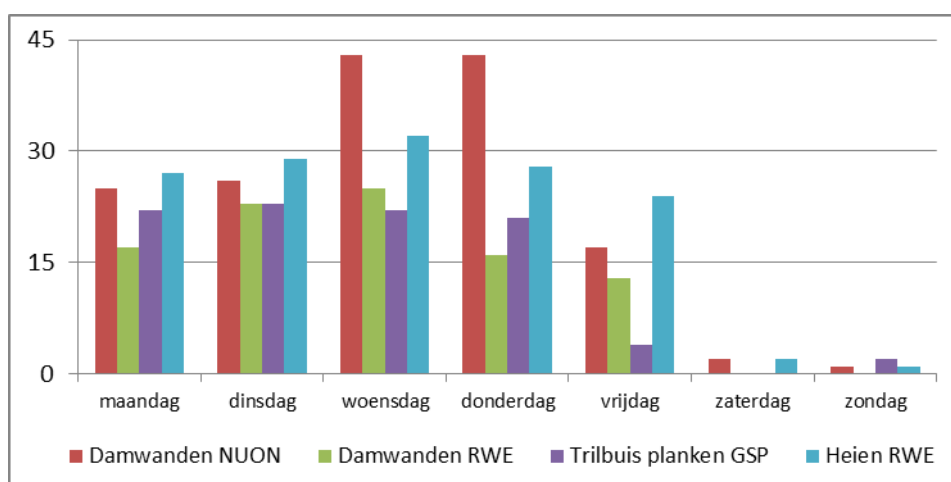
Figuur 5. Een overzicht van hei-activiteiten in 2011, uitgedrukt als aantal geheide palen per dag. NUON en GSP hebben in 2011 geen hei-activiteiten uit laten voeren.

3.2.4 Baggeren, peiling en grondverzet

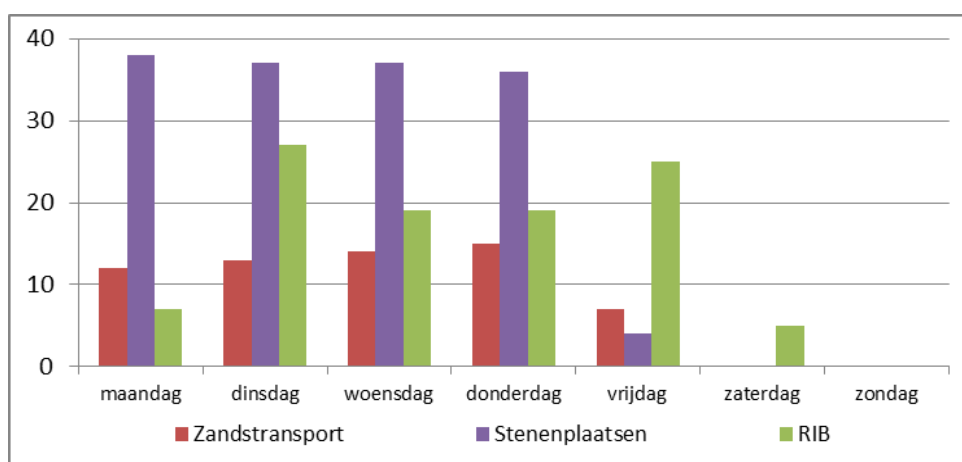
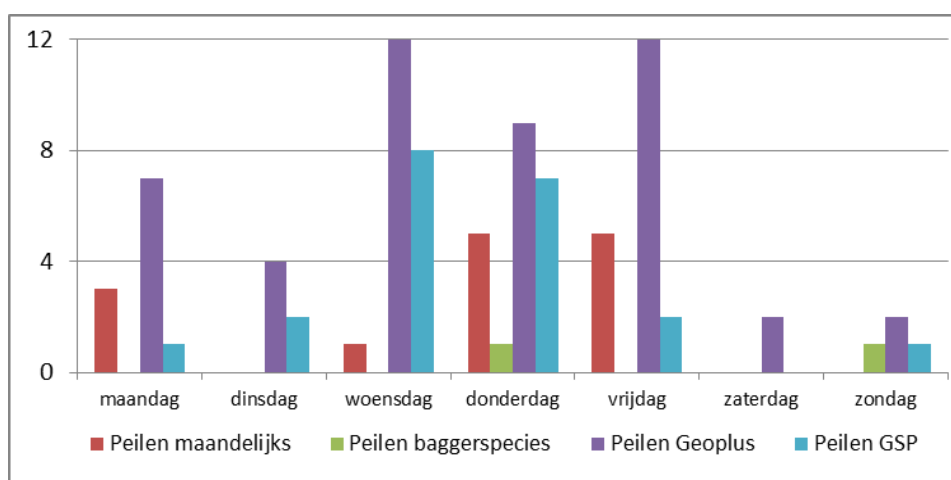
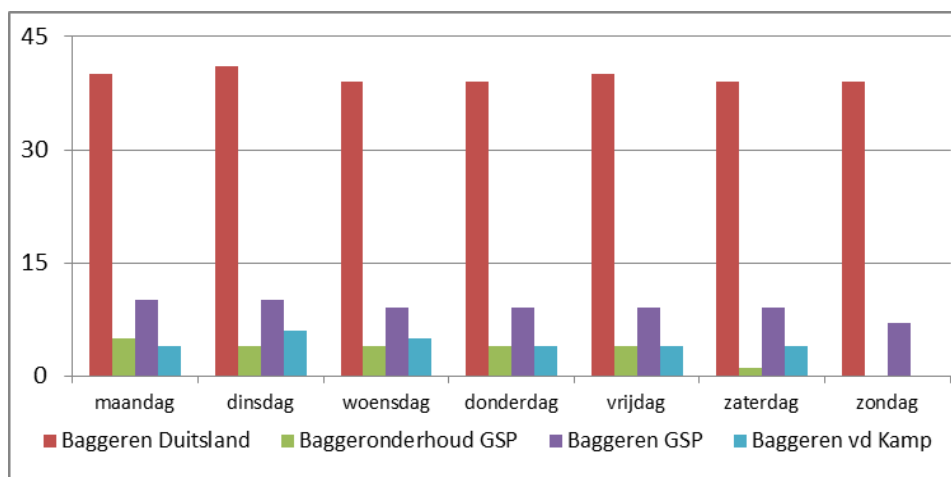
In het studiegebied vonden verschillende baggerwerkzaamheden plaats. Naast de reguliere werkzaamheden ten behoeve van het onderhoud van de haven, is er ook extra gebaggerd vanwege achterstallig onderhoud. Bij het meeste baggerwerk is er verspreid op de verspreidingslocaties P1, P5A en P6 (Figuur 2). Dit jaar zijn de bagger- en verspreidingslocaties over het algemeen nauwkeuriger aangegeven dan in voorgaande jaren. Nieuw in 2011 is het Duitse baggerwerk op de vaargeul van de Eems tussen Emden en de Noordzee. De verspreidingslocaties hiervoor (K5 en K7) lagen aan oostzijde van de Eems (Figuur 2) en een derde verspreidingslocatie (K2) ligt buitengaats.

In het gebied werden ook peilingen uitgevoerd. Een deel van de peilingen betrof de maandelijkse monitoring van de Eemshaven. De meeste peilingen vonden plaats in de haven en op de verspreidingslocaties van de Nederlandse baggeraars. Met uitzondering van de periode oktober/november waren de peilingen van relatief korte duur.

Het plaatsen van stenen bij de koelwaterin- en uitlaten vond vooral in de zomer en het najaar plaats en over een lange aaneensluitende periode (Figuur 3).



Figuur 6. Overzicht van de gerapporteerde hei- en trilactiviteiten per weekday rond de Eemshaven in 2011. De y-as geeft per weekday het aantal dagen weer waarop de activiteiten hebben plaatsgevonden.



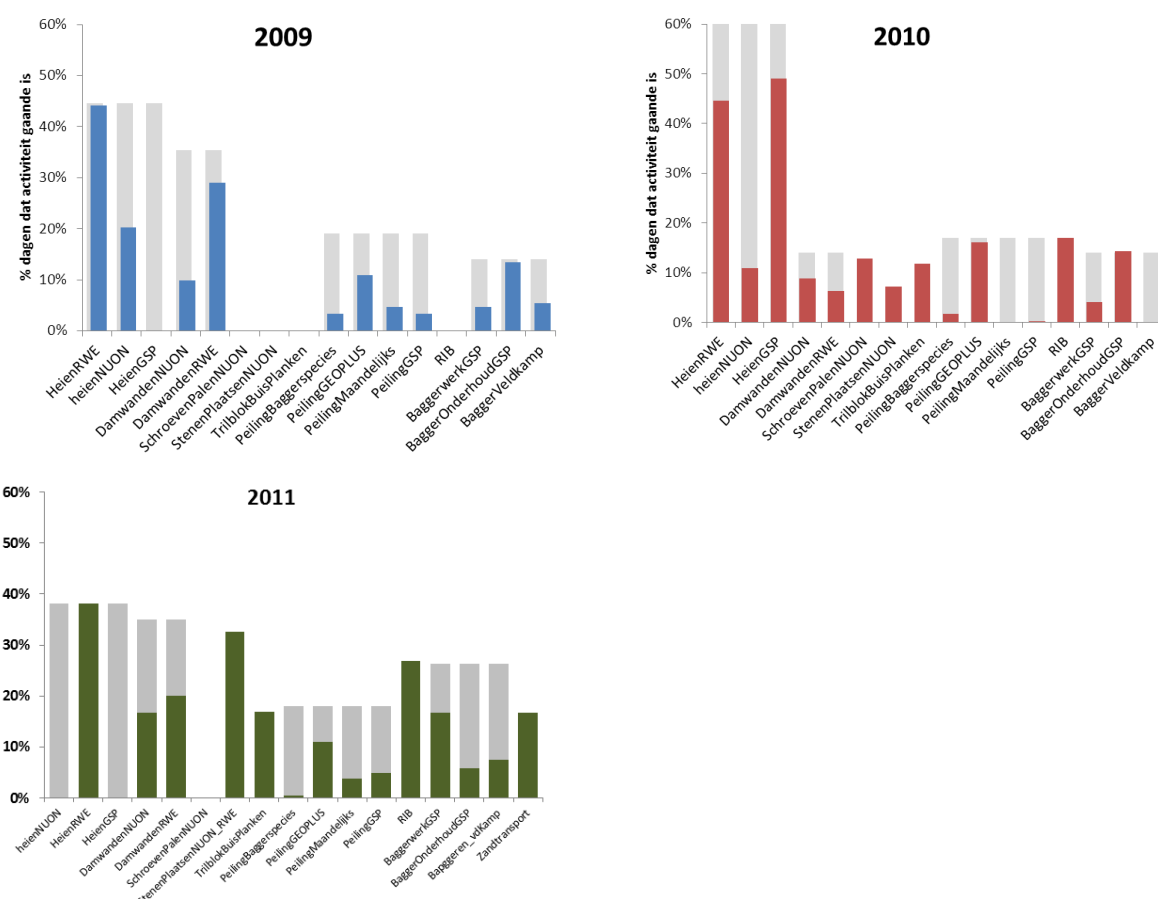
Figuur 7. Verdeling over de werkdagen van de baggeractiviteiten in en rond de Eemshaven en de Eems (boven), de gerapporteerde peilwerkzaamheden (midden) en de RIB tochten, het zandtransport en het stenen plaatsen (onder) in 2011. De y-as geeft per weekdag het aantal dagen weer waarop de activiteiten hebben plaatsgevonden, met uitzondering van de RIB's, waarbij het aantal tochten per weekdag is weergegeven.

3.2.5 Verdeling van activiteiten gedurende de week

Het merendeel van de gerapporteerde activiteiten vond voornamelijk plaats op werkdagen (Figuur 6 en Figuur 7). Met uitzondering van het baggeren en peilen; deze activiteiten vonden in mindere mate ook in het weekend en buiten de reguliere werktijden plaats. Het baggeren van de Eemsgeul door Duitse baggeraars gebeurde alle dagen van de week. Gedurende de werkweek was er weinig verschil tussen de dagen, met uitzondering van het peilen, waar een voorkeur voor woensdag tot vrijdag lijkt te bestaan. Ook de scheepvaartbewegingen zijn hierop een uitzondering (niet opgenomen in figuur 7).

3.2.6 Vergelijking van activiteiten in 2009, 2010 en 2011

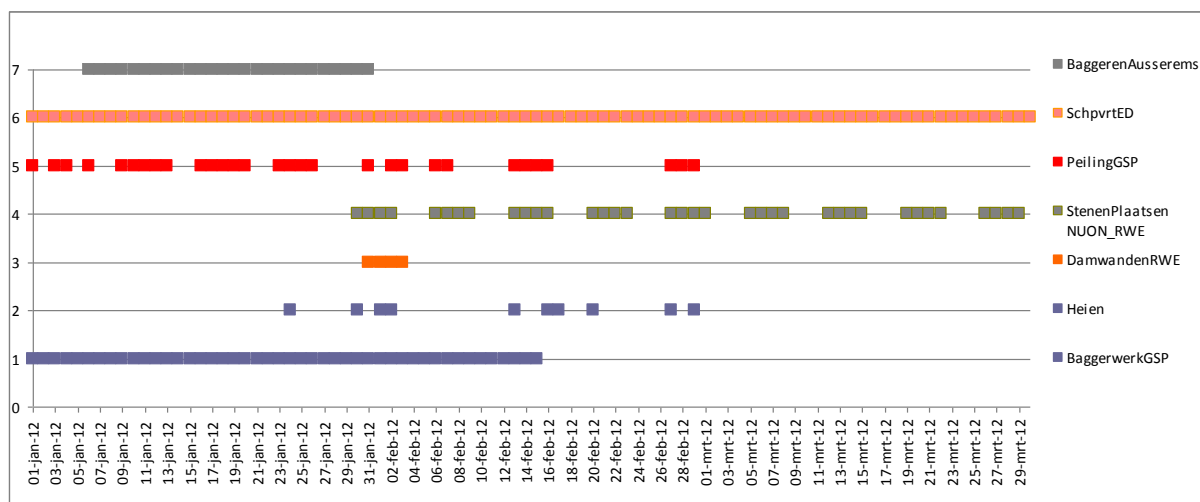
Een vergelijking van 2009, 2010 en 2011 maakt duidelijk dat in 2011 minder aan de Eemshaven gerelateerde activiteiten hebben plaatsgevonden. De activiteiten vonden echter wel meer verspreid over het jaar plaats. Figuur 8 laat zien hoeveel procent van de dagen de verschillende activiteiten plaatsvonden. De Duitse baggeractiviteiten zijn hier buiten beschouwing gelaten, het baggeren van de geul vanaf Emden is geen bouwgerelateerde activiteit. Dat geldt ook voor de meeste scheepvaart. Duidelijk is dat er nog een groot aantal andere activiteiten in het gebied hebben plaatsgevonden die niet in dit rapport zijn geanalyseerd. Dit betreft met name werkzaamheden uitgevoerd voor anderen dan de initiatiefnemers. Deels zijn ze bekend (bv. bouwwerkzaamheden van derden in de buurt, vliegbewegingen) maar bij gebrek aan (exacte) gegevens konden deze niet in het onderzoek worden betrokken voor zover dat al relevant was geweest.



Figuur 8. Percentage dagen dat de gerapporteerde individuele activiteiten met betrekking tot de bouwwerkzaamheden plaatsvonden in 2009, 2010 en 2011 (gekleurde balken). In het grijs erachter is het totale percentage dagen voor de gemelde activiteiten per groep weergegeven (met andere woorden: de som van dagen waarop activiteit per groep wordt uitgevoerd: heien, damwanden, peilen en baggeren). Omdat binnen eenzelfde activiteit meerdere bedrijven op zelfde dag actief kunnen zijn, is het grijze deel niet noodzakelijk de som van de verschillende bedrijven binnen die activiteit.

3.2.7 Bouwdata 2012

Voor de analyse met betrekking tot de aanwezigheid van bruinvissen zijn ook gegevens over werkzaamheden in de eerste maanden van 2012 gebruikt. Figuur 9 geeft een overzicht van deze data. De kwaliteit van de aangeleverde data is vergelijkbaar met die van 2011 (Tabel 2).



Figuur 9. Overzicht van de activiteiten in het studiegebied in 2012. Per dag is aangegeven of een activiteit heeft plaatsgevonden.

3.3 Discussie

De meeste data die in dit hoofdstuk beschreven zijn, zijn in de diverse deelonderzoeken gebruikt. Een uitzondering hierop vormen de scheepvaartgegevens die het niet mogelijk maken te bepalen wanneer een schip zich op zekere positie bevond en in welke richting er met welke snelheid gevaren werd. In de analyse beschreven door Brasseur et al. (2010a), was een model opgesteld om op verschillende plaatsen in de Eems, scheepvaartintensiteit te berekenen, dit gebaseerd op vertrek- en aankomsttijden voor de havens Delfzijl, Emden en Eemshaven en op gegevens over jaarlijkse gemiddelde scheepvaartintensiteit voor verschillende sectoren van de Eems. Het bleek niet mogelijk een betrouwbaar model te ontwikkelen. Om meer informatie over de schepen verkrijgen heeft IMARES pogingen ondernomen om gedetailleerde gegevens over de scheepvaart van AIS (Automated Information System) te ontvangen. Dit is vooralsnog echter niet gelukt. Mogelijk komen deze gegevens vanaf najaar 2012 beschikbaar. Ondanks de inspanningen van de opdrachtgever om scheepvaartdata te leveren, zijn de verkregen data in deze vorm onvoldoende om in de analyses te gebruiken. Scheepvaart, met uitzondering van RIB's, is daarom in geen van de in dit rapport gepresenteerde deelonderzoeken geanalyseerd. Met AIS-data, zo is de verwachting, zal dit wel mogelijk zijn.

Samenvattend: In 2011 vonden gedurende het gehele jaar en op alle dagen van de week scheepvaartbewegingen plaats in het Eems-Dollardgebied. De gerapporteerde bouwactiviteiten vonden verspreid over het hele jaar plaats. Er werd voornamelijk van maandag tot vrijdag gewerkt en in mindere mate tijdens het weekend. Ook in 2011 vonden het hele jaar door heiwerkzaamheden plaats, echter alleen door RWE en vooral tijdens werkdagen. Datzelfde geldt voor het trillen van damwanden. Peilen en baggeren vonden ook het hele jaar door plaats; ze beperkten zich echter niet tot de werkweek, maar gingen regelmatig door in het weekend en buiten de reguliere werktijden (07:00 – 19:00). De kwaliteit van de data was verbeterd: de aanzienlijk hogere resolutie van de bouwgerelateerde data heeft in 2011 geleid tot een verbeterde (statistische) analyse.

4 Zeehonden – vliegtuigtellingen

Ook in 2011 werden vliegtuigtellingen uitgevoerd als onderdeel van de GSP-monitoring. Net als in voorgaande jaren werden de vluchten voor GSP daarvoor gecombineerd met de reguliere monitoringvluchten voor het ministerie van EL&I, die al sinds de jaren zestig worden uitgevoerd. Omdat deze reguliere monitoring tot 2007 alleen in bepaalde maanden plaatsvond en daarbij niet het gehele Eemsgebied werd geteld, zijn de reguliere vliegtuigtellingen sinds medio 2007 zowel geografisch als in de tijd uitgebreid. In de zomer wordt nu ook de Duitse kant van de Eems geteld. In de winter is de uitbreiding substantiëler en wordt ook het gebied van Schiermonnikoog tot en met de Duitse kant van de Eems toegevoegd. Daarbij worden zowel gewone als grijze zeehonden geteld.

Tijdens een vliegtuigtelling wordt het aantal zeehonden bepaald dat rond laagwater op de zandbanken ligt. Dit aantal is een fractie van het aantal dieren dat het gebied gebruikt. Immers niet alle dieren liggen tegelijkertijd op de zandbanken. De tellingen leveren, met een resolutie van jaar op jaar, informatie op populatieniveau en een grove indicatie van de seizoensvariatie. De aantallen zeehonden die op de ligplaatsen in een bepaald seizoen worden geteld, kunnen worden vergeleken met de aantallen uit hetzelfde seizoen van de jaren ervoor en vormen daarmee een robuuste maar vrij grove parameter voor het bestuderen van eventuele verschuivingen op populatieniveau en op gebiedsniveau. Ook kan worden vastgesteld of er verschuivingen in de aantallen zeehonden op de ligplaatsen optreden. Te bezien is of deze verschuivingen vervolgens kunnen worden gerelateerd aan veranderende natuurlijke factoren of veranderingen in menselijke activiteiten.

Omdat de monitoring van gewone zeehonden al tientallen jaren in de gehele Nederlandse Waddenzee wordt uitgevoerd, zijn de gegevens geschikt om langetermijnveranderingen en eventuele afwijkingen ten opzichte van andere deelgebieden te detecteren. De jaarlijkse monitoring van de grijze zeehond heeft een kortere historie. De vliegtuigtellingen over het Nederlandse wad voor deze soort zijn pas in 2001 begonnen. De grootste concentraties grijze zeehonden zien we vooral in het westelijk wad. Ook in Duitsland, vlak over de grens, is een kleine maar groeiende groep aan te treffen. In het Eemsgebied zelf zijn de aantallen grijze zeehonden echter laag, waardoor trends moeilijk te onderscheiden zijn.

In 2009 werden 13 tellingen uitgevoerd. Hieruit bleek dat in vergelijking met andere gebieden in de Nederlandse Waddenzee de Dollard en Hond en Paap in een periode van twintig jaar relatief aan belang hebben ingeboet. In de vroege jaren '90 werden meer dan 25% van de zeehonden in de Nederlandse Waddenzee in het Eemsgebied (Sparregat, Hond en Paap, en Dollard) geteld. Dit is teruggelopen naar gemiddeld 15%. Naar verhouding is de aantalsontwikkeling binnen het Eems-Dollardgebied het positiefst in het Sparregat, het gebied aan de periferie van de Eems. Omdat deze gegevens over langetermijnveranderingen gaan is het moeilijk aan te geven wat hier de oorzaak van is. Wel is duidelijk dat in de laatste decennia veel (industriële) ontwikkelingen hebben plaatsgevonden. In 2010 zijn geen sterke veranderingen in aantallen gewone zeehonden in het Eemsgebied geconstateerd ten opzichte van 2009. Dit geldt ook voor de gehele Waddenzee. Tijdens de pup-periode in juni werden zowel in het Eemsgebied als de gehele Waddenzee meer pups gezien. De vastgestelde toename in het Eemsgebied kon vrijwel volledig verklaard worden door de toename in het Randzelgat; de aantallen in de andere gemonitorde deelgebieden veranderden weinig.

De aantalsontwikkeling van de gewone zeehond laat zien dat in augustus 2010 minder dieren in het Sparregat waren dan in eerdere jaren. Ondanks deze afname herbergde dit gebied in augustus nog steeds een aanzienlijk deel (8%) van alle zeehonden in de Nederlandse Waddenzee. De aantallen op de Hond en Paap en in de Dollard nemen in augustus licht toe, mogelijk als gevolg van de afname in een aantal gebieden buiten de Eems, waardoor de relatieve bijdrage van deze gebieden groter is geworden.

Ten opzichte van 2009 werden in 2010 veel minder grijze zeehonden waargenomen. Omdat in het Eemsgebied maar één ligplaats (ten noordwesten van Borkum) door deze soort frequent gebruikt wordt

en we geen ander onderzoek doen aan de dieren in dit gebied, kan er echter geen relatie gelegd worden met de werkzaamheden in de Eemshaven.

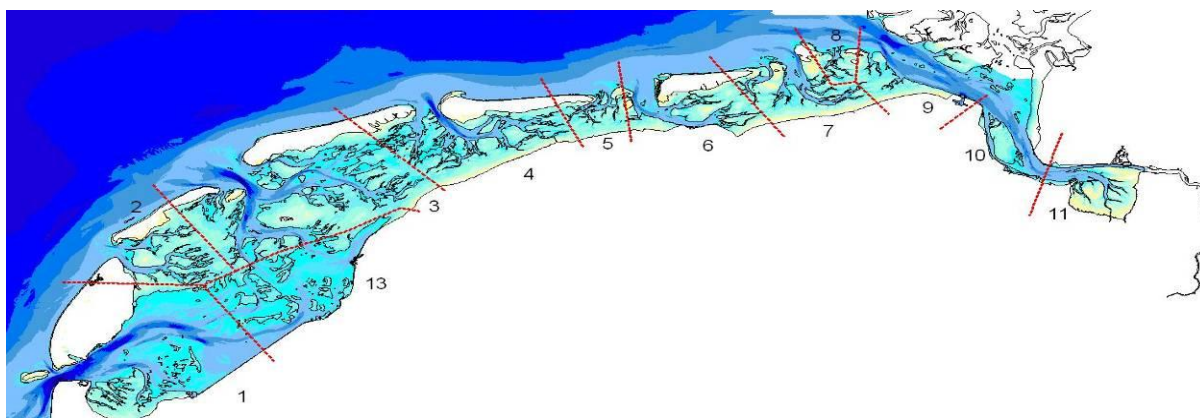
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de vliegtuigtellingen uit 2011 besproken en worden trends en ontwikkelingen in het Eemsgebied vergeleken met die in de rest van het Waddengebied om zo ontwikkelingen op populatieniveau in beeld te brengen en deze te toetsen aan de instandhoudingsdoelstellingen.

4.1 Methodes

De tellingen van de gewone en grijze zeehonden vanuit een vliegtuig vinden plaats in de periodes dat het aantal dieren dat op de kant ligt het meest constant is. Dit is voor de grijze zeehonden de periode november-januari en maart/april (respectievelijk de zoog- en verharingsperiode) en voor de gewone zeehonden juni/juli en augustus (respectievelijk de zoog- en verharingsperiode; Brasseur 2009b). Met de tellingen worden twee parameters bepaald: aan de hand van het totaal aantal getelde dieren in de verharingsperiode (augustus) wordt de jaarlijkse aantalsverandering bepaald en aan de hand van het aantal getelde pups wordt de reproductie berekend. Om een goed beeld te krijgen van het aantal geboren pups en het moment waarop dit aantal een piek vertoont, wordt minimaal drie keer in de geboorteperiode geteld. Tijdens de verharingsperiode wordt twee keer geteld.

De standaardmonitoring voor de gewone zeehond (sinds de jaren zestig) wordt uitgevoerd gedurende de geboortepiek (juni/juli) en de verharingspiek (augustus). In deze periode komen de meeste dieren aan de kant en is de variatie het kleinst (Brasseur 2010a). In getijdegebieden zoals de Waddenzee kunnen de meeste dieren rond laagwater op de zandbanken worden waargenomen. In de praktijk betekent dit dat in gebieden waar ligplaatsen zijn, gevlogen wordt in de periode van één uur vóór tot één uur na laagwater. Bovendien wordt de telling gehouden tussen 11.00 uur en 15.00 uur omdat dit de periode is waarop overdag de meeste dieren op de kant komen (http://www.zeezoogdieren.alterra.wur.nl/p1a1_zeehondentelling.htm; Reijnders, 2003).

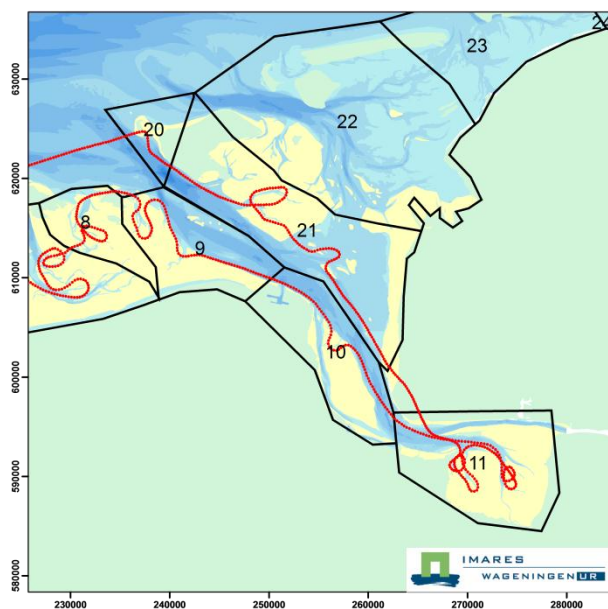
Met een vliegtuig wordt op een hoogte van minstens 500 ft. (ruim 150 m) de gehele Waddenzee afgevlogen van Den Helder tot en met Borkum, en worden alle bekende ligplaatsen bezocht (Figuur 10). Het team aan boord van het vliegtuig bestaat naast de piloot uit een waarnemer/vluchtleider en een extra waarnemer. Tijdens de vlucht worden van elke waargenomen zeehond of zeehondengroep digitale foto's gemaakt, waarbij de ligplaatslocaties automatisch met behulp van GPS worden geregistreerd. De aantallen zeehonden per locatie worden vervolgens bepaald door de genomen foto's op een groot scherm te projecteren en te analyseren. In de geboorteperiode wordt hierbij voor beide soorten zeehonden onderscheid gemaakt tussen pups (jonge zeehonden) en dieren ouder dan één jaar. De verzamelde data worden opgeslagen in het databaseprogramma Microsoft Access™ en verder bewerkt met behulp van het geografisch informatiesysteem ARC-GIS (ESRI™).



- | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 1 Den Helder-Texel | 4 Terschelling-Ameland | 8 Rottumerplaat-Rottumeroog |
| 2 Texel-Vlieland | 5 Ameland-Engelmansplaat | 9 Rottumeroog-Eems |
| 3 Vlieland-Terschelling | 6 Engelmansplaat-Schiemonnikoog | 10 Hond en Paap |
| 13 Gebied rond de Afsluitdijk | 7 Schiermonnikoog-Rottumerplaat | 11 Dollard |

Figuur 10. Onderverdeling van het Nederlandse deel van de Waddenzee in stroomgebieden.

In 2011 zijn in totaal 15 tellingen uitgevoerd wat ertoe heeft geleid dat de deelgebieden 13 keer zijn onderzocht (Tabel 3). Door verschillende omstandigheden konden niet steeds alle deelgebieden geteld worden. Met name in de wintermaanden, wanneer de waarnemingscondities ingrijpend door het weer bepaald worden en de dagen zeer kort zijn, kan het voorkomen dat vluchten niet doorgaan of moeten worden afgebroken, zo ook op 10 en 22 december 2011.



Figuur 11. Situering van de ligplaatsen in het Eemsgat. Ook de Duitse deelgebieden zijn hier genummerd. De deelgebieden 9 (Sparregat), 10 (Hond en Paap), 11 (Dollard), 20 (Borkum) en 21 (Randzelgat) behoren tot het studiegebied. De rode lijn geeft een voorbeeld van een vluchtroute bij een zeehondentelling ten behoeve van deze studie in het Eemsgat.

Net als de overige delen van de Nederlandse Waddenzee is het Eemsgebied in deelgebieden opgedeeld (Figuur 11). De deelgebieden in het Eemsgebied zijn: 9) Sparregat (vergelijk Rottumeroog-Eems in figuur 10); 10) Hond en Paap; 11) Dollard; en in Duitsland 20) Borkum en 21) zuiden van Borkum of Randzelgat.

Tabel 3. Overzicht van de uitgevoerde vluchten ten behoeve van de zeehondenmonitoring in 2011. De getelde deelgebieden 9) Sparregat (vergelijk Rottumeroog-Eems in figuur 10); 10) Hond en Paap; 11) Dollard; en in Duitsland 20) Borkum en 21) zuiden van Borkum of Randzelgat, zijn aangevinkt (v).

Datum	Reden van telling	9	10	11	20	21
02-jan-11	grijze zeehond monitoring in combinatie met Eems-telling	v	v	v	v	v
16-jan-11	grijze zeehond monitoring in combinatie met Eems-telling	v	v	v	v	v
28-mrt-11	grijze zeehond monitoring in combinatie met Eems-telling	v	v	v	v	v
02-apr-11	grijze zeehond monitoring in combinatie met Eems-telling	v	v	v	v	v
11-apr-11	grijze zeehond monitoring in combinatie met Eems-telling	v	v	v	v	v
26-apr-11	grijze zeehond monitoring in combinatie met Eems-telling	v	v	v	v	v
12-jun-11	Reguliere monitoring	v	v	v	v	v
26-jun-11	Reguliere monitoring	v	v	v	v	v
27-jun-11	Reguliere monitoring	v	v	v	v	v
27-jul-11	Reguliere monitoring	v	v	v	v	v
12-aug-11	Reguliere monitoring	v	v	v	v	v
25-aug-11	Reguliere monitoring	v	v	v	v	v
10-dec-11	grijze zeehond monitoring					
19-dec-11	grijze zeehond monitoring in combinatie met Eems-telling	v	v	v	v	v
22-dec-11	grijze zeehond monitoring					

Vergelijking met andere gebieden; langetermijnperspectief

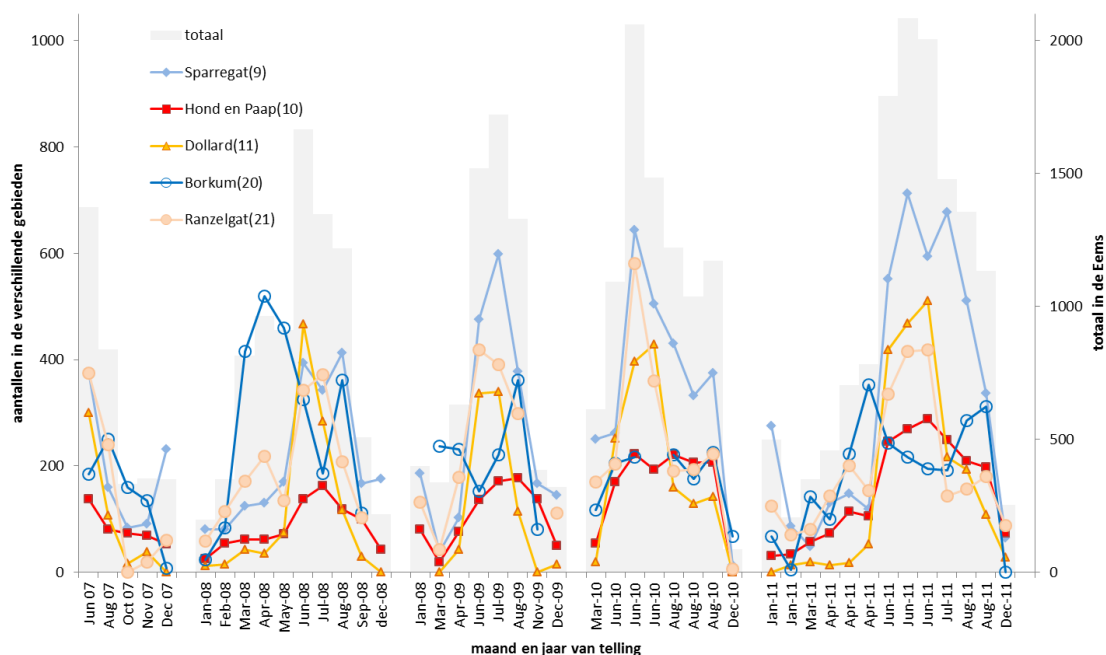
De zeehondenaantallen binnen het studiegebied worden ten dele beïnvloed door de processen in de gehele internationale populatie. Na de sterke aantalsafname door virusepidemieën in 1988 en 2002 zijn de zeehondenaantallen in de Nederlandse Waddenzee sterk gestegen (Figuur 17). De algemene stijging als gevolg van het herstel van de populatie bemoeilijkt de analyse van mogelijke effecten op de aantalsontwikkelingen in de onderscheiden deelgebieden in het Eemsgebied en het mogelijke mechanisme achter deze ontwikkelingen. Om dit probleem enigszins te ondervangen is gekozen voor een benadering waarbij gekeken kan worden naar verschuivingen in het relatieve belang van elk deelgebied als aandeel van de totale aantallen in de Nederlandse Waddenzee (Figuur 18). Door het ontbreken van gegevens voor de periode vanaf 1989 kan dit relatieve belang voor de Duitse deelgebieden Borkum (gebied 20) en Randzelgat (gebied 21) alleen voor de periode vanaf 2008 worden bepaald.

4.2 Resultaten

4.2.1 Gewone zeehonden

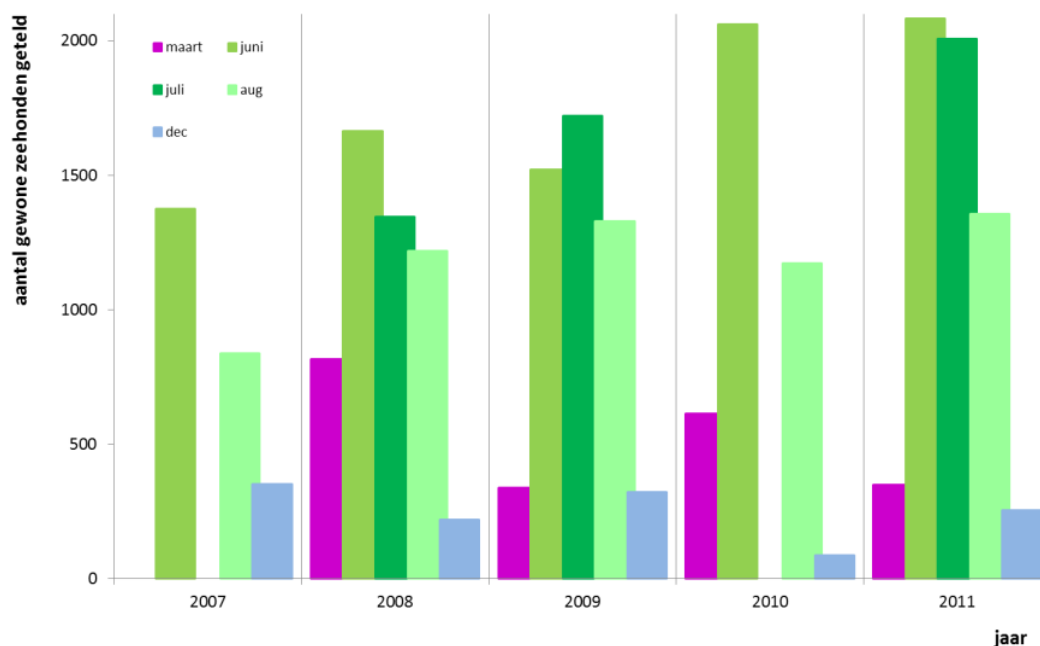
Tellingen in het Eemsgebied

In juni 2011 is een maximum van 2083 gewone zeehonden in het Eemsgebied geteld. Dit is nagenoeg gelijk aan de 2060 individuen die maximaal in 2010 werden waargenomen. Ook in augustus, tijdens de verharingspiek, zijn de aantallen in 2011 duidelijk hoger (14%) dan in 2010: respectievelijk 1335 en 1171 (Figuur 12).



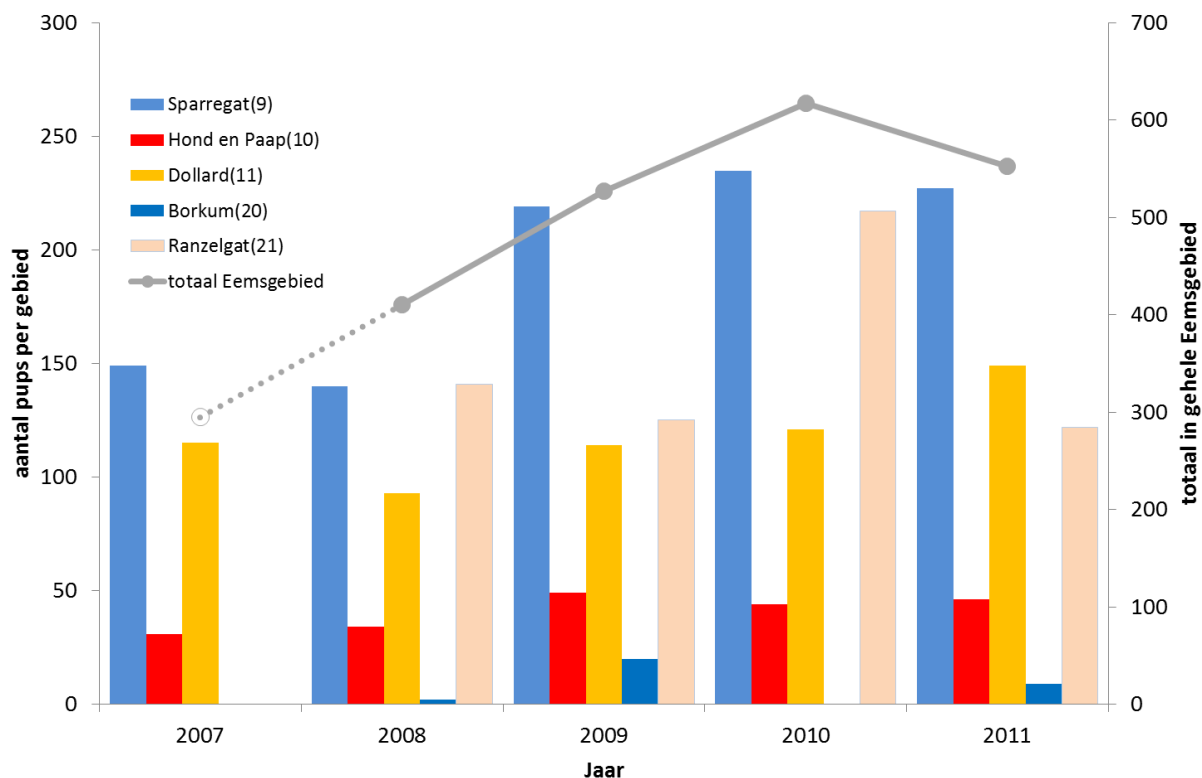
Figuur 12. Resultaten van de tellingen van gewone zeehonden per deelgebied voor de jaren 2007-2011 (linker-as). De rechter-as hoort bij de totaalaantallen (grijze balken) van alle deelgebieden in het Eemsgebied.

Net als bij de tellingen van voorgaande jaren is duidelijk te zien (Figuur 13) dat in 2011 de piek in de aantallen dieren in het Eemsgebied in juni/juli valt, terwijl de aantallen tijdens de verharingsperiode in augustus duidelijk lager zijn. Gebied 20 (bij Borkum) wijkt hiervan af.



Figuur 13. Veranderingen van totale aantallen gewone zeehonden in het Eemsgebied voor de verschillende maanden. In 2010 en 2007 is niet in juli geteld, als gevolg van een ongunstig tij ten opzichte van de geboortepiek.

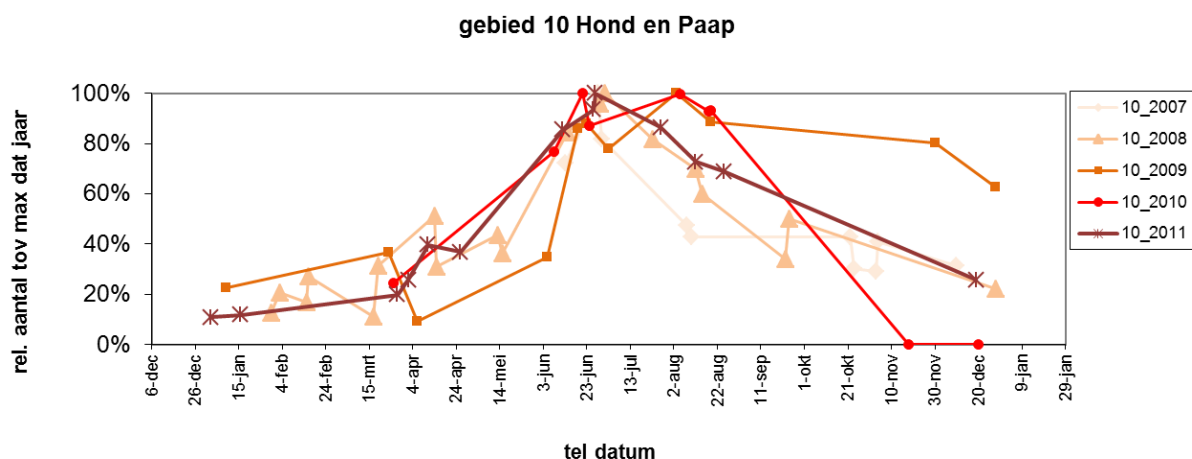
In het Eemsgebied werden ook in 2011 gewone zeehonden geboren. Na een stijging in het totaal aantal pups tussen 2007 en 2010 nam het totaal aantal pups in 2011 ten opzichte van 2010 met 64 pups (10%) af. Figuur 14 laat zien dat het aantal pups in de Dollard is toegenomen: er werden in 2011 maximaal 149 pups geteld, 28 meer dan in 2010. Dit geldt ook voor de Hond en Paap waar in 2011 46 pups werden gezien, 2 pups meer dan in 2010, en voor Borkum waar 9 pups werden gezien (0 in 2010). Een daling trad met name in het Randzelgat op: 122 pups werden op deze locatie geteld, 96 pups minder dan in het jaar ervoor (44%). In de gehele Internationale Waddenzee was juist een stijging in het aantal pups van 8% te zien. In het Nederlandse deel van de Waddenzee blijft het aantal pups nagenoeg gelijk.

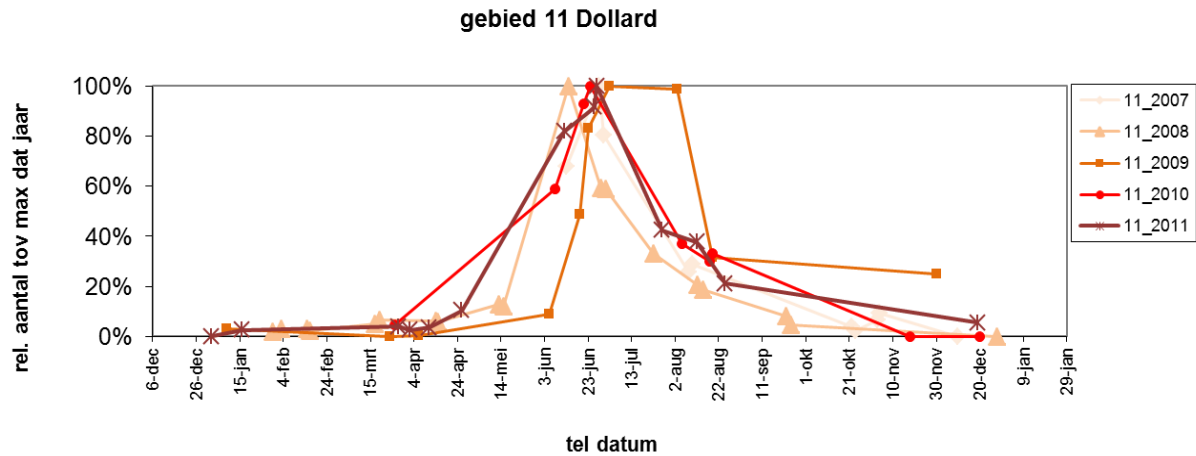


Figuur 14. Aantallen pups in de Eems-deelgebieden. Gebiedsnummers: 9, Sparregat; 10, Hond en Paap; 11, Dollard; 20, Borkum (Duitsland) en 21, zuid van Borkum of Ranzelgat (Duitsland). N.B. Gebied 20 en 21 werden in 2007 niet geteld. De gestippelde lijn geeft aan dat in die periode de data niet volledig waren.

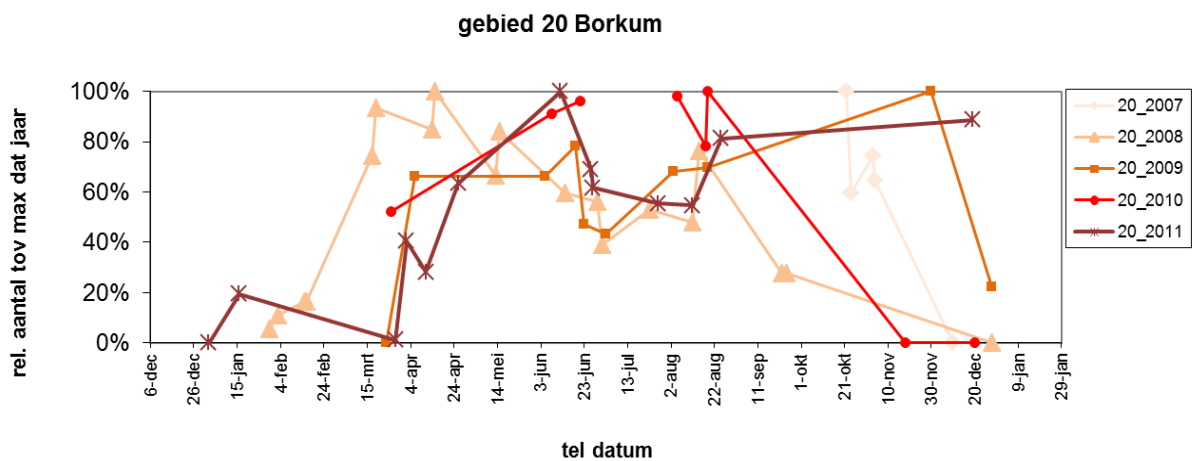
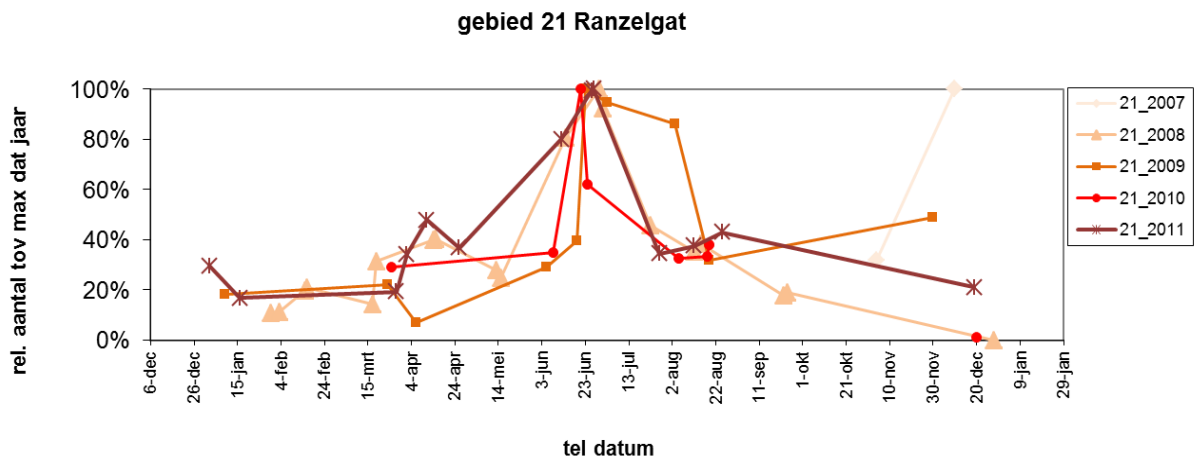
Seizoensvariatie per deelgebied

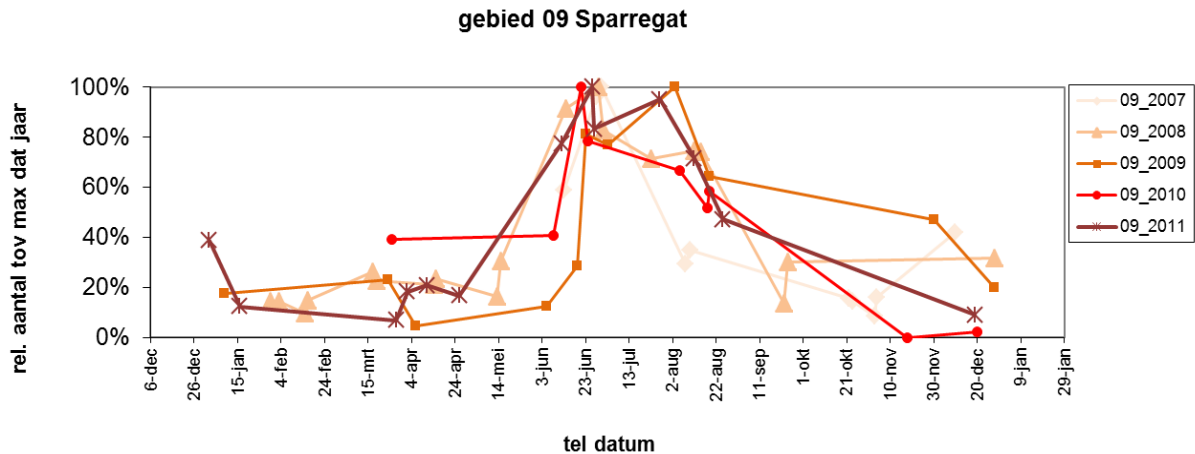
De seizoensvariatie in de jaren 2007 tot en met 2011 is per deelgebied weergegeven in Figuur 15 en Figuur 16. Om eventuele veranderingen in de verdeling van de dieren door het jaar heen beter te kunnen herkennen, zijn de aantallen uitgedrukt als percentage van het 'maximum geteld aantal dieren' in dat jaar.





Figuur 15. Resultaten van de tellingen van 2011 in relatie tot de tellingen in 2007 t/m 2010. Voor de gebieden ten zuiden van de Eemshaven: Hond en Paap (10) en de Dollard (11). Om te corrigeren voor de eventuele verschillen in absolute aantallen werden de resultaten gerelateerd aan het maximum van dat jaar.



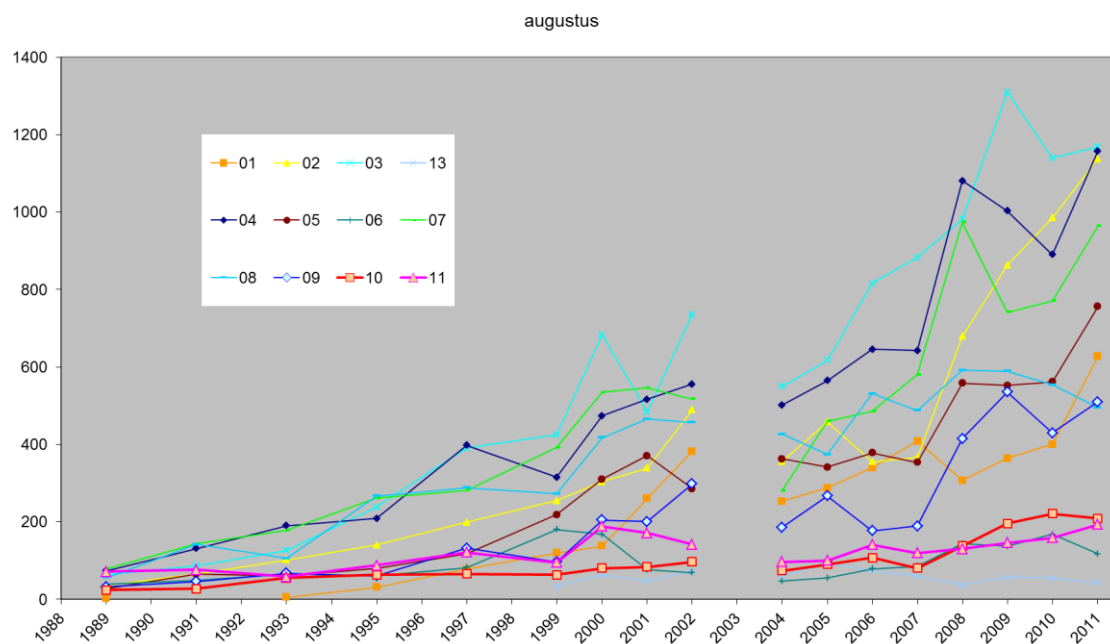


Figuur 16. Resultaten van de tellingen van 2011 in relatie tot de tellingen in 2007 t/m 2010. Voor de gebieden ten noorden van de Eemshaven: het Sparregat (9), Borkum (20) en het Randzelgat (21). Om te corrigeren voor de eventuele verschillen in absolute aantallen werden de resultaten gerelateerd aan het maximum van dat jaar.

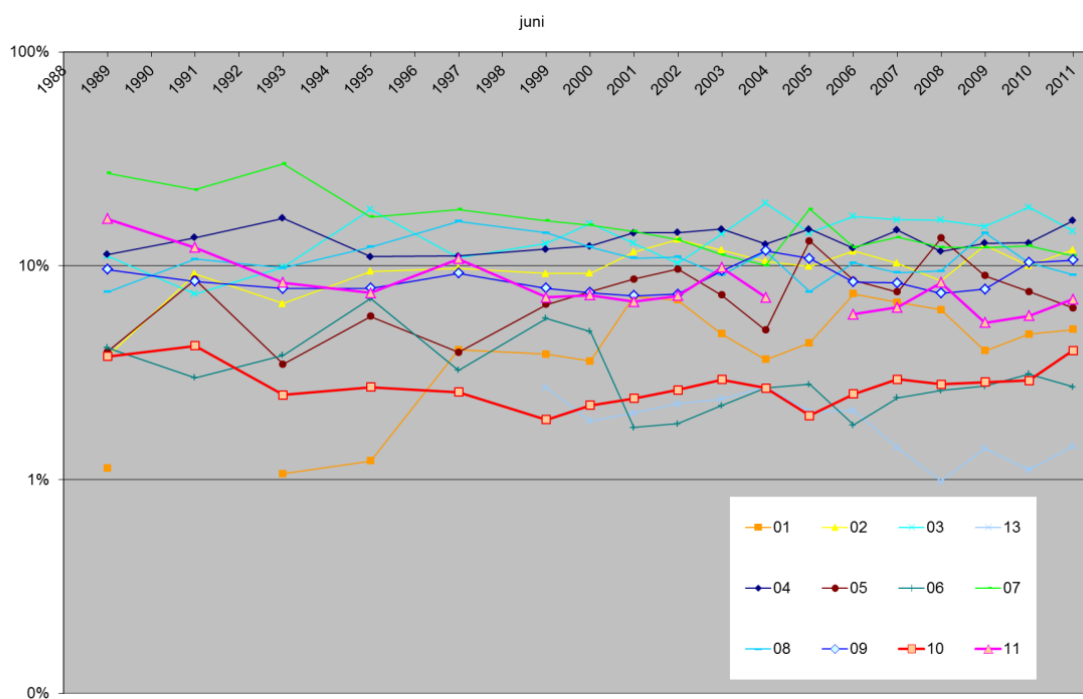
In 2011 was in alle deelgebieden van het Eemsgebied in juni een piek in zeehondenaantallen te zien en werden er relatief weinig zeehonden geteld in de winter en lente. In de andere deelgebieden binnen het Eemsgebied zijn de percentages ook in augustus nog hoog. In andere gebieden (buiten het Eemsgebied) is dan juist een piek te zien in verband met de verharing. Aan het einde van het jaar, nemen de aantallen behalve voor Borkum sterk af. Deze daling is opmerkelijk omdat er in 2011 in die periode nog geen vorst was en het gebied in tegenstelling tot 2010 wél bereikbaar was.

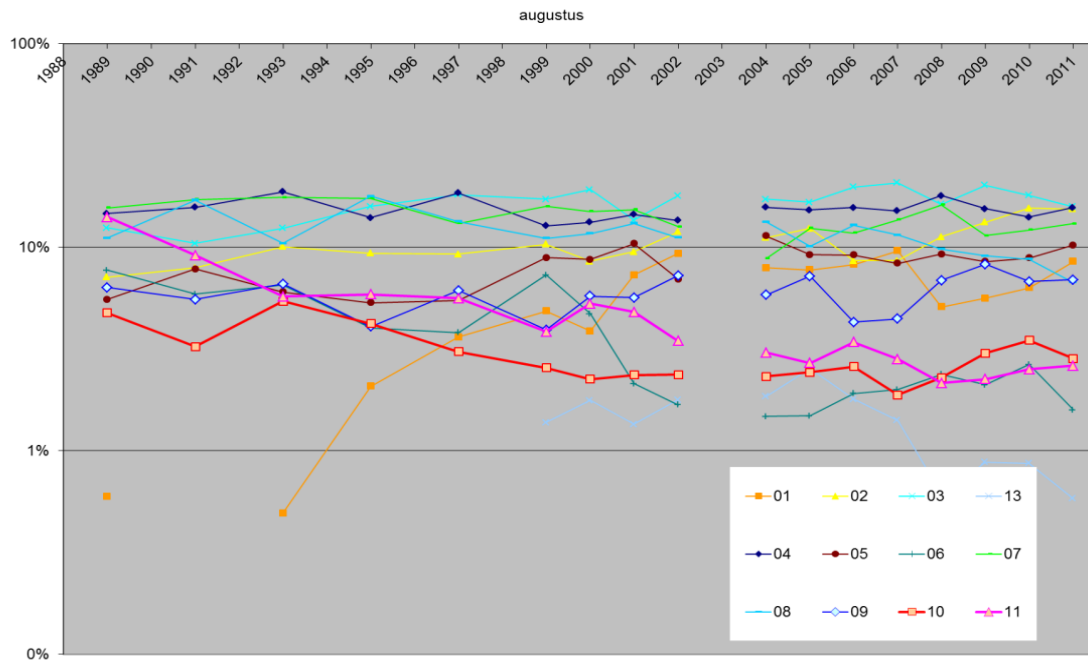
Vergelijking met andere gebieden (langetermijnperspectief)

Door het ontbreken van gegevens kunnen langetermijnveranderingen in het relatieve belang van de Duitse deelgebieden Borkum (gebied 20) en het Randzelgat (gebied 21) niet worden bepaald. (Data daarvoor zijn pas vanaf eind 2007 beschikbaar.) In 2011 dalen ten opzichte van 2010 de getelde aantallen zeehonden in de gebieden 6 (Engelsmanplaat-Schiermonnikoog), 8 (Rottumerplaat-Rottumeroog), 13 (Afsluitdijk) en 10 (Hond en Paap). In alle andere deelgebieden, waaronder 9 (het Sparregat) en 11 (Dollard) nemen de aantallen toe (Figuur 17). In het langetermijnperspectief (de afgelopen twintig jaar) neemt het relatieve belang van de Dollard (11) en in mindere mate de Hond en Paap (10) af (Figuur 18). Daar waar de Dollard eind jaren tachtig van de vorige eeuw nog bij de drie deelgebieden hoorde waar de meeste zeehonden geteld werden, behoort hij nu tot de minder belangrijke deelgebieden. Zo werden in de Dollard in juni en augustus 1989 respectievelijk 16.6% en 14.1% van de Nederlandse dieren gezien. Tijdens de tellingen in 2011 bedroegen deze percentages respectievelijk 6.8% en 2.7% in juni en augustus. De relatieve aantallen in de Hond en Paap blijven in de afgelopen twintig jaar laag maar het gebied wordt in 2011 in juni iets belangrijker dan vroeger, in augustus juist niet. In juni en augustus 1989 bedroeg het aandeel zeehonden in dit deelgebied respectievelijk 3.8% en 4.8%; in 2011 was het aandeel respectievelijk 4.0% en 2.8%. In 2011 blijft het relatieve belang van het Sparregat in juni en augustus min of meer gelijk. Door de langjarige toename in het Sparregat neemt het relatief belang van het Eems-Dollardgebied als geheel in zowel de puptijd (juni) als de verharingstijd (augustus) op de lange termijn iets toe.



Figuur 17. Overzicht van de maximaal getelde dieren in augustus van elk jaar in de verschillende deelgebieden in de Nederlandse Waddenzee. Zie voor definitie van gebieden Figuur 10.

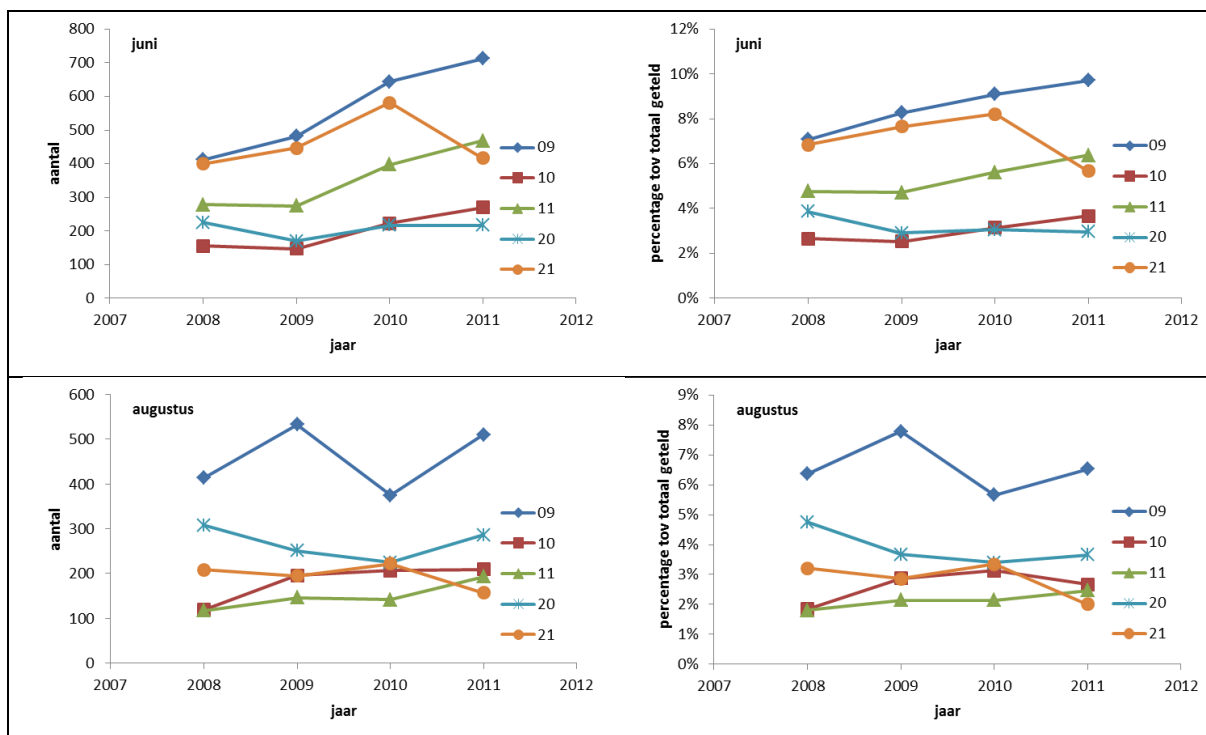




Figuur 18. Procentuele verdeling van de aantallen zeehonden over de verschillende deelgebieden in de Waddenzee, in juni (bovenste Figuur) en augustus (onderste Figuur); zie voor de definitie van de gebieden ook Figuur 10. De logaritmische schaal is gekozen om ook kleine verandering zichtbaar te maken.

Absolute en relatieve veranderingen in het Eemsgebied in de laatste vier jaar

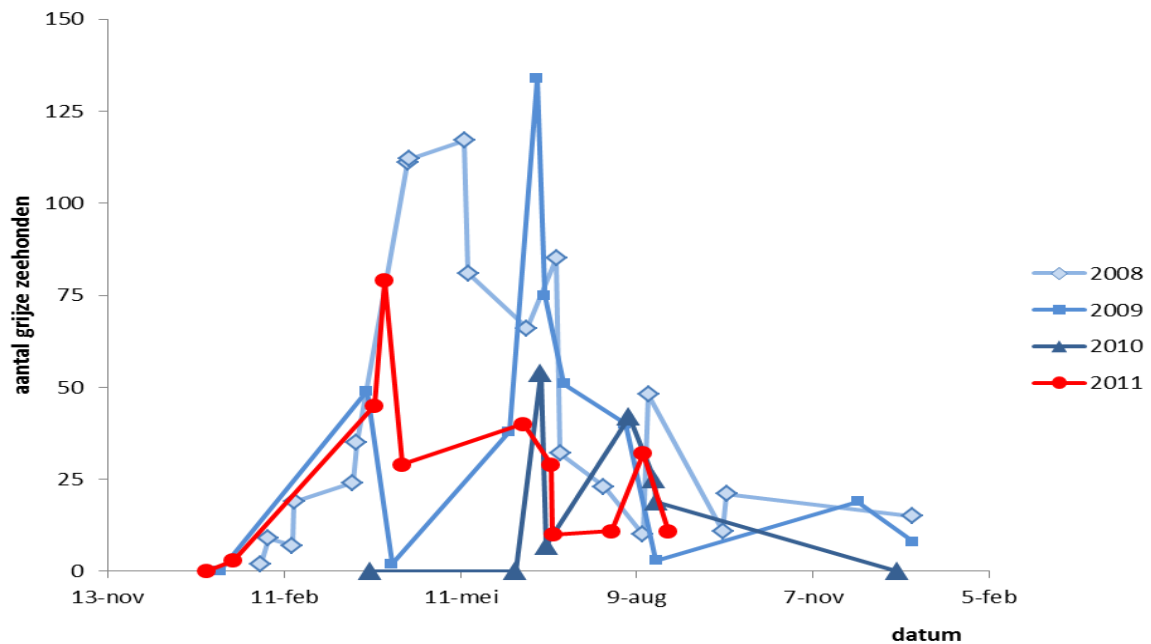
De volgende vier figuren geven de absolute en relatieve veranderingen in het Eemsgebied in de laatste vier jaar weer, de periode waarin de te onderzoeken bouwactiviteiten vallen. Binnen het Eemsgebied worden in Figuur 19 verschuivingen zichtbaar in de afgelopen vier jaar: In juni tijdens de geboorteperiode laten het Sparregat (9), de Hond en Paap (10) en de Dollard (11) een groei zien in zowel de aantallen als in het relatief belang. De gebieden aan de Duitse kant, Borkum (20) en Randzelgat (21), nemen tussen 2008 en 2011 in absolute aantallen en relatief belang af. In augustus is de ontwikkeling in de Nederlandse deelgebieden niet eenduidig. De absolute aantallen nemen in de drie deelgebieden (9, 10 en 11) weliswaar toe, maar in het Sparregat (9) schommelen zij sterk. Als naar het relatief belang wordt gekeken, is te zien dat Hond en Paap en de Dollard licht toenemen terwijl het relatief belang van het Sparregat gelijk blijft. Borkum (20) en Randzelgat (21) schommelen licht tussen de jaren maar nemen over de hele periode 2008-2011 zowel in absolute aantallen als in relatief belang af.



Figuur 19. Geteld aantal dieren en relatieve verdeling in het Eemsgebied ten opzichte van het totaal aantal getelde dieren in het Nederlandse Waddenzeegebied. Gebiedsnummers: 9, Sparregat; 10, Hond en Paap; 11, Dollard; 20, Borkum (Duitsland) en 21, zuid van Borkum of Randzelgat (Duitsland). Gepresenteerd zijn de aantallen zoals waargenomen tijdens de tellingen in de maanden juni en augustus waarbij de maximale aantallen zeehonden werden bereikt (links). Rechts staat het percentage dieren tov alle getelde dieren in het Nederlandse Waddenzeegebied.

4.2.2 Grijze zeehonden

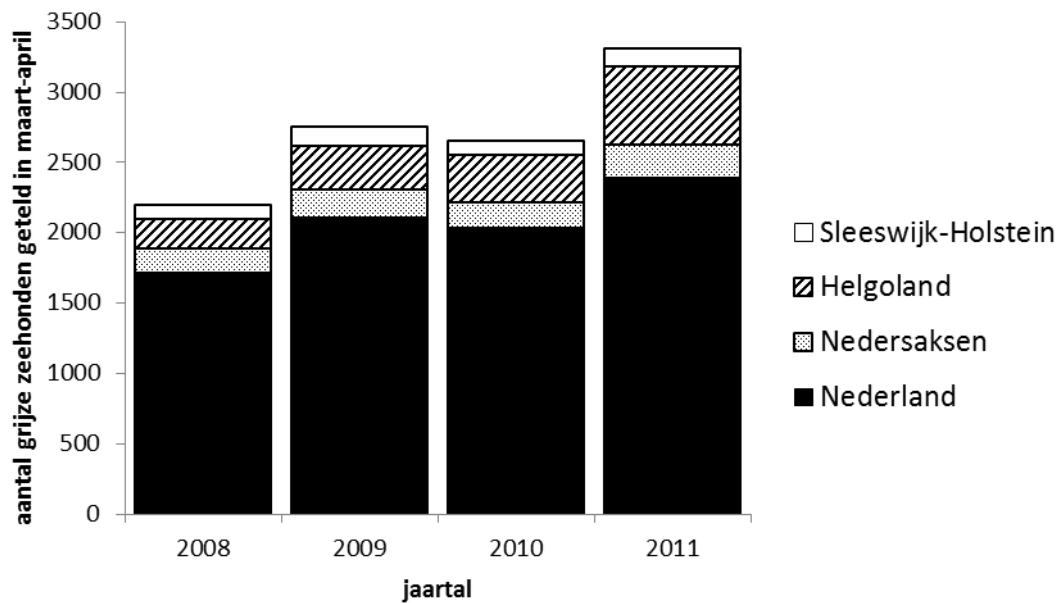
Zoals op de meeste plaatsen in de Nederlandse oostelijke Waddenzee zijn de aantallen grijze zeehonden in het studiegebied (nog) relatief laag. De meeste dieren in het Eemsgebied liggen ten noorden van Borkum, waar zich een zandbank bevindt die vrijwel permanent droog ligt. In het Eemsgebied werden tijdens de verharingsperiode in het voorjaar van 2011 maximaal 79 dieren geteld (zie Figuur 20). Tijdens de tellingen in december/januari – de geboorteperiode van de grijze zeehond – zijn nagenoeg geen grijze zeehonden binnen het onderzoeksgebied waargenomen.



Figuur 20. Aantallen grijze zeehonden in het Eemsgebied in 2008-2011. Op een enkele uitzondering na worden de grijze zeehonden vooral op één zandbank ten noorden van Borkum gezien.

Vergelijking met andere gebieden (langetermijnperspectief)

In 2011 werden grijze zeehonden in de gehele Waddenzee van Denemarken tot Nederland geteld. Ten opzichte van 2010 werd er een groei van 25% geconstateerd: 3112 grijze zeehonden tijdens de verharing. Het grootste deel werd weliswaar in Nederland gezien (2388 dieren), maar een grotere groei (65%) werd op Helgoland en in Nedersaksen (33%) waargenomen (Figuur 21). De grootste groep in dat laatste gebied (238 dieren) lag ten oosten van Borkum. Het aantal grijze zeehonden op het iets verderop gelegen eiland Helgoland vertoont een nog sterkere groei. Alleen in 2010 was er een lichte terugval in het aantal grijze zeehonden in alle deelgebieden in de Waddenzee (data CWSS; <http://waddensea-secretariat.org/news/news/Seals/Annual-reports>).



Figuur 21. Aantallen grijze zeehonden geteld in de internationale Waddenzee en het aandeel in Nederland in de jaren 2008-2011 (data CWSS).

Aangezien de aantallen grijze zeehonden in het Eems-Dollardgebied relatief laag zijn, kon geen verdere effectanalyse voor deze soort worden uitgevoerd.

4.3 Discussie

In 2011 zijn 15 vliegtuigtellingen uitgevoerd om het aantal gewone en grijze zeehonden in de Nederlandse en een deel van de Duitse Waddenzee te tellen; daarvan kon tijdens 13 vluchten het studiegebied worden onderzocht. Het doel van deze uitgebreide tellingen was de ontwikkelingen in het Eemsgebied te kunnen vergelijken met die in de rest van de Waddenzee. De tellingen vormen daarmee een robuuste maar vrij grove parameter voor het bestuderen van eventuele veranderingen in aantallen en verschuivingen van het relatieve belang van de deelgebieden, mogelijk als gevolg van menselijke activiteiten in het gebied. In de rapportage van 2010 (zie Brasseur et al. 2011) werd al aangegeven dat de aantalsschommelingen die worden waargenomen, niet alleen het gevolg kunnen zijn van aantalsveranderingen in het betreffende studiegebied maar ook het gevolg kunnen zijn van veranderingen in het droogliggedrag van de dieren (wanneer gaan ze wel of niet de kant op). Zo waren er aanwijzingen dat de dieren bij de Eemshaven frequenter aan de kant lagen als reactie op de activiteiten in het gebied (zie Brasseur et al. 2011). Uit een verhoging in het getelde aantal zeehonden in een bepaald gebied is echter niet af te leiden of de dieren in het betreffende gebied hinder hebben ondervonden van de activiteiten of dat er sprake is van een natuurlijk hauled-out-gedrag. Een eventueel waargenomen verschuiving kan dan ook alleen in samenhang met andere waarnemingen (zie de overige deelstudies) en met de nodige voorzichtigheid als voor- of nadelig worden geïnterpreteerd.

4.3.1 Gewone zeehonden

4.3.1.1 Aantalsontwikkeling

Het Eemsgebied wordt, net als in voorgaande jaren, door een groot aantal gewone zeehonden gebruikt om droog te liggen en als geboorte- en zooggebied. De toename in het maximaal getelde aantal zeehonden in het Eemsgebied in juni 2011 was met 1,1% naar verhouding beduidend minder dan de 8%

in de rest van de Waddenzee (van 2060 in juni 2010 naar 2083 in juni 2011). Deze groei is lager dan vorig jaar terwijl de aantallen in de rest van Nederland juist meer groeiden. Dit wordt veroorzaakt door de afname in het Randzelgat. Net als in voorgaande jaren is er in vele delen van het Eems-Dollardgebied rond eind juni duidelijk een piek in aantallen gewone zeehonden te zien (Figuur 15 en Figuur 16). Dit is voor de gewone zeehond de voortplantingsperiode; blijkbaar wordt het gebied in deze periode meer gebruikt dan in augustus tijdens de verharing.

Wanneer we kijken naar de getelde aantallen in augustus in de andere deelgebieden in de Nederlandse Waddenzee (Figuur 17) dan zien we in de meeste deelgebieden een toename ten opzichte van 2010. Dit geldt ook voor het Sparregat en in mindere mate voor de Dollard.

De meest opvallende trend die kan worden gezien is de algemene toename van het aantal gewone zeehonden na de virusepidemie in de Waddenzee. De toename in het aantal zeehonden zal naar verwachting op een bepaald niveau stabiliseren; de ecologische draagkracht van het gebied is dan bereikt, waarna de aantallen licht zullen fluctueren wanneer er geen beïnvloeding door andere omgevingsfactoren meer plaatsvindt. Hiervoor zijn er echter nog geen aanwijzingen. Mogelijke factoren die de ontwikkeling in het aantal zeehonden op lokaal of regionaal niveau beïnvloeden, zijn kwalitatieve veranderingen in de foerageergebieden, geomorfologische veranderingen van ligplaatsen, andere natuurlijke oorzaken en menselijke activiteiten.

In de afgelopen decennia heeft een sterke industriële ontwikkeling plaatsgevonden in het Eems-Dollardgebied. De huidige bouwactiviteiten in en rond de Eemshaven dragen hieraan bij. In de andere in dit rapport beschreven deelstudies zijn statistisch significante negatieve correlaties gevonden tussen sommige van de bouwgerelateerde activiteiten en het onderzochte habitatgebruik. Aangezien er voldoende bewijzen uit dierexperimenten zijn, dat waargenomen geluid effect op het gedrag van zeezoogdieren heeft, is de aanname gerechtvaardigd dat de bouwactiviteiten van GSP (mede) de oorzaak zijn van veranderingen in het gebiedsgebruik van de zeehonden in de nabijheid van de Eemshaven. Tot nu zijn geen aanwijzingen gevonden dat de bouwactiviteiten van invloed zijn op de langetermijnontwikkelingen van het aantal zeehonden op het niveau van de lokale zeehondenpopulatie in het Eemsgebied (en dus ook niet op het niveau van de Nederlandse populatie). Het tijdsbestek waarin de mogelijke effecten zijn onderzocht, is echter nog vrij kort, zeker wanneer men in aanmerking neemt dat de kwalitatieve en kwantitatieve beoordelingen van de oorzaak-effectrelaties tussen het gedrag van de zeehonden en de populatietrend aan de ene kant, en de potentiële invloedrijke menselijke activiteiten aan de andere kant, extreem complex zijn. Om effecten op populatieniveau te kunnen traceren is een lange waarnemingsperiode vereist. Maar hoe langer de periode des te groter de kans dat andere factoren dan die men wil onderzoeken (denk aan de virusepidemie) van grote invloed zijn op de populatieontwikkeling. Welk autonoom effect een specifieke menselijke activiteit op de lange termijn op zeehonden heeft is aan de hand van de vliegtuigtellingen dus niet vast te stellen.

De unieke dataset van de vliegtuigtellingen levert echter wel de mogelijkheid om conclusies te trekken over de ontwikkeling van het relatieve belang van de verschillende ligplaatsen over de afgelopen decennia. Daarmee zijn extreme verschuivingen in het gebiedsgebruik te traceren die een indicatie kunnen zijn voor de afname van de kwaliteit van een deelgebied. Het vertrekpunt bij deze benadering is dat elk deelgebied in potentie even aantrekkelijk is en relatief dezelfde groei of krimp kan laten zien qua aantal zeehonden die er gebruik van maken. Die gemaakte aanname is vatbaar voor discussie. Wanneer de groei in een deelgebied achterblijft, kan het minder aantrekkelijk zijn geworden, maar het kan ook zijn dat de draagkracht van het deelgebied is bereikt waardoor de groei afvlakt.

Zo laten de gegevens zien dat het Eemsgebied over de lange termijn in waarde heeft ingeboet voor de zeehonden, zowel als geboorte- en zooggebied als ook als verharingsgebied. De algemene afname van de waarde van het studiegebied voor de zeehonden kan voornamelijk worden toegeschreven aan de afname in het getelde aantal zeehonden in de Dollard vóór 2008; sindsdien stijgt het aantal weer licht. Om deze langetermijndata goed te kunnen interpreteren zouden veranderingen in zeehondenaantallen in

relatie tot alle grote activiteiten in het gebied in veel langer tijdsbestek en met voldoende informatie over zo veel mogelijk menselijke activiteiten die hebben plaatsgevonden, geanalyseerd moeten worden. De recente ontwikkeling van de Eemshaven vormt maar een van de vele grote veranderingen in het gebied.

Het aantal gewone zeehonden dat werd geteld op de ligplaatsen in het Eemsgebied, laat, net als in de voorgaande jaren, een sterke seizoensvariatie zien met lage aantallen in de lente, gevolgd door hoge aantallen in de zomer waarna de aantallen weer afnemen tot lage aantallen in de winter. In andere deelgebieden in de Waddenzee pieken die aantallen echter twee keer per jaar, in juni gedurende de geboorte- en zoogperiode en in augustus tijdens de verharingsperiode. Deze seizoensvariatie met twee pieken komt in het Eemsgebied in 2011 alleen in het Sparregat voor. Dit lijkt aan te geven dat de andere deelgebieden in het Eemsgebied in de verharingsperiode minder belangrijk zijn voor de zeehonden. Verharen is een fysiologisch ingrijpend proces voor de zeehonden en verstoring kan dan snel negatieve gevolgen voor de gezondheid (verzwakt immuunsysteem) van de dieren hebben. Het blijft onduidelijk of het relatief lage gebruik van de ligplaatsen in het Eemsgebied tijdens de verharingsperiode veroorzaakt wordt door een relatief hoog niveau van verstoring of dat het moet worden toegeschreven aan andere natuurlijke of menselijke factoren.

Opvallend is dat de zeehondenaantallen in de winter 2010/2011 op lage niveaus waren, terwijl de temperaturen, anders dan in voorgaande jaren, toen niet zo laag waren dat de ligplaatsen door ijsgang niet langer toegankelijk waren voor de zeehonden. Tot dusver is er nog geen passende verklaring voor deze observatie.

4.3.1.2 Aantallen pups

De ligplaatsen in het Eemsgebied werden ook in 2011 gebruikt tijdens de geboorte- en zoogperiode. Het relatieve belang van het gebied in deze periode nam ten opzichte van de afgelopen twee jaar af. Daarnaast is het aantal pups in het Eemsgebied teruggelopen met ruim 10% wat toegeschreven kan worden aan de sterke afname (>40%) in het getelde aantal pups in het Randzelgat.

De andere drie deelgebieden lieten een zeer lichte afname zien (Hond en Paap, Sparregat) of zelfs een toename (>20%; Dollard) in het aantal getelde pups ten opzichte van 2010. In de gehele internationale Waddenzee is een stijging van 8% vastgesteld en in het Nederlandse deel blijft het aantal pups nagenoeg gelijk. De mogelijke oorzaken van de toegenomen waarde van de Dollard als geboortegebied en de afgenomen aantrekkelijkheid van het Randzelgat kunnen variëren van menselijke activiteiten tot interacties tussen grijze en gewone zeehonden of geomorfologische veranderingen van de ligplaatsen. Gezien de vrijwel gelijkblijvende aantallen pups op de Hond en Paap, de ligplaats die het dichtst bij de Eemshaven gelegen is, en de stijgende aantallen pups in de Dollard, zijn er – ook in vergelijking met de aantalsontwikkeling van de pups in de Nederlandse Waddenzee – vooralsnog geen indicaties dat hier sprake is van aantoonbaar negatieve effecten van de bouwactiviteiten.

4.3.2 Grijze zeehonden

De aantallen grijze zeehonden zijn, met een maximaal geteld aantal van 79, in het Eems-Dollardgebied nog steeds relatief laag ten opzichte van de rest van het Nederlandse Waddengebied, hoewel er in het voorjaar van 2011 meer dieren geteld zijn dan in 2010. Ter vergelijking: in maart/april, de verharingsperiode, wanneer normaal de meeste dieren geteld worden, zijn de aantallen grijze zeehonden in de gehele internationale Waddenzee dit jaar gestegen (Brasseur 2011). Hoewel minder sterk, geldt dit ook voor het Nederlandse deel, waar verreweg het grootste deel van de 'Waddenzeepopulatie' voorkomt (Figuur 21). In 2010 werden in de gehele internationale Waddenzee van Denemarken tot Nederland - volgens gestandaardiseerde methodes - in totaal maximaal 2654 grijze zeehonden geteld, waarvan 2036 in het westelijk deel van de Nederlandse Waddenzee.

In het Eems-Dollardgebied zijn weer alleen op het puntje ten noorden van het eiland Borkum grijze zeehonden waargenomen. Opmerkelijk is dat in het Eemsgebied in 2011 minder dieren werden geteld. Het is niet duidelijk of de vele menselijke activiteiten in het Eemsgebied hier mede de oorzaak van zijn. Het puntje van Borkum waar de zeehonden liggen is net tegenover het badstrand van het eiland. Echter juist in de zomermaanden, wanneer er veel badgasten zijn, worden er meer zeehonden geteld. In de toeristisch stillere wintermaanden werd dit deelgebied echter nagenoeg niet gebruikt. Op de oostpunt van Juist, waar grijze zeehonden het dichtst in de buurt van het onderzoeksgebied op zandbanken worden gezien, zijn de aantallen van 200 in 2009 naar 184 in 2010 iets teruggelopen, maar in 2011 werden 238 dieren geteld. Verdere analyse en vergelijking met telgegevens in andere deelgebieden zijn echter nodig om meer inzicht te krijgen in de aantalsontwikkelingen van grijze zeehonden in het Eems-Dollardgebied.

Door de relatief lage aantallen en de ligging van deze ligplaats is er geen effectanalyse voor deze soort uitgevoerd. Net als de daling van het aantal grijze zeehonden in 2010, kan het aantal in 2011 niet goed worden getoetst aan de activiteiten in en om de Eemshaven.

4.3.3 Het statistische onderscheidend vermogen van de gegevens

Het tellen van zeehonden op ligplaatsen levert een robuuste maar vrij grove parameter op waarmee eventuele verschuivingen in de aantallen en de verspreiding als gevolg van activiteiten kunnen worden bepaald. Hoewel de temporele resolutie van de reguliere tellingen met een frequentie van enkele malen per jaar relatief laag is, worden ze wel al gedurende een lange periode en over een groot gebied volgens een gestandaardiseerde methode uitgevoerd. De gegevens zijn daardoor geschikt om lange termijnveranderingen en eventuele afwijkingen hierin ten opzichte van andere deelgebieden te detecteren. Door het lage statistische onderscheidend vermogen (Meesters et al. 2007) zijn de data echter niet geschikt om voor een relatief kort tijdsbestek aan te geven of de waargenomen veranderingen het gevolg zijn van bepaalde externe factoren. Uit de analyse van het statistische onderscheidend vermogen van de reguliere vliegtuigtellingen blijkt dat bij de huidige telfrequentie alleen veranderingen op populatieniveau (gehele Waddenzee) van een grootte van ca. 20%, gemeten over een periode van 10 jaar met enige zekerheid ($P=80\%$, $\alpha = 0.05$) kunnen worden vastgesteld. Terwijl de aanbevolen detectiegrens voor afwijking in aantallen op 10% in tien jaar ligt. Opsplitsing van gegevens door een kleiner gebied te onderzoeken, bijvoorbeeld het Eemsgebied, zal leiden tot een nog lager onderscheidend vermogen. Dat wil zeggen dat bij een gelijkblijvende telfrequentie de zekerheid waarmee veranderingen als afwijkend kunnen worden beschouwd, minder zal worden. Kleinere veranderingen kunnen dus met het huidige jaarlijkse telregime niet significant aangetoond worden.

Extreme veranderingen (zoals de halvering of verdwijning van de zeehonden uit het onderzoeksgebied) zijn tot nu toe niet vastgesteld. Integendeel de laatste vier jaar stijgen de aantallen in de meeste deelgebieden of blijven ze gelijk. Er is nergens een doorlopende daling vastgesteld.

5 Zeehonden –zenderstudie

Hoewel het beeld van een zeehond liggend op de zandplaten in de Waddenzee het meest bekend is bij het brede publiek, besteden zeehonden het grootste deel van hun tijd in en onder water. Zenders, die ook duiken registreren, maken het mogelijk om de dieren continu te volgen; ook wanneer ze onder water verblijven. Gegevens uit de zenders kunnen zo informatie leveren over het ruimtelijk gebruik én het duikgedrag van de dieren. Deze informatie kan gerelateerd worden aan de bouwactiviteiten in en om de Eems.

Informatie over het gedrag van zeehonden in het water is erg belangrijk omdat de dieren een groot deel van hun tijd (vaak meer dan 70%) duikend doorbrengen. Vooral in dit project, waarin naar mogelijke effecten van de bouwactiviteiten op de zeehonden wordt gekeken, is dit belangrijk omdat naar verwachting een belangrijk deel van de bouwactiviteiten ook onder water goed merkbaar zal zijn in de vorm van onderwatergeluid. Geluid draagt onder water veel verder dan boven water (zie Brasseur et al. 2011). De zenders registreren ook of, wanneer en waar de dieren op de kant komen. Het zenderonderzoek beperkt zich tot de gewone zeehond, omdat dit de meest voorkomende soort in het studiegebied is.

In de drie jaar van dit deel van het monitoringprogramma is gewerkt aan het verzamelen van basisgegevens om te begrijpen hoe de gewone zeehonden het Eemsgebied gebruiken en wat de variatie hierin is. Geprobeerd is aanwijzingen te vinden voor effecten of het ontbreken ervan op specifieke componenten van het gedrag van de zeehonden en hun gebruik van het habitat.

Het is bekend dat gewone zeehonden een zekere plaatstrouwheid vertonen. Van Parijs et al. (2000b) en Härkönen en Harding (2001), vinden op verschillende tijdschalen (zelfs 14 jaar) dat individuen tijdens het voortplantingsseizoen telkens in hetzelfde gebied terugkomen. Recentelijk lieten Cunningham et al. (2009) zien dat gedurende een “zenderperiode” de dieren vaker één bepaald gebied gebruiken. De vraag is: onder welke omstandigheden verlaten zeehonden een gebied en wanneer keren zij of komen andere dieren in het gebied terug? Maar ook: zijn er op de korte termijn wel aanwijzingen te vinden voor veranderingen in gedrag of habitatgebruik. Veranderingen in het gebruik van het gebied zouden immers bepalend kunnen zijn voor het voorbestaan van de zeehondenkolonies in het onderzoeksgebied. Tekenen hiervan kunnen worden gebruikt om zonodig mitigatie toe te passen.

In 2009 werden de eerste van de in totaal 141 zeehonden in het Eemsgebied van een zender voorzien. Uit de gegevens die deze zenders tot nu toe hebben opgeleverd, bleek dat de dieren uit het Eemsgebied veelvuldig de rest van de Waddenzee en de zuidelijke Noordzee gebruiken, maar dat de meeste dieren toch regelmatig terugkomen in het gebied waar ze gezenderd zijn (Brasseur et al. 2010a). Ook werden aanwijzingen gevonden dat zeehonden sommige activiteiten op de Eemshaven mijden: zij zijn dan statistisch significant minder in het gebied wanneer deze activiteit gaande is. Opmerkelijk is dat er in de reactie grote variatie is tussen de individuele dieren en dat zelfs dezelfde individuen niet altijd op dezelfde manier op een verstoring reageerden. Naast de individuele verschillen tussen de dieren kunnen omstandigheden de reacties van de dieren bepalen. Denkbaar is dat het dier een afweging maakt welke van zijn behoeftes voorrang moet krijgen. De neiging om als reactie op een verstoring het water te verlaten zou verschillend kunnen zijn al naar gelang waarmee het dier op dat moment bezig is (jagen, slapen of op trektocht) en welke behoefte (bij voorbeeld aan voedsel of rust) dan prevaleert.

Het bleek in 2009 dat dieren die in de Dollard en op de Hond en de Paap gezenderd zijn, het vaakst weer terugkomen op de zandplaten in diezelfde gebieden; dieren uit de gebieden dicht bij de Noordzee (Sparregat en Randzelgat, ten zuiden van Borkum) komen minder vaak in het Eemsgebied en maken vaker gebruik van andere ligplaatsen dan waar ze gevangen werden. Deze bevindingen werden in 2010 bevestigd en bovendien was te zien dat in vergelijking met de andere gebieden, gezenderde dieren van de Hond en Paap het meest in het gebied rond de Eemshaven verbleven. Dit gold met name voor de adulte dieren. Meest opvallend was dat vooral volwassen vrouwtjes vaker rond de Eemshaven zijn

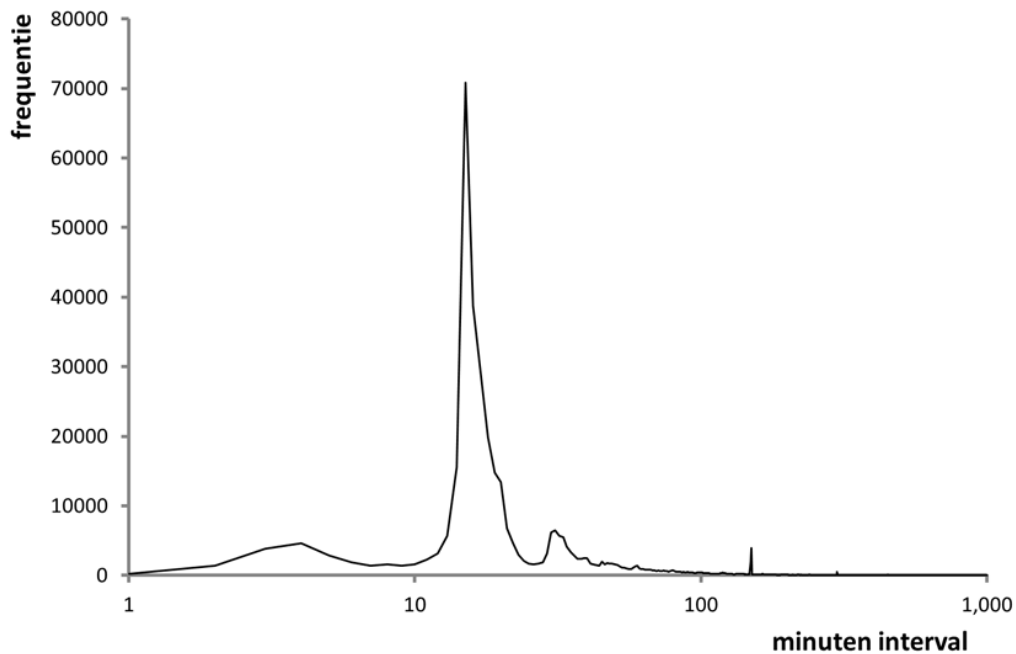
gepeild. Dieren uit andere gebieden leken vaak bij of vlak voor de haven om te keren in plaats van door te zwemmen. Uit de analyses 2010 kwam naar voren dat veel van de gemelde activiteiten statistisch significante correlaties lieten zien tussen de activiteiten en de verspreiding van de zeehonden. Met name bij peilen, baggeren en heien van GSP maakten de dieren significant minder gebruik van het gebied in de nabijheid van de Eemshaven.

In 2011, het laatste jaar van de zenderstudie, werden 48 zeehonden van een zender voorzien. In dit hoofdstuk worden de gegevens van het zenderonderzoek in alle jaren (2009-2011) gepresenteerd.

5.1 Methodes

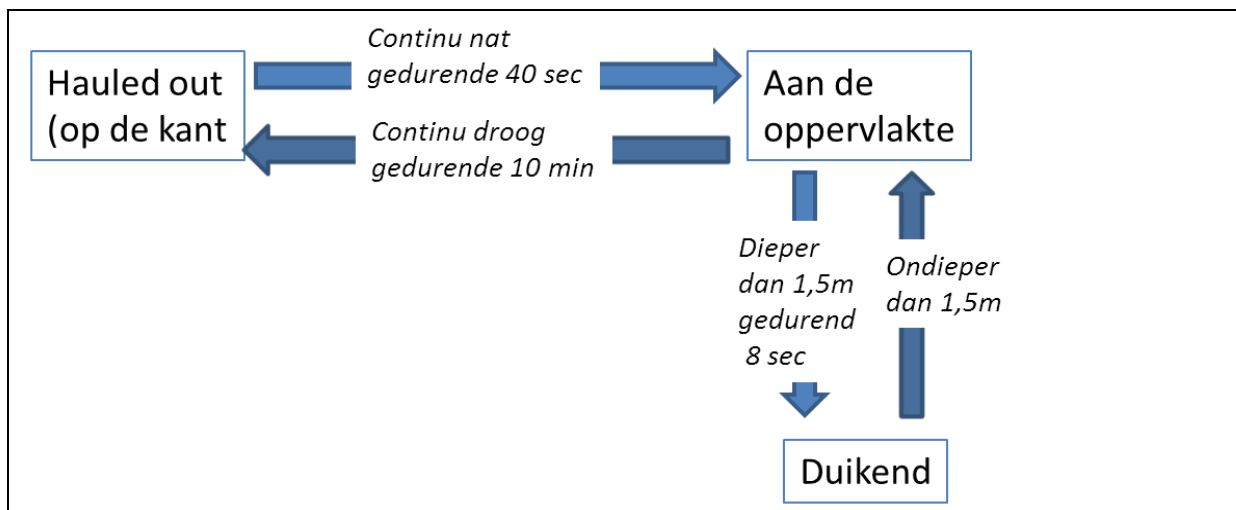
5.1.1 Zenders

Door dieren van een zender te voorzien kunnen ze continu geografisch en qua duikgedrag worden gevolgd. Hierdoor wordt zoals gezegd een beter inzicht verkregen in het gebruik van het habitat waarin de dieren bij voorkeur opereren. Bovendien verzamelen de zenders allerlei andere gegevens, zoals diepte en watertemperatuur, waardoor ook veel meer bekend wordt over de omstandigheden waarin de zeehonden verkeren. Naast de geografische positie, die iedere 20 minuten wordt geregistreerd (Figuur 22), wordt door de geïnstalleerde software bepaald wanneer een dier op de kant ligt en wanneer een duik begint of eindigt (Figuur 23). Deze gegevens worden gebruikt om het duikgedrag te registreren. De zenders bestaan uit een gps, een datarecorder, een ontvanger en een dataprocessor (cpu - central processing unit). Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een zogenaamde GPSPhoneTag (SMRU, <http://www.smru.st-andrews.ac.uk/>). De zenders verzamelen automatisch gegevens, slaan ze op en sturen ze automatisch door. De verzamelde gegevens worden via het mobiele-telefoonnetwerk verstuurd. Hiertoe dient er niet alleen een goede verbinding te zijn met een GSM zendmast, maar dient ook voldoende informatie te zijn verzameld. De zender is zo geconfigureerd dat hij gegevens verzamelt en opslaat op een manier die garandeert dat de maximale hoeveelheid informatie kan worden gestuurd wanneer de zender contact maakt met een ontvanger (Fedak et al. 2002). De zender heeft de capaciteit om enkele maanden gegevens op te slaan alvorens te beginnen met het overschrijven van de oudste verzamelde gegevens. Zo kan een dier langere tijd buiten zendbereik zijn, terwijl de gegevens wel worden opgeslagen. Zodra de verbinding goed is, worden de verzamelde data dan als één groot bestand doorgestuurd. Door de *fastloc*-technologie in deze zenders kan een locatie in minder dan één seconde worden bepaald. Zo kunnen van dieren die op zee zijn en kort aan de wateroppervlakte komen GPS-locaties worden verkregen.



Figuur 22 Frequentie van intervalduur tussen twee locaties (gebaseerd op alle verkregen data 2009-2012). Het verreweg meest voorkomende frequentie-interval is 20 minuten. In een klein aantal gevallen wijkt dit af; bij voorbeeld wanneer de dieren hauled out zijn (zie voor de definitie hiervan Figuur 23). Dan is de frequentie lager om batterijen te sparen, maar dit heeft geen consequenties voor het bepalen van de trajectoren van de dieren aangezien de beweging op de zandbanken minimaal is.

De zenders hebben een levensduur van 90-150 dagen (mede afhankelijk van het gedrag van de zeehond). Omdat ze op de haren van de zeehonden worden geplakt, vallen ze er normaliter af tijdens de verharing rond augustus. De ervaring leert dat de zender meestal al daarvoor samen met het oude haar verloren wordt (mei-juli). Om informatie over het hele jaar te krijgen kan dus niet volstaan worden met één keer per jaar zenderen; voor deze studie is dan ook telkens in het voor- en najaar gezenderd.



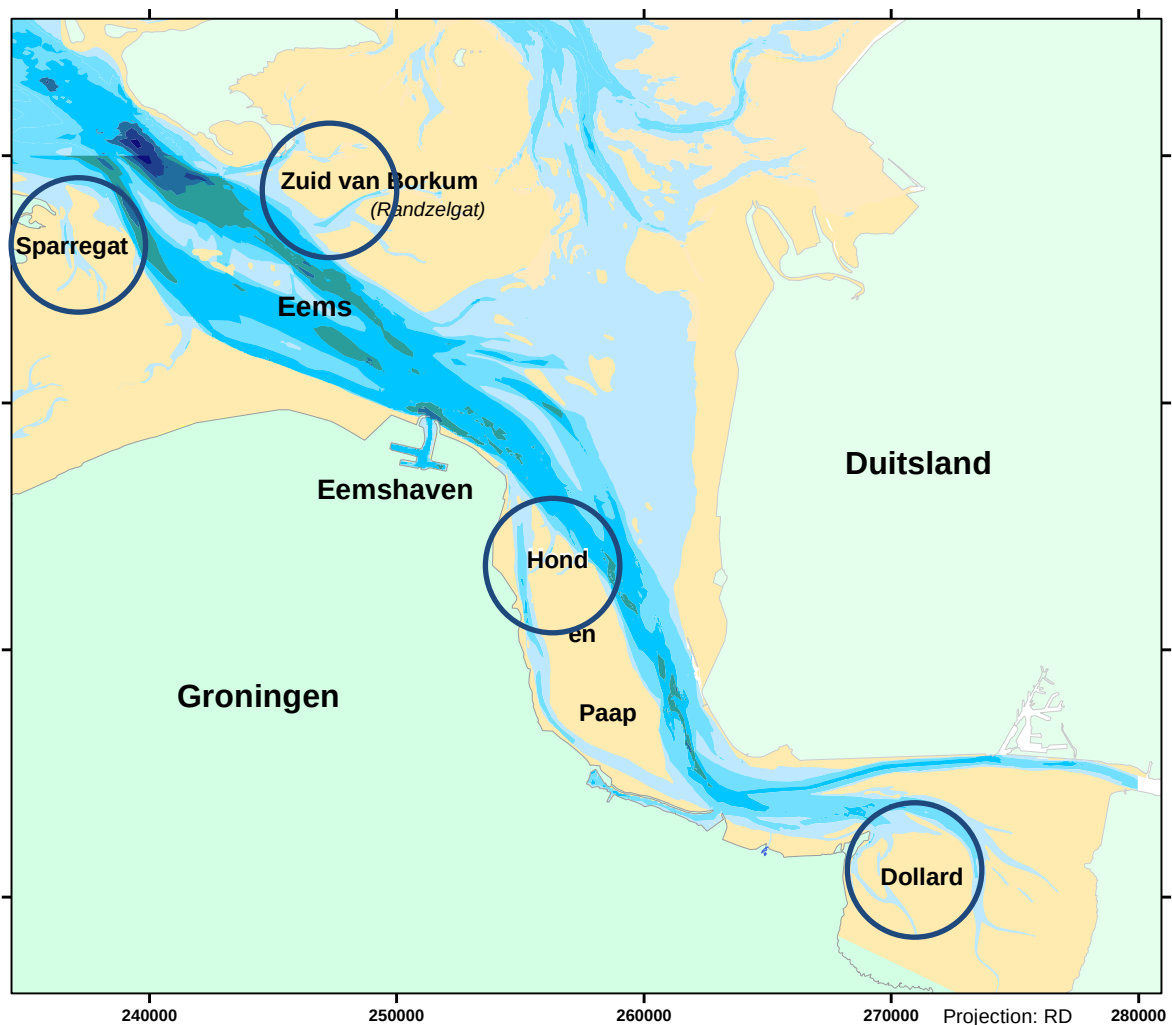
Figuur 23. Schema van verschillend gedrag en de wijze waarop deze worden geregistreerd door de zender voor details zie ook SMRU, <http://www.smrु.st-andrews.ac.uk/>.

5.1.2 Veldwerk

Om zeehonden van een zender te kunnen voorzien moeten ze eerst gevangen te worden. Dit wordt gedaan door met een motorboot een lang net uit te vieren langs een door zeehonden bezette ligplaats. De op de kant liggende zeehonden vluchten het water in, waarbij een deel van de zeehonden tussen het

net en de zandbank blijft zwemmen. Het net wordt aan beide einden vanuit een boot aangehaakt en naar de zandbank getrokken. Het net wordt daar overgenomen door personen die met een derde boot op de zandplaat zijn afgezet. Zij halen het net met de daarin opgesloten zeehonden binnen. Het benodigde aantal zeehonden wordt uit het net gehaald; per vanglocatie wordt gestreefd naar een steekproef van twee volwassen mannen (minimaal 135 cm), twee volwassen vrouwen (minimaal 130 cm) en twee subadulte dieren. De overige dieren worden direct vrijgelaten. De gevangen dieren worden van een zender voorzien door de zender boven de schouderbladen op de haren te plakken. Tijdens het zenderen worden de dieren gemeten en gewogen en wordt het geslacht bepaald. De lengte (kop-staart en kop-flippers) wordt tot op de cm nauwkeurig gemeten, waarbij een meetlint langs het dier wordt gehouden. De lengte tot het einde van de staart wordt bepaald, omdat de achterflippers niet altijd recht liggen ten opzichte van het lichaam. De gehele 'behandeling', inclusief meten, merken, opplakken van de zender, het uitharden van de twee-componenten lijm en het daarna vrijlaten, neemt voor elke zeehond circa 20-25 minuten in beslag. Naast de benodigde vergunningen ex. FF-wet en NB-wet beschikt IMARES over een protocol voor het vangen en zenderen van zeehonden dat is goedgekeurd door de Dieren Experimenten Commissie (DEC). Bovendien gaat regelmatig een proefdierdeskundige of inspecteur in het kader van de Wet op de Dierproeven mee bij een zenderactie.

Om een zo goed mogelijk beeld van de variatie in gebiedsgebruik in het Eems-Dollardgebied te krijgen werden vier vanglocaties (Figuur 24) geselecteerd.



Figuur 24. De vier gebieden waar gewone zeehonden van zenders zijn voorzien.

De verhouding in mannetjes en vrouwtjes per locatie is weergegeven in Tabel 4. Het is niet in alle zenderperioden gelukt om op elke vanglocatie de beoogde combinatie van dieren te vangen. Dat kwam door het ontbreken van dieren van het beoogde geslacht of leeftijd in de vangst.

Tabel 4. Overzicht van de gezenderde dieren, opgesplitst naar leeftijdsklasse, geslacht (V = vrouwtje; M = mannetje) en vanglocatie.

	mrt 2009	sep 2009	mrt 2010	nov 2010	mrt 2011	sep 2011	Totaal
ADULT	18	16	19	19	16	17	104
V	9	9	10	10	6	12	55
Borkum	3	4	2	6	1	3	19
Dollard	2	1	3	2		3	11
Hond/Paap	2	4	3		4	2	15
Sparregat	2		2	2	1	4	11
M	9	7	9	9	10	5	49
Borkum	3		3		3	1	10
Dollard	1	2	2	1	3		9
Hond/Paap	2	5	2	5	2	2	18
Sparregat	3		2	3	2	2	12
JONG	3	8	5	5	8	7	37
Borkum		2	1		2	2	7
Dollard	2	2	1	3	2	3	13
Hond/Paap	1	2	1	1	1	2	8
Sparregat		2	2	1	3		8
Totaal	21	24	24	24	24	24	141

5.1.3 Analyse

5.1.3.1 Directe metingen aan individuele zeehonden

Tijdens het zenderen worden de dieren gemeten en gewogen en wordt het geslacht bepaald. De kop-staartlengte wordt gebruikt om de fitness-index te bepalen die berekend wordt als:

$$\text{gewicht (kg)} / \text{lengte tot staart (cm)}$$

Deze index is een grove maat om eventuele variatie in de conditie tussen de dieren te bepalen.

5.1.3.2 Zendergegevens van individuele zeehonden

Door de zenders worden verschillende gegevens verzameld (Tabel 5). Elk van de gegevenstypen kan in principe worden gebruikt om het gedrag van de dieren te onderzoeken. Nadat de gegevens ontvangen zijn, moeten ze verder bewerkt worden voordat ze daadwerkelijk geanalyseerd kunnen worden.

Tabel 5. Overzicht van de verzamelde zenderdata.

Gegevens	Inhoud	Data typen	Frequentie*
GPS	Coördinaten van de plek waarop de zeehond zich bevindt	Tijd en locaties	20 min
Dive	Duiken	Oppervlakteduur, duiktijd, maximale diepte en 10 punten in de tijd waarop diepte gemeten is resp. na 10% van de verstreken duiktijd, 20% enz.	Continu (elke duik)
Haulout	Tijd	Begin en einde van haulout	Continu (elke haulout)
Summary	Samenvatting	Per 2 uur, % haulout, duiken en in ondiepte	Continu

*de zender is hierop geprogrammeerd, maar het is om verschillende redenen mogelijk dat datapunten ontbreken

5.1.3.3 Verspreiding

Om een beeld te krijgen van de verspreiding van de dieren is per seizoen en per zenderplek een kaart gemaakt met daarop de tochten van individuele dieren. Hiervoor zijn de locatiepunten die door de GPS zijn geregistreerd, gebruikt. De resolutie van de locatiepunten is 20 minuten (zie Figuur 22). Elk dier wordt weergegeven in een andere kleur.

De verspreiding werd gedetailleerder geanalyseerd voor een gebied binnen 10 kilometer van de Eemshaven. De grenzen van dit gebied liggen tussen 6°42" en 7° oosterlengte en tussen 53°21" en 53°30" noorderbreedte. Om naar mogelijke verschillen in gebruik van het gebied te kijken werd onderscheid gemaakt tussen 'dag' (8:00- 16:00) waarbinnen de meeste werkzaamheden plaatsvinden en 'nacht' (20:00-4:00) waarbinnen maar enkele werkzaamheden plaatsvinden. Binnen deze verdeling werd ook gekeken naar verschillen tussen de dieren (geslacht, leeftijd en vanglocatie) en naar verschillende activiteiten. De verzamelde data werden in kaarten geplotted met behulp van het geografisch informatiesysteem ARC-GIS (ESRI™).

Er bestaan geen standaardmethodes om het effect van werkzaamheden op de aanwezigheid van dieren te toetsen. Daarom is in dit onderzoek een methode ontwikkeld die gebruikt kan worden om de effecten van de bouwwerkzaamheden in het Eemsgebied te toetsen (Brasseur 2010a). Hierbij wordt gekeken of een zeehond zich meer of minder dan verwacht op een bepaalde plek bevindt, afhankelijk van de verschillende bouwactiviteiten. Aangezien zeehonden zeer grote individuele variatie in gedrag vertonen is gekozen de analyses op individueel niveau uit te voeren. De procedure is als volgt:

De gegevens over de bouwactiviteiten zijn gebruikt om voor iedere zeehondenlocatie te berekenen wat de afstand is tot de bouwlocatie. Op basis van deze afstanden zijn vijf klassen gedefinieerd; 0-1 km, 1-2 km, 2-5 km, 5-10 km en 10-300 km. Deze afstanden zijn gekozen aan de hand van de resultaten van het TNO onderzoek (Ainslie et al. 2008). Het uitgangspunt is dat de dieren afhankelijk van de sterkte van de geluidsemissie op de verstoring reageren. Ainslie et al. (2008) hebben aangetoond dat heien tot 3-4 km onder water waarneembaar is voor zeehonden. De sterkte van een geluid neemt met toenemende afstand van de geluidsbron af. De drempelwaarde voor een reactie is hoger dan de drempelwaarde voor de waarneembaarheid, dat wil zeggen dat de dieren dichterbij de geluidsbron moeten zijn dan de door Ainslie et al. (2008) vastgestelde afstand voor waarneembaarheid van 3-4 km (deze afstand geldt allen voor heien; andere zullen over kortere of langere afstanden hoorbaar zijn.) voordat de dieren mogelijkerwijs reageren. Om veranderingen in het gedrag in de nabijheid van de geluidsbron te kunnen analyseren, zijn daarom kleine afstandscategorieën gekozen. De afstandscategorie 10-300 km is een restcategorie en wordt in de latere analyse en discussie niet verder beschouwd.

Voor iedere zeehond is berekend welk percentage van de tijd het dier zich in de verschillende afstandsklassen bevindt, tijdens en buiten de werkzaamheden. Zo kan onderzocht worden of een individuele zeehond relatief meer of minder tijd besteedt in een bepaalde afstandsklasse gedurende bepaalde bouwactiviteiten. Vervolgens kan, door de individuele resultaten binnen die afstandsklasse samen te nemen, gedefinieerd worden of bij een bepaalde activiteit de zeehonden meer of minder in een gebiedsklasse zijn. Als bijvoorbeeld 35 van de 40 individuen gedurende de bouwactiviteit gemiddeld minder aanwezig zijn op korte afstand van de bouwlocatie, dan is dit een indicatie dat de betreffende activiteit mogelijk verstorend werkt op zeehonden. Met behulp van een binomiale test is vervolgens berekend wat de kans op een dergelijke uitkomst is.

Het type data dat gebruikt is, kan als volgt worden beschreven:

N = aantal experimenten. In het onderhavige geval was dit het totaal aantal individuele zeehonden dat in een bepaald gebied is geregistreerd.

Succes = Aantal individuele zeehonden dat meer tijd in het gebied aanwezig is wanneer de activiteit gaande is

Mislukking = Aantal individuele zeehonden dat minder tijd in het gebied aanwezig is wanneer de activiteit gaande is

Daaruit volgt: $N = \text{Succes} + \text{Mislukking}$

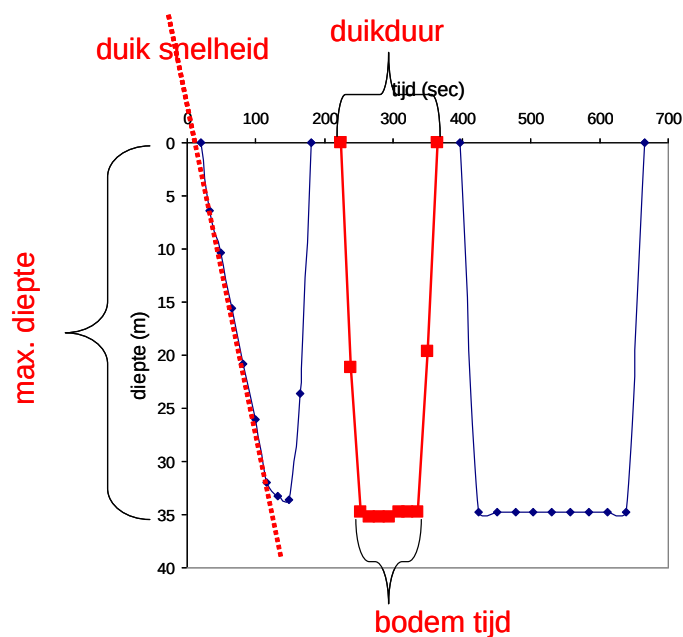
In onze analyse zijn we uitgegaan van een kans van 0.5. Dat betekent dat de kans op succes versus mislukking gelijk zou moeten zijn wanneer de zeehonden niet beïnvloed zijn. Door gebruik te maken van de binomiale verdeling is het mogelijk om de kans op de waargenomen uitkomsten (aantal succes/aantal mislukking) te berekenen gegeven het aantal experimenten (N). Aan de hand daarvan kan vervolgens worden bepaald of en hoe significant bepaalde uitkomsten zijn, uitgedrukt in de p -waarde.

5.1.3.4 Haulout

Om een beeld te krijgen van het haulout-gedrag (het op de zandplaat liggen) van de gezenderde zeehonden en de verschillen tussen de verschillende groepen werden een aantal parameters bepaald. Dit waren de *duur van de haulout-bout* dat wil zeggen: de tijd dat de dieren aan een stuk op de kant liggen, de *tijd van de dag* dat de dieren op de kant komen, en de *totale duur van de haulout per dag*. Ook werd de *lengte* bepaald van de tochten die gemaakt werden na een haulout. Daarnaast werd bepaald waar de dieren op de zandplaat kwamen.

5.1.3.5 Analyse duikgedrag

Voor elke duik is bekend hoe lang hij duurde, de maximale diepte en een aantal buigpunten van de duik met diepte en tijdstip. De locatie van de duik werd berekend aan de hand van de GPS-data van de zender. Naast het aantal duiken werden ook kenmerken van elke duik opgeslagen en verstuurd. Figuur 25 geeft een grafisch voorbeeld van de verkregen duikgegevens. Het gaat om de tijd aan de oppervlakte, de duiktijd, de maximale diepte en de diepte op tien punten na iedere 10% van de verstreken duiktijd.



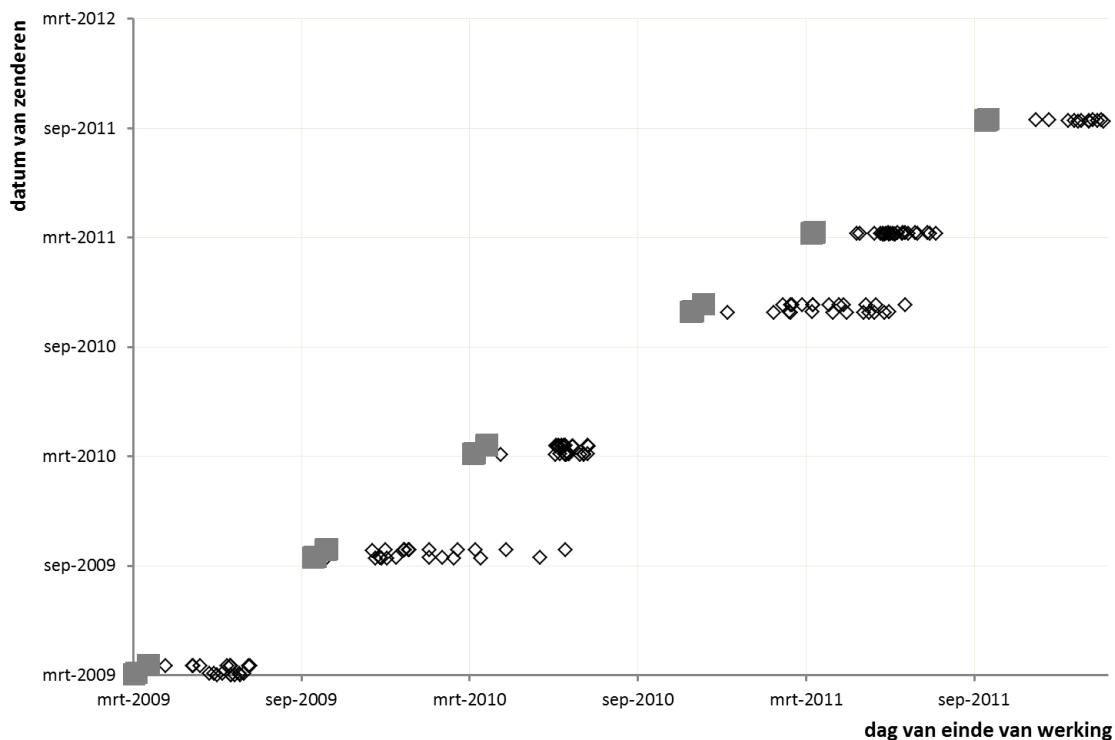
Figuur 25. Voorbeeld van drie duiken zoals die door de zenders worden geregistreerd.

Uit deze gegevens is ook de duiksnelheid tot het bereiken van de maximale diepte bepaald. De duiksnelheid bleek bij eerdere analyses bruikbaar om onderscheid te maken tussen foerageerduiken en niet-foerageerduiken (Brasseur 2009a). In deze studie is, naast de andere duikparameters, (de verandering in) deze duiksnelheid gebruikt om mogelijke gedragsveranderingen te meten.

Bekend is bijvoorbeeld dat zeehonden het geluid dat door het heien in het water wordt veroorzaakt, tot een afstand van ongeveer enkele kilometers kunnen waarnemen (Hooper et al. 2005). Voor elke gerapporteerde bouwactiviteit werd bepaald of een zeehond van duikgedrag veranderde. Op dezelfde wijze als bij de afstand werd voor duikduur en duiksnelheid afzonderlijk bepaald of een individu op het moment dat een activiteit plaatsvond langer of korter en sneller of langzamer duikt dan wanneer de activiteit niet gaande is. Vervolgens kan, door de individuele resultaten binnen die afstandsklasse samen te nemen, gedefinieerd worden of bij een bepaalde activiteit de meeste zeehonden langer of korter en sneller of langzamer duiken. Als bijvoorbeeld 35 van de 40 individuen gedurende de bouwactiviteit gemiddeld korter duiken op een bepaalde afstand van de bouwlocatie, dan is dit een indicatie dat de betreffende activiteit tot een bepaalde gedragsverandering leidt. Dit kan dan gezien worden als een mogelijke verstoring van de zeehonden. Met behulp van een binomiale test is vervolgens berekend wat de kans op een dergelijke uitkomst is (afgeleid uit de p-waarde). Hiervoor werden de waarnemingen in dezelfde vijf klassen verdeeld als bij het toetsen van de afstanden: 0-1 km, 1-2 km, 2-5 km, 5-10 km (en de restcategorie 10-300 km).

5.2 Resultaten

In 2011 functioneerden de in het voorjaar actieve zenders goed (gemiddeld 90 dagen met een range van 48 tot 133 dagen). Bij de meeste zenders die in het najaar (september 2011) waren geplaatst, heeft een programmeerfout ertoe geleid dat er niet meer dan ongeveer 2000 locaties werden geregistreerd, terwijl bij de eerder gebruikte zenders gemiddeld 3288 locaties werden geregistreerd. Daarentegen werkten de zenders die in het najaar van 2010 zijn geplakt uitzonderlijk goed: 23 van de 24 zenders hebben in het begin van 2011 nog veel informatie verzameld. Hiermee is het totaal aantal dieren dat in 2011 gevolgd werd 69. In Figuur 26 wordt een overzicht gegeven van de 'levensduur' van de zenders ten opzichte van het tijdstip dat ze werden aangebracht.

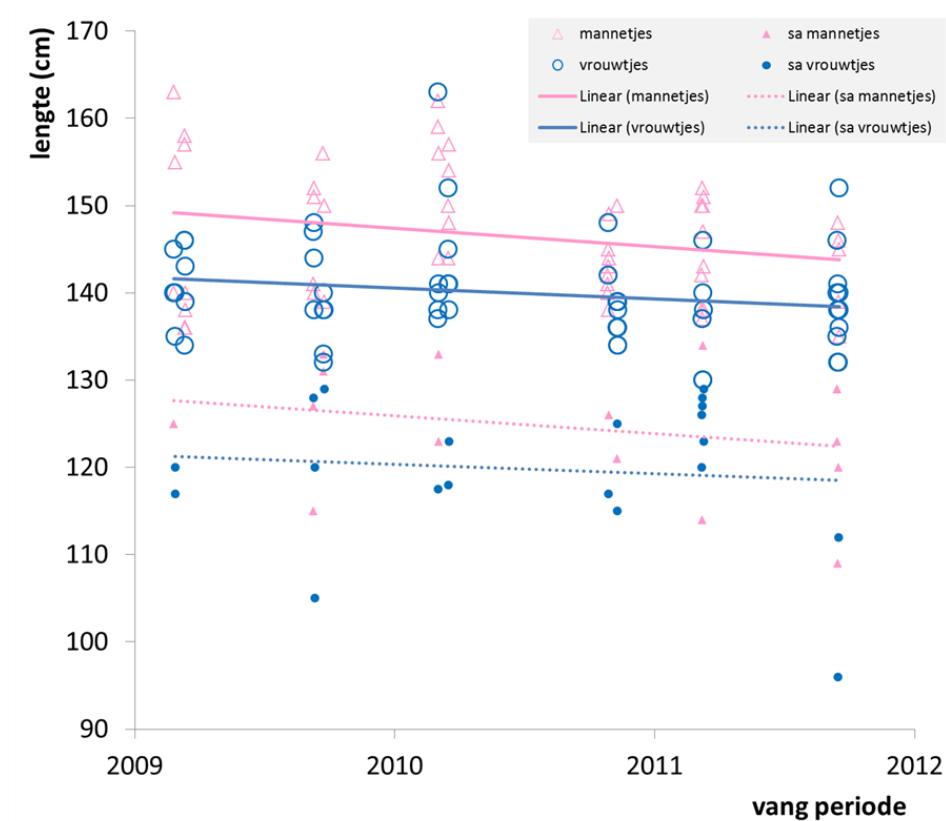


Figuur 26. Duur van de werking van de zenders in 2009, 2010 en 2011. Grijze vierkanten geven het moment aan waarop de zenders werden geplakt (beginndatum), ruitjes geven de datum van de laatste waarneming van een zender weer (einddatum).

Ondanks de genoemde programmeerfout werden er tot in 2012 nog data verzameld. Het aantal locaties was wel zeer gering (slechts twee zenders werkten nog goed) maar de duik informatie en de informatie over het haulout-gedrag kwamen wel normaal binnen. Daarnaast werd regelmatig (gemiddeld 1,6 keer per dag, afhankelijk van het gedrag van de zeehond) een statusrapport van de zender gestuurd. Naast informatie over de werking van de zender werd ook de locatie op dat moment gezonden. Helaas wordt dit alleen gedaan wanneer de zeehond in de buurt van een ontvangstation voor GSMs is, dat betekent dicht bij de kust. Hierbij zijn dus vaak de ligplaatsen geregistreerd maar niet de locaties waar de zeehonden daarna of daarvoor zwommen.

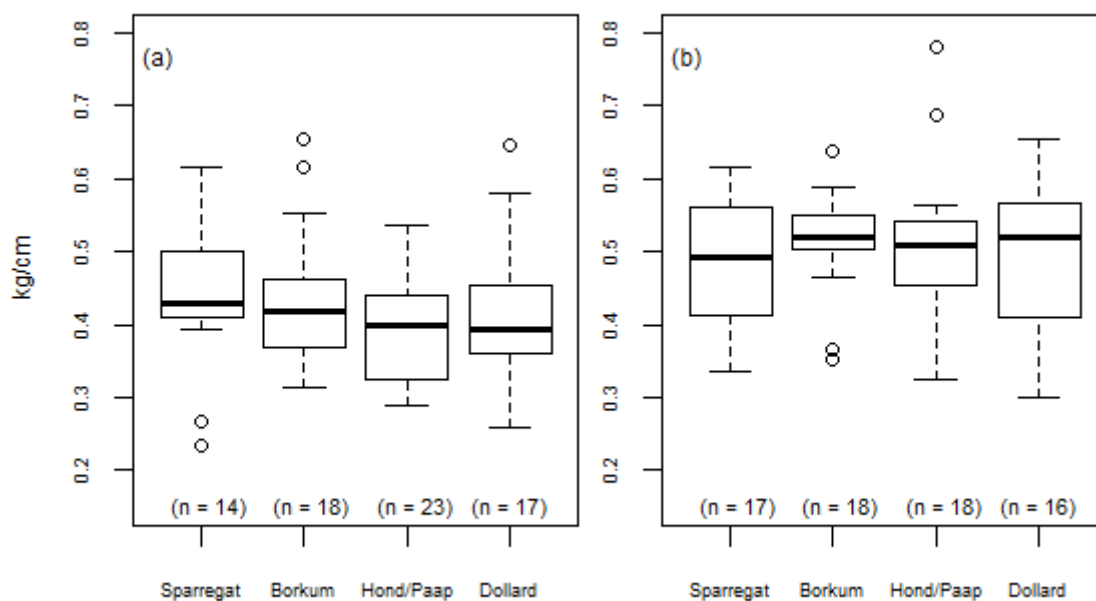
5.2.1 Directe metingen aan individuele zeehonden

Opvallend is dat in de loop van de studie de gevangen zeehonden gemiddeld kleiner werden. Dit geldt vooral voor het voorjaar. Terwijl in 2009 en 2010 nog grote dieren (vooral grote mannetjes) werden gevangen, werden er in het voorjaar van 2011 geen dieren meer gevangen van boven de 155 cm (zie ook Figuur 27).



Figuur 27. Lengteverdeling (in cm) van de gezenderde dieren in 2009, 2010 en 2011 onderverdeeld naar geslacht en leeftijd en per vangst. sa =sub adult.

Het is bekend dat de fitness-index van de zeehonden door het jaar heen varieert. Dat geldt voor alle dieren maar met name volwassen dieren die vlak na het voortplantingsseizoen bijna 30% minder kunnen wegen dan in het voorjaar. Verwacht wordt dat behalve deze natuurlijke variatie ook herhaaldelijke en intensieve verstoring een afname in de fitness-index kan veroorzaken. Of dat laatste zo is werd onderzocht door te toetsen of de fitness-index voor de gebieden achter in de Eems (Hond en Paap en Dollard) verschilde van de index van Sparregat en Borkum bij de monding van de Eems (Figuur 28). Hoewel de dieren achter in de Eems in het najaar lichter zijn ($\text{est} = 0.081 \pm 0.016$, $p < 0.0001$), is het verschil tussen de genoemde gebieden niet significant ($df = 3$, $F\text{-value} = 0.832$, $p = 0.479$).

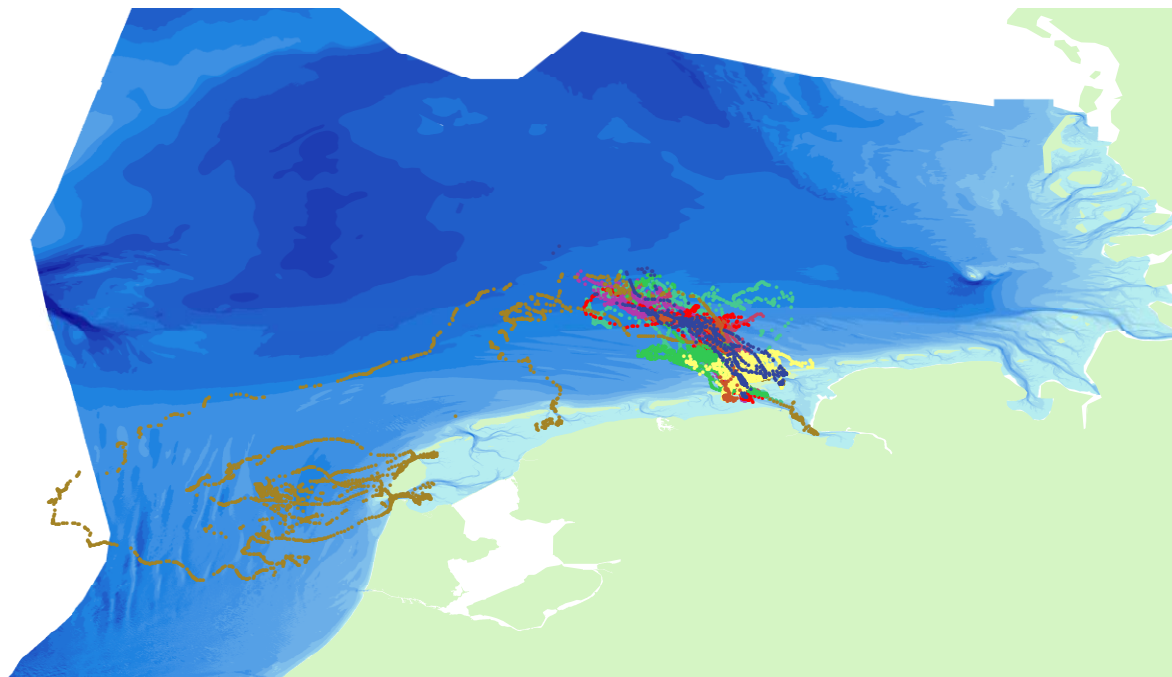


Figuur 28. Vergelijking van de fitness-index (kg/cm) tussen de verschillende zendergebieden in het najaar (links) en het voorjaar (rechts).

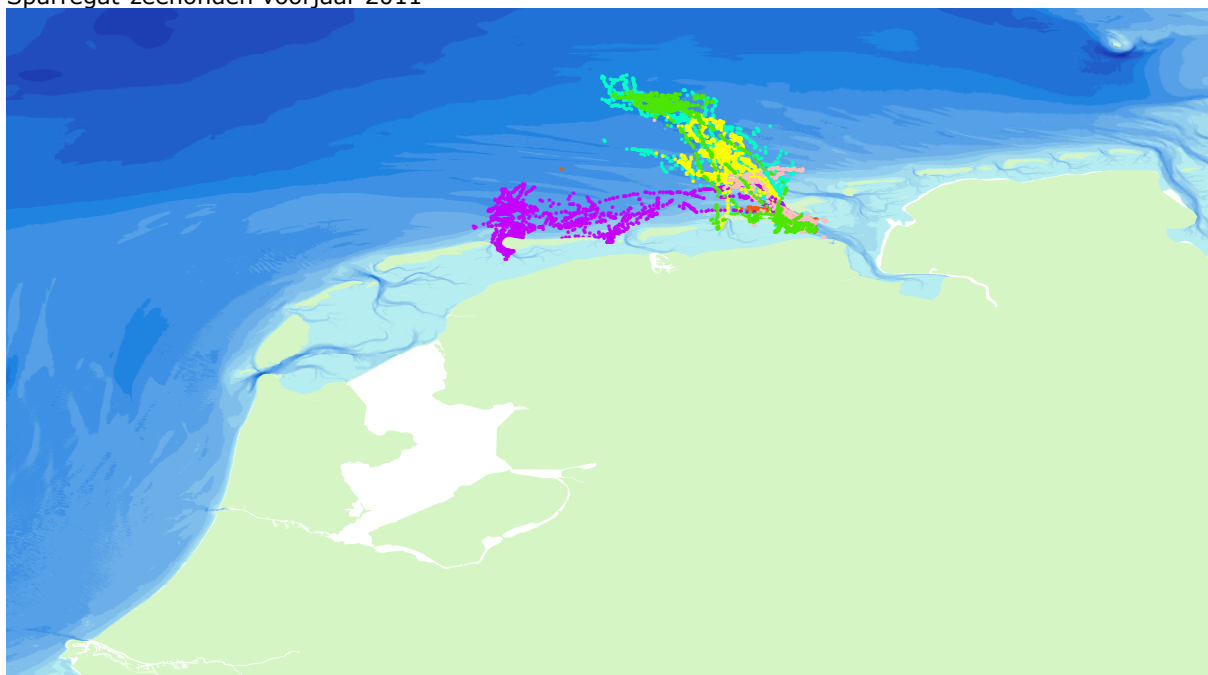
5.2.2 Zendergegevens van individuele zeehonden

5.2.2.1 Verspreiding

De verspreiding van de gezenderde gewone zeehonden is per vanggebied weergegeven in Figuur 29a-d. Deze zeehonden laten in hun trekgedrag grote individuele variatie zien. Sommige individuen blijven de gehele periode in of nabij het Eemsgebied, terwijl andere individuen naar gebieden elders in de Waddenzee zwemmen (bijvoorbeeld nabij Texel) of tientallen tot honderd kilometers de Noordzee op gaan. Opvallend is dat veel van de dieren, onafhankelijk van de vangplek, in een diagonaal naar het noordwesten lijken te trekken.

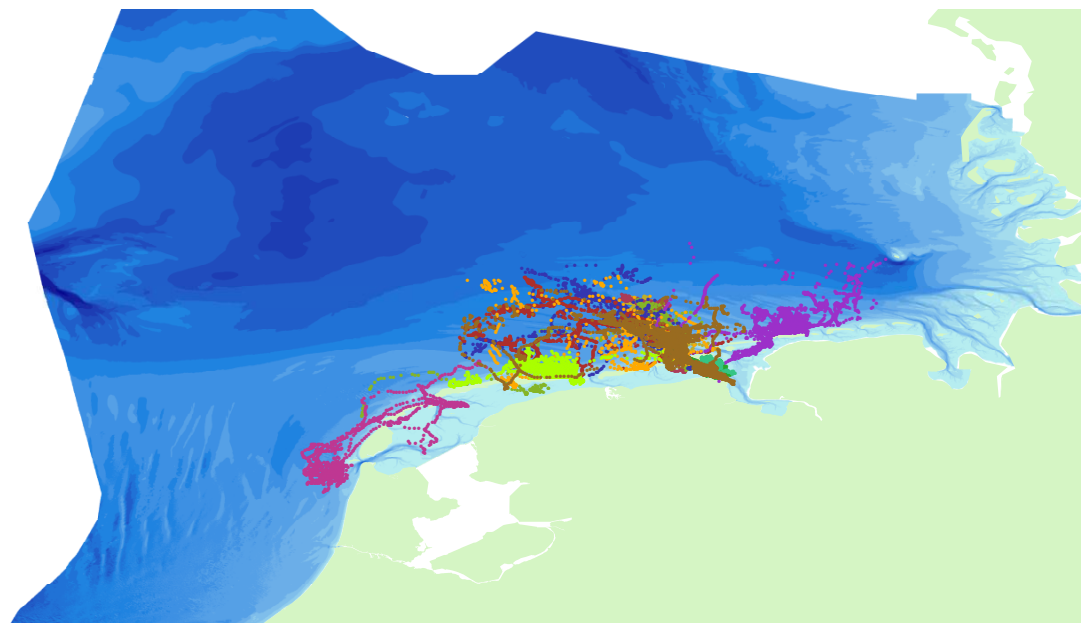


Sparregat-zeehonden voorjaar 2011

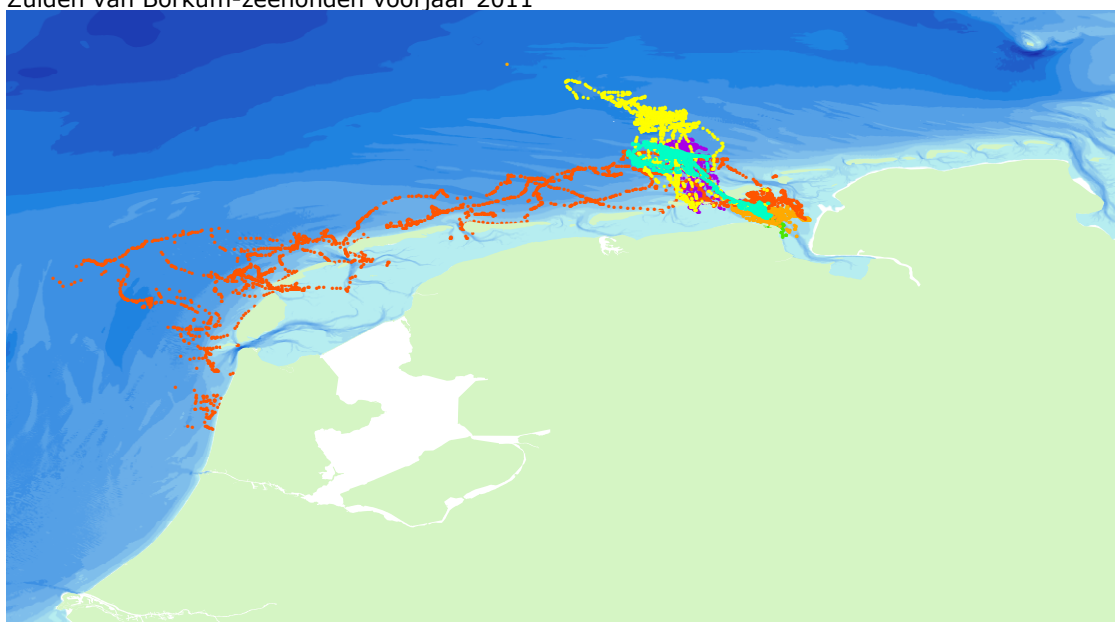


Sparregat-zeehonden najaar 2011

Figuur 29a. Overzicht van de locatiedata verkregen uit de zenders die zijn aangebracht op zeehonden in het Sparregat (voorjaar: januari-juli 2011, najaar: september-december 2011). Iedere kleur geeft de gegevens van een ander individu weer. Voor zenderlocaties zie Figuur 24.

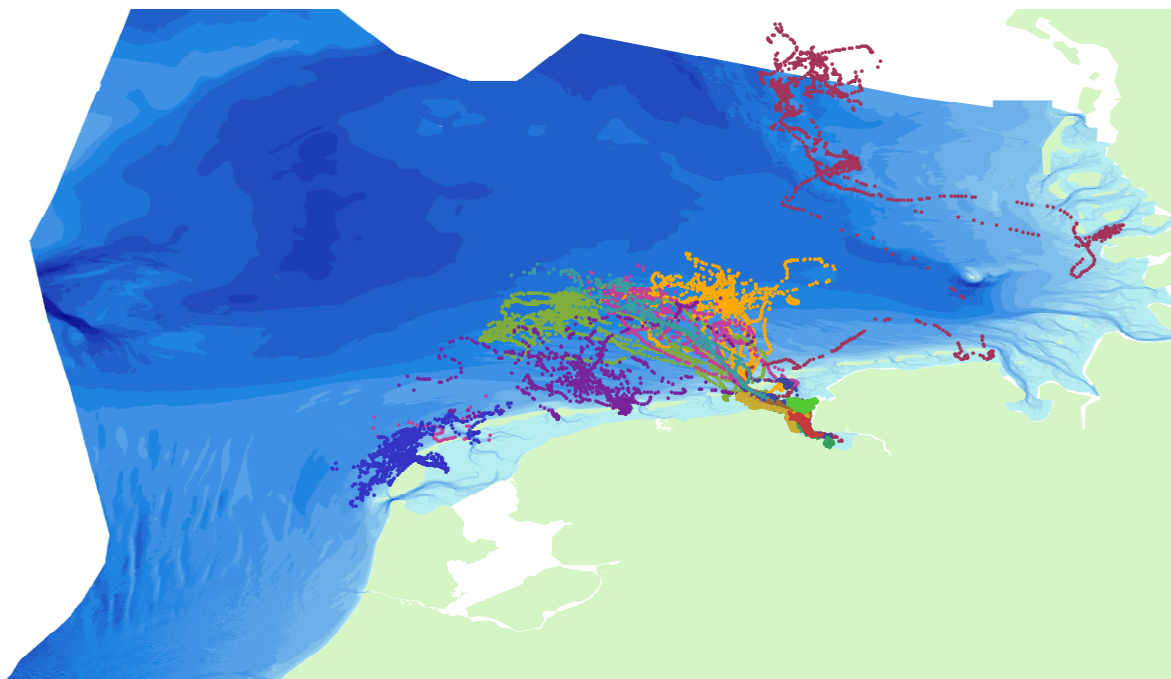


Zuiden van Borkum-zeehonden voorjaar 2011

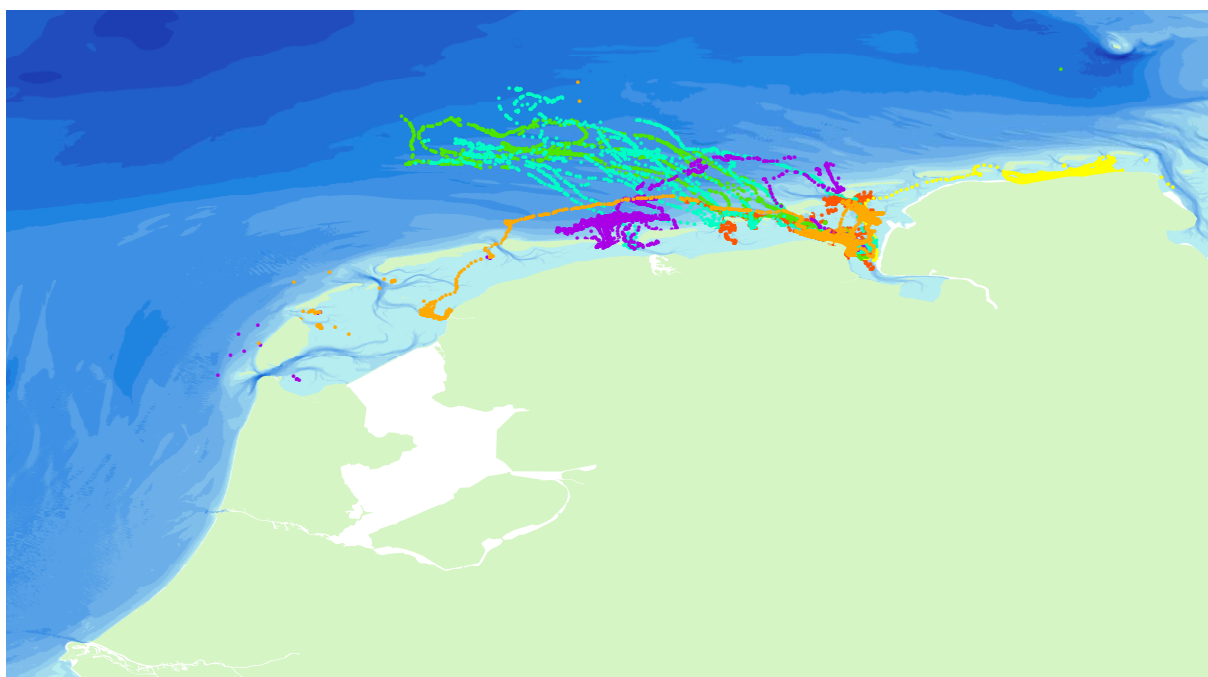


Zuiden van Borkum-zeehonden najaar 2011

Figuur 29b. Overzicht van de locatiedata verkregen uit de zenders die zijn aangebracht op dieren in het Zuiden van Borkum (voorjaar: januari-juli 2011, najaar: september-december 2011). Iedere kleur geeft de gegevens van een ander individu weer. Voor zenderlocaties zie Figuur 24.

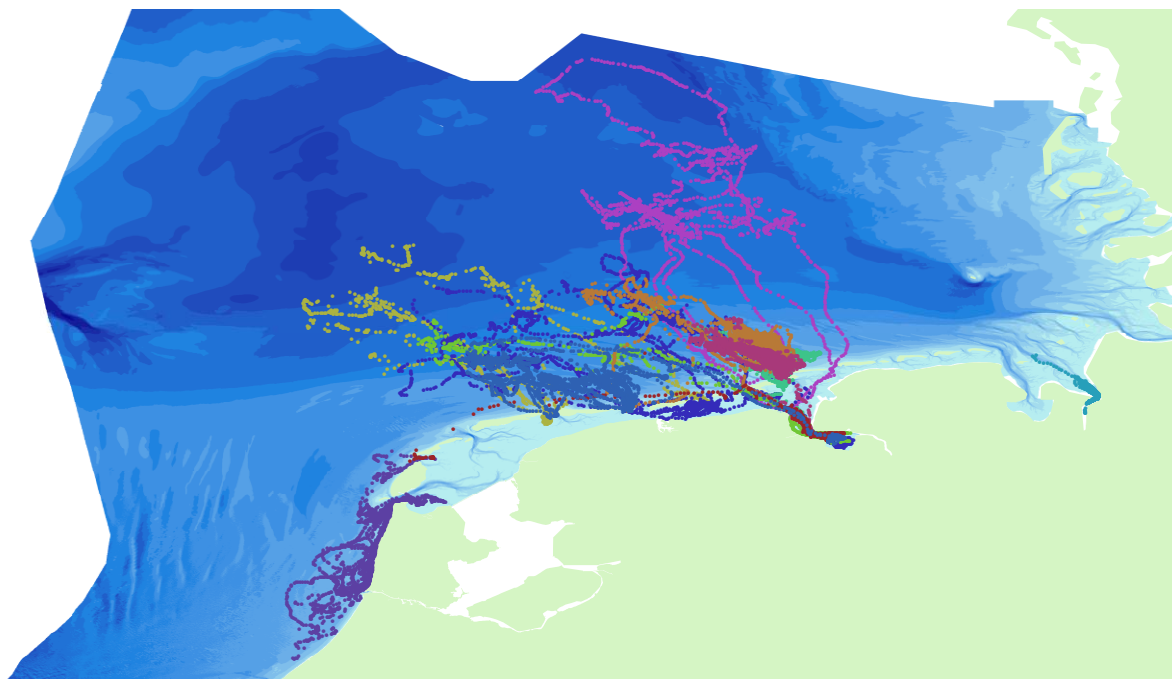


Hond en Paap-zeehonden voorjaar 2011

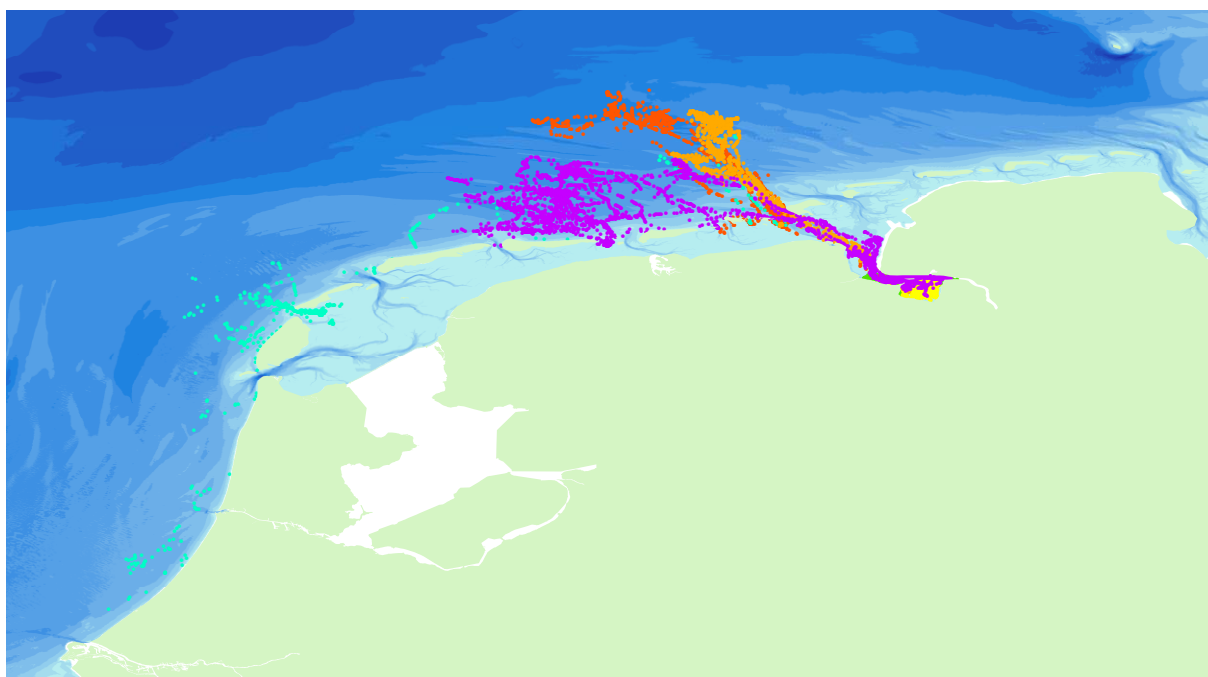


Hond en Paap-zeehonden najaar 2011

Figuur 29c. Overzicht van de locatiedata verkregen uit de zenders die zijn aangebracht op zeehonden op de zandbank Hond en Paap (voorjaar: januari-juli 2011, najaar: september-december 2011). Iedere kleur geeft de gegevens van een ander individu weer. Voor zenderlocaties zie Figuur 24.

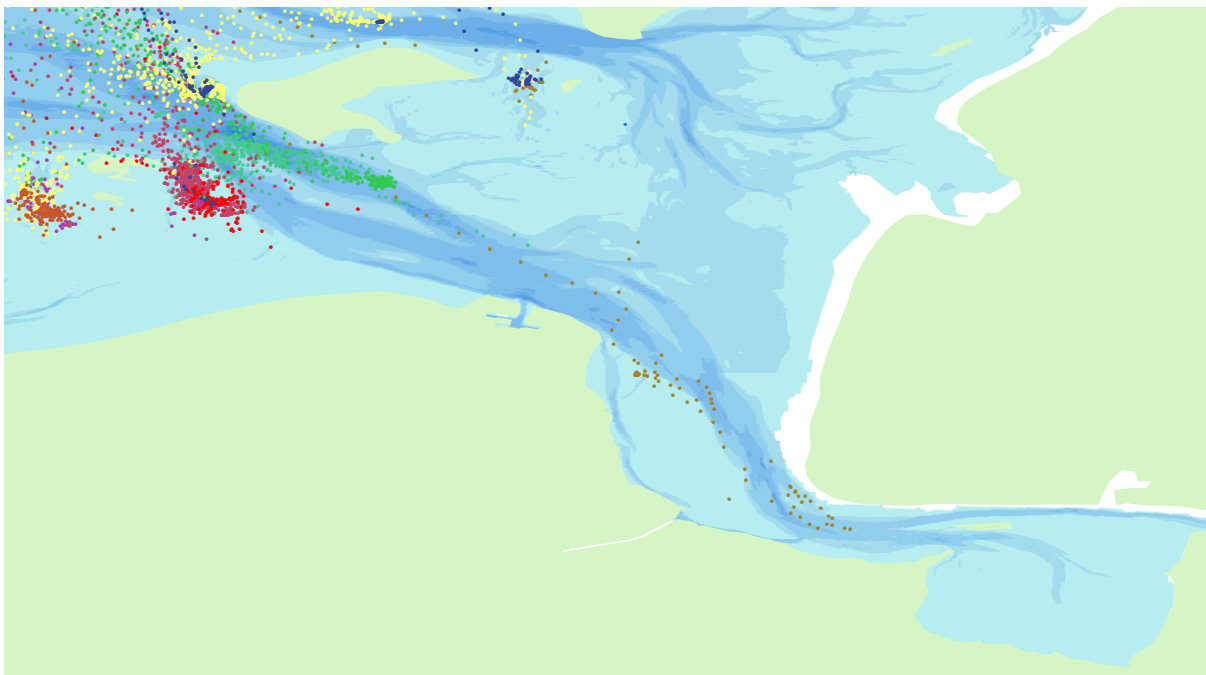


Dollard-zeehonden voorjaar 2011

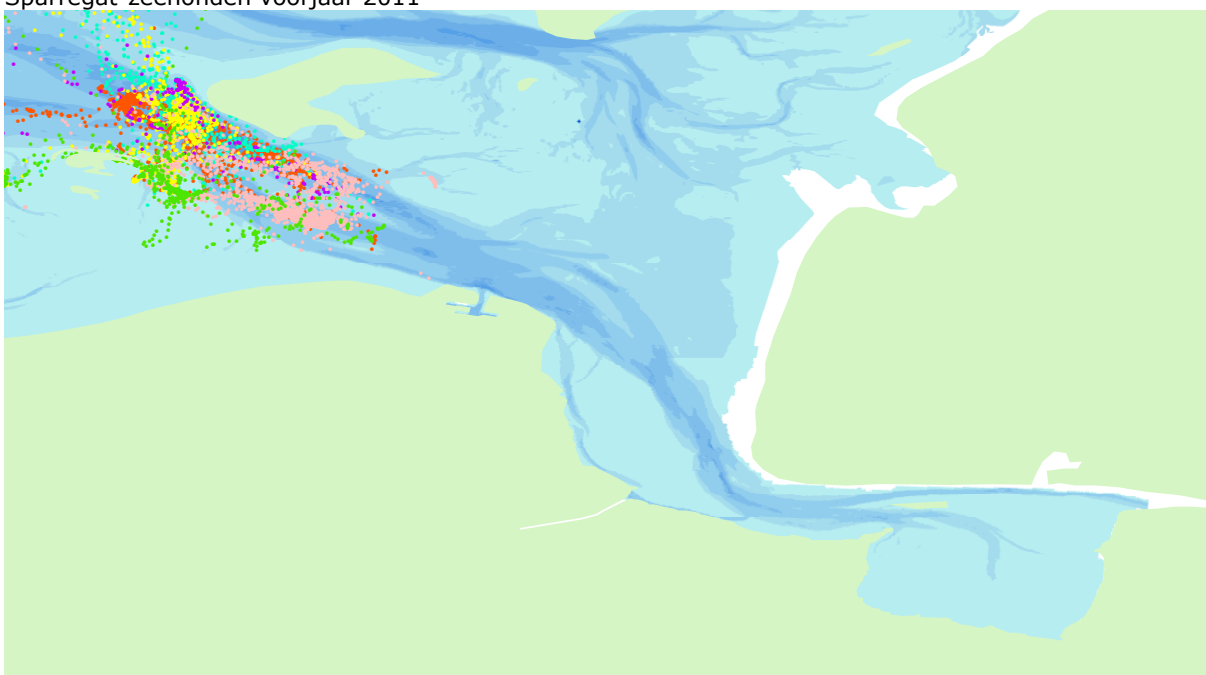


Dollard-zeehonden najaar 2011

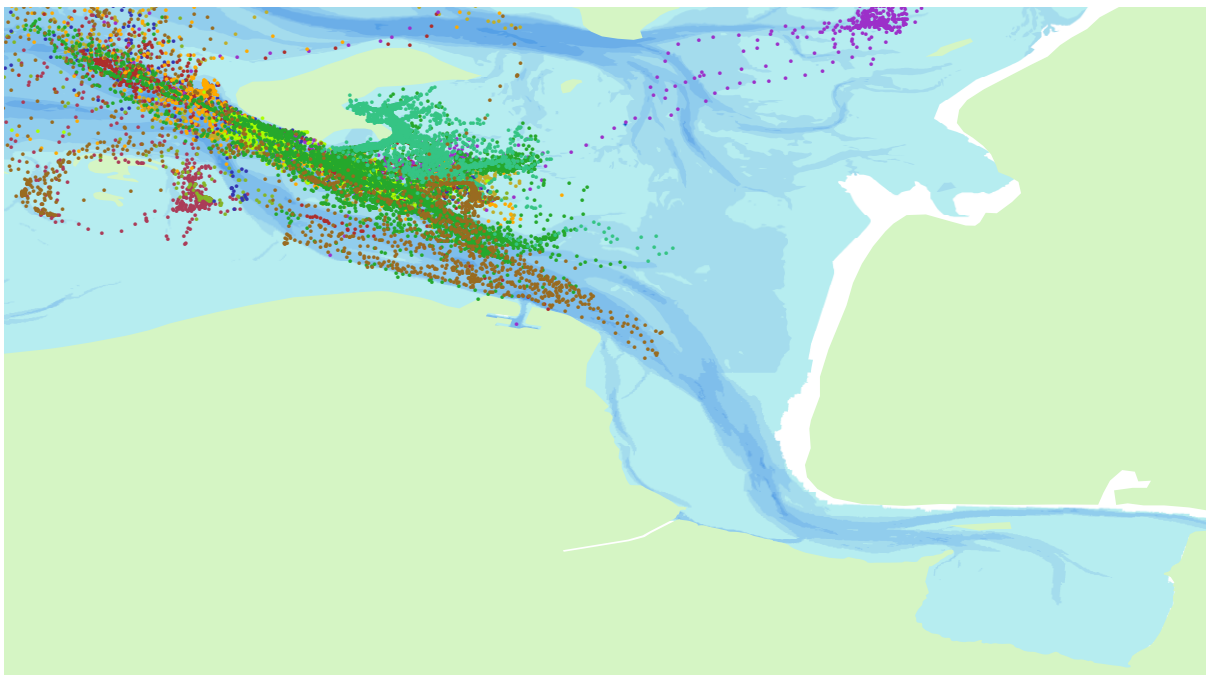
Figuur 29d. Overzicht van de locatiedata verkregen uit de zenders die zijn aangebracht op zeehonden in de Dollard (voorjaar: januari-juli 2011, najaar: september-december 2011). Iedere kleur geeft de gegevens van een ander individu weer. Voor zenderlocaties zie Figuur 24.



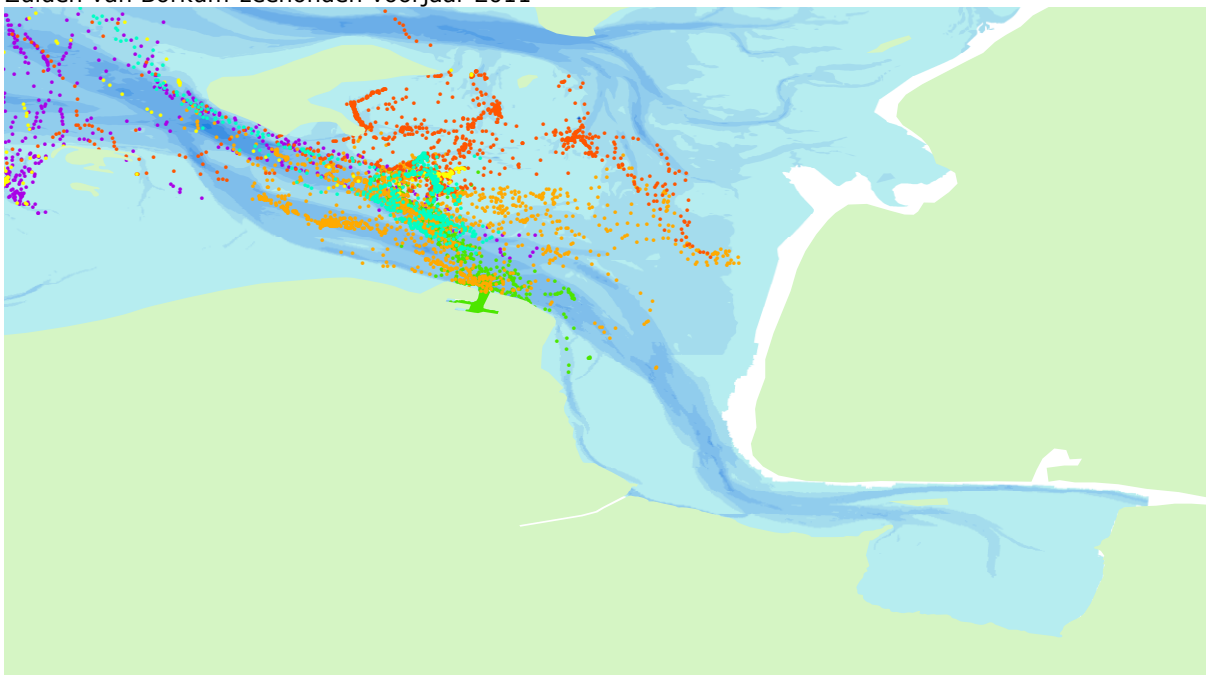
Sparregat-seehonden voorjaar 2011



Sparregat-seehonden najaar 2011

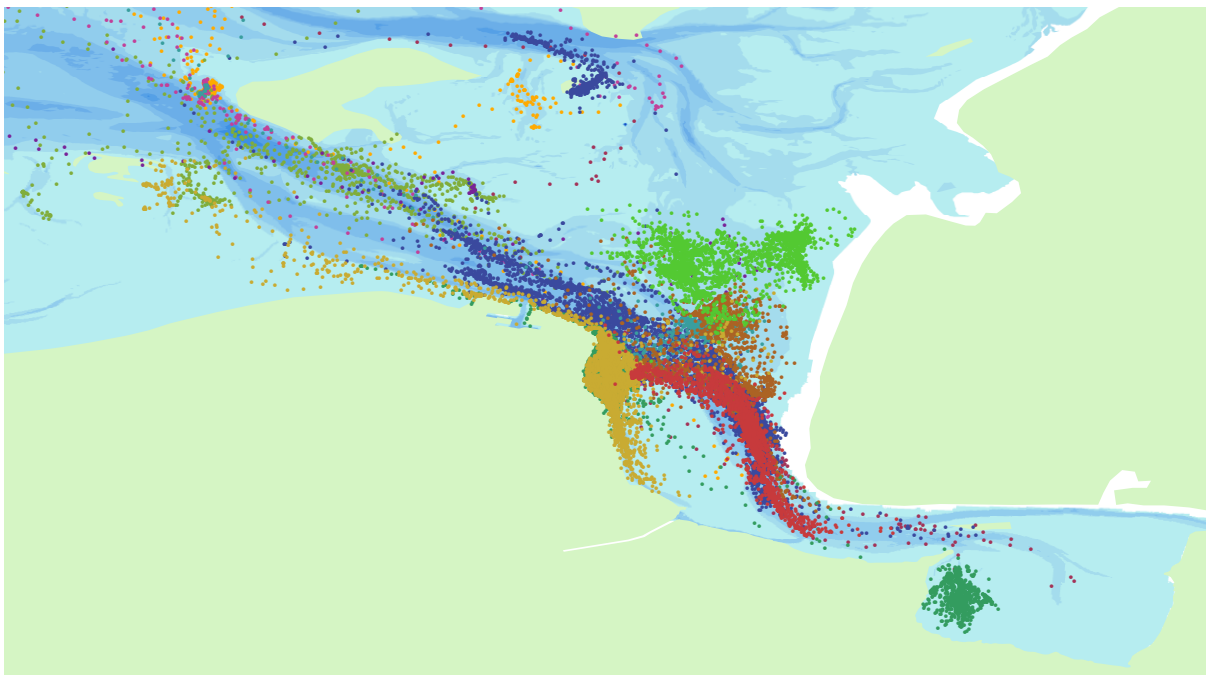


Zuiden van Borkum-zeehonden voorjaar 2011

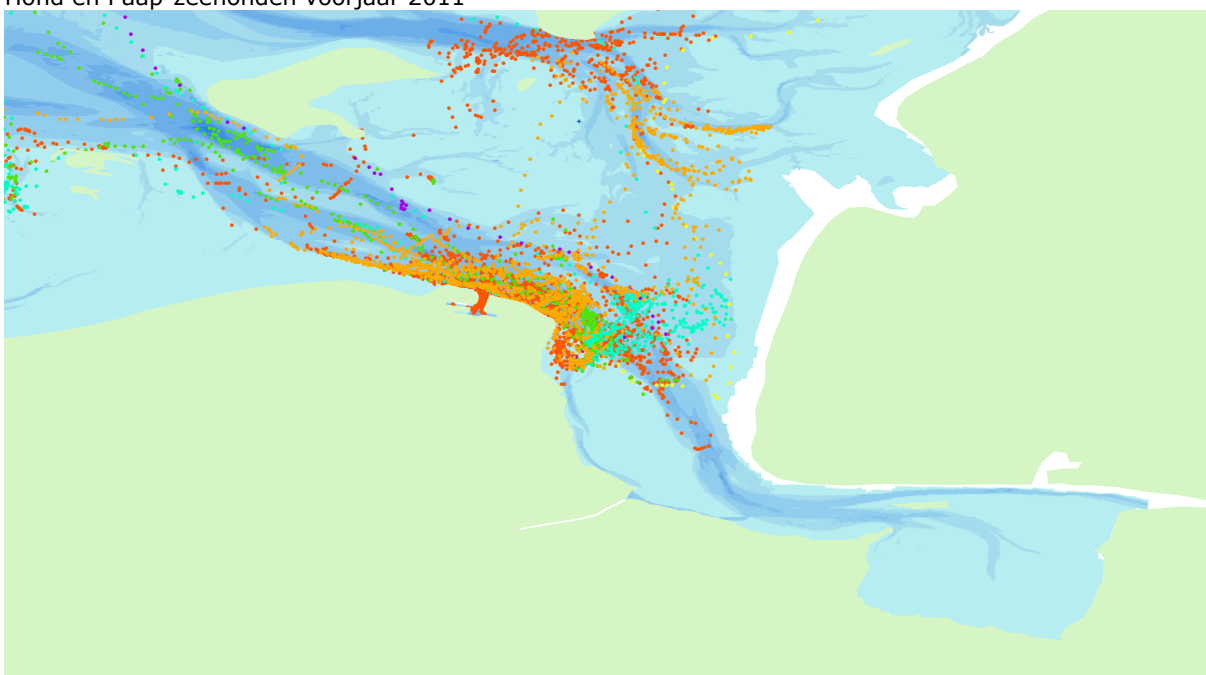


Zuiden van Borkum-zeehonden najaar 2011

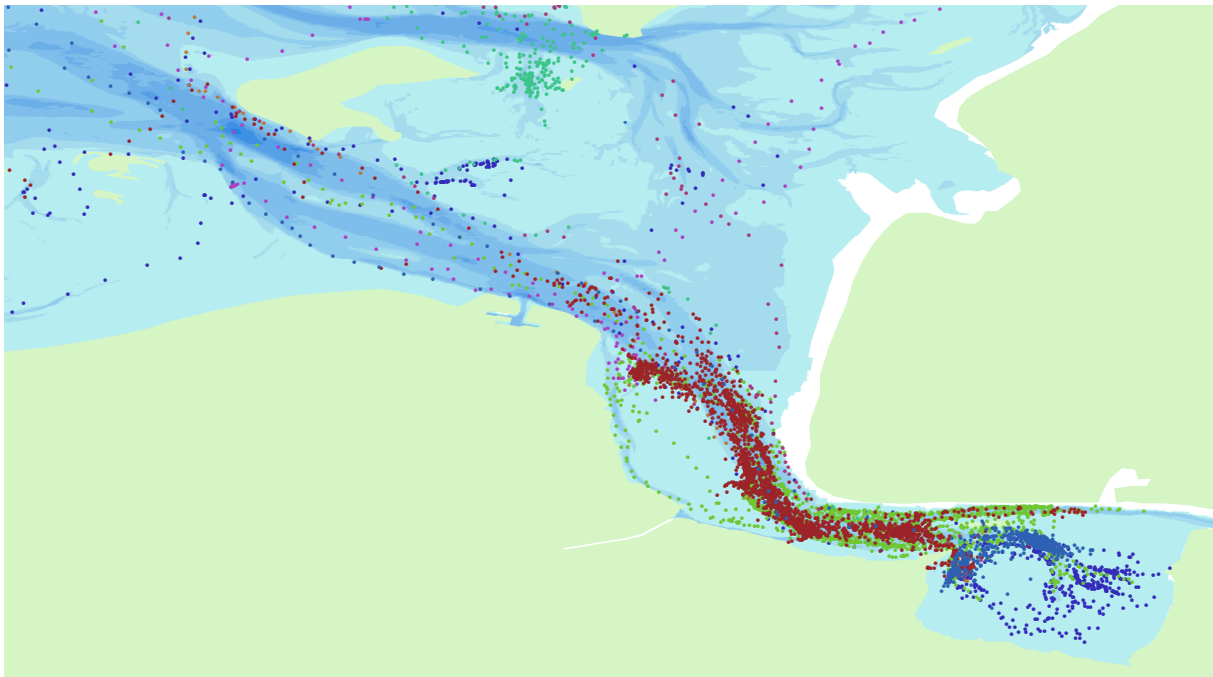
Figuur 30a. Detailoverzicht van de locatiedata rond de Eemshaven verkregen uit zenders die zijn aangebracht op dieren uit het Sparregat en ten zuiden van Borkum (voorjaar: januari-juli 2011, najaar: november-december 2011). Iedere kleur geeft de gegevens van een ander individu weer.



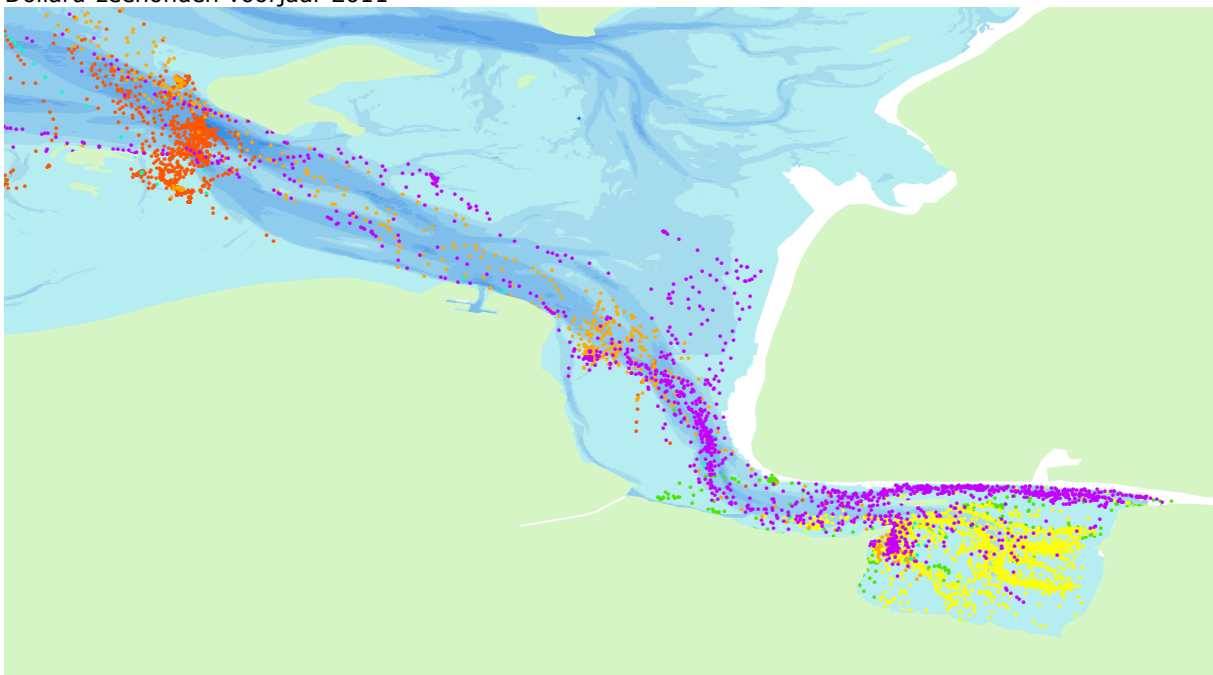
Hond en Paap-zeehonden voorjaar 2011



Hond en Paap-zeehonden najaar 2011



Dollard-zeehonden voorjaar 2011

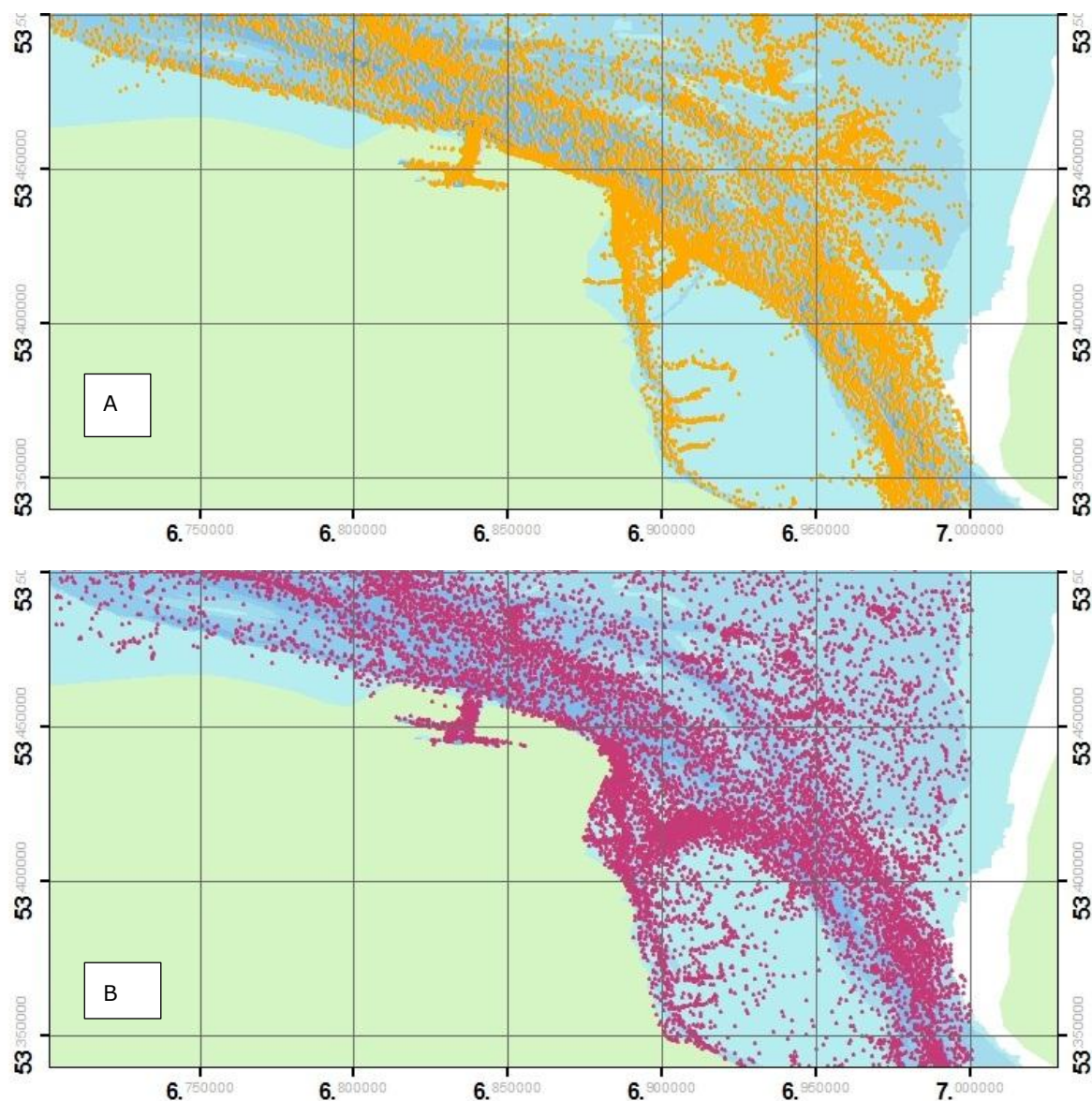


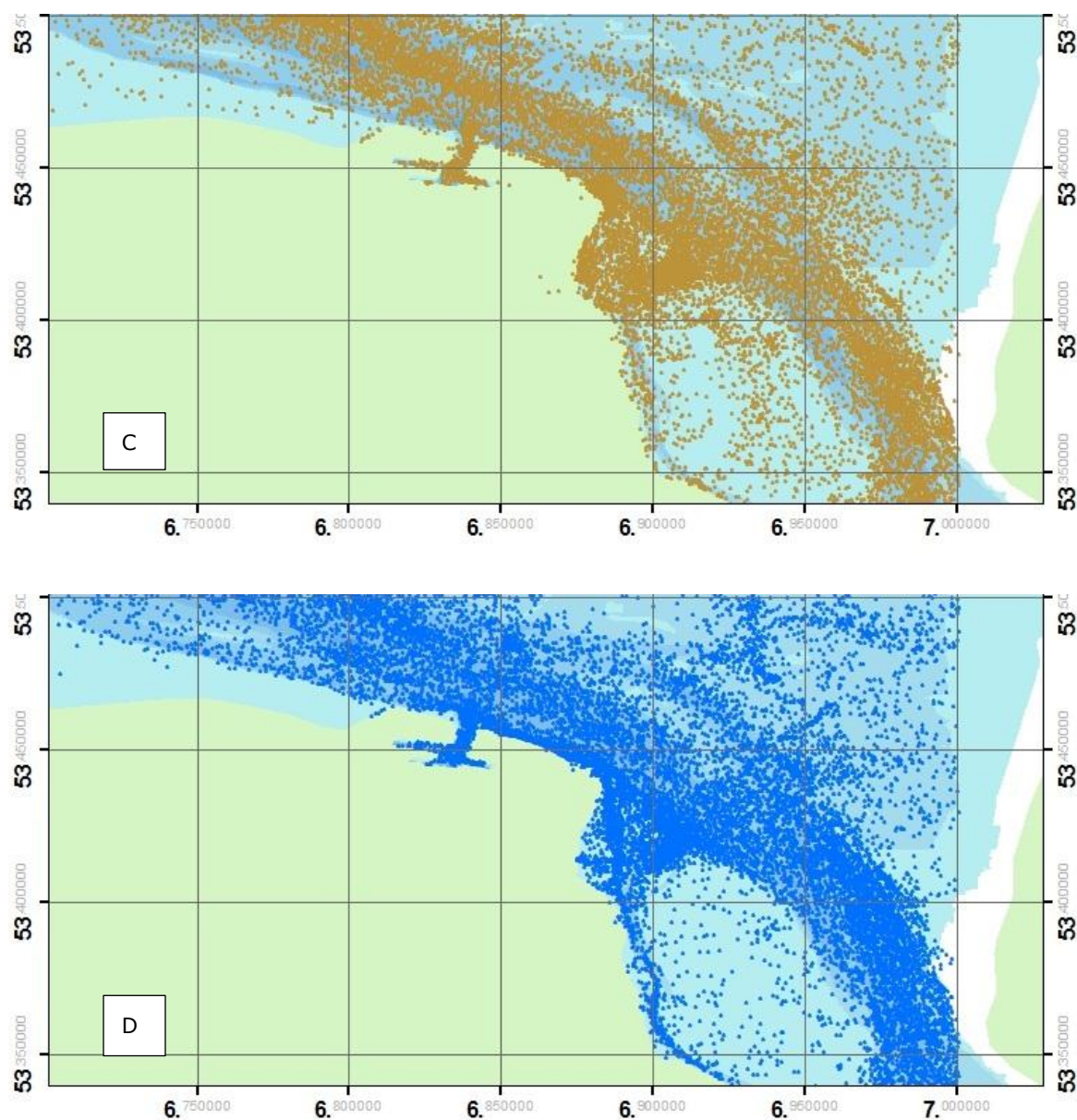
Dollard-zeehonden najaar 2011

Figuur 30b. Detailoverzicht van de locatiedata rond de Eemshaven verkregen uit zenders die zijn aangebracht op dieren uit de Hond en Paap en de Dollard (voorjaar: januari-juli 2011, najaar: september-december 2011). Iedere kleur geeft de gegevens van een ander individu weer.

Wanneer naar de verspreiding van de gezenderde dieren per vanglocatie wordt gekeken valt op dat er een zeer grote individuele variatie is. Die uit het Sparregat zwemmen nooit voorbij de Eemshaven, op één gelegenheid na in het voorjaar (Figuur 30 a en b). De gezenderde dieren uit het Randzelgat komen vaker in de buurt van de Eemshaven maar zwemmen niet veel verder de Eems op. In het najaar komt één dier in de haven. Voor de dieren uit de Hond en Paap en de Dollard is de situatie anders: als zij langs de kortste route de Noordzee op willen gaan moeten zij vóór de Eemshaven langszwemmen. Slechts een enkeling maakt intensiever gebruik van het gebied vlak voor de Eemshaven; de meeste dieren trekken er alleen langs.

Om na te gaan in hoeverre zeehonden in hun trekgedrag beïnvloed worden door het getij, zijn de locatiegegevens van de gezenderde zeehonden voor vier verschillende momenten afzonderlijk nader bekeken per drie-uur-interval: rondom laagwater ($\pm 1,5$ uur; LW), opkomend water (OP), hoogwater ($\pm 1,5$ uur; HW) en afgaand water (AF). De resultaten daarvan zijn grafisch weergegeven in de Figuren 31a en b.



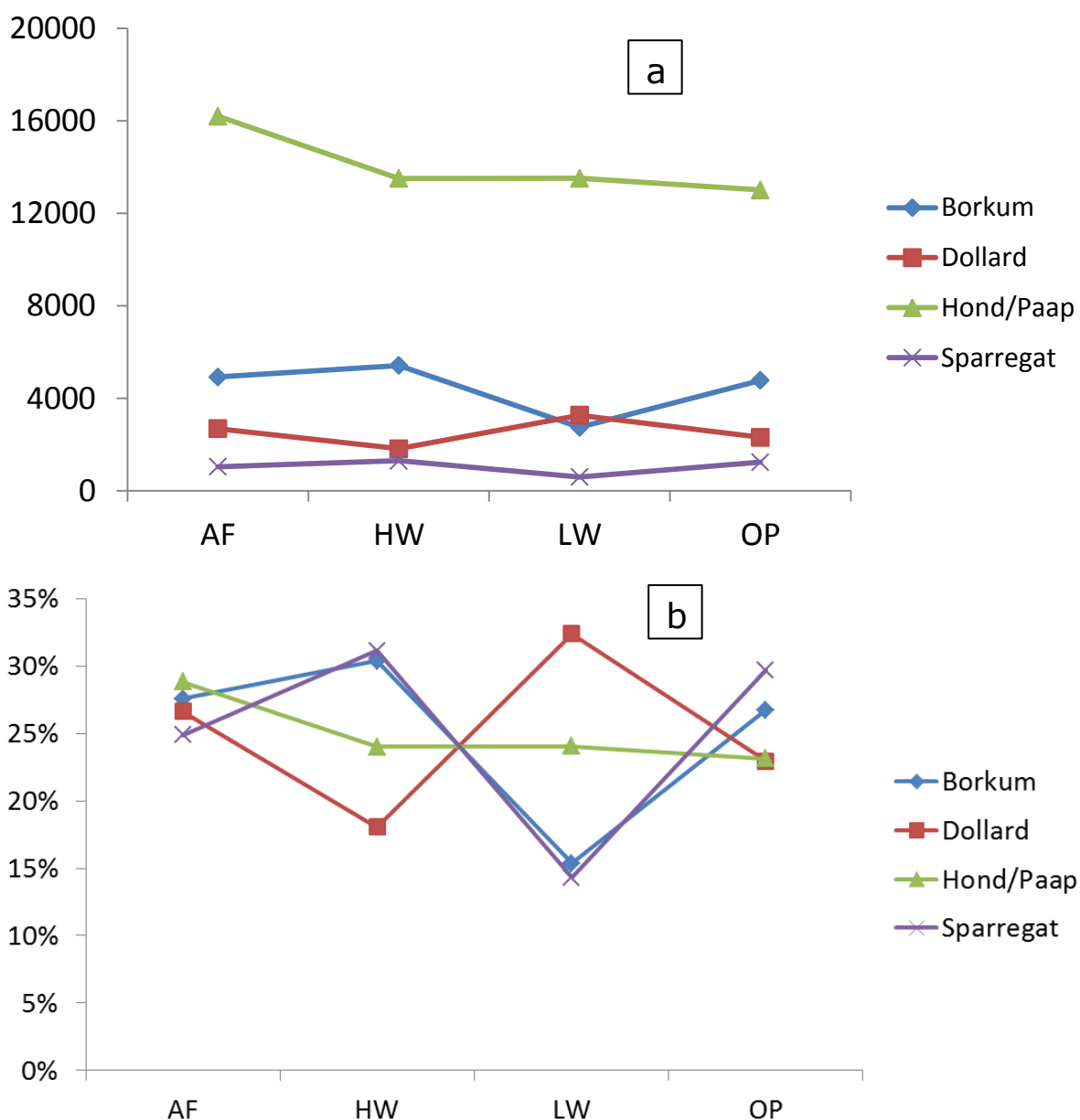


Figuur 31. Grafische weergave van de locatiegegevens van de gezenderde zeehonden voor het gebied in de nabijheid van de Eemshaven voor vier verschillende momenten afzonderlijk nader bekeken per drie-uur-interval: rondom laagwater ($\pm 1,5$ uur; A), opkomend water (B), hoogwater ($\pm 1,5$ uur; C) en afgaand water (D).

De absolute aantallen van de locatiepunten, opgesplitst per vanglocatie van de gezenderde zeehonden zijn voor het gebied in de nabijheid van de Eemshaven weergegeven in Tabel 6 en Figuur 32a. In Figuur 32b zijn deze aantallen ook nog als percentage van de aantallen locatiepunten van de zeehonden per vanggebied gepresenteerd.

Tabel 6. De absolute aantallen van de locatiepunten, opgesplitst per vanglocatie van de gezenderde zeehonden, voor het gebied in de nabijheid van de Eemshaven voor de drie-uur-intervallen rondom laagwater ($\pm 1,5$ uur), opkomend water, hoogwater ($\pm 1,5$ uur) en afgaand water.

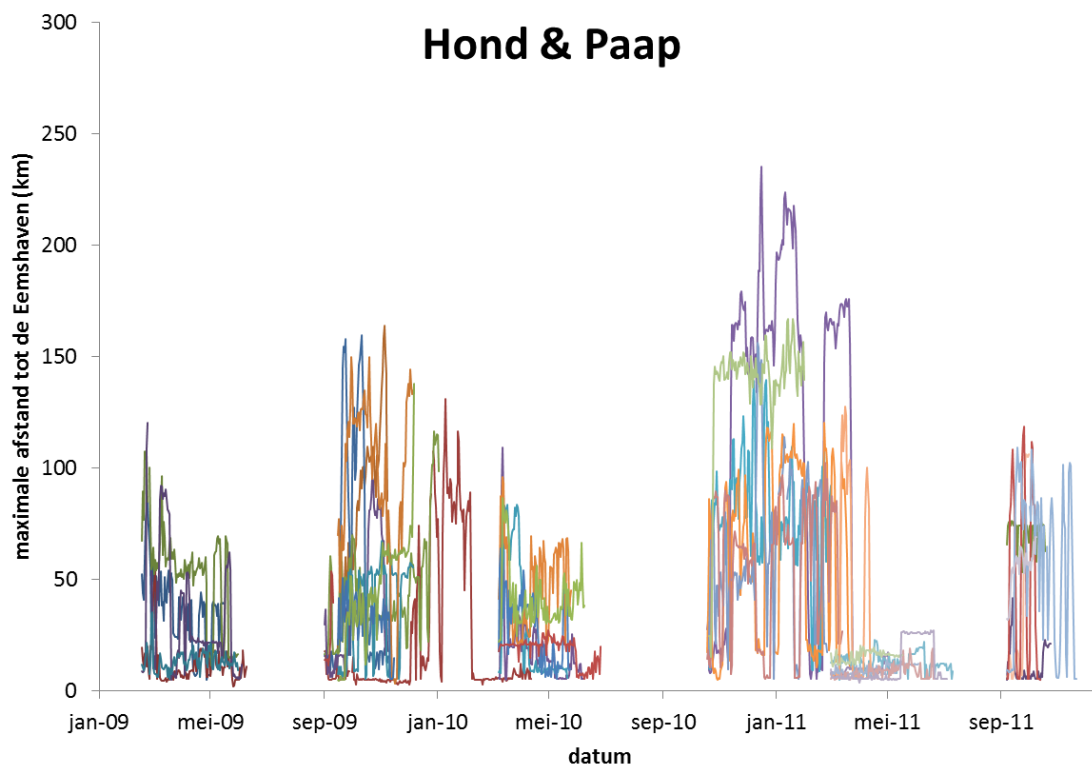
Vanglocaties	AF	HW	LW	OP	Total
Borkum	4922	5423	2742	4777	17864
Dollard	2686	1823	3268	2314	10091
Hond/Paap	16198	13508	13513	13012	56231
Sparregat	1041	1302	598	1241	4182
Total	24847	22056	20121	21344	88368



Figuur 32a en b. De locatiepunten van de gezenderde zeehonden, opgesplitst per vanglocatie, voor het gebied in de nabijheid van de Eemshaven en voor de drie-uur-getijintervallen: rondom laagwater ($\pm 1,5$ uur; LW), opkomend water (OP), hoogwater ($\pm 1,5$ uur; HW) en afgaand water (AF). Gepresenteerd zijn de absolute aantallen (a) en de percentages (b) ten opzichte van de afzonderlijke vanglocaties.

De resultaten laten zien dat de zeehonden het gebied in de nabijheid van de Eemshaven bij afgaand water het meest gebruiken, en bij laagwater het minst. Verder is te zien dat de dieren bij afgaand water het hele gebied gebruiken, terwijl ze bij opkomend water en hoogwater en in het bijzonder bij laagwater bij voorkeur in de geulen aanwezig zijn. De Eemshaven wordt in alle getijintervallen bezocht. Wanneer onderscheid wordt gemaakt naar de vanglocatie van de gezenderde dieren, is te zien dat vooral de zeehonden van de Hond en Paap het gebied niet alleen het meest gebruiken (64% van alle locatiepunten) maar ook in alle intervallen even intensief. De dieren van de andere vanglocaties gebruiken het gebied meer in afhankelijkheid van het getij. De zeehonden van Borkum en Sparregat zijn het minst aanwezig in het laagwater-interval terwijl de dieren van de Dollard het gebied het minst in het hoogwater-interval gebruiken.

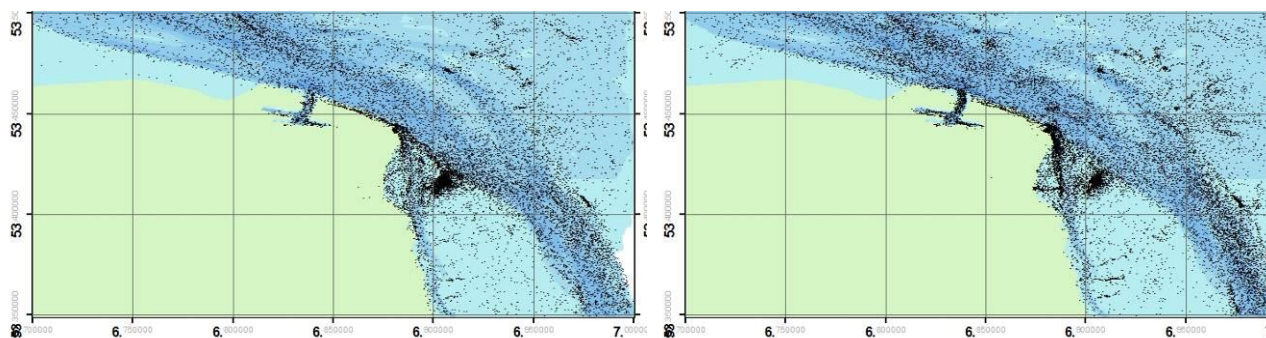
De bewegingen van de zeehonden worden gekenmerkt door de grote individuele variatie. Om dit nog beter te illustreren werd voor de dieren gezenderd bij de Hond en Paap de dagelijkse maximale afstand tot de Eemshaven uitgezet tegen de datum (Figuur 33). Naast de individuele variatie is in deze figuur ook het normale seizoenspatroon zichtbaar. Dat past bij eerdere waarnemingen van in andere gebieden gezenderde dieren, met name in de winter maken zeehonden vaak langer durende tochten naar de Noordzee (Brasseur en Fedak 2003).



Figuur 33. Dagelijkse maximale afstand (km) tot de Eemshaven van de dieren gezenderd bij de Hond en Paap.

5.2.2.2 Dag-nacht-ritme

Om een globaal beeld te krijgen van de verspreiding van de dieren in de buurt van de Eemshaven (voor gebiedsdefinitie zie 5.1.3.3) werd het gebruik in dit gebied grafisch in kaart gebracht. Aangezien de meeste werkzaamheden overdag plaatsvinden (zie hoofdstuk 3) is het relevant te onderzoeken of de dieren het gebied in de omgeving van de Eemshaven 's nachts anders gebruiken dan overdag. In Figuur 34 worden de locatiedata getoond. Gezien de verschillen in absolute aantallen waarnemingen (18915 overdag versus 23880 's nachts) lijkt er een dag-nacht verschil te zijn in de aanwezigheid van de zeehonden voor de Eemshaven.

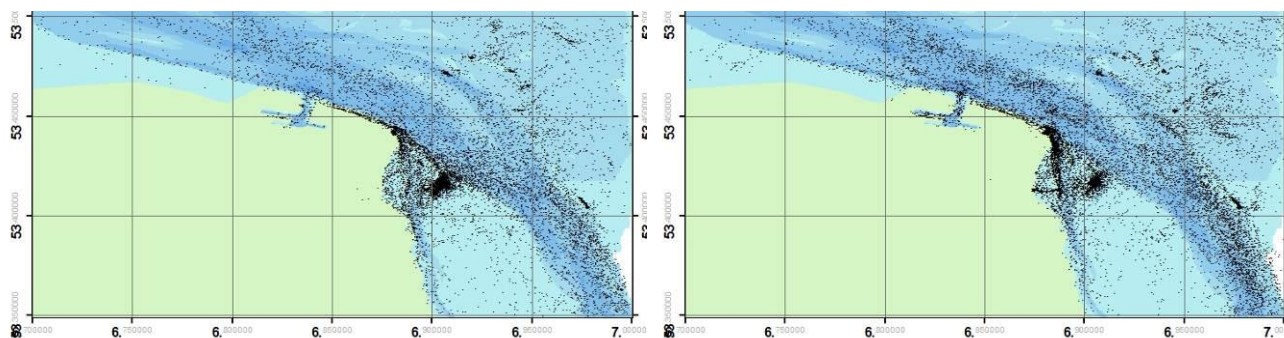


Waarnemingen overdag (9:00-16:00 uur) tot op 10 km van de Eemshaven (n = 18915: 2009, 2010 en 2011 samen).

Waarnemingen 's nachts (21:00-4:00 uur) tot op 10 km van de Eemshaven (n = 23880: 2009, 2010 en 2011 samen).

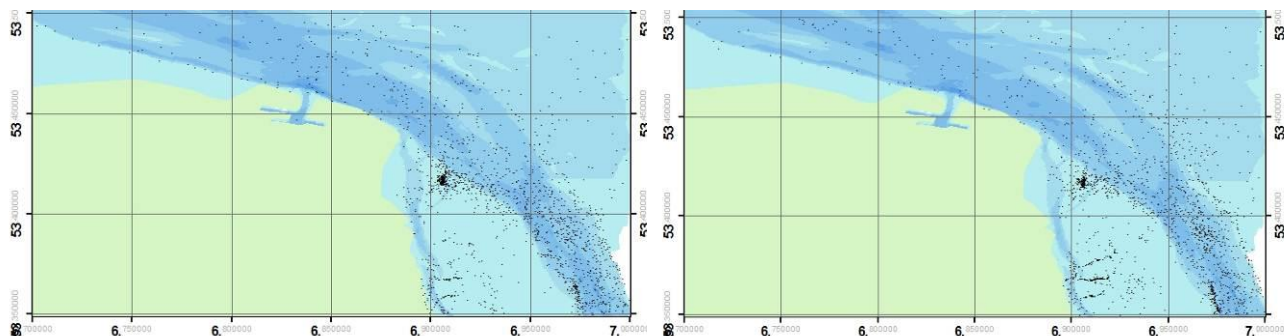
Figuur 34. Waarnemingen (zwarte puntjes) van zeehonden in het Eemsgebied, overdag (links) en 's nachts (rechts).

Zenderlocatie: Ook werd gekeken of de dieren die in de verschillende gebieden gezenderd zijn, verschillen in het gebruik van het Eemsgebied. Dit wordt weergegeven in Figuur 35. Vooral de dieren die op de Hond en Paap gezenderd werden, gebruiken het gebied.



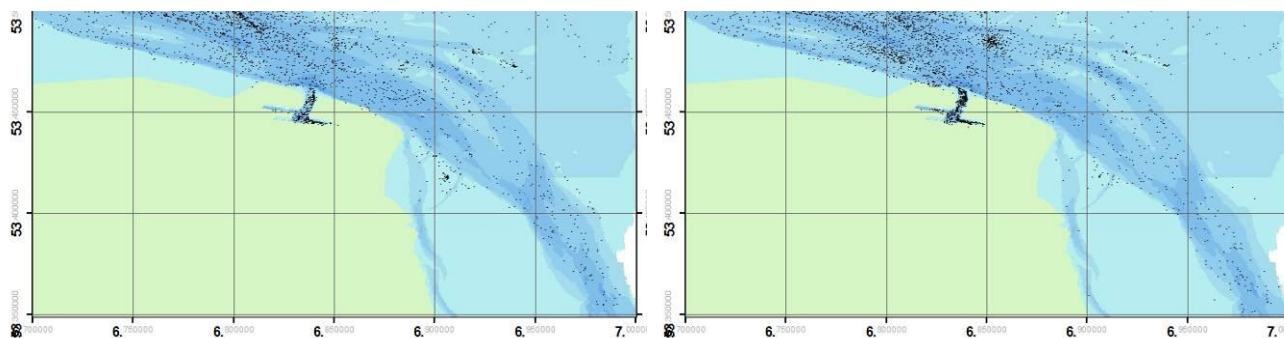
Hond en Paap-zeehonden, overdag (n = 14163).

Hond en Paap-zeehonden 's nachts (n = 18539).



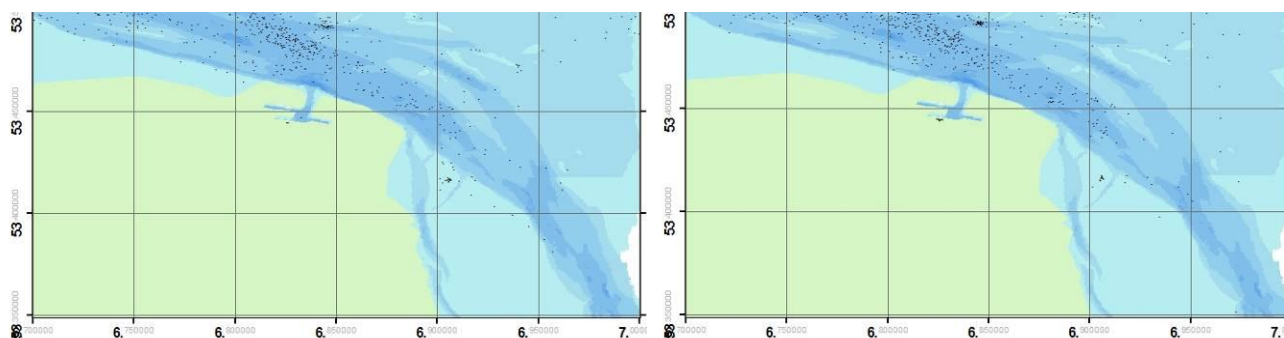
Dollard-zeehonden, overdag (n = 2144).

Dollard-zeehonden 's nachts (n = 2026).



Borkum-zeehonden overdag (n = 2118).

Borkum-zeehonden 's nachts (n = 2753).



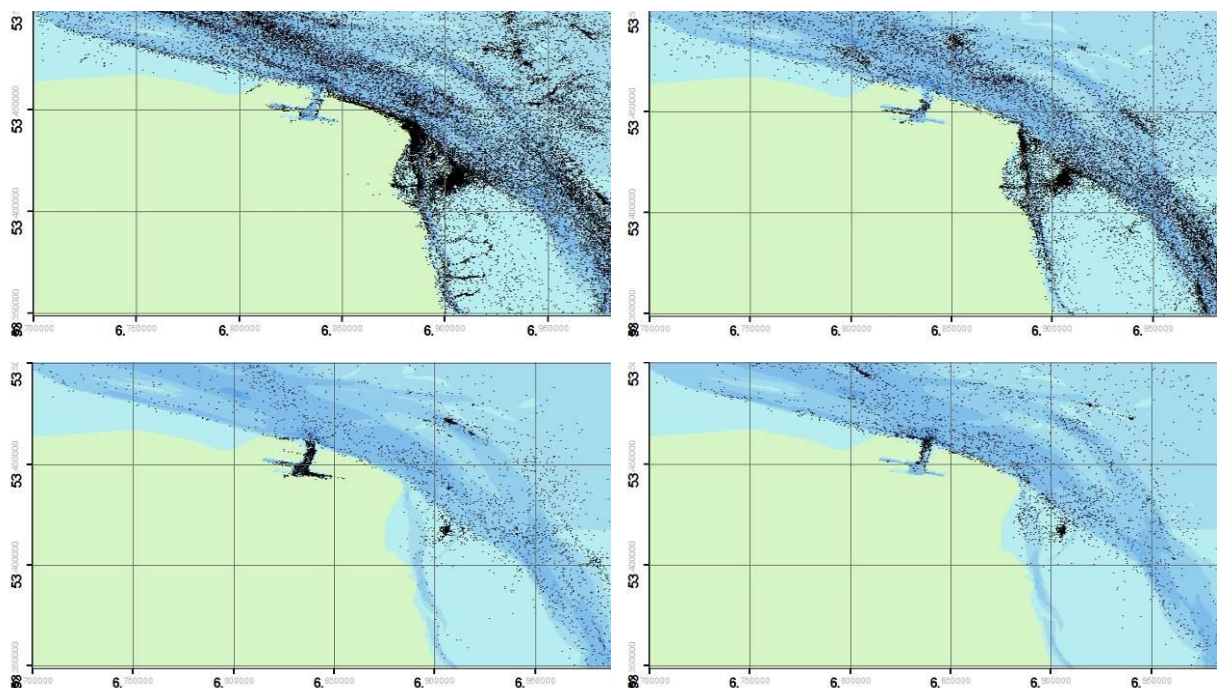
Sparregat-zeehonden overdag (n = 523).

Sparregat-zeehonden 's nachts (n = 562).

Figuur 35. Waarnemingen (zwarte puntjes) van zeehonden in het Eemsgebied 2009-2011; de gegevens zijn opgesplitst per zandplaat waar de zeehonden gezenderd zijn en in dag- en nachtwarnemingen.

5.2.2.3 Geslacht en leeftijd

Een vergelijking tussen de leeftijden en de geslachten van de verschillende dieren laat zien dat afgeleid van de locatiepunten volwassen dieren het gebied rond de Eemshaven (voor gebiedsdefinitie zie 5.1.3.3) intensiever gebruiken dan de sub-adulte dieren (Figuur 36). Tabel 7 geeft een overzicht van het gebruik van het gebied om de Eemshaven waarbij onderscheid is gemaakt naar geslacht en leeftijd van de zeehonden.



Boven: Waarnemingen adulte vrouwtjes rond de Eemshaven (n=43725) onder: sub-adulte vrouwtjes (n= 4416)

Boven: Waarnemingen adulte mannetjes rond de Eemshaven (n=20436) onder: sub-adulte mannetjes (n= 3792)

Figuur 36. Waarnemingen (zwarte puntjes; data 2009-2011) van gezenderde zeehonden in het Eemsgebied, opgesplitst in geslacht en leeftijd; dag en nacht samen.

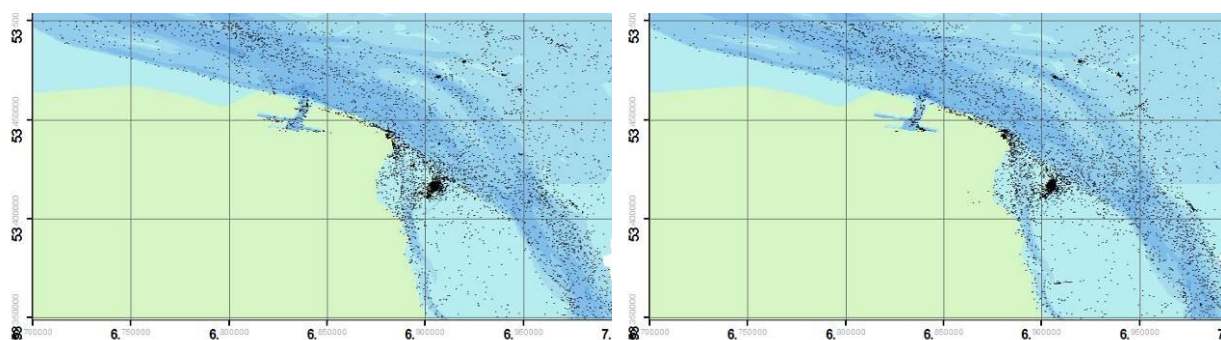
Omdat het opvalt dat zowel in de groep adulte dieren als in de groep sub-adulte dieren, mannetjes minder van het gebied gebruik maken dan vrouwtjes is gekeken of er geslachtsgebonden verschillen zijn tussen dag en nacht (Tabel 7).

Tabel 7. Overzicht van het gebruik van het gebied om de Eemshaven door de zeehonden (data 2009-2011), waarbij onderscheid is gemaakt naar geslacht en leeftijd.

Waarnemingen	Vrouwtjes		Mannetjes		Totaal
	adult	sub adult	Adult	sub adult	
Totaal	197191	52344	120021	44985	414541
Waarvan in de Eems	43725	4416	20436	3792	72369
Overdag (9:00-16:00h)	11371	1128	5311	1105	18915
In % van totaal	5.8	2.2	4.4	2.5	4.6
in % van 'in de Eems'	26.0	25.5	26.0	29.1	27.4
's Nachts (21:00-4:00h)	14490	1436	6829	1125	23880
In % van total	7.4	2.7	5.7	2.5	6.2
in % van 'in de Eems'	33.1	32.5	33.4	29.7	33.0
Verhouding overdag/'s nachts	0.78	0.79	0.78	0.98	0.79

Tabel 7 laat zien dat er behalve bij de sub-adulte mannetjes een klein verschil is tussen dag- en nachtgebruik. Wanneer de waarnemingen van 2009-2011 van de op de verschillende locaties gevangen dieren worden gecombineerd en samen bekeken, zien we dat relatief meer adulte vrouwtjes in het gebied vlak bij de Eemshaven (het gebied zoals getoond in de Figuren 36) aanwezig zijn. De verhouding dag/nacht-aanwezigheid in het Eemsgebied is dezelfde bij mannetjes als bij vrouwtjes, met uitzondering van de sub-adulte mannetjes. Zoals eerder bleek is er groot verschil in gebruik van het Eemsgebied tussen de dieren die in de verschillende gebieden gevangen zijn. Van de meer dan 72.000 locaties om de Eemshaven zijn meer dan 32.000 locaties van dieren die op de Hond en Paap zijn gezenderd. De gemeten dag/nacht-verschillen worden vooral door deze groep bepaald.

Dag van de week: Daarnaast werd het aantal waarnemingen op zaterdag en zondag (weekend) vergeleken met de waarnemingen op dinsdag en donderdag (door de week). Niet alle weekdays werden meegenomen om het aantal waarnemingsdagen vergelijkbaar te houden. In Figuur 37 is te zien dat het verschil tussen het gebruik van het gebied door de week en in het weekeinde klein is.



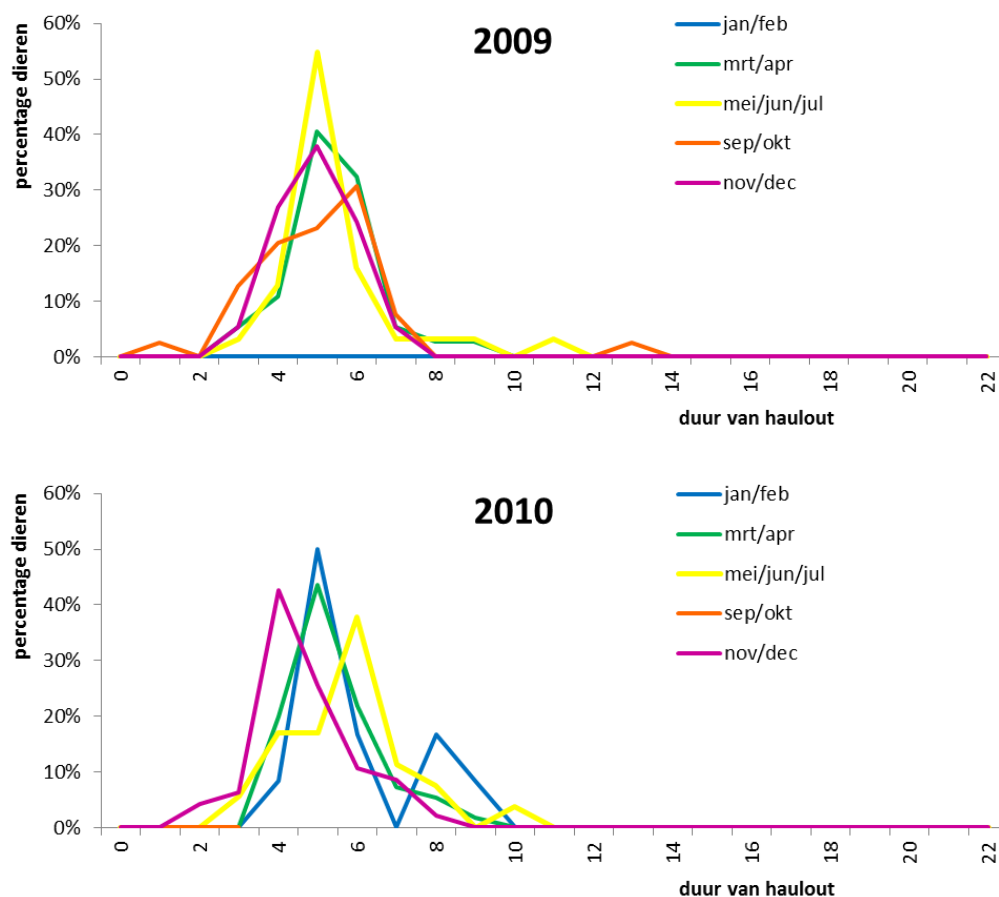
Waarnemingen overdag in het weekeinde (zaterdag en zondag) tot op 10 km van de Eemshaven (5278 waarnemingen, 2009,2010 en 2011 samen).

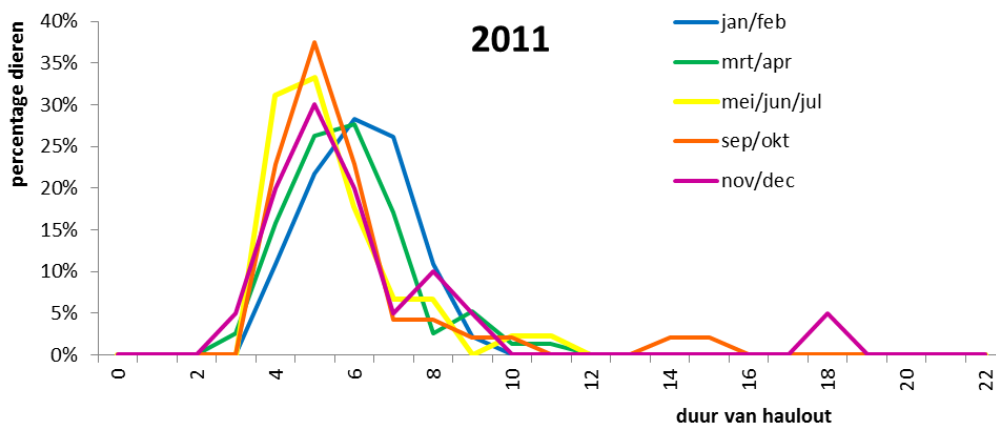
Waarnemingen overdag door de week (dinsdag en donderdag) tot op 10 km van de Eemshaven (5442 waarnemingen, 2009, 2010 en 2011 samen).

Figuur 37. Waarnemingen van de gezenderde zeehonden in het Eemsgebied, opgesplitst in weekeinde en door de week.

5.2.3 Haulout-gedrag

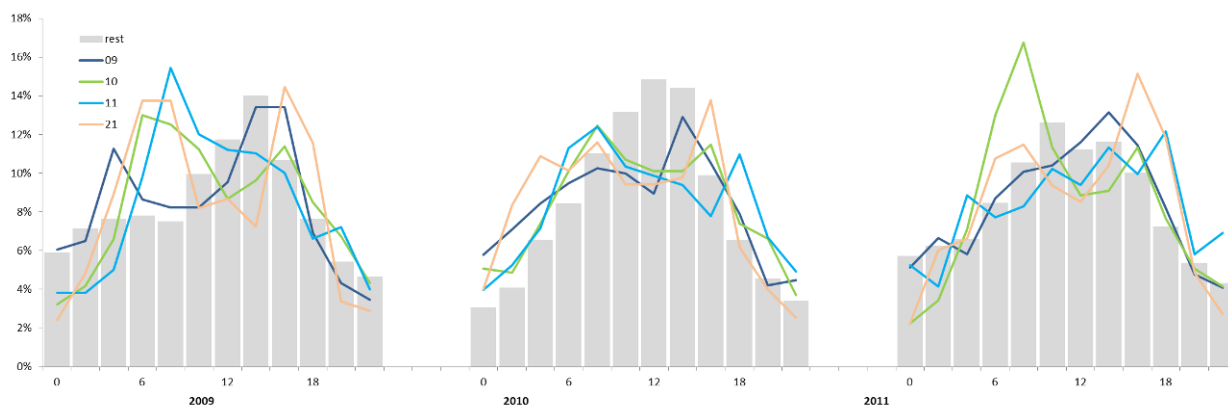
Voor elk gezenderd dieren is geregistreerd op welke tijdstippen en welke locaties deze op de kant kwamen (haulout) en weer te water ging. Om te voorkomen dat de individuen die meer gebruik maken van het gebied, worden overgewaardeerd, werden de data per individu eerst per maand gemiddeld. Zo wordt het haulout-gedrag zoals dat voor een bepaald gebied of bepaalde periode wordt berekend niet door één individu gedomineerd maar worden alle zeehonden op dezelfde wijze gewaardeerd. De aantallen kunnen per maand sterk variëren. Zo kunnen in maart van een bepaald jaar data van 24 dieren binnenkomen, terwijl er in mei nog maar 15 zenders functioneren. Om daarvoor te corrigeren is het percentage genomen ten opzichte van het totaal aantal werkende zenders in die periode. Er is gekeken naar de duur van de haulout (Figuur 38) en het tijdstip van de dag waarop de haulout plaatsvond (Figuur 39). In Figuur 38 ontbreekt de maand augustus omdat de dieren dan verharen en de zenders eraf vallen. Duidelijk is te zien dat een zgn. haulout-bout gedurende het jaar gemiddeld weinig in duur varieert: zeehonden zijn per keer gemiddeld 5 uur op de kant. In 2010 zagen we dat in januari/februari de duur langer was, hetgeen verband hield met de weersomstandigheden. De dieren konden toen minder vaak op de kant komen. Als het wel kan, blijven ze langer op de plaat liggen. In 2011 is dit minder duidelijk, maar wel zichtbaar.





Figuur 38. Gemiddelden van de haulout-duur voor de gezenderde dieren in de jaren 2009, 2010 en 2011 (in jan/feb 2009 waren er geen gezenderde dieren). Zie de legenda voor de perioden waarover gemiddeld is.

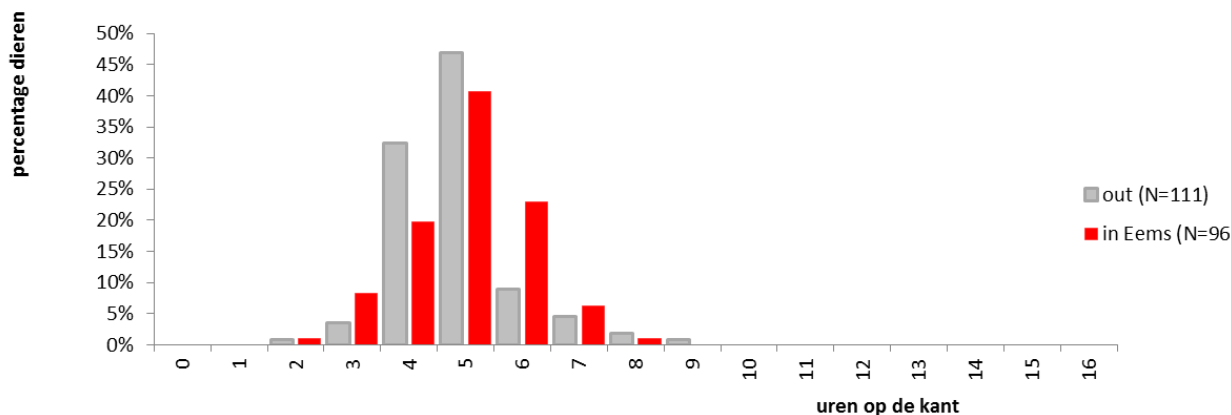
Het moment van de dag waarop de dieren op de kant komen, wordt in Figuur 39 voor de drie jaren 2009-2011 als jaarlijks gemiddelde weergegeven. Voor een heel jaar is de kans op laagwater voor elk tweeuurinterval gelijk). Daarom kan het moment van de dag waarop de dieren in het Eems-Dollardgebied op de kant komen, worden vergeleken met het moment waarop dat gebeurt op andere ligplaatsen in het Nederlandse waddengebied. De deelgebieden in het Eemsgebied (Sparregat: 9, Hond en Paap: 10, Dollard: 11 en het Randzelgat: 21) zijn apart weergegeven. Duidelijk is van de staafjes (het gemiddelde voor alle ligplaatsen buiten deze gebieden) dat op de meeste ligplaatsen de dieren vooral rond of net na de middag op de kant komen. Dit varieert enigszins van jaar tot jaar. Figuur 39 geeft de gemiddelden voor elk jaar en laat zien dat het haulout-moment zo goed als onafhankelijk van het moment op de dag dat het laagwater is, wordt gekozen. Aangemerkt moet worden dat er in 2009 pas vanaf maart data beschikbaar kwamen. Voor 2010 ontbreken de zomerdata tot november en in 2011 zijn er voor december minder data beschikbaar. Dit kan voor een deel de verschillen verklaren. We zien dat in het algemeen de gebieden om de Eems in de ochtend ook een piek vertonen. Opvallend is dat vooral de gebieden Hond en Paap en Randzelgat hiervan afwijken omdat er een dip is in het midden van de dag. De Dollard piekt in 2009 en 2010 vooral 's morgens. Het Sparregat volgt min of meer de lijn van de andere gebieden buiten de Eems, alleen in 2009 is er een extra piek vroeg in de ochtend.



Figuur 39. Het moment van de dag waarop de zeehonden op de kant komen voor de onderzoeksjaren 2009-2011 apart. In de grafiek zijn voor elke periode van twee uur binnen een etmaal de jaarlijkse gemiddelden weergegeven.. Voor de ligplaatsen in het Sparregat (9), de Hond en Paap (10), de Dollard (11) en het Randzelgat (21) zijn deze uitgesplitst (lijnen); het haulout-gedrag op de andere ligplaatsen in het Nederlandse waddengebied is samengevoegd (grijze staven).

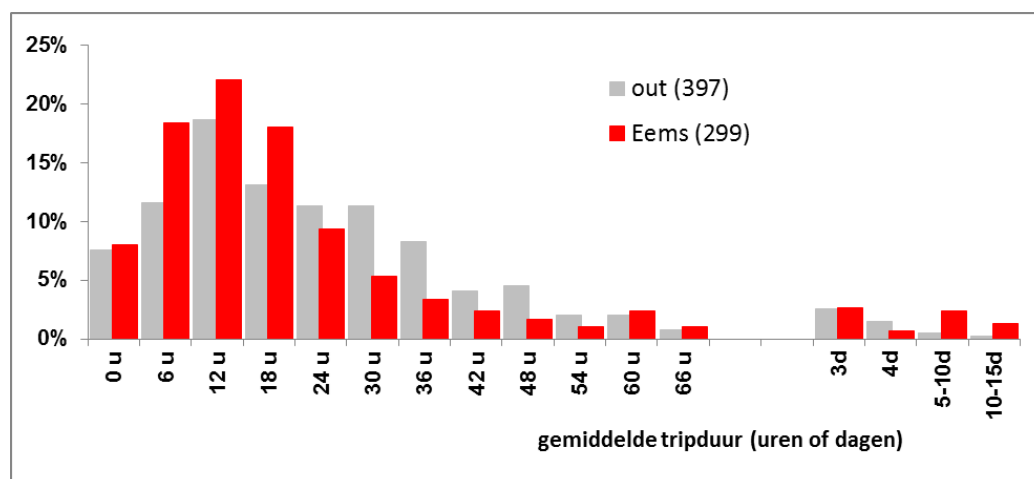
Haulout-gedrag en duur van tochten vanuit het Eemsgebied

Om inzicht te krijgen in eventueel afwijkend gedrag tussen de dieren die in de buurt van de Eemshaven op de kant komen en de dieren die elders op de kant komen, is onderscheid gemaakt tussen de ligplaatsen binnen 10 km van de haven ('in Eems') en erbuiten ('out'); zie 5.1.3.3 voor de gebiedsdefinitie.

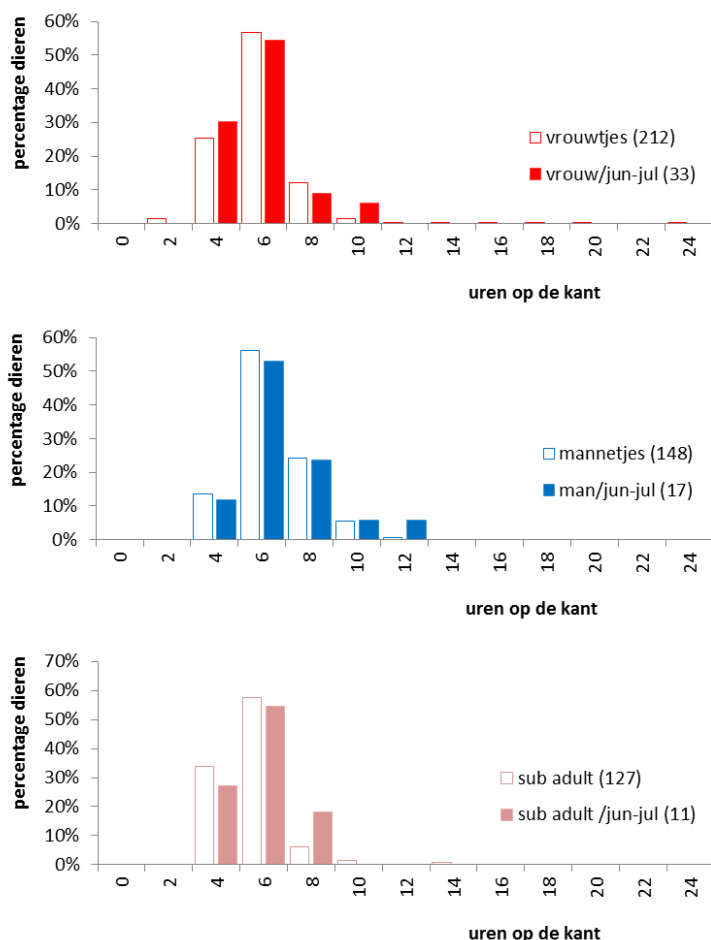


Figuur 40. Totale duur van haulout per dag 'in Eems' (haulout binnen 10 km van de Eemshaven) en 'out' (haulout elders).

Van alle dieren samen komen de meeste dieren per dag voor 5 uur op de kant. Omdat nu ook de dagen zijn meegenomen dat er geen haulout was is het gemiddelde iets lager dan werd bepaald in het 2010-rapport. Een vergelijking tussen de gebieden bij de Eemshaven en de andere gebieden laat zien dat het in dit gebied vaker voorkomt dat dieren langer op de kant liggen (Figuur 40). De tochten die deze dieren ondernemen zijn meestal niet langer, eerder iets korter (Figuur 41).



Figuur 41. Totale duur van het verblijf in het water direct na een haulout 'in Eems' (haulout binnen 10 km van de Eemshaven) en 'out' (haulout elders).

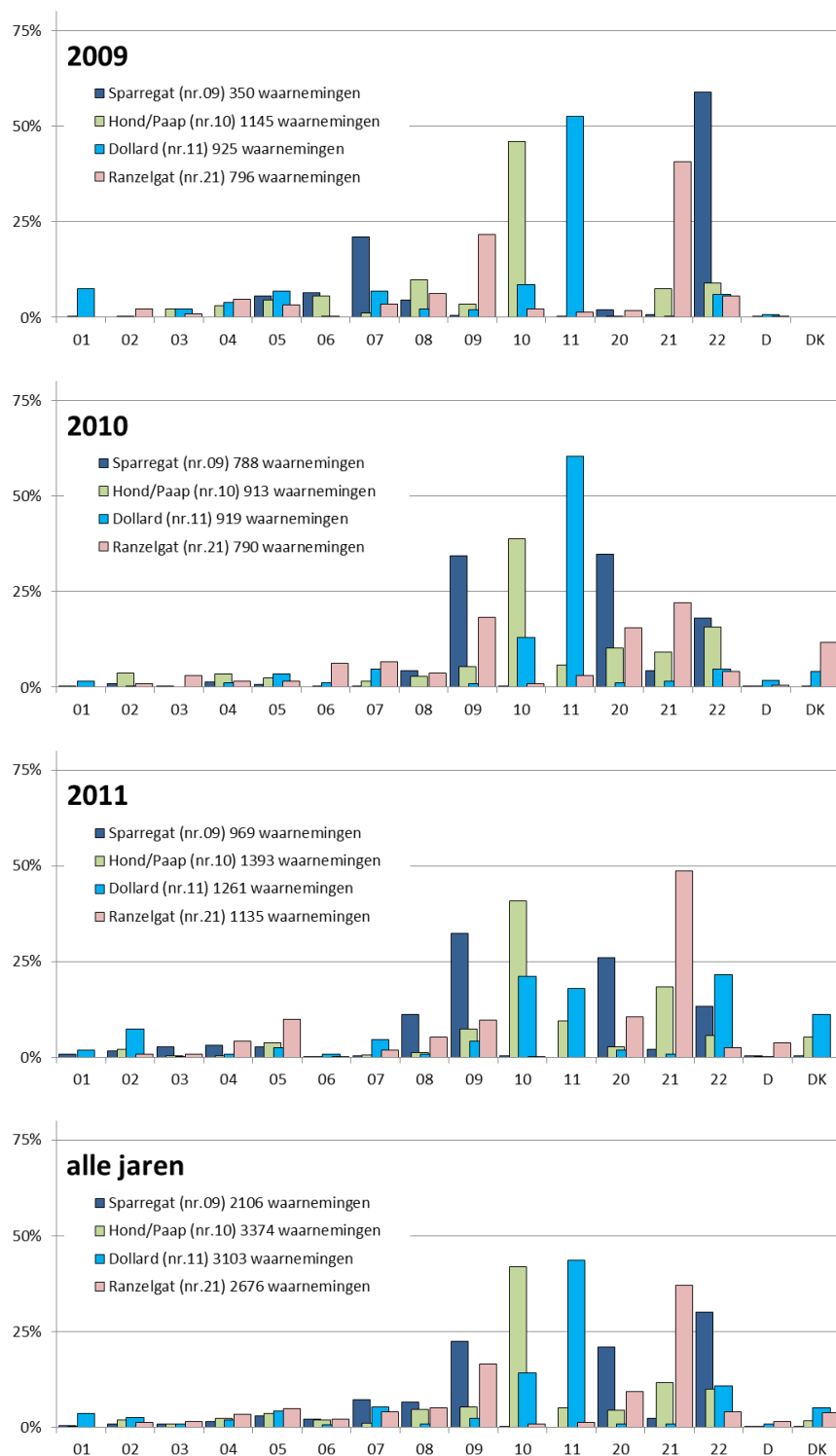


Figuur 42. Haulout-duur per dag per geslacht en leeftijdsgroep.

Duidelijk is dat als er jongen zijn (Figuur 42; in juni/juli) de meeste dieren langer op de kant komen. Voor de vrouwtjes is dit het meest opvallend.

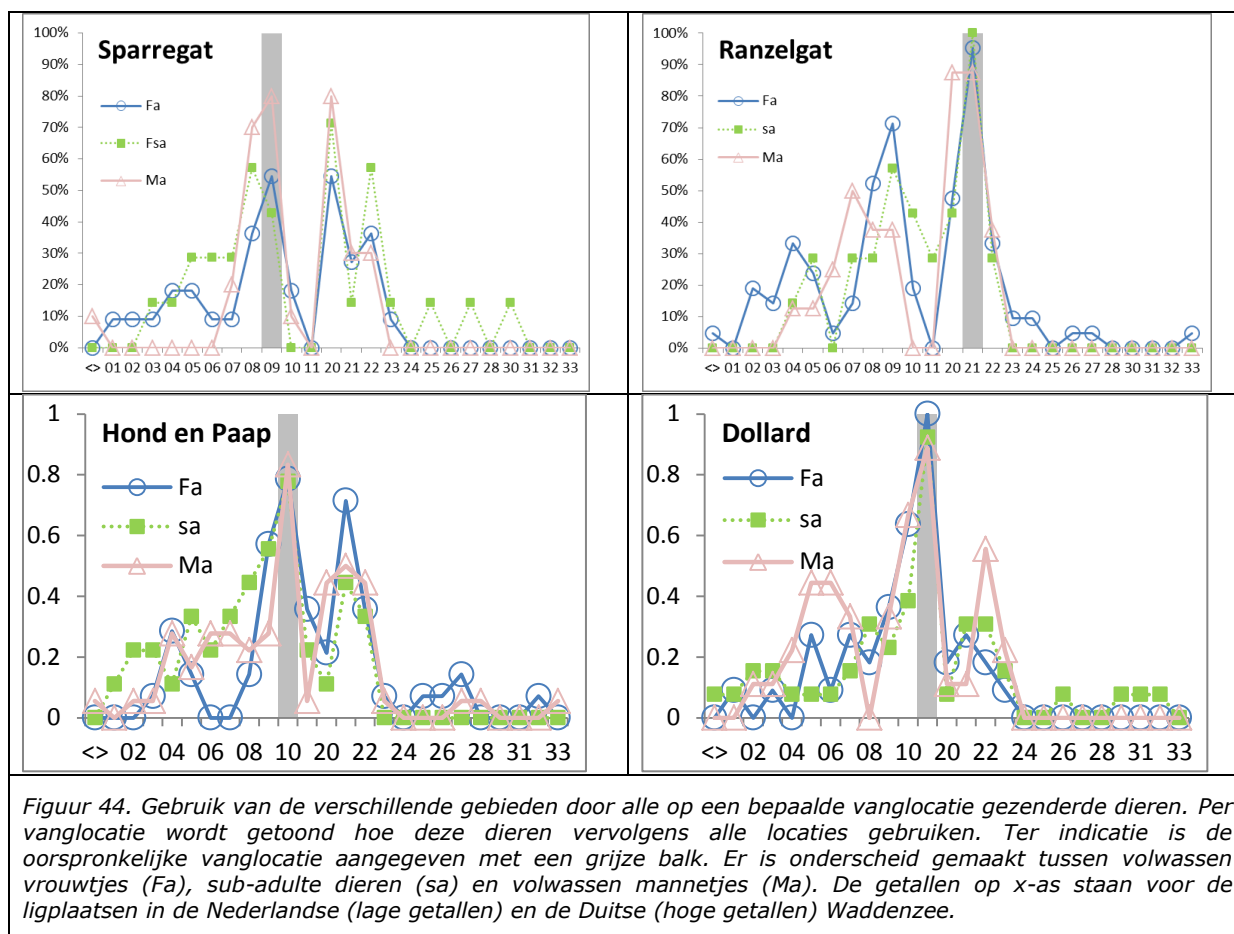
5.2.4 Ligplaatskeuze van de dieren gevangen op de verschillende locaties

In Figuur 43 wordt getoond of én hoe de op de verschillende locaties gevangen dieren gebruik maken van andere locaties om daar op de kant te komen. In 2011 komen in tegenstelling tot eerdere jaren de zeehonden die gevangen werden in de Dollard, minder talrijk (ca.18%) op hun vangplek terug dan in 2009. In 2010 kwamen de dieren die dieper in de Eems gezenderd zijn, het talrijkst op hun vangplek terug: op de Hond en Paap (ca.45%) en de Dollard (ca.50%). De dieren uit het Sparregat gingen het vaakst op andere plekken liggen, terwijl nog ca.30% terugkomt naar de vangplek. Blijkbaar verkiezen de individuen die op de Hond en Paap werden gezenderd, dit gebied toch boven de andere gebieden: bijna 40-50% van hun haulouts in 2009 gebeurde op de Hond en Paap. In 2010 was dat minder en gingen de dieren vaker naar het Duitse wad (gebieden 20-22). In 2011 lijkt er een duidelijke voorkeur voor het Randzelgat (gebied 21) als alternatieve ligplaats. De dieren uit het Randzelgat gaan bij voorkeur naar het Sparregat, als ze niet op de plek zijn waar ze gezenderd zijn. Alleen in 2010 zochten ze vaker alternatieve ligplaatsen. Over de jaren 2009-2011 ('alle jaren') genomen lijkt het alsof de dieren die in het Sparregat werden gezenderd, weinig plaatstrouw zijn. Zij worden door de jaren heen het minst weer op "hun plek" teruggezien (<30%) en gaan vooral naar de Duitse ligplaatsen. Gemiddeld (door alle jaren heen) zien we dat de dieren van de Hond en Paap en de Dollard het meest op de zenderplek zijn terug te vinden. De dieren uit de Dollard lijken het meest plaatstrouw; alleen in 2011 verandert dit. Ze verspreiden zich dan over het wad. De Hond en Paap en de Dollard worden bijna uitsluitend door de dieren gebruikt die daar gezenderd werden.



Figuur 43. Jaarlijkse verdeling van waarnemingen van de dieren per ligplaats waarbij onderscheid is gemaakt in vangplek. De gebieden 01 t/m 11 liggen in Nederland, gebieden 20 en hoger in Duitsland (zie Figuur 11) voor gebieden verder naar het oosten is alleen onderscheid gemaakt tussen de Duitse (D) en Deense (DK) plekken.

Bij het natrekken van de individuele bewegingen van de dieren in Figuur 44 blijkt dat dieren "plaats-trouw" zijn. Vaak bezoeken alle dieren die op een bepaalde plek werden gezenderd, die plek in de tijd dat ze gevolgd werden. Behalve in het Sparregat, daar geldt dat vooral de volwassen mannetjes dit enigszins doen.



Als er gekeken wordt naar de individuele dieren (Figuur 44) zien we dat bij het Randzelgat en de Dollard praktisch alle (100%) dieren tenminste één keer op de vangplek terug komen binnen de tijd dat ze gevolgd werden. Bij alle vangplekken blijkt dat de jonge dieren het vaakst andere plekken verder weg opzoeken. Mannetjes gaan vooral tot Schiermonnikoog en net voorbij Borkum. Vanuit het Randzelgat bezoeken veel dieren het Sparregat, vooral de vrouwtjes gaan ook verder naar het westen. Bij de Hond en Paap komen 80% van de dieren terug naar hun vangplek. De meeste dieren bezoeken ook het Randzelgat. Volwassen vrouwtjes gaan daarnaast vooral naar ligplaatsen bij Ameland, of in het oosten tot aan Denemarken. Bij dieren gezenderd bij het Sparregat lijken de mannetjes het meest trouw aan hun vangplek; ze bezoeken relatief vaak de ligplaats bij Borkum

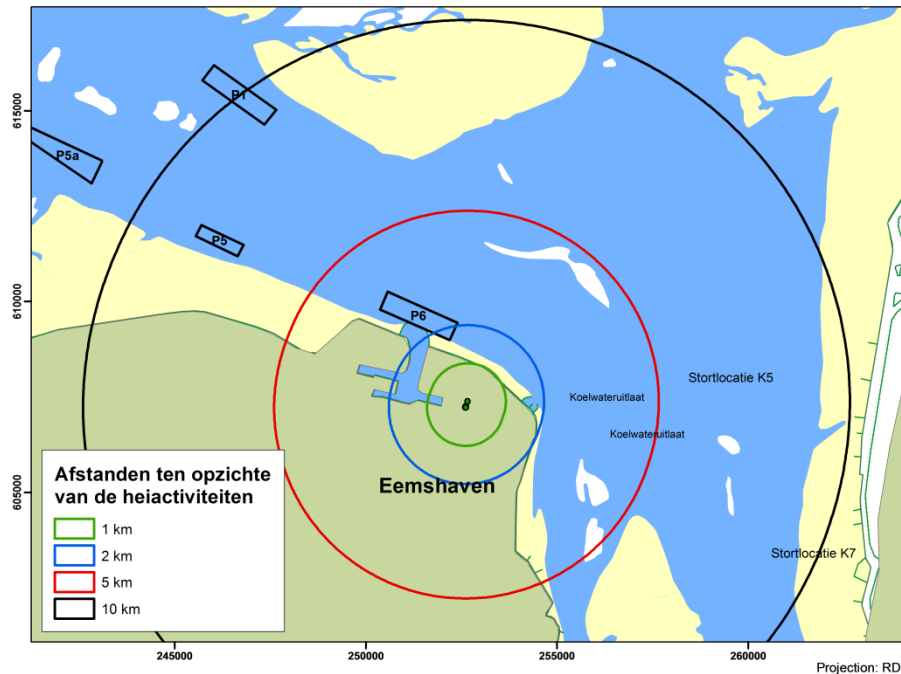
5.2.5 Effectanalyse

Net als voor 2010 is bepaald of individuele zeehonden in hun gedrag of verplaatsing beïnvloed worden door de activiteiten die gemeld werden door de opdrachtgever (zie hoofdstuk 3). Voor de analyse werden alle gegevens die in de drie monitoringjaren (2009-2011) zijn verzameld, samengenomen. Omdat de locatie van de verschillende bouwactiviteiten varieert, werd voor elke activiteit de afstand bepaald die de zeehonden tot deze plaats hadden, om zo in een afstandscategorie te kunnen worden ingedeeld. Figuur 45 geeft een voorbeeld van de afstandscategorieën gebruikt bij het heien van RWE.

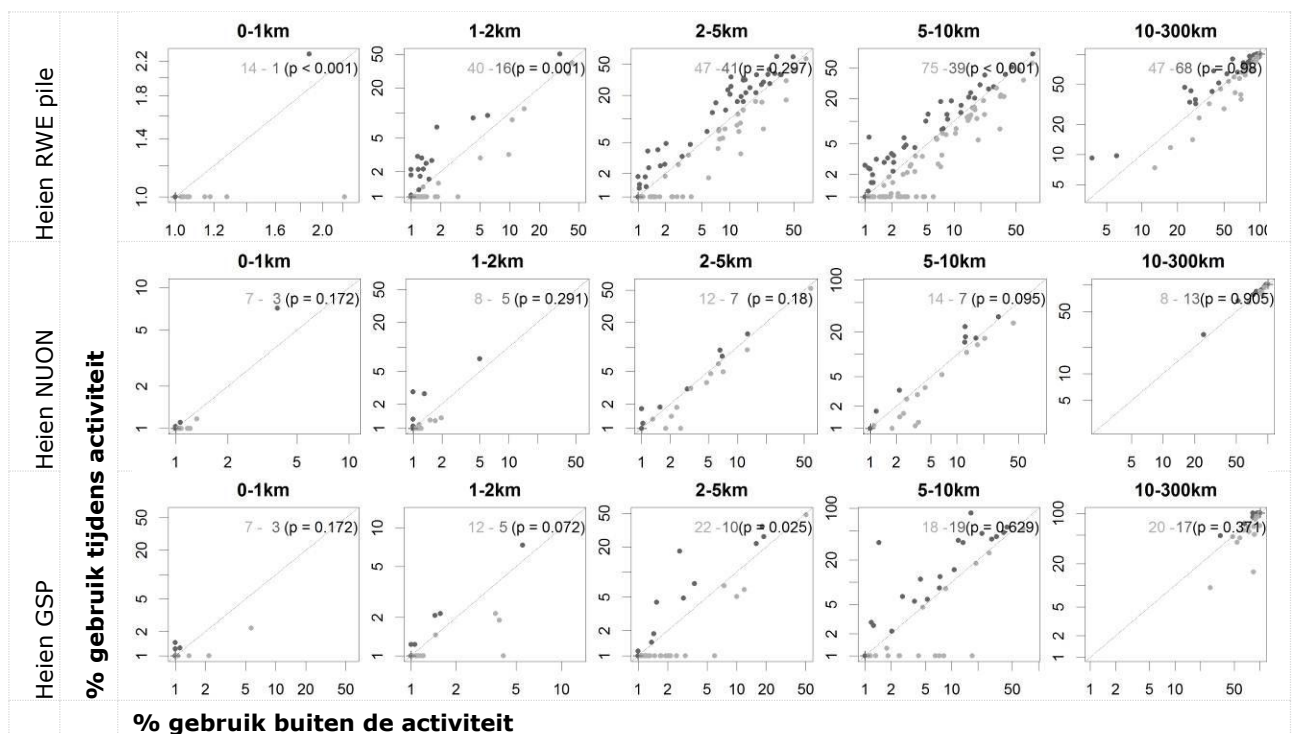
5.2.5.1 Effect van activiteiten op verspreiding

De resultaten van de analyse van de effecten van de diverse heiwerkzaamheden worden in Figuur 46 weergegeven. Op basis van de beschikbare data zijn met behulp van statistische analyses (zie

subhoofdstuk 5.1.3) significante verschillen in de aanwezigheid van de zeehonden gevonden voor de hei-activiteiten van RWE. De resultaten waren zeer significant, behalve voor de afstand 2-5 km. Voor het heien van NUON is alleen een significant effect gevonden voor de grootste afstandscategorie. Bij het heien van GSP is geen significant effect gevonden, behalve op de afstand 2-5 km.

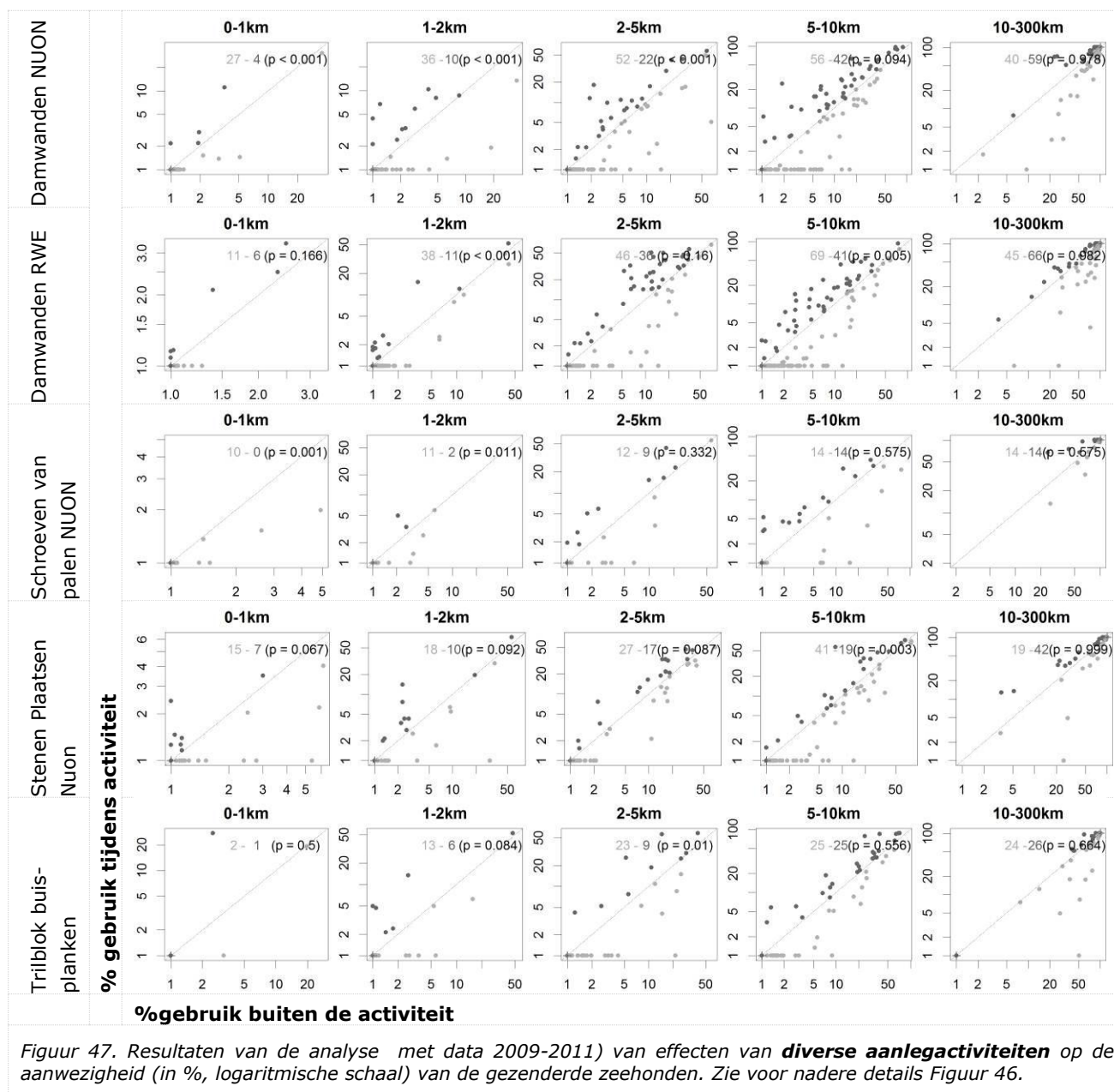


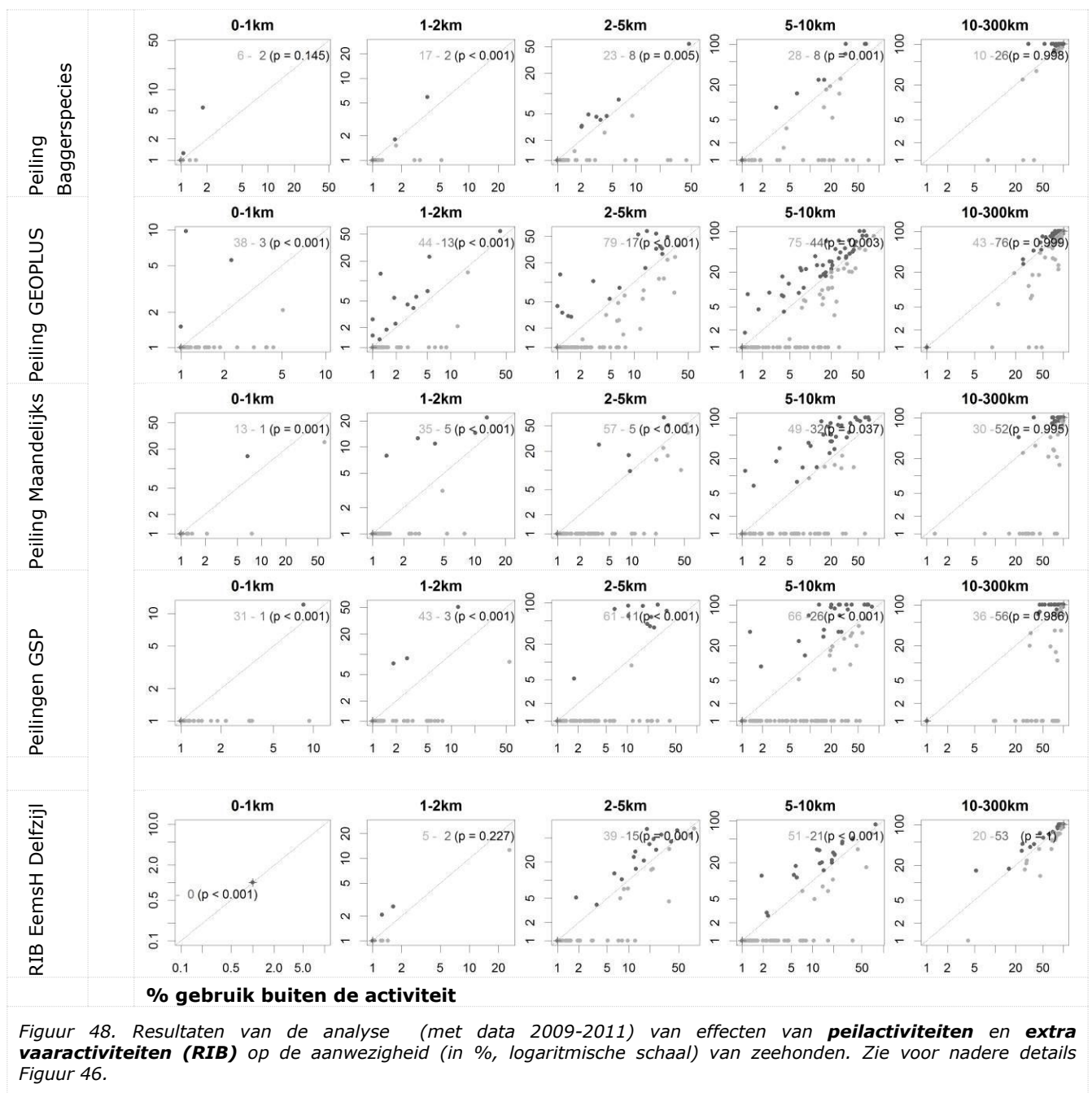
Figuur 45. Voorbeeld van de afstandscategorieën gebruikt bij het heien van RWE.

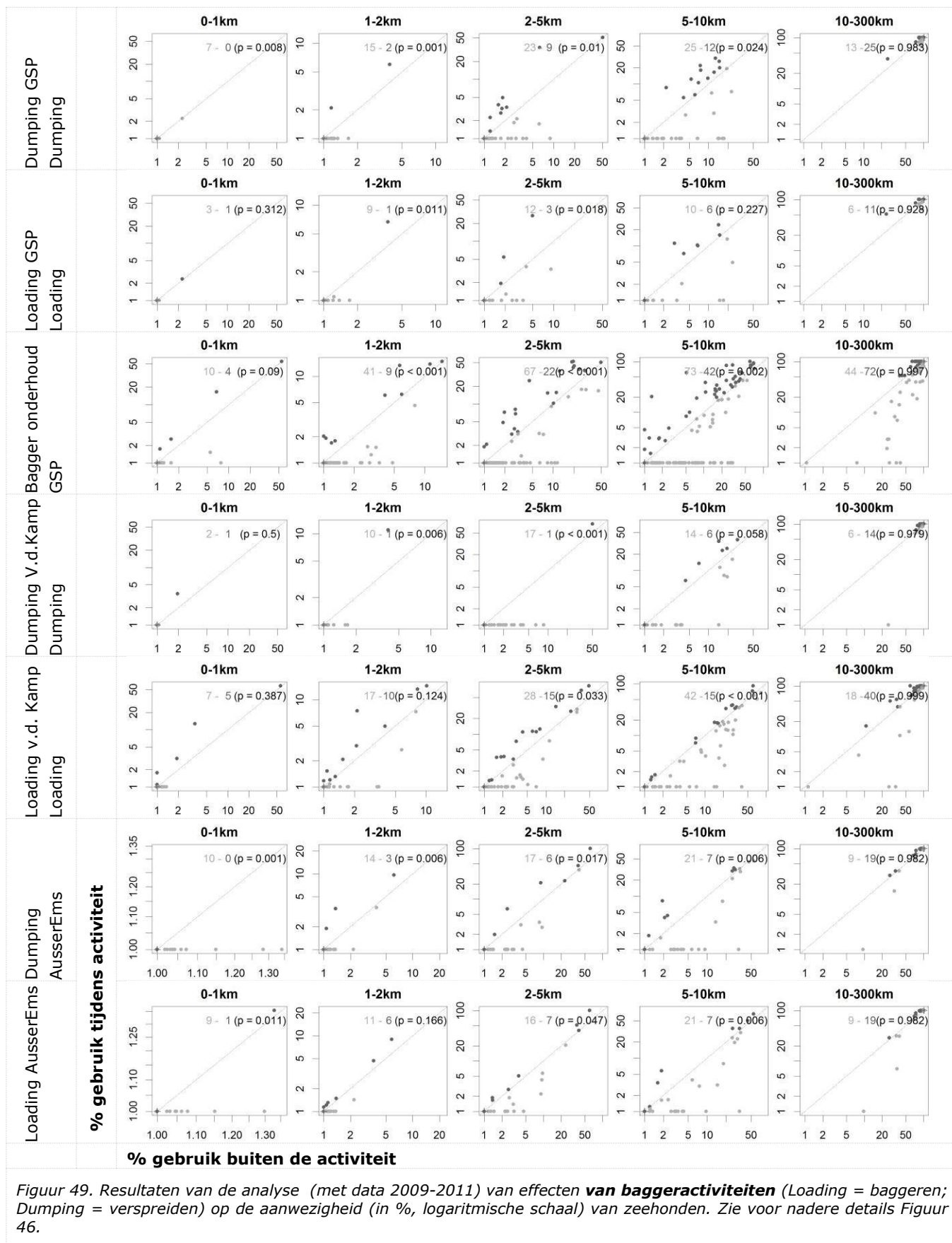


Figuur 46. Resultaten van de analyse (met data 2009-2011) van effecten van **heiactiviteiten** op de aanwezigheid (in %, vanwege het gebruik van de logaritmische schaal zijn de data voorbewerkt: i.v.m. nul-waarden zijn de data met '1' verhoogd; $\log_{10}(1)=0$) van de gezenderde zeehonden. Getoetst wordt of het gebruik van het gebied gelijk is buiten de activiteit (lichtgrijs) en tijdens de activiteit (donkergrijs). Bij een p-waarde van respectievelijk 0.025 (zeer significant) en 0.05 (significant) gebruiken de dieren het gebied minder dan zonder de activiteit. Bij een p-waarde van respectievelijk 0.975 (zeer significant) en 0.950 (significant), gebruiken de dieren het gebied meer dan zonder de activiteit. Bij een p-waarde van 0.001 resp 0.999 is sprake van hoge significantie. De notatie vóór de p-waarde geeft het aantal dieren; zie bijvoorbeeld het paneel links boven: 14-1 betekent 14 lichtgrijze stippen tegenover 1 donkergrijze stip. Waarnemingen op de diagonale lijn geven aan dat er geen verschillen zijn tussen de aanwezigheid tijdens en buiten de activiteit.

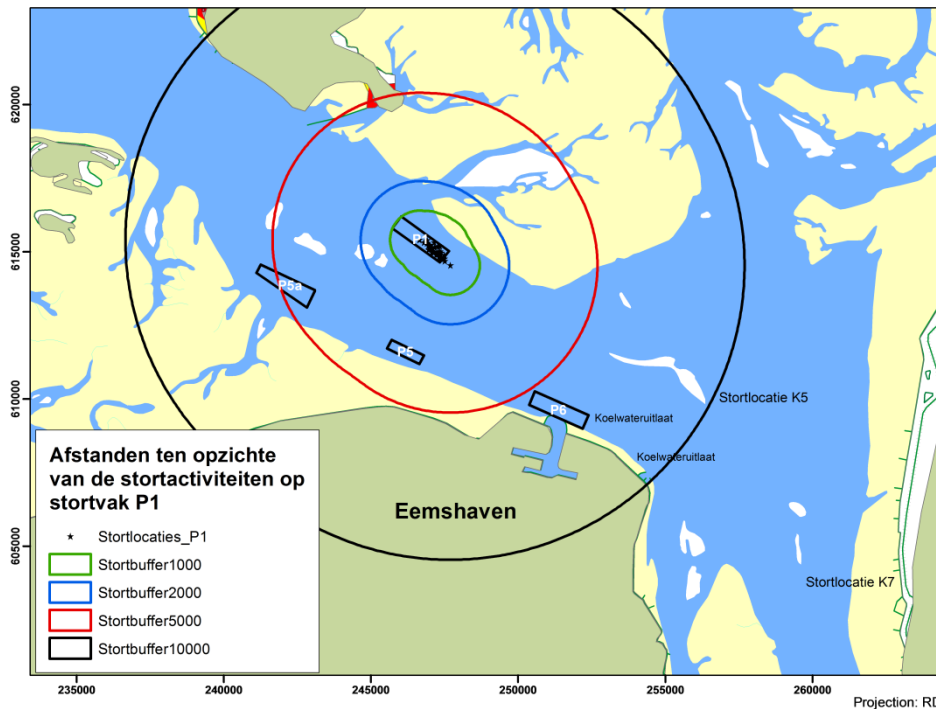
Bij de andere bouwactiviteiten laten de resultaten van de data-analyse deels significante resultaten zien (Figuren 44-46). Dit is vooral het geval bij het aanleggen van damwanden door NUON (tot 2-5 km) en RWE (tot 5-10 km). Dit betekent dat tijdens die activiteiten individuele dieren minder gebruik maken van deze afstandscategorieën dan wanneer geen activiteit gaande is. Het schroeven van palen (NUON) geeft tot 2 km een zeer significant effect en bij 5-10 km een significant effect. Het plaatsen van stenen heeft alleen op grotere afstand significante effecten. Het trilblok geeft alleen significant effect op de verspreiding van de gezenderde zeehonden op de afstand 2-5 km.







Het uitvoeren van peilingen lijkt zeer significante effecten op de verspreiding te veroorzaken (Figuur 48). Deze effecten treden op bij bijna alle afstanden, waarbij de dieren de gebieden onder de 10 km ontwijken terwijl ze juist meer aanwezig zijn in de gebieden daarbuiten. De maandelijkse peilingen laten het minste effect zien. Het varen met de RIB lijkt effect te hebben op korte afstand en ook op grotere afstand. Op 1-2 km is geen effect gevonden. Dit kan het gevolg zijn van de zeer kleine aantallen gegevens.



Figuur 50. Voorbeeld van de afstandscategorieën gebruikt bij bagger "dumping". In dit geval bij verspreidingsvak P1.

De baggeractiviteiten lijken een effect te hebben op alle afstanden; voor de categorie binnen 1 km van de activiteiten zijn vaak onvoldoende data beschikbaar om dit te toetsen. Het effect van Loading lijkt minder te zijn op 5-10 km, maar bij Bagger Van der Kamp Loading, die op de kleinere afstanden niet sterk significant lijken te zijn, blijkt dat de dieren zeer significant meer aanwezig zijn buiten de 10 km (Figuur 49).

De resultaten van de voorgaande analyse naar de effecten van de bouwactiviteiten op de aanwezigheid van gewone zeehonden in het studiegebied zijn in tabel 8 samengevat.

Tabel 8. Overzicht van de resultaten van de analyse van effecten van activiteiten op de aanwezigheid van zeehonden in 2009-2011. (Zie ook Figuur 46 tot en met Figuur 49). Getoetst wordt of het gebruik van het gebied gelijk is tijdens en buiten de activiteit. Wanneer de dieren het gebied minder gebruiken wanneer de activiteit gaande is dit met een ↓ aangegeven (bij een p van 0.05 (significant)) en ↓↓ (bij een p van 0.025 (zeer significant)). Gebruiken de dieren het gebied meer met dan zonder de activiteit dan is dit met een ↑ aangegeven (bij een p van 0.950 (significant)), respectievelijk een ↑↑ (bij een p van 0.975 (zeer significant)). Bij nog hogere significantie (een p van resp 0.999 of 0.001) werden drie pijlen gebruikt. Een 0 geeft aan dat geen significant effect gevonden wordt. Voor elke activiteit is weergegeven met welke nauwkeurigheid de bouwgegevens werden geleverd. Hierbij wordt met "dagen" bedoeld dat wel per dag wordt aangegeven wanneer op die dag met de werkzaamheden is begonnen en gestopt, maar dit niet per afzonderlijke slag. De activiteiten waarvoor alleen bouwdata met een lage nauwkeurigheid (dagen) beschikbaar waren, zijn lichtgrijs gearceerd; de restcategorie 10-300 km is donkergrijs gearceerd (blijft buiten beschouwing).

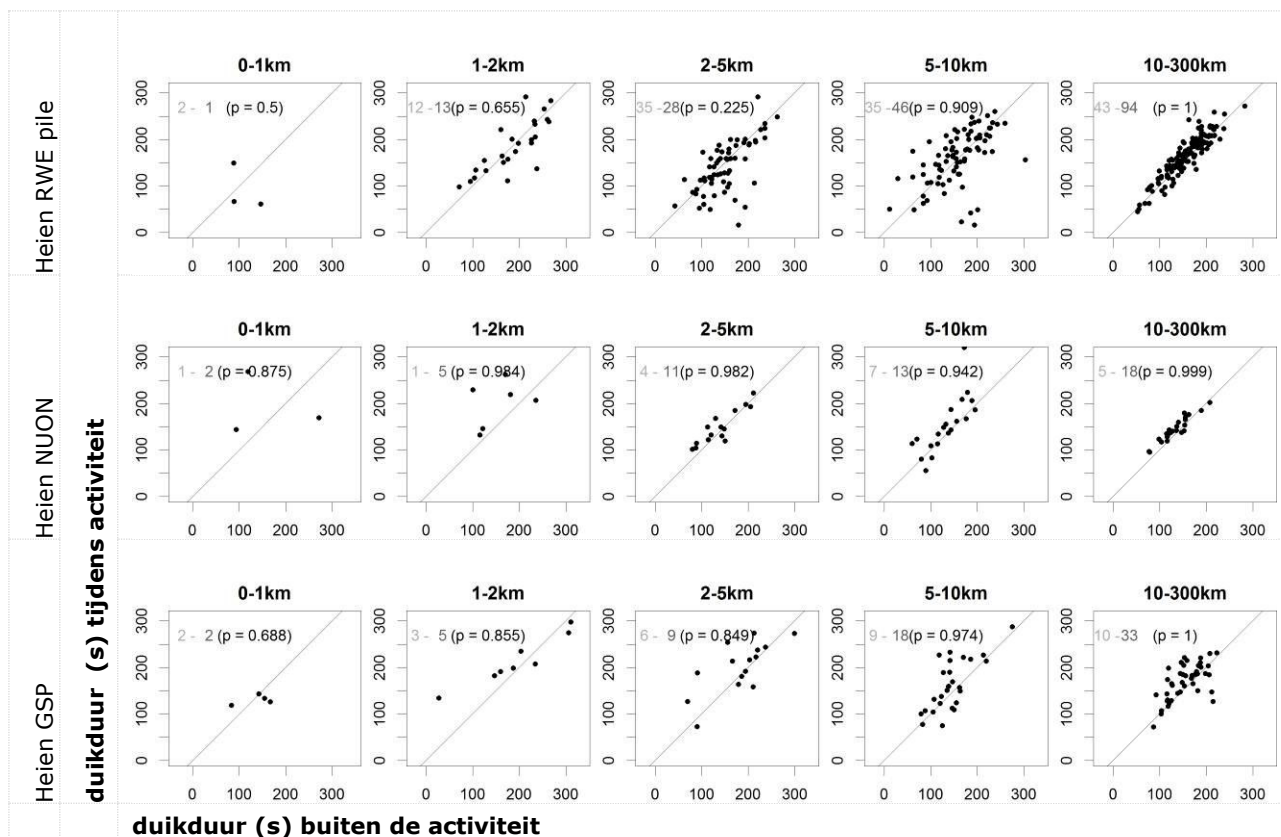
Activiteit	Nauwkeurigheid bouwdata	0-1 km	1-2 km	2-5 km	5-10 km	10-300 km
Heien RWE pile	Minuten	↓↓↓	↓↓↓	0	↓↓↓	↑↑
Heien NUON	Dagen	0	0	0	0	0
Heien GSP	Minuten	0	0	↓↓	0	0
Damwanden NUON	Dagen	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	0	↑↑
Damwanden RWE	Dagen	0	↓↓↓	0	↓↓	↑↑
Schroeven Palen NUON	Dagen	↓↓↓	↓↓	0	↓	0
Stenen Plaatsen Nuon	Uren	0	0	0	↓↓	↑↑↑
Trilblok Buis-planken	Dagen	0	0	↓↓	0	0
Peiling Baggerspecies	Dagen	0	↓↓↓	↓↓	↓↓↓	↑↑
Peiling GEOPLUS	Uren	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↓↓	↑↑↑
Peiling Maandelijks	Uren	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↓	↑↑
Peilingen GSP	Uren	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↑↑
RIB Eemsh Delfzijl	Uren	↓↓↓	0	↓↓↓	↓↓↓	↑↑↑
Bagger GSP Dumping	Minuten	↓↓	↓↓↓	↓↓	↓↓	↑↑
Bagger GSP Loading	Minuten	0	↓↓	↓↓	0	0
Bagger Onderhoud GSP	Minuten	0	↓↓↓	↓↓↓	↓↓	↑↑
Bagger Van der Kamp Dumping	Minuten	0	↓↓	↓↓↓	0	↑↑
Bagger Van der Kamp Loading	Minuten	0	0	↓↓	↓↓↓	↑↑↑
Dumping AusserEms	Minuten	↓↓↓	↓↓	↓	↓↓	↑
Loading AusserEms	Minuten	↓	0	↓	↓↓	↑

5.2.5.2 Effect van activiteiten op duikduur en duiksnelheid

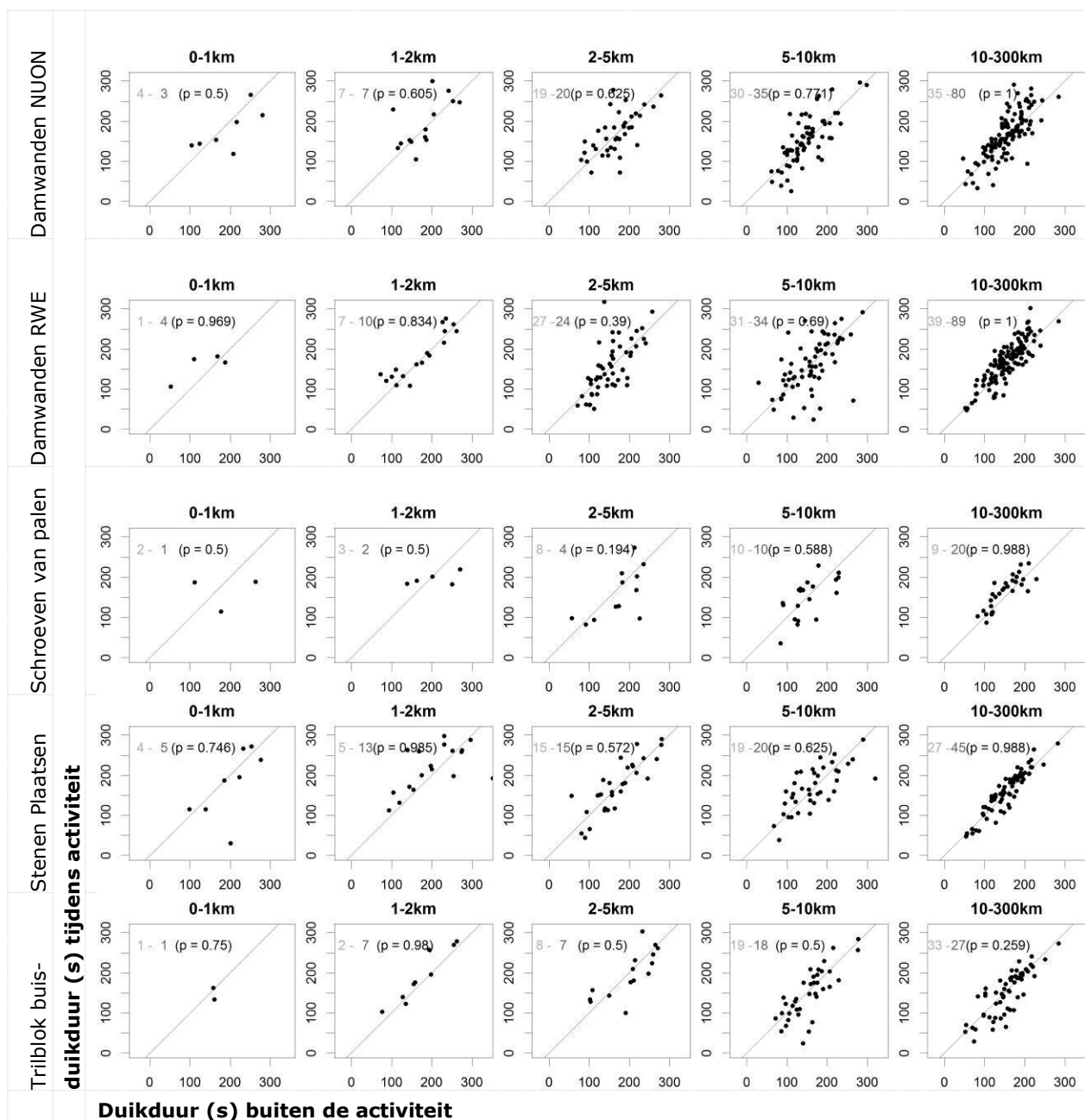
Duikduur

Zoals in het rapport 2010 werd aangetoond kan duikactiviteit een indicatie zijn voor gedrag. Bij actieve duiken, bv. bij het vangen van vis, zal een duik korter zijn dan bij duiken tijdens de slaap, omdat het dier vaker moet ademen. Waar het dieper is, zal een dier ook langer moeten duiken dan in ondiep water om de bodem te bereiken, en bij het zwemmen naar een ander gebied hoeft het dier niet naar de bodem en kan het zijn duiktijd laten afhangen van zijn zuurstofbehoefte. In 2009 en 2010 zijn aanwijzingen gevonden dat individuele dieren hun duikduur kunnen veranderen in verband met het begin van een activiteit. Dit kan echter per dier verschillen. Hieronder wordt getoetst of gemiddeld de dieren op een eenduidige wijze reageren op de verschillende activiteiten zoals dit veelal is gezien bij de aanwezigheid van de dieren op verschillende afstanden van de activiteiten.

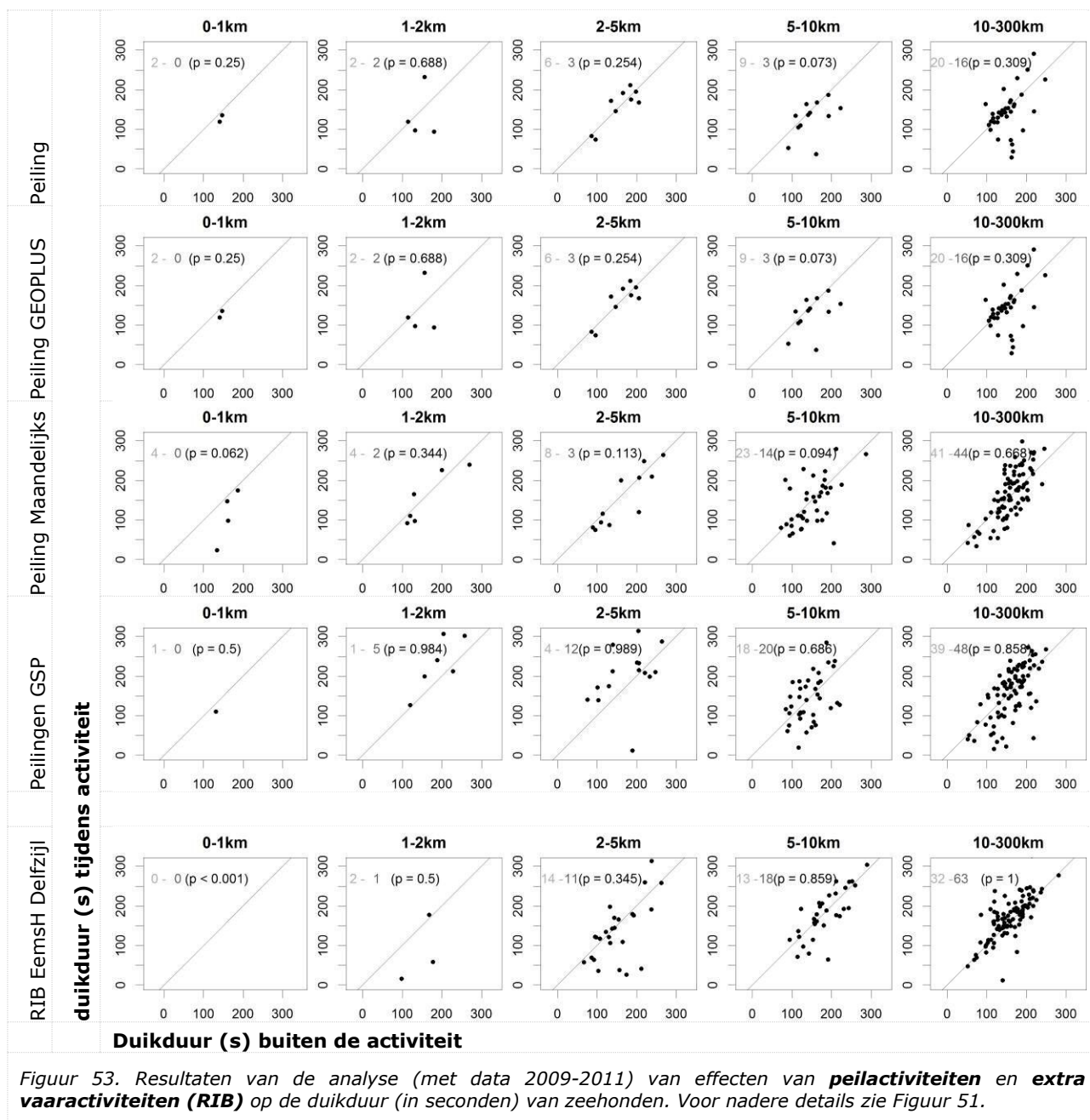
Met opzet is gekozen voor een gelijksoortig format als dat van de voorgaande analyse. Dit zou een eventuele vergelijking kunnen vergemakkelijker. Inspectie van de data laat zien dat het zelden voorkomt dat er een reactie gemeten wordt, hetzij langer hetzij korter duiken, die significant is voor alle getoetste dieren samen. In de discussie wordt hier verder op ingegaan. De resultaten van de analyse van de effecten van de verschillende bouwactiviteiten op het duikgedrag van gewone zeehonden worden voor 2009-2011 in figuur 51 gepresenteerd.



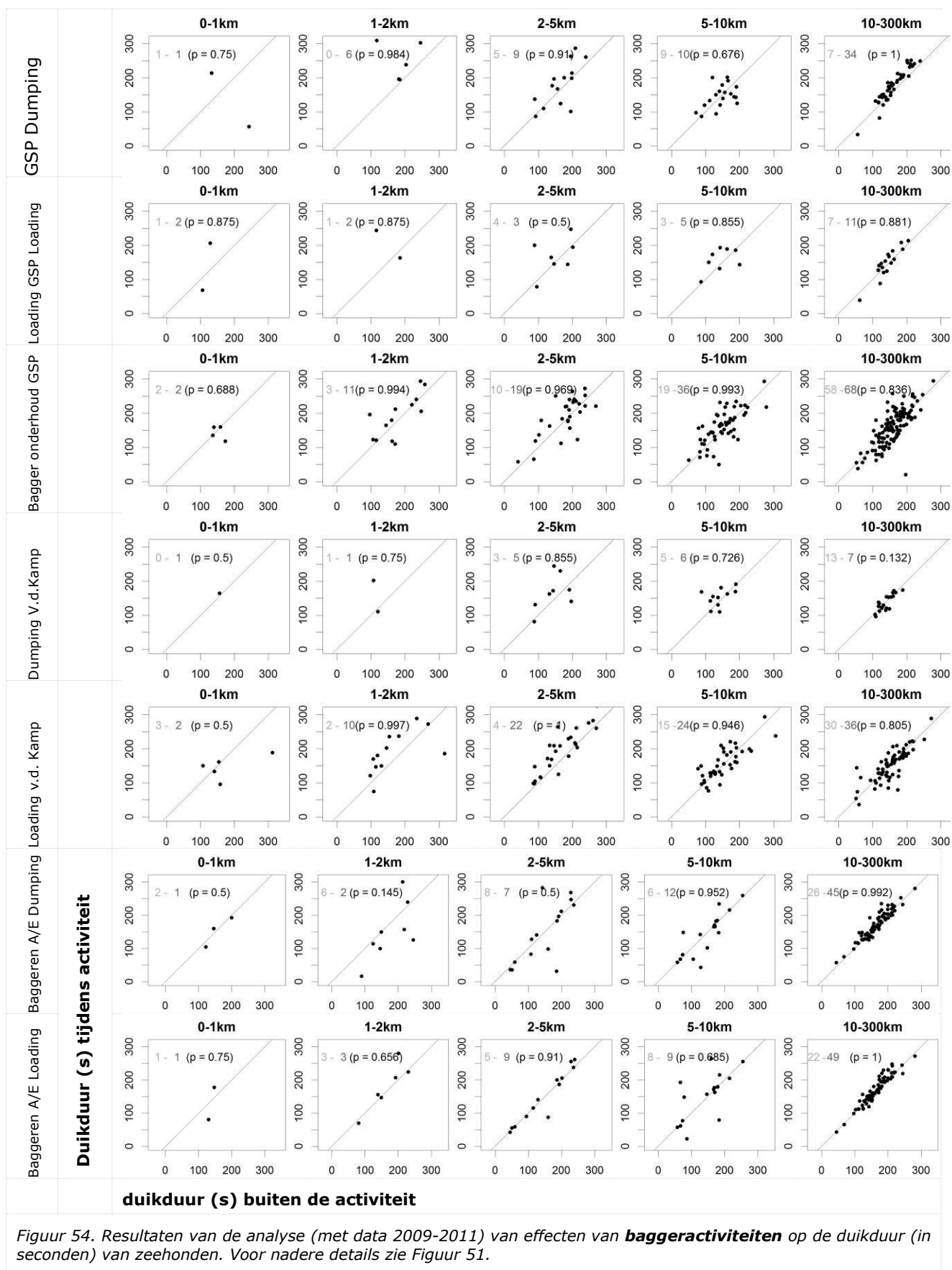
Figuur 51. Resultaten van de analyse (met data 2009-2011) van effecten van **heiactiviteiten** op de duikduur (in seconden) van zeehonden. Getoetst wordt of de duikduur gelijk is buiten (onder de diagonaal) en tijdens (boven de diagonaal) de activiteit. Bij een p-waarde van respectievelijk 0.025 (zeer significant) en 0.05 (significant) duiken de dieren korter dan zonder de activiteit. Bij een p-waarde van respectievelijk 0.975 (zeer significant) en 0.950 (significant), duiken de dieren langer dan zonder de activiteit. Een p-waarde van 0.001 of 0.999 geeft een hoog-significante correlatie aan. De notatie vóór de p-waarde geeft het aantal dieren weer; zie bijvoorbeeld het paneel links boven: 2-1 betekent 2 stippen onder diagonaal tegenover 1 stip boven diagonaal. Waarnemingen op de diagonale lijn geven aan dat er geen verschillen zijn tussen de duikduur tijdens en buiten de activiteit.



Figuur 52. Resultaten van de analyse (met data 2009-2011) van effecten van **diverse aanlegactiviteiten** op de duikduur (in seconden) van zeehonden. Voor nadere details zie Figuur 51.



Opvallend is dat bij peilingen en de RIB-tochten de meeste dieren langer duiken (hoewel niet significant) terwijl bij de baggerwerkzaamheden dit juist andersom is, soms zeer significant.



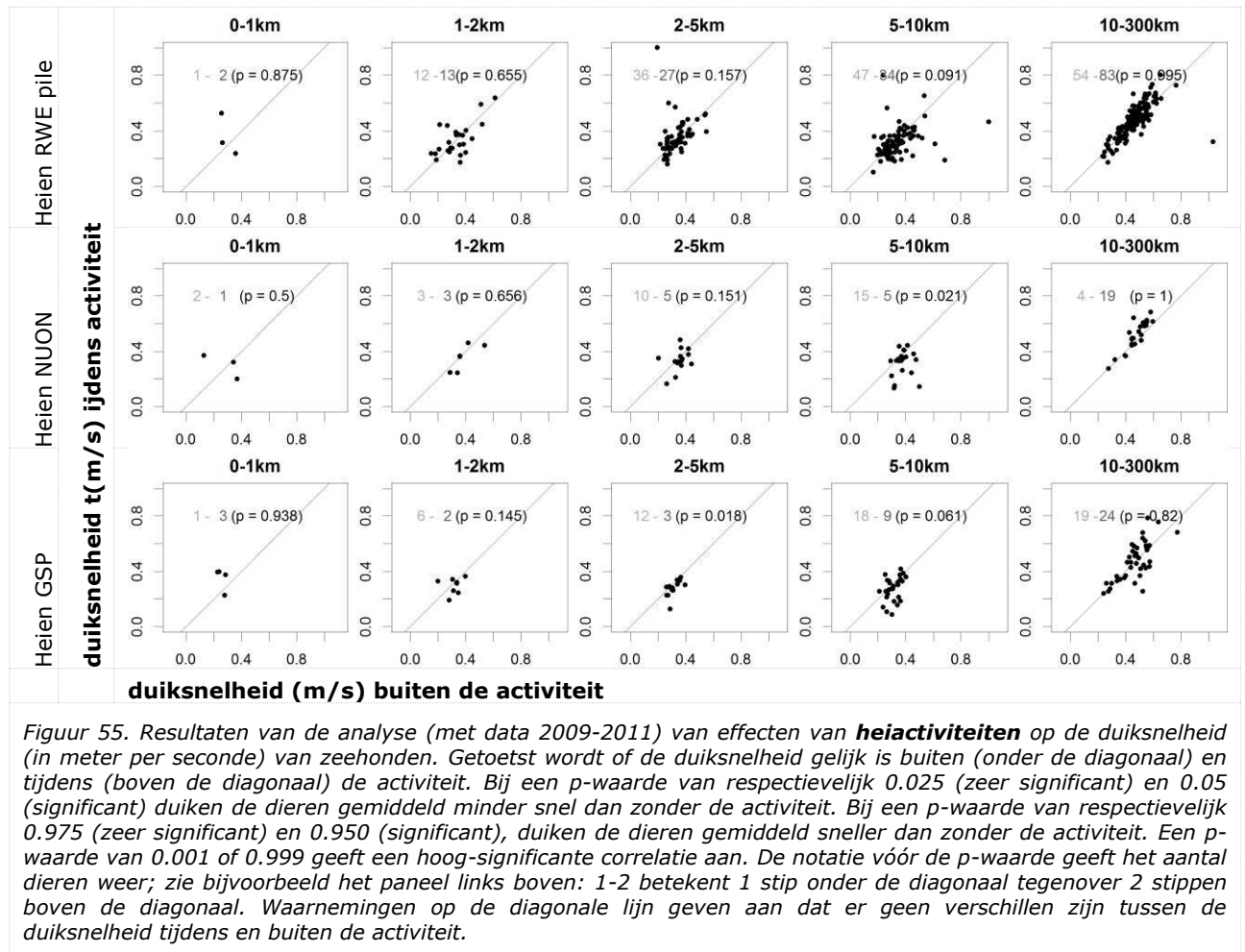
Samengevat is in de meeste gevallen gemiddeld geen significant effect op de gemiddelde duikduur van de zeehonden te zien. Dat zou kunnen betekenen dat de zeehonden die binnen de besproken afstandscategorieën aanwezig waren, als gevolg van de activiteiten óf niet reageerden met een verandering in hun duikduur óf dit wel deden maar dat de reactie variable was (zowel langere als kortere duiken komen voor). In het laatste geval vallen getoonde reacties bij statistische toetsing dan rekenkundig tegen elkaar weg.

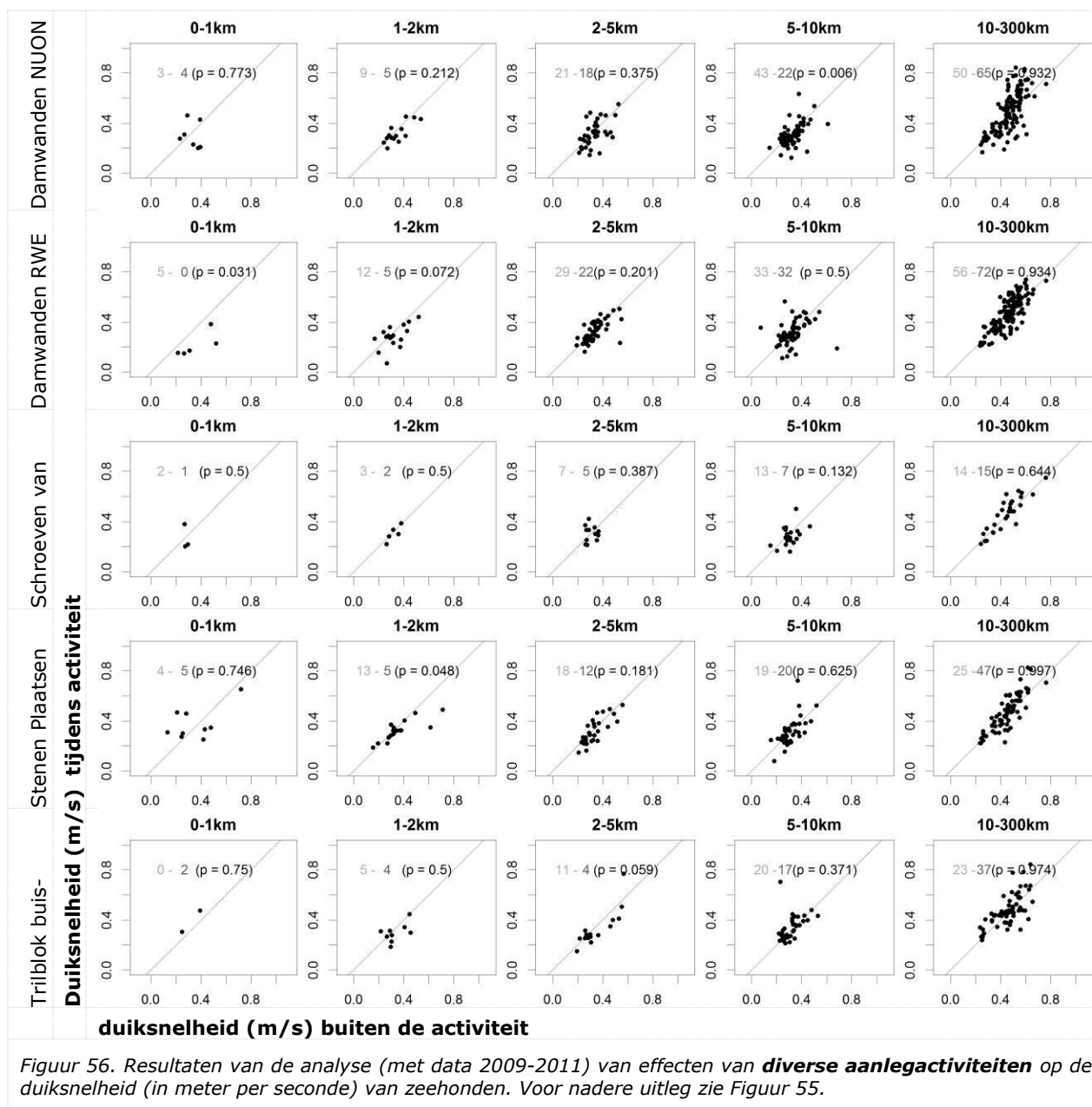
Tabel 9. Overzicht van de resultaten van de analyse van effecten van activiteiten op de duikduur van zeehonden in 2009-2011. (Zie Figuur 51 tot en met Figuur 54). Getoetst wordt of de duikduur gelijk is tijdens en buiten de activiteit. Wanneer de dieren korter duiken wanneer de activiteit gaande is, is dit met een ↓ aangegeven (bij een p van 0.05 (significant)) en ↓↓ (bij een p van 0.025 (zeer significant)). Duiken de dieren in het gebied langer met dan zonder de activiteit dan is dit met een ↑ aangegeven (bij een p van 0.950 (significant)), respectievelijk een ↑↑ (bij een p van 0.975 (zeer significant)). Bij hoge significantie (een p-waarde van resp 0.999 of 0.001) werden drie pijlen gebruikt. Een 0 geeft aan dat geen significant effect gevonden wordt. Voor elke activiteit is weergegeven met welke nauwkeurigheid de bouwgegevens werden geleverd. Hierbij wordt met "dagen" bedoeld dat wel per dag wordt aangegeven wanneer op die dag met de werkzaamheden is begonnen en gestopt, maar niet per afzonderlijke slag. De activiteiten waarvoor alleen bouwdata met een lage nauwkeurigheid (dagen) beschikbaar waren, zijn lichtgrijs gearceerd; de restcategorie 10-300 km is donkergrijs gearceerd (blijft buiten beschouwing).

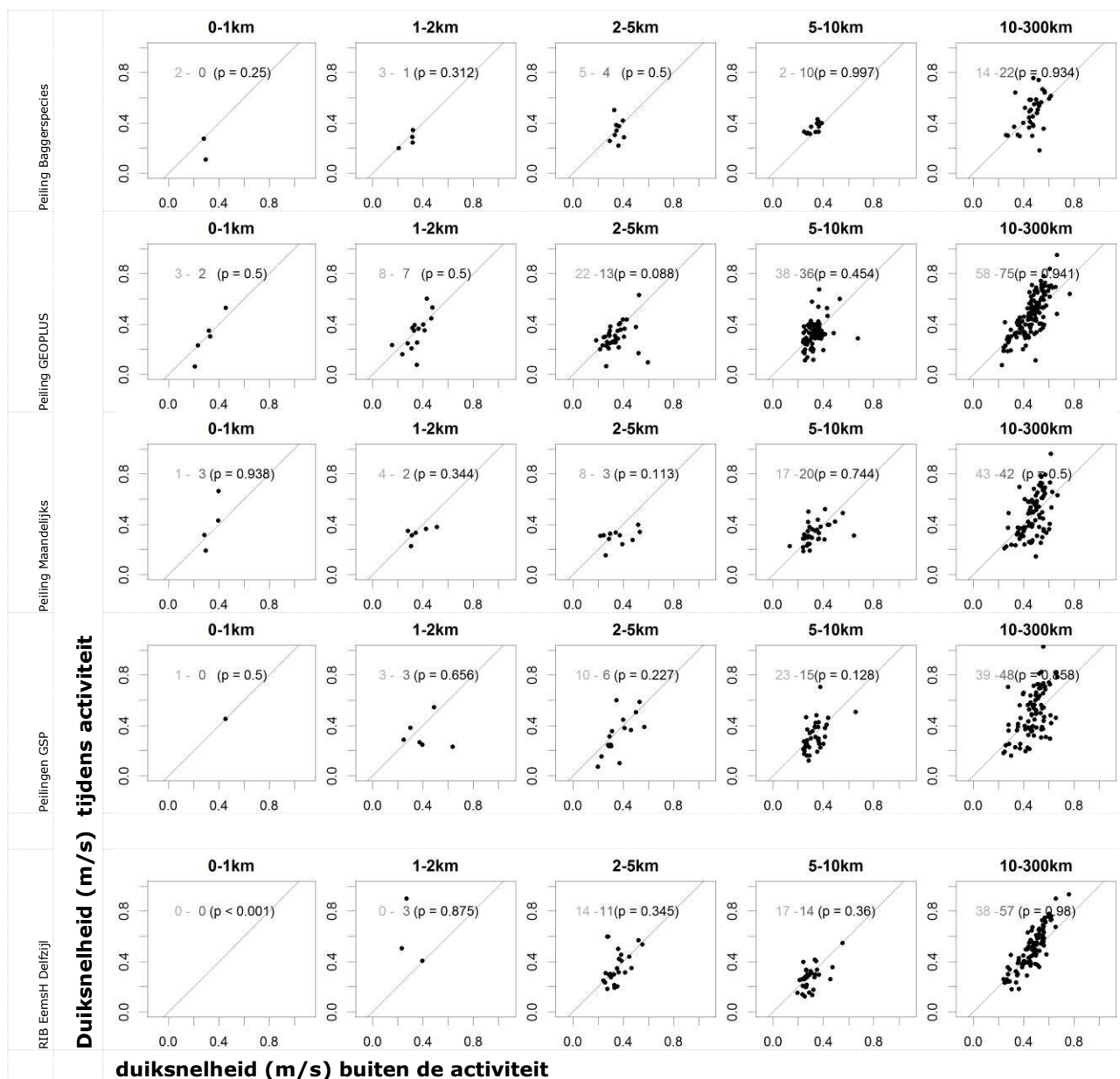
Activiteit	Nauwkeurigheid bouwdata	0-1 km	1-2 km	2-5 km	5-10 km	10-300 km
Heien RWE pile	Minuten	0	0	0	0	↑↑↑
Heien NUON	Dagen	0	↑↑	↑↑	0	↑↑↑
Heien GSP	Minuten	0	0	0	↑↑	↑↑↑
Damwanden NUON	Dagen	0	0	0	0	↑↑↑
Damwanden RWE	Dagen	↓	0	0	0	↑↑↑
Schroeven Palen NUON	Dagen	0	0	0	0	↑↑
Stenen Plaatsen Nuon	Uren	0	↑↑	0	0	↑↑
Trilblok Buis-planken	Dagen	0	↑↑	0	0	0
Peiling Baggerspecies	Dagen	0	0	0	0	0
Peiling GEOPLUS	Uren	0	0	0	0	0
Peiling Maandelijks	Uren	0	0	0	0	0
Peilingen GSP	Uren	0	↑↑	↑↑	0	0
RIB Eemsh Delfzijl	Uren		0	0	0	↑↑↑
Bagger GSP Dumping	Minuten	0	↑↑	0	0	↑↑↑
Bagger GSP Loading	Minuten	0	0	0	0	0
Bagger Onderhoud GSP	Minuten	0	↑↑	↑	↑↑	0
Bagger Van der Kamp Dumping	Minuten	0	0	0	0	0
Bagger Van der Kamp Loading	Minuten	0	↑↑	↑↑↑	0	0
Baggeren Ausserems_Dumping	Minuten	0	0	0	↑	↑↑
Baggeren Ausserems_Loading	Minuten	0	0	0	0	↑↑↑

Duiksnelheid

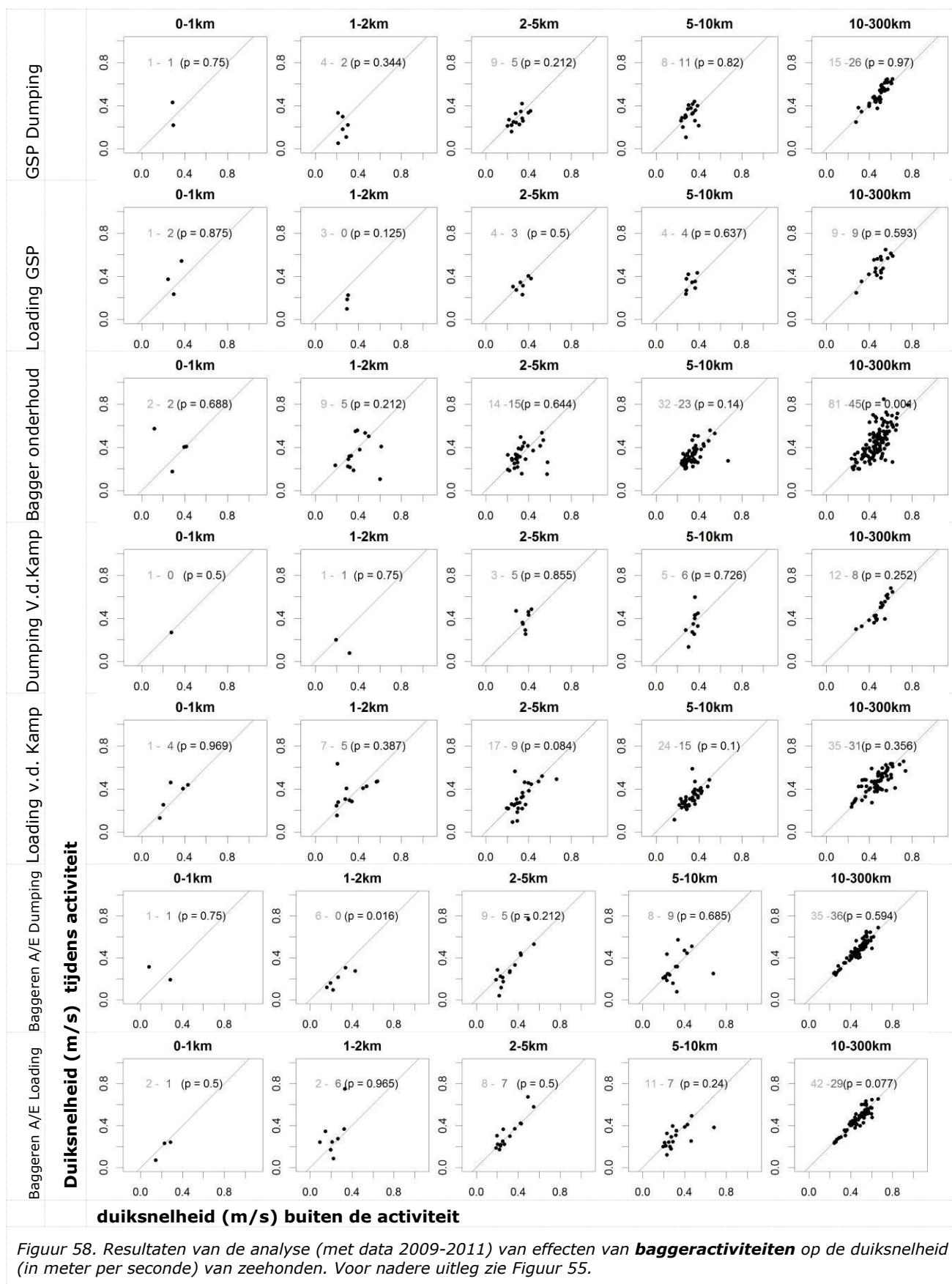
Onderzocht is of de gemiddelde duiksnelheid van elke zeehond voor elke activiteit waarbij de zeehond zich binnen verschillende afstandsklassen van de activiteit bevond, verandert wanneer een activiteit gaande is. In de figuren 53-56 wordt voor alle in 2009-2011 verzamelde data, de duiksnelheid vergeleken per afstandscategorie als er een activiteit gaande is en als deze niet gaande is.







Figuur 57. Resultaten van de analyse (met data 2009-2011) van effecten van **peilactiviteiten en extra vaaractiviteiten (RIB)** op de duiksnelheid (in meter per seconde) van zeehonden. Voor nadere uitleg zie Figuur 55.



Hoewel er in een gering aantal gevallen significante correlaties gevonden zijn, moet worden vastgesteld dat samengevat in de meeste gevallen gemiddeld geen significant effect op de gemiddelde duiksnelheid van de zeehonden aantoonbaar is. Dat houdt in dat de zeehonden die binnen de besproken afstandscategorieën, óf niet op de activiteiten reageerden óf dat wel deden maar niet op dezelfde manier (sneller/minder snel) waardoor bij statistische toetsing getoonde reacties rekenkundig tegen elkaar wegvallen (Tabel 10).

Tabel 10. Overzicht van de resultaten van de analyse van effecten van activiteiten op de duiksnelheid van zeehonden in 2009-2011. (Zie ook Figuur 55 tot en met Figuur 58). Getoetst wordt of de duiksnelheid gelijk is tijdens en buiten de activiteit. Wanneer de dieren sneller naar de bodem duiken wanneer de activiteit gaande is, is dit met een ↓ aangegeven (bij een p van 0.05 (significant)) en ↓↓ (bij een p van 0.025 (zeer significant)). Duiken de dieren in het gebied langzamer met dan zonder de activiteit dan is dit met een ↑ aangegeven (bij een p van 0.950 (significant)), respectievelijk een ↑↑ (bij een p van 0.975 (zeer significant)). Bij nog hogere significantie (een p van resp 0.999 of 0.001) werden drie pijlen gebruikt. Een 0 geeft aan dat geen significant effect gevonden wordt. Voor elke activiteit is weergegeven met welke nauwkeurigheid de bouwgegevens werden geleverd. Hierbij wordt met "dagen" bedoeld dat wel per dag wordt aangegeven wanneer op die dag met de werkzaamheden is begonnen en gestopt, maar niet per afzonderlijke slag. De activiteiten waarvoor alleen bouwdata met een lage nauwkeurigheid (dagen) beschikbaar waren, zijn lichtgrijs gearceerd; de restcategorie 10-300 km is donkergrijs gearceerd (blijft buiten beschouwing).

Activiteit	Nauwkeurigheid bouwdata	0-1 km	1-2 km	2-5 km	5-10 km	10-300 km
Heien RWE pile	Minuten	0	0	0	0	↓↓
Heien NUON	Dagen	0	0	0	↑	↓↓↓
Heien GSP	Minuten	0	0	↑↑	0	0
Damwanden NUON	Dagen	0	0	0	↑↑	0
Damwanden RWE	Dagen	↑↑	0	0	0	0
Schroeven Palen NUON	Dagen	0	0	0	0	0
Stenen Plaatsen Nuon	Uren	0	↑	0	0	↓↓↓
Trilblok Buis-planken	Dagen	0	0	0	0	↓↓
Peiling Baggerspecies	Dagen	0	0	0	↓↓	0
Peiling GEOPLUS	Uren	0	0	0	0	0
Peiling Maandelijks	Uren	0	0	0	0	0
Peilingen GSP	Uren	0	0	0	0	0
RIB Eemsh Delfzjl	Uren		0	0	0	↓↓
Bagger GSP Dumping	Minuten	0	0	0	0	↓↓
Bagger GSP Loading	Minuten	0	0	0	0	0
Bagger Onderhoud GSP	Minuten	0	0	0	0	↑↑
Bagger Van der Kamp Dumping	Minuten	0	0	0	0	0
Bagger Van der Kamp Loading	Minuten	↑↑	0	0	0	0
Bagger Aussereems Dumping	Minuten	0	0	0	0	0
Bagger Aussereems Loading	Minuten	0	↑↑	0	0	0

5.3 Discussie

Ten behoeve van de vergunningverlening voor de activiteiten van de initiatiefnemers in de Eemshaven werd in 2007 (Brasseur 2007) een overzicht gemaakt van de mogelijke effecten van de voorgenomen bouwactiviteiten in en rondom de Eemshaven. Een van de problemen die dat werden voorzien, was dat de dieren door de bouwactiviteiten en het intensievere menselijk gebruik van het gebied verstoord zouden kunnen worden. Dit zou hun gedrag negatief kunnen beïnvloeden. Op langere termijn zou het gebruik van het gebied door de dieren zodanig kunnen worden beïnvloed, dat de aantallen zeehonden zich minder snel zouden herstellen dan gewenst en uiteindelijk zo zeer zouden teruglopen dat van herstel geen sprake kon zijn. Hoewel bij de zenderstudie individuele dieren enkele maanden gevolgd kunnen worden, is men voor de langere termijn afhankelijk van de vliegtuigtellingen (hoofdstuk 4). Daarmee is dan helaas geen individueel gedrag te volgen. Het is juist de combinatie van deze twee typen onderzoeken die een complete analyse mogelijk maakt.

In de drie jaar dat de zenderstudie plaatsvond, is gewerkt aan het verzamelen van basisgegevens om te begrijpen hoe de gewone zeehonden het Eemsgebied gebruiken en wat de variatie hierin is. Ook is geprobeerd aanwijzingen te vinden voor effecten van de bouwactiviteiten of het ontbreken ervan op specifieke componenten van het gedrag van de zeehonden waaronder hun gebruik van het habitat. De studie kent enkele beperkingen. De reacties die met zenders kunnen worden gemeten, zijn veranderingen in het gebruik van het habitat, maar ook in het duikgedrag en het zogenaamde haulout-gedrag (het op de kant komen). Essentieel in de studie naar de effecten van bouwactiviteiten op deze gedragingen is aan de ene kant een goed begrip van wat de zeehonden "normaal" zouden doen. Daarnaast is het noodzakelijk om eventuele afwijkingen te kunnen relateren aan de te toetsen activiteiten. Voor deze studie waren geen gegevens uit directe metingen aan de ontplooiende activiteiten beschikbaar, wel beschrijvingen van de werkzaamheden. Bovendien kon gegeven de omstandigheden geen zogenaamde T0 worden beschreven, waarbij de uitgangssituatie wordt beschreven ter vergelijking met een gewijzigde situatie; hier: de situatie mét te toetsen bouwactiviteiten. Tevens ontbreekt het aan grondige vergelijkbare studies elders waarbij zowel de schaal van de activiteiten als de termijn (midden en lange termijn) vergelijkbaar zijn. Ten slotte, bekend is dat gewone zeehonden zeer grote individuele variatie vertonen hetgeen de statistische analyse van zenderdata bij een relatief kleine steekproef zoals hier bemoeilijkt.

Het is bekend dat er een zekere plaatstrouwheid is bij gewone zeehonden, maar in het algemeen ontbreekt het aan methodes om langere tijd (jaren) individuen te volgen om patronen hierin te herkennen. Van Parijs et al. (2000a) en Härkönen en Harding (2001), vinden op verschillende tijdschalen (respectievelijk binnen een voortplantingsseizoen en zelfs 14 jaar) dat individuen tijdens het voortplantingsseizoen in het zelfde gebied terugkomen en blijven. Recentelijk lieten Cunningham et al. (2009) zien dat ook gedurende een "zenderperiode" de dieren vaker één bepaald gebied gebruiken.

5.3.1 Hypotheses

In eerste instantie is aan de hand van de zenderdata een eerste indruk verkregen van het gedrag van de dieren in het Eemsgebied. Dit heeft tot doel afwijkingen hierin te kunnen herkennen. Het is bekend dat zeehonden afhankelijk van de sterkte van het geluid dat door een menselijke activiteit wordt veroorzaakt, het geproduceerde geluid op grote afstanden kunnen waarnemen (Kastelein 2006a, 2006b). Kastelein et al. (2006a) gaan uit van enkele tientallen kilometers. Het is dan ook te verwachten dat eventuele reacties rondom de geluidsbron (hier: de bouwgerelateerde activiteiten) zullen optreden. Een reactie is ook te verwachten als gevolg van andere stimuli zoals visuele prikkels. Echter, de draagwijdte (afstand van waarneembaarheid) van geluid onder water overstijgt die van andere prikkels zoals licht vele malen.

De hoofdhypothese luidt dan ook:

Zeehonden reageren op stimuli. Dit leidt tot vluchtgedrag of afwijkingen in het normale gedrag.

Daaraan gekoppeld is de volgende hypothese:

Veranderingen in stimuli in de omgeving leidt tot verandering in het gebruik van het gebied. Op de lange termijn, of bij extreme stimuli, leidt dit tot verlating van het gebied door residente dieren en/of het vermijden van het gebied door nieuwe dieren.

Om deze hypothesen te toetsen is kennis nodig over het normale gedrag en habitatgebruik, maar ook kennis over de stimuli. Tijdens deze studie is een groot aantal werkzaamheden uitgevoerd, die als mogelijke stimuli worden beschouwd. Echter door het ontbreken van directe metingen is het moeilijk aan te geven tot op welke afstand deze door de dieren werden waargenomen. Dit bemoeilijkt de interpretatie van de observaties. Echter, er is een methode ontwikkeld om afwijkend gedrag te identificeren voor verschillende afstandscategorieën. De zeehonden geven bij wijze van spreken zelf aan op welke afstand tot de geluidsbron zij reageren. De inzet van zenders was erop gericht deze reacties te registreren.

We zijn in deze studie geconfronteerd met een zeer sterke individuele variatie die maar ten dele verklaard wordt door het geslacht of de leeftijd van de individuen. Dit hebben we opgelost door de individuele dieren tegen zichzelf te toetsen (zie subhoofdstuk 5.1.3). Dit kan alleen omdat we voldoende dieren hebben gezenderd.

Wat betreft het gedrag en de veranderingen daarin die men wil observeren, is men beperkt door wat verzameld wordt door de zenders. Samengevat hebben we gegevens over (veranderingen in) locatie, duikgedrag en haulout-gedrag.

Haulout-gedrag is sterk gekoppeld aan de aanwezigheid van ligplaatsen, waarvan de verdeling niet gelijkmatig is over het onderzoeksgebied en daarom moeilijk te gebruiken in de ontwikkelde methodiek. Daarnaast blijkt uit het werk van 2009 dat verstoring kan leiden tot of vluchtgedrag uit het gebied (dus minder haulout) of tot vluchtgedrag de platen op (meer haulout). Voor de effectstudies is daarom vooral gekeken naar ligplaatsgebruik en duikgedrag.

5.3.2 Zeggingskracht data en analyse

Met de verzamelde gegevens kan een goed beeld worden gevormd van het gebruik van het gebied door zeehonden afkomstig uit verschillende delen van het Eemsgebied. De gegevens laten niet alleen zien waar dieren zich ophouden, maar ook wat ze daar doen. De zenders verzamelen zeer gedetailleerde informatie over het gedrag van individuele zeehonden; zoals hun ruimtelijke verspreiding, hun tijdsbesteding op de ligplaatsen en hun duikgedrag. Dit gedrag kan worden beïnvloed door zowel natuurlijke biologische en fysische processen als menselijke activiteiten zoals bouwwerkzaamheden en scheepvaart. Door de individuele variatie blijft het moeilijk de verkregen gegevens te extrapoleren naar de populatie. Dat wordt deels gecompenseerd doordat in deze studie naar verhouding veel zeehonden van een zender zijn voorzien.

De technische problemen die zich aan het eind van 2011 bij de zenders voordeden, hebben ervoor gezorgd dat de periode waarvoor het trekgedrag van de zeehonden in relatie tot de bouwactiviteiten kan worden geanalyseerd, ongeveer zes weken korter is dan onder normale omstandigheden het geval zou zijn geweest. Daardoor is het aantal datapunten die voor de analyses van de individuele activiteiten worden gebruikt, licht gereduceerd. De algehele prestatie van de zenders aan het eind van 2011 was echter niet extreem veel lager dan in voorgaande jaren, aangezien de zenders ook toen al een wisselende levensduur vertoonden. De uitwerking van de zenderuitval op de statistische resultaten is al met al zeer beperkt gebleven.

5.3.3 Directe metingen aan individuele zeehonden

Bij elke zenderactie zijn steeds naast de twee grotere mannetjes en vrouwtjes twee van de kleinste dieren geselecteerd. In 2010 werden naar verhouding minder jonge (sub-adulte) dieren van een zender voorzien dan gepland was; in 2011 was dit in beide seizoenen beter gelukt. Opvallend is dat er in 2011 weinig echt grote dieren waren waardoor de gemiddelde lengte van de zeehonden (vooral de mannetjes) daalt in de drie jaar van de studie (Figuur 27).

Er werd in vier gebieden in het Eemsgebied gezenderd (Figuur 24). In maart, vlak voor het voortplantingsseizoen, hebben de dieren uit de verschillende gebieden in het Eemsgebied een vergelijkbare conditie. In het najaar, na de voortplanting, zijn zeehonden over het algemeen in een slechtere conditie. Dit is een bekend verschijnsel, de dieren hebben geïnvesteerd in de voortplanting en verharing. Hoewel het verschil tussen de verschillende gebieden niet significant is, lijkt het verschil tussen voorjaars- en najaarsconditie bij de dieren van de Hond en Paap en de Dollard groter dan bij de dieren in de andere gebieden in het studiegebied. Ervan uitgaande dat alle dieren eenzelfde kans hebben gevangen te worden, zou dit erop kunnen duiden dat de dieren in de Eems minder snel 'herstellen' van de voortplanting en verharing. Om dit te toetsen zouden grotere aantallen moeten worden gewogen en gemeten.

5.3.4 Zendergegevens van individuele zeehonden

Hoewel de locatiedata niet de exacte verplaatsing binnen een interval van meestal 20 minuten weergeven, zijn ze voldoende precies om daarmee een goed beeld te schetsen van het trekgedrag van de gezenderde dieren in het studiegebied. De resultaten voor 2011 zijn over het algemeen vergelijkbaar met de resultaten van de voorgaande twee jaren. De dieren van de Hond en Paap en de Dollard vertonen de meeste variatie in hun verspreiding. Het is niet duidelijk wat hier de oorzaak van is. Mogelijk is voor veel dieren de variatie te wijten aan de grotere afstand tot hun (hoofd)ligplaats. Uit de literatuur is bekend dat zeehonden variatie vertonen in de duur van hun tochten en de afstanden die ze daarbij afleggen, gerekend vanaf hun ligplaatsen. Thompson et al. (1998) en Lowry et al. (2001) hebben vastgesteld dat de variatie samenhangt met de lengte en het geslacht van de zeehonden en het seizoen.

De dieren gevangen op de Hond en Paap en in de Dollard komen het vaakst in hun vanggebieden op de kant, ook maken aanzienlijk meer volwassen dan subadulte dieren gebruik van het Eemsgebied, wat ten dele te verklaren is met het feit dat er weinig subadulte dieren met een zender zijn uitgerust. Het grote verschil in de absolute aantallen tussen de beide leeftijdsklassen maakt echter duidelijk dat er wel degelijk sprake is van een leeftijdsgebonden verschil in gebruik moet zijn.

Wanneer we inzoomen op de Eemshaven zien we eveneens een vergelijkbaar beeld als in 2009 en 2010 (zie ook Figuur 35). Opvallend is dat de dieren uit het Sparregat en in mindere mate die van het Randzelgat zelden of nooit voorbij de Eemshaven naar het zuiden zwemmen. Aangezien de dieren van de Dollard en met name die van de Hond en Paap dit wel doen, kan worden aangenomen dat er geen fysieke barrière is in het gebied rond de Eemshaven. Voor de dieren van de Hond en Paap en de Dollard is dit anders. Als zij de Noordzee langs de kortste route op willen gaan moeten zij vóór de Eemshaven langs zwemmen. Van deze groep maakt slechts een enkele zeehond intensiever gebruik van het gebied vlak voor de Eemshaven; de meeste dieren trekken er alleen langs. Dit zou kunnen duiden op het vermijden van het gebied. Voor alle waarnemingen geldt echter dat er een zeer grote individuele variatie is. Er is zelfs een zeer klein aantal dieren dat de Eemshaven inzwemt.

Wanneer de waarnemingen van de op de verschillende locaties gevangen dieren worden gecombineerd, zien we dat adulte vrouwtjes vaker (meer waarnemingen) in het gebied vlak bij de Eemshaven aanwezig zijn zelfs wanneer voor de verschillen in aantal gezenderde vrouwtjes en mannetjes wordt gecorrigeerd. De verhouding dag/nacht-aanwezigheid in het Eemsgebied is wel dezelfde bij mannetjes als bij vrouwtjes: 0.79 (Tabel 7).

Net als in de voorgaande jaren veranderen de dieren in het weekend vergeleken bij door de week niet opvallend van gedrag, terwijl er wel minder wordt gewerkt. Dit lijkt tegenstrijdig met wat we zien bij het dag/nacht-verschil en zou erop kunnen wijzen dat de dieren niet op deze tijdschaal kunnen anticiperen op de verandering in activiteit in hun omgeving. Ook is het mogelijk dat er tijdens het weekeinde activiteiten plaatsvonden die in het kader van deze studie niet geregistreerd en/of verzameld zijn, of het is zo dat de stimuli, die van de dan nog uitgevoerde activiteiten uitgingen, niet tot een reactie hebben geleid omdat de stimuli niet sterk genoeg waren en onder de drempel van beïnvloeding bleven. Wel lijkt het erop dat tijdens werkdagen iets minder dieren vlak langs de haven zwemmen.

Wanneer naar de verschillen in het dag/nacht-gedrag wordt gekeken moet in acht worden genomen dat zeehonden overdag vaker de kant op gaan dan 's nachts. Dit maakt het minder waarschijnlijk dat 's nachts dezelfde hoeveelheid locaties wordt geregistreerd als overdag. Het verschil in haulout-gedrag tussen de geslachten en leeftijdsklassen zou als gevolg daarvan eveneens de verschillen in hun habitatgebruik kunnen verklaren.

De analyse van de locatiepunten in relatie tot de drie-uur-getijintervallen (afgaand water, rondom laagwater, opkomend water, rondom hoogwater) maakt duidelijk dat er een groot verschil is tussen de dieren van de verschillende vanglocaties. Waarom de dieren van de Hond en Paap het gebied in de nabijheid van de Eemshaven in alle intervallen even intensief gebruiken en zo veel meer gebruiken dan de dieren van de andere vanglocaties, is niet eenduidig te verklaren; de directe nabijheid van de zandbank Hond en Paap speelt hier zeker een rol, maar is als verklaring niet voldoende.

In Figuur 35 wordt duidelijk dat de gemiddelde duur van een zgn. haulout-bout in de loop van het jaar weinig varieert: zeehonden zijn per keer gemiddeld 5 uur op de kant. In 2010 was de duur in januari/februari langer. Dit is gerelateerd aan de weersomstandigheden (ijsvorming op de zandbanken). De dieren konden waarschijnlijk minder vaak op de kant komen. Als het dan wel kon, bleven ze langer op de plaat liggen. Hoewel minder duidelijk is dit ook in 2011 zichtbaar.

Het is onduidelijk welke parameters de voorkeur van zeehonden voor een specifieke ligplaats bepalen. Hun haulout-gedrag zou theoretisch door geomorfologische veranderingen van de zandbanken kunnen worden beïnvloed. Er is geen recente informatie beschikbaar over dergelijke veranderingen. Maar observaties in de laatste decennia laten zien dat zeehonden niet werkelijk gevoelig zijn voor geomorfologische veranderingen, tenzij een zandbank volledig verdwijnt.

Opvallend is dat de meeste dieren gemiddeld op dezelfde tijd van de dag op de kant komen, onafhankelijk van het seizoen en het getij (Figuur 36). Om te zien of het haulout-moment in het Eemsgebied later of vroeger op de dag valt, zijn in dit rapport de gebieden om de Eemshaven en daarbuiten apart weergegeven. Duidelijk is dat op de ligplaatsen buiten het Eemsgebied de dieren rond of net na de middag op de kant komen. Dit varieert van jaar tot jaar licht, maar wordt vooral duidelijk wanneer de gegevens gemiddeld voor het hele jaar worden bekeken. We zien dat in het algemeen hun aanwezigheid in de deelgebieden in en om de Eemshaven (Hond en Paap en Randzelgat) in de ochtend een piek vertoont. Deze neemt af tussen 8:00 en 10:00 uur als veel van de bouwgerelateerde activiteiten beginnen. Opvallend is daar de dip in het midden van de dag. Mogelijk passen de dieren hun gedrag in relatie tot de werkzaamheden aan. De Dollard piekt in 2009 en 2010 vooral 's morgens, misschien onder invloed van de activiteiten in of bij de haven van Emden. In 2011 kon een dergelijke piek echter niet worden waargenomen, waardoor hierover geen verdere uitspraken mogelijk zijn. Het Sparregat volgt min of meer de lijn van de andere gebieden buiten de Eems, alleen in 2009 is er een extra piek vroeg in de ochtend.

De dieren die op de Hond en Paap rusten, dat wil zeggen vlakbij de Eemshaven, liggen relatief vaker langer op de kant dan de dieren in de andere gebieden. Dit was ook in voorgaande jaren te zien en kan duiden op het midden van verstoring in het water. Ook zou dit het gevolg kunnen zijn van langere

tochten (dus langere haulout om te herstellen). Figuur 38 laat echter zien dat juist vanuit ligplaatsen verder weg van de Eemshaven relatief vaker langere tochten worden ondernomen. Vanaf de Hond en Paap worden vaker korte tochten gemaakt.

Duidelijk is dat als er jongen zijn (in juni/juli) de meeste dieren langer op de kant komen. Voor de vrouwtjes is dit het meest opvallend. Dit wordt veroorzaakt door de geboorte van de jongen en het feit dat de jongen alleen op de kant gezoogd worden. De moeders komen daarom meer en langer aan de kant dan normaal. Een tweede periode waarin meer en langer haulout-gedrag te verwachten is, is in augustus wanneer de dieren verhareen. Echter, omdat de zenders dan afvallen, kon dit effect niet gemeten worden. Uit het onderzoek met de camera (zie hoofdstuk 6) blijkt ook dat het aantal dieren dan maximaal is.

De keuze en het gebruik van een ligplaats ten opzichte van de locaties waar de dieren gezenderd werden, verschilt van jaar op jaar. Opvallend is dat de Hond en Paap en de Dollard praktisch uitsluitend gebruikt worden door de dieren die daar ook gevangen zijn. Op de andere plekken zien we vaker dieren uit andere gebieden. Dit kan erop duiden dat er relatief weinig nieuwe dieren in het gebied stroomopwaarts van de Eems toestromen. Denkbaar is ook dat de Hond en Paap en Dollard een te geïsoleerde ligging hebben en daarom door de dieren van de andere vanglocaties minder bezocht worden.

De uitgevoerde analyses laten zien dat er voor bepaalde activiteiten significante effecten gevonden zijn. Deze geven een statistische correlatie aan, echter nog geen causaal verband. De gevonden relaties kunnen werkelijk bestaan maar sluiten andere oorzaken van het waargenomen effect niet uit. De verschillende bouwactiviteiten zijn statistisch steeds afzonderlijk getoetst. Een analyse waarbij meerdere factoren cumulatief worden onderzocht, zou snel dermate complex worden dat daarvoor zeer grote steekproeven nodig zouden zijn om enige zeggingskracht te behouden. Dat is met de gegevens uit deze studie, die nog maar relatief kort (drie jaar) duurt, niet mogelijk. Daar komt bij dat bepaalde activiteiten een tegengestelde reactie tot gevolg kunnen hebben (zie Camera en EWS) waardoor het effect dat men tracht aan te tonen, rekenkundig tegen een ander effect wegvalt en daardoor onzichtbaar blijft. De geschetste problemen kunnen ook in de navolgende discussie van de effecten van de bouwactiviteiten een rol spelen, maar kunnen op dit moment niet verder beoordeeld worden.

5.3.5 Verspreiding gezenderde zeehonden in relatie tot bouwactiviteiten

Aan de hand van de zenderdata is gekeken of de dieren de gebieden verschillend gebruiken (er meer of minder aanwezig zijn) afhankelijk van waar de door de opdrachtgever gemelde activiteiten plaatsvinden.

De resolutie van de locatiedata van de gezenderde zeehonden is met 20 minuten preciezer dan de resolutie van de data van de meeste bouwgerelateerde activiteiten zodat de locatiedata geschikt zijn voor een effectanalyse zoals die hier is uitgevoerd. Denkbaar is dat een dier zich van de ene afstandscategorie naar de volgende verplaatst en binnen het 20-minuten-interval terugkeert waardoor deze verplaatsing gemist wordt. Bij een verplaatsing als gevolg van een verstoring zullen de dieren echter niet snel naar de bron van verstoring terugkeren. Wanneer een dier wel binnen eenzelfde interval terugkeert, wordt de verstoringreactie gemist en betekent dit dat de resultaten van de analyse eerder een onderschatting van het verstoringseffect weerspiegelen.

Uit de resultaten blijkt ruwweg dat binnen een straal van 10 km rondom de activiteiten een effect kon worden aangetoond, dat wil zeggen dat statistisch significante verbanden zijn gevonden. De gezenderde dieren zijn minder in het gebied aanwezig wanneer de activiteit gaande is dan wanneer dit niet het geval is; de dieren werden dus nooit significant meer in het gebied gevonden wanneer een activiteit plaatsvond. Voor de zones buiten de 10 km-zone is het tegenovergestelde vast te stellen: of er zijn geen significante effecten of de effecten zijn significant positief, dat wil zeggen de dieren komen daar meer

voor wanneer de activiteit plaatsvindt dan wanneer die niet gaande is. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de dieren tijdens veel van de activiteiten de nabijheid van de activiteit mijden.

Voor de heilactiviteiten, maar bijna uitsluitend die van RWE, zijn (zeer) significante resultaten gevonden. Dit zou kunnen samenhangen met de speciale heitechniek die RWE gebruikt of de resolutie van de aangeleverde bouwgegevens.

Bij heien van RWE maar ook bij activiteiten als het aanleggen van damwanden en schroeven van palen (Tabel 8) doet zich het verschijnsel voor dat juist in de categorie 2-5 km, die toch nog vrij dicht bij de activiteiten ligt, geen significante effecten gevonden zijn terwijl wel nog significantie gevonden is in de opvolgende categorie 5-10 km. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat in deze zone de zandbank Hond en Paap gelegen is. Wanneer zeehonden als gevolg van de genoemde activiteiten besluiten om deze zandbank op te gaan, dan kan dit in de analyse zodanig doorwerken dat de significantie niet wordt vastgesteld of onderschat. Een andere reden zou kunnen zijn dat geluid zich onder water niet lineair verspreidt, dat wil zeggen het geproduceerde geluid in de afstandscategorieën niet in dezelfde mate afneemt – het kan met toenemende afstand zelfs weer intensiever worden – waardoor het op verschillende locaties en dieptes verschillend wordt waargenomen door de aanwezige zeehonden. Voor heien NUON is geen significant effect gevonden. De data over deze heiwerkzaamheden hadden een lage resolutie: per dag dat bij NUON een heistelling in werking was, werd een algemene begin- en eindtijd gemeld. Een onbekend deel van de waarnemingen wordt daarmee mogelijk ten onrechte gekoppeld aan een activiteit, terwijl de hei-installatie niet aan het heien was. Het omgekeerde kan ook het geval zijn, namelijk dat daadwerkelijk vertoonde reacties van de zeehonden in de analyse gemaskeerd worden door het gedrag van de zeehonden in de ongestoorde situatie.

Interessant is dat er bij enkele activiteiten negatieve significante effecten zijn in de categorie 5-10 km terwijl berekeningen lieten zien dat het onwaarschijnlijk is dat de dieren de werkzaamheden op die afstand nog hebben kunnen waarnemen (Ainslie et al. 2008). Wellicht verplaatsen de dieren zich als reactie op het heien verder dan strikt noodzakelijk zou zijn.

Buiten het gebied, dat is in de restcategorie 10-300 km, zien we dat de dieren meer aanwezig zijn. De resultaten in deze categorie weerspiegelen de invloed van diverse externe factoren (scheepvaartroutes). Dat wil zeggen, er is in die categorie te veel ruis voor een zinvolle analyse.

Bij het aanleggen van de damwanden door NUON zijn zeer significante effecten gevonden hoewel de data voor deze activiteiten vrij onnauwkeurig waren. Bij deze werkzaamheid wordt praktisch continu doorgewerkt waardoor er naar verwachting minder momenten die als actief gemeld worden, niet actief zijn. Significante negatieve effecten, waarbij dieren het gebied lijken te mijden, worden voor Damwanden RWE gemeten in de categorie 5-10 km. Dichterbij konden maar zeer weinig dieren worden getoetst: van de 17 dieren zijn er 11 die minder van het gebied gebruik maken.

Het schroeven van de palen geeft een zeer significant effect binnen 2 km van de activiteit, niet tussen 2 en 5 km maar wel weer tussen 5 en 10 km. Hier kan weer worden gedacht aan de dieren die op de Hond en Paap zijn gaan liggen of verschillen in de voortplanting van het geluid onder water (zie boven). Het plaatsen van stenen resulteert niet in een significant meetbaar effect. Bij het gebruik van het trilblok zijn geen significante effecten gemeten op korte afstand (tot 2 km) terwijl dit wel is gemeten op een afstand van 5 km en verder van de activiteit. Toch is waar te nemen dat op kortere afstand meer dieren geen gebruik maken van dit gebied. De zeer lage frequentie waarmee deze activiteit heeft plaatsgevonden en de onnauwkeurige tijdregistratie kan debet zijn aan deze resultaten.

Tijdens peilactiviteiten blijken er tot op 5 km afstand zeer significant minder dieren het gebied te gebruiken. Dit geldt, behalve voor de maandelijks peilingen, zelfs tot op 10 km. Alleen voor de peilingen van de baggerspecie is er een uitzondering binnen 1 km. Hierbij konden maar acht dieren worden getest waarvan zes minder in het gebied aanwezig waren. We zien ook dat significant meer dieren zich buiten

het gebied bevinden, wat kan duiden op een ontwijkend gedrag. Voor een groot deel worden de maandelijkse peilingen vooral in de Eemshaven zelf uitgevoerd, waardoor het geluid zich niet ver kan verspreiden. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor de verminderde reactie bij deze activiteit.

Hoewel het varen met RIB's wel significante effecten lijkt te hebben op grotere afstand zijn de resultaten op korte afstand niet significant. De aantallen geteste dieren zijn zeer laag op die afstand.

Voor de baggerwerkzaamheden zien we ook veelal significante en zeer significante negatieve effecten op de aanwezigheid van zeehonden op korte afstanden tot 2, 5 en zelfs tot 10 km. Opvallend is vaak het uitblijven van significante resultaten bij de lage afstanden van 0-1 km. Denkbaar is dat tijdens een activiteit als baggeren meer voedsel beschikbaar komt – vissen worden opgejaagd – waar de zeehonden op afkomen. In vele gevallen zijn de statistische berekeningen met zeer kleine aantallen gedaan wat in de resultaten kan doorwerken. Vooral dumping lijkt een significant effect te hebben op kleinere afstanden, tijdens loading zijn er vaak minder dieren maar is het effect minder vaak significant.

5.3.6 Effecten op duikgedrag

Bij de vergelijking van het duikgedrag met en zonder de activiteiten werd aangenomen dat de meeste dieren op een specifieke manier op een activiteit kunnen reageren, of de duikduur of duiksnelheid door veel dieren op dezelfde wijze zou worden aangepast bij een activiteit. Dit wordt niet duidelijk uit de resultaten (Tabel 9 en 10). In veel gevallen zijn er ondanks de vele zenders weinig data, vooral in de categorieën dicht bij de bronnen 0-1 en 1-2 km. Deze gebieden hebben ook een kleinere oppervlakte. Bovendien was het noodzakelijk voor deze toets dat dieren zowel buiten een activiteit om als tijdens die activiteit zich in het gebied bevonden. Uit de eerdere analyse hebben we gezien dat veel dieren zich bij een activiteit verplaatsen. Het is echter niet zo dat alleen significante relaties gevonden werden bij hoge aantallen. Duikduur bij de heiwerkzaamheden van NUON laat wel een significant beeld zien op de afstand 1-2 km, terwijl er maar zes zeehonden worden getoetst. Daarnaast is niet uit te sluiten dat de dieren die we wel konden meten gedurende de bouwactiviteit, hun gedrag veranderden: een dier kan als eerste reactie bijvoorbeeld een lange of snelle duik maken en vervolgens weer doorgaan met wat het daarvoor aan het doen was, of in een vluchtreactie, juist overgaan op korte of lange duiken.

Opvallend is dat de significante verschillen die er gevonden zijn, vaak duiden op een toename van de duikduur als de activiteit bezig is. Dit lijkt aan te geven dat als gevolg van sommige verstoringen dieren langere duiken maken dan zonder die activiteit. Deze verandering in duikgedrag was ook te zien bij het individueel volgen van zeehonden in de Orkney eilanden terwijl een 'airgun' werd afgevuurd (Thompson et al. 1999/ eigen waarneming).

Hoewel duikduur en duiksnelheid zeer fijne parameters zijn omdat meerdere duiken het gedrag van een zeehond kan helpen typeren, lijkt dit niet de geijkte methode om effecten hierop te toetsen. Een nieuwe methode zou hiervoor moeten worden ontwikkeld, waarbij ook binnen een individu kan worden getoetst en zodoende rekening kan worden gehouden met de individuele variatie.

6 Zeehonden - cameraobservaties

In dit hoofdstuk zijn de bevindingen beschreven van het onderzoek naar mogelijke effecten van bouwactiviteiten in de Eemshaven op zeehonden die gebruik maken van de ligplaats op de zandbank Hond en Paap. Evenals in 2009 en 2010 vonden de observaties van de zeehonden in 2011 plaats met behulp van de vaste cameraopstelling bij de bocht van Watum. Het meerjarige cameraonderzoek geeft inzicht in het gebruik van de zandbank door zeehonden. Met behulp van de camerabeelden wordt onderzocht hoeveel zeehonden op een bepaald moment gebruik maken van de ligplaats. Afwijkingen hierin dienen als inkomend signaal voor het early warning systeem en kunnen, als zij langdurig zijn, tot het afgeven van een early warning leiden.

Door het plaatsen van een vaste cameraopstelling bij de bocht van Watum ter observatie van het aantal zeehonden op de banken, kan inzicht worden verkregen in de potentiële impact van activiteiten in en om de Eemshaven op de dieren die dit gebied gebruiken. Ook wordt een beter beeld verkregen van de potentiële reactie van de dieren op de verschillende activiteiten. Er kunnen dagelijkse beelden van het ligplaatsgebruik (aantal dieren, soort en aanwezigheid van jonge dieren, maar ook gedrag) worden opgeslagen, die een gedetailleerd inzicht geven in het ligplaatsgebruik en de aantalsveranderingen binnen de groep op verschillende getijdenmomenten, in verschillende seizoenen en weersomstandigheden en tijdens verschillende bouwactiviteiten.

Uit het onderzoek van 2009 en 2010 bleek dat zeehonden de zandbank Hond en Paap dagelijks als ligplaats gebruiken en veelal zo lang als mogelijk. De gegevens laten zien dat het aantal zeehonden op de zandbank sterk varieerde en beïnvloed werd door het getij (met 1,5 uur na laagwater een piek in aantallen) en de dag van het jaar, alsmede het tijdstip van de dag (met een voorkeur voor de vroege namiddag).

In deze rapportage worden de observaties uit 2011 beschreven en wordt een analyse gemaakt van deze gegevens afzonderlijk en de gegevens van 2010 en 2011 gezamenlijk. Daarnaast is een analyse op nog niet eerder geanalyseerde gegevens uit 2009 uitgevoerd. In dat jaar is eenmalig door waarnemers (in plaats van met de camera) een reeks aan visuele observaties uitgevoerd naar het gedrag van de zeehonden in relatie tot bouwactiviteiten en andere relevante menselijke activiteiten in het studiegebied. De uitkomsten van deze analyse worden in dit rapport gepresenteerd om de cameraobservaties verder te onderbouwen.

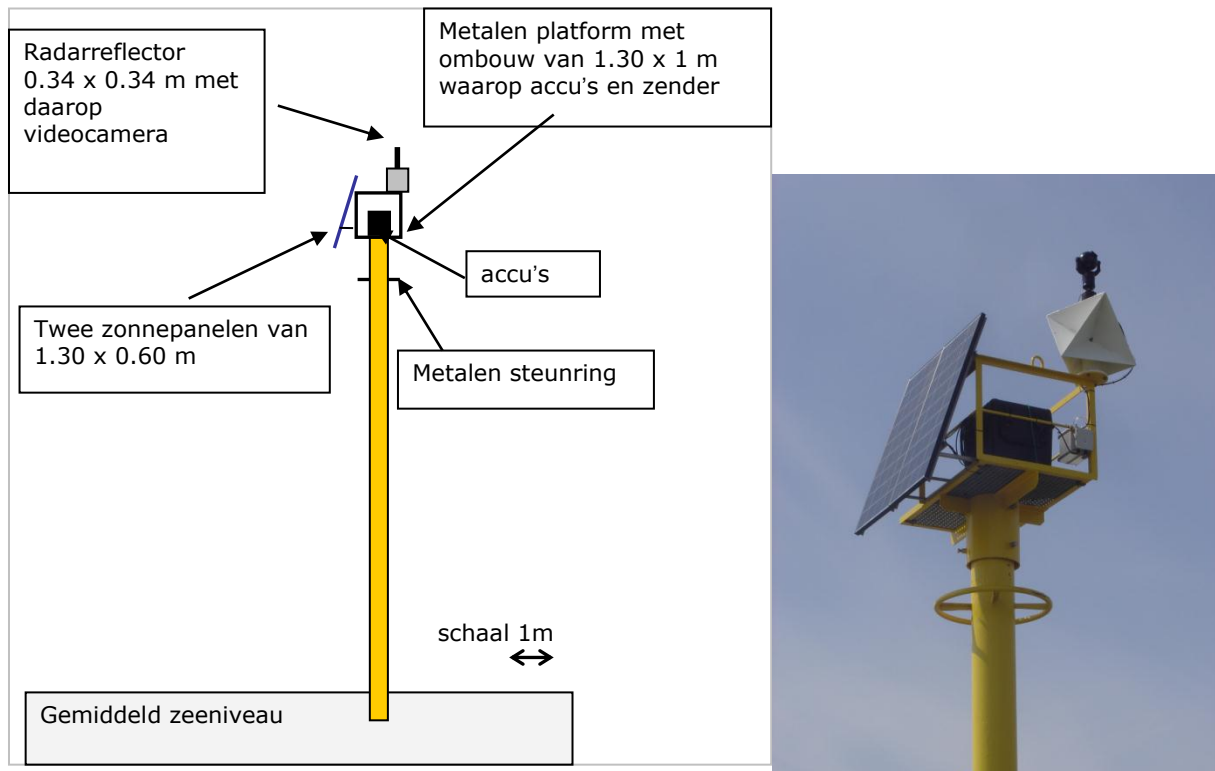
6.1 Methodes

Met betrekking tot het verzamelen en het analyseren van de gegevens hebben er in 2011 ten opzichte van 2010 vier belangrijke veranderingen plaatsgevonden:

- Alle tellingen werden uitgevoerd tijdens de periode waarvan is vastgesteld dat dan de meeste zeehonden op de zandbanken aanwezig zijn. Dat is $1,5 \pm 0,5$ uur na laagwater.
- Ter controle op consistentie zijn ook de beelden uit 2010 opnieuw bekeken en opnieuw geanalyseerd.
- De verschillende activiteiten zijn op een fijnere schaal geanalyseerd om de potentiële effecten per afzonderlijke activiteit te kunnen bepalen.
- Een aparte analyse is uitgevoerd op de gegevens van 2010 en 2011 gezamenlijk om het onderscheidend vermogen van de statistische analyse te verhogen.

6.1.1 Camerasysteem

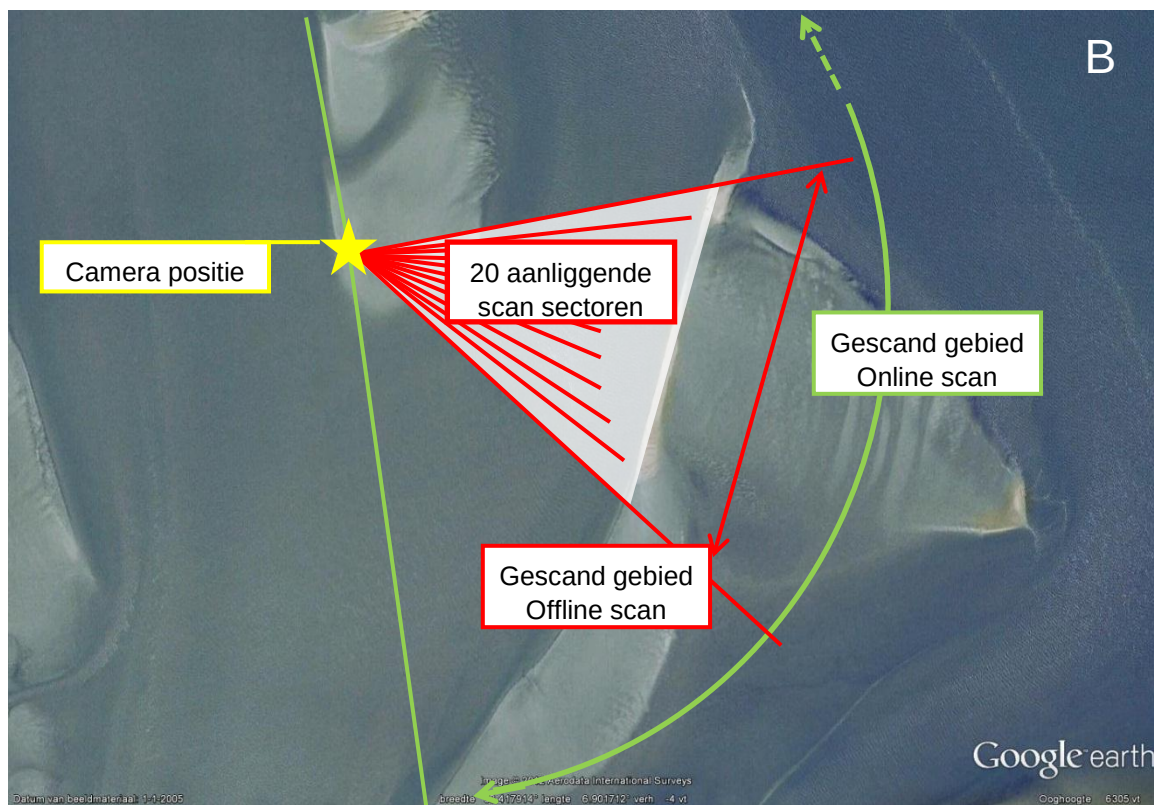
Om de aanwezigheid en het gedrag van zeehonden op de zandbank Hond en Paap vast te leggen, is gebruik gemaakt van de "Stand Alone Single Forward Vision MIC1-4000S Integrated PTZ" camera (Figuur 59).



Figuur 59. Schematische weergave van de paal: paalhoogte 10 m boven gemiddeld zeeniveau, diameter: 0.4 m en foto van de waarneemopstelling op de camerapaal.

De waarneemapparatuur werd gemonteerd op een stalen buis met daarbovenop een accu, zonnepaneel, radarreflector, WiFi zendapparatuur en videocamera. De camera kan op afstand worden bestuurd, en alle beelden worden op een harde schijf opgeslagen voor latere analyse.

De paal is op het noordelijke deel op de rand van de droogvallende zandplaat Hond en Paap geplaatst, ongeveer 1400 m ten westen van de dijk, ter plaatse van de coördinaten 53° 24.43 N; 6° 53.51 E (Figuur 60). Daarvandaan kunnen beelden van de aanwezigheid en het gedrag van de op de plaat rustende zeehonden worden doorgezonden naar het vaste waarneemstation bij de Electrabel-elektriciteitscentrale. De camera staat op een afstand van tussen de 650 en 750 meter van de meest bezochte liglocatie op de zandbank. Deze zeehondenligplaats strekt zich uit van het zuidzuidwesten naar het noordnoordoosten (gele rechthoek in Figuur 60).



Figuur 60. Satellietbeeld van het studiegebied met A) daarin: positie van de camera (gele ster); de geschatte waarnemingsrange voor aanwezige gewone zeehonden (witte cirkel) en B) de te onderscheiden gebieden: het gescande gebied van de online-scan (groene lijn) en het gescande gebied van de offline-scan (rode lijn).

6.1.2 Het verzamelen van de gegevens

De methodiek voor het verzamelen van de gegevens met betrekking tot het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap bleef in 2011, met uitzondering van de hierboven beschreven aanpassingen, dezelfde als in de jaren daarvoor.

Om de aanwezigheid en de aantallen zeehonden op de zandbank te registreren werden dagelijks automatische cameraopnames uitgevoerd (offline scans), tussen 30 minuten voor zonsopkomst en 30 minuten na zonsondergang. De camera was zo geprogrammeerd dat er automatisch om de 15 seconden een opname van een deel van de zandbank werd gemaakt. Hierbij draaide de camera bij elke nieuwe opname een stukje, waardoor steeds een nieuw deel (of zogenoemde positie) van de zandbank opgenomen werd. Zo werden, in een cyclus van twintig verschillende posities, opnames gemaakt van het te scannen gebied (zie Figuur 60). Opeenvolgende opnames overlappen deels om te verzekeren dat er geen dieren gemist worden. Dieren die op twee opeenvolgende opnames zichtbaar zijn, worden één keer meegeteld. Het gescande gebied beslaat de meest bezochte ligplaats op de zandbank. Deze zone bestaat uit twee verschillende delen, gescheiden door een geul. De zeehonden liggen voornamelijk op een van de hellingen van de zandbank of op de vlakke delen. De continu opgenomen beelden leverden de basis voor de offline-analyses van het aantal zeehonden op de ligplaats.

Doordat de camera op afstand bediend kan worden, kunnen er ook online-scans van de hele zandbank worden uitgevoerd. Hiermee wordt een groter gebied beslagen dan met de offline-scans. Voor de effectstudie worden echter alleen de zeehondenaantallen genomen zoals die in de offline én online-scans worden geteld, dus in het overlappende gebied. Deze online-scans werden, aanvullend aan de offline-scans, gemiddeld twee keer per week uitgevoerd, en net als de offline-scans idealiter $1,5 \pm 0,5$ uur na laagwater. Uit de gegevens van 2009 was namelijk gebleken dat op dat moment de meeste zeehonden op de zandbank liggen. Uit dezelfde gegevens was ook naar voren gekomen dat tijdens een laagwaterperiode 15 uur het moment is waarop het 't drukst is op de zandbank. Daarom is in het geval dat er tijdens daglicht twee laagwaterperiodes waren, gekozen voor de laagwaterperiode die het dichtst bij 15 uur ligt.

6.1.3 Aanpassingen in de procedures voor het verzamelen van gegevens en de analyses

De online-scans van 2010 waren nog niet allemaal op het ideale tijdstip van 1,5 uur na laagwater van de tweede laagwaterperiode, zoals dat uit de tellingen van 2009 naar voren is gekomen, uitgevoerd. Ook waren voor die jaren gegevens van de offline-scans en de vliegtuigtellingen aan de dataset toegevoegd om de steekproefomvang te vergroten en een statistische analyse mogelijk te maken. Nu er door toevoeging van 2011-data meer gegevens beschikbaar zijn is dit voor de effectanalyse niet meer nodig (met uitzondering van de schatting van de steekproeffout). Met het oog op consistentie was het wel noodzakelijk de tellingen van 2010 opnieuw uit te voeren, nu consequent in de ideale periode van 1 tot 2 uur na laagwater (= $1,5$ uur na laagwater $\pm 0,5$ uur) met een voorkeur voor de laagwaterperiode die het dichtst bij de vroege namiddag (15 uur) ligt.

Omdat zoals gebleken is het moment in de getijdencyclus (het tijdstip na laagwater) een belangrijke factor is voor het aantal zeehonden dat op de zandbank ligt, versterkt deze gewijzigde aanpak de methodologische onderbouwing in vergelijking tot 2009 en 2010. Ook zijn de verschillende tellingen en onderzoekjaren hierdoor beter vergelijkbaar. De wijziging leidt uiteraard wel tot een verschil in het getelde aantal zeehonden zoals die in de jaarrapportage voor 2010 zijn gepresenteerd. De meest relevante verschillen als gevolg van de gewijzigde methode worden in deze rapportage verantwoord. Opgemerkt moet nog worden dat door strikte toepassing van de ideale telperiode het totaal aantal dagen dat daadwerkelijk geteld kon worden in 2009 en 2010 is afgenomen, omdat de zo nu en dan opgetreden technische problemen met de camera (camera niet goed gefocust) toevallig precies binnen de vastgestelde tijdsperiode vallen of het weertype een telling op dat specifieke moment niet mogelijk maakte.

6.1.4 Sampling error

De twintig posities die gescand werden tijdens de offline-scans, dekken het deel van de zandbank waar de dieren meestal lagen. Echter in sommige gevallen lagen er ook dieren buiten beeld (bijvoorbeeld buiten het gescande gebied of verborgen achter de zuidoostelijke helling van het dichtstbijzijnde deel van de zandbank of de lichamen van andere zeehonden). Om deze potentiële waarnemingsfout vast te stellen werd tijdens online-scans ook het deel van de zandbank buiten de grenzen van het vastgestelde gebied bekeken. Daarnaast werden de gegevens van de vliegtuigtellingen (zie hoofdstuk 4) vergeleken met de gegevens afkomstig van de camerabeelden. Hierdoor kon worden vastgesteld welk aandeel van de aanwezige zeehonden daadwerkelijk geregistreerd werd tijdens de offline-scans en vervolgens hoe nauwkeurig de variatie in de aantallen zeehonden die op de zandbank lagen met deze benadering gevolgd kan worden.

6.1.5 Analyses

De gegevens van de camerabeelden zijn vergeleken met omgevingsvariabelen die zijn verzameld door het weerstation in Uithuizermeeden: (<http://www.weerstationuithuizermeeden.nl/Weersgegevens-Uithuizermeeden.htm>) en gegevens van de verschillende aan de bouw gerelateerde activiteiten, die zijn geleverd door GSP, NUON en RWE. Aanvullend op de reguliere analyse (het hele onderzoekjaar of meerdere onderzoekjaren gezamenlijk) zijn de gegevens van een aantal momenten afzonderlijk geanalyseerd omdat de zeehonden mogelijk anders reageren in de verschillende seizoenen of op verschillende momenten in de week.

Zo is gekeken of de dieren in de geboorteperiode wanneer de dieren hun pups mogelijk niet achter willen laten, minder geneigd zijn hun ligplaats te verlaten. Daarvoor zijn de maanden maart (geen verharings- of geboorteseizoen) en juni (geboorteseizoen) apart geanalyseerd om te kunnen onderzoeken of de zeehonden in de verschillende seizoenen steeds dezelfde reactie op bepaalde activiteiten vertonen. Voor vier verschillende typen activiteiten (heien, peilen, damwanden trillen en RIB's) waren genoeg gegevens beschikbaar om deze analyses uit te voeren.

Ook is gekeken of de dieren mogelijk sterker op de activiteiten reageren na het relatief rustige weekend dan na een week met activiteiten (wanneer er mogelijk een bepaalde vorm van gewenning is opgetreden). Hiervoor zijn de gegevens van twee weekdays afzonderlijk bekeken: maandag (direct na een in potentie 'rustig' weekend) en vrijdag (na een aantal in potentie 'drukke' weekdays). Voor zes verschillende typen activiteiten (heien, baggerwerkzaamheden, peilen, damwanden trillen, RIB en zandtransporten) waren genoeg gegevens beschikbaar om deze analyses uit te voeren.

Om de steekproef te vergroten zijn voor deze analyses de gegevens uit 2010 en 2011 samengevoegd. Voor elke activiteit is een set boxplots gemaakt, waarbij voor de twee aparte seizoenen (geboorteseizoen of geen geboorteseizoen) of dagen (maandag of vrijdag) een boxplot is gemaakt waarin het aantal op de zandbank aanwezige zeehonden te zien is. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de momenten waarop de activiteit daadwerkelijk plaatsvond, en de momenten waarop dit niet zo was. De verschillen in het aantal zeehonden op de zandbank tussen de tellingen met de specifieke activiteit en de tellingen zonder deze activiteit zijn per seizoen of weekday statistisch getoetst met een t-test. Daarna werden de uitkomsten van deze t-testen met elkaar vergeleken om het mogelijke verschil tussen de verschillende momenten te kunnen weergeven.

6.1.5.1 Statistische analyse

Net als in 2010 bestond de analyse van de cameragegevens uit twee componenten. Eerst werd onderzocht welke natuurlijke fysische factoren van invloed zijn op het aantal zeehonden op de zandbank (zie Tabel 11). De weergegevens zijn afkomstig van het weerstation in Uithuizermeeden, dat 10 km ten westen van de zandbank Hond en Paap ligt. Vervolgens werd onderzocht of menselijke activiteiten (zie

Tabel 11 en hoofdstuk 3), naast de hierboven genoemde natuurlijke factoren, invloed hadden op de aantallen zeehonden op de ligplaats.

Tabel 11. Lijst van alle natuurlijke factoren en alle bouwactiviteiten die zijn geanalyseerd.= activiteiten zijn ook al in 2010 geanalyseerd.*

Natuurlijke factoren	Menselijke activiteiten in 2011	
	Algemene activiteit	Gespecificeerde activiteit
Seizoen (dag nummer)	Heien*	Heien RWE
Temperatuur		
Neerslag	Baggeren*	Baggeren GSP
Windsnelheid		Baggeren vd Kamp
Windrichting		Baggeren Onderhoud GSP
Luchtvochtigheid		Baggeren Aussen Eems
Luchtdruk		
	Damwanden trillen*	
	Peilen*	Peilen Baggerspecies
		Peilen GSP
		Peilen maandelijks
	TrilblokBuisplanken	
	RIB	
	Stenen plaatsen*	
		Stenen plaatsen NUON/RWE
	Zandtransport	

Aangezien non-lineaire relaties tussen de verschillende factoren te verwachten zijn, is de relatie tussen het aantal zeehonden op de ligplaats en de verschillende weersvariabelen geanalyseerd met behulp van een Generalized Additive Model (GAM). GAMs gebruiken zogenaamde smooth-functies om non-lineaire relaties te modelleren tussen de respons-variabele (aantal zeehonden) en de verklarende variabelen bestaand uit natuurlijke factoren en menselijke activiteiten. Details over de GAM-procedure is te vinden in Wood (2006).

Om ervoor te zorgen dat de modellen convergeren is het maximum aantal vrijheidsgraden, die de flexibiliteit van de functies bepalen, in alle gevallen vastgezet op 5. Voor cyclische variabelen, zoals de windrichting (0-360°), zijn cyclische smoothers gebruikt, opdat het begin en eind van elke smooth-functie op elkaar aansluiten. Aangenomen werd dat de zeehondendata een Poisson-verdeling hebben. Om te bepalen welke variabelen het aantal zeehonden het best verklaren, is een voorwaartse selectieprocedure gebruikt die is gebaseerd op het Akaike Information Criterion (AIC). Deze AIC is een maat voor de fit tussen het model en de data. Daarnaast kent de AIC een slechtere waarde toe (geeft een "penalty") wanneer er meer modelparameters zijn of wanneer de model complexiteit hoger is. Toevoeging van een verklarende variabele aan het model leidt tot een afname van de AIC (Burnham en Anderson, 2002). De variabelen die de grootste afname van de AIC veroorzaken, hebben een groter effect op het aantal zeehonden. Variabelen die tot een kleine of geen verandering in AIC leiden zijn minder belangrijk. Het model met de beste fit en het minst aantal variabelen heeft theoretisch de laagste AIC, en is gekozen als beste model.

De modellen zijn toegepast op de data van 2010 en 2011 samen. Daarnaast zijn de gegevens van 2011, wanneer er voldoende gegevens beschikbaar waren, in meer detail geanalyseerd waardoor ook de gespecificeerde activiteiten (activiteiten per afzonderlijk bedrijf) apart konden worden bekeken.

Allereerst is gekeken welke invloed natuurlijke factoren hebben op de aantallen zeehonden op de ligplaats. Hiervoor zijn modellen gebruikt die alleen rekening houden met de effecten van het weertype. Daarna is gekeken naar de mogelijke effecten van de verschillende bouwactiviteiten door modellen te gebruiken die ook een viertal zogenaamde nominale variabelen bevatten die de bouwgerelateerde activiteiten beschrijven. Deze variabelen kregen een 1 op dagen dat de betreffende activiteit had plaatsgevonden en een 0 op dagen dat de betreffende activiteit niet had plaatsgevonden. De modellen zijn uitgevoerd met alle activiteiten apart en met activiteiten van hetzelfde type (zoals peilen, heien, damwanden trillen, baggeren) samengevoegd. De resultaten van de uiteindelijke modellen zijn grafisch weergegeven, waarbij de residuen zijn weergegeven ten opzichte van de gefitte waarden en gecontroleerd voor auto-correlatie.

Aanvullende analyses zijn uitgevoerd om te testen of de effecten van de activiteiten op de zeehondenaantallen groter was op maandag (volgend op de relatief rustige weekenden) dan op vrijdag (volgend op de relatief drukke werkdagen) en of de effecten groter waren in maart (geen verharings- of geboorteseizoen) dan in juni (geboorteseizoen).

Door het kleinere aantal gegevens (alleen van bepaalde dagen of maanden) dat voor deze afzonderlijke analyses beschikbaar was, bleek het niet mogelijk om deze effecten te testen met de GAM-analyses zoals hierboven beschreven. In plaats daarvan is een simpelere variantieanalyse gekozen (ANOVA). De ANOVA's zijn gebruikt om te testen of de dag of het seizoen van invloed is op de correlatie tussen de aan- of afwezigheid van een activiteit en de zeehondenaantallen op de ligplaats. Als een van de interactietermen (dag of maand) significant bleek zou dit aangeven dat het effect van de activiteit afhankelijk was van de dag of de maand waarin deze activiteit werd uitgevoerd. Hierbij moet worden opgemerkt dat hoewel deze aanpak een indicatie kan geven voor de juistheid van deze hypothesen, de analyse zelf geen rekening houdt met alle andere aanwezige factoren (zoals weertype, andere activiteiten op dezelfde dag) die naar alle waarschijnlijkheid ook invloed hebben op de zeehondenaantallen. De gegevens zijn weergegeven in boxplots van tellingen met en zonder activiteiten. Resultaten van de t-tests zijn weergegeven om de verschillen in aantallen tussen dagen of maanden in situaties met en zonder activiteiten aan te geven.

6.1.6 Gedragsobservaties met waarnemers

Om een indruk te krijgen van mogelijke gedragsveranderingen bij zeehonden tijdens bepaalde activiteiten. Deze observaties werden uitgevoerd om de video-opnames te onderbouwen met directe visuele observaties. Daarnaast werd met deze methode getracht alle menselijke activiteiten vast te leggen die een invloed zouden kunnen hebben op het aantal zeehonden op de ligplaats. Dit kon niet met behulp van de camerabeelden worden uitgevoerd omdat de aanwezigheid van bepaalde activiteiten in de wijde omgeving direct gelinkt moest worden met de zichtbare reactie van de zeehonden. Op de camera beelden zijn alleen de activiteiten in het zichtveld van de camera te zien (zoals een passerend schip) maar niet de activiteiten daarbuiten (zoals een passerende vrachtwagen over de dijk). De visuele observaties hebben alleen plaatsgevonden in 2009. In de daaropvolgende jaren zijn die niet meer uitgevoerd omdat de enorme inspanning die nodig was om deze gegevens te verzamelen, niet opwoog tegen het uiteindelijke resultaat.

Voor de gedragsstudie hebben twee waarnemers gedurende drie werkdagen (maandag 12 tot en met woensdag 14 oktober 2009) vanaf de dijk de zandbank Hond en Paap met een telescoop geobserveerd. De positie op de dijk tijdens deze observaties was N 53° 25.278 en E 6° 52.475, gelegen tussen de energiecentrale Electrabel en de zandbank Hond en Paap. Tijdens deze observaties is er gekeken naar het aantal zeehonden op de zandbank, de gedragingen (lichaamshouding) van deze dieren en menselijke activiteiten in de nabijheid van de zandbank. De observaties zijn gedaan vanaf het moment dat de zandbank zichtbaar werd totdat de zandbank weer volledig onderwater gelopen was en er geen zeehonden meer op aanwezig waren. Gedurende deze periode werden de zeehonden op de ligplaats elke tien minuten geteld en werden de activiteiten in de omgeving genoteerd. De zichtbare reacties van de

zeehonden op een verstoring kunnen variëren van een subtiele gedragsverandering tot een verhoogd niveau van alertheid voordat de dieren daadwerkelijk hun locatie veranderen (en uiteindelijk het water in gaan).

Voor menselijke activiteit in de nabijheid van de zandbank is het type activiteit en de tijdsduur van de activiteit genoteerd. Menselijke activiteit is ingedeeld in zes categorieën (Tabel 12). Het langsvaren van schepen is over een lengte van ± 3 km genoteerd, dit is ongeveer de afstand waarmee een schip de zandbank passeert. Hei-activiteiten werden genoteerd vanaf het moment dat ze door de waarnemers gehoord werden. Tijdens de observaties waren ook werkzaamheden aan de dijk gaande waarbij vrachtwagens over de dijk reden. Deze vrachtwagens reden over metalen platen wat een hard geluid in de lucht produceerde. Vliegtuigen en helikopters zijn genoteerd als ze over de zandbank vlogen. Bij de telling is onderscheid gemaakt tussen zeehonden met hun kop omhoog en zeehonden die in een normale houding op de ligplaats lagen. Een reactie van de zeehonden werd genoteerd wanneer een zeehond zijn kop omhoog had/deed en dit een direct verband had met de activiteit (het dier bijvoorbeeld naar het langsvarende schip keek). Reacties van de zeehonden op het heien en de vrachtwagens zijn alleen genoteerd als een zeehond zijn kop omhoog deed tijdens een voor de waarnemers duidelijk waar te nemen hard geluid.

Tabel 12. Menselijke activiteiten in de nabijheid van de zandbank in categorieën onderverdeeld.

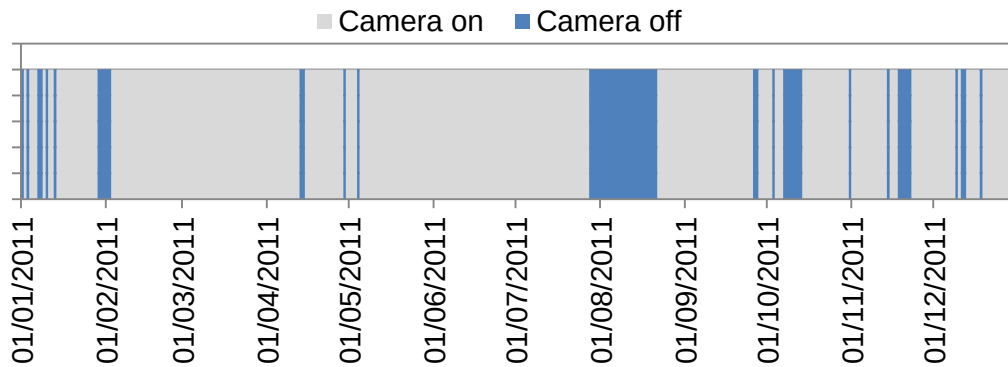
Categorie	Omschrijving
Grote schepen	Containerschepen, binnenvaartschepen, veerboot naar Borkum
Kleine schepen	Zeilschepen, kustwachtschepen, 'fast ferry' naar Borkum
Heien	Hei-activiteiten in de Eemshaven
Vrachtwagens	Vrachtwagens die over de dijk reden
Vliegtuigen	Sportvliegtuigjes die over de zandbank vlogen
Helikopters	Helikopters die over de zandbank vlogen

De gegevens van de observaties zijn gebruikt om het aantal zeehonden tijdens laagwater op de zandbank vast te stellen, het type en de frequentie van de menselijke activiteit te bepalen en te kijken naar mogelijke reacties van zeehonden op de waargenomen menselijke activiteiten gedurende de drie observatiedagen. Het aantal zeehonden op de zandbank is afhankelijk van het waterniveau in de Eems-Dollard (moment in de getijdencyclus, zie hierboven). De waterstanden in de Dollard en op Borkum zijn gemeten door Rijkswaterstaat (Rijkswaterstaat, 2009).

6.2 Resultaten

6.2.1 Functioneren van de camera

Er werden in 2011 in totaal 300 dagen opnames gemaakt; 96 dagen meer dan in 2010. Naast de dagen dat de camera opnamen heeft gemaakt, waren er opnieuw een aantal dagen dat de opnamen (online en offline) niet gebruikt konden worden voor de data-analyse. Dit kwam voornamelijk doordat de camera niet scherp stelde of bleef hangen op één positie. Ook regen, mist en wind maakten het opnemen soms onmogelijk. Een overzicht van de prestatie van de camera is gegeven in Figuur 61.

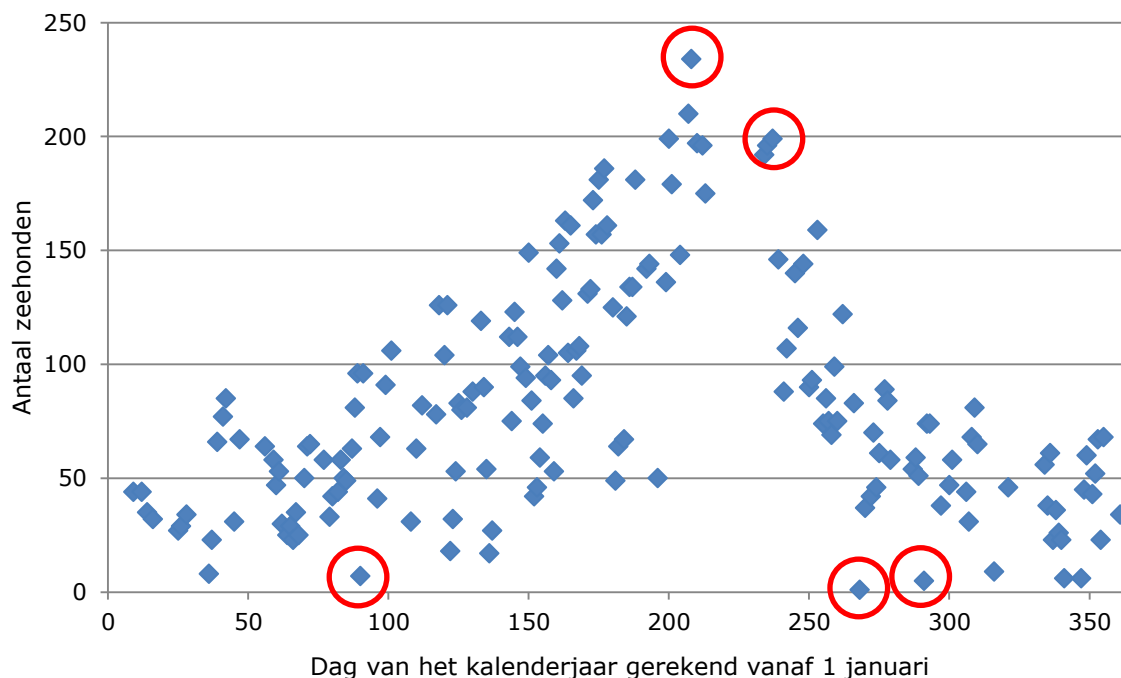


Figuur 61. Overzicht van de activiteit van de camera, 1 januari-31 december 2011.

6.2.2 Dagelijkse aanwezigheid van zeehonden en activiteit van zeehonden

Het aantal zeehonden dat $1,5 \pm 0,5$ uur na laagwater aanwezig was op de zandplaat, laat een duidelijk seizoenspatroon zien (Figuur 62) waarbij de aantallen in het voorjaar toenemen tot in de zomer en daarna weer afnemen richting de winter.

In 2011 werden in totaal 14.639 zeehonden geteld (op 178 dagen) in vergelijking tot 11.484 zeehonden in 2010 (geteld op 135 dagen). Het hoogste aantal zeehonden in 2011 werd eind juli gezien (234), waartegen in 2010 het hoogste aantal zeehonden (195) half augustus werd gezien (tijdens deze periode konden in 2011 geen tellingen worden uitgevoerd vanwege het niet-functioneren van de camera). Echter, net als in voorgaande jaren, lag de piek in het aantal zeehonden op de ligplaats van half juni tot eind augustus (Figuur 62). Het laagste aantal zeehonden werd gezien aan het eind van de herfst en tijdens de wintermaanden. De variatie in de aantallen zeehonden is identiek in beide jaren (s.d. = 50).



Figuur 62. Aantal getelde zeehonden op de zandbank Hond en Paap op $1,5 \pm 0,5$ uur na laagwater (blokjes) in 2011. De rode cirkels laten de dagen zien met uitzonderlijk lage en hoge aantallen zeehonden in vergelijking met de voorafgaande of daaropvolgende dagen (zie hoofdstuk 8 - Early Warning Systeem). Dag 100 = 9 april; dag 200 = 18 juli; dag 300 = 26 oktober.

Vergelijking offline-scans/online-scans/ vliegtuigtellingen

Zoals in andere jaren is het verschil tussen online-scans en offline-scans voornamelijk te zien tijdens de geboorteperiode, wanneer de hoogzwangere vrouwelijke zeehonden meer individuele afstand nemen van hun soortgenoten om hun jongen te werpen en te voeren. Het aantal zeehonden dat buiten de twintig gescande posities ligt, neemt tijdens deze periode toe. Daarnaast werden sommige dieren niet gezien omdat ze zo dicht op een andere zeehond lagen dat hun lichaam verborgen lag achter een andere zeehond. Dit komt vooral voor bij kleine dieren zoals pups. Ook kwam het voor dat dieren die op de zuidoostelijke kant van de zandbank lagen, werden gemist omdat dit gedeelte niet kan worden waargenomen met de camera. De gegevens van de vliegtuigtellingen geven een duidelijk beeld van het gedeelte van de zeehonden dat gemist wordt tijdens de offline-scans (Tabel 13).

Tabel 13. Vergelijking van het aantal getelde zeehonden op de zandbank Hond en Paap aan de hand van de offline-scans en vliegtuigtellingen in 2010 en 2011. De cameraobservaties vonden $1,5 \pm 0,5$ uur na laagwater uitgevoerd; de vliegtuigtellingen ca. 1 uur rond laagwater. Het grijze gedeelte in de tabel geeft de geboorteperiode weer.

Datum	Offline-scans	Vliegtuigtellingen	Vershil
21-jun-10	164	222	58
24-jun-10	157	193	36
19-aug-10	195	207	12
16-jan-11	32	34	2
28-mrt-11	63	57	-6
11-apr-11	106	114	8
12-jun-11	163	246	83
26-jun-11	186	269	83
27-jun-11	161	288	127
27-jul-11	134	249	115
25-aug-11	199	198	-1

De vergelijking laat duidelijk zien dat het aantal zeehonden dat wordt gemist tijdens de offline -scans relatief hoog is tijdens het geboorteseizoen, terwijl dit gedurende de rest van het jaar verwaarloosbaar klein is. Ook het patroon (in de tijd) van de getelde aantallen verschilt ten opzichte van de vliegtellingen.

6.2.3 Resultaten van de modelanalyse

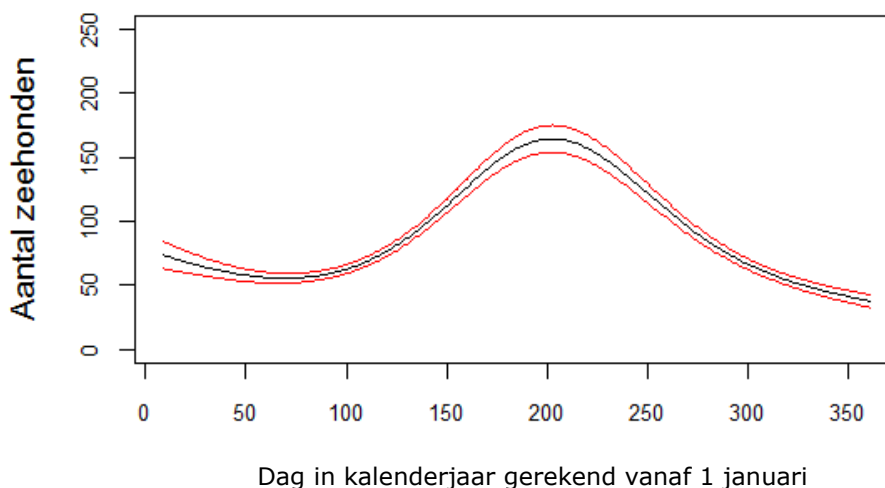
Invloed van natuurlijke factoren

Allereerst werd gekeken naar de effecten van natuurlijke factoren op het aantal zeehonden op de ligplaats Hond en Paap. De resultaten van de statistische analyse zijn weergegeven in Tabel 14, voor de gegevens van 2010/2011 gezamenlijk.

Tabel 14. Gegevens van 2010/2011 gezamenlijk. Variabelen (natuurlijke factoren) die geselecteerd zijn door het model op basis van verklarend vermogen. AIC is een maat voor de kwaliteit van het model. Hoe lager deze waarde des te beter het model. Het model met alle variabelen gezamenlijk heeft een AIC van 5194.58 en is daarmee het beste model.

Covariate	AIC	DF	p-value
Dag	5928.31	3	<0.0001
Windsnelheid	5636.95	3.4	<0.0001
Luchtvochtigheid	5480.02	3.9	<0.0001
Temperatuur	5346.76	3.9	<0.0001
Neerslag	5286.05	3.9	<0.0001
Luchtdruk	5222.75	3.9	<0.0001
Jaar	5199.75	-	<0.0001
Windrichting	5194.58	7.9	<0.0001

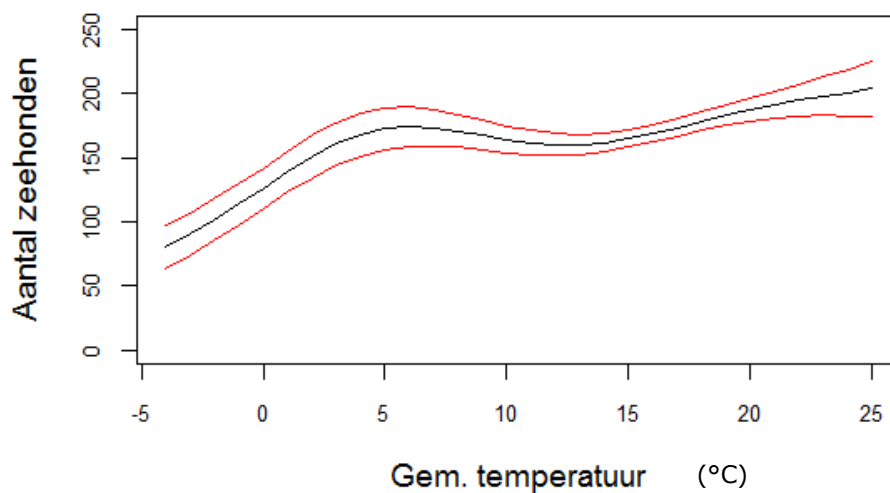
De gecombineerde analyse laat een hoog significante ($p < 0.001$) correlatie zien van alle natuurlijke factoren op het aantal zeehonden op de ligplaats Hond en Paap. De factor dag (of seizoen) resulteerde in het best verklarende model, gevolgd door windsnelheid. Dit laat zien dat deze twee factoren, voor de gegevens van 2010 en 2011 gezamenlijk, de sterkste invloed hadden op het aantal zeehonden op de zandbank. Daarnaast bleken bij de gecombineerde gegevens van 2010/2011 luchtvochtigheid, temperatuur en neerslag belangrijkere verklarende factoren, terwijl luchtdruk minder belangrijk werd. De volgende figuren laten de aantallen zeehonden zien, gebaseerd op de modelvoorspellingen in relatie tot de omgevingsvariabelen uit het model. De modelvoorspellingen zijn op de volgende aannames gebaseerd: dag nummer = 200, temperatuur = 15°C, neerslag = 1 mm, windsnelheid = 10 km/u, luchtdruk = 1010 mbar, vochtigheid = 80%, windrichting = 300°. Voor de modelvoorspellingen is het jaar bij de gecombineerde data op 2010 gezet. Voor iedere figuur zijn de betreffende natuurlijke factoren vervolgens gewijzigd binnen een vastgesteld bereik om te kijken naar het effect van de betreffende factor. De grafieken tonen de invloed van individuele natuurlijke factoren op het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap voor de gegevens van 2010 en 2011 samen aan.



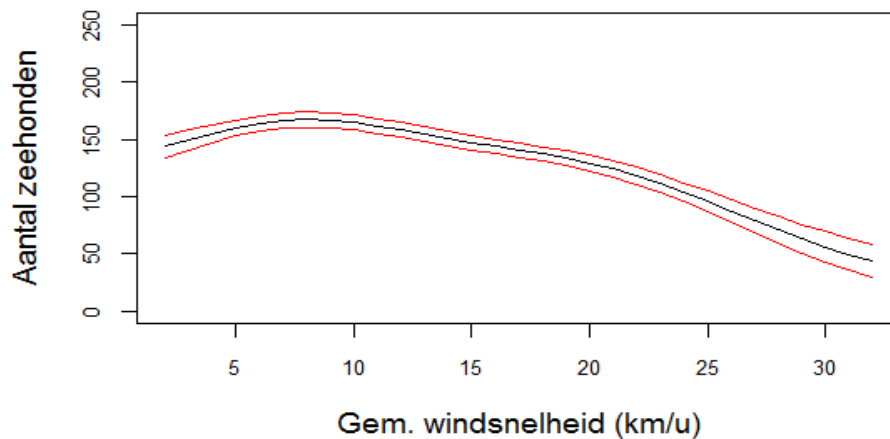
Figuur 63. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) dat de relatie weergeeft tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de dag van het jaar vanaf 1 januari voor 2010 en 2011 gezamenlijk. De zwarte lijn geeft de berekende relatie tussen beide factoren weer, de rode lijnen de betrouwbaarheid. Dag 100 = 9 april; dag 200 = 18 juli; dag 300 = 26 oktober.

Zoals al bleek uit Tabel 14 heeft de dag van het jaar (seizoen) een sterke invloed op het aantal zeehonden op de zandbank, waarbij de piek in de zomermaanden ligt.

Net als in 2010 heeft de temperatuur, wanneer het niveau boven de 5°C ligt, in 2011 een matige tot kleine invloed op het aantal zeehonden op de ligplaats. Als de temperatuur onder de 5°C daalt neemt het aantal zeehonden op de zandbank af. In vergelijking met de gegevens van 2010, die gepresenteerd zijn in het vorige rapport, laten de gegevens van 2011 een kleinere invloed zien van de temperatuur op het aantal zeehonden op de ligplaats. Hierdoor laat de curve bestaande uit gegevens van 2010 en 2011 gezamenlijk, een gematigder afname van het aantal zeehonden zien bij lagere temperatuur dan de curve van 2010 alleen. De invloed van stralingswarmte op het ligplaatsgebruik kon niet (apart of alternatief) worden onderzocht omdat gegevens hiervoor moeilijk te bemachtigen zijn. Het aantal zonuren is daarvoor geen geëigende parameter. Stralingswarmte komt nog het best tot uitdrukking in een goed te meten parameter als temperatuur.

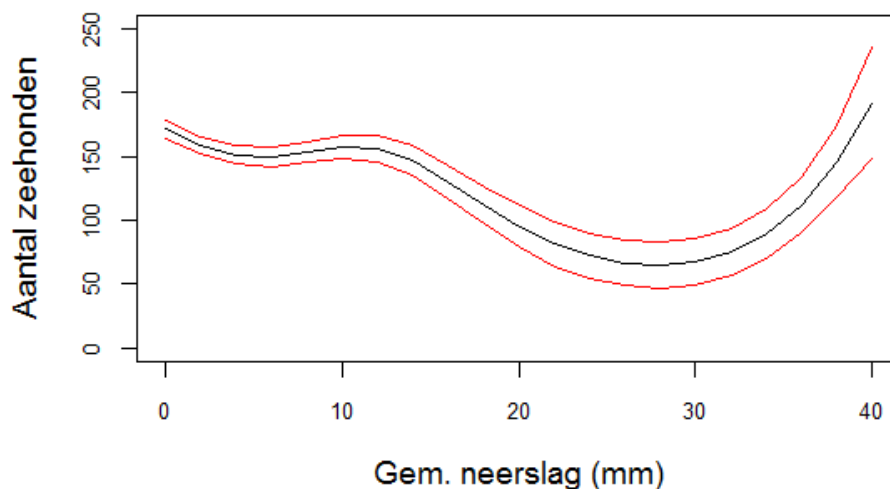


Figuur 64. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) dat de relatie weergeeft tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de gemiddelde dagelijkse temperatuur voor 2010 en 2011 gezamenlijk. De zwarte lijn geeft de berekende relatie tussen beide factoren weer, de rode lijnen de betrouwbaarheid.



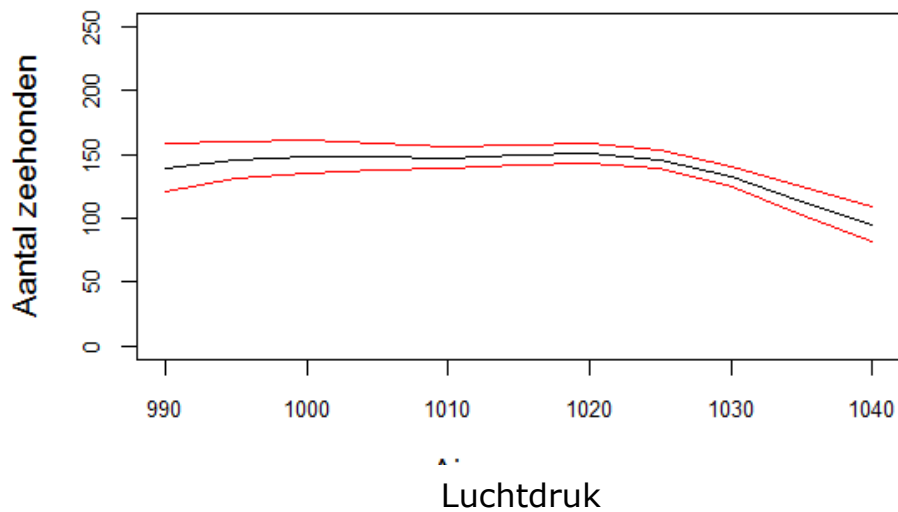
Figuur 65. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) dat de relatie weergeeft tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de gemiddelde dagelijkse windsnelheid voor 2010 en 2011 gezamenlijk. De zwarte lijn geeft de berekende relatie tussen beide factoren weer, de rode lijnen de betrouwbaarheid.

Windsnelheid, de op een na belangrijkste natuurlijke factor, heeft een negatieve invloed op het aantal zeehonden op de zandbank, voornamelijk bij windsnelheden boven de ca.17 km/u (ca. 3 Bft.).



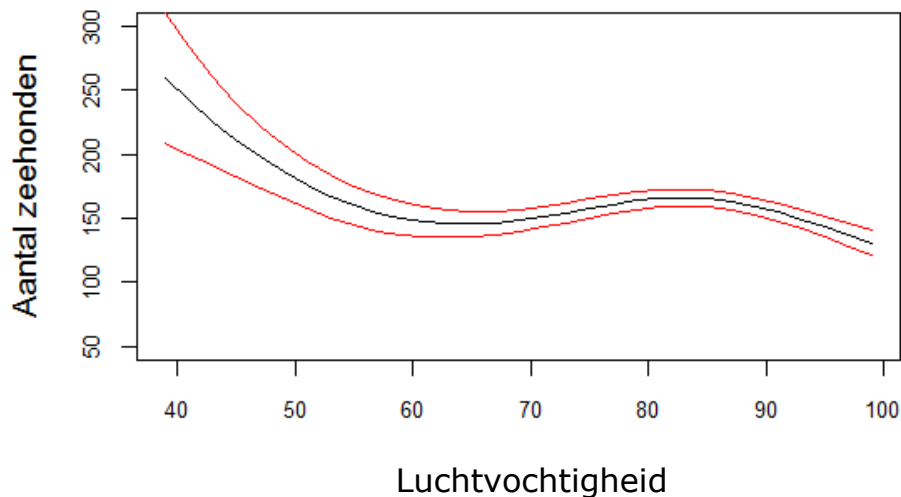
Figuur 66. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) dat de relatie weergeeft tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de gemiddelde dagelijkse hoeveelheid neerslag voor 2010 en 2011 gezamenlijk. De zwarte lijn geeft de berekende relatie tussen beide factoren weer, de rode lijnen de betrouwbaarheid.

De hoeveelheid neerslag per dag heeft een variabele invloed op het aantal zeehonden op de ligplaats. Terwijl het aantal zeehonden afneemt bij neerslaghoeveelheden hoger dan 10-25 mm per dag, neemt het weer toe bij hogere hoeveelheden neerslag (>25 mm per dag).



Figuur 67. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) dat de relatie weergeeft tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de gemiddelde dagelijkse luchtdruk voor 2010 en 2011 gezamenlijk. De zwarte lijn geeft de berekende relatie tussen beide factoren weer, de rode lijnen de betrouwbaarheid.

De luchtdruk heeft een redelijk verwaarloosbare invloed op het aantal zeehonden op de ligplaats. Alleen bij een luchtdruk hoger dan 1025 mPa neemt het aantal af.



Figuur 68. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) dat de relatie weergeeft tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de gemiddelde dagelijkse luchtvochtigheid voor 2010 en 2011 gezamenlijk. De zwarte lijn geeft de berekende relatie tussen beide factoren weer, de rode lijnen de betrouwbaarheid.

Met toenemende luchtvochtigheid neemt het aantal zeehonden op de ligplaats in het algemeen af, met een lichte toename bij niveaus tussen 70 en 90%. Van alle natuurlijke parameter lijkt windrichting de minst sturende invloed te hebben op het aantal zeehonden op de ligplaats.

6.2.4 Invloed van menselijke activiteiten

Naast de natuurlijke variabelen waarvan de effecten op het aantal zeehonden op de ligplaats in de vorige paragraaf zijn gemodelleerd, is een model gemaakt dat 14 nominale variabelen bevat die de bouwgerelateerde activiteiten die potentieel een effect op de zeehondenaantallen zouden kunnen hebben, beschrijft.

De resultaten worden gepresenteerd op twee manieren: de gegevens van 2011 afzonderlijk, maar geanalyseerd in subcategorieën voor elke bouwactiviteit (zoals baggerenGSP, baggeren_vdKamp, baggerenAussenEems; Tabellen 15 en 16) wanneer deze gegevens aanwezig waren. Daarnaast zijn de gegevens gecombineerd geanalyseerd voor 2010 en 2011 gezamenlijk (Tabel 17 en 18).

Het effect van scheepvaart op het aantal zeehonden op de ligplaats is niet geanalyseerd met de cameragegevens. Schepen bleken de ligplaats in hoge aantallen en op alle dagen te passeren. Daarnaast was het totaal aantal schepen die daadwerkelijk de ligplaats passeerden, niet duidelijk te zien op de camera. Daarom is voor het analyseren van het effect van scheepvaart gebruik gemaakt van de meer gedetailleerde visuele telling door waarnemers die plaatsvond gedurende drie opeenvolgende dagen in 2009.

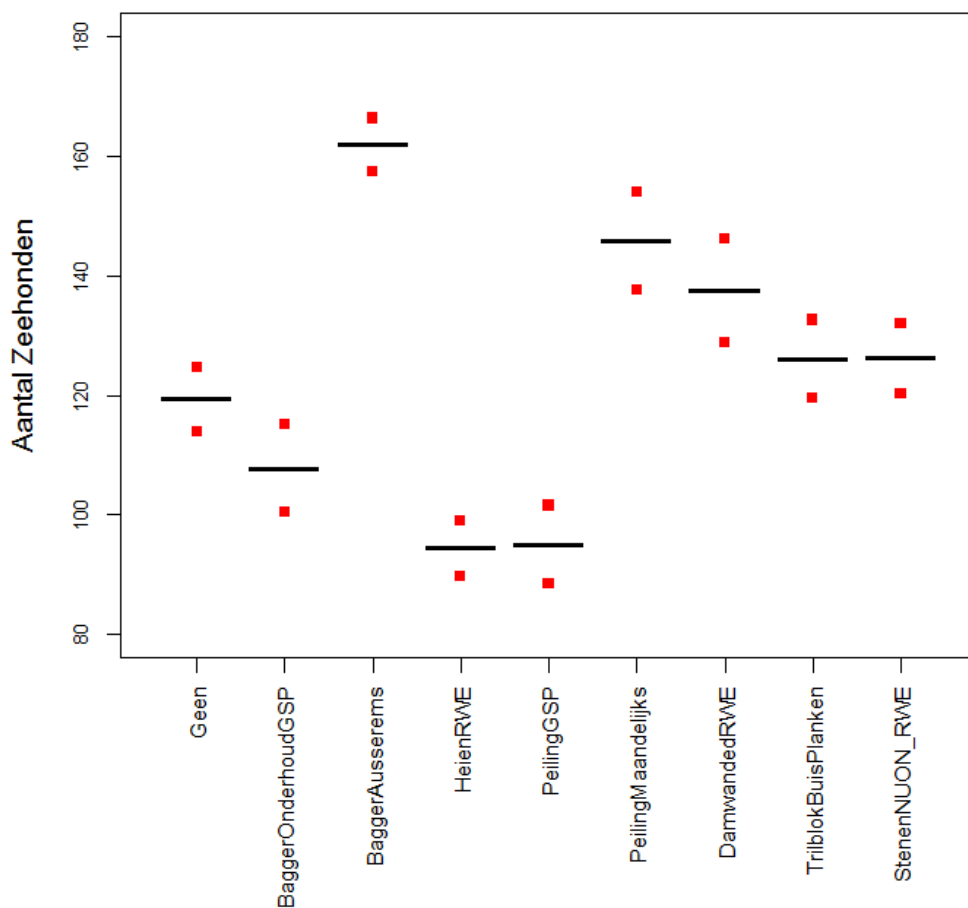
Tabel 15. Variabelen die geselecteerd zijn door het model op basis van verklarend vermogen voor de gegevens van 2011. Hier zijn de activiteiten geanalyseerd voor de individuele bedrijven om de potentiële invloed per bedrijf weer te geven. AIC is maat voor de kwaliteit van het model. Hoe lager deze waarde des te beter het model. Activiteiten met een verandering in AIC <2 zijn in grijs weergegeven; zij dragen niet wezenlijk bij aan het model en zijn van de verdere analyse uitgesloten. Het model "zonder deze grijze waarden" heeft een AIC van 2646.34 en is daarmee het beste model. N is het aantal dagen waarop de individuele bouwactiviteiten plaatsvonden tijdens de 178 dagen dat er zeehonden zijn geteld.

Variable	AIC	N
Dag nummer	3543.21	
Windsnelheid	3259.46	
Luchtdruk	3026.70	
HeienRWE	2843.95	75
BaggerenAussenEems	2774.85	132
Temperatuur	2734.20	
PeilingGSP	2709.25	9
PeilingMaandelijks	2694.03	6
TrilblokBuisPlanken	2681.16	31
DamwandenRWE	2671.95	26
Neerslag	2660.38	
Luchtvochtigheid	2650.46	
BaggeronderhoudGSP	2648.87	13
StenenPlaatsenNUON_RWE	2646.34	66
DamwandenNUON	2646.26	41
Windrichting	2646.26	
Zandtransport	2646.53	31
BaggerenGSP	2647.15	22
Baggeren_vdKamp	2648.37	15
RIB	2650.10	63
PeilingGEOPLUS	2652.03	16

Tabel 16. Effect van menselijke activiteiten op het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap in 2011 volgens de GAM-analyse. De schatting (estimate $\pm$ standard error (SE)) geeft de richting van het effect van de activiteit aan: een positieve waarde betekent een toename van het aantal zeehonden op de zandbank, een negatieve waarde een afname. De p-waarde geeft de significantie van de activiteit in het verklaren van het zeehondenaantal aan.

Covariate	estimate	SE	p-value
HeienRWE	-0.234	0.02	<0.0001
BaggerenOnderhoudGSP	-0.102	0.047	0.0299
TrilblokBuisPlanken	0.055	0.02	0.0264
DamwandenRWE	0.143	0.04	<0.0001
StenenPlaatsenNUON_RWE	0.056	0.03	0.0447
PeilingGSP	-0.228	0.05	<0.0001
PeilingMaandelijks	0.201	0.04	<0.0001
BaggerenAussenEems	0.305	0.03	<0.0001

De resultaten van de GAM-analyses zijn grafisch weergegeven in Figuur 69.



Figuur 69. Resultaten van de GAM-analyses met betrekking tot de gegevens van 2011 waarbij de bouwactiviteiten zijn opgesplitst voor de verschillende bedrijven. Deze figuur toont het effect volgens de GAM-analyse van deze per bedrijf opgesplitste menselijke activiteiten op het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap in vergelijking met de situatie waarbij de betreffende activiteiten niet plaatsvonden (Geen). De aantallen representeren de door het GAM-model voorspelde aantallen zeehonden per activiteit met de volgende aannames voor de resterende covariaten (om ze in het model te kunnen opnemen): dag nummer = 200, temperatuur = 15°C, neerslag = 1 mm, windsnelheid = 10 km/u, luchtdruk = 1010 mbar, vochtigheid = 80%, windrichting = 300°). De rode markering geeft het betrouwbaarheidsinterval aan.

De informatie over de verschillende activiteiten is in 2011 beter dan in 2010. Zo waren de activiteiten per bedrijf opgesplitst en de begin- en eindtijden van de activiteiten veel nauwkeuriger aangegeven, waardoor deze afzonderlijk konden worden geanalyseerd. Het model laat zien dat HeienRWE, BaggerenAussenEems, DamwandenRWE en Peilingen (Maandelijks en GSP) een relatief groot effect hebben op het aantal zeehonden (Figuur 69). Een vergelijkbare gedetailleerde analyse voor de gegevens van 2010 en 2011 gezamenlijk kon daarom niet worden uitgevoerd.

Tabel 17 laat de resultaten van de analyses zien voor de algemene bouw gerelateerde activiteiten en de natuurlijke factoren gezamenlijk.

Tabel 17. Variabelen die geselecteerd zijn door het model op basis van verklarend vermogen voor de gecombineerde gegevens van 2010 en 2011. AIC is maat voor de kwaliteit van het model. Hoe lager deze waarde des te beter het model. Het model met alle variabelen heeft een AIC van 5088.59 en is daarmee het beste model. N is het aantal dagen waarop de individuele bouwactiviteiten plaatsvonden tijdens de 313 dagen dat er zeehonden zijn geteld.

Covariate	AIC	N
Dag nummer	5928.31	
Windsnelheid	5636.96	
Luchtvochtigheid	5480.02	
Temperatuur	5346.76	
Baggeren	5268.67	171
Neerslag	5209.17	
Luchtdruk	5144.98	
TrilblokBuisPlanken	5132.58	60
Heien	5119.06	170
Windrichting	5106.76	
Peilen	5100.66	38
Jaar	5093.31	
Damwanden	5090.97	94
RIB	5088.59	91

Tabel 18. Effect van menselijke activiteiten op het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap volgens de GAM-analyse. De schatting (estimate $\pm$ standard error (SE)) geeft de richting van het effect van de activiteit aan: een positieve waarde betekent een toename van het aantal zeehonden op de zandbank, een negatieve waarde een afname. De p-waarde geeft de significantie van het effect van de activiteit in het verklaren van het zeehondenaantal aan.

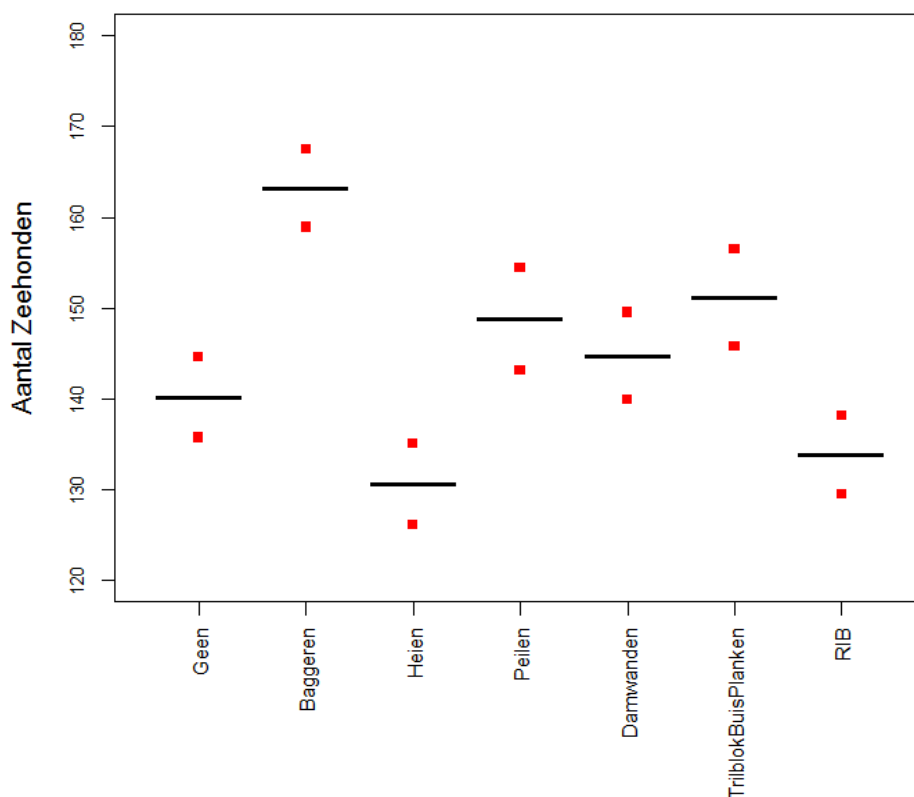
Covariate	estimate	SE	p-value
Baggeren	0.152	0.02	<0.0001
TrilblokBuisPlanken	0.075	0.02	<0.0001
Heien	-0.071	0.02	<0.0001
Peilen	0.060	0.02	0.0048
Jaar	-0.066	0.02	0.0022
Damwanden	0.031	0.02	0.0380
RIB	-0.046	0.02	0.0027

De resultaten (Tabellen 15-18 en Figuur 69 en 70) laten zien dat de bouwactiviteiten een kleinere verandering in het AIC-model veroorzaken dan de meest belangrijke natuurlijke factoren die een invloed hebben op de zeehondenaantallen op de ligplaats. Maar wanneer gekeken wordt naar de gegevens van

2011 afzonderlijk (Tabel 15 en 16) dan blijken HeienRWE en BaggerenAussenEems de opeenvolgende belangrijkste factoren te zijn in het verklaren van de zeehondenaantallen op de ligplaats. Daaruit blijkt dat hun invloed zeer significant is. De invloed van deze twee bouwactiviteiten verschilt in richting. Waar Baggeren leidt tot een toename in het aantal zeehonden op de ligplaats, neemt het aantal juist af in reactie op heien.

Met betrekking tot de gegevens van 2010 en 2011 gezamenlijk blijft alleen Baggeren zichtbaar als een invloedrijke factor, terwijl heien een kleinere verandering in het AIC-model teweeg brengt. Peilen, TrilBlokBuisPlanken en Damwanden trillen blijken ook belangrijke factoren, maar verklaren de veranderingen in zeehondenaantallen minder goed dan de andere factoren die geanalyseerd zijn. Voor Peilen is het aantal gegevens voor 2011 te klein waardoor de resultaten niet kunnen worden opgesplitst voor de verschillende bedrijven afzonderlijk. Andere factoren zoals Zandtransport dragen niet significant bij als verklaring voor de vastgestelde veranderingen in de aantallen zeehonden op de zandbank.

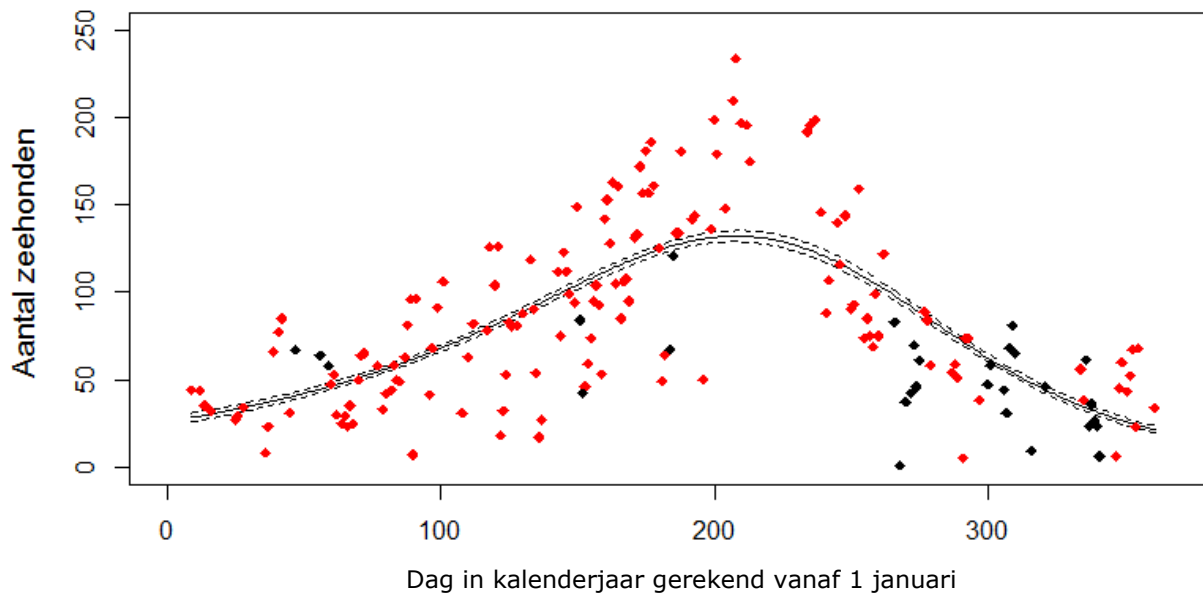
De resultaten van de GAM-analyses zijn grafisch weergegeven in Figuur 70.



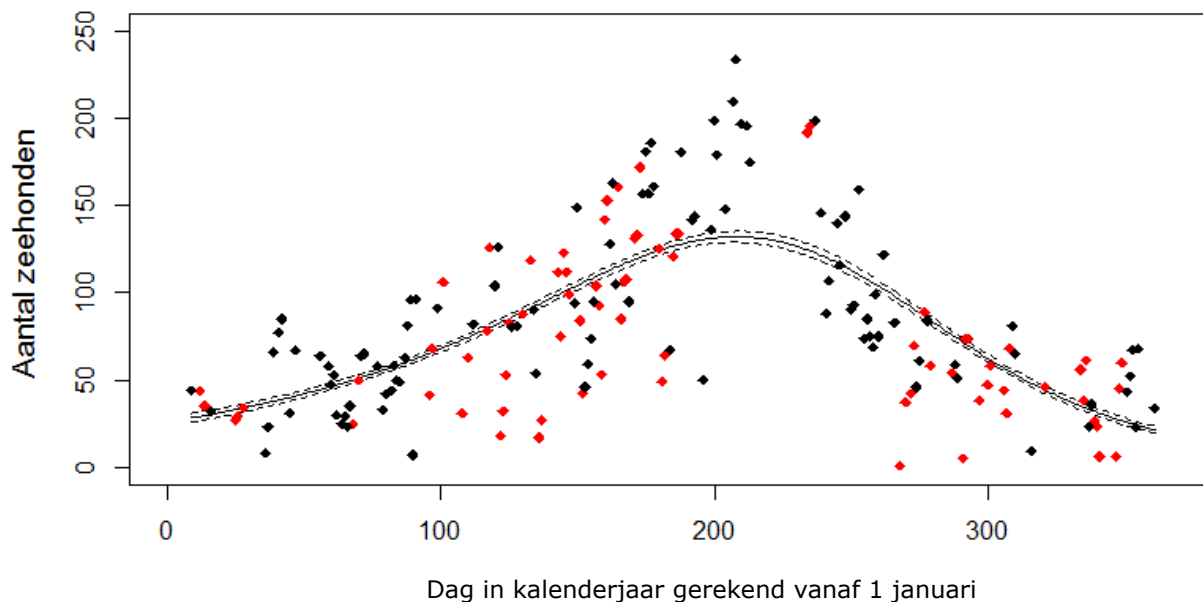
Figuur 70. Resultaten van de GAM-analyses voor de gegevens van 2010 en 2011 gezamenlijk. Deze figuur toont het effect van de belangrijkste menselijke activiteiten op het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap in vergelijking met de situatie waarbij de betreffende activiteiten niet plaatsvonden (Geen) volgens de GAM-analyse. De aantallen representeren de voorspelde aantallen zeehonden gebaseerd op het GAM-model van de gegevens van 2010 en 2011 gezamenlijk met de algemene type bouwactiviteiten (met de volgende aannames: dag nummer = 200, temperatuur = 15°C, neerslag = 1 mm, windsnelheid = 10 km/u, luchtdruk = 1010 mbar, vochtigheid = 80%, windrichting = 300°).

De effecten van de verschillende activiteiten op het aantal zeehonden op de ligplaats zijn in meer detail weergegeven in Figuren 69 - 74. De tellingen zijn geplaatst over de gemodelleerde seizoenspatroon en laten situaties zien met en zonder bouwactiviteiten. Wanneer een activiteit geen effect heeft op het aantal zeehonden op de ligplaats dan wordt verwacht dat de variatie rond de gemodelleerde seizoens-trend hetzelfde is voor beide datasets (dagen met- en zonder de betreffende activiteit). Wanneer een

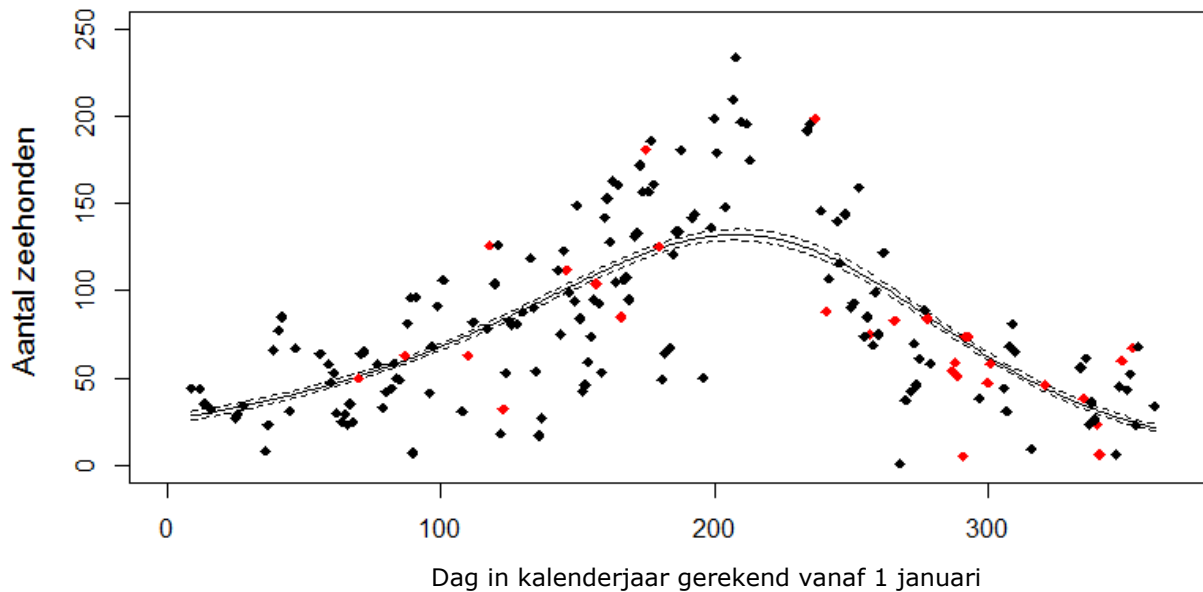
activiteit een effect heeft dan wordt verwacht dat de datapunten van dagen waarop de activiteit plaatsvond (rode punten) meer te zien zijn aan een van de beide zijden van de seizoenspatroonlijn: boven de lijn wanneer een activiteit de neiging vergroot om op de ligplaats te gaan liggen, onder de lijn wanneer de activiteit een verlaging in het aantal zeehonden op de ligplaats teweegbrengt. Voor de voorspellingslijn van het model zijn de data van 2010 en 2011 gecombineerd om een grotere steekproef te krijgen (zoals voor de natuurlijke variabelen).



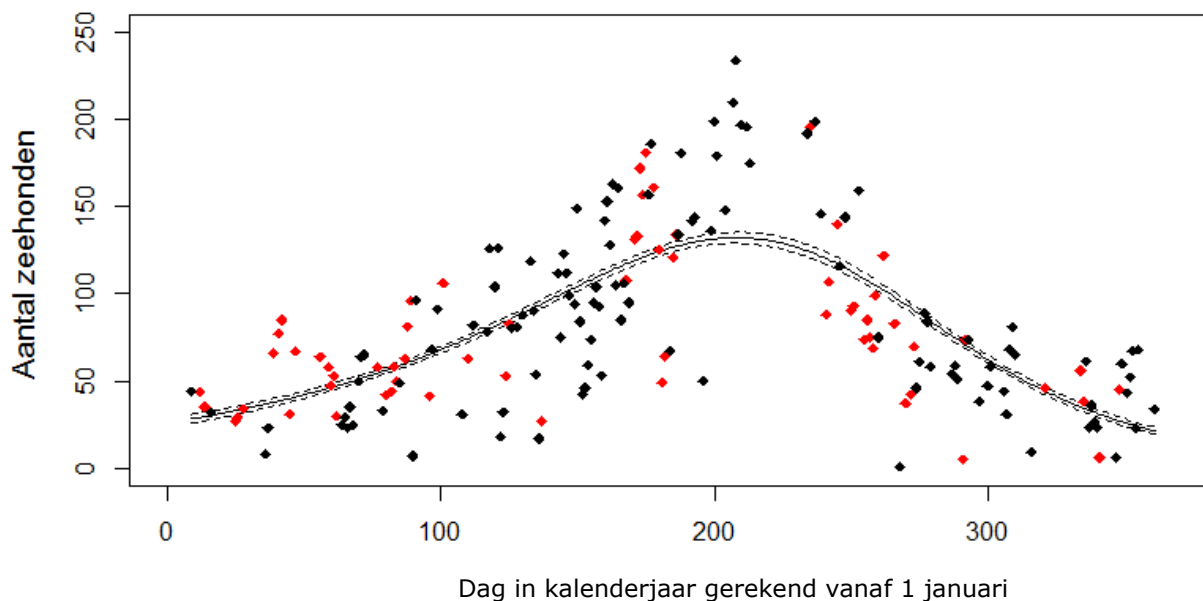
Figuur 71. De relatie tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de relatieve verstoring door baggeren, gebaseerd op de data van 2010 en 2011. De lijn geeft het gemiddelde verloop in het voorspelde aantal zeehonden weer met daaromheen (gestippelde lijn) de standaardfout. De punten geven het aantal zeehonden weer voor iedere dag. Rode stippen zijn dagen dat de activiteit plaatsvond en zwarte stippen zijn de dagen dat die activiteit niet plaatsvond. Dag 100 = 9 april; dag 200 = 18 juli; dag 300 = 26 oktober.



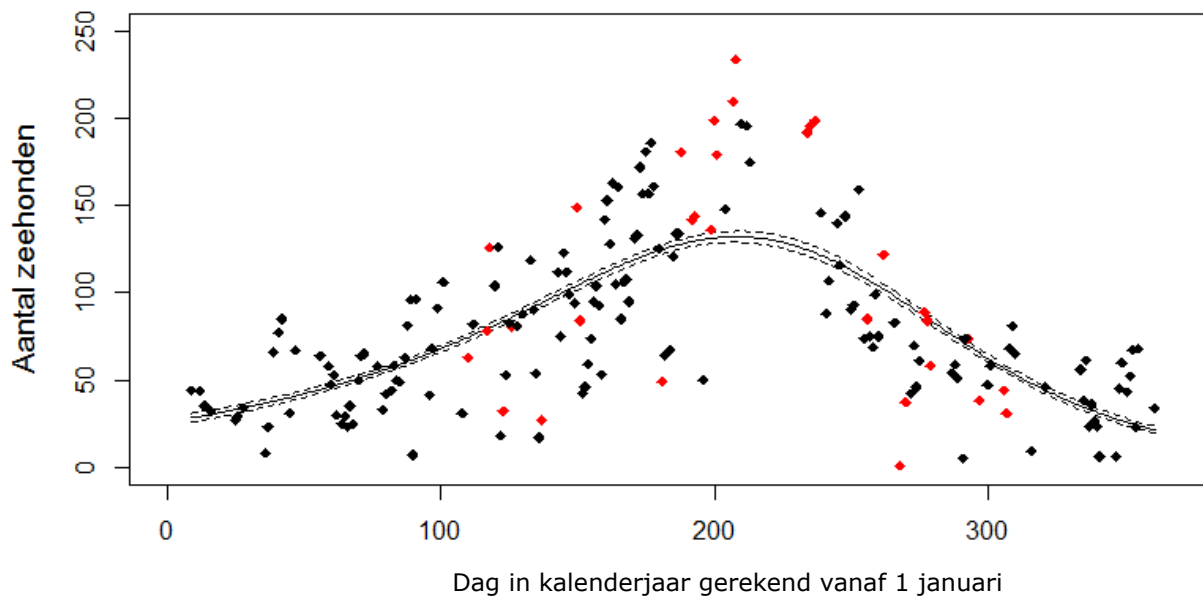
Figuur 72. De relatie tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de relatieve verstoring door heien, gebaseerd op de data van 2010 en 2011. De lijn geeft het gemiddelde verloop in het voorspelde aantal zeehonden weer met daaromheen (gestippelde lijn) de standaardfout. De punten geven het aantal zeehonden weer voor iedere dag. Rode stippen zijn dagen dat de activiteit plaatsvond en zwarte stippen zijn de dagen dat die activiteit niet plaatsvond. Dag 100 = 9 april; dag 200 = 18 juli; dag 300 = 26 oktober.



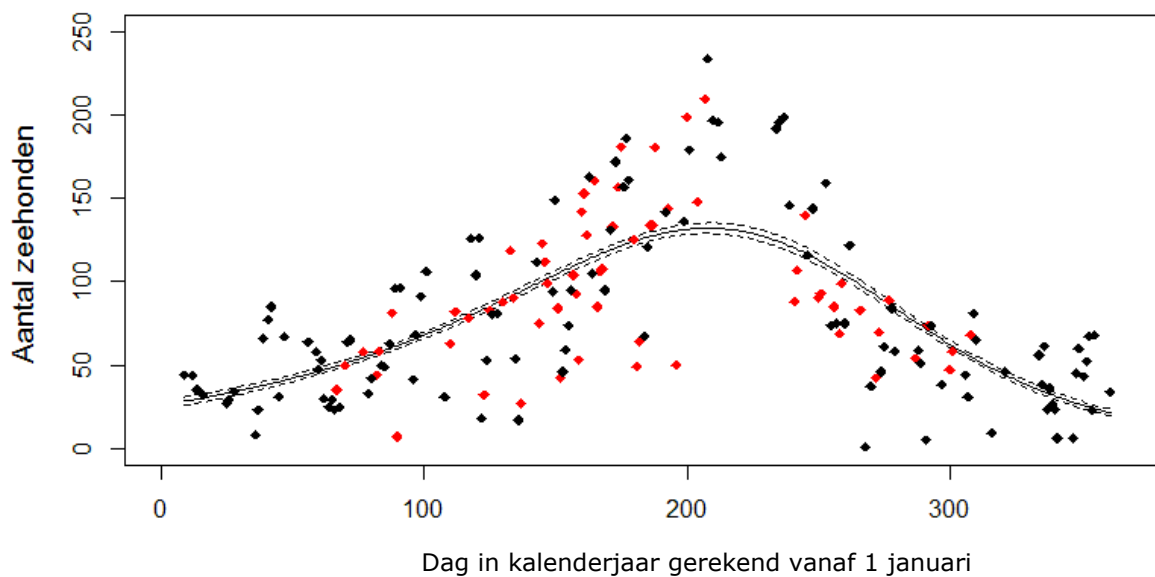
Figuur 73. De relatie tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de relatieve verstoring door peilen, gebaseerd op de data van 2010 en 2011. De lijn geeft het gemiddelde verloop in het voorspelde aantal zeehonden weer met daaromheen (gestippelde lijn) de standaardfout. De punten geven het aantal zeehonden weer voor iedere dag. Rode stippen zijn dagen dat de activiteit plaatsvond en zwarte stippen zijn de dagen dat die activiteit niet plaatsvond. Dag 100 = 9 april; dag 200 = 18 juli; dag 300 = 26 oktober.



Figuur 74. De relatie tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de relatieve verstoring door damwanden trillen, gebaseerd op de data van 2010 en 2011. De lijn geeft het gemiddelde verloop in het voorspelde aantal zeehonden weer met daaromheen (gestippelde lijn) de standaardfout. De punten geven het aantal zeehonden weer voor iedere dag. Rode stippen zijn dagen dat de activiteit plaatsvond en zwarte stippen zijn de dagen dat die activiteit niet plaatsvond. Dag 100 = 9 april; dag 200 = 18 juli; dag 300 = 26 oktober.



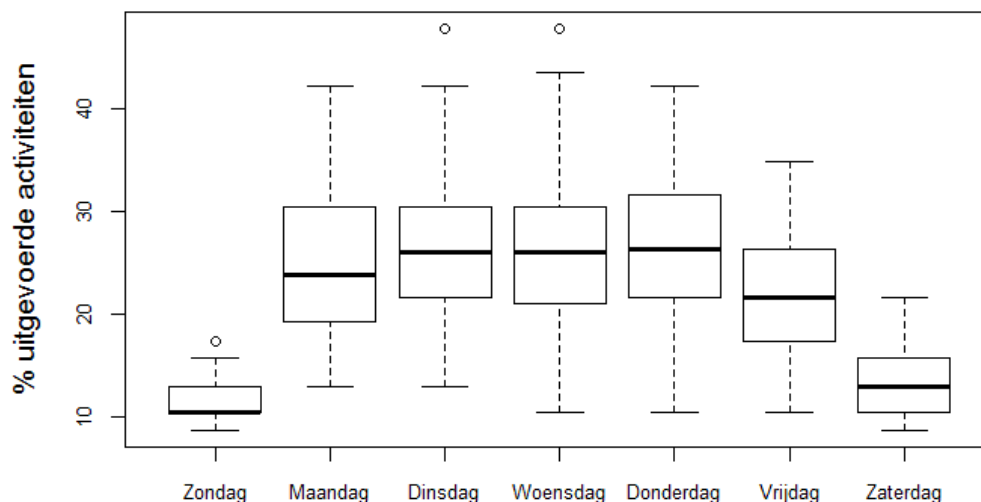
Figuur 75. De relatie tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de relatieve verstoring door Trilblokbuispalen, gebaseerd op de data van 2010 en 2011. De lijn geeft het gemiddelde verloop in het voorspelde aantal zeehonden weer met daaromheen (gestippelde lijn) de standaardfout. De punten geven het aantal zeehonden weer voor iedere dag. Rode stippen zijn dagen dat de activiteit plaatsvond en zwarte stippen zijn de dagen dat die activiteit niet plaatsvond. Dag 100 = 9 april; dag 200 = 18 juli; dag 300 = 26 oktober.



Figuur 76. De relatie tussen het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap en de relatieve verstoring door RIB's, gebaseerd op de data van 2010 en 2011. De lijn geeft het gemiddelde verloop in het voorspelde aantal zeehonden weer met daaromheen (gestippelde lijn) de standaardfout. De punten geven het aantal zeehonden weer voor iedere dag. Rode stippen zijn dagen dat de activiteit plaatsvond en zwarte stippen zijn de dagen dat die activiteit niet plaatsvond. Dag 100 = 9 april; dag 200 = 18 juli; dag 300 = 26 oktober.

Dagelijkse verschillen in de reactie van zeehonden op de verschillende activiteiten

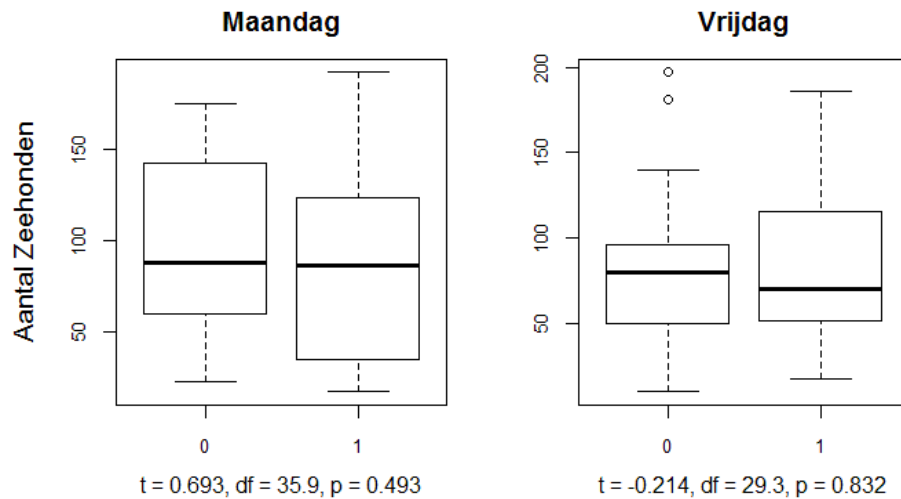
De mate waarin de dagelijkse bouwgerelateerde activiteiten (alle activiteiten in 2010 en 2011 gezamenlijk) plaatsvinden variëren tussen week- en weekenddagen (zie Figuur 77).



Figuur 77. Effect van de dag in de week (weekdagen en weekenddagen) op de mate waarin de verschillende activiteiten worden uitgevoerd.

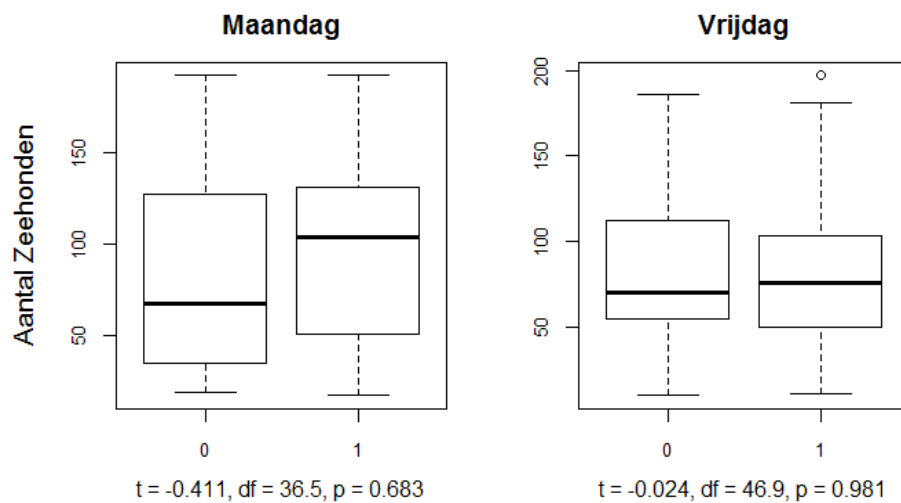
De meeste bouwactiviteiten vonden plaats van maandag tot donderdag. Tijdens de weekenddagen werd slechts een klein percentage aan dagen met bouwactiviteiten gemeld.

Een ANOVA-test werd uitgevoerd om de significantie tussen de reacties van de zeehonden op de activiteiten en de verschillende typen weekdays (maandag direct na een relatief rustig weekend en vrijdag na een aantal relatief drukke werkdagen) voor de data van 2010 en 2011 gezamenlijk te testen. Maar de ANOVA-test houdt geen rekening met alle andere bekende factoren, die mogelijk samenhangen met het effect van een bepaalde activiteit. Daarom moeten deze resultaten met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd wanneer de GAM-resultaten niet ook in de beschouwing worden betrokken. Vergeleken zijn alle maandagen waarop de onderzochte activiteit heeft plaatsgevonden, met de maandagen waarop dit niet het geval was. Hetzelfde is gedaan voor de vrijdagen. Vervolgens zijn de resultaten voor maandag en vrijdag voor de betreffende activiteit met elkaar vergeleken.



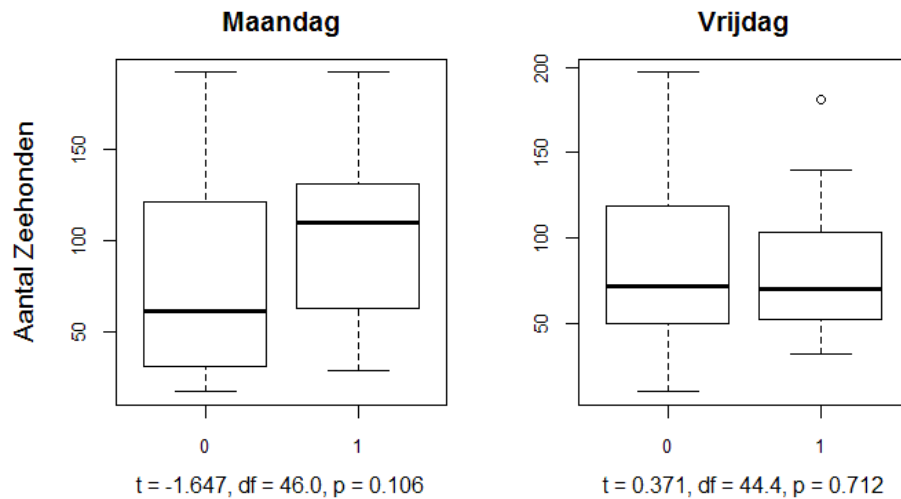
Figuur 78. Effect van heien op het aantal zeehonden op de zandbank ten opzichte van de dag van de week. (0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

Het verschil tussen dagen met en zonder heien is noch op maandag noch op vrijdag significant. Er is ook geen significant verschil gevonden tussen maandag en vrijdag in de reactie op deze activiteit (ANOVA, $df = 1$, $F = 0.421$, $p = 0.518$).



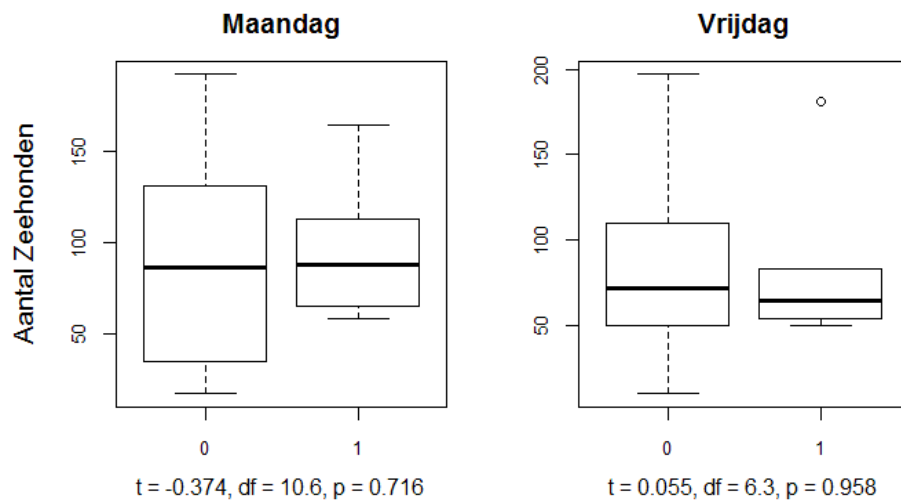
Figuur 79. Effect van baggerwerkzaamheden op het aantal zeehonden op de zandbank ten opzichte van de dag van de week (0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

Het verschil tussen dagen met en zonder baggerwerkzaamheden is noch op maandag noch op vrijdag significant. Er is ook geen significant verschil gevonden tussen maandag en vrijdag in de reactie op deze activiteit (ANOVA, $df = 1$, $F = 0.089$, $p = 0.766$).



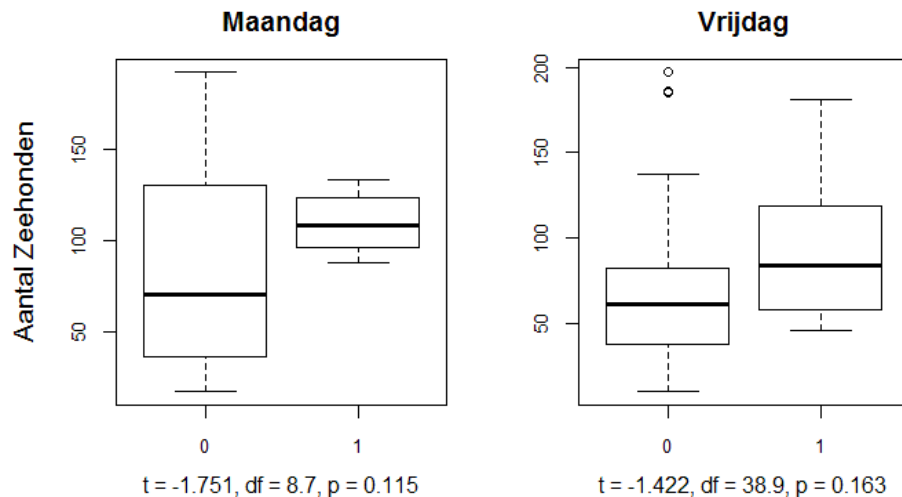
Figuur 80. Effect van damwanden trillen op het aantal zeehonden op de zandbank ten opzichte van de dag van de week (0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

Het verschil tussen dagen met en zonder damwanden trillen is noch op maandag noch op vrijdag significant. Al lijken zeehonden op het oog op maandag gevoeliger te zijn dan op vrijdag, is er geen significant verschil gevonden tussen maandag en vrijdag in de reactie op activiteit (ANOVA, $df = 1$, $F = 2.032$, $p = 0.157$).



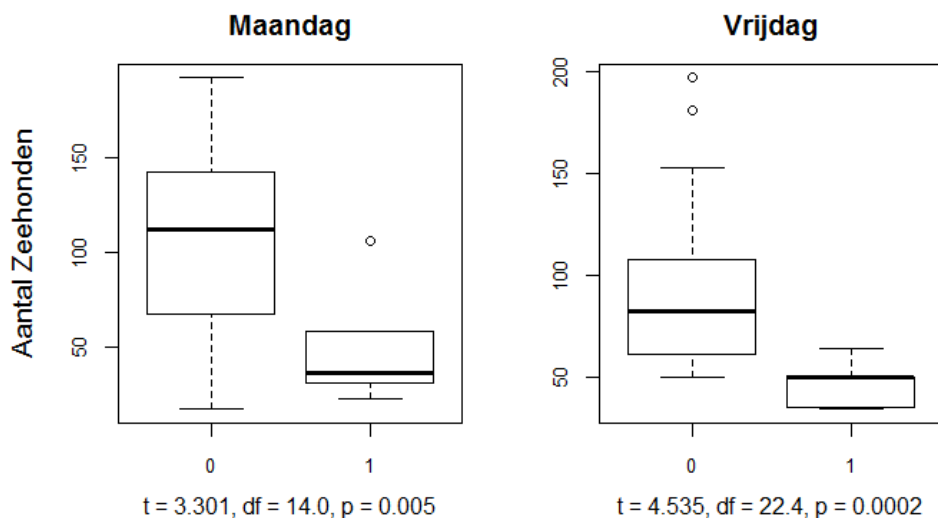
Figuur 81. Effect van peilen op het aantal zeehonden op de zandbank ten opzichte van de dag van de week (0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

Het verschil tussen dagen met en zonder peilen is noch op maandag noch op vrijdag significant. Er is ook geen significant verschil gevonden tussen maandag en vrijdag in de reactie op deze activiteit (ANOVA, $df = 1$, $F = 0.063$, $p = 0.803$).



Figuur 82. Effect van RIB vs. op het aantal zeehonden op de zandbank ten opzichte van de dag van de week (0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

Het verschil tussen dagen met en zonder RIB is noch op maandag noch op vrijdag significant. Er is ook geen significant verschil gevonden tussen maandag en vrijdag in de reactie op deze activiteit (ANOVA, df = 1, F = 0.007, p = 0.933).

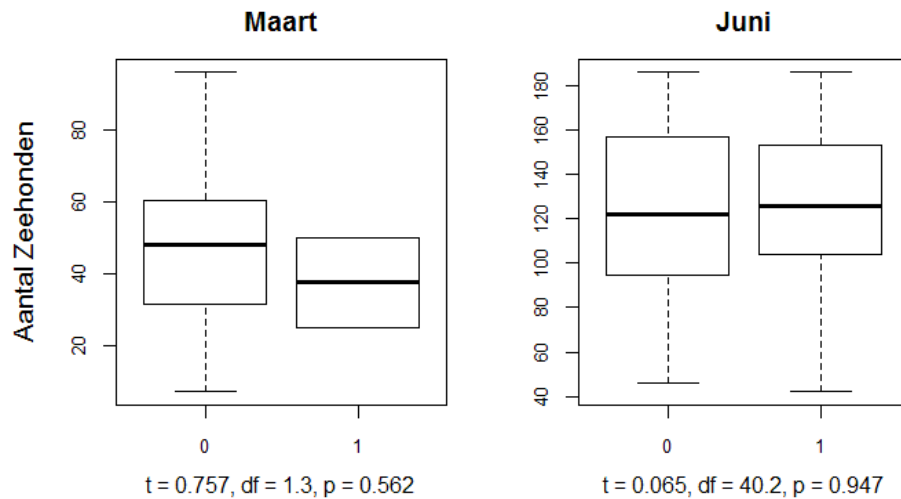


Figuur 83. Effect van zandtransport per schip op het aantal zeehonden op de zandbank ten opzichte van de dag van de week (0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

Op beide dagen is een zeer significante vermindering van het aantal zeehonden op de zandbank te zien tijdens de activiteit (op vrijdag zelfs hoog significant). De analyse laat echter geen significant verschil zien tussen maandag en vrijdag in de reactie op deze activiteit (ANOVA, df = 1, F = 0.080, p = 0.778).

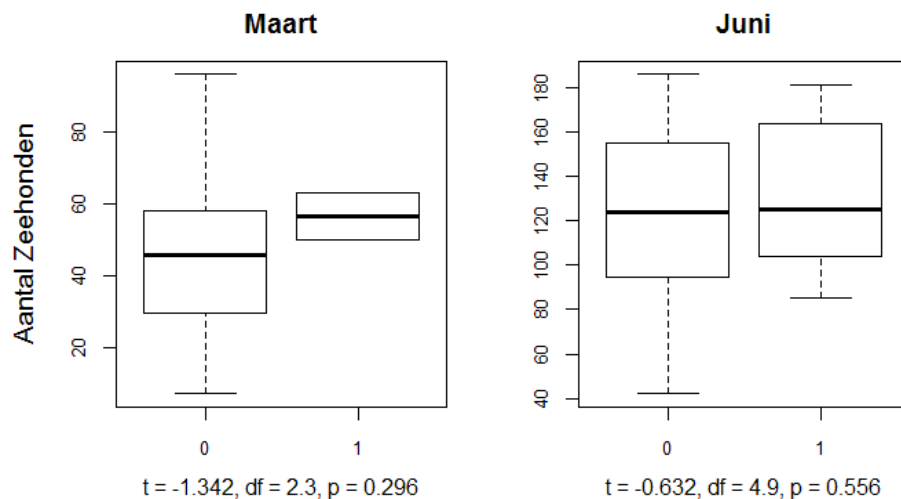
Seizoensverschillen in de reactie

Een ANOVA- test werd uitgevoerd met de data van 2010 en 2011 apart en 2010 en 2011 gezamenlijk om de significantie tussen de reacties van de zeehonden op de activiteiten en de verschillende seizoenen [maart (geen verharings- of geboorteseizoen) en juni (geboorteseizoen)] te testen.



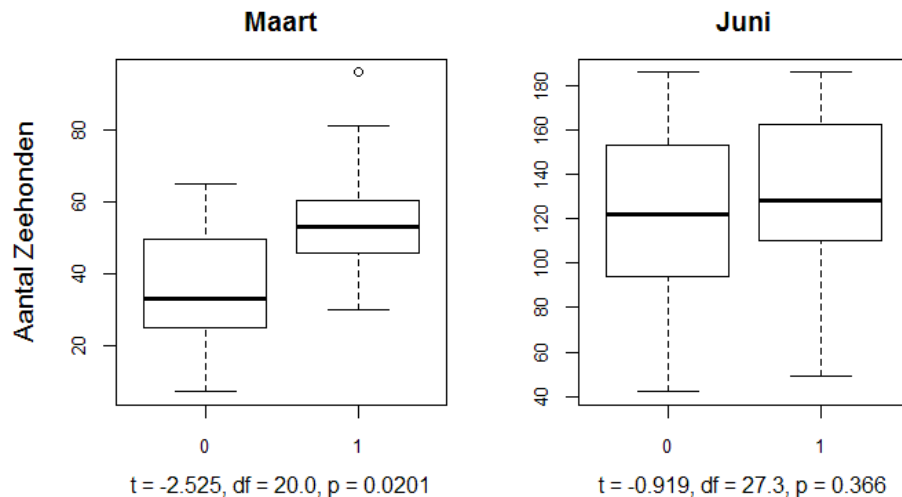
Figuur 84. Vergelijking van het effect van heien tussen maart en juni, gegevens 2010 en 2011 gecombineerd ((0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

Het verschil tussen dagen met en zonder heien is noch in maart noch in juni significant. Er is ook geen significant verschil gevonden tussen maart en juni in de reactie op activiteit (ANOVA, $df = 1$, $F = 0.115$, $p = 0.736$).



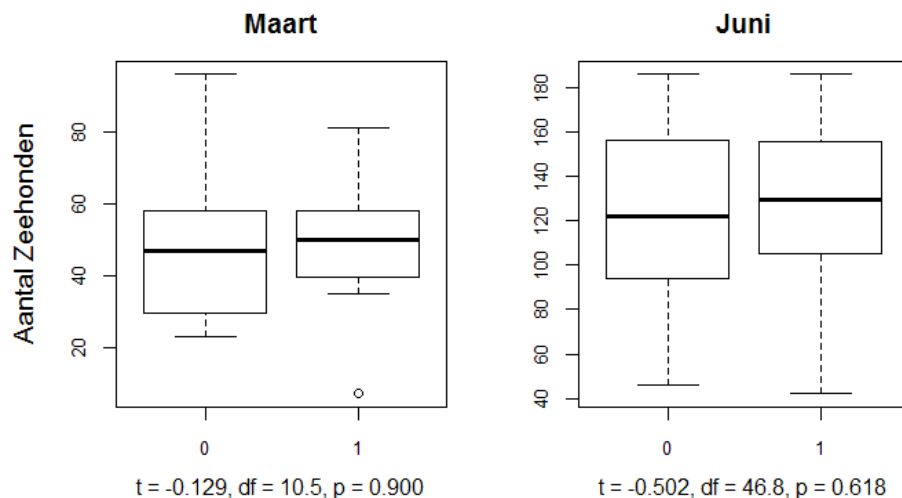
Figuur 85. Vergelijking van het effect van peilen tussen maart en juni, gegevens 2010 en 2011 gecombineerd (0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

Het verschil tussen dagen met en zonder peilen is noch in maart noch in juni significant. Er is ook geen significant verschil gevonden tussen maart en juni in de reactie op activiteit (ANOVA, $df = 1$, $F = 0.001$, $p = 0.970$).



Figuur 86. Vergelijking van het effect van damwanden trillen tussen maart en juni, gegevens 2010 en 2011 gecombineerd (0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

In maart zijn de tellingen zeer significant hoger op dagen waarop damwanden trillen plaatsvonden dan op dagen zonder damwanden trillen. In juni lijkt de activiteit geen effect te hebben op de tellingen. Er is echter geen significant verschil gevonden tussen maart en juni in de reactie op activiteit (ANOVA, $df = 1$, $F = 0.228$, $p = 0.635$).



Figuur 87. Vergelijking van het effect van RIB tussen maart en juni, gegevens 2010 en 2011 gecombineerd (0 = geen activiteit, 1 = activiteit, t = t-testresultaat, df = vrijheidsgraden, p = significantie).

Het verschil tussen dagen met en zonder heien is noch in maart noch in juni significant. Er is ook geen significant verschil gevonden tussen maart en juni in de reactie op activiteit (ANOVA, $df = 1$, $F = 0.053$, $p = 0.819$).

Het effect van baggeren kon niet worden getest doordat er te weinig dagen waren waarop niet werd gebaggerd. Andere activiteiten (SchroevenPalen, StenenPlaatsen, GrondwerNUON, TrilBlokbusplanken) konden niet worden getest doordat er te weinig dagen waren waarop deze activiteiten plaatsvonden.

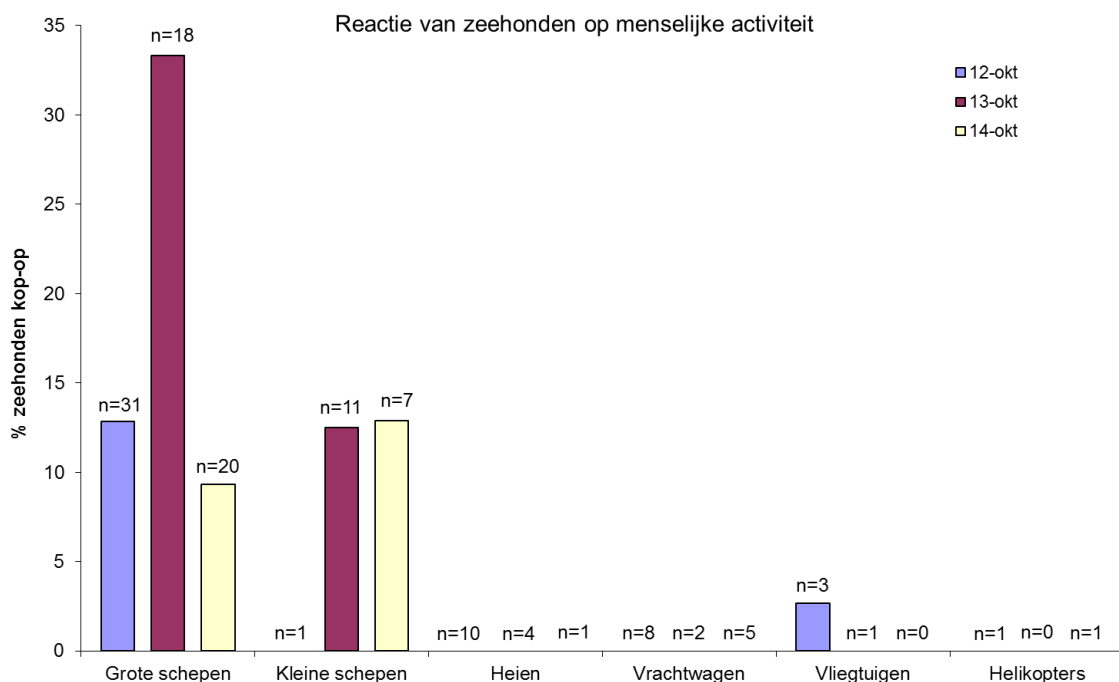
Observaties op het gedrag van de zeehonden vanaf de dijk door menselijke waarnemers

De waarnemingen vanaf de dijk laten zien dat de zeehonden de zandbank gebruiken zodra het getij laag genoeg om er te gaan liggen en daar bij voorkeur zo lang mogelijk blijven. Dat houdt in dat ze soms met

hun lichaam in het water liggen. De resultaten lieten zien dat het aantal zeehonden op de zandbank neemt toe met het afnemen van het tij. Het verloop van het aantal zeehonden op de ligplaats met toenemend getij varieert echter tussen de dagen. Op 12 oktober is er een afname van het aantal zeehonden te zien op het moment dat de vloed weer inzet. Op 13 oktober blijft het aantal zeehonden juist toenemen. Op 14 oktober is de waarneming gestopt vóór de gehele zandbank onder water was.

De twee dagen voor de observaties was het regenachtig weer (respectievelijk 4,4 mm en 6 mm regen), tijdens de eerste observatiedag was het ook regenachtig weer (4,6 mm regen). De tweede observatie dag was het minder regenachtig (1,6 mm regen) en de laatste observatie dag was er geen regen.

De zeehonden gebruiken de zandbank Hond en Paap als ligplaats zo lang het hen mogelijk is. Dat wil zeggen dat ze de zandbank bij afgaand water al opgaan wanneer die nog net niet droog en zichtbaar is, en er verblijven zelfs wanneer het water al opkomt en zij met hun lichaam in het water komen te liggen.



Figuur 88. Percentage zeehonden met hun kop-op tijdens menselijke activiteit. "n" geeft het aantal keren aan dat er menselijke activiteit plaatsvond tijdens de observatiedagen.

Van de niet-bouwgerelateerde activiteiten is scheepvaart de meest geobserveerde menselijke activiteit tijdens de drie observatiedagen. In Figuur 88 geven de nummers boven de staven het aantal menselijke activiteit per dag en per categorie weer. Alert gedrag (kop-op) is het meest gezien wanneer schepen voorbijvaren. Op alle drie de dagen is alert gedrag gezien tijdens het voorbijvaren van grote schepen, respectievelijk 12,85%, 33,33% en 9,32%. Op alle drie de observatiedagen passeerden ook kleine schepen. De eerste dag is er geen alert gedrag gezien tijdens het voorbijvaren van een klein schip, terwijl op de andere twee dagen wel een reactie is waargenomen; 12,5% vertoonde alert gedrag op 13 oktober en 12,88% op 14 oktober. Op 12 oktober vlogen drie sportvliegtuigen over de zandbank. Dit resulteerde in alert gedrag bij 2,67% van de zeehonden. De hoogte waarop de vliegtuigen over de zandbank vlogen was niet te meten. Alert gedrag is niet waargenomen tijdens de hei-activiteiten, het voorbijrijden van vrachtwagens over de dijk of tijdens het overvliegen van helikopters. Bouwgerelateerde activiteiten zijn hier niet geanalyseerd omdat voor die drie dagen te weinig bouwdata beschikbaar waren voor een statistische analyse.

Effect van scheepvaart op het gedrag van de zeehonden op de ligplaats

IMARES heeft herhaaldelijk geprobeerd om de gedetailleerde gegevens over de scheepvaart langs Hond en Paap te krijgen van AIS (Automated Information System). Deze gegevens waren echter niet beschikbaar voor de analyse (waarschijnlijk krijgt IMARES de gegevens in de herfst van 2012). Een analyse gebaseerd op AIS-gegevens zou een robuustere analyse opleveren van deze activiteit.

6.3 Discussie

6.3.1 Hypothesen

De in deze studie gebruikte hypothesen luiden:

1. Het preferente toevluchtsoord voor zeehonden is het water. Het is het meest waarschijnlijk dat zeehonden bij verstoring door een geluidstimulus onder water, van de geluidsbron af zullen bewegen.
2. Wanneer een zeehond wordt blootgesteld aan een geluidsstimulus onder water (niet bij een visuele stimulus omdat optische informatie niet goed over wordt gebracht onder water) terwijl het dier zich dichtbij een zandbank bevindt, kan de zeehond ook uit het water komen om de (onplezierige) verstoring te ontwijken. (Dit zou dan tot gevolg hebben dat er meer zeehonden op de zandbank worden geteld.)
3. Wanneer een zeehond wordt geconfronteerd met een stimulus (visueel of akoestisch) terwijl het dier op de zandbank ligt, kan het als reactie daarop de zandbank verlaten. (Dit zou dan tot gevolg hebben dat er minder zeehonden op de zandbank worden geteld. Als de stimulus zowel onder als boven water wordt overgebracht en de drempelwaarde voor land en/of water overtreft, is het mogelijk dat het dier het gebied verlaat. De drempelwaarde voor geluidsstimuli kan op land anders zijn dan in het water.)

Om deze hypothesen te toetsen is kennis nodig over het normale gedrag en habitatgebruik maar ook over de stimuli. Tijdens deze studie is een groot aantal werkzaamheden uitgevoerd die als mogelijk verstoringen worden beschouwd. Echter door het ontbreken van directe geluidsmetingen is het moeilijk aan te geven tot op welke afstand deze door de dieren in de lucht of onder water worden waargenomen. Het feit dat stimuli onder water, zeker akoestische, kunnen leiden tot veranderingen in gedrag is aangetoond in verschillende wetenschappelijke studies (Richardson et al. 1995). Verstoring door menselijke activiteiten is gedocumenteerd voor verschillende zeehondensoorten (Kucey 2005, Lewis 1987). Kastelein et al. (2006a, 2006b, 2011) ontdekten dat dit ook geldt voor de gewone zeehond. Het onderzoek toonde aan dat verschillende geluidsstimuli ontwijkend gedrag teweegbrengen bij deze dieren. Er is echter geen studie beschikbaar die direct vergelijkbaar is met onderzoek zoals dat in de onderhavige monitoringstudie wordt uitgevoerd. De hypothesen kunnen daarom alleen getest worden door middel van statistische analyses. Wanneer de op basis van gepubliceerde resultaten van andere studies geformuleerde hypothesen worden bevestigd door significante resultaten uit de eigen studie dan is dat een sterke basis voor de aanwezigheid van oorzaak-effectrelaties.

6.3.2 Methodes

De cameraobservaties van de zandbank Hond en Paap hebben wederom aangetoond een waardevol instrument te zijn in het monitoren van de potentiële effecten van de bouwwerkzaamheden in de Eemshaven op het aantal zeehonden op de ligplaats, zonder dat de dieren door menselijke waarnemers verstoord worden (Brasseur et al. 2010). Naast het feit dat het de meest directe methode is om te controleren op extreme effecten, die dienen als alarmsignaal, in een early warning systeem, voorziet deze methode ook in waardevolle informatie over het gedrag van zeehonden, zowel in ongestoorde situaties als in situaties waarbij potentiële spanningsvelden aanwezig zijn zoals bouwactiviteiten.

Het onderscheidend vermogen van de statistische analyses van de gegevens die zijn verzameld in 2011, was wederom erg laag, maar de dataset van ruim twee jaar gezamenlijk resulteerde in een voldoende

groot onderscheidend vermogen om een groter aantal bouwgerelateerde activiteiten te testen. Deze meer gedetailleerde informatie over de bouwactiviteiten zorgde ervoor dat er beter onderscheid gemaakt kon worden tussen de verschillende activiteiten.

6.3.3 Functioneren van de camera

Het monitoren van de zeehondenaantallen op de ligplaats vond in 2011 het hele jaar door plaats, met alleen tijdelijke leemtes als gevolg van technisch falen van de camera of ongeschikte weersomstandigheden. Technische mankementen aan de camera zijn te verwachten aangezien het systeem is blootgesteld aan extreme weersomstandigheden op de zandbank (die buiten de range liggen van het normale gebruik van dit soort systemen). Daar komt bij dat de camera niet makkelijk bereikbaar is voor onderhoud en reparaties. Desalniettemin lieten de gegevens voor de meeste natuurlijke factoren dezelfde invloed op het aantal zeehonden op de ligplaats zien als in voorgaande jaren.

6.3.4 Dagelijkse aanwezigheid van zeehonden en waarnemingsfouten

Er kunnen geen conclusies over de effecten van de bouwgerelateerde werkzaamheden worden getrokken uit het totaal aantal zeehonden dat is geteld op de zandbank (aantallen gesommeerd voor een heel jaar), aangezien dit sterk wordt beïnvloed door het totaal aantal dagen dat er is geteld en in welke seizoenen. De extreem hoge of lage aantallen konden niet direct worden gelinkt met een van de bouwactiviteiten, noch met een van de andere gerapporteerde menselijke activiteiten of natuurlijke omstandigheden in het gebied.

Het feit dat de zeehonden soms dicht opeen gepakt liggen kan de schattingen van de aantallen beïnvloeden, omdat sommige dieren hierdoor verborgen waren achter de lichamen van andere. Toegenomen activiteit in de omgeving waarbij de zeehonden hun kop oprichten kunnen dan geresulteerd hebben in een hoger, meer betrouwbaar geteld aantal omdat verborgen dieren plots zichtbaar werden. De waarnemingsfout, veroorzaakt door het beperkte bereik gedurende de offline scans is alleen relevant tijdens de geboorteperiode. In deze periode wordt het aantal zeehonden op de zandbank dat wordt waargenomen met de camera, onderschat. De veranderingen in de aantallen zeehonden op de zandbank kan dus in deze periode (met name in juni/juli) niet precies worden vastgesteld, wat ook implicaties heeft voor het Early warning systeem in die periode en het vaststellen van potentieel aanwezige bouwgerelateerde effecten die resulteren in een verandering in het aantal zeehonden op de ligplaats. Ook deze zouden hierdoor onderschat kunnen worden omdat niet alle reacties kunnen worden waargenomen.

Een meer gedetailleerde analyse van dit beperkende effect kan mogelijk worden uitgevoerd in 2012 wanneer de gegevens van drie opeenvolgende jaren gezamenlijk geanalyseerd kunnen worden. Zoals gezien kon worden in de vergelijking tussen de maanden maart en juni in de reacties op bouwactiviteiten, lijken de zeehonden niet minder te reageren op versturende activiteiten in de zomermaanden. Dit kan ook leiden tot een lichte onderschatting van het 'echte' effect wanneer dit berekend wordt over het gehele jaar. Desalniettemin moet in acht worden genomen dat de vrouwtjes in de pupperperiode op de zandbank zullen moeten blijven liggen om hun jongen te zogen, zelfs wanneer ze door de versturende stimuli een hogere stress ervaren. Zowel natuurlijke als technische oorzaken zorgen voor beperkingen waar rekening mee moet worden gehouden.

6.3.5 Aanpassingen in het verzamelen van de gegevens en de analyses

De analyses van de gegevens uit 2009 en 2010 lieten zien dat het aantal zeehonden op de ligplaats op 1,5 uur na laagwater zijn maximum bereikt. Wanneer alleen gegevens worden gebruikt die rond dit 'ideale' tijdstip liggen (met een marge van $\pm 0,5$ uur), ontstaat een uniforme en daarmee statistisch

meer betrouwbare methodiek. Het opnieuw bekijken en analyseren van de beelden van 2010 resulteerde echter wel in een afname van de significantie van de effecten van de bouwactiviteiten doordat het aantal observatiedagen afnam. Concreet gezegd waren de eerder gerapporteerde effecten van baggeren en heien nog steeds significant, maar de analyse van de bouwactiviteit peilen was dat niet meer. Dit betekent echter niet dat deze activiteit geen effect had op het aantal zeehonden op de ligplaats, maar dat de dataset niet langer groot genoeg was en de resultaten daardoor niet meer zo duidelijk. Wanneer de gegevens van 2010 en 2011 werden samengevoegd ontstond wel een voldoende grote dataset en dezelfde activiteiten lieten wederom een significant effect zien. In essentie komt het er op neer dat de verbetering van de methodiek resulteerde in een grotere betrouwbaarheid van de resultaten maar niet heeft geleid tot andere conclusies betreffende de effecten van bouwgerelateerde activiteiten.

6.3.6 Het aantal zeehonden op de ligplaats

De cameraobservaties in 2011 maakten het mogelijk om een herhaalde en daarmee betrouwbaardere telling uit te voeren van het aantal via de camera waargenomen zeehonden op de zandbank Hond en Paap. Het seizoenspatroon van de waargenomen zeehonden op de zandbank Hond en Paap in 2011 is min of meer in overeenstemming met de resultaten van de cameraobservaties van 2010 (Brasseur et al. 2011). Hierbij moet wel in aanmerking worden genomen dat de representativiteit van het aantal waargenomen zeehonden ten opzichte van de werkelijk aantallen aanwezige dieren veel geringer in de geboorteperiode omdat de dan verzamelde gegevens een duidelijke onderschatting zijn.

6.3.7 Invloed van natuurlijke factoren

De dag van het jaar (de verschillende seizoenen) bleek wederom de belangrijkste factor in het verklaren van het aantalspatroon van de zeehonden op de ligplaats. Dit kan duidelijk worden toegeschreven aan de sterke afhankelijkheid die de zeehonden hebben van de zandbank tijdens de langdurige jaarlijkse geboorte- en verharingsperiode. De andere factoren varieerden tussen de jaren in het niveau van belangrijkheid. Wanneer per jaar wordt gekeken dan hebben de natuurlijke factoren meestal een sterker effect op het aantal zeehonden op de ligplaats dan een van de bouwactiviteiten. Dit resultaat van 2010 werd ook in 2011 weer gezien. Door de gegevens van beide jaren samen te voegen en zo de dataset te vergroten laten baggeren, trillen en heien een sterker effect zien op het aantal zeehonden op de ligplaats dan sommige van de minder belangrijke natuurlijke factoren. Desalniettemin blijven natuurlijke factoren, zoals seizoen en windkracht, de belangrijkste factoren in deze context.

Als de weersomstandigheden optimaal zijn (weinig tot geen regen, laagwater en iets hogere luchttemperaturen) zijn er meer zeehonden te verwachten op de ligplaats (Simpkins 2003). Het feit dat de invloed van lage temperaturen ($<5^{\circ}\text{C}$) afneemt in 2011 ten opzichte van 2010 kan toegeschreven worden aan de kortere koude periode in dat jaar. Hierdoor zijn minder dagen met deze lage temperaturen beschikbaar voor de analyse waardoor de relatieve invloed van deze factor afneemt. Het feit dat windkracht de op een na belangrijkste verklaring voor het aantal zeehonden op de zandbank was kan gerelateerd worden aan het feit dat de zandbank tijdens storm regelmatig helemaal onder water blijft, waardoor de zeehonden er niet terecht kunnen. Een tweede effect is dat bij hogere windsnelheden (geen storm of springtij) het zand op de banken zo droog wordt dat het gaat stuiven en dat is pijnlijk voor de ogen van de zeehonden (P.J.H. Reijnders, pers. waarneming). Op het eerste gezicht is het verrassend dat zware regenval leidt tot een toename in het aantal zeehonden op de zandbank. Echter, in 2011 vonden bijna alle dagen met zware regenval plaats in de zomermaanden, precies tijdens de periode waarin de zeehonden minder geneigd zijn om de zandbank te verlaten in verband met de geboorte- en verharingsperiodes. Bij lagere neerslagniveaus is de correlatie zoals verwacht en zoals eerder is gerapporteerd door Mathews en Pendleton b.v. (2006) in hun studie naar zeehonden. Zij vonden dat op dagen met regen het aantal zeehonden op een zandbank verminderde. Simpkins (2003) en Boveng et al. (2003) zagen een toename van het aantal zeehonden op de ligplaats op dagen met weinig tot geen regen. Het effect van de andere natuurlijke factoren is waarschijnlijk in meer of mindere mate verbonden met de bovengenoemde factoren.

6.3.8 Invloed van menselijke activiteiten

Effect van bouwgerelateerde activiteiten

Op ligplaatsen zijn zeehonden gevoelig voor verstoring. Wanneer de dieren op de ligplaats worden verstoord gaan ze normaliter te water (Drescher 1978; Reijnders 1980, 1981). Deze reactie is meestal het gevolg van een visuele en/of akoestische prikkel. Bij bouwactiviteiten kan verstoring van zeehonden ook onder water plaatsvinden waardoor de dieren als mogelijke reactie op de verstoring het water ontvluchten door aan land te gaan. Ook hier zijn akoestische prikkels de meest waarschijnlijke oorzaak gezien het feit dat andere prikkels/signalen (visueel, chemisch, elektromagnetisch) zich onder water minder snel en wijd verspreiden dan geluid. Beide soorten verstoring kunnen dus tot veranderingen in het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap leiden en zelfs in een atypische reactie tot uitdrukking komen wanneer die reactie het resultaat van twee tegengestelde typische reacties is. Gewenning maar ook een grotere sensibiliteit kunnen na verloop van tijd een rol spelen. Dit gedrag werd al vermoed op grond van de resultaten van 2009 en 2010 (Brasseur et al. 2011). Omdat oorzaak-effectrelaties, laat staan dosis-effectrelaties, nog niet eenduidig zijn vastgesteld is het moeilijk om daarover enige conclusies te trekken. Daarvoor zouden wetenschappelijke experimenten waarbij dieren onder gecontroleerde omstandigheden worden bloot gesteld aan geluid, een geschikt middel kunnen zijn. Dergelijke proeven vallen echter buiten de scope van een monitoringprogramma zodat genoeg moet worden genomen met het bestuderen van aantalsveranderingen op de zandbank in relatie tot bouwactiviteiten.

6.3.8.1 Baggeren

Baggeren zorgde in het algemeen voor een statistisch significante toename in het aantal zeehonden op de zandbank Hond en Paap. Echter, wanneer gekeken wordt naar de effecten van de verschillende bedrijven afzonderlijk en door het toevoegen van de informatie over de locatie van de activiteit, wordt duidelijk dat er grote verschillen zijn tussen de verschillende activiteiten die vallen binnen baggeren. Baggeren Aussen Eems wordt door Duitsland uitgevoerd om de diepte van de vaargeul op peil te houden. Deze activiteit vindt gedurende het hele jaar plaats en gebeurt over de gehele Eems. Wanneer deze activiteit apart wordt bekeken, wordt een significant effect gevonden. De sterke toename in het aantal zeehonden op de ligplaats kan veroorzaakt worden door het geluid dat deze activiteit onderwater veroorzaakt, alsmede door het geluid van de activiteiten in gebieden waar het slib wordt gedumpt. Deze gebieden liggen dichtbij de ligplaats van de zeehonden. Een reactie op deze activiteiten kan worden verondersteld omdat het hierbij in tegenstelling tot een 'normale' scheepspassage om een nieuwe stimulus gaat: luid en onbekend voor de zeehonden. De aanwezigheid van de baggerschepen kan een visuele stimulus zijn voor de zeehonden, maar omdat het visuele beeld van een baggerschip vergelijkbaar is met de normale (langzame) passage van schepen vormt het geen nieuwe stimulus voor de dieren. Het is daarom onwaarschijnlijk dat de dieren om die reden de zandbank verlaten.

Het bouwgerelateerde baggeren (Baggeronderhoud GSP, Baggerwerkzaamheden GSP en Baggeren vd Kamp) vond alleen plaats binnen de Eemshaven en alleen de gebieden waar het slib werd gedumpt lagen in het Eemsgebied. Daarom is het niet verwonderlijk te zien dat geen van deze activiteiten een significant effect op het aantal zeehonden op de ligplaats Hond en Paap leek te hebben. Eerdere aannames met betrekking tot het potentiële effect dat deze activiteiten zouden kunnen hebben op de zeehonden moeten mogelijk worden herzien.

In essentie lijkt het duidelijk dat baggeren een duidelijk effect heeft op het aantal zeehonden op de ligplaats, maar alleen wanneer deze activiteit plaatsvindt binnen een paar kilometer rondom de ligplaats en niet wanneer deze activiteit in de haven plaatsvindt. Dit sluit eventuele effecten van baggeren in de haven op zeehonden die toevallig passeren echter niet uit. Er kan alleen geconcludeerd worden dat baggeren in de haven geen effect lijkt te hebben op het aantal zeehonden op de ligplaats Hond en Paap.

6.3.8.2 TrilBlok BuisPlanken/ Trillen

Deze activiteit heeft een statistisch significant effect op het aantal zeehonden: het leidt tot een sterke toename van het aantal zeehonden op de zandbank. Het is zeer waarschijnlijk dat dit effect wordt veroorzaakt door het geluid dat direct in het water wordt uitgestraald gedurende deze activiteit. Ainslie et al. (2008) hebben het geluid gemeten dat vrijkomt tijdens het indrijven van palen op land en zij konden het geluid onder water op 3-4 kilometers afstand van de bron nog waarnemen. Het trillen van planken en heipalen vond zowel in de haven als daarbuiten plaats. Met name wanneer buiten de haven getrild werd, zullen de geluidsniveaus die in het water uitgestraald werden, zeer hoog geweest zijn, met als gevolg dat de zeehonden die op dat moment in de Eems hebben gezwommen of gedoken, ook op grote afstand een gedragsverandering zullen hebben vertoond. Maar zoals bediscussieerd in relatie tot de andere activiteiten is het ook voor trillen moeilijk om een robuuste oorzakelijke verklaring voor het waargenomen effect te vinden zonder geluidsmetingen. In essentie kan worden geconstateerd dat trillen een statistisch significant positief effect heeft op het aantal zeehonden op de ligplaats Hond en Paap, waarbij de geluidsemissies onder water gedurende de activiteit de meest waarschijnlijke oorzaak voor dit effect is.

6.3.8.3 Heien

Hoewel het heien onder water hoorbaar is, leidde deze activiteit zowel in 2011 als in 2010 tot een statistisch significante afname in het aantal dieren op de zandbank. Een mogelijke verklaring ligt in het extreme geluid dat deze activiteit ook in de lucht produceert. De herhaalde geluidspulsen kunnen dus zowel onder als boven water worden gehoord in een groot gebied. Zowel onder als boven water ontstaan hierdoor onbekende geluiden voor de zeehonden, die kunnen leiden tot ontwijkend of vluchtgedrag. Mogelijk is bij deze activiteit het geluid boven water bepalend en trekt een groter deel van de dieren het water in als de activiteit gaande is. De drempelwaarde voor gedragsreacties is waarschijnlijk op het land lager dan in het water (i.e. de zeehonden reageren eerder) omdat ze op het land minder mobiel zijn en zeehonden liever het water verkiezen als toevluchtsoord. In essentie kan worden vastgesteld dat deze activiteit een significant negatief effect heeft op het aantal zeehonden op de ligplaats Hond en Paap, maar de oorzakelijke verklaring blijft onduidelijk.

6.3.8.4 Peilen

Deze activiteit heeft in het algemeen een statistisch significant positief effect op het aantal zeehonden op de ligplaats. Er werden meer zeehonden geteld wanneer er gepeild werd dan wanneer deze activiteit niet plaatsvond. Echter, de dataset is nog te klein om de effecten van de verschillende bedrijven afzonderlijk te bepalen. Het lijkt aannemelijk dat peilen binnen de Eemshaven de zeehonden op de ligplaats Hond en Paap niet beïnvloedt. Wanneer peilen wordt uitgevoerd buiten de haven dan kan het effect veroorzaakt worden door het geluid (zeehonden kunnen onder water extreem hoge frequenties waarnemen) of door de ongebruikelijke snelheid en route van de vaartuigen die de peilingen uitvoeren. Net als bij baggeren en heien gaat peilen gepaard met voor de zeehonden onbekende geluidsstimuli. Dit samen met de ongebruikelijke vaarbewegingen (herhaaldelijke benaderingen) kan ontwijkend gedrag bij de zeehonden veroorzaken.

In essentie kan worden vastgesteld dat peilen in zijn algemeenheid een significant positief effect heeft op het aantal zeehonden op de ligplaats, maar dat de dataset te klein is om de individuele activiteiten te splitsen. Zonder directe geluidsmetingen is het echter nagenoeg onmogelijk om een oorzakelijk verband aan te tonen.

6.3.8.5 Damwanden trillen

Uit de analyse bleek dat damwanden trillen leidt tot een statistisch significante toename van zeehonden op de zandbank, terwijl heien een afname tot gevolg had. Dit effect van damwanden trillen is ook evident in de vergelijkende analyse tussen de maanden maart en juni. Het is aannemelijk dat de vastgestelde toename in het aantal zeehonden direct aan de geluidsemissie van deze activiteit gekoppeld is,

aangezien het geluidsniveau van deze activiteit zeer waarschijnlijk binnen het gevoeligste deel van het gehoorbereik van zeehonden ligt. Bij gebrek aan informatie over het geluidsniveau van de activiteit – de enige onderwatermetingen van dit geluid werden uitgevoerd door Ainslie et al. (2008) tijdens heien op land – is het onmogelijk om exact te beoordelen bij welk bereik deze activiteit tot een effect op zeehonden leidt. De vastgestelde aantalsveranderingen op de zandbank Hond en Paap zijn echter een indicatie dat de zeehonden het water hebben verlaten om lawaai te ontvluchten.

RIB

Het vastgestelde effect van de RIB-activiteiten is verrassend omdat de activiteit een significante afname in het aantal zeehonden op de ligplaats veroorzaakt, terwijl, met uitzondering van twee vaartochten, alle tochten met de RIB in 2011 binnen de haven hebben plaatsgevonden met alleen een korte excursie buiten de haven. Aangezien er geen informatie beschikbaar is over hoe ver deze excursies buiten de haven reikten is het niet mogelijk om vast te stellen of de zeehonden verstoord werden door de visuele beelden en de geluidspulsen van de aanwezigheid van de RIB's buiten de haven (waar de RIB's met hoge snelheden kunnen planeren) of dat een andere activiteit samenviel met de RIB-activiteit. In essentie kan worden vastgesteld dat de RIB's een negatief effect hadden op het aantal zeehonden op de ligplaats Hond en Paap. Gebaseerd op de aanwezige informatie met betrekking tot de route van de RIB's kan echter geen oorzakelijke verklaring worden vastgesteld.

6.3.8.6 Dagelijkse intensiteit van de activiteiten

Zoals te verwachten was viel het hoogste percentage dagen waarop een bouwactiviteit plaatsvond, op de weekdays maandag tot en met donderdag, met minder activiteiten op vrijdag. Voor de weekenddagen werd alleen een klein percentage dagen waarop activiteiten plaatsvonden, gerapporteerd.

De statistische vergelijking tussen maandag (na een relatief rustig weekend) en vrijdag (na een relatief drukke werkweek) in het aantal zeehonden op de zandbank in relatie tot de aan- of afwezigheid van een activiteit liet een klein verschil zien in reactie op baggeren, damwanden trillen en RIB's. In deze gevallen waren meer zeehonden op de zandbank aanwezig op vrijdag. Echter, deze verschillen waren niet statistisch significant. Er kan met deze gegevens geen ontwenning na een relatief rustige weekend noch gewinning na een relatief drukke werkweek worden aangetoond. Er zijn geen vergelijkbare gegevens van andere studies beschikbaar over de effecten van menselijke activiteiten op zeehonden. Het blijft daarmee onduidelijk of er een ontwenning- of gewinningseffect optreedt. Mocht dit wel het geval zijn, dan zijn de effecten zo klein dat ze alleen met een uitgebreidere dataset – bijvoorbeeld met gegevens van 2010 tot 2012 gezamenlijk – statistisch kunnen worden aangetoond.

De analyse toonde geen significant verschil tussen maandagen en vrijdag in reactie van de zeehonden op zandtransport. Echter, op beide dagen waren minder zeehonden op de zandbank aanwezig wanneer de activiteit plaatsvond. De meest aannemelijke verklaring zou de verstoring van zeehonden door het beeld van het dichtbij passerende schip zijn (eigen waarneming, april 2012). De algemene analyse van zandtransport liet echter geen significant effect zien van deze activiteit (zie tabel 15). Het zou kunnen dat de locatie van het transport (relatief dicht bij de zandbank) in relatie tot de zandbank het effect op de zeehonden beïnvloedt en dat alleen dichtbij passerende schepen een effect hebben op de zeehonden op de zandbank.

6.3.8.7 Dagelijkse intensiteit van Zandtransport

Het uitvoeren van zandtransporten heeft een statistisch significant negatief effect op het aantal zeehonden op de ligplaats Hond en Paap. Zeer waarschijnlijk houdt dit verband met het tijdstip waarop de activiteit plaatsvond. Het zandtransport werd meestal in de eerste maanden van het jaar uitgevoerd, wanneer de aantallen zeehonden op de zandbank gemiddeld laag waren. De geregistreerde aantallen zijn dan in de statistische analyse met aantallen vergeleken van dagen waarop geen zandtransport plaatsvond, dus ook met dagen van de zomerperiode wanneer de aantallen zeehonden op de zandbank hoog zijn. De lage aantallen zeehonden op de bank aan het begin van het jaar worden daardoor ten onrechte toegerekend aan de activiteit.

Minder waarschijnlijk maar niet onmogelijk is dat dit verschil wordt veroorzaakt door visuele tekenen van het laden en/of het dichtbij passeren van het schip. Zonder verdere informatie met betrekking tot geluidsproductie, afstand van de schepen tot de zeehondenligplaats gedurende het laden en het passeren kan geen oorzakelijke verklaring worden gegeven. Echter wanneer we proberen dit effect te verklaren moeten we er ook rekening mee houden dat Zandtransport geen belangrijke verklarende variabele bleek te zijn in de AIC-test en de GAM-analyse, terwijl deze statistische methodes – in tegenstelling tot de ANOVA – wel rekening houden met alle bekende factoren die mogelijk samenhangen met het effect van zandtransport, bij voorbeeld: zandtransport vindt alleen in de eerste vier maanden van het jaar plaats wanneer ook de aantallen getelde zeehonden in het algemeen lager zijn dan in de zomer. Factoren zoals dag van het jaar, die zoals de AIC-analyse liet zien belangrijker waren voor het aantal zeehonden op de zandbank, zou in werkelijkheid kunnen interfereren met het echte effect van Zandtransport. De resultaten van de ANOVA moeten met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Als we de GAM-resultaten bekijken in combinatie met de boxplots/ANOVA-tests én de seizoenspatroon in de ruwe data, helpt dit de verschillende soorten effecten uit elkaar te halen.

6.3.8.8 Seizoensvariatie in de reactie van de zeehonden

De seizoensbenadering kan enigszins duidelijkheid scheppen in het mogelijke effect van de variabele neiging van de zeehonden om de zandbank te verlaten of juist op te zoeken wanneer verstoring optreedt. Desalniettemin zijn er natuurlijk andere factoren die niet worden meegenomen in de analyse die ook een effect kunnen hebben op de tolerantie van zeehonden voor verstoringbronnen. Daarnaast waren er in sommige gevallen te weinig datapunten per geanalyseerde parameter.

De analyses geven indicaties dat de effecten van de activiteiten in juni minder duidelijk zijn dan in maart, maar niet op een significant niveau. Damwanden trillen is de enige bouwactiviteit van de vier geteste activiteiten die een duidelijk verschil laat zien in de reactie van de zeehonden in maart ten opzichte van juni. Het feit dat de tellingen in maart significant hoger lagen op momenten waarop damwanden werden getrild dan op momenten waarop dit niet het geval was, terwijl dit verschil in juni, wanneer de dieren de zandplaten minder snel verlaten in verband met de geboorteperiode, niet aanwezig was, lijkt de hypothese te ondersteunen dat er seizoenverschillen zijn in de neiging om de zandplaat te verlaten. Zowel het geboorteseizoen als de verharingsstijd zijn fysiologisch zwaar en elke onnodige terugkeer richting zee zou kunnen resulteren in energieverlies, een afname in de zoogtijd voor de pup of een verzwakt immuunsysteem. Echter, het verschil in reactie op het damwanden trillen tussen de maanden is statistisch niet significant. De resultaten kunnen daarom alleen als indicaties worden geïnterpreteerd.

6.3.8.9 Gedragsanalyse-effect van scheepvaart

Naast het monitoren van het aantal zeehonden op de zandbank, is het ook belangrijk te kijken naar het gedrag van de zeehonden. Naast vluchten, is alert gedrag een indicatie van verstoring. Wanneer alle zeehonden hun kop hoog houden kan dat aangeven dat ze alert zijn als gevolg van een verstoring (Terhune 1985; Brasseur en Reijnders 1997). Wanneer zeehonden alert zijn, scannen ze de omgeving. Terhune and Brillant (1996) en Brasseur en Reijnders (1994) lieten zien dat het aantal scans per zeehond afnam wanneer het dier langer op het droge lagen. Terhune en Brillant (1996) toonden ook aan dat met toenemende zeehondenaantallen, de gemiddelde tijd dat er per dier wordt gescand afneemt. Maar zelfs als de groepsgrootte niet significant toenam, dan waren de eerste scans nog langer dan die in de eerste 27 minuten (Reijnders et al. 2000).

De gedragsobservaties van de dieren op de zandbank Hond en Paap lieten een sterke indicatie zien voor een visuele verstoring als gevolg van passerende schepen, aangezien de grootte van de passerende schepen positief was gecorreleerd met het voorkomen van alert gedrag bij de zeehonden. Het relatieve aantal dieren dat reageerde, varieerde echter tussen de dagen. Dit kan mogelijk verklaard worden door de slechte weersomstandigheden op de eerste dag, de afstand van de passerende schepen (meer alert

bij dichtbij passerende schepen), het aantal zeehonden op de ligplaats (minder alert bij toenemende groepsgrootte) en de tijd die ze al op het droge lagen (minder alert bij langere tijd op de zandbank). Interessant is de observatie dat overvliegende vliegtuigen ook tot een verhoogde alertheid leiden. Aangezien de vliegtuigen relatief klein waren en moeilijk te zien voor de zeehonden, wordt deze verstoring mogelijk veroorzaakt door het geluid van de toestellen.

6.3.9 Conclusies

De moeilijkheid van een gedragsstudie is gelegen in het feit dat een groot aantal factoren waarschijnlijk met elkaar interacteren en dat de zeehonden uiteindelijk verschillende opties afwegen – zoals op het droge blijven waar de harde wind oncomfortabel is of het water in gaan waar de herrie erg ongemakkelijk is. Met de aanwezige gegevens zijn statistische analyses nog steeds gelimiteerd omdat de modellen te gecompliceerd worden en hun verklarende vermogen verliezen. Het samenvoegen van de data uit 2010 en 2011 geeft al aan dat met een grotere dataset deze beperkingen uiteindelijk zouden kunnen worden overkomen. Er zijn hoe dan ook significante correlaties gevonden tussen een aantal bouwgerelateerde activiteiten en de veranderingen in het aantal zeehonden op de zandbank. Aangezien deze activiteiten met intensieve akoestische prikkels gepaard gaan (en in mindere mate ook met visuele prikkels) is de conclusie gerechtvaardigd dat deze veranderingen het gevolg van de activiteiten zijn.

Desalniettemin vormen de cameraobservaties een toenemende goede basis voor het creëren van een model waarmee een voorspelling gedaan kan worden over het te verwachten aantal zeehonden op een bepaalde dag of in een bepaalde periode. De aanwezigheid van zeehonden op de zandbank Hond en Paap wordt enerzijds bepaald door natuurlijke factoren, anderzijds door menselijke activiteiten. Van de natuurlijke factoren verklaart de dag van het jaar de aantallen in belangrijke mate. In 2011 blijkt dat verschillende bouwactiviteiten een effect hebben op de aantallen zeehonden op de Hond en Paap. De meest waarschijnlijke oorzaak-effectrelatie ligt in het produceren van geluid tijdens deze activiteiten. Echter, in de afwezigheid van verdere onderwatergeluidsmetingen kan deze hypothese niet worden getest.

Duidelijk is, net als in andere studies is aangetoond, dat zeehonden vooral reageren op geluidsstimuli en in mindere mate op visuele stimuli van menselijke activiteiten. Aangezien geluid zich onder water over veel grotere afstanden kan verplaatsen dan in de lucht, zonder in kracht te verliezen, is dit naast de natuurlijke factoren de meest belangrijke menselijke factor die het gedrag van zeehonden boven en onder water beïnvloedt.

De bouwactiviteiten zijn niet de enige activiteiten die plaatsvinden in de omgeving van de ligplaats. Er vinden ook andere activiteiten plaats zoals het baggeren van de vaargeul door Duitse bedrijven, waarvan de gegevens in 2011 voor het eerst beschikbaar kwamen. De gegevens uit 2011 zijn duidelijk verbeterd ten opzichte van 2010, maar de complexiteit van de factoren is nog steeds te hoog en de dataset te klein om de oorzaak-effectrelatie vast te stellen en te kwantificeren voor de individuele activiteiten en het gedrag van de zeehonden. Wanneer zelfs een vergroting van de steekproef niet afdoende blijkt te zijn, zouden experimenten waarbij dieren onder gecontroleerde omstandigheden worden bloot gesteld aan bouwactiviteiten misschien uitsluitsel kunnen geven.

7 Bruinvissen - passieve akoestische monitoring

In de rapportages over de passieve akoestische monitoring (PAM) van bruinvissen in het Eemsgebied voor de jaren 2009 en 2010 werd aangetoond dat het gebied door bruinvissen gebruikt wordt, en dat hun aanwezigheid wordt beïnvloed door menselijke activiteiten die verbonden zijn met de aanpassingen van de Eemshaven. PAM bleek een geschikte techniek om als monitoringsinstrument te worden gebruikt, en de verzamelde data leenden zich goed voor een effectanalyse.

In 2011 is het PAM-onderzoek naar bruinvissen zonder wijzigingen in de opzet voortgezet. In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd uit de periode aansluitend op die van de jaarrapporten 2009 en 2010. Omdat pas begin 2012 zekerheid kwam over het al dan niet beëindigen van de bruinvissenmonitoring liep het veldwerk ook na eind 2011 nog door. Uiteindelijk stopte het deelproject per 9 februari 2012 en is besloten de data uit begin 2012 in deze rapportage mee te nemen. Omwille van de vergelijkbaarheid met voorgaande jaren is de analyse in grote lijnen gelijk gebleven aan de analyse van de in 2009 en 2010 verzamelde data. De analyse van de 'wachttijd' is in de 2011-rapportage niet meer gepresenteerd omdat het verschil met de analyse van de click-frequentie en click-intensiteit te gering is. Alle analyses zijn uitgevoerd voor het kalenderjaar 2011 afzonderlijk en de gehele veldwerkperiode van 1 januari 2011 tot en met 9 februari 2012.

7.1 Methodes

In deze studie is voor de akoestische monitoring gebruik gemaakt van Continuous Porpoise Detectors (CPOD versie 0, in 2008 ontwikkeld door Chelonia Ltd). Een CPOD is een akoestische datalogger die continu geluid registreert en opslaat. Het systeem bestaat uit een hydrofoon, een versterker, een aantal filters en een datalogger in een waterdichte cilinder van drijvend materiaal. De CPOD wordt van stroom voorzien door twee onafhankelijk van elkaar werkende series van elk vijf Duracell Procell batterijen. De hydrofoon registreert signalen in de range van 20-160 kHz, het bereik van de echolocatiesignalen van bruinvissen dat een energiemaximum heeft tussen 110-140 kHz (Verboom en Kastelein 1995). De gevoeligheid om bruinvis-clicks te detecteren is afhankelijk van de instellingen van de frequentiefilters van de CPOD. De detectie vindt plaats door vergelijking van de energie van een geluidssignaal in een smalle band rond een hogere en een lagere frequentie, respectievelijk het A- en B-filter. Ieder geluidssignaal dat substantieel meer energie in het A-filter heeft, is waarschijnlijk een bruinvis of een sonar van menselijke oorsprong. Aan de hand van de vorm van het spectrogram en de tijd tussen twee opeenvolgende signalen wordt het verschil tussen beide bepaald. Bruinvissen laten een kenmerkende opeenvolging van clicks, een zogenaamde click-trein, zien die verschilt van de regelmatige geluidssignalen van een sonar.

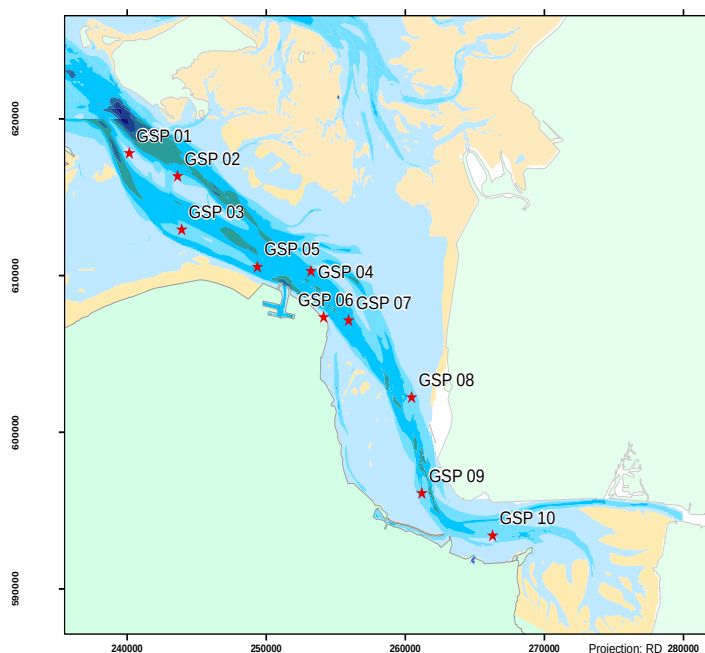
In Tabel 19 wordt een overzicht gegeven van de instellingen die zijn gebruikt in deze studie. Bruinvissen kunnen door de CPOD gedetecteerd worden op een afstand van ca. 300 m. Informatie over opgevangen geluidssignalen wordt opgeslagen op een SD-geheugenkaart van 4 Gb. Om het geheugenbeslag te minimaliseren worden alleen de begintijd en de duur van de clicks met een resolutie van 10 µs opgeslagen. De ingebouwde software filtert door middel van een algoritme, bruinvis-clicks uit de opgenomen geluidssignalen. De CPODs zijn ingesteld op een filter met kwaliteit Hi(gh) en Mod(erate), waardoor alleen signalen die zeer waarschijnlijk tot waarschijnlijk afkomstig zijn van click-treintjes als bruinvis aangemerkt worden. Het risico dat random signalen van andere geluidsbronnen als bruinvis-clicks worden beschouwd is minimaal.

Tabel 19. Instellingen van de filters van de CPODs.

Keuze instelling	Gekozen waarde
A-filter frequentie	100
B-filter frequentie	80
Train quality filter	Hi en Mod
Soort clicks	Clicks bruinvisachtige en dolfijnen

7.1.1 Veldwerk

In januari 2011 zijn de CPODs op de locaties tussen het eiland Borkum en de Dollard die zijn geselecteerd om metingen te verrichten (zie Figuur 89 en Tabel 20), weer uitgezet. De waterdiepte op de verschillende locaties varieert van 8 tot en met 15 m; de CPODs 'zweven' ca. 1 m boven de bodem. De CPODs zijn vanaf half januari 2011 tot en met begin februari 2012 iedere acht tot tien weken boven water gehaald om de opgeslagen data uit te lezen, de batterijen te vervangen en eventueel onderhoud aan de CPODs te plegen. De verloren CPOD van positie GSP 10 werd niet vervangen, hetgeen verband hield met onzekerheid over de voortzetting van het deelproject. De CPODs en de betonning zijn eind januari/begin februari 2012 definitief uit het water verwijderd.



Figuur 89. Ligging van de CPOD-stations GSP 01 – GSP 10 in het studiegebied.

Tabel 20. Locaties van de CPODs en observatietijd. Monitoring dag = aantal dagen dat een CPOD data heeft verzameld.

Locatie	Latitude	Longitude	Water- diepte	Begin	Eind	Monitoring dag	% totaal
	Graden.min. sec	Graden.min. sec	(m)	2011	2012		
GSP 01	53.32.3921	6.40.3124	10	1 jan	13 dec ¹	299	73.8
GSP 02	53.31.5674	6.43.4349	12	1 jan	18 jan	383	94.6
GSP 03	53.29.7205	6.43.6433	8	1 jan	9 feb	405	100.0
GSP 04	53.28.2040	6.51.9931	11	1 jan	18 jan	366	90.4
GSP 05	53.28.3866	6.48.5235	11	1 jan	18 jan	314	77.5
GSP 06	53.26.6058	6.52.7515	10	1 jan	9 feb	336	83.0
GSP 07	53.26.4742	6.54.3931	15	1 jan	18 jan	300	74.1
GSP 08	53.23.7737	6.58.3744	10	1 jan	9 feb	322	79.5
GSP 09	53.20.4711	6.58.9037	11	1 jan	9 feb	322	79.5
GSP 10	53.18.9554	7.03.4405	9	-	-	-	0

¹ 2011

7.1.2 Analyse

7.1.2.1 Beschrijving bruinvisactiviteit

Bij de analyse is gebruik gemaakt van data uit de periode 1 januari 2011 tot en met 9 februari 2012. De ruwe data in de vorm van zogenoemde cp1-bestanden zijn geconverteerd naar cp3-bestanden en geanalyseerd met het softwareprogramma CPOD.exe v 1.026 (Chelonia Ltd). Dit programma gebruikt het detectie-algoritme V2.6 om sequenties van bruinvis-clicks, zogenoemde click-treintjes, te identificeren. Vervolgens is voor iedere minuut bepaald hoeveel bruinvis-clicks zijn gedetecteerd en met welke kwaliteit (Hi(gh) of Mod(erate)). Wanneer in een minuut minimaal één detectie is geregistreerd, wordt dit een Detection Positive Minute (DPM) genoemd. Voor een beschrijving van de dagelijkse activiteit van bruinvissen wordt een tweetal variabelen berekend:

1. Click-frequentie: in DPM per uur per dag. Het aantal DPM gedeeld door het totaal aantal gemeten minuten op een dag maal zestig. Omdat bruinvissen nagenoeg continu clicks uitzenden is deze parameter een proxy voor hun aan- of afwezigheid.
2. Click-intensiteit: het gemiddelde van het aantal clicks/minuut van een dag. Deze parameter is een indicatie voor het type gedrag (bv. zwemmen versus jagen).

7.1.2.2 Statistische analyse

De analyse bestaat uit twee componenten. Eerst wordt aan de hand van een model onderzocht welke natuurlijke, biologische en fysische processen van invloed zijn op het aantal detecties van bruinvissen. Vervolgens wordt onderzocht of menselijke activiteiten gecorreleerd zijn met het aantal detecties. Voor de analyse van de natuurlijke processen is gebruik gemaakt van het aantal Detection Positive Minutes (DPM); het aantal DPM is per uur gegroepeerd (DPM/U) om in het model gebruikt te kunnen worden. Om wille van de vergelijkbaarheid met 2009-2010 en andere PAM-studies is de click frequentie gebruikt om temporele en ruimtelijke patronen per CPOD te presenteren. Voor de effectanalyse was een lagere resolutie noodzakelijk en zijn de DPM per uur gegroepeerd in plaats van uit te gaan van de afzonderlijke minuten. In het model is gebruik gemaakt van dagelijkse gemiddelden. Voor details over de onderliggende aannames en de gebruikte modellering wordt verwezen naar hoofdstuk 5 (Zeehonden zenderstudie). Er is aangenomen dat het aantal DPM per uur een Poisson-verdeling heeft en deze is gemodelleerd als een functie van een aantal verklarende variabelen. De natuurlijke variabelen zijn tijd tot hoogwater in de Eemshaven, uur van de dag (in UTC), etmaalgemiddelde windsnelheid (0.1 m/s) en dag van het jaar (sinds 1 januari, i.c. zowel 30 jan 2011 als 30 jan 2012 krijgt dagnummer 30). Verder zijn eigenschappen van de afzonderlijke CPODs meegenomen die van invloed zijn op het gemiddelde detectieniveau: ligging (noorderbreedte) en diepte. Voor een groot aantal variabelen, waaronder tijd tot

hoogwater, dag van het jaar, tijd van de dag en ligging (Noorderbreedte), is een niet-lineaire invloed op het aantal DPM per uur te verwachten. Om die reden zijn zogeheten smooth-functies van deze variabelen meegenomen in het model, gebruikmakend van een Generalized Additive Model (GAM). Voor cyclische variabelen, zoals tijd van de dag en tijd tot hoogwater, zijn cyclische smoothers gebruikt. Deze zorgen dat het begin en eind van elke smooth-functie op elkaar aansluiten.

Om te bepalen welke variabelen de meeste invloed hebben op het aantal detecties, is een voorwaartse selectieprocedure gebruikt die is gebaseerd op het Akaike Information Criterion (AIC). Deze AIC is een maat voor de fit tussen het model en de data, maar geeft daarnaast een penalty voor modelcomplexiteit. Het model met de beste fit en het minste aantal parameters/variabelen heeft theoretisch de laagste AIC en is gekozen als beste model. Voor ieder model is een voorspelling gemaakt van het dagelijkse gemiddelde aantal DPM per uur als een functie van iedere afzonderlijke variabele. De resultaten van het geselecteerde model zijn grafisch weergegeven door het aantal detecties uit te zetten tegen de afzonderlijke covariaten die in het model zijn opgenomen.

Na de eerste analyse is onderzocht of de variabelen die potentieel verstoring kunnen veroorzaken, zoals damwanden trillen, baggeren, peilen en heien, invloed hebben op het aantal bruinvisdetecties. Analooq aan 2010 is scheepvaart niet geanalyseerd. Enerzijds omdat scheepvaart als constant aanwezige potentiële verstoringbron beschouwd kan worden, anderzijds omdat gedetailleerde informatie over scheepsbewegingen ontbreekt (zie hoofdstuk 3). De activiteiten zijn uitgevoerd door verschillende bedrijven en de temporele resolutie van de data is niet altijd dezelfde (zie hoofdstuk 3). Derhalve is het aantal DPM per uur geaggregeerd naar het aantal DPM per dag en vervolgens zijn de gegevens per activiteit (bv. heien) samengenomen. Afhankelijk van de afstand van de CPOD ten opzichte van de menselijke activiteiten, zal het effect van de verstoringen waarschijnlijk verschillen. De effecten van de menselijke activiteiten zijn daarom voor de afzonderlijke CPODs apart geanalyseerd. Daarbij is een soortgelijke modelselectie toegepast als hierboven beschreven. In tegenstelling tot 2010, toen een deel van de analyses zich beperkte tot de CPODs op GSP04 tot en met GSP 07, zijn alle analyses uitgevoerd met de gegevens van alle geplaatste CPODs.

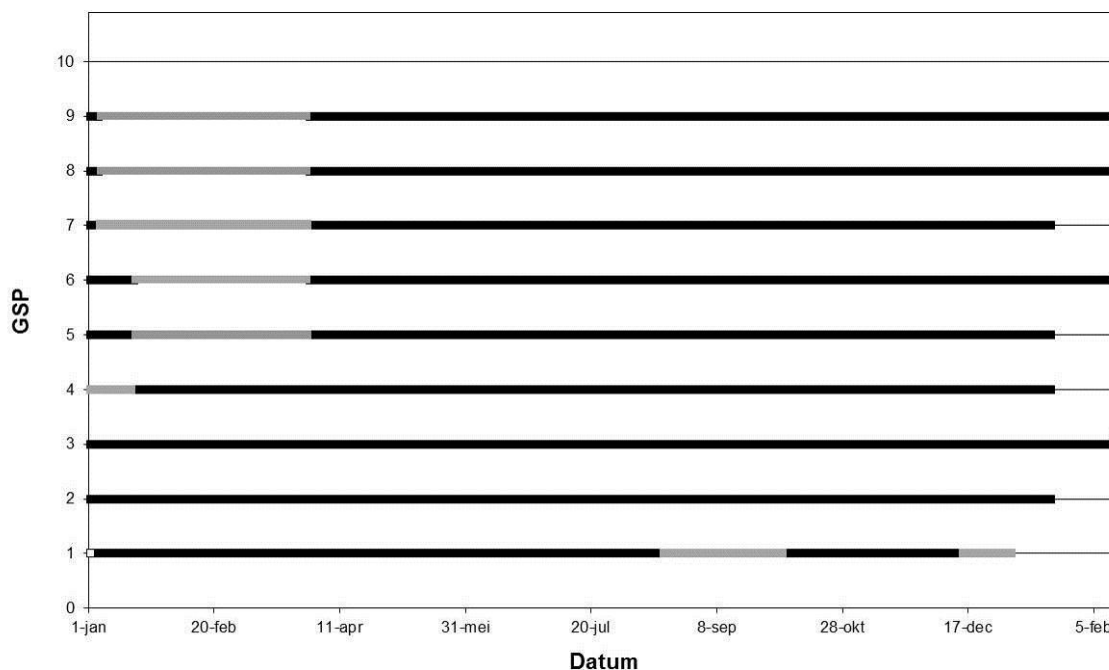
7.2 Resultaten

7.2.1 Functioneren van de CPODs

In Figuur 90 zijn de dagen weergegeven waarop CPODs in het Eemsgebied data verzameld hebben. Met een zwarte lijn is per CPOD aangegeven dat er data verzameld zijn; een grijze lijn geeft aan dat toen geen data zijn verzameld. De oorzaken voor het laatste houden voornamelijk verband met vorst.

Daarnaast hebben technische problemen voor data-uitval geleid. Tijdens vorstperioden in januari/februari 2011 is een aantal landinwaarts gelegen CPODs preventief uit het water gehaald om verlies door ijsbedekking en (kruisend) ijs te voorkomen.

Al met al hebben de afzonderlijke CPODs GSP 01 tot en met GSP 09 in de periode 1 januari 2011 tot en met 9 februari 2012 gemiddeld 339 (83.6%) van de maximaal 405 potentiële observatiedagen data verzameld, resulterend in een totaal van 3047 zogenoemde monitoringdagen. Een monitoringdag is gedefinieerd als een dag dat een CPOD gegevens heeft kunnen verzamelen. Het aantal monitoringdagen varieert van respectievelijk 299 en 300 dagen (73.8 en 74.1%) op locatie GSP 01 en GSP 07 tot alle 405 dagen op locaties GSP 03 (zie Tabel 20). In totaal hebben de CPODs op 77.7% van alle potentiële observatiedagen (n = 3924) gegevens verzameld.



Figuur 90. Activiteit van CPODs per locatie GSP 01 t/m 10, van 1 januari 2011 tot en met 9 februari 2012. Legenda: dikke zwarte lijn = goede data verzameld; dikke grijze lijn = geen bruikbare data verzameld.

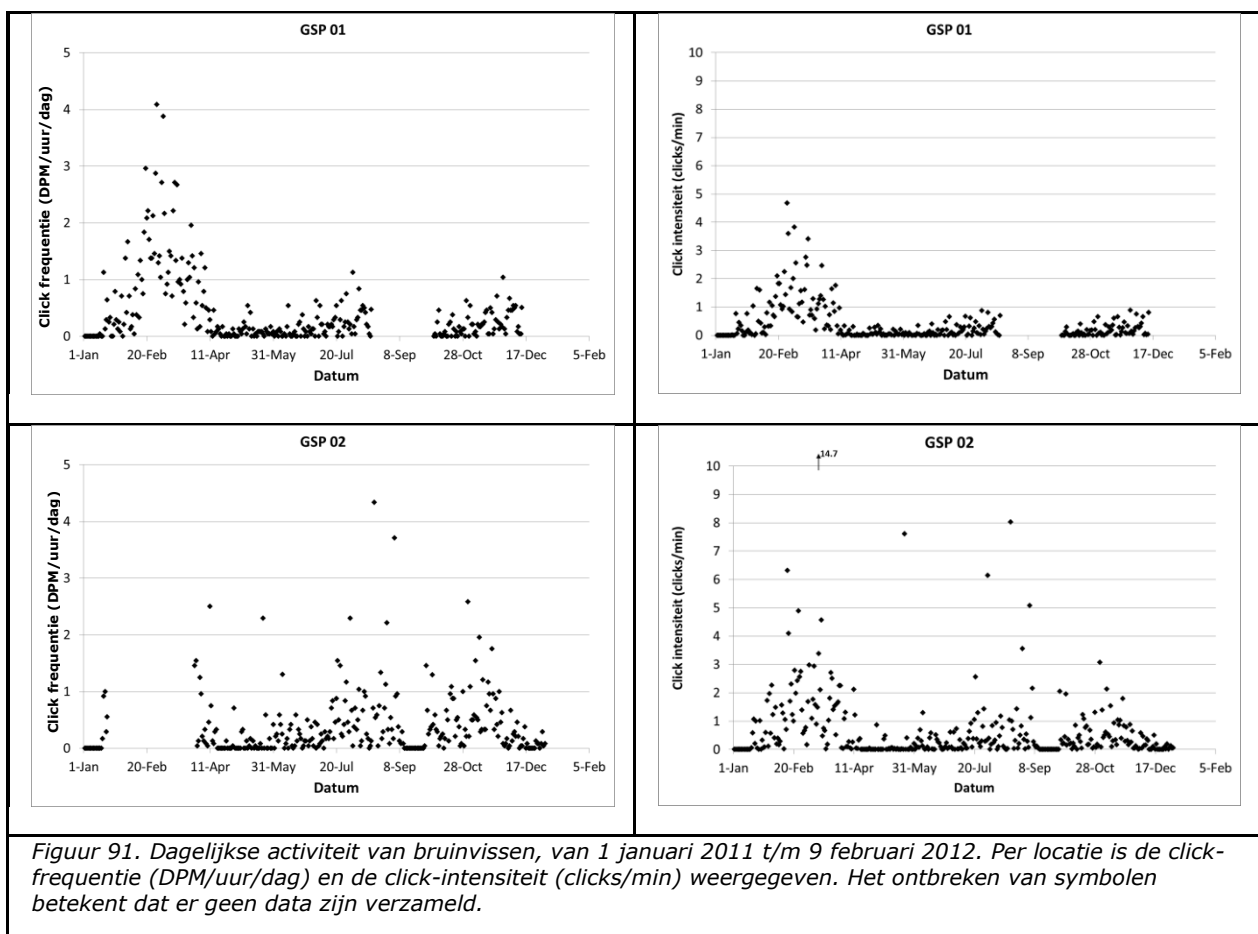
7.2.2 Dagelijkse aanwezigheid en activiteit van bruinvissen

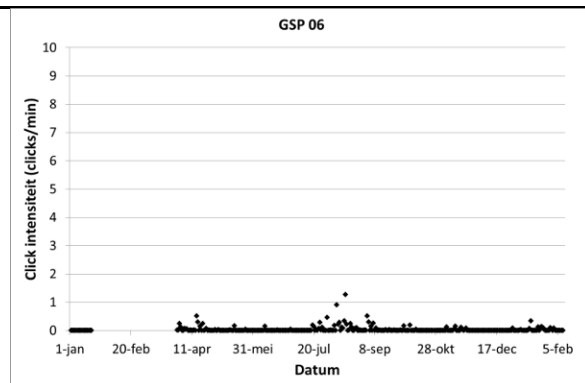
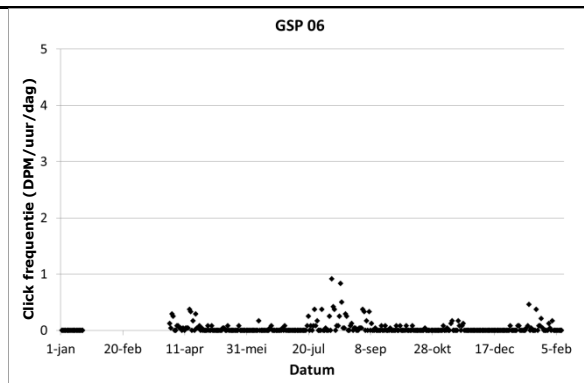
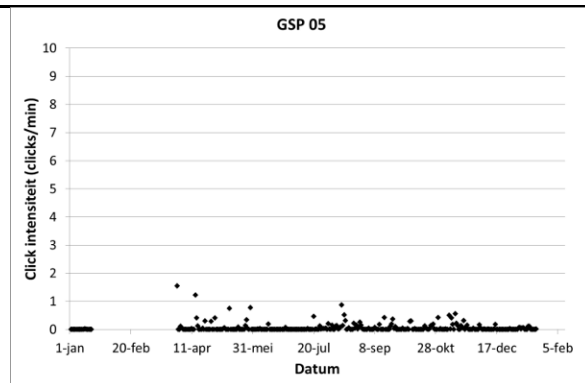
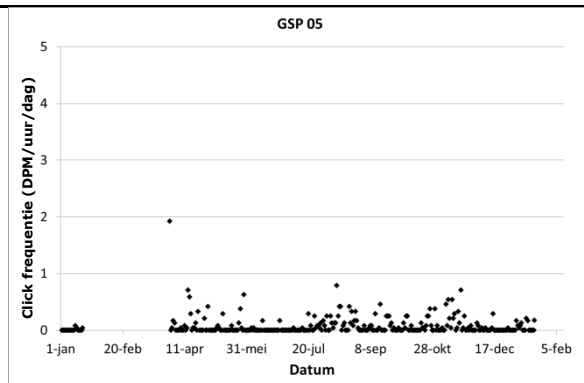
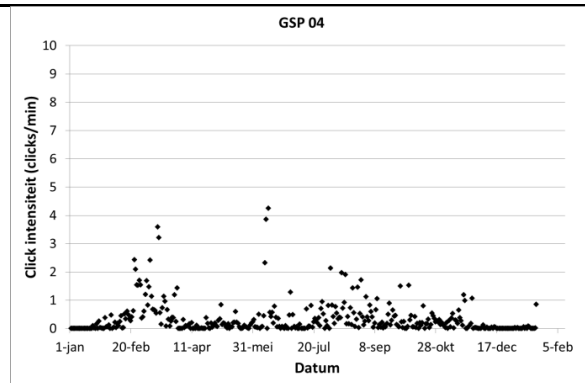
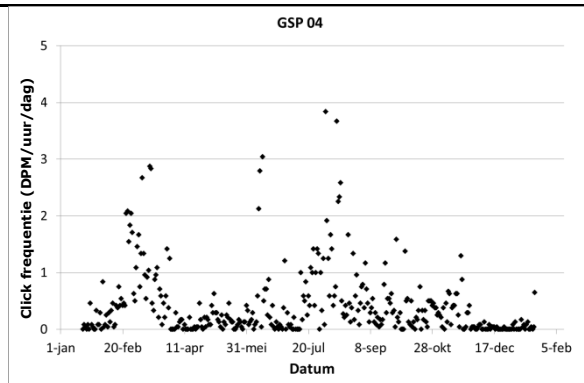
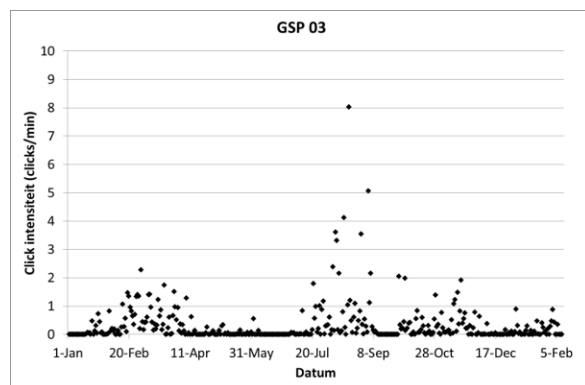
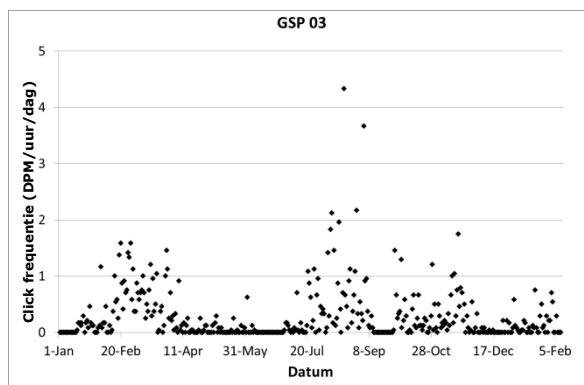
Van de 3047 monitoringdagen hebben de CPODs GSP 01 tot en met GSP 09 op 1774 dagen (58.2%) clicks vastgesteld. Op de overige monitoringdagen zijn geen bruinvissen gedetecteerd. In het algemeen kan worden gesteld dat bruinvissen vrijwel het gehele jaar gebruik maken van het gebied (Figuur 91).

Gemiddeld over de gehele studieperiode varieerde de click-frequentie van 0.05 DPM/uur/dag op locatie GSP 06 tot 0.59 DPM/uur/dag op locatie GSP 02. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het aantal monitoringdagen op de verschillende locaties niet gelijk was, zodat de gemiddelden voor de afzonderlijke CPODs niet één op één te vergelijken zijn. Voor alle locaties is een vergelijkbaar temporeel patroon te zien, waarbij de click-frequentie van dag op dag sterk kan fluctueren en maxima bereikt tot 4.3 DPM/uur/dag (Figuur 91). Indien we de maandelijkse waarden middelen worden in december 2011,

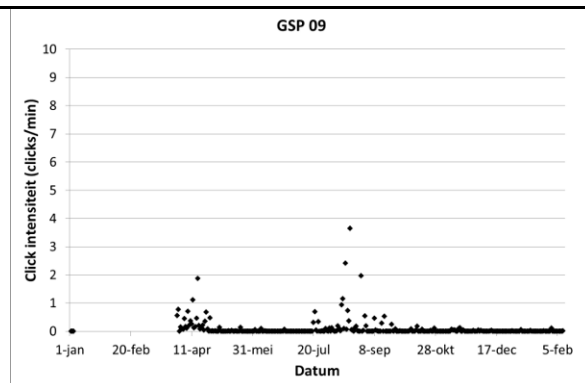
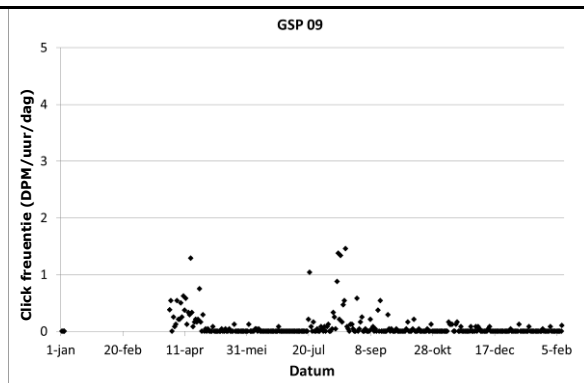
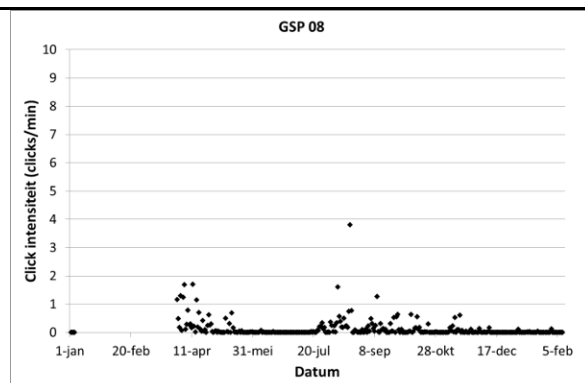
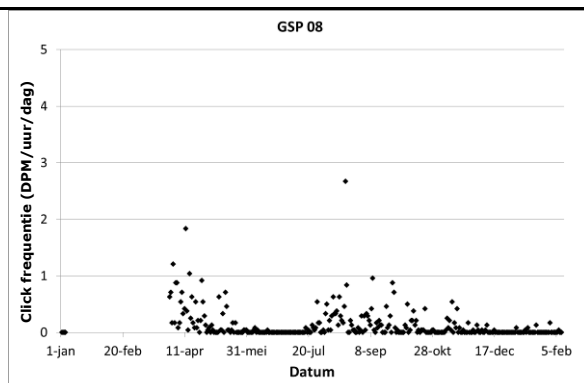
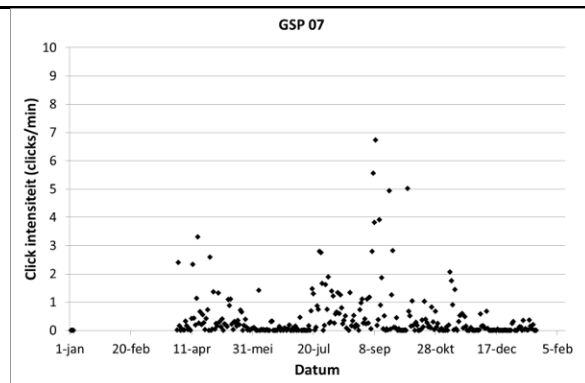
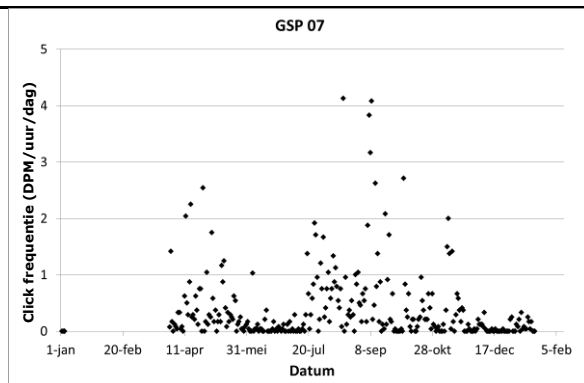
januari 2011 en 2012 de laagste gemiddelde click-frequenties (0.07-0.08 DPM/uur/dag) vastgesteld. Het gemiddelde neemt toe tot een piek in maart (0.78 DPM/uur/dag) en neemt vervolgens af tot een dal in juni (0.11 DPM/uur/dag). In augustus wordt een tweede piek (0.49 DPM/uur/dag) bereikt. Daarna neemt de gemiddelde click-frequentie af tot het winterminimum, waarbij het niveau in winter 2012 lager is dan in winter 2011. De gemiddelde maandelijkse click-frequenties per locatie (zie Figuur 92) illustreren dit temporele patroon. Ze geven tevens een beeld van de ruimtelijke verschillen en overeenkomsten tussen de locaties. Bruinvissen worden in het gehele studiegebied van Borkum tot aan de Dollard gedetecteerd, de click-frequentie lijkt per deelgebied te variëren en af te nemen richting de Dollard.

De dagelijkse click-intensiteit (clicks/min) varieert minder dan de click-frequentie, met een minimum van 0.04 op GPS 06 tot een maximum van 0.59 op GSP 02. De gemiddelde click-intensiteit neemt in de loop van het jaar toe van 0.07 in december/januari tot 0.54 clicks/min in augustus (Figuur 93). Hoewel de relatie tussen click-frequentie en click-intensiteit niet lineair is, vertoont de gemiddelde maandelijkse click-intensiteit in grote lijnen een temporeel en ruimtelijk patroon dat vergelijkbaar is met die van de click-frequentie (zie Figuur 92).

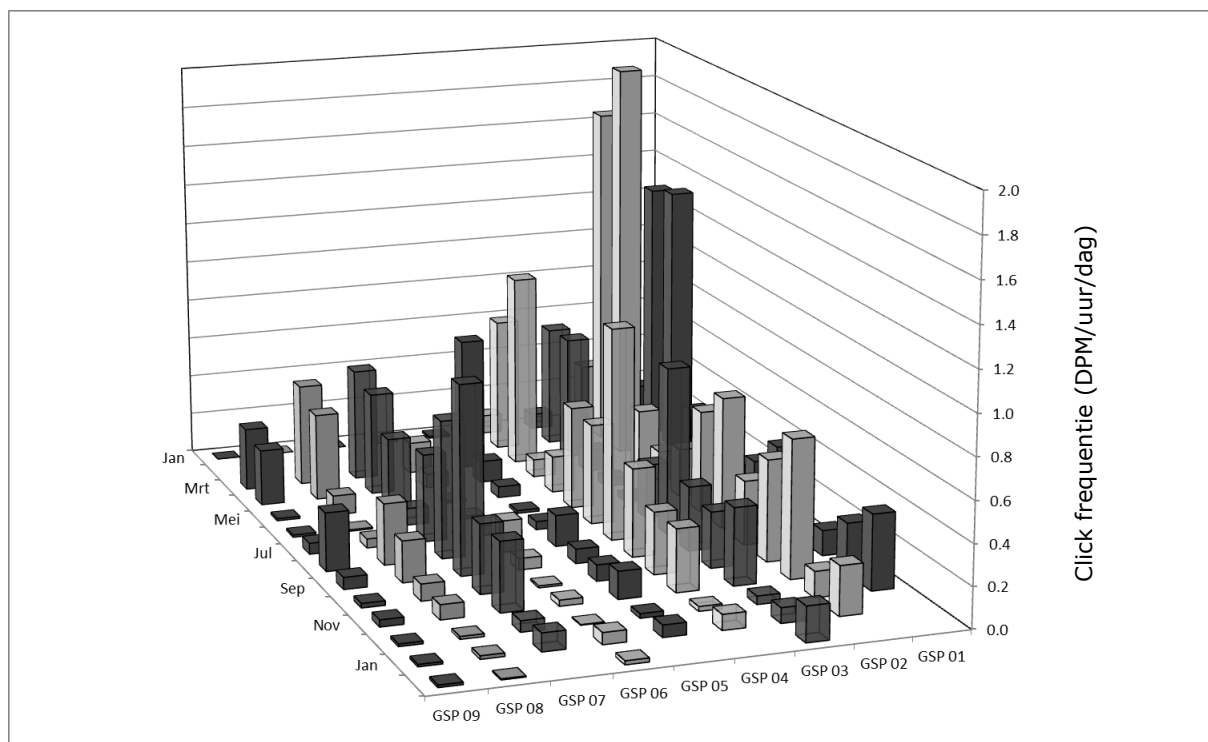




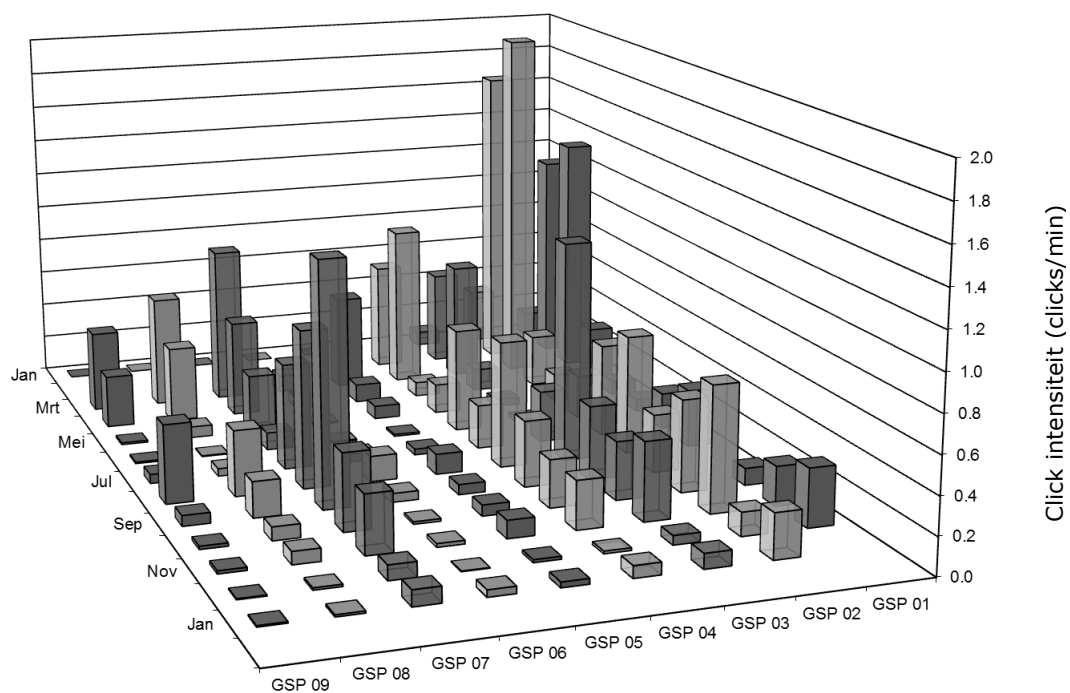
Figuur 91. Vervolg.



Figuur 91. Vervolg.



Figuur 92. Gemiddelde maandelijkse click-frequentie per locatie, januari 2011-februari 2012.



Figuur 93. Gemiddelde maandelijkse click-intensiteit per locatie, januari 2011-februari 2012.

7.2.3 Effectanalyse

7.2.3.1 Invloed van natuurlijke omgevingsfactoren

Zoals onder 7.1. (Methode) is beschreven bestaat de analyse uit twee delen. Eerst wordt onderzocht wat het effect van natuurlijke omgevingsfactoren is op het aantal bruinvisdetecties per uur. Vervolgens wordt gekeken wat de invloed is van menselijke activiteiten op het aantal bruinvisdetecties per dag. De meest invloedrijke natuurlijke factoren zijn voor zowel 2011 (kalenderjaar) als 2011/2012 (veldwerkperiode van 1 januari 2011 tot en met 9 februari 2012) in volgorde van belangrijkheid, i.c. een lagere AIC: seizoen, ligging, waterdiepte op de verankeringslocatie van de CPOD, tijd tot hoogwater Eemshaven, de windkracht en de tijd van de dag (zie Tabel 21).

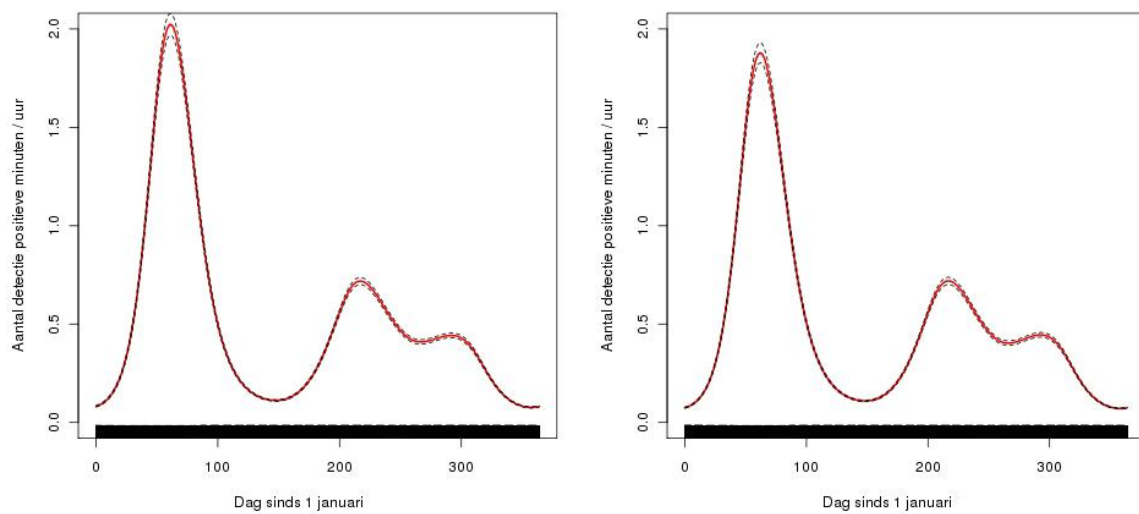
Tabel 21. Variabelen die geselecteerd zijn door het model op basis van verklarend vermogen. De variabele seizoen wordt als eerste geselecteerd en tijd van de dag als laatste. AIC is een maat voor de kwaliteit van het model. Hoe lager deze waarde des te beter het model. Het model met alle variabelen heeft een AIC van 84794 voor 2011 en 81861 voor 2011/2012 en is daarmee het beste model.

Covariate	AIC	
	2011	2011/2012
s(seizoen,k=8,bs='cc')	88904.09	85413.45
s(ligging,k=3)	87354.04	84038.23
s(Diepte,k=3)	85304.26	82315.74
s(tiid tot hoog water Eemshaven,k=4,bs='cc')	84883.97	81934.36
s(windkracht,k=4)	84807.16	81871.28
s(tijd van de dag,bs='cc',k=4)	84794.32	81861.21

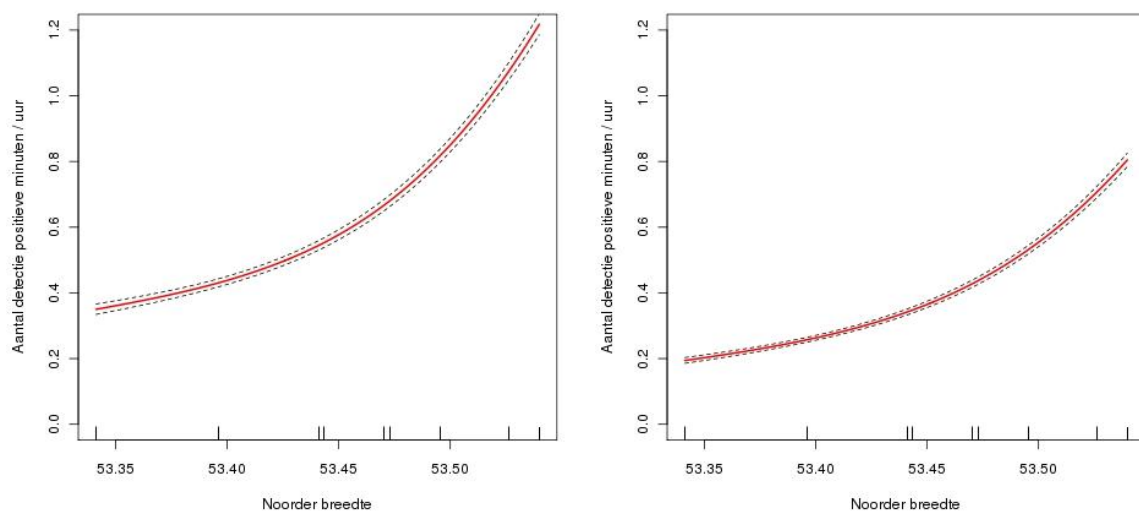
Het seizoen (dag sinds 1 januari) verklaart het aantal detecties het best (Tabel 21). Figuur 94 bevestigt het in 7.2.2 geschetste seizoenspatroon: na lage aantallen in het begin van het jaar neemt het aantal detecties toe om in de maart een eerste piek te bereiken. In 2011/2012 is de piek lager dan in 2011. Na een afname in het aantal detecties tot een dal aan het eind van het voorjaar en het begin van de zomer, neemt het aantal weer toe om in de nazomer te pieken.

Naast de dag van het jaar verklaren de ligging en de diepte van de CPODs het aantal detecties in belangrijke mate (Figuur 95 en Figuur 96). Het aantal detecties laat een afnemende gradiënt van noord naar zuid zien; met andere woorden de geregistreerde akoestische activiteit van bruinvissen neemt af van de Noordzee naar de Dollard. De diepte is kwantitatief gezien de derde belangrijkste variabele die het aantal detecties bepaalt. Hoe dieper de locatie waarop een CPOD (ca. 1 m boven de bodem) is uitgezet, hoe hoger het aantal detecties. Samenvattend: ongeacht het seizoenspatroon is het aantal bruinvisdetecties hoger in het noorden dan in het zuiden en het laagst in ondieper water.

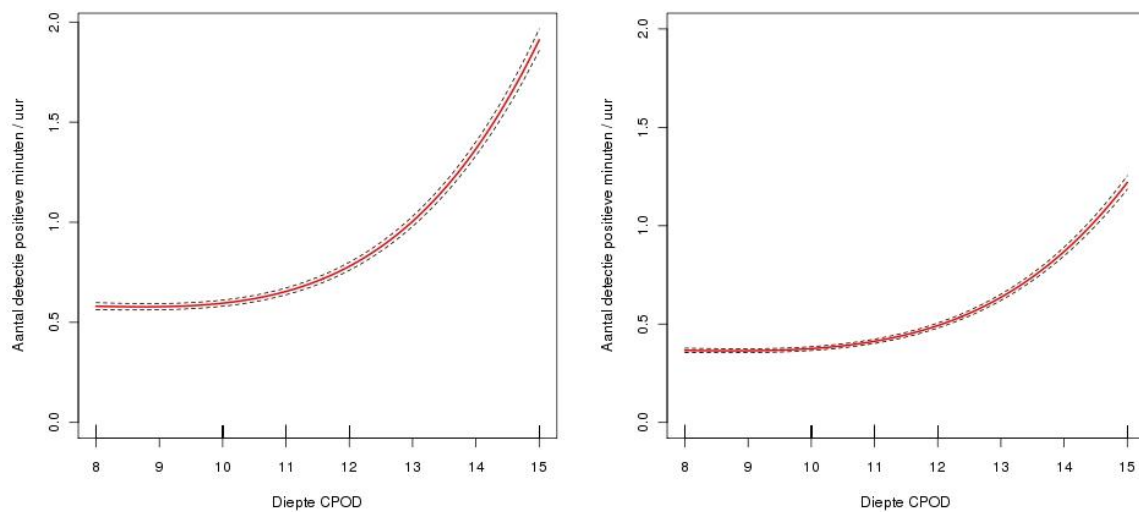
Het aantal detecties van bruinvissen vertoont naast een seizoenspatroon ook een getijdeafhankelijk patroon (Figuur 97). Het aantal detecties neemt toe met opkomend getij om ca. 2 uur voor hoogwater te pieken en vervolgens af te nemen tot een minimum 5-6 uur na hoogwater. De invloed van windsnelheid ten slotte vertoont het volgende patroon: het aantal detecties neemt in eerste instantie licht af met een hogere windsnelheid, maar neemt sterk toe als de windsnelheid hoger is dan ca 40 km/u (>5 Bft., Figuur 98).



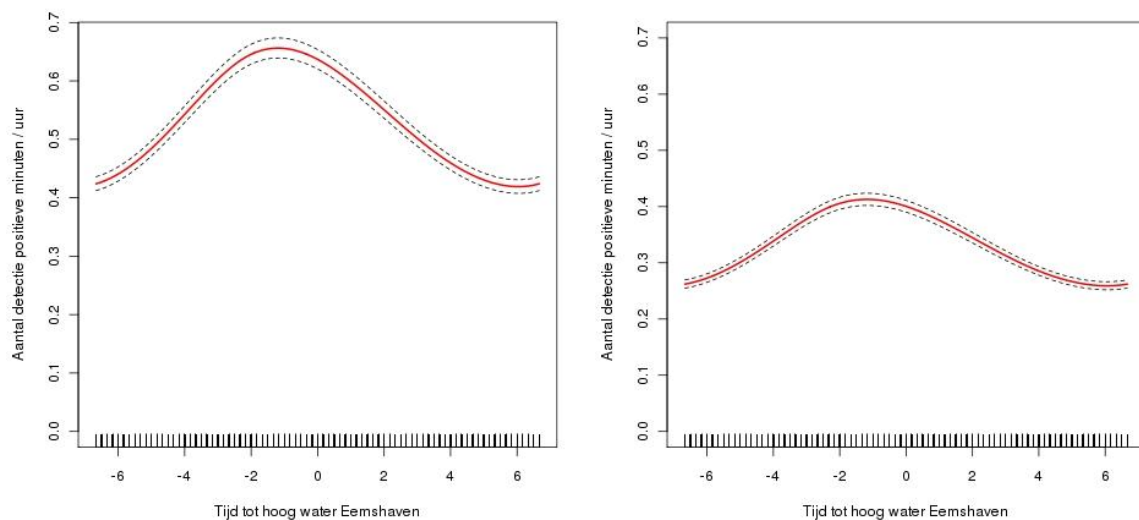
Figuur 94. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) die de relatie weergeeft tussen het aantal detecties (DPM/U) van bruinvissen in het Eems-Dollardgebied en de dag van het jaar sinds 1 januari. Links 2011, rechts 2011/2012. De doorgetrokken lijn geeft de berekende relatie tussen beide factoren weer, de onderbroken lijnen de betrouwbaarheid. Dag 100 = 9 april; dag 200 = 18 juli; dag 300 = 26 oktober. De streepjes op de X-as geven de datapunten aan.



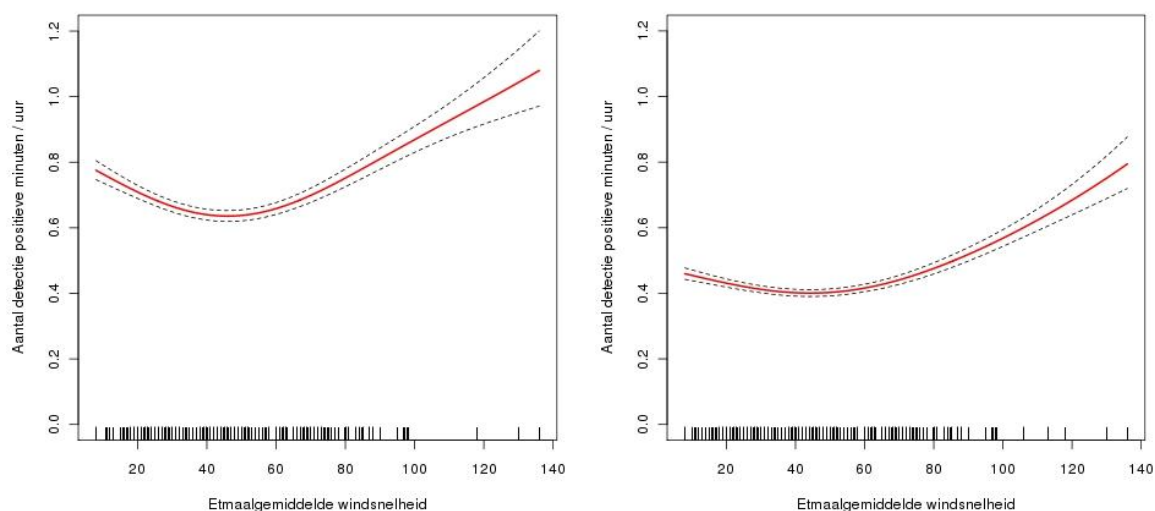
Figuur 95. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) die de relatie weergeeft tussen het aantal detecties (DPM/U) van bruinvissen in het Eems-Dollardgebied en de ligging. Links 2011, rechts 2011/2012. Zie verder bijschrift Figuur 94.



Figuur 96. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) die de relatie weergeeft tussen het aantal detecties (DPM/U) van bruinvissen in het Eems-Dollardgebied en de diepte waarop de CPOD registreert. Links 2011, rechts 2011/2012. Zie verder bijschrift Figuur 94.



Figuur 97. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) die de relatie weergeeft tussen het aantal detecties (DPM/U) van bruinvissen in het Eems-Dollardgebied en het tijdstip ten opzichte van hoogwater in de Eemshaven. Links 2011, rechts 2011/2012. Zie verder bijschrift Figuur 94.



Figuur 98. Resultaten van het Generalized Additive Model (GAM) die de relatie weergeeft tussen het aantal detecties (DPM/U) van bruinvissen in het Eems-Dollardgebied en de windsnelheid. Links 2011, rechts 2011/2012. Zie verder bijschrift Figuur 94.

7.2.3.2 Invloed van menselijke activiteiten

Vervolgens is gekeken naar het effect van menselijke activiteiten op het aantal bruinvisdetecties. Deze analyse is uitgevoerd met dag als basiseenheid omdat de resolutie van de data over de werkzaamheden onvoldoende is om een analyse per uur uit te voeren. De analyse is uitgevoerd voor 2011 en 2011/2012. De resultaten van de afzonderlijke analyses laten hetzelfde beeld zien, namelijk dat van de menselijke activiteiten het trillen van damwanden de variatie in detecties van bruinvissen het best verklaart (zie Tabel 22). Ook baggeren (inclusief verspreiden van de bagger), heien en peilingen dragen bij in het verklaren van het aantal detecties. Anders geformuleerd, ook deze activiteiten vertonen een relatie met het aantal detecties van bruinvissen. De resultaten van de analyse voor 2011 hebben een hoger verklarend vermogen dan de resultaten voor 2011/2012 (tabel 21).

Tabel 22. Variabelen die geselecteerd zijn door het model op basis van verklarend vermogen. Seizoen wordt meegenomen als smooth-functie. De variabele station beschrijft verschillen tussen CPODs en vervangt daarmee bijvoorbeeld het effect van ligging (noorderbreedte) en diepte. De analyse laat zien dat van de menselijke activiteiten damwanden trillen de variabele is die het best de variatie in detecties verklaart.

Covariate	AIC	
	2011	2011/2012
Intercept	9194.58	9531.18
s(seizoen,k=8,bs='cc')	8297.09	8586.47
factor(station)	6767.38	7002.96
factor(damwanden)	6651.95	6886.90
factor(bagger)	6605.55	6839.56
factor(heien)	6590.82	6824.71
factor(peiling)	6576.55	6812.01

Als volgende stap is gekeken naar de invloed van de afzonderlijke activiteiten op het aantal detecties van bruinvissen. De analyse laat zien dat de menselijke activiteiten 'Damwanden NUON' tot en met 'Bagger GSP loading' de variatie in bruinvisdetecties zeer significant verklaren. De overige activiteiten 'Peiling GSP' tot en met 'trilblok_buis_planken' hebben geen significant effect op het aantal detecties (Tabel 23).

Tabel 23. Variabelen die geselecteerd zijn door het model op basis van verklarend vermogen. Seizoen wordt meegenomen als smooth-functie. De kolommen 'Coef', 'SE', 'Z-waarde' en 'p-waarde' geven respectievelijk de e-schatting van de parameter, de standaardfout, de z-waarde van de toets en de bijbehorende p-waarde aan. Een negatieve coëfficiënt geeft aan dat het aantal bruinvisdetecties tijdens de activiteit lager dan te verwachten was. Een positieve coëfficiënt dat het aantal detecties tijdens de activiteit hoger was dan de verwachting.

Variabele	p.coeff	SE	Z	P
(Intercept)	0.613	0.046	13.335	<0.001
factor(Damwanden_NUON)	-0.990	0.081	-12.205	<0.001
factor(Bagger_veldkamp>Loading)	-0.494	0.081	-6.14	<0.001
factor(Bagger_onderhoud_GSP)	-0.672	0.136	-4.945	<0.001
factor(Bagger_GSP_Dumping)	-1.040	0.235	-4.432	<0.001
factor(RIB_EemsH_Delfzijl)	-0.805	0.175	-4.602	<0.001
factor(StenenPlaatsen_Nuon)	0.291	0.060	4.868	<0.001
factor(Peiling_Maandelijks)	-0.657	0.186	-3.536	<0.001
factor(Damwanden_RWE)	-0.265	0.067	-3.955	<0.001
factor(Peiling_Baggerspecies)	-1.228	0.453	-2.711	0.007
factor(Bagger_GSP>Loading)	-0.829	0.360	-2.307	0.021
factor(Peiling_GSP)	0.206	0.109	1.887	0.059
factor(Peiling_GEOPLUS)	-0.133	0.096	-1.388	0.165
factor(BaggerenAusserems>Loading)	-0.047	0.050	-0.956	0.339
factor(BaggerenAusserems_Dumping)	0.010	0.083	0.126	0.900
factor(trilblok_buis_planken)	-0.006	0.065	-0.100	0.920

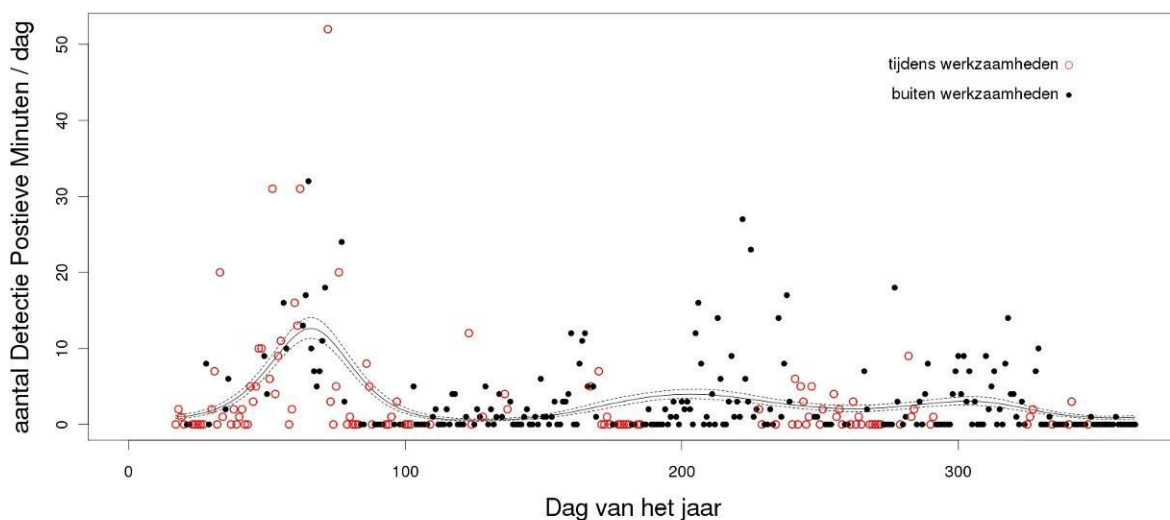
Als laatste stap is voor elke CPOD gekeken welke menselijke activiteit het meeste invloed heeft op het aantal bruinvisdetecties. Deze analyse is uitgevoerd met de data uit 2011. Om de invloed van activiteiten te verduidelijken zijn natuurlijke en omgevingsfactoren (bijv. seizoen) niet in de analyse meegenomen. Impliciet is de belangrijkste variabele seizoen in de analyse betrokken, als het gemiddelde verloop waarmee dagen met en dagen zonder activiteiten worden vergeleken. De resultaten van de voorwaartse modelselectieprocedure zijn weergegeven in Tabel 24. De activiteit baggeren blijkt voor zeven van de zeven CPODs de variatie in bruinvisdetecties zeer significant te verklaren. In alle gevallen is de coëfficiënt negatief, hetgeen betekent dat baggeren negatief gecorreleerd is met het aantal bruinvisdetecties en het aantal detecties negatief beïnvloedt. Damwanden trillen verklaart de variatie in detecties voor vijf van de zeven CPODs zeer significant. In vier van de vijf gevallen is het effect negatief. Bij één CPOD is het effect positief: op GSP 02, terwijl het effect op het noordelijker gelegen GSP 01 negatief is. Peilen verklaart de variatie in bruinvisdetecties voor vier van de zes CPODs zeer significant, waarbij het effect in drie gevallen negatief en in een geval positief is. Tot slot, voor de activiteit heien geldt dit voor vier van de vijf CPODs (een significant, drie zeer significant), waarbij het aantal bruinvisdetecties op twee locaties (GSP 02 en GSP 07) positief en op twee locaties (GSP 01 en GSP 09) negatief gecorreleerd is met de activiteit.

Tabel 24. Modelresultaten voor iedere CPOD afzonderlijk voor 2011. De volgorde van de variabelen geeft de volgorde aan waarin ze geselecteerd zijn. Alleen die variabelen zijn weergegeven die leiden tot een beter verklarend model. Voor GSP 04 bijvoorbeeld verklaren alleen de activiteiten 'baggeren' en 'damwanden' de variatie in bruinvisdetecties. De kolommen 'Coef', 'SE', 'Z-waarde' en 'p-waarde' geven respectievelijk de e-schatting van de parameter, de standaardfout, de z-waarde van de toets en de bijbehorende p-waarde aan. Een negatieve coëfficiënt geeft aan dat het aantal bruinvisdetecties tijdens de activiteit lager dan te verwachten was. Een positieve coëfficiënt dat het aantal detecties tijdens de activiteit hoger was dan de verwachting.

Variabele	p.coeff	SE	Z	P	Station
Intercept	1.032	0.065	15.968	<0.001	1
heien	-0.351	0.09	-3.919	<0.001	1
damwanden	-0.187	0.064	-2.917	0.004	1
bagger	-0.17	0.064	-2.655	0.008	1
peiling	0.228	0.096	2.371	0.018	1
Intercept	0.801	0.049	16.408	<0.001	2
damwanden	0.262	0.086	3.03	0.002	2
peiling	-0.383	0.107	-3.593	<0.001	2
heien	0.181	0.088	2.056	0.04	2
Intercept	0.418	0.074	5.62	<0.001	3
bagger	-0.189	0.07	-2.701	0.007	3
heien	0.159	0.095	1.678	0.093	3
Intercept	0.783	0.049	15.979	<0.001	4
damwanden	-0.306	0.072	-4.281	<0.001	4
Intercept	-0.298	0.142	-2.097	0.036	5
damwanden	-0.979	0.241	-4.065	<0.001	5
bagger	-0.373	0.161	-2.323	0.02	5
peiling	-0.304	0.227	-1.341	0.18	5
Intercept	-0.725	0.176	-4.118	<0.001	6
bagger	-0.661	0.204	-3.242	0.001	6
damwanden	-0.53	0.241	-2.197	0.028	6
Intercept	1.133	0.072	15.7	<0.001	7
damwanden	-1.054	0.099	-10.695	<0.001	7
heien	0.544	0.079	6.875	<0.001	7
peiling	-0.626	0.111	-5.628	<0.001	7
bagger	-0.371	0.07	-5.343	<0.001	7
Intercept	-0.251	0.138	-1.822	0.068	8
bagger	-0.443	0.123	-3.611	<0.001	8
peiling	-0.417	0.169	-2.47	0.014	8
damwanden	0.203	0.124	1.637	0.102	8
Intercept	-0.957	0.252	-3.796	<0.001	9
bagger	-1.166	0.209	-5.589	<0.001	9
peiling	1.102	0.184	6.001	<0.001	9
heien	-0.58	0.21	-2.754	0.006	9

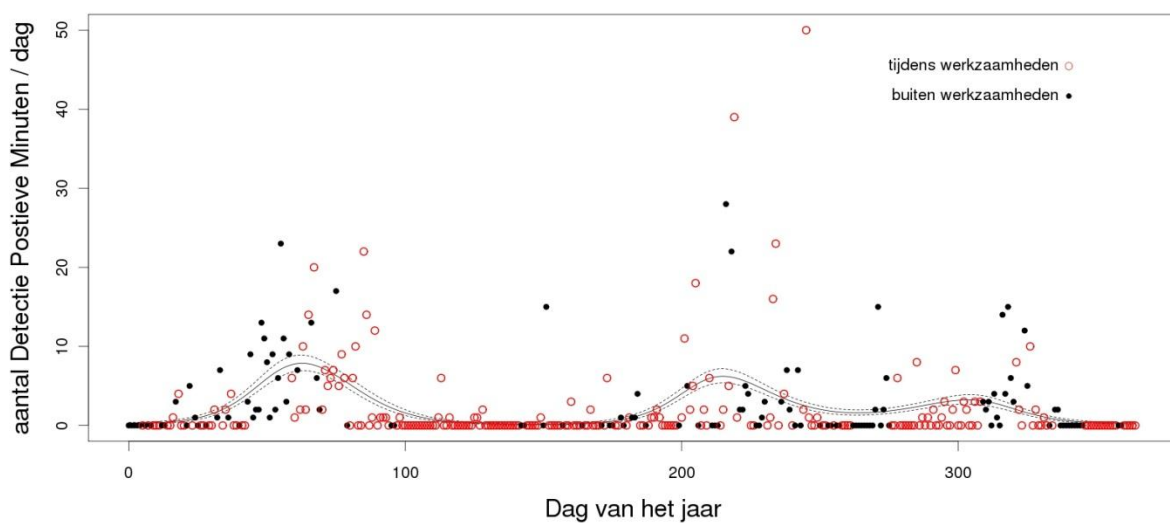
Ter illustratie van het voorgaande zijn in Figuur 99 tot en met Figuur 102 voorbeelden weergegeven van de relatie tussen een bepaalde activiteit en het aantal detecties (DPM) per dag tijdens en buiten de werkzaamheden. In deze figuren is het gemiddelde seizoenspatroon voor de betreffende CPOD als curve weergegeven en is het aantal detecties per dag geplot, waarbij onderscheid is gemaakt in dagen met en dagen zonder de beschouwde activiteit (lees: werkzaamheden).

GSP: 4 (damwanden)

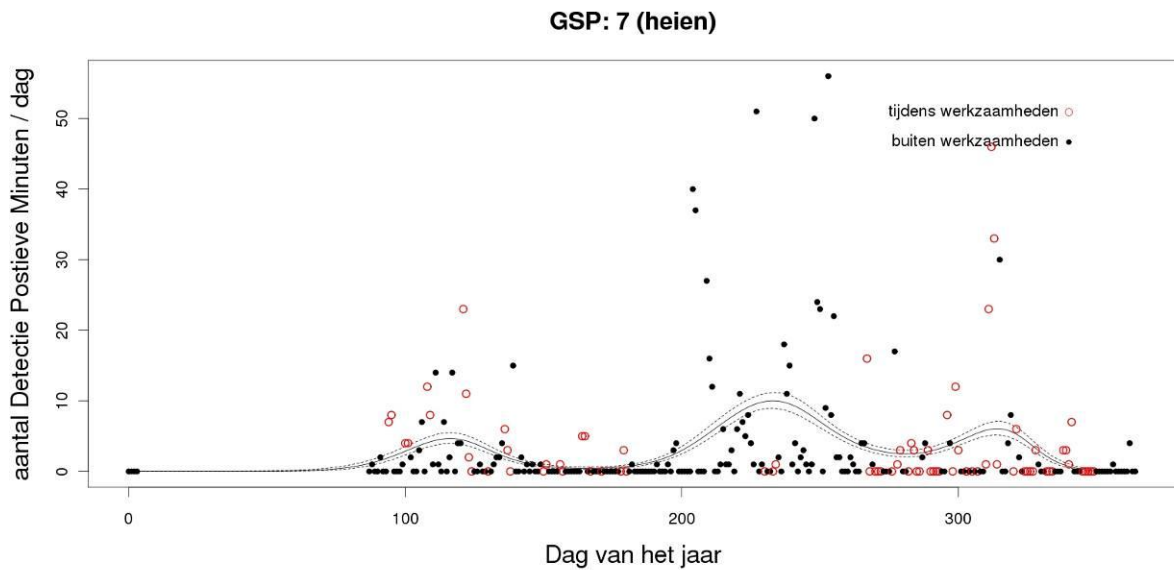


Figuur 99. De relatie tussen het aantal detecties (DPM/dag) van bruinvissen waargenomen op GSP 04 en de relatieve verstoring door damwanden trillen in 2011. De lijn geeft het gemiddelde verloop in het aantal bruinvisdetecties weer met daaromheen (gestippelde lijn) de standaardfout. De punten geven het aantal DPM weer voor iedere dag. Rode open stippen zijn dagen dat de werkzaamheid plaatsvond en zwarte dichte stippen zijn de dagen dat die werkzaamheid niet plaatsvond. Indien de werkzaamheid verstorend werkt, verwachten we dat voor een CPOD in de nabijheid van de Eemshaven er relatief minder bruinvissen worden waargenomen en dat de rode punten relatief vaker onder de lijn liggen. Het model (zie Tabel 24) schat voor GSP 04 een negatief effect van damwanden trillen op het aantal bruinvisdetecties.

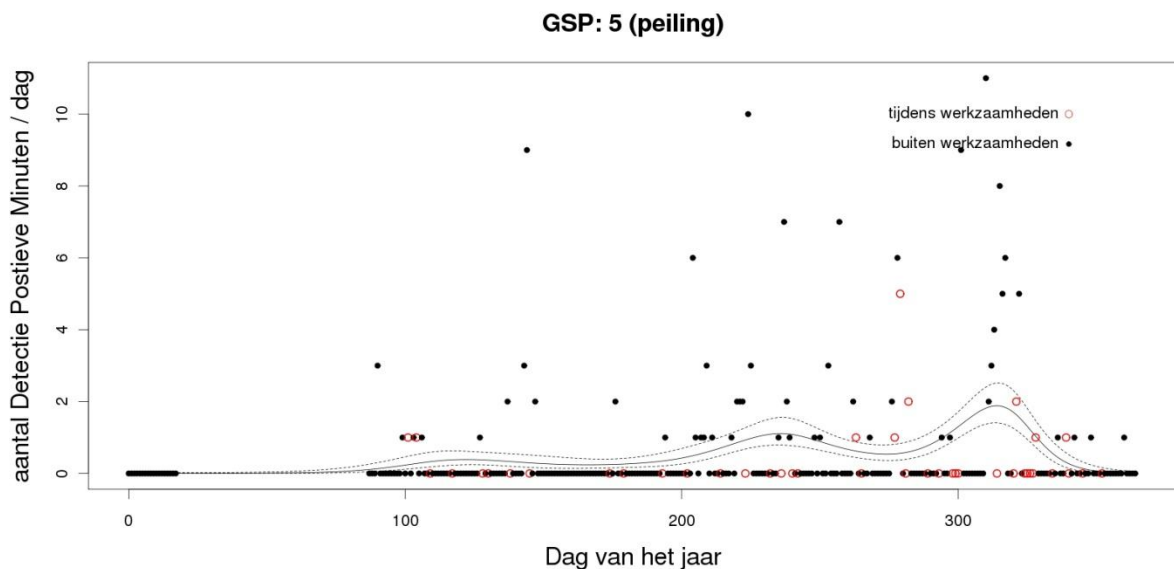
GSP: 3 (bagger)



Figuur 100. De relatie tussen het aantal detecties (DPM/dag) van bruinvissen waargenomen op GSP 04 in relatie tot baggerwerkzaamheden in 2011. Het model (zie Tabel 24) schat voor GSP 03 een negatief effect van baggerwerkzaamheden op het aantal bruinvisdetecties. Voor uitleg zie bijschrift Figuur 99.



Figuur 101. De relatie tussen het aantal detecties (DPM/U) van bruinvissen waargenomen op GSP 07 en de verstoring door heien in 2011. Het model (zie Tabel 24) schat voor GSP 07 een positief effect van heien op het aantal bruinvisdetecties. Voor uitleg zie bijschrift Figuur 99.



Figuur 102. De relatie tussen het aantal detecties (DPM/U) van bruinvissen waargenomen op GSP 05 in relatie tot peilen in 2011. Het model (zie Tabel 24) schat voor GSP 05 een negatief effect van peilwerkzaamheden op het aantal bruinvisdetecties. Voor uitleg zie bijschrift Figuur 99.

7.3 Discussie

In deze studie hebben negen CPODs in de periode van 1 januari 2011 tot en met 9 februari 2012 samen 3047 dagen (87.2% van alle potentiële meetdagen) continu gegevens over de aanwezigheid van bruinvissen verzameld. Zo werd een goed ruimtelijk en temporeel beeld van de akoestische activiteit van bruinvissen in het Eemsgebied verkregen. De verkregen resultaten zijn in lijn met de resultaten uit voorgaande jaren.

Naast het grote voordeel van continu meten met een hoge resolutie heeft de toepassing van CPODs beperkingen. Zoals beschreven in Brasseur et al. (2010a) is de cruciale vraag wat CPOD-data nu

eigenlijk zeggen over (aantallen of gedrag van) bruinvissen. Om een antwoord op deze vraag te krijgen is kennis over het echolocatie-gedrag van bruinvissen essentieel. Bruinvissen gebruiken echolocatie als actief zintuiglijk systeem om informatie over hun omgeving te verzamelen, en niet of in mindere mate als communicatiemiddel. Twee verschillende studies komen langs verschillende wegen tot de conclusie dat bruinvissen vrijwel continu gebruik maken van echolocatie. Verfuß et al. (2005) hebben het continue gebruik van echolocatie gedemonstreerd aan de hand van bruinvissen in een semi-natuurlijke omgeving. Verschillen in de omgeving of gedrag worden gereflecteerd in verschillen in click-intensiteit en resulteren niet in onderbrekingen van echolocatie. Bij een studie in Deense wateren (Teilmann et al. 2005) is een in het wild levende bruinvis uitgerust met een akoestische datalogger, die de echolocatie-activiteit van de bruinvis vastlegde. Deze studie toonde aan dat dit dier eveneens vrijwel continu echolocatie gebruikte. Onderbrekingen tussen de clicks waren in 90% van alle gevallen korter dan 15 sec; de grootste onderbreking duurde 222 sec. Kortom, bruinvissen laten geen patroon zien in het gebruik van echolocatie. CPODs kunnen wel een goed beeld geven van verschillen in activiteit als afgeleide voor de aanwezigheid van bruinvissen, maar ze geven vooralsnog geen betrouwbaar beeld van absolute aantallen of dichtheden.

Recent is in de Deense kustzone een uitgebreide studie uitgevoerd (Kyhn et al. 2012), waarbij visuele waarnemingen van bruinvissen werden verricht in een dicht grid van TPODs, de voorloper van de CPOD. Door middel van triangulatie is de exacte positie van waargenomen bruinvissen vastgesteld. Deze studie resulteert in een detectie-functie voor bruinvissen voor de gebruikte akoestische dataloggers, waarmee een belangrijke stap is gezet naar het bepalen van het aantal dieren met behulp van passieve akoestische monitoring. De variatie in detectiefuncties tussen verschillende dataloggers, onder uiteenlopende omstandigheden dient bepaald te worden om een detectiefunctie voor CPODs in bijvoorbeeld de Eems te bepalen. Echter tot dit gedaan is, beperkt de interpretatie van de resultaten zich tot de aan- en afwezigheid van bruinvissen en de frequentie hiervan.

Ondanks de geschetste tekortkomingen werden de CPOD-resultaten in het Eemsgebied in 2009 globaal vergeleken met de resultaten van een studie met TPODs naar het voorkomen van bruinvissen rondom het (destijds geplande) offshore-windmolenpark ter hoogte van Egmond aan Zee (OWEZ) in juni 2003 tot en met juni 2004 (Brasseur et al. 2004). Brasseur et al. (2010a) vonden dermate grote verschillen in de gemeten parameters dat aannemelijk is dat het reële verschillen in bruinvisactiviteit zijn en niet het resultaat van methodologische verschillen. De gemeten activiteit was in OWEZ een veelvoud van de geregistreerde activiteit in de Eems: de click-frequentie was in OWEZ vijf tot zes keer zo hoog als in het Eemsgebied en de click-intensiteit was ongeveer 150 keer zo hoog.

7.3.1 Hypothesen

De hoofdhypothese is:

Bruinvissen reageren op geluidsstimuli door gedragsveranderingen of zelfs door te ontwijken of te vluchten. Dit zal leiden tot een verandering in de opgenomen click-frequenties en/of in click-intensiteit.

7.3.2 Invloed van natuurlijke omgevingsfactoren

Bruinvissen waren het hele jaar door in het studiegebied aanwezig; op 58.2 % van de monitoringdagen werden bruinvissen gedetecteerd. Het aantal detecties neemt af in een gradiënt van noord naar zuid. De data vertonen een duidelijk seizoenspatroon met een hoge voorjaarspiek in maart gevolgd door een dal in de wintermaanden – dit patroon wordt ook gevonden op de Nederlandse zeetrekteleposten die aantallen bruinvissen in de kustzone vanaf land tellen (Camphuysen 2004) – en een dal in de zomer gevolgd door een tweede kleinere piek in augustus. Vliegtuigtellingen van bruinvissen in het gehele Nederlands Continentaal Plat in juli 2010, oktober/november 2010 en maart 2011 laten een piek in maart zien en lagere aantallen in juli en oktober/november (Geelhoed et al. 2011). Verder laten de

CPOD-data in het Eemsgebied een getijdeafhankelijke ritmiek zien, met een piek in het aantal detecties ca. 2 uur voor hoogwater. De verklaring voor een getijdeafhankelijke ritmiek wordt meestal gezocht in efficiënter foerageergedrag als gevolg van het ontstaan van concentraties prooi door getijstroom (bv. Goodwin 2008), waardoor een aggregatie of een verhoogde activiteit van bruinvissen kan optreden.

In deze studie zijn correlaties gevonden tussen de akoestische activiteit van bruinvissen, als proxy voor hun aanwezigheid (en activiteit), en natuurlijke omgevingsvariabelen die deze kunnen beïnvloeden. De achterliggende mechanismen zijn onbekend. De aan- of afwezigheid van bruinvissen wordt uiteindelijk bepaald door het gedrag van individuele dieren. Evenals bij vele andere organismen wordt het gedrag ook bij bruinvissen beïnvloed door een breed scala aan factoren die elkaar in meer of mindere mate kunnen versterken of verzwakken. Reacties op externe stimuli kunnen bovendien variëren al naar gelang van geslacht, leeftijd, reproductieve status en motivatie van een individu en de wisselwerking tussen aantrekkende en afstotende prikkels.

7.3.3 Invloed van menselijke activiteiten op bruinvissen

Bovenop genoemde natuurlijke, biologische en fysische factoren toonden de GAM-analyses aan dat bouwgerelateerde activiteiten invloed hadden op de akoestische activiteit van bruinvissen als afgeleide van hun aanwezigheid. De studies van Kastelein et al. (2005, 2008, 2012) en Tougaard et al. (2009) hebben duidelijk aangetoond dat bruinvissen gedragsveranderingen (ontwijkend gedrag) vertonen in reactie op activiteiten die een intens geluid onder water veroorzaken. De bouwactiviteiten die in de in dit rapport beschreven studies worden onderzocht, gaan ook samen met geluidsemissies die zich direct door het water of indirect via de bodem (Ainslie et al 2008) over enkele kilometers kunnen verspreiden. Ook in 2011/2012 laten damwanden trillen, baggeren, heien en peilen op basis van de beschikbare gegevens statistisch significante effecten op het aantal detecties van bruinvissen zien (Tabel 22). De meeste bouwgerelateerde activiteiten leiden tot een afname in click-frequentie als proxy voor de aanwezigheid van bruinvissen. De verwachting is dat negatieve correlaties op het aantal bruinvisdetecties met name dicht bij de Eems te zien zullen zijn. De relatief lage click-frequenties bij GSP 5 en GSP 6 zijn een aanwijzing dat bruinvissen minder aanwezig zijn in het kustgebied net buiten de Eemshaven, waar de meeste bouwactiviteiten plaatsvinden. De correlaties met de bouwactiviteiten op de afzonderlijke locaties (Tabel 24) laten een genuanceerder beeld zien. Op de locaties GSP 04 tot en met GSP 07 rond de Eemshaven zijn uitsluitend (zeer) significante correlaties vastgesteld, die met uitzondering van 'heien-GSP 07' alle negatief waren. Ook op de meer landinwaarts gelegen locaties GSP 08 en GSP 09 zijn overwegend negatieve correlaties vastgesteld. Ten noorden van de Eemshaven op locaties GSP 01 tot en met GSP 03 worden zowel positieve als negatieve correlaties gevonden. Verrassend genoeg zijn de drie (zeer) significante effecten op GSP 01, de meest noordelijke locatie, alle negatief. Een verklaring voor de gevonden verschillen is met de beschikbare gegevens niet te geven.

De belangrijkste hypothese is dat de vastgestelde reacties direct het gevolg zijn van de geluidsemissies van de activiteiten. Deze hypothese zal getoetst moeten worden. Ervan uitgaande dat de hypothese correct is, betekent dit dat damwanden trillen, baggeren, heien en peilen een negatieve invloed hebben op het aantal in de Eems-Dollard aanwezige bruinvissen (met click-frequentie als proxy voor aanwezigheid). Of het daarbij om een blijvende invloed gaat is niet te zeggen; de bruinvissen kunnen na afloop van de bouwactiviteiten ook weer actiever worden in het gebied. Mochten de menselijke activiteiten (in de toekomst) toenemen, dan kan dit de aanwezigheid van bruinvissen in dit gebied verder beïnvloeden. Gezien de omvang van de populatie bruinvissen op het Nederlands Continentaal Plat (max. ca. 86.000 in maart 2011; Geelhoed et al. 2011) en de vermoedelijk lage aantallen in het Eemsgebied is niet te verwachten dat de effecten van de activiteiten ook meetbaar zijn op populatieniveau.

8 Early warning systeem

De Minister van het toenmalige Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft in de Beslissing op Bezwaar (BoB) d.d. 5-12-2008 speciale aandacht gevraagd voor een systeem van early warning:

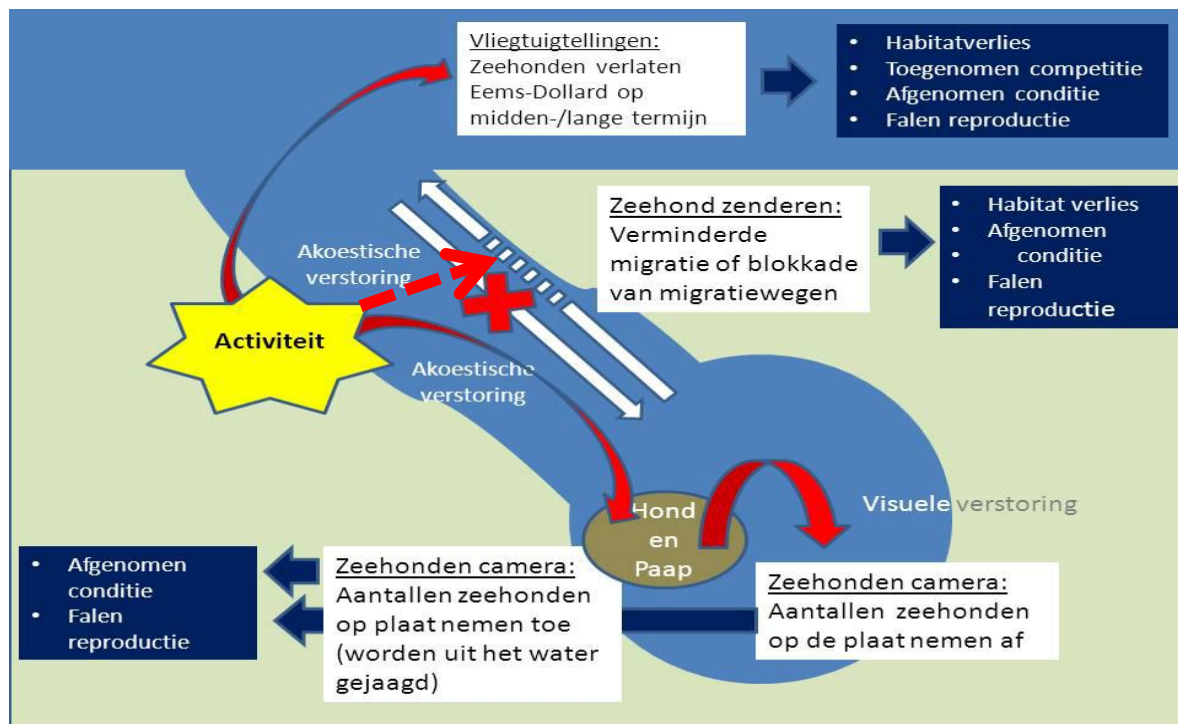
"In het monitorplan dient duidelijk te zijn aangegeven hoe op basis van de monitoring vroegtijdig alle relevante gedragswijzigingen of wijzigingen op populatieniveau van de gewone zeehond in het gehele Eems-Dollardgebied zullen worden gesignaleerd die mogelijk ingrijpen vergen. Rapportering hiervan dient direct aan het bevoegde gezag plaats te vinden en zal zo nodig gepaard moeten gaan met een analyse van de geconstateerde wijzigingen. Indien de uitkomsten van de monitoring daartoe aanleiding geven zal de wijze van uitvoering van de werkzaamheden daarop aangepast moeten worden. Het plan dient daarom tevens aan te geven welke maatregelen in dit geval zullen worden genomen om het optreden van negatieve effecten te voorkomen."

In het monitoringplan is het volgende aangegeven:

"Een van de belangrijke functies van de monitoring is, naast een evaluatie, het zo nodig kunnen bijsturen van de werkzaamheden middels een early warning. Indien afwijkingen in gedrag plaatsvinden tijdens of binnen afzienbare tijd na bouwactiviteiten in de Eemshaven zou dit kunnen duiden op effecten van deze activiteiten op zeezoogdieren."

In het monitoringrapport van 2010 is een uitgebreid hoofdstuk opgenomen over de mogelijkheden, de invulling en werkwijze van de vereiste early warning. Tot nu toe is ervoor gekozen om alle gebeurtenissen te rapporteren die op afwijkingen in het gedrag van zeehonden zouden kunnen duiden. Indien daartoe aanleiding is worden deze afwijkingen gemeld in de maandrapportages naar de opdrachtgever, waarna verdere besluitvorming hierover mogelijk is.

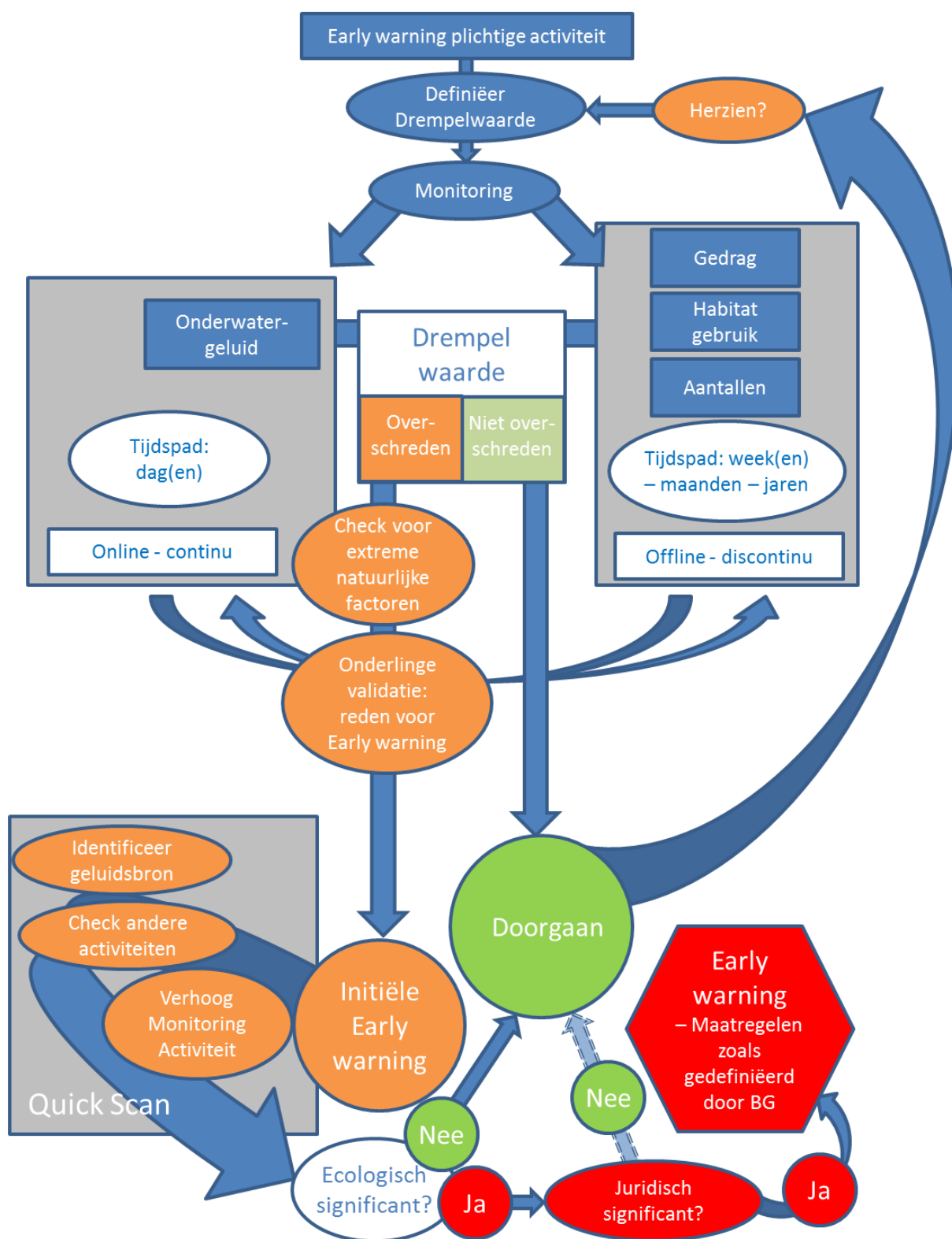
In Figuur 103 is aangegeven welke verstoringen bij de gewone zeehond verwacht kunnen worden.



Figuur 103. Relaties tussen uit te voeren activiteit en mogelijke verstoringen van zeehonden. In wit kader: de monitoringtechnieken en op welke waarneming zij gericht zijn; in blauw kader: de mogelijke effecten op de zeehonden(populatie). Bij akoestische verstoring kan het zowel om geluid boven als onder water gaan.

De zeehonden gebruiken de zandplaten in het gebied om er bij laagwater op te rusten, er hun pups te werpen en te zogen, en om te verharen. Als ze op de platen liggen, zijn ze gevoelig voor geluid boven water, vibraties die zich door de ondergrond voortplanten en visuele verstoringen. De geulen worden door zeehonden gebruikt om er te foerageren en als trekroute van de zandplaten naar de foerageergebieden op open zee. In het water zijn ze met name gevoelig voor onderwatergeluiden. Verstoring kan er dan toe leiden dat ze juist de platen opgaan of dat ze het gebied gaan mijden. Verandering in gedrag zowel op de plaat als op de trekroute kan op een mogelijk relevante gedragswijziging wijzen. Op langere termijn kan dit leiden tot een afnemende conditie, falende reproductie, habitatverlies en uiteindelijk het definitief verlaten van het hele Eems-Dollardgebied.

Met verschillende technieken zoals hiervoor in dit rapport beschreven kan het korte-termijngedrag en de langetermijnontwikkeling van de lokale populatie, mits lang genoeg onderzocht, vastgesteld worden. In Figuur 104 is aangegeven hoe bij toepassing van het early warning systeem (EWS) met een (relevante) gedragsafwijking wordt omgegaan.



Figuur 104. Schematische weergave van de werking van het early warning systeem.

Allereerst dient de oorzaak van een waargenomen gedragswijziging, gedefinieerd als de overschrijding van een vooraf vastgelegde drempelwaarde, te worden vastgesteld. Naast natuurlijke factoren zoals het weer, de beschikbaarheid van voedsel of droogligmogelijkheden is onderwatergeluid waarschijnlijk de belangrijkste (menselijke) factor die kan leiden tot veranderingen in gedrag, aanwezigheid en

habitatgebruik van zeezoogdieren in het Eems-Dollardgebied. Zeehonden kunnen ook door visuele prikkels (bv. de aanblik van een naderend schip) of geluid boven water tot een reactie aangezet worden.

In het schema (Figuur 104) zijn vervolgens acties en beslismomenten opgenomen. Na een initiële Early warning gebaseerd op overschrijding van een drempelwaarde zonder dat hiervoor direct natuurlijke oorzaken aangewezen kunnen worden volgt een Quick Scan om na te gaan of er (cor)relaties met de bouwactiviteiten zijn. Na de vaststelling door de onderzoekers (i.e. expert judgement) of er sprake is van een ecologisch significant effect dient het Bevoegd Gezag vast te stellen of er sprake is van een juridisch significant effect zoals opgenomen in de vergunningsvoorschriften.

Voor de verdere reactie op het EWS is het voor de opdrachtgever en het Bevoegd Gezag belangrijk om te weten of de gedragswijziging al dan niet veroorzaakt wordt door activiteiten waarvoor de monitoring wordt uitgevoerd, de vergunningplichtige activiteiten. Ook andere activiteiten in en om het gebied kunnen immers akoestische of visuele verstoringen geven en effecten op het gedrag van zeehonden hebben. Voor een juiste interpretatie van oorzaken en gevolgen is het belangrijk om zoveel mogelijk inzicht te hebben in alle activiteiten die plaatsvinden en de daarmee gepaard gaande versturende factoren. De kwaliteit van de verkregen data moet hoog genoeg zijn om het EWS-mechanisme zinvol in werking te laten treden. In 2010 is aangegeven dat directe geluidsmetingen onder water de beste methode zijn om oorzaak-effectrelaties goed te kunnen vaststellen. Eind 2011 is in een aparte pilotstudie geëxperimenteerd met geluidsopnamen. Deze lijken bruikbare signalen te kunnen geven voor het EWS en inmiddels is een on-line systeem dusdanig ver ontwikkeld dat deze na een beslissing tot operationalisering binnen een paar maanden inzetbaar is.

Hieronder volgen de in 2011 waargenomen gedragingen die zijn gebruikt om te analyseren of een initiële early warning afgegeven diende te worden..

8.1 Early warning in 2011

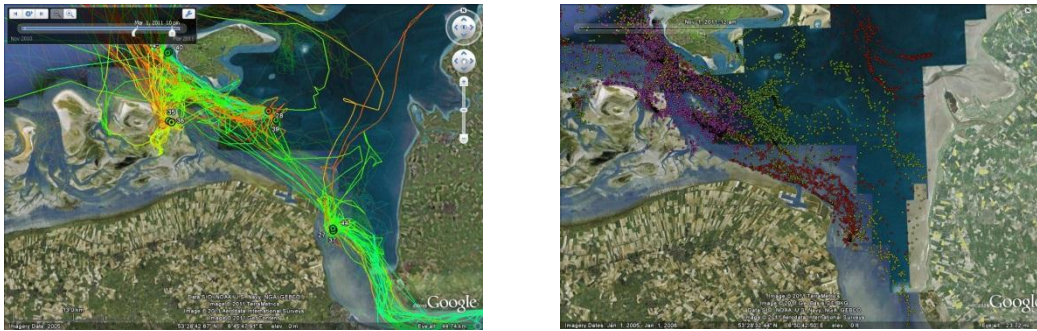
8.1.1 Langjarige aantallen zeehonden uit vliegtuigtellingen

Zoals in het rapport van 2010 al werd aangegeven zijn vliegtuigtellingen zeer geschikt om de langetermijnontwikkeling van de zeehondenpopulatie te schetsen, maar niet om een snelle early warning te kunnen doen uitgaan. Wel kan het ontbreken of drastisch afnemen van het aantal pups binnen een zoogperiode als een 'warning' worden beschouwd.

In 2011 is gevonden dat de totale aantallen gewone zeehonden in het studiegebied nog steeds toenemen en dat het aantal pups in de Dollard hoger is dan in 2010, en het aantal pups bij het Randzelgat gelijk is aan 2009 maar beduidend lager dan in 2010. Omdat ook in 2009 en 2010 al gebouwd werd, zijn er geen redenen om aan te nemen dat de veranderingen direct verband houden met de bouwactiviteiten.

8.1.2 Gedrag van gezenderde zeehonden

Van plotseling afwijkend gedrag van gezenderde zeehonden kan een duidelijke early warning uitgaan, bv. wanneer uit de ontvangen data blijkt dat bepaalde gebieden tijdens bouwwerkzaamheden worden gemedend. Waarnemingen van dit afwijkende gedrag kunnen echter alleen plaatsvinden in perioden dat er daadwerkelijk gezenderde zeehonden in het gebied aanwezig zijn. Na het aanbrengen van zenders vallen deze er door haargroei en verharing na een aantal maanden weer af. Bij twee keer zenderen per jaar kan ongeveer 2/3 deel van het jaar effectief van deze techniek gebruik worden gemaakt.



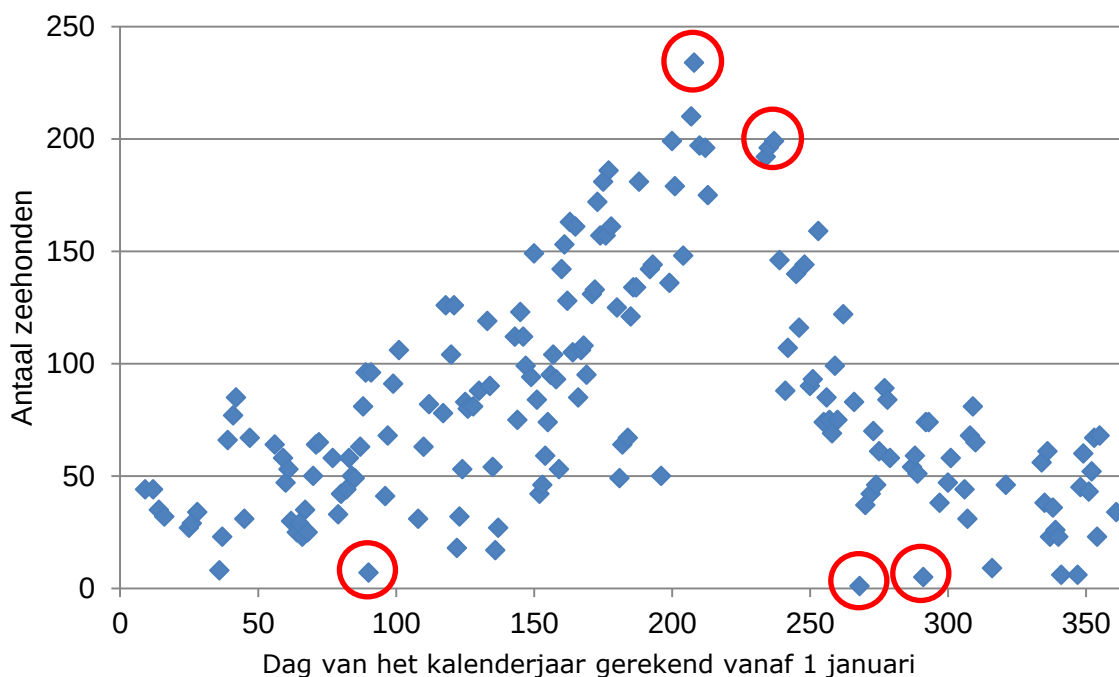
Figuur 105. Zwempatronen en aanwezigheidspunten van gezenderde zeehonden in februari (links) en oktober (rechts) 2011.

In 2011 gaven de zenderdata een indicatie dat de gezenderde zeehonden net als in voorgaande jaren minder gebruik maken van het gebied voor de Eemshaven dan van de omringende gebieden (Figuur 105). Bij de eerste visuele beoordeling van de doorlopend verkregen data ten behoeve van de maandelijkse rapportages aan de opdrachtgever werden in 2011 echter geen extreme veranderingen in het gedrag vastgesteld en derhalve was er geen aanleiding om een early warning af te geven. Inmiddels is na overleg met de opdrachtgever en het bevoegd gezag de zenderstudie gestopt en functioneert dit onderdeel van de EWS niet meer.

8.1.3 Aantalsveranderingen op de plaat

Het aantal rustende zeehonden op de zandbank Hond en Paap is een andere geschikte indicator in het early warning systeem. De aantallen zeehonden worden rond $1,5 \pm 0,5$ uur na laagwater tijdens de daglichtperiode gevolgd met behulp van een videocamera. In hoofdstuk 6 (Zeehonden-cameraobservaties) staan de resultaten voor 2011.

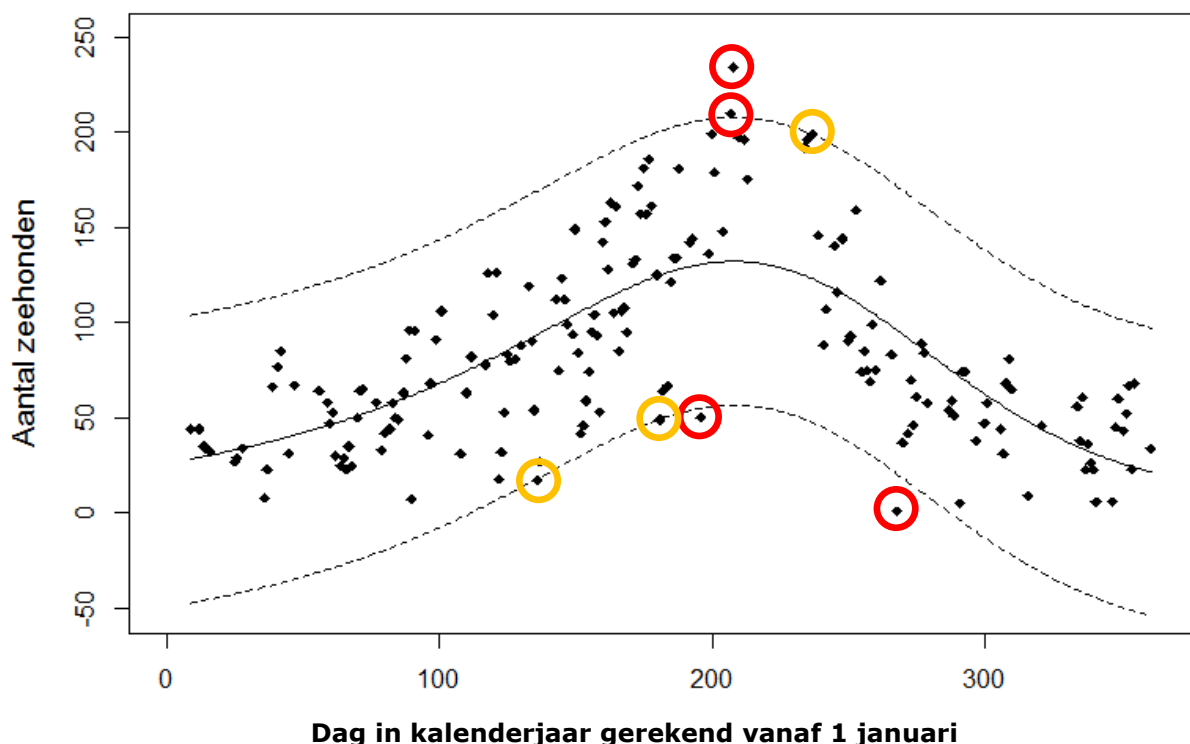
Als er in het oog springende aantalsveranderingen worden waargenomen kan dit binnen een aantal dagen voor het afgeven van een early warning worden gebruikt. De drempelwaarde van een aantalsverandering op de plaat is echter vooralsnog onduidelijk; zowel een toename als een afname kan wijzen op een verstoring. Zeehonden kunnen het water uit vluchten en op de plaat gaan liggen als gevolg van akoestische verstoring onder water, of ze kunnen de plaat verlaten als gevolg van een visuele verstoring (bv. naderend schip), een akoestische verstoring boven water of vanaf land of vibraties die zich door de ondergrond voortplanten. Door twee keer per week de aantallen zeehonden te tellen kan worden nagegaan of een drempelwaarde is overschreden. Het is nog steeds niet helemaal duidelijk wat juiste en operationele drempelwaarden zijn die wijzen op de noodzaak van een early warning. In 2011 is steeds naar bijzonderheden gekeken zoals 3-5 dagen geen zeehonden op de plaat of drie opeenvolgende tellingen met veel minder of juist veel meer zeehonden op de plaat.



Figuur 106. Aantallen zeehonden op de Hond en Paap zoals geteld met de camera in 2011. De rode cirkels geven positieve en negatieve uitschieters weer die werden waargenomen.

In 2011 werden drie afzonderlijke dagen geïdentificeerd waarop uitzonderlijk lage aantallen zeehonden aanwezig waren op de zandbank Hond en Paap (Figuur 106). Deze lage aantallen deden zich echter eenmalig voor en waren derhalve geen aanleiding voor een early warning. Wel werden, al na de eerste telling waarop deze extreme afwijkingen werden waargenomen, de omgevingsfactoren gecheckt die een mogelijke oorzaak konden zijn voor de afwijking. In één geval was sprake van stormachtig weer, in beide andere gevallen werd geen mogelijke oorzaak gevonden. Er werden in 2011 uit de direct verzamelde data geen extreem hogere waarden vastgesteld. Derhalve waren er in 2011 geen redenen voor een early warning. Een probleem is echter dat de tot nu toe gebruikte criteria niet eenduidig genoeg zijn voor een objectieve vaststelling van een aanleiding tot early warning, want: hoe moet veel minder of veel meer geïnterpreteerd worden? Hierbij moet worden aangegeven dat het gedurende het geboorteseizoen (juni/juli) niet mogelijk is om het totaal aantal zeehonden op de zandbank vast te stellen. In deze periode kan het early warning systeem alleen gebruikt worden om extreme effecten waar te nemen (zie 6.5.3).

Om dit duidelijker te krijgen worden eenduidige criteria voorgesteld en zijn deze getoetst op de voor waarnemingstijd gecorrigeerde aantallen zeehonden op de Hond en Paap in 2011 (zie hoofdstuk 6). Deze nieuwe criteria met bijbehorende voorgestelde drempelwaarde zijn: Het getelde aantal zeehonden op de plaat is lager of hoger dan anderhalf maal de standaarddeviatie van de in voorgaande jaren getelde aantallen zeehonden (criterium 1), en deze afwijking doet zich voor gedurende drie achtereenvolgende tellingen (criterium 2). De anderhalf maal de standaarddeviatie is arbitrair en gebaseerd op de gegevens van 2011 en dusdanig gekozen dat ook een (beperkt) aantal tellingen onder dit criterium vallen. Beide criteria zijn gekwantificeerd op basis van expert judgement. De uitkomst van een toets met de getallen van 2011 leiden tot de volgende resultaten (zie Figuur 107)



Figuur 107. Aantallen zeehonden op de Hond en Paap zoals geteld met de camera in 2011. De lijn geeft de gemiddelde gemodelleerde aantallen weer. De rode cirkels geven uitschieters weer die meer dan anderhalf maal de Standaarddeviatie afwijken, de oranje cirkels de waarden die precies op de grens van criterium 1 liggen.

Nu vallen vier meetpunten onder de drempelwaarde voor criterium 1, maar zijn twee daarbij zeer lage waarden en twee een zeer hoge waarde. Ook liggen nog drie punten precies op de lijn waarbij één hoog en twee laag. Dit waren alle eenmalige waarnemingen met uitzondering van de twee hoge waarden rond dag 210, waarmee niet aan de drempelwaarde voor criterium 2 (drie keer achter elkaar) werd voldaan. En ook met deze berekeningsmethode zou in 2011 geen early warning zijn afgegeven. Maar wel liggen voor het hele volgende jaar de drempelwaarden duidelijk vast waarbij ook rekening met het seizoen wordt gehouden. Als in volgende jaren blijkt dat deze drempelwaarden niet voldoen, cq te vaak aanleiding zijn tot onnodige Early warning of niet tot een Early Warning leiden terwijl achteraf blijkt dat dit wel nodig was geweest, kunnen deze drempelwaarden worden aangepast.

Toen er in het najaar van 2011 voor het EWS niet meer voldoende gegevens beschikbaar kwamen uit de zenderstudie, werd de intensiteit van de online-scans verhoogd. Deze geïntensiveerde tellingen leveren een meer robuuste basis voor de beoordeling van drastische effecten op de zeehondenaantallen op de zandbank Hond en Paap, en daarmee bevatten deze tellingen de eigenschappen die nodig zijn voor een EWS. Deze geïntensiveerde tellingen kunnen de zenderstudie echter niet vervangen omdat effecten van bouwactiviteiten op bijvoorbeeld het aantal zeehonden dat de Eems passeert, niet kan worden vastgesteld vanaf de camerabeelden. De geïntensiveerde tellingen vanaf de camerabeelden kunnen echter wel inzicht geven in een reactie van de zeehonden op de aanwezigheid van een intense geluids- of visuele verstoring. Visuele verstoringen worden echter meestal veroorzaakt door scheepvaart die niet gerelateerd is aan de bouwactiviteiten in de Eemshaven. In dit opzicht is de toegang tot AIS-gegevens cruciaal. IMARES krijgt vanaf de herfst van 2012 toegang tot deze gegevens en kan vanaf die tijd de resultaten van de tellingen vanaf de camerabeelden niet alleen linken met de bouwactiviteiten, maar ook met factoren als scheepvaart en baggeren (zie hoofdstuk Zeehonden – cameraobservaties: Baggeren Aussen Eems).

8.1.4 Bruinvissen

Zoals in het rapport van 2010 al is aangegeven zijn de nu verzamelde CPOD-gegevens niet geschikt voor een EWS, omdat de uitleesfrequentie van de CPODs ca tien weken bedraagt. Daarnaast is een early warning in relatie tot de aanwezigheid van bruinvissen geen onderdeel van de verleende vergunningen. Indien er behoefte is aan een op bruinvissen gericht EWS, is er nu de mogelijkheid om een inmiddels in Schotland ontwikkeld automatisch boeiensysteem met zonnepanelen in te zetten.

8.1.5 Geluidsmetingen

Eind 2011 en begin 2012 zijn in een apart te rapporteren pilot experimentele in situ geluidsmetingen uitgevoerd. De analyse van de eerste geluidopnames laat zien dat het gebruik van geluidsloggers het benodigde bewijs kan leveren voor de vraag of een menselijke activiteit daadwerkelijk hoorbaar was voor de zeehonden op een bepaalde locatie (bv. onder water bij de zandbank Hond en Paap). Dit biedt mogelijkheden voor de vaststelling van oorzaak-effectrelaties tussen de bouwactiviteiten en de aantallen zeehonden op de ligplaats Hond en Paap, en afhankelijk van de locatie van de geluidsloggers, in het Eemsgebied in het algemeen. Aanbevolen wordt om in de toekomst geluidsmetingen op te nemen in het EWS. Er kunnen dan drempelwaarden voor de vrijwel online beschikbare geluidsdata worden vastgesteld. Dit kan tot een veel sneller en betrouwbaarder EWS leiden.

Geluidsloggers kunnen op twee manieren voor het EWS worden ingezet: Er zou een systeem kunnen worden geïnstalleerd dat automatisch analyseert of een vooraf ingestelde drempelwaarde voor onderwatergeluid wordt overschreden en als dat het geval is dan automatisch een alarm afgeeft. Andere parameters die eveneens als input voor het EWS kunnen worden gebruikt (bv. cameratellingen en zenderdata), zouden dan meteen aanvullend kunnen worden gecontroleerd op abnormale waarden. Daarnaast of als alternatief zouden de akoestische opnamen voor een bepaalde tijd (bv. minimaal twee maanden) kunnen worden opgeslagen. Dat biedt de mogelijkheid om naderhand te controleren of een sterke geluidsemissie de oorzaak kan zijn geweest wanneer drastische veranderingen zijn waargenomen in het gedrag of de aantallen van de zeehonden op de Hond en Paap. Op twee manieren is het dan mogelijk om geluid als eventuele oorzaak van een verstoring te identificeren en het effect ervan op de dieren in het Eems-Dollardgebied te kwantificeren.

8.2 Tot slot

Op dit moment is een EWS in werking dat aan kan geven of er een grote verandering is in het ligplaatsgedrag van zeehonden op de Hond en de Paap of (indien er gezenderde zeehonden zijn) in het gebiedsgebruik van de zeehonden in de Eems.

Door terugkoppeling van vastgestelde early-warning signalen naar vanuit ervaring vastgelegde drempelwaarden, kan het systeem in de loop van de tijd steeds doeltreffender worden, met dien verstande dat in het geboorteseizoen het EWS slechts bij extreme veranderingen zeggingskracht heeft. Met de ontwikkeling van de populatie (groei of afname) wordt rekening gehouden enerzijds door de iteratieve benadering en anderzijds door een ruime marge te kiezen voor de standaarddeviatie. Wanneer de waarnemingen gekoppeld worden aan in situ geluidsregistratie zal het ook makkelijker worden om oorzaak-effectrelaties voor specifieke activiteiten vast te stellen. Vliegtuigtellingen kunnen gebruikt worden voor een meer langetermijnwaarschuwing voor ongewenste ontwikkelingen in de zeehondenpopulatie die strijdig (kunnen) zijn met de instandhoudingsdoelen. Het EWS richt zich primair op de gewone zeehond en voorziet in indicatoren die een reactie door het Bevoegd Gezag mogelijk maakt indien de afgesproken drempelwaarden overschreden worden. Door, ook middels akoestisch onderzoek, alle informatie van andere, bouwgerelateerde en externe factoren hierin te betrekken wordt het risico om een vals alarm af te geven, geminimaliseerd.

In alle studies voor (afzonderlijke) activiteiten zijn statistisch soms zeer significante correlaties gevonden met het (tijdelijk) gebruik van zeezoogdieren van het gebied zodat moet worden aangenomen dat bij toename van activiteiten in het Eemsgebied, inclusief activiteiten in het Duitse deel, ongeacht door wie deze activiteiten worden uitgevoerd, afnamen van aantallen zeezoogdieren mogelijk zijn. Met name scheepvaart verdient hierbij de aandacht.

9 Referenties

- Ainslie MA, de Jong CAF, Verboom WC & Blacquière G, 2008. Concept Rapportage Geluidmetingen Eemshaven. In: Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, Rijswijk.
- Björgesæter A, Ugland KL & Bjørge A, 2004. Geographic variation and acoustic structure of the underwater vocalization of harbour seals (*Phoca vitulina*) in Norway, Sweden and Scotland. *Journal of the Acoustical Society of America* 116 (4): 2459-2468.
- Boveng, PL, Bengtson, JL, Withrow DE, Cesarone JC & Simpkins MA, 2003. The abundance of harbour seals in the gulf of Alaska. *Marine Mammal Science*, 19: 111-127
- Brasseur SMJM & Reijnders PJH, 1994. Invloed van diverse verstoringsbronnen op het gedrag en habitatgebruik van gewone zeehonden: consequenties voor de inrichting van het gebied. IBN-rapport 113, 62 pp.
- Brasseur SMJM & Reijnders PJH, 1997. The harbour seal in the Netherlands. Rijksinstituut voor Kust en Zee. ISBN 90-360-3431-1, 40 pp.
- Brasseur SMJM & Fedak M, 2003. Habitat Use of Harbour Seals in Relation to Recreation, Fisheries, and Large Infra-structural Works. In: CWSS 2003. Management of North Sea Harbour and Grey Seal Populations. Proceedings of the International Symposium at EcoMare, Texel, The Netherlands, November 29 - 30, 2002. Wadden Sea Ecosystem. No. 17. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany, p. 27-32.
- Brasseur SMJM, 2007. Zeezoogdieren in de Eems, cumulatieve effecten van de activiteiten rond de ontwikkeling van de Eemshaven. Wageningen IMARES, IJmuiden.
- Brasseur S, Polanen Petel T van, Scheidat M, Meesters E, Verdaat H, Cremer J & Dijkman E 2009. Zeezoogdieren in de Eems. Evaluatie van de Vliegtuigtellingen van zeezoogdieren tussen oktober 2007 en september 2008. IMARES-rapport, 23 p.
- Brasseur S, van Polanen-Petel T, Geelhoed S, Aarts G & Meesters E, 2010a. Zeezoogdieren in de Eems; studie naar de effecten van bouw-activiteiten van GSP, RWE en NUON in de Eemshaven in 2009. Jaarrapportage/IMARES Rapport C086/10. Wageningen IMARES.
- Brasseur S, Aarts G & Lindeboom H, 2010b. Quick Scan: Analyse van mogelijk afwijkend gedrag van zeehonden in de Eems. Rapport C125/10-a. Wageningen IMARES.
- Brasseur S, Aarts G, Bravo Rebolledo E, Cremer J, Fey-Hofstede F, Geelhoed S, Lindeboom H, Lucke K, Machiels M, Meesters E, Scholl M, Teal L & Witte R, 2011. Zeezoogdieren in de Eems; studie naar de effecten van bouwactiviteiten van GSP, RWE en NUON in de Eemshaven in 2010. Rapport C102a/11. Wageningen IMARES.
- Burnham KP & Anderson DR, 2002. Model selection and multimodel inference: A practical Information Theoretic Approach, 2nd edition, Springer-Verlag, New York.
- Camphuysen CJ, 2004. The return of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Dutch coastal waters. *Lutra* 47: 113-122.
- Cunningham L, Baxter JM, Boyd IL, Duck CD, Lonergan M, Moss SE & McConnell B, 2009. Harbour seal movements and haul-out patterns: implications for monitoring and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19: 398-407.
- Diederichs A, Brandt MJ & Nehls G, 2009. Auswirkungen des Baus des Umspannwerks am Offshore-Testfeld „alpha ventus“ auf Schweinswale, BioConsult SH, Husum.
- Drescher HE, 1979. Present status of the harbour seal, *Phoca vitulina*, in the German Bight (North Sea). *Meeresforschung*, 27 (1979), pp. 27-34
- Geelhoed S, Scheidat M, Aarts G, van Bemmelen R, Janinhoff N, Verdaat H & Witte R, 2011. Shortlist Master plan Wind Aerial surveys of harbour porpoises on the Dutch Continental Shelf. IMARES Wageningen UR. Report C103/11.
- Goodwin L, 2008. Diurnal and Tidal Variations in Habitat Use of the Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*) in Southwest Britain. *Aquatic Mammals* 34(1): 44-53.
- Härkönen T, 1986. Guide to the otoliths of the bony fishes of the northeast Atlantic. Danbiu ApS, Hellerup, Denmark

- Härkönen T & Harding KC 2001. Spatial structure of harbour seal populations and the implications thereof. *Canadian Journal of Zoology* 79: 2115-2127.
- Kastelein, RA, Verboom WC, Muijsers M, Jennings NV & van der Heul S, 2005 The influence of acoustic emissions for underwater data transmission on the behaviour of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in a floating pen. *Marine Environmental Research* 59, 287-307.
- Kastelein RA, Van der Heul S, Terhune JM, Verboom WC & Triesscheijn RJV 2006a. Deterring effects of 8-45 kHz tone pulses on harbour seals (*Phoca vitulina*) in a large pool. *Marine Environmental Research* 62: 356-373.
- Kastelein RA, Van der Heul S, Terhune JM, Rob JV, Jennings, NV & Triesscheijn RJV 2006b. The influence of underwater data transmission sounds on the displacement behaviour of captive harbour seals (*Phoca vitulina*). *Marine Environmental Research* 61, 19-39.
- Kastelein RA, Verboom WC, Jennings N & de Haan D, 2008. Behavioral avoidance threshold level of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) for a continuous 50 kHz pure tone (L). *Journal of the Acoustical Society of America* 123, 1858-1861.
- Kastelein RA et al., 2011. Temporary hearing threshold shifts and recovery in a harbor porpoise and two harbor seals after exposure to continuous noise and playbacks of pile driving sounds. Part of the Shortlist Masterplan Wind 'Monitoring the Ecological Impact of Offshore Wind Farms on the Dutch Continental Shelf', SEAMARCO Ref: 2011/01.
- Kastelein RA., Steen N, Gransier R., Wensveen PJ & de Jong CAF, 2012. Threshold received sound pressure levels of single 1-2 kHz and 6-7 kHz up-sweeps and down-sweeps causing startle responses in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*). *Journal of the Acoustical Society of America* 131, 2325-2333.
- Kipple B & Gabriele C, 2004. Glacier Bay Watercraft Noise – Noise Characterization for Tour, Charter, Private, and Government Vessels. Naval Surface Warfare Center – Detachment Bremerton Technical Report NSWCCD-71-TR-2004/545.
www.nps.gov/glba/naturescience/upload/Kipple_Gabriele2004GBWatercraftNoiseRpt.pdf
- Kucey L, 2005. Human disturbance and the hauling out behavior of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) (Master's thesis, University of British Columbia, Vancouver, Canada).
- Kyhn, LA, Tougaard J, Thomas L, Rosager Duve L, Stenback J, Amundin M, Desportes G & Teilmann J, 2012. From echolocation clicks to animal density - Acoustic sampling of harbor porpoises with static dataloggers. *Journal of the Acoustical Society of America* 131(1):550-560.
- Leopold MF, Damme CJG van, Philippart CJM & Winter CJN 2001. Otoliths of North Sea fish-Fish identification key by means of otoliths and other hard parts. In: CD ROM. Version 1.0. ETI (Expert Centre for Taxonomic Identification) UoA, Amsterdam, The Netherlands (ed).
- Lewis JP, 1987. An evaluation of a census-related disturbance of Steller sea lions. Master's thesis, University of Alaska, Fairbanks.
- Lowry LF, Frost KJ, Ver Hoef JM & DeLONG RA, 2001. Movements of satellite-tagged subadult and adult harbour seals in Prince Williams Sound, Alaska. *Marine Mammal Science*, 17(4), 835-861.
- Mathews EA & Pendleton GW, 2006. Declines in Harbour seal (*Phoca vitulina*) numbers in Glacier Bay National Park, Alaska, 1992-2002. *Marine Mammal Science*, 22: 167-189
- Parijs SM van, Hastie GD & Thompson P M, 1999. Geographical variation in temporal and spatial vocalization of male harbor seals in the mating season. *Anim. Behav.* 58: 1231-1239.
- Parijs SM van, Hastie GD & Thompson PM, 2000a. Individual and geographical variation in display behaviour of male harbor seals in Scotland. *Animal Behaviour* 59: 559-568.
- Parijs SM van, Hastie GD & Thompson PM, 2000b. Display area size, tenure and site fidelity in the aquatic mating male harbor seal. *Canadian Journal of Zoology* 78: 2209-2217.
- Ries EH & Reijnders PJH, 1999. Characteristics of a core breeding area for the Wadden Sea harbour seal population: the Eems-Dollard estuary. In: Ries EH. PhD-thesis: Population Biology and activity patterns of harbour seals (*Phoca vitulina*) in the Wadden Sea. Groningen. Pp: 53-65.
- Reijnders PJH, 1981. Management and conservation of the harbour seal, *Phoca vitulina*, population in the international wadden sea area. *Biological Conservation* 19 (3), pp 213-221.
- Reijnders PJH, 1981. In: Reijnders & Wolff (eds.) marine Mammals of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam, p.38-47.

- Reijnders PJH, Brasseur, SMJM & Brinkman AJ, 2000. Habitat gebruik en aantalsontwikkelingen van gewone zeehonden in de Oosterschelde en het overige Deltagebied. Alterra report 078, 56 pp. ISSN 1566-7197.
- Richardson WJ., Greene CR.Jr., Malme CI. & Thomson DH 1995. Marine Mammals and Noise. Academic Press, San Diego.
- Rijkswaterstaat, 2009. Waterlevels Dollard en Borkum. Geregistreerd op 26-03-2009 met registratienummer: 1004-362
- Schusterman RJ, Southall BL, Kastak D & Reichmuth Kastak C, 2001. Pinniped vocal communication. Proceedings of the 17th International Congress on Acoustic Proceedings, Rome, Italy.
- Schusterman RJ & Van Parijs SM, 2003. Pinniped vocal communication: an introduction. Aquatic Mammals 29(2): 177-180.
- Simpkins, M.A. 2003. Stability in the proportion of harbour seals hauled out under locally ideal conditions. Marine Mammal Science, 19(4): 794-805.
- Teilmann J, Akamatsu T, Miller LA, Dietz R, Tougaard J & Siebert U, 2005. Echolocation behaviour of a wild harbour porpoise during diving. Pp 12-16 In: Abstract Book of the 16th Biennial Conference On The Biology of Marine Mammals, San Diego, California.
- Thompson, P.M., A. Mackay, D.J. Tollit, S. Enderby & P.S. Hammond, 1998. The influence of body size and sex on the characteristics of harbour seal foraging trips. Canadian Journal of Zoology 76: 1044-1053.
- Tougaard J, Carstensen J, Teilmann, J, Skov, H and Rasmussen, P 2009 Pile driving zon of responsiveness extends beyond 20 km for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) Journal of the Acoustical Society of America, 126(1) 11-4
- Van Parijs SM, Janik VM & Thompson PM, 2000. Display-area size, tenure length, and site fidelity in the aquatically mating male harbour seal, *Phoca vitulina*. Canadian Journal of Zoology 78: 2209-2217.
- Verboom WC & Kastelein RA, 1995. Structure of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) click train signals. In Read AJ, Wiepkema PR & Nachtigall PE (eds). The biology of the harbour porpoise. De Spil, Woerden. Pp: 343-362.
- Verfuß UK, Miller LA & Schnitzler H-U, 2005. Spatial orientation in echolocating harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). Journal of Experimental Biology. 208: 3385-3394.
- Wood SN, 2006. Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman and Hall/CRC, London.
- Wymenga E, Altenburg W et al. 2009. Monitoringplan voor energiecentrales in het Eemshavengebied. A&W-rapport 1206. Altenburg & Wymenga, Veenwouden/Hattem.

Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Verantwoording

Verantwoording

Rapport C082.12
Projectnummer: 430.61006.20

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Prof.dr.ir. P.J.H. Reijnders
Onderzoeker

Handtekening:

Datum: 28 September 2012

Akkoord: Drs. J. Asjes
Afdelingshoofd Ecosystemen

Handtekening:

Datum: 28 September 2012