

C-14092 870

Kwantificering van vogelbewegingen
langs de kust bij IJmuiden:
een radarstudie.

H. van Gasteren
J. van Belle
L.S. Buurma¹

Koninklijke Luchtmacht



Opdrachtgever: Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Noordzee

Februari 2002
Den Haag

¹ Correspondentie naar Koninklijke Luchtmacht, Afdeling Ondersteunende Operaties, L.S. Buurma, Postbus 20703, 2500 ES Den Haag.

Inhoud

1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Vogelbewegingen voor de Nederlandse kust	5
1.3	Vraagstelling	6
1.4	Doel en opzet.....	7
2	Materiaal	8
2.1	Het principe van radar	8
2.2	Twee manieren om met een radar te meten: scannen en volgen	8
2.3	De Flycatcher doelvolgradar	8
2.3.1	Functies van de Flycatcher	8
2.3.2	Specificaties van de Flycatcher.....	10
2.4	ROBIN	10
2.5	Visuele tellingen.....	11
2.6	Weergegevens.....	11
2.7	Locatie	11
3	Methoden	14
3.1	Van scannen en volgen naar echo's per km ³	14
3.1.1	Scans	14
3.1.2	Individueel gevolgde echo's	16
3.2	Echo's op het overzichtsbeeld	17
4	Analyse	18
4.1	Bepaling van flux uit de elevatiescan.....	18
4.1.1	De kritieke bundelbreedte	18
4.1.2	De relatie tussen afstand en detectiekans	19
4.2	Gevolgde echo's	19
4.2.1	Richtingsverdelingen.....	19
4.2.2	Soorten en groepsdimensies	19
4.3	Van echo-fluxen naar dichtheden.....	20
4.4	Echo's op het overzichtsbeeld	21
4.5	Definities	22
4.5.1	Tijden	22
4.5.2	Locaties	22
5	Resultaten.....	23
5.1	Jaaroverzicht vliegpaden	23
5.1.1	Aantallen geïdentificeerde vliegpaden	23
5.1.2	Soorten en soortgroepen van de geïdentificeerde vliegpaden.....	26
5.1.3	Vlieghoogten geïdentificeerde vliegpaden	29
5.1.4	Vliegrichting.....	31
5.1.5	Groepen of solitair vliegende vogels geïdentificeerde vliegpaden	34
5.2	Jaaroverzicht elevatiescans.....	34
5.2.1	Aantallen uitgewerkte scans	34
5.2.2	Echodichtheden en vlieghoogten in de elevatiescan	35
5.2.3	Dichtheidsverloop dwars op de kust	36
5.3	Vogeldichtheden in de onderste 100 meter	36
5.4	Maandoverzichten	40
5.4.1	Standaard uitwerkingen van de maandresultaten.....	40
5.4.2	Opmerkelijke waarnemingen van maand tot maand.....	40
5.5	Integratie en kwantificering	42
5.5.1	Maandelijks dichtheden aan trekkende vogels	42
5.5.2	Hoogteverdelingen	43
5.5.3	Dichtheidsafname vanaf de kust, boven de 100 meter.....	44
5.5.4	Soortspecifieke patronen in relatie tot de afstand uit de kust.....	45
5.5.5	De radargegevens vergeleken met de literatuur	47
6	De opzet en geldigheid van het onderzoek.....	49
6.1	Methodologisch.....	49
6.2	Biologisch	50
6.2.1	Kustgebonden vogels en echte zeevogels.....	50

6.2.2	Landvogels.....	51
7	Conclusies en aanbevelingen	52
7.1	Conclusie	52
7.2	Perspectieven voor vervolgonderzoek.....	52
8	Gedetailleerde beschrijving van de maandoverzichten	54
8.1.1	Opzet.....	54
8.1.2	Februari	56
8.1.3	Maart	59
8.1.4	April	64
8.1.5	Mei	69
8.1.6	Juni.....	73
8.1.7	Juli.....	77
8.1.8	Augustus	81
8.1.9	September.....	85
8.1.10	Oktober	89
8.1.11	November	94
8.1.12	December	98
9	Dankwoord.....	103
10	Literatuur.....	105
	Samenvatting	108
	Summary	110
	Appendix A. Verklarende woordenlijst	112
	Appendix B. De vorm van de radarbundel	114

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Als gevolg van de sterke groei in de luchtvaartsector overwoog de Nederlandse regering een uitbreiding van de huidige vliegveldcapaciteit. Daarbij rees de vraag of Schiphol op de huidige plek moet worden uitgebreid of dat gezocht moet worden naar een nieuwe locatie. In december 1999 besloot het kabinet Schiphol te laten waar het ligt en het capaciteitstekort annex de milieubelasting voorlopig op te lossen via de aanleg van de 5^e baan. Tegelijkertijd besloot zij de mogelijkheden op lange termijn van een vliegeiland voor de kust te onderzoeken. In 1999 waren verschillende haalbaarheidsstudies uitgevoerd om de beslissing over zo'n eiland te ondersteunen. Eén van de vragen daarbij betrof het vogelaanvaringsrisico.

Voor het inschatten van het risico van vogelaanvaringen boven een vliegveld in de Noordzee blijkt onvoldoende kwantitatieve informatie over vogelvliegeactiviteit beschikbaar. De kust staat bekend als vogelrijk, niet in de laatste plaats door ophopingen van vogels als gevolg van vogeltrek. Botsingen tussen vliegtuigen en vogels worden in toenemende mate herkend als een fors probleem. Recente overzichten van ongevallen uit de militaire (Richardson & West 2000) en civiele luchtvaart (Thorpe 1996) tonen aan dat vogelaanvaringen niet alleen grote materiele schade veroorzaken, maar ook mensenlevens kunnen kosten. Het is dus logisch dat de overheid de vraag heeft opgeworpen hoe het zit met de trekbanen langs de kustlijn: hoe massaal en hoe breed zijn die vogelstromen en hoever uit de kust zou een vliegveld eiland moeten worden geprojecteerd om uit de gevarenszone te blijven.

Weliswaar is redelijk goed bekend in welke aantallen vogels op land en in zee voorkomen maar de dichtheden aan vliegende vogels rondom de Nederlandse westkust, in het bijzonder tijdens de trek, zijn nooit gemeten. Een eeuw lang trektellen door talloze vogelaars heeft een algemeen beeld opgeleverd over trekroutes van alle soorten langs de kustlijn, alsook boven en achter de branding, maar dit semi-kwantitatieve beeld is aanzienlijk vertekend doordat visuele methoden beperkt zijn tot a) de daglicht uren, b) de onderste 50 à 100 meter en c) de eerste 1 à 2 kilometer vanaf de zeereep. Visuele waarnemingen vanaf schepen en vanuit vliegtuigen vullen het algemene beeld aan tot in volle zee maar een kwantitatieve vergelijkingsbasis ontbreekt. Bovendien bemoeilijken de beperkte mogelijkheden tot visuele afstandsschatting de omrekening van getelde vogelaantallen naar aantallen per luchtvolume. Met radar is het mogelijk om zowel overdag als 's nachts te meten. Bovendien zijn afstandsmetingen met radar zeer nauwkeurig. Verder zijn, afhankelijk van het gebruikte type radar, metingen tot op aanzienlijk grotere afstanden en hoogten mogelijk dan met visuele methoden. Dit alles heeft tot de conclusie geleid dat er behoefte is aan radarwaarnemingen in aanvulling op de reeds bestaande kennis. Wel moet worden opgemerkt dat ook aan vogeldetectie met radar grote beperkingen kleven, met name als het gaat om de identificatie van vogels (o.a. Bruderer 1997). Deze beperkingen kunnen deels worden opgeheven door gebruik te maken van een radar die niet alleen vogels kan opsporen, maar ook individuele echo's kan volgen met een zogenaamde doelvolgantenne.

De Sectie Natuurtechniek en Ecologisch Beheer (SNEB) van de Koninklijke Luchtmacht (KLu) kon zowel een radar met bemanning als de bijbehorende expertise leveren. Al in 1985 heeft de KLu ervaring opgedaan met het benutten van een doelvolgradar van het type Flycatcher voor de registratie van vogeltrek over Zuidoost-Nederland (Buurma 1986, Buurma & Bruderer 1990), naar Zwitsers voorbeeld (Bruderer 1971). Daarbij werd de radar door Hollandse Signaal Apparaten (HSA), de producent van de Flycatcher, tijdelijk aangepast. De expertise om de radar opnieuw te modificeren bleek nog aanwezig. Bovendien is inmiddels een vogelvideo-extractie systeem ontwikkeld om, ten behoeve van vliegveiligheid, vogelaantallen te meten uit de ruwe data van long-range surveillance radars in noord- en midden Nederland, ROBIN (Buurma 1989). Het bleek mogelijk ROBIN aan te passen voor gebruik met de Flycatcher.

1.2 Vogelbewegingen voor de Nederlandse kust

In de hoogtij jaren van de radarornithologie (Eastwood 1967) is veel grove informatie over de trek over zee langs de Engelse oostkust bijeengebracht door Lack (1959, 1962, 1963a en 1963b). In de herfst van 1976 is bij Hoek van Holland met de voorganger van de Flycatcher een studie uitgevoerd naar vogeltrek over de Zuid-Hollandse kust. Daarbij lag een zwaar accent op kwantificering van de trek in de tijd, maar was geen soortinformatie beschikbaar (Buurma & van Gasteren 1989). Verder geeft Buurma (1987) een overzicht van grootschalige trekgolven in oktober boven Noordwest-Nederland en de aangrenzende Noordzee. Materiaal over de andere maanden van het jaar ligt vast in een niet gepubliceerde database op de luchtmachtstaf.

Het algehele beeld uit studies met grootschalige radars is dat er 's nachts veel meer vogels vliegen dan overdag. Ook wekt het radarbeeld in West-Europa de indruk dat de voorjaars trek minstens even massaal, zo niet massaler is dan de herfst trek. Dit is gedeeltelijk het gevolg van vertekening veroorzaakt door het onvermogen van lange afstandsradars om details over groepsgedrag te geven en de onmogelijkheid om de onderste luchtlaag achter de radarhorizon te bereiken. Dankzij gedetailleerde 3D studies met doelvolgradar (o.a. Bruderer 1971) is bekend dat de meeste vogels 's nachts solitair vliegen. Overdag daarentegen trekken de meeste vogels in groepen. Omdat die groepen als één echo op het radarscherm verschijnen lijkt bij gelijke vogelaantallen de trek overdag veel zwakker dan 's nachts. Bovendien vliegt overdag vaak een deel van de vogels zeer laag en daardoor onder de radarbundel. Het is daardoor mogelijk dat grote rondzoekradars vrijwel niets zien, terwijl de veldwaarnemers zich in een intense onderstroom van lage trek bevinden. Omgekeerd komt het ook voor dat veldwaarnemers niets zien terwijl op de grote rondzoekradars blijkt dat op grotere hoogte wel degelijk grote aantallen vogels vliegen (Buurma et al. 1986). Zonder in te gaan op allerlei uitzonderingen op het bovenstaande stellen we vast dat we met de toepassing van een kleinschalige (doelvolg) radar met hoge resolutie een brug slaan tussen "de oude radarornithologie" enerzijds en de nog oudere veldornithologie anderzijds.

Voor informatie over systematische veldwaarnemingen langs de kust kan worden verwezen naar uitgebreide literatuur. Informatie van trek over zee is toegankelijk via Camphuysen & van Dijk 1983, Baptist & Wolf 1993, Camphuysen & Leopold 1994 en Platteeuw et al. 1994. De trek van landvogels over de zeereep en duinen werd reeds in het begin van de 20^e eeuw besproken. Overzichten zijn te vinden in Bloem & Bloem-Margadant 1985 en Mostert & Laponder 1988.

Het is algemeen bekend dat er in de herfst overdag, op lage hoogte boven de zeereep, een geconcentreerde stroom landvogels vliegt. De huidige theorie stelt dat deze stroom ontstaat uit zuidwestelijk georiënteerde breedfronttrek van landvogels die, stuitend op de kustlijn, naar het zuiden afbuigen om een vlucht over zee te vermijden. Naar het zuiden hoopt deze gestuwde trek tot steeds grotere aantallen op.

Ook boven en achter de branding vliegen veel landvogels parallel aan de kust. Dit zijn meest wetlandsoorten, die de kust volgen omdat zich daar de voor hen geschikte biotopen bevinden, of omdat de kust fungeert als gidslijn. Die laatste theorie wordt gesteund door het feit dat de wetlandsoorten ook in het voorjaar veelal de kustlijn volgen.

Tenslotte vliegen, veelal achter de branding, soorten die kunnen worden gerekend tot de meer of minder echte zeevogels (enkele grote soorten meeuwen, jagers, stormvogels, Jan van Gent, zee-eenden). Ook voor die soorten zou kunnen gelden dat ze de kustlijn volgen om te vermijden dat ze boven "ongunstig" landschap (in dit geval land) moeten vliegen.

Verder is de kustzone ook het domein voor veel lokaal vogelverkeer. Vooral in de zomer zijn meeuwen erg talrijk in het kustgebied (Camphuysen et al. 1999). Sommige soorten, zoals Zilvermeeuw *Larus argentatus*, Kokmeeuw *L. ridibundus* en Stormmeeuw *L. canus* worden vooral vlakbij de kust en verder in het binnenland waargenomen; andere, zoals de Kleine Mantelmeeuw *L. fuscus*, Grote Mantelmeeuw *L. marinus* en Drieteenmeeuw *Rissa tridactyla* foerageren en slapen op volle zee. Viskotters en andere schepen kunnen een grote aantrekkingskracht uitoefenen op meeuwen. Ook bij waterscheidingen worden grote groepen meeuwen aangetroffen. Kustwateren vormen een belangrijk overwinteringsgebied voor duikers, futen en zee-eenden. Het leeuwendeel daarvan bevindt zich dicht onder de kust. Tot slot worden Aalscholvers *Phalacrocorax carbo* steeds talrijker in Nederland, ook in de kustwateren die dienen als foerageer- slaap en overwinteringsgebied.

De grote lijn in het bovenstaande is dat rondom de West-Nederlandse kustlijn in alle seizoenen een concentratie aan vogelvliegeactiviteit optreedt. Haaks op de kustlijn is er dus een gradiënt van "vogelvlees per km³" te verwachten in die zin dat er zowel naar het binnenland als naar volle zee een afname in vogeldruk moet bestaan

1.3 Vraagstelling

Met name richting volle zee is onbekend hoe snel de dichtheid aan vliegende vogels afneemt, welke vlieghoogtes daarbij horen en helemaal onduidelijk is wat er 's nachts gebeurt. De simpele opdracht luidt dus: bepaal het driedimensionale verloop van de dichtheid aan vliegende vogels haaks op de kust, over het etmaal en over de seizoenen. Strikt genomen zou het voor de centrale vraag (hoe ver

een vliegveldeiland uit de kust zou moeten komen te liggen om onacceptabele aanvaringsrisico's te mijden) voldoende kunnen zijn deze gradiënt uit te drukken in kilo's vogelvlees. Voor het biologisch begrip van wat er nu eigenlijk rondom de kust gebeurt en hoe en wat de variatie bepaalt is veel meer nodig, in de eerste plaats soortsinformatie. De radar alleen kan deze informatie onvoldoende leveren, soortidentificatie is slechts in beperkte mate mogelijk. Geïndiceerd door de radarwaarnemingen zullen aanvullende veldwaarnemingen nodig zijn.

1.4 Doel en opzet

Dit rapport beschrijft de gedetecteerde dichtheden van vliegende vogels per maandelijkse meetweek over het jaar 1999. De gegevens worden verbijzonderd naar vliegrichtingen en -hoogtes en waar mogelijk naar soorten en/of soortgroepen. Uit de combinatie van radarscans en vliegpaden van individueel gevolgdde vogels wordt de dichtheidsgradiënt haaks op de kust berekend. De invloed van het weer en in het bijzonder van de wind wordt besproken. Dit is dus een beschrijvend rapport, waarin mogelijke verklaringen voor de gevonden fenomenen slechts beperkt aan de orde komen. Zoals vaak met radarornithologisch werk ligt er veel meer informatie in de meetresultaten besloten dan we er met de beschikbare aanwijzingen, zoals soortinformatie en omgevingsparameters, uit kunnen halen. Met deze presentatie beogen we daarom, naast het beantwoorden van de vraag over de dichtheidsgradiënt, tevens belangstelling te wekken voor gesignaleerde fenomenen die om aanvullend onderzoek vragen. Daartoe is het basismateriaal, veelal in elektronische vorm, in beginsel beschikbaar voor belangstellenden.

Gelet op de doelstelling wordt de hoofdmoot van de resultaten weergegeven in maandelijkse beschrijvingen. Deze uitwerkingen per maand worden voorafgegaan door een jaaroverzicht en een integratie van de waargenomen aspecten en conclusies.

2 MATERIAAL

2.1 Het principe van radar

Een radar zendt met behulp van een antenne gebundelde elektromagnetische energie uit. Deze energie wordt onderschept en voor een deel teruggestraald door objecten die binnen de bundel vliegen. Deze gereflecteerde energie wordt weer ontvangen door de radar. Aangezien elektromagnetische energie door de atmosfeer reist met de snelheid van het licht, is de afstand van het object tot de radar te berekenen uit de tijd tussen verzenden en ontvangen van energie. De mate waarin energie wordt teruggestraald naar de radar hangt af van de grootte, de vorm en het materiaal van het onderschepte object. Grotere objecten reflecteren over het algemeen meer energie dan kleine, platte vlakken reflecteren meer in één richting dan ronde en metaal en water zijn betere reflectoren dan bijvoorbeeld hout en veren.

Al deze fenomenen maken dat waarnemingen met radar nogal verschillen van visuele waarnemingen. Ten eerste is een radar niet afhankelijk van daglicht. Bovendien kunnen, dankzij de korte golflengte van de uitgestraalde energie en de gevoeligheid van de ontvanger, kleine objecten tot op zeer grote afstand worden waargenomen. Aan de andere kant levert een radarecho nauwelijks informatie over de fysieke eigenschappen van een onderschepte object. Kleur, vorm en zelfs grootte kunnen niet rechtstreeks worden bepaald. Tot slot is een radarbundel niet scherp begrensd zoals de waarneembundel van bijvoorbeeld een verrekijker. De energie wordt weliswaar binnen een bepaalde hoek uitgezonden (de *nominale uittreehoek*), maar door verstrooiing komt ook een deel van de energie buiten die nominale uittreehoek terecht. Daar zullen objecten dus ook energie oppikken en als de hoeveelheid energie die naar de radar wordt teruggestuurd maar groot genoeg is, wordt het object waargenomen. Dit betekent dus dat de *werkelijke uittreehoek* van een radar afhankelijk is van de reflecterende eigenschappen (formaat, vorm en materiaal) van de te onderscheppen objecten. Voor berekeningen van de bundelbreedte verwijzen wij naar de appendix B.

2.2 Twee manieren om met een radar te meten: scannen en volgen

Een radar kan op twee manieren worden ingezet. De meest bekende manier is om, zoals bij een scheepsradar, de antenne rond te laten draaien en zo de omgeving af te zoeken op (vliegende) objecten (*scannen*). De onderschepte objecten worden, naar afstand en richting ten opzichte van de radar, geprojecteerd op een monitor. Op deze manieren kunnen alle objecten binnen het bereik van de radar tegelijk worden waargenomen, maar over de afzonderlijke echo's is zeer weinig bekend. Voor het scannen wordt meestal een antenne met een grote verticale uittreehoek gebruikt, zodat een groot deel van de lucht wordt bemonsterd. Een andere werkwijze is om objecten te volgen met een radar met een kleine uittreehoek. De doelvolgantenne wordt zo gestuurd dat het waar te nemen object in het hart van de radarbundel blijft. Zo worden de afstand en de hoek van het gevolgde object ten opzichte van de radar continu gemeten en vastgelegd. Bovendien kan extra informatie over de echo worden verkregen, hetzij aan de hand van de intensiteit van het radarsignaal, hetzij met behulp van extra sensoren (bijvoorbeeld een videocamera) die aan de doelvolgantenne zijn gekoppeld. Het nadeel van deze methode is dat maar één radarecho tegelijk kan worden bestudeerd.

2.3 De Flycatcher doelvolgradar

2.3.1 Functies van de Flycatcher

De in deze studie gebruikte radar, de *Flycatcher* (Foto 1) is een gecombineerde zoek- en volgradar. De zoekantenne, een balk van twee meter lang, wordt gebruikt om vliegende objecten (vogels, vliegtuigen) op te sporen. De doelvolgantenne is ontwikkeld om opgespoorde objecten te kunnen volgen. Bij normaal gebruik wordt het luchtruim dus afgezocht met de zoekantenne. Die heeft een verticale uittreehoek van 20 graden en een maximaal vogelbereik van 10 km voor grote vogels als bijvoorbeeld een Zilvermeeuw. Alle door deze radarbundel onderschepte objecten worden geprojecteerd op een monitor, de *PPI*, met een instelbaar bereik van 5 of 10 kilometer. Op deze monitor kunnen echo's worden aangewezen met een joystick waarna de doelvolgantenne (de schotelvormige antenne bovenop de radar) op de bijbehorende plaats het luchtruim verticaal aftast tot het doel is gevonden. Dan wordt de antenne automatisch bijgestuurd zodat de vogel in het hart van de bundel blijft. Uit de afstandsgegevens en de hoeken van de antenne berekent de computer van de radar een driedimensionaal vliegp pad van de vogel. Tijdens het volgen gaat de helft van het beschikbare zendvermogen naar de doelvolgantenne, met de andere helft van het vermogen wordt de scanning met de zoekantenne voortgezet. Daardoor wordt tijdens het volgen van echo's het bereik

van de zoekantenne iets verkleind. Zodra de echo niet meer wordt gevolgd gaat alle energie weer naar de zoekantenne.

Dankzij de modificatie van het systeem kan ook de doelvolgantenne worden gebruikt om vliegende objecten (o.a. vogels) op te sporen (conform de zoekantenne). Bij de horizontale of *azimut-scan* draait de antenne met een vaste snelheid rond en zoekt de horizon af. Omdat de doelvolgantenne een kleine uittreehoek heeft ($2,4^\circ$) is de bemonsterde hoogte klein, zodat de hoogte van opgespoorde objecten is te berekenen met een precisie van 200 meter. Deze methodiek is zeer geschikt om in een korte tijd een grote steekproef van de verschillende snelheden en vliegrichtingen op de verschillende hoogtes met elkaar te vergelijken. Door de doelvolgantenne onder verschillende elevatiehoeken rond te laten draaien is het mogelijk het luchtruim plak voor plak af te tasten en daarmee vogels in specifieke luchtlagen te detecteren. Bij de verticale of *elevatiescan* knikt de doelvolgantenne op en neer in een vrij te kiezen azimut richting. Op deze manier is van alle gedetecteerde objecten de precieze hoogte en afstand bekend. Bovendien kunnen hiermee objecten worden opgespoord tot grotere hoogten dan met de zoekantenne, die een maximaal bereik heeft van 1 kilometer hoogte. Deze methode leent zich zeer goed voor het kwantitatief onderzoek van vogeltrek.

Ook bij de scans met de doelvolgantenne is het mogelijk om echo's te selecteren en vervolgens te volgen. Uiteraard wordt tijdens het volgen van echo's de scanning mode tijdelijk onderbroken; die start weer zodra het volgen van de echo wordt afgebroken.

Parallel aan de doelvolgantenne is een videocamera met een telelens gemonteerd. Zo kunnen, bij voldoende licht en zover het videozicht reikt, de gevolgde objecten worden geïdentificeerd. Tijdens het volgen van echo's wordt verder het *AGC-sigitaal* (Automatic Gain Control, zie verklarende woordenlijst) uitgevoerd. Dit AGC signaal geeft de fluctuatie van de echo-intensiteit weer. Bij het volgen van één vogel fluctueert deze intensiteit met de vleugelslag. Uit de vleugelslagfrequentie is te achterhalen tot welke soort(groep) de gevolgde vogel hoort. Zo kan, onafhankelijk van de lichtomstandigheden, de soortgroep worden bepaald tot een afstand van maximaal 5 kilometer.



Foto 1 Flycatcher radar op de zuidpier van IJmuiden, juni 1999. De kegel bovenop de radar is de doelvolgantenne, de grote balk daaronder de zoekantenne. *Flycatcher tracking radar situated on the southern pier of IJmuiden, June 1999. The cone on top is the tracking antenna, the bar underneath is the search antenna.*

2.3.2 Specificaties van de Flycatcher

De Flycatcher heeft één zender die door zowel de zoek- als de doelvolgantenne wordt gebruikt. Beide antennes hebben hun eigen ontvanger. Enkele kenmerkende radarspecificaties zijn in onderstaande tabel opgenomen.

Zender/ontvanger	3cm
Frequentie	9200 MHz
Piekvermogen	160 kW
Pulsduur	0,2 μ s
PRF	4800
Afstandsresolutie	30 meter

Zoekantenne

Bundel	fan beam
Antenne opening	1,1° x 20°
Max. hoogte	4500 m (-3 dB)
Gevoeligheid	50% detectie kans bij een radar doorsnede van 1 m ² op 19 km
Polarisatie	lineair of circulair, instelbaar
Rotatie	40 rotaties per minuut (rpm)

Doelvolgantenne

Bundel	pencil beam
Antenne opening	2,4° x 2,4°
Gevoeligheid	50% detectiekans bij een object met een radar doorsnede van 1 m ² op 36 km
Polarisatie	lineair of circulair, instelbaar
Horizontale scansnelheid	60°/seconde (10 rpm)
Verticale scansnelheid	30°/seconde

Video

Beeld	445 lijnen, 25 Hz zwart/wit
Lens	Zoomlens 30-300mm

Tabel 1 Specificaties van de gemodificeerde flycatcher, zoals gebruikt bij dit onderzoek. *Specifications of the modified flycatcher radar used in this study.*

Al het zendvermogen gaat naar de doelvolgantenne als die wordt gebruikt voor de azimuth- of elevatiescan. Bij de azimuthscan wordt de horizon afgezocht met de doelvolgantenne gekanteld in iedere gewenste elevatie tot 85°. Bij een verticale scan 'knikt' de doelvolgantenne tussen 0 en maximaal 85 graden elevatie, in iedere gewenste azimuth richting.

Functie	Antenne	Scansnelheid	Vermogen
Zoek scan	Zoekantenne	44 rpm	100%
Azimuth scan	Doelvolgantenne	10 rpm (60°/s)	100%
Elevatie scan	Doelvolgantenne	30°/s	100%
Volgen	Zoekantenne	44 rpm	50%
Volgen	Doelvolgantenne	-	50%

Tabel 2 Functies van de flycatcher radar. *Functions of the Flycatcher radar.*

2.4 ROBIN

Om met grootschalige overzichtsraders de aantallen vogels in de lucht te kunnen bepalen heeft de KLu, in samenwerking met TNO-FEL, een speciale vogelvideo extractor gebouwd: ROBIN (Buurma 1989). Een afgeleide van het ROBIN systeem is aangepast aan de Flycatcher radar, ROBIN-III. Dit computersysteem kan de radar aansturen zonder verdere tussenkomst van radaroperators en op gezette tijden standaardopdrachten uitvoeren. De onbewerkte radardata worden in de computer opgeslagen. Bij de scan met de zoekantenne en de horizontale scan met de doelvolgantenne kunnen vogels, regen en andere reflecterende objecten van elkaar worden gescheiden. Hiervoor worden 10 opeenvolgende radarbeelden over elkaar geprojecteerd. Bewegende objecten leveren dan een spoor

van echo's op. ROBIN koppelt de bij elkaar behorende echo's vervolgens aan elkaar, waarbij locatie, richting, snelheid en zwaarte van een echo worden berekend. Elevatiescans kunnen niet op die manier worden bewerkt maar moeten met de hand worden uitgewerkt.

2.5 Visuele tellingen

Van juni tot en met november 1999 is steeds op één dag van iedere meetsessie een serie visuele tellingen uitgevoerd (Buurma *et al.* in prep., Lensink *et al.* 1998, de Hoon & Buurma 2000). In oktober en november zijn op de doordeweekse dagen ook tellingen uitgevoerd door bureau Waardenburg (Poot *et al.* 2000b). De waargenomen soorten, aantallen en dichtheden worden vergeleken met de radarmetingen uit de 0 tot 100 meter hoogteband.

Als aanvulling op de radardata zijn van september tot en met december in de vroege ochtend en avond trektellingen uitgevoerd op de punt van de pier én aan het begin van de pier. De trektellingen zijn uitgevoerd volgens de methodieken van de Landelijke Werkgroep Vogeltrektellen (LWVT 1985) en de Nederlandse Zeevogelgroep (Camphuysen & van Dijk 1983). Het doel van deze tellingen was om een verschil in soortensamenstelling en aantallen tussen de punt van de pier (2½ kilometer in zee) en het strand (1 kilometer in zee, maar wel langs de uitstekende kustlijn) te vergelijken. De tellingen zijn indicatief voor de onderste 100 meter tot een afstand van 100-300 meter (LWVT methode), respectievelijk de onderste 25 meter tot een afstand van circa 2 à 3 kilometer (Nederlandse Zeevogelgroep). Deze gegevens worden in dit rapport niet verder besproken, omdat slechts ruwe data werd aangeleverd en hierdoor de tijd ontbrak om één en ander uit te werken.

2.6 Weergegevens

Gedurende de meetweken zijn door de Koninklijke Luchtmacht en het KNMI specifieke weergegevens verzameld. De gemeten windrichtingen en snelheden, temperatuur, luchtdruk en vochtigheid op grondniveau zijn verzameld boven zee (meetpunt Noordwijk), aan de kust (IJmuiden en Bloemendaal) en boven land (Schiphol). Boven IJmuiden zijn bovendien de met het HIRLAM model berekende windrichtingen, -snelheden en temperaturen verzameld, in stappen van 200 meter tot 3 kilometer hoogte, 4 keer per etmaal. Van een tiental stations uit West-Europa is de wind aan de grond en van het 850 hPa drukvlak verzameld, om de weersituatie uit vertrek- en doelgebieden te kunnen achterhalen. Tot slot zijn de maandoverzichten van het KNMI geraadpleegd voor een algemeen overzicht van het weer.

2.7 Locatie

Voor de meetlocatie moest worden gezocht naar een plaats waar de vogelstromen representatief zijn voor de situatie bij een mogelijk eiland in zee. Daarom moest ook zo ver mogelijk in zee kunnen worden gekeken. Bovendien moest de locatie goed en snel bereikbaar zijn, zowel voor technische ondersteuning als in geval van nood. Daarmee viel al gauw de keus op de zuidpier van de haven bij IJmuiden, op 52°28' NB en 4°32' OL (Figuur 1). De pier steekt ruim 2½ km in zee en ligt dicht bij de mogelijke locatie voor een eiland. Het bleek goed mogelijk met grote vrachtwagens tot aan het eind van de pier te rijden, en bij slecht weer bood het begin van de pier een goede uitwijkmogelijkheid, zodat ook onder barre omstandigheden kon worden doorgemeten. Tot slot was de accommodatie voor continue technische ondersteuning dichtbij.

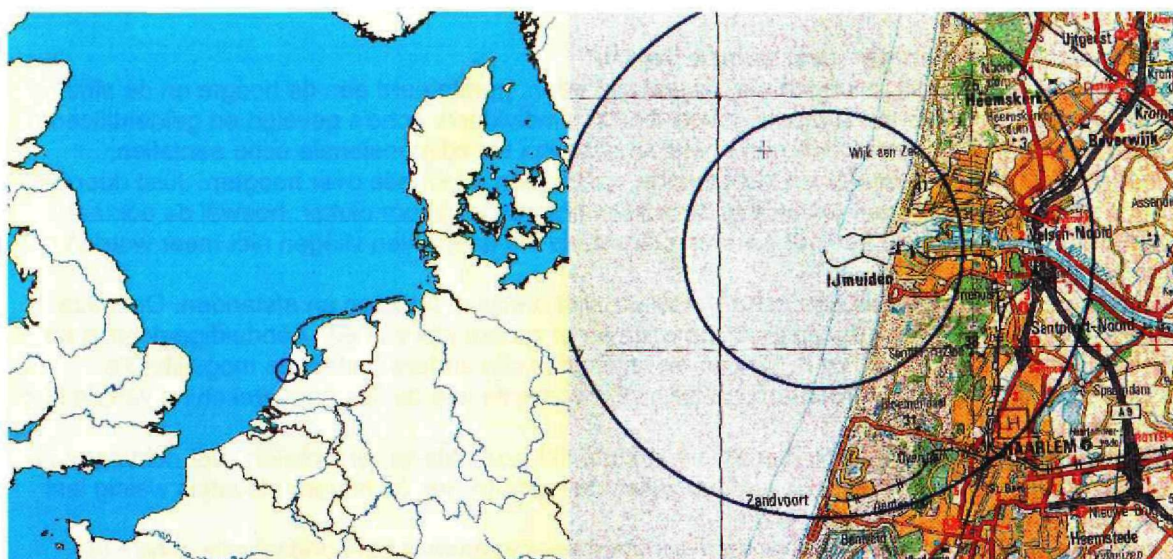
In principe stond de radar op de punt van de pier. Afhankelijk van de soort, groepsgrootte en vliegrichting kunnen van daar vogels worden gedetecteerd tot 10 kilometer afstand van de radar, dus tot maximaal 12½ kilometer uit de kust. Bij slecht weer moest worden uitgeweken naar het begin van de pier, wat de vogeldetectie beperkte tot maximaal 11 km uit de kust.

Aan de gekozen locatie kleven een paar bezwaren. Doordat de radar op de pier gemiddeld 7 meter boven water stond keek de radar enigszins van bovenaf op de golven. Vooral bij harde wind veroorzaakten die veel ongewenste reflecties (*clutter*). Hierdoor was het in de scans met de zoekantenne en de onderste azimuthscans vaak niet mogelijk vogels te onderscheiden. Een andere bron van ongewenste reflecties was de staalindustrie (Corus, voorheen Hoogovens) ten noordoosten van de haven. Afgezien van de onmogelijkheid om vogels te zien pal boven deze fabriek, veroorzaakte die veel zijreflecties, wat ook het zicht boven zee, ten noorden van de radar, belemmerde. Tot slot stonden ten zuidoosten van de haven, pal aan het strand, grote appartementencomplexen, die de onderste luchtlagen boven de duinen afschermden. Al met al was daardoor het zicht boven land ernstig beperkt (Figuur 2).

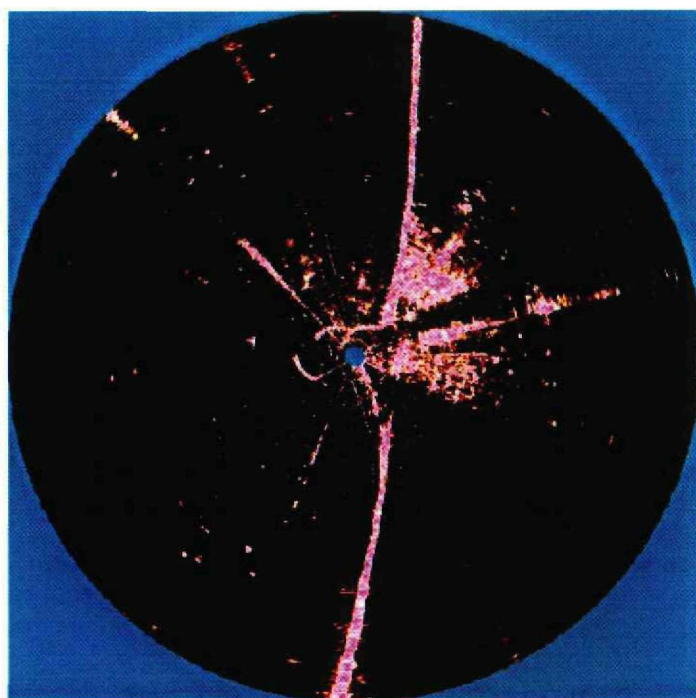
Verder is de pier zelf onderdeel van de havenmonding. Te verwachten was dat vissersboten in en om de haven grote aantallen vogels, vooral meeuwen, zouden aantrekken, waardoor het zicht op de andere vogelbewegingen zou kunnen worden belemmerd.

Er is vanaf verschillende locaties gemeten. Om in de analyse de verschillende locaties terug te brengen tot de afstand uit de kust, zijn hierbij de volgende afstanden aangehouden:

- Strand: +1000 meter
- Punt van de zuidpier: +2630 meter
- Noordpier: +2000 meter.



Figuur 1 Ligging van de onderzoekslocatie in het Noordzeegebied (links). Rechts een gedetailleerde kaart van de onderzoekslocatie. Het 5 en 10 kilometer bereik vanuit de punt van de Zuidpier is aangegeven. *Maps of the study area. 5 And 10 kilometre range of the radar are given in the right hand figure.*



Figuur 2 Radarbeeld van de zoekantenne, straal 10km, 1 rotatie, vanaf de strandlocatie. Radarreflecties zijn, afhankelijk van de intensiteit, geel tot roze. De kustlijn (NNO – ZZW) en de twee pieren zijn duidelijk zichtbaar. De lijn naar het NW wordt veroorzaakt door spiegeling van de vuurtoren vlak naast de radar. In het NO-kwadrant is een duidelijke concentratie van reflecties zichtbaar. Dit zijn reflecties van de staalindustrie (Corus, voornamelijk Hoogovens). Verder valt op dat in het ZO-kwadrant juist weinig reflecties te zien zijn. Dit deel ligt eigenlijk in de schaduw van het appartementencomplex, voornamelijk de duinenrij, waardoor de onderste luchtlaag daarachter wordt afgeschermd. *Radar image from the search antenna, 1 rotation, 10 kilometre range. Coastline and clutter of the industrial complex, as well as the piers, are clearly visible in the NE. The pink dots on the left side of the coastline (sea) are bird echoes.*

3 METHODEN

3.1 Van scannen en volgen naar echo's per km³

Om een compleet overzicht te krijgen van vogeldichtheden, gerelateerd aan de hoogte en de afstand tot de kustlijn, zijn drie soorten scans uitgevoerd en zijn individuele echo's gevolgd en geïdentificeerd. Een scan met de zoekantenne biedt een snel overzicht van tweedimensionale echo aantallen, snelheden en richtingen in een groot luchtvolume, maar geen informatie over hoogten. Juist door het grote hoogtebereik van de zoekantenne is deze scan erg gevoelig voor clutter: hoewel de oorzaak zich meestal op grondniveau bevindt, kunnen ook vogels die daarboven vliegen niet meer worden waargenomen.

De elevatiescan levert nauwkeurige echo-aantallen, met precieze hoogten en afstanden. Om deze aantallen om te rekenen naar fluxen en dichtheden moet sprake zijn van een éénduidige richting en snelheid. Voor het berekenen van richtingen en snelheden zijn andere methoden mogelijk. Die richtingen en snelheden zijn verder noodzakelijk voor correctie van de flux en omrekening van de flux tot een dichtheid.

De azimuthscans bieden een goede manier om in korte tijd veel data te verzamelen over richtingen en snelheden op specifieke hoogten. Bovendien zullen de azimuthscans op hogere elevaties weinig last hebben van clutter.

Om van echo-dichtheden naar dichtheden in kg vogelvlees te gaan is het noodzakelijk echo's te volgen en zo te achterhalen welke soort(groepen) en aantallen de echo's representeren. Bovendien levert het volgen van echo's ook informatie over richtingen en snelheden op. Om alle fenomenen zo goed mogelijk te beschrijven is ervoor gekozen om ieder uur een deel van de tijd te besteden aan de scans en een deel van de tijd aan het volgen van individuele echo's. Om alle uren uniform te bemonsteren is de radar voor het maken van de scans aangestuurd door ROBIN. De vliegpaden zijn handmatig, maar volgens een vast stramien, opgenomen.

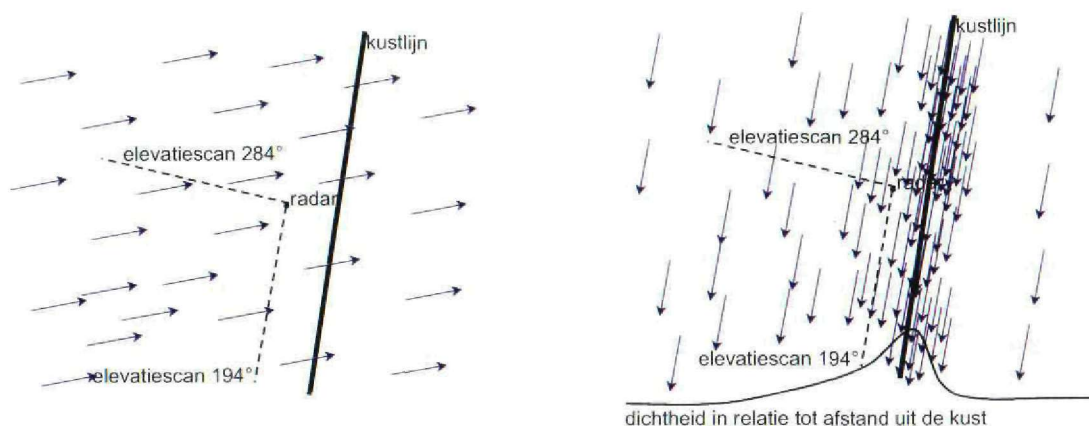
3.1.1 Scans

Elevatiescans

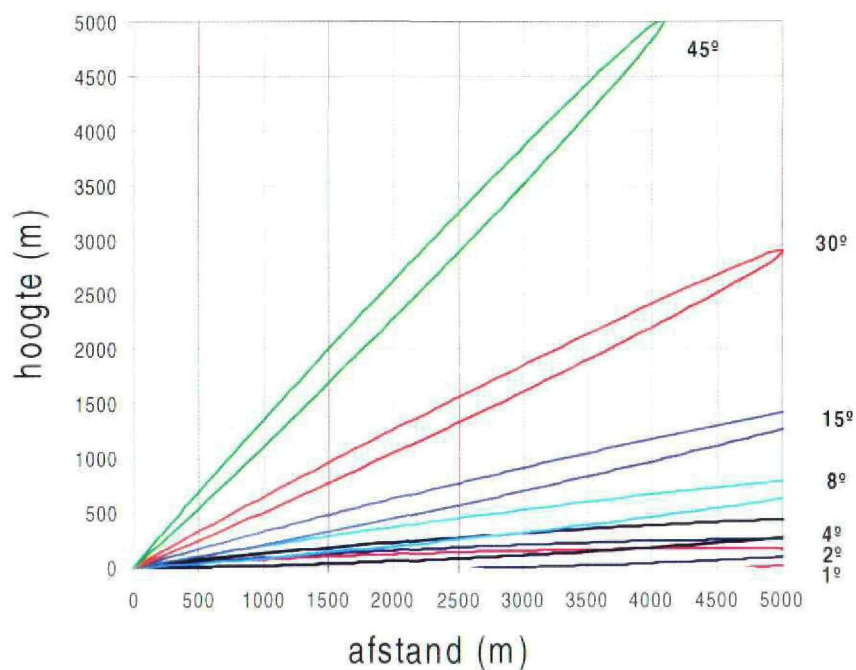
Ieder uur is een elevatiescan uitgevoerd om de vogelbewegingen langs de kustlijn te bemonsteren. Deze scan was haaks op de kustlijn gericht, in 284 graden azimuth. Doordat ook breedfronttrek haaks op de kust vanuit en naar Engeland kon worden verwacht, werd elk uur nauwkeurig naar de vliegrichtingen gekeken boven zee. Als in de voorafgaande metingen duidelijke vogelbewegingen haaks op de kust werden waargenomen is ook een verticale scan uitgevoerd in 194 graden azimuth, evenwijdig aan de kustlijn. Eén elevatiescan bestond uit 60 op en neer gaande verticale bewegingen met de doelvolgantenne, met een totale duur van 3:43 min. Voor een constante bemonstering van alle luchtlagen werden alleen in de opgaande slag, tussen 0 en 45 graden elevatie, radardata opgenomen.

Azimuthscans

Om de richtingen en snelheden te bemonsteren zijn ieder uur 7 azimuthscans uitgevoerd, met de doelvolgantenne 1, 2, 4, 8, 15, 30 en 45 graden gekanteld (Figuur 4). Eén azimuthscan bestond uit 10 rotaties van de doelvolgantenne, met een totale duur van 60 seconden per opname. Tussen twee scans was 30 seconden verwerkingstijd gereserveerd, zodat de totale tijd van de azimuthscans 10:30 minuten bedroeg.



Figuur 3 Schematisch overzicht van de verwachte vogelstromen. De blauwe pijlen stellen vogelgroepen voor, de stippellijnen het bereik van de elevatiescans. Wanneer breedfronttrek uit Engeland optreedt, zal geen dichtheidsgradiënt vanaf de kust zichtbaar zijn (links). Met de elevatiescan parallel aan de kust (194°) kan de breedfronttrek wel worden gekwantificeerd. Geleide trek langs de kustlijn, vertoont een duidelijk herkenbare dichtheidsgradiënt (rechts), welke wordt gekwantificeerd met de elevatiescan haaks op de kust (284°). *Schematic overview of the expected migration flow. Broad front migration from the United Kingdom will show no differences in densities on different distances from the coastline (left). Broad front migration is quantified using vertical scans parallel to the coastline (194°). Leading line migration shows high densities along the coastline and lower densities towards sea. Quantification is done by vertical scanning perpendicular to the coastline (284°).*



Figuur 4 Het hoogte- en afstandsbereik van de 7 azimutscans, zoals berekend voor een middelgrote zangvogel. Merk op dat de onderste 1000 meter door meerdere bundels wordt bemonsterd. Hogerop nog slechts door 1 of 2 scans. *Altitude and range of the 7 azimuth scans, calculated for a medium songbird. Up till 1000m altitude each range is sampled with at least 3 scans.*

Scans met de zoekantenne

Tot slot is ieder uur een scan uitgevoerd met de zoekantenne, ook bestaand uit 10 rotaties, waarbij eens in de 6 seconden één rotatie werd opgenomen. Hierdoor duurde ook deze opname 60 seconden.

Als om technische redenen enige van de scans waren mislukt, dan zijn deze na de standaard opdrachtenserie alsnog uitgevoerd. Afhankelijk van eventuele tweede pogingen en van de elevatiescan parallel aan de kust duurde de hele serie scans 16 tot 20 minuten.

3.1.2 Individueel gevolgde echo's

Om te achterhalen op welke hoogten en afstanden de verschillende soorten voorkomen, zijn de resterende 40 minuten van ieder uur besteed aan het volgen en identificeren van echo's. Normaliter werden echo's opgespoord met de zoekantenne. Om alle locaties evenredig te bemonsteren werden echo's geselecteerd volgens een standaard methode. Op het radarscherm zijn 4 segmenten vastgelegd waarin echo's moesten worden geselecteerd: één boven land, twee boven zee tot 5 kilometer van de radar, ten noorden en zuiden van de pier, en een vierde boven zee, 5-10 kilometer van de radar. In ieder segment werd steeds één minuut lang geprobeerd een echo op te pikken en te volgen met de doelvolgradar. Was het niet mogelijk binnen één minuut een echo op te pikken en te volgen dan werd het volgende segment beschouwd. Lukte het wel, dan werden op dezelfde manier tot 5 echo's in dit segment opgepikt. Na 5 succesvol opgepikte echo's werd altijd het volgende segment afgezocht. De segmenten werden in vaste volgorde bekeken. Het volgen van een echo duurde minimaal 10 en maximaal 30 seconden, lang genoeg om identificatie te plegen en kort genoeg om ieder uur een voldoende grote steekproef te nemen.

Als tijdens de voorafgaande ROBIN-sessie echo's op grote hoogte waren waargenomen werden ook echo's geselecteerd vanuit de elevatiescans in 284 en 194 graden azimuth (haaks op, of parallel aan de kustlijn). Iedere afwijking van de standaardprocedure werd genoteerd.

Overdag waren de gevolgde objecten zichtbaar met de parallel aan de doelvolgantenne gemonteerde camera. Hiermee zijn de vogelsoorten zoveel mogelijk ter plaatse bepaald. Het camerabeeld van ieder gevolgd object is steeds op video vastgelegd en achteraf gecontroleerd. Bovendien werden zowel overdag als 's nachts de AGC-patronen vastgelegd met een frequentie van 512 Hz. Vliegpaden werden vastgelegd door tijdens het volgen 8 maal per seconde locatie (x, y en z positie), vliegrichting en snelheid op te slaan, resulterend in een zeer nauwkeurig vliegpada.

In de eerste maanden van de metingen zijn alleen de vliegpaden vastgelegd. De applicatie om de AGC-signalen op te slaan en weer te geven is tijdens de metingen door het NLR ontwikkeld. Met ingang van mei 1999 is deze applicatie in gebruik genomen. Vanaf dat moment werden ook daarmee de vliegpaden opgeslagen; daarvoor gebeurde dat met een voor de landmacht ontwikkelde applicatie, bedoeld om de vliegpaden van vliegtuigen vast te leggen (WBU 1998). Zowel de vliegpaden als de AGC-patronen zijn vastgelegd op CD-ROM.



Foto 2 Harry de Groot in de Flycatcher bezig met het maken van tracks. *Harry de Groot inside the Flycatcher radar, recording tracks.*

3.2 Echo's op het overzichtsbeeld

Om situaties zonder duidelijke overheersende vliegrichtingen, dan wel met meerdere vliegrichtingen, alsook situaties met veel clutter, toch te kunnen beschrijven is het *PPI*-beeld van de zoekantenne geanalyseerd. Tijdens de metingen is steeds het *PPI*-beeld vastgelegd op time-lapse S-VHS video, met één beeld per 0,64 seconden, zodat er 48 meeturen op één 3-hrs band passen. Bij afspelen op standaard snelheid resulteert dit in een versnelling van 16 keer. Daardoor zijn, op het *PPI*-beeld van de zoekantenne, grootschalige fenomenen veel beter zichtbaar dan real-time, terwijl alle echo's nog zeer goed zijn te volgen.

4 ANALYSE

Voor het berekenen van de fluxen (zie de verklarende woordenlijst, appendix A) uit de elevatiescans is het noodzakelijk dat de richtingen en snelheden zoals die in de tracks van de bijbehorende uren zijn gevonden éénduidig zijn. Omwille van de steekproefgrootte zijn uren per dagdeel samengevoegd. Alleen van de dagdelen met een éénduidige vliegrichting en snelheid is de flux berekend. Vervolgens zijn de echo-aantallen uit de elevatiescans gecorrigeerd voor de vliegrichting. Omdat de detectiekans afneemt met de afstand moest ook daarvoor worden gecorrigeerd; die afname van de detectiekans is empirisch bepaald in een serie calibratieproeven in het binnenland. Om daarna te komen tot een echodichtheid is de flux gedeeld door de gemiddelde vlegsnelheid.

Om toch een beeld te krijgen van vogelbewegingen wanneer uit de elevatiescans geen flux kon worden berekend zijn de time-lapse beelden van de PPI geanalyseerd.

4.1 Bepaling van flux uit de elevatiescan

De elevatiescans zijn met de hand uitgewerkt. Iedere scan is eerst gecontroleerd op vaste clutter. Alle overige echo's die in twee of meer opeenvolgende slagen van de elevatiescan op (bijna) dezelfde plek werden waargenomen zijn als vogels beschouwd. Hiervan zijn afstand en hoogte genoteerd met een nauwkeurigheid van 50 meter in hoogte en 100 meter in afstand. Of vogels in twee opeenvolgende slagen kunnen worden waargenomen hangt af van de maximale detectieafstand en de kritieke bundelbreedte. Omdat een betrouwbare flux alleen te berekenen is bij een éénduidige vliegrichting en snelheid, zijn aan de hand van de vliegpaden van gevolgde vogels de *dagdelen* geselecteerd waarop aan die voorwaarden wordt voldaan (zie 4.5.1).

Omdat de onderste honderd meter van de elevatiescans vaak sterk vervuild waren door zeeclutter en omdat in de onderste honderd meter vaak geen éénduidige vliegrichting aanwezig was, zijn die niet meegenomen in de analyse, tenzij uitdrukkelijk vermeld.

4.1.1 De kritieke bundelbreedte

De elevatiescan telt 60 slagen in 223 seconden. Om de tijd tussen twee echo's constant te houden worden alleen echo's opgenomen bij het opgaande gedeelte van de verticale slag. Dit resulteert in een tijd van 3,75 seconden tussen twee slagen. Bij sterke meewind kan de vlegsnelheid van een vogel oplopen tot maximaal 35 m/s. Zo'n vogel kan dan, tussen twee verticale slagen in, 131 meter afleggen. Bij een bundelbreedte van meer dan 131 meter zullen alle vogels die de bundel passeren in minstens twee slagen van de verticale scan worden waargenomen.

Uit de formule van Moonen & Van Belle (zie appendix B) volgt dat de effectieve uittreehoek voor een object ter grootte van een vogel afhangt van de afstand tot de radar volgens:

$$\beta = \frac{\sqrt{2} \cdot \alpha \cdot \sqrt{-\ln\left(\frac{R}{R_{\max}}\right)}}{2 \cdot \sqrt{\ln(2)}} \quad (1)$$

waarbij

β = effectieve uittreehoek

α = gedefinieerde uittreehoek van de radar

R = afstand tot de radar

R_{\max} = maximale afstand waarop het object kan worden waargenomen

Hieruit is de bundelbreedte B te berekenen:

$$B = 2R \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (2)$$

Voor objecten ter grootte van een lijster is de *maximale detectieafstand* ongeveer 8 km. Bij een gedefinieerde uittreehoek van $2,4^\circ$ is de bundel op 4,5 km afstand maximaal 290 meter breed. De kritieke breedte van 131 meter wordt dan bereikt op 1100 meter. Bovendien zijn ook de maximale detectieafstanden en de kritieke bundelbreedtes voor een fitis en een meeuw berekend, zie Tabel 3. Op grond van deze berekeningen is besloten alleen echo's op meer dan 1,5 km van de radar mee te nemen in de analyse.

Soort	Gewicht (g)	R_{\max} (km)	$R_{0,131}$ (km)
Fitis	12	5,4	1,3
Zanglijster	60	8,0	1,1
Zilvermeeuw	900	13,8	1,0

Tabel 3 Vogelgewicht, maximale detectieafstand en afstand waar de radarbundel 131 meter breed is voor een kleine, middelgrote en grote vogel. *Bird weight, maximum detection range and range where the beam is 131 meter beam wide for a small (Willow Warbler), medium-sized (Song Thrush) and large (Herring Gull) bird.*

4.1.2 De relatie tussen afstand en detectiekans

Zoals eerder vermeld neemt de detectiekans van een object af met de afstand tot de radar. Om de relatie tussen de afstand tot de radar en de detectiekans te bepalen zijn extra metingen uitgevoerd op GGW De Peel (Oost-Brabant), in enkele nachten in het voor- en najaar met hoge, homogene trek gedomineerd door lijsters. Uit deze metingen is een empirische relatie tussen afstand R (meter) en detectiekans (aandeel tussen 0 en 1) bepaald ($r^2 = 0,81$):

$$f(R) = -0,46624 + 9,6578 \cdot 10^{-4} \cdot (R) - 2,1208 \cdot 10^{-7} \cdot (R)^2 + 1,2287 \cdot 10^{-11} \cdot (R)^3 \quad (3)$$

De maximale afstand waarop een lijsters werden waargenomen is 8 kilometer. Om echter de invloed van de correctiefactor te beperken zijn alleen echo's tot 6 km afstand meegenomen in de analyse. Op grond van de bundelbreedte werd de eerste 1,5 kilometer al weggelaten, zodat kwantitatieve gegevens worden gepresenteerd van 1,5 tot 6,0 kilometer grondafstand vanaf de radar. Binnen dat afstandsgebied zijn de echo-aantallen gecorrigeerd met bovenstaande formule.

4.2 Gevolgde echo's

Vliegpaden

De vliegpaden zijn ingevoerd in een spreadsheet. Daarmee zijn startlocatie, gemiddelde snelheid, richting, hoogte en stijg-/daalhoek berekend. Bij laag vliegende vogels worden met name de snelheid- en hoogtemetingen verstoord door de golven, de pier of door boten. Daarom zijn de uitschieters in snelheid en hoogte niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde. Hoogte, vliegrichting, snelheid en XY-positie worden grafisch uitgezet tegen de tijd. Op basis van het gemiddelde en de afwijking van de gevolgde echo, welke grafisch zijn uitgezet is steeds bepaald of de samenvatting van het vliegpad toegevoegd werd aan de database of niet. Indien soort(groep), aantal en/of AGC-frequentie bekend waren zijn die toegevoegd aan dezelfde database.

Vleugelslagpatronen

De vleugelslagpatronen zijn geanalyseerd met de door het NLR ontwikkelde applicatie. Behalve het lopende, gefilterde signaal wordt ook het Fourier-powerspectrum weergegeven, continu berekend over perioden van 8 seconden. De instellingen zijn zo gekozen, dat de vleugelslagfrequentie met een nauwkeurigheid van 1/8 Hz kan worden afgelezen. Wanneer een bepaalde frequentie enige seconden lang constant is, en regelmatig terugkeert, wordt het signaal betrouwbaar geacht. Door middel van een pauzeknop kan het afspelen stil worden gezet en kunnen de vleugelslagfrequentie en de lengte van slag- en rustfasen bij zangvogels worden uitgelezen. Deze gegevens werden toegevoegd aan het betreffende vliegpad.

4.2.1 Richtingsverdelingen

Per dag, per dagdeel, per locatie, per AGC-soortgroep en voor combinaties van al deze factoren zijn uit de gevolgde echo's de overheersende vliegrichtingen bepaald en getoetst met behulp van de Rayleigh-test (Batschelet 1981). Vliegrichtingen zijn alleen bepaald als de selectie 25 of meer gevolgde echo's bevatte.

4.2.2 Soorten en groepsdimensies

De gevolgde echo's zijn visueel, met behulp van de parallel gemonteerde camera, en/of op basis van het AGC-patroon geïdentificeerd. Aan de hand van het AGC-patroon is het vaak mogelijk onderscheid te maken tussen echo's die bestaan uit individuele vogels en echo's die meerdere vogels bevatten. Echo's waarvan is bepaald of ze groepen dan wel enkele vogels bevatten zijn als zodanig ingedeeld in twee AGC-klassen (1 vogel vs meerdere vogels). Van echo's die uit één vogel bestaan is het tot op

zekere hoogte mogelijk de soort te bepalen. Hiertoe zijn de AGC-patronen vergeleken met bestaande databases van vleugelslagpatronen (Griffiths 1970, Bruderer 1971, Blackwell et al. 1974) en met AGC-patronen van individueel vliegende vogels die gedurende het jaar visueel zijn geïdentificeerd. De identificaties zijn ondergebracht in een aantal zogenaamde AGC-soortgroepen, gebaseerd op de classificatie van Bloch et al. (1981) en Liechti (1992), die op grond van het AGC-signaal onderscheid maakt tussen grote watervogels, kleine watervogels, grote zangvogels, kleine zangvogels en Gierzwaluw. Door ons zijn daar aan toegevoegd de soortgroep grote vogels en meeuwen & sterns, Tabel 4. In het algemeen zijn zangvogels te onderscheiden van watervogels doordat watervogels continu met hun vleugels slaan, terwijl zangvogels regelmatig (afhankelijk van de soort, de stijghoek en de windomstandigheden) een rustpauze inlassen. Gierzwaluwen lassen op onregelmatige tijden een lange rustpauze in, variërend van 0,5 tot meer dan 2 seconden (Bruderer & Weitnauer 1979). Voor een goede vergelijking tussen dag en nacht zijn ook de visueel geïdentificeerde vogels ondergebracht in deze AGC-soortgroepen.

Soortgroep	Frequentie (Hz)	Patroon	Voorbeeld
Grote vogel	< 5	Continue	Aalscholver, ganzen
meeuw & stern	> 2,5 - < 4	Continue	Zilvermeeuw, Vissdief
Grote watervogel	≥ 5 - < 9	Continue	Zwarte zee-eend, Rosse grutto
Kleine watervogel	≥ 9	Continue	Zeekoet, Bonte strandloper
Grote zangvogel	< 12	met rust < 0,5 sec	Koperwiek, Spreeuw
Kleine zangvogel	≥ 12	met rust < 0,5 sec	Vink, Zwartkop
Gierzwaluw	6 - 8	Lange rust > 1 sec	Gierzwaluw

Tabel 4 Classificatie van vleugelslagpatronen aan de hand van frequentie en slag- en rustfase (cf Bloch et al. (1981) en Liechti (1992), met een aanvulling op de meeuwen en sterns. *Classification of wing beat patterns by frequency and duty cycle* (cf. Bloch et al. 1981 and Liechti 1992).

4.3 Van echo-fluxen naar dichtheden.

Om vergelijkingen met andere metingen mogelijk te maken moeten de aantallen echo's in de elevatiescans, met behulp van de gegevens over vliegrichtingen en -snelheden, worden omgerekend naar dichtheden. Zoals hierboven aangegeven zijn die vliegrichtingen volledig gebaseerd op de gevolgde echo's in de bijbehorende dagdelen. Hieronder volgen in kort bestek de bewerkingen. Daarbij worden de volgende symbolen gebruikt:

n	Aantal
i	Klassemidden (m)
k	Klassebreedte, nu vast op 100 (m)
$h_{i,k}$	hoogteband i met klassebreedte k
n_{opname}	totaal aantal elevatiescans in de geselecteerde tijdsperiode
n_h	echo in hoogteband h
R	slantrange, kortste afstand tussen radar en vogelecho (m)
grondafstand	grondafstand, projectie van slantrange op 0 meter hoogte (m)
GR_{max}	Maximale grondafstand (m) tot waar vogels zijn geselecteerd
GR_{min}	Minimale grondafstand (m) van waar vogels zijn geselecteerd
t	waarneemtijd per scan, 223 (s)
$f(R)$	afstandscorrectie-functie, empirisch bepaald
N_h	totaal aantal echo's in hoogteband h
A_h	bemonsterde oppervlak in hoogteband h (km ²)
T	bemonsterde tijd (uren)
$AZ_{richting}$	kijkrichting van de elevatiescan (in graden)
VR_{gem}	gemiddelde vliegrichting (in graden, naar Batschelet 1981)
S_{gem}	Gemiddelde snelheid (m/s)
F	flux (aantal echo's/uur/km ²)
D	Dichtheid (aantal echo's/km ³)

De flux (F_h) moet eerst per hoogteband ($h_{i,k}$) worden uitgedrukt in echo's per uur per km²:

$$F_h = N_h * \frac{1}{T} * \frac{1}{A_h} \quad (4)$$

N_h is de som van het aantal echo's in hoogteband $h_{i,k}$ en T is de totale meetduur (uren). Deze volgt uit het aantal opnamen en de duur van een elevatiescan:

$$T = \frac{n_{\text{opname}} * t}{3600} \quad (5)$$

A_h is de bemonsterde oppervlakte en is afhankelijk van het afstands bereik (grondafstand) waarbinnen echo's worden geselecteerd en de hoogteklassebreedte k :

$$A_h = \frac{(GR_{\max} - \max(GR_{\min}, h_{i,k})) * k}{1000000} \quad (6)$$

Als de kijkrichting niet haaks op de gemiddelde vliegrichting staat, moet het bemonsterde oppervlak worden gecorrigeerd voor het hoekverschil tussen de kijkrichting en de gemiddelde vliegrichting. De gemiddelde vliegrichting wordt gehaald uit de vliegpaden die boven de gedefinieerde kust en zee-zone én boven de 100 meter vlogen. De voor vlieg- en kijkrichting gecorrigeerde bemonsterde oppervlakte is:

$$A_{h_{VR}} = A_h * |\sin(AZ_{\text{richting}} - VR_{\text{gem}})| \quad (7)$$

De detectie van vogels neemt af met de afstand, dus op grotere afstand worden meer vogels gemist. Om hiervoor te corrigeren wordt aan iedere echo een gewicht toegekend volgens de empirisch bepaalde functie $f(R)$, formule 3. Het aantal echo's per hoogteband wordt dan:

$$N_{h_R} = \sum \frac{n_h}{f(R)} \quad (8)$$

De totale gecorrigeerde flux bestaat nu uit:

$$F_{h_{corr}} = N_{h_R} * \frac{1}{T} * \frac{1}{A_{h_{VR}}} \quad (9)$$

Om vergelijkingen met andere studies naar vogelaantallen mogelijk te maken wordt de flux ($N/km^2/uur$) omgerekend naar dichtheid (N/km^3). Hiertoe wordt de flux gedeeld door de gemiddelde vlegsnelheid (in km/uur) uit de tracks:

$$D = \frac{F_{h_{corr}}}{S_{\text{gem}} * 3.6} \quad (10)$$

De gemiddelde snelheid wordt berekend uit dezelfde echo's als de eerder vermelde gemiddelde vliegrichting.

4.4 Echo's op het overzichtsbeeld

De verschillende vogelbewegingen (trek, lokale bewegingen of lokale bewegingen veroorzaakt door vissersboten) en de daarbij behorende richtingen zijn benoemd en de dichtheden zijn genoteerd in logaritmische klassen per $4 km^2$. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de drie gebieden *duin* (land), *kust* (de strook tussen het strand en een denkbeeldige lijn evenwijdig aan de kust, ter hoogte van de punt van de zuidpier) en *zee* (de strook parallel aan het vorige gebied, voorbij de punt van de zuidpier). Met behulp van gegevens uit de vliegpaden zijn de aantallen echo's per km^3 in verschillende hoogtelagen berekend. Hierbij is ook de dichtheid onder de 100 meter bepaald.

4.5 Definities

4.5.1 Tijden

Voor alle analyses is het etmaal onderverdeeld in vier dagdelen: *ochtend*, *middag*, *avond* en *nacht*. Deze werden bepaald aan de hand van zonsop- en zonsondergang en de internationale standaardtijd UTC (= CET-1). De ochtend is gedefinieerd als de periode van een half uur vóór zonsopgang tot 12:00 UTC. De middag is gedefinieerd als de periode van 12:00 UTC tot een half uur na zonsondergang. De avond duurt van een half uur na zonsondergang tot 00:00 UTC. De nacht duurt van 00:00 UTC tot half uur vóór zonsopgang. Dag en nacht zijn hierdoor het gehele jaar in ongeveer twee even grote brokken verdeeld.

4.5.2 Locaties

Het meetgebied is steeds onderverdeeld in *land*, *kust* en *zee*. De kustzone omvat het strand en het waterige gebied tot een denkbeeldige lijn, evenwijdig aan de kust ter hoogte van de punt van de zuidpier. Al het water verder uit de kust is gedefinieerd als *zee*, alles landinwaarts als *land*.

5 RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van de hele studie. Eerst worden de gegevens over de hele periode samengevoegd in een jaaroverzicht (5.1 t/m 5.3). Vervolgens worden de details per dag en binnen een meetweek besproken in het maandoverzicht (5.4), om tot slot de samenhang tussen de verschillende maanden te bespreken in het hoofdstuk Integratie (5.5).

5.1 Jaaroverzicht vliegpaden

5.1.1 Aantallen geïdentificeerde vliegpaden

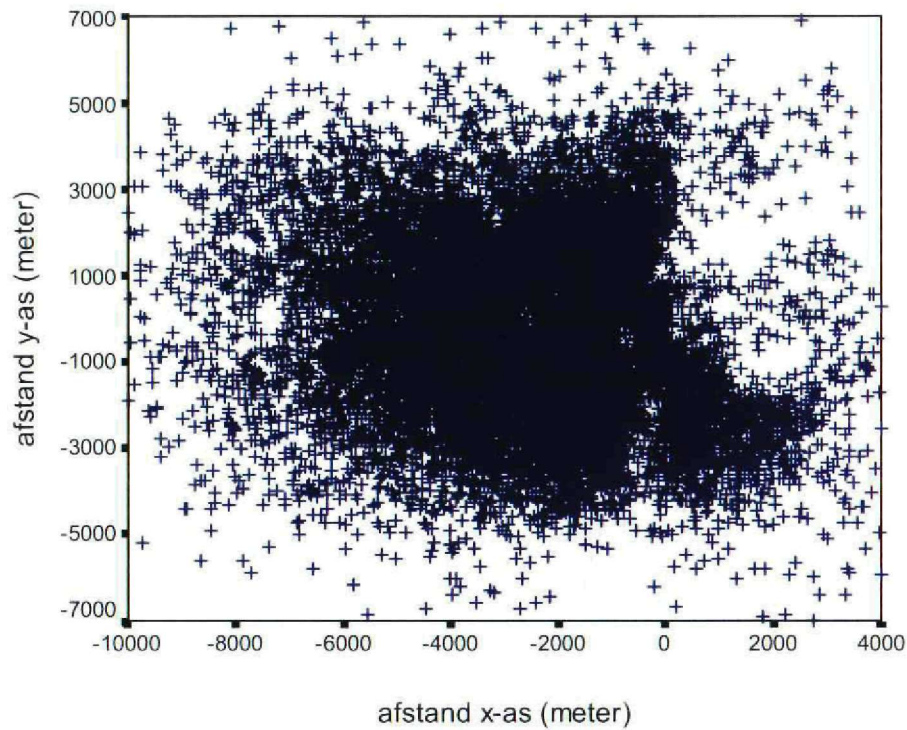
Van februari tot en met december 1999 zijn vanaf de havenmond van IJmuiden individuele echo's gevolgd met de doelvolgradar. De vliegpaden zijn het hele jaar door vastgelegd, maar de analyse van vleugelslagpatronen aan de hand van echofluctuaties (AGC) is in de loop van het jaar ontwikkeld. Vanaf mei was die analyse beschikbaar en konden ook 's nachts structureel soortgroepen worden bepaald (zie ook 4.2.2). Een overzicht van de aantallen en de geïdentificeerde vliegpaden is in Tabel 5 samengevat.

Meetdagen			Vliegpaden			
Meetweek	Dagen	Nachten	Totaal	Dag	Nacht	
15-19/2	2	3	427	144 (38%)	283 (0%)	
15-21/3	5	6	1815	757 (44%)	1058 (0%)	
19-24/4	5	5	1511	818 (30%)	693 (16%)	
17-23/5	5	6	2309	1555 (49%)	754 (21%)	
14-18/6	4	4	1338	937 (67%)	401 (53%)	
12-15/7	3	4	1222	845 (84%)	377 (57%)	
16-23/8	7	6	2470	1522 (81%)	948 (58%)	
13-19/9	6	6	2968	1479 (85%)	1489 (60%)	
18-24/10	6	6	3046	1188 (77%)	1858 (56%)	
15-20/11	5	4	2144	921 (68%)	1223 (50%)	
13-16/12	3	3	1343	411 (69%)	932 (39%)	
Totaal	51	53	20.593	10.577 (67%)	10.016 (41%)	

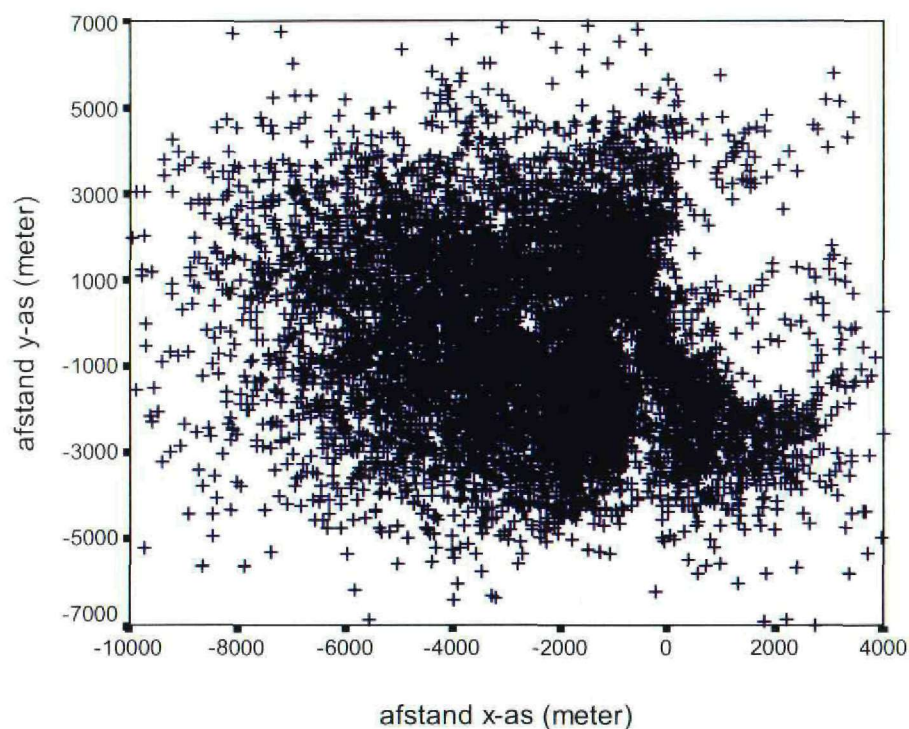
Tabel 5 Aantal meetdagen en vliegpaden per meetweek. Tussen haakjes het aandeel geïdentificeerde vliegpaden. *Number of days with radar measurements and number of tracked birds per month and by time of the day (dag = day, nacht = night). Identified percentages are shown between brackets.*

De vogels zijn vooral met behulp van de zoekantenne opgespoord. Omdat vogels die hoger vliegen dan 1½ km dan worden gemist zijn bij hoge trek ook vogels opgespoord vanuit de elevatiescan (2,4% van alle data, verdeeld over het hele jaar)

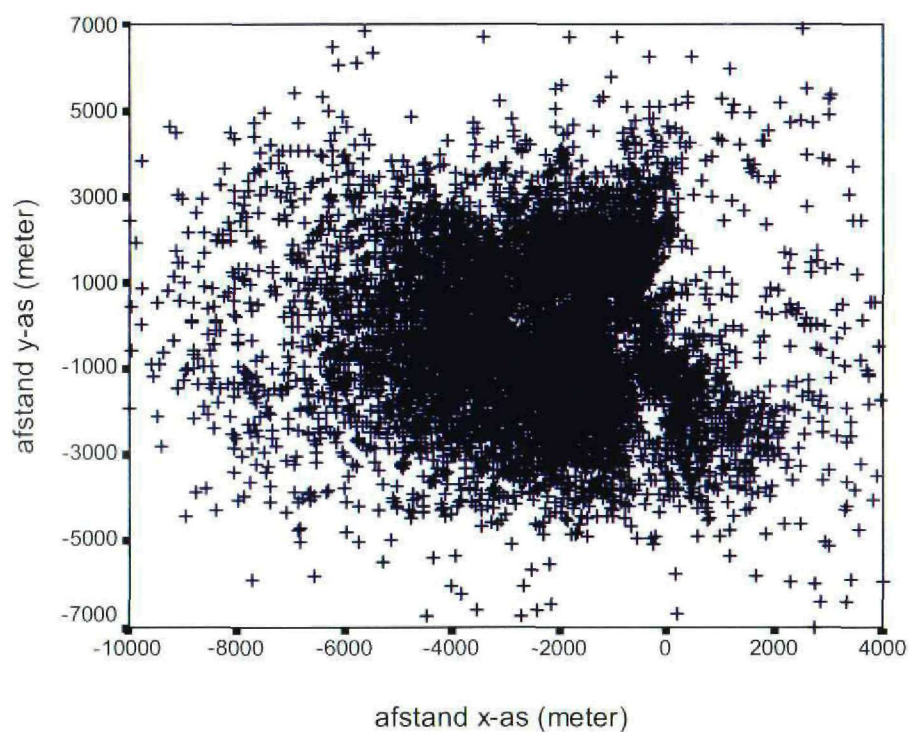
In Figuur 5 zijn de startposities van alle vliegpaden weergegeven. De zwarte lijn geeft de kustlijn weer. In het noordoosten (Corus, voorheen Hoogovens), pal boven de pieren en de boven branding konden door de grondclutter geen vogels worden opgepikt. In de ZO-hoek is, pal achter de kustlijn, een band zichtbaar, waar opvallend weinig echo's worden opgenomen. Hier bevindt zich het appartementencomplex. Dit complex schermt ook de onderste luchtlagen van de achtergelegen duinen af. De meeste echo's zijn opgepikt binnen 5 kilometer van de radar, in alle richtingen. Er ligt een kleine concentratie van startposities in de zuidhoek (hoewel niet echt zichtbaar in de figuren), waar zich een rustplaats van meeuwen bevindt (vooral Zilver- en Kleine Mantelmeeuw).



Figuur 5 XY-plot van de startposities van alle vliegpaden. De afstanden zijn gegeven in meters over de grond. Alle vogelgroepen, dag én nacht, februari tot en met december 1999 zijn weergegeven ($n = 20,593$). *XY-plot of the start positions of all flight paths. Distances represent meters projected on the ground. All tracked birds, day and night, February till December 1999 ($n = 20,593$).*



Figuur 6 XY-plot van de startposities van de nachtelijke vliegpaden, februari tot en met december 1999 ($n = 10,016$). XY-plot of the start positions of all flight paths recorded at night. Distances represent meters projected on the ground. February till December 1999 ($n = 10,016$).

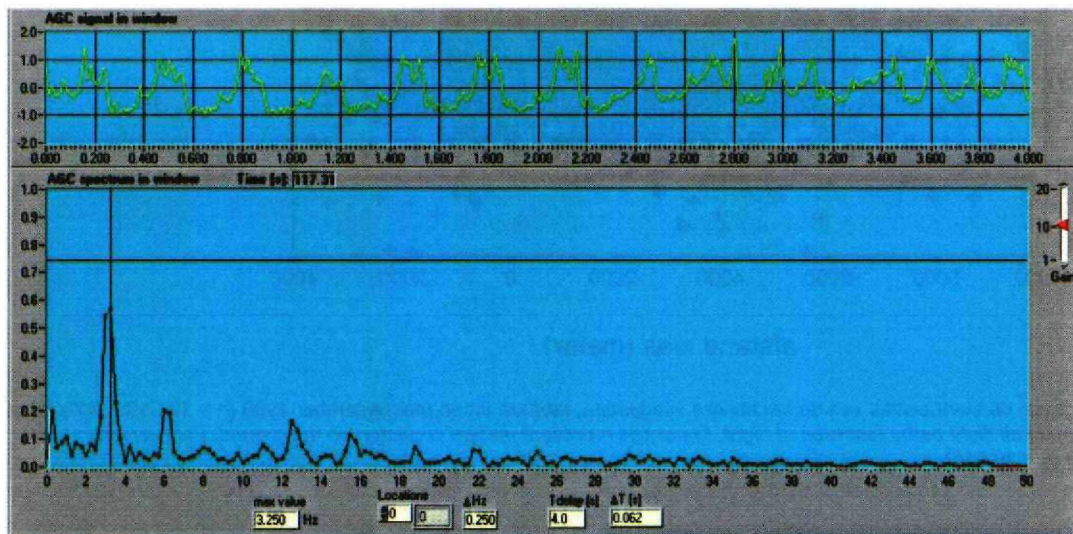


Figuur 7 XY-plot van de startposities van alle overdag opgenomen vliegpaden, februari tot en met december 1999 ($n = 10,577$). XY-plot of the start positions of all flight paths recorded by day. Distances represent meters projected on the ground. February till December 1999 ($n = 10,577$).

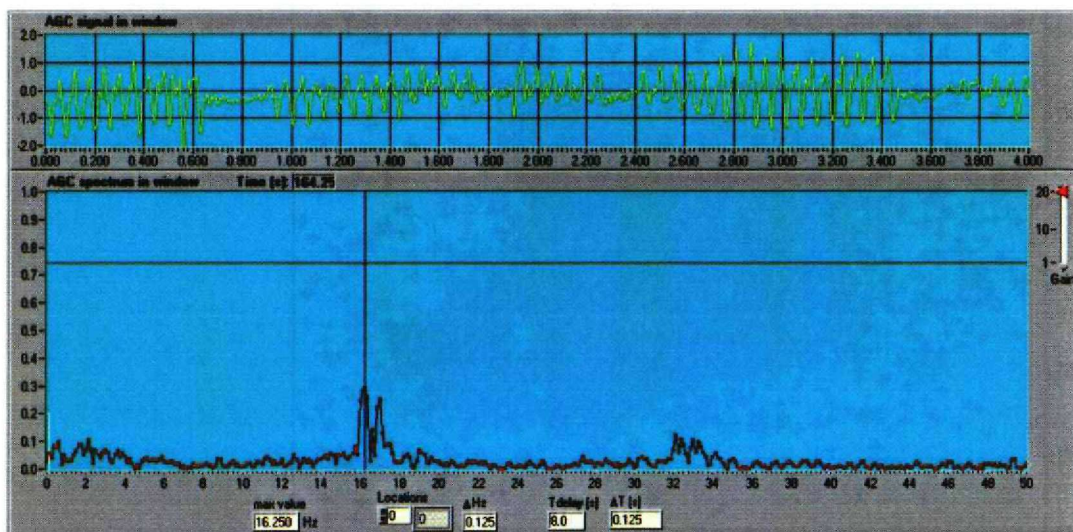
Overdag (Figuur 7) zijn de startposities meer in de kustzone geconcentreerd dan 's nachts (Figuur 6). Overdag zijn boven land 895, boven de kust 5946 en boven zee 3736 vliegpaden opgenomen; in de nacht respectievelijk 1310, 4732 en 3974 vliegpaden boven land, kust en zee. In beide figuren komen de grote cluttergebieden van de hoogovens, appartementencomplex en pieren duidelijk naar voren.

5.1.2 Soorten en soortgroepen van de geïdentificeerde vliegpaden

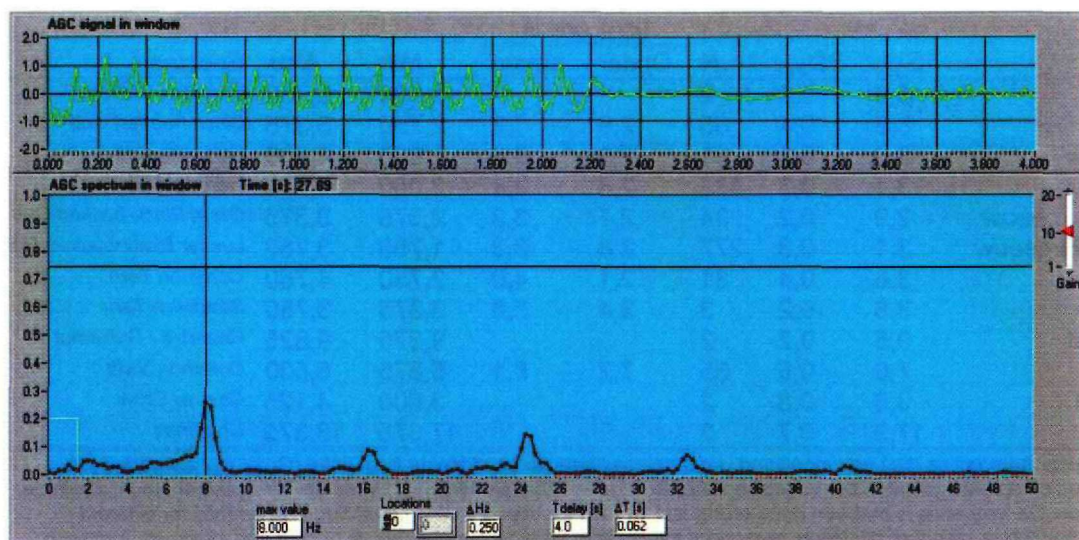
Wanneer één vogel door de doelvolgantenne wordt gevolgd, wordt de fluctuatie van het AGC-signaal onder andere veroorzaakt door de vleugelslagfrequentie (zie hoofdstuk 3.1.2 voor een uitgebreidere beschrijving). In Figuur 8 zijn een drietal voorbeelden weergegeven van de signalen van respectievelijk een Kleine Mantelmeeuw (overdag, gedetermineerd met boresight camera, een telens parallel aan de doelvolgantenne), een kleine zangvogel en een Gierzwaluw.



Kleine Mantelmeeuw *Lesser Black-backed Gull*



Kleine zangvogel *Small passerine*



Gierzwaluw Common swift

Figuur 8 AGC-sigitaal (bovenste venster) en frequentiespectrum (onderste venster) van achtereenvolgens een Kleine Mantelmeeuw (15 juni 1999, 14:39Lt, afstand 2,062 meter, hoogte 40 meter, vleugelslagfrequentie $3\frac{1}{4}$ Hz), een kleine zangvogel (16 september 1999, 23:39Lt, afstand 1.503 meter, hoogte 141 meter, vleugelslagfrequentie $16\frac{1}{4}$ Hz) en een Gierzwaluw (13 juli 1999, 2:30Lt, afstand 1.048 meter, hoogte 523 meter, vleugelslagfrequentie 8 Hz). In het bovenste venster wordt 4 seconden van het AGC-sigitaal weergegeven. Het onderste deel van ieder plaatje geeft de resultaten van een Fourier signaalanalyse, met op de horizontale as de frequenties en op de verticale as het geïntegreerde vermogen van het signaal. Behalve de piek op de grondfrequentie (eerste hoge piek) zijn vaak pieken zichtbaar voor de 1^e, 2^e en verdere harmonische frequenties. Let op het verschil in de rustfase van een kleine zangvogel (regelmatig, duur 0,1 – 0,25 seconden) en die van een Gierzwaluw (onregelmatig, duur 0,5 tot >2 seconden). *AGC signal (upper panel) and wavelength spectrum analysis (lower panel) of respectively a Lesser Black-backed Gull (range 2062 m, altitude 40 m, wing beat frequency $3\frac{1}{4}$ Hz), a small passerine (range 1503 m, altitude 141 m, wing beat frequency $16\frac{1}{4}$ Hz) and a Common Swift (range 1048 m, altitude 523, wing beat frequency 8 Hz). The upper panel shows 4 seconds of the AGC-signal. The lower panel depicts the result of a Fourier wavelength analysis, with the frequencies on the horizontal axis and the integrated power on the vertical axis. The peaks represent the base frequency. Apart from the base frequency (first peak), often also peaks on the harmonic frequencies (double, triple etc of the base frequency) are visible. Mark the difference between the pause between the passerine (regular 0,1 - 0,25 seconds) and the Swift (irregular, 0,5 - >2 seconds).*

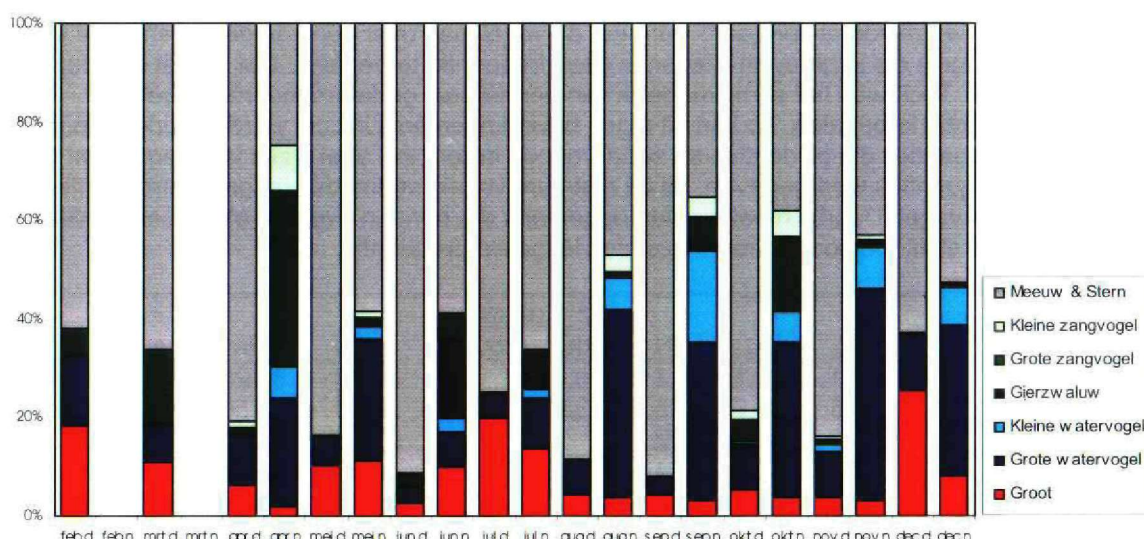
Het AGC patroon wordt vooral verstoord wanneer de vogel laag over een van de pieren of de kustlijn vliegt. Ook van vogels die in groepen vliegen is geen frequentie te bepalen. Dat is juist overdag meestal het geval. Toch was het soms mogelijk van een visueel gedetermineerde vogel de vleugelslagfrequentie te bepalen. Zo kon uit eigen bevindingen enig inzicht worden verkregen in de verschillende frequenties die bij de diverse soortgroepen horen. In Tabel 6 zijn van een aantal soorten de vleugelslagfrequenties weergegeven. Bij de niet-zangvogels neemt de vleugelslagfrequentie af met de grootte van de vogel. Daarbij moet worden opgemerkt dat eenden over het algemeen duidelijk zwaarder zijn dan steltlopersoorten met dezelfde vleugelslagfrequentie.

Vogelsoort	G _{freq}	SD _{freq}	N	95% grens		Min	Max	Species
				Onder	boven			
Fuut	8,1	0,1	3	8,0	8,2	8,000	8,125	Great Crested Grebe
Aalscholver	4,5	0,6	75	3,9	5,1	2,750	5,750	Great Cormorant
Blauwe reiger	3,1	0,3	2			2,875	3,250	Grey Heron
Kleine zwaan	3,7	0,1	4	3,6	3,7	3,625	3,750	Tundra Swan
Grauwe gans	4,2	0,2	3	4,0	4,4	4,000	4,375	Greylag Goose
Rotgans	5,0	0,9	2			4,375	5,625	Brent Goose
Bergeend	4,9	0,7	12	4,2	5,6	2,750	5,500	Shelduck
Nijlgans	4,6	0,0	2			4,625	4,625	Egyptian Goose
Krakeend	7,0	0,5	2			6,625	7,375	Gadwall
Smient	7,8	2,1	2			6,250	9,250	Wigeon
Zwarte zee-eend	7,2	0,3	4	6,8	7,5	6,750	7,500	Common Scoter
Scholekster	5,2	0,3	9	4,8	5,5	4,750	5,750	Oystercatcher
Goudplevier	5,6	0,5	5	5,1	6,1	4,875	6,125	Golden Plover
Bontbekplevier	5,8	0,4	2			5,500	6,000	Great Ringed Plover

Vogelsoort	G _{freq}	SD _{freq}	N	95% grens		Min	Max	Species
				Onder	boven			
Wulp	5,6	0,2	2			5,500	5,750	<i>Eurasian Curlew</i>
Kokmeeuw	3,3	0,4	55	2,9	3,7	2,750	5,375	<i>Black-headed Gull</i>
Stormmeeuw	3,3	0,3	61	2,9	3,6	2,625	4,500	<i>Common Gull</i>
Zilvermeeuw	3,1	0,3	536	2,8	3,4	2,000	4,375	<i>Herring Gull</i>
Grote mantelmeeuw	2,9	0,2	34	2,7	3,2	2,375	3,375	<i>Great Black-backed Gull</i>
Kleine mantelmeeuw	3,1	0,3	277	2,8	3,3	1,750	3,750	<i>Lesser Black-backed Gull</i>
Visdief	3,6	0,4	31	3,1	4,0	2,750	4,750	<i>Common Tern</i>
Grote stern	3,6	0,2	3	3,4	3,8	3,375	3,750	<i>Sandwich Tern</i>
Alk / Zeekoet	9,5	0,2	2			9,375	9,625	<i>Razorbill / Guillemot</i>
Gierzwaluw	7,6	0,5	55	7,2	8,1	5,875	8,500	<i>Common Swift</i>
Zwarte kraai	3,6	0,8	2			3,000	4,125	<i>Carion Crow</i>
Vink	17,9	0,7	2			17,375	18,375	<i>Chaffinch</i>

Tabel 6 Vleugelslagfrequenties (Hz) per vogelsoort. Achtereenvolgens de gemiddelde frequentie (G_{freq}), standaarddeviatie (SD_{freq}), aantallen en spreidingsmaten per vogelsoort. Alleen vogelsoorten die minimaal tweemaal zijn waargenomen, zijn in de tabel opgenomen. De frequentie is met een nauwkeurigheid van 1/8 Hz bepaald. *Wing beat frequencies (Hz) for different species. Mean frequency, standard deviation, number of tracks, 95% confidence intervals, minimum and maximum frequency are presented. Only species identified in at least two occasions are included. Wing beat frequencies have been determined with 1/8 Hz accuracy.*

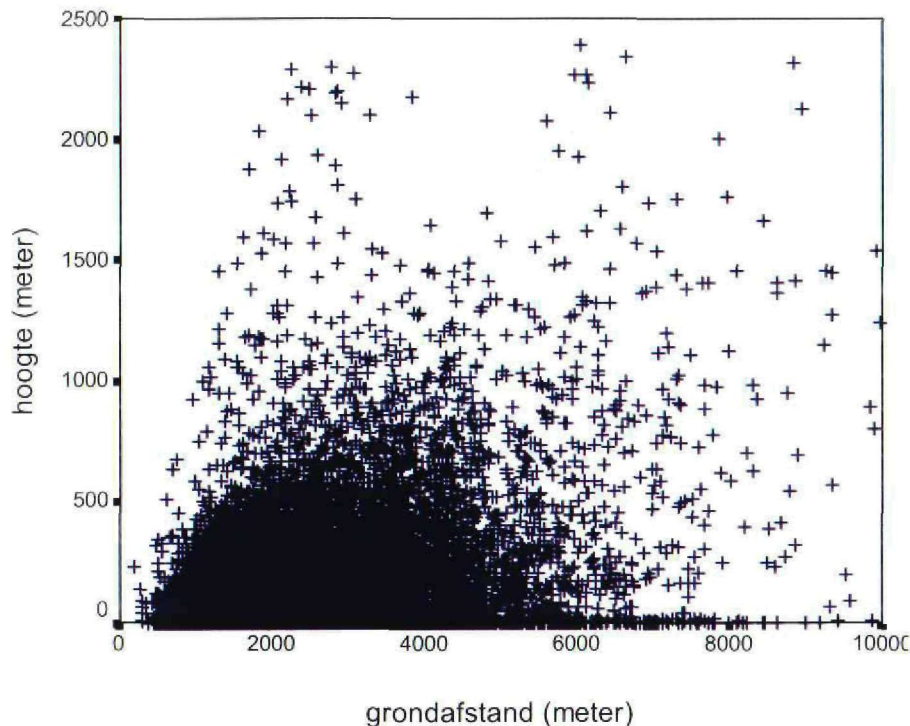
Omdat de frequenties van verschillende soorten fors kunnen overlappen zijn alle geïdentificeerde vliegpaden ondergebracht in soortgroepen (zie Tabel 6). Figuur 9 geeft de procentuele verdeling van de verschillende soortgroepen per maand weer, uitgesplitst naar dag en nacht. Meeuwen en sterns domineerden de vliegpaden in groten getale (overdag 83%, nacht 44%). 's Nachts in het najaar valt het grote aandeel watervogels (eenden en steltlopers) op. Met uitzondering van april waren zangvogels (groot en klein) in veel mindere mate aanwezig. In april echter zijn de AGC-signalen handmatig vastgelegd; het AGC-herkenningssysteem bevond zich in de testfase en vooral "leuke" herkenbare signalen zijn opgeslagen. Dit doet vermoeden dat het percentage opgenomen zangvogels niet overeenkomt met het werkelijke percentage. Gierzwaluwen kwamen uitsluitend voor in de nachten van de zomermaanden. In juli (Aalscholver en Bergeend) en december (vorsttrek van ganzen) zijn grote aantallen grote vogels waargenomen.



Figuur 9 Aandeel van de soortgroepen per meetweek, overdag (d) en 's nachts (n). In februari, maart en deels in april zijn 's nachts geen vleugelslagpatronen bepaald. *Proportion of species groups per month and time of the day, respectively day (d) or night (n). In February, March and partly in April no wing beat patterns were recorded.*

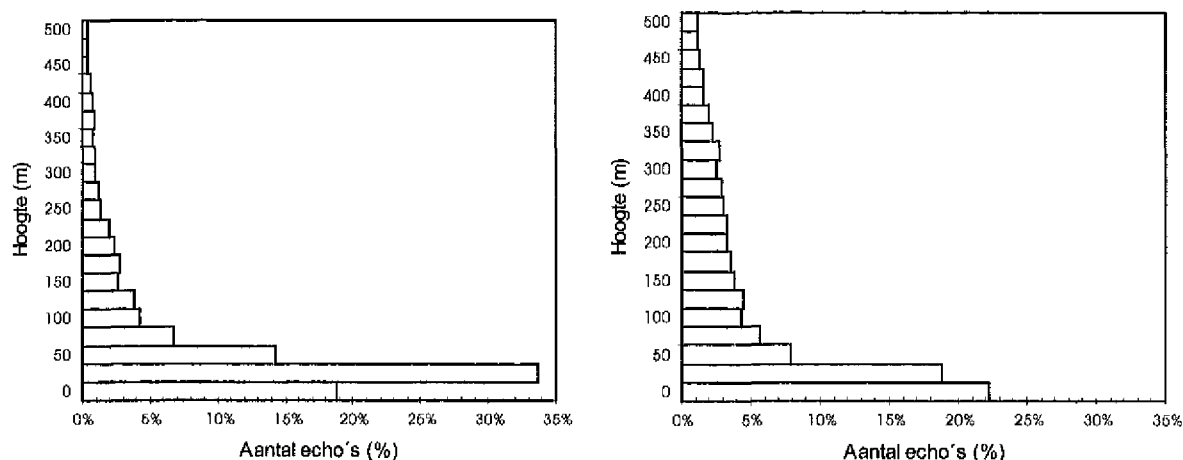
5.1.3 Vlieghoogten geïdentificeerde vliegpaden

In Figuur 10 worden afstand en hoogten weergegeven van alle echo's die zijn opgepikt met behulp van de zoekantenne. Deze grafiek biedt inzicht in de verticale bundelvorm van de zoekantenne. Ook hier is het duidelijk dat echo's vooral binnen 5 kilometer afstand werden geselecteerd. Dit verklaart de lage dichtheden op grotere afstand. Opvallend is dat een aantal echo's boven de normale radarbundel is opgepikt. Als een te volgen echo wordt opgespoord met de zoekantenne, zijn alleen de azimuthhoek en de afstand bekend. De doelvolgantenne komt omlaag vanuit de rustpositie op 45° elevatie en "haakt aan" op de eerste gevonden echo. Deze hoek van 45° elevatie ligt ruim boven de bovengrens van de zoekantenne (20°). Bij zeer sterke trek komt het voor dat zich pal boven de geselecteerde echo nog een vogelgroep bevindt, zodat die –en niet de geselecteerde echo– wordt gevolgd met de doelvolgantenne. De 45° rustpositie is gekozen om stralingsgevaar voor omstanders uit te sluiten.



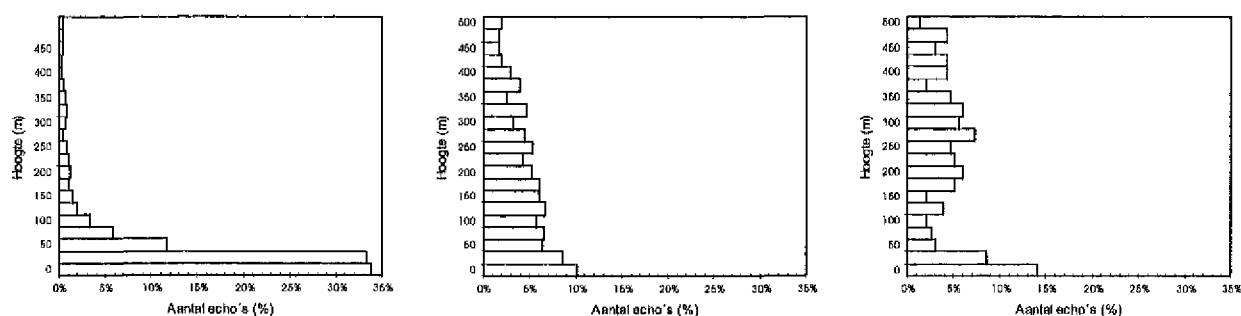
Figuur 10 Afstand-hoogte grafiek van alle vliegpaden geselecteerd met behulp van de zoekantenne ($n = 20.069$). Grondafstand en hoogte in meters. De zwarte lijn komt overeen met de 20° uittreehoek van de zoekantenne. *Plot of altitudes and distances for all start positions of flight paths selected with the search antenna ($n = 20.069$).*

In Figuur 11 zijn de hoogteverdelingen in de onderste 500 meter, dag en nacht, weergegeven. In beide gevallen waren veel vliegpaden in de onderste 100 meter te vinden, overdag 75% en in de nacht 53%. Overdag nam het aantal vliegpaden boven 50 meter hoogte drastisch af, 's nachts was deze afname veel zwakker. Hierdoor is de hoogteverdeling tussen de dag en nachtsituatie significant verschillend (Kendall's W test, $\chi^2 = 6961$, $df = 1$, $n = 20.069$, $P < 0,001$). Overdag bevond 50% van alle vliegpaden zich onder 23 meter, en 90 % onder 208 meter. 's Nachts vloog 50% onder 54 meter, 90 % onder 337 meter.



Figuur 11 Procentuele hoogteverdeling over het hele jaar in stappen van 25 meter, tot een hoogte van 500 meter, overdag (links, n = 10.128) en 's nachts (rechts, n = 8.957). Hoogteklasse "0" omvat de vogels die onder de radarantenne vlogen (tot minimaal -7 meter). *All-year relative altitude distribution (%) below 500 metres by day (left, n = 10128) and night (right, n = 8957).*

's Nachts vlogen in de onderste tientallen meters vooral meeuwen en sterns. Grote watervogels (eenden en steltlopers) en grote zangvogels (voornamelijk lijsters) vlogen hoger (Figuur 12). Dit komt nog meer tot uitdrukking wanneer we naar de hoogte kijken waarop 10, 50 en 90% van de vogels vliegen. Voor de verschillende soortgroepen, voor dag en nacht, is dit weergegeven in Tabel 7. Ook nu komt duidelijk naar voren dat zowel overdag als in de nachten in de onderste luchtlag vooral meeuwen en sterns (lees vooral Zilver- en Kleine Mantelmeeuw) vlogen.



Figuur 12 Procentuele hoogteverdeling over het hele jaar in de onderste 500 meter van drie soortgroepen, alleen 's nachts. Van links naar rechts achtereenvolgens de soortgroepen meeuwen en sterns n = 8.957, grote watervogels (n = 1.139) en grote zangvogels (n = 234). Hoogteklasse "0" omvat de vogels die onder de radarantenne vlogen (tot minimaal -7 meter). *Altitude distribution (%) below 500 metre for three species groups by night. From left to right gulls and terns (n = 8957), large waterfowl (n = 1139) and large songbirds (n = 234).*

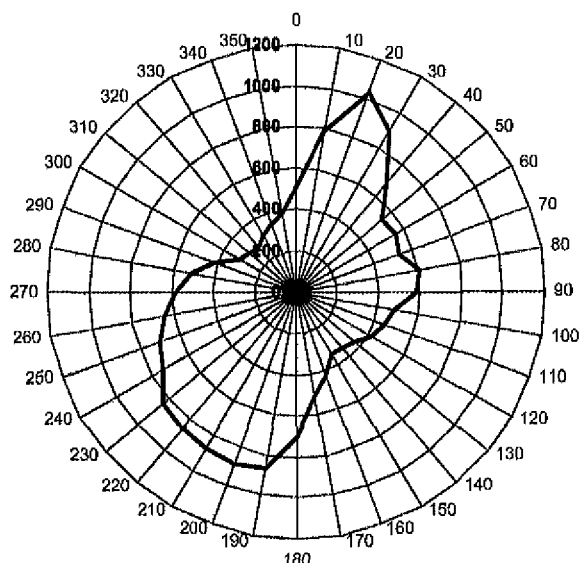
Soortgroep	Dag				Nacht			
	5%	50%	90%	N	5%	50%	90%	N
Grote vogel	1m	49m	1250m	542	1m	165m	917m	204
Meeuw of stern	2m	31m	282m	5859	0m	15m	315m	1810
Grote watervogel	0m	99m	892m	473	2m	185m	683m	1297
Kleine watervogel	1m	8m	780m	20	2m	193m	897m	365
Gierzwaluw				1	99m	519m	1435m	54
Grote zangvogel	8m	175m	572m	115	2m	271m	1043m	289
Kleine zangvogel	46m	248m	473m	26	1m	241m	1014m	124

Tabel 7 Hoogte boven zeeniveau (meter) waarop 5%, 50% en 95% van de vliegpaden van soortgroepen zijn waargenomen, hele jaar. *Altitudes (m) at which 5%, 50% and 95% of all tracks per species group (whole year) were observed.*

Aangezien de vlieghoogte sterk door het seizoen en de wind wordt bepaald is een verdere bespreking alleen zinvol wanneer meer in detail wordt gekeken, zoals in de beschrijving van de maandelijkse resultaten gebeurt.

5.1.4 Vliegrichting

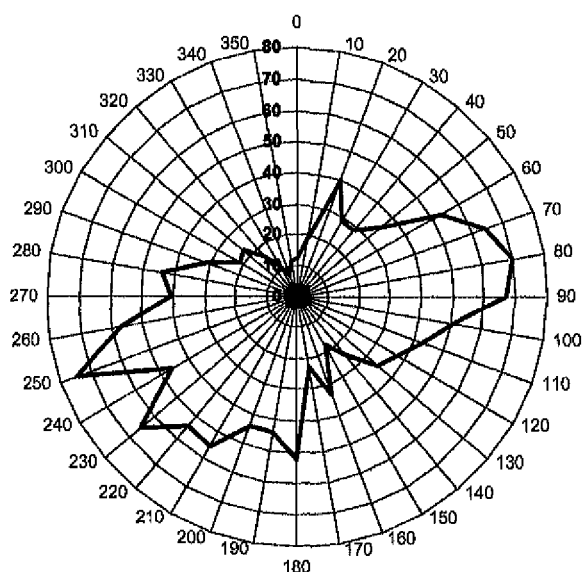
Vogels vlogen het gehele jaar vooral parallel langs de kust (NNO en ZZW) of haaks op de kustlijn (Figuur 13, Tabel 8).



Figuur 13 Richtingsverdeling van alle vliegpaden gedurende het gehele Jaar, dag en nacht ($n = 20.593$). De kustlijn loopt ongeveer van 14° naar 194° . *Distribution of flight directions for all tracks, all year, day and night ($n=20593$). The coastline runs from 14° to 194° .*

In het voorjaar vlogen de meeste vogels langs de kustlijn naar het noordnoordoosten. De richtingsverdeling van de grote zangvogels overdag (lijsters en spreeuwen) wordt gedomineerd door de aankomst over zee vanuit Engeland in het voorjaar. Het ontbreken van de vleugelslagregistratie in het voorjaar maakt een verdere uitsplitsing van de soortgroepen in de nachten niet mogelijk.

In de zomermaanden overheersten de meeuwen en sterns, zowel overdag als 's nachts. Het uitvliegen van en naar de nabijgelegen kolonie maakte het berekenen van een gemiddelde vliegrichting zinloos (Figuur 14). Alle vliegpaden hebben betrekking op lokale vluchten tussen broed-, rust en fourageergebieden op zee (vooral viskotters). De nachtelijke waarnemingen aan Gierzwaluwen vertonen geen significante overheersende richting.



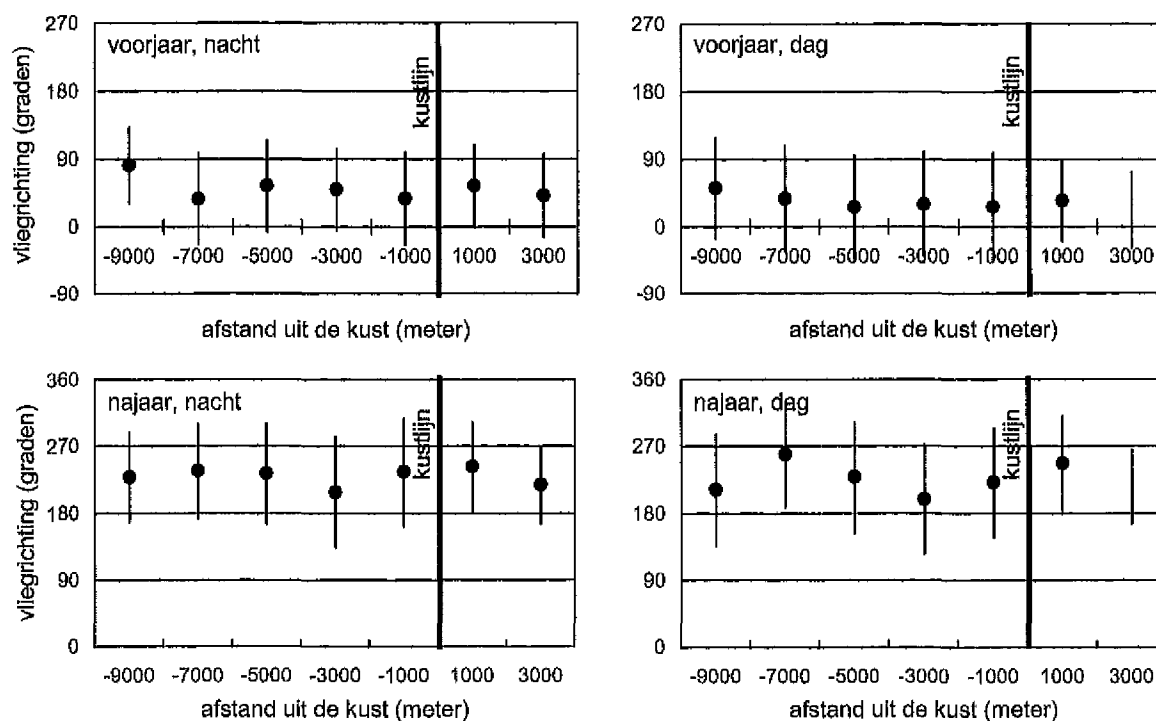
Figuur 14 Richtingsverdeling van meeuwen en sterns in de zomermaanden, dag en nacht (n = 1.376). *Distribution of flight directions for the species group gulls and terns during summer, day and night (n = 1376).*

Zuidzuidwestelijk tot zuidwestelijke vliegrichtingen kenmerken het najaar. Opvallend veel zangvogels vlogen westzuidwestelijk (richting Engeland), zowel overdag als 's nachts. Daarnaast vlogen grote en kleine watervogels 's nachts in twee richtingen: naar het zuidzuidwesten (parallel aan de kust) en naar het westzuidwesten (naar Engeland), wat gemiddeld een zuidwestelijke richting oplevert.

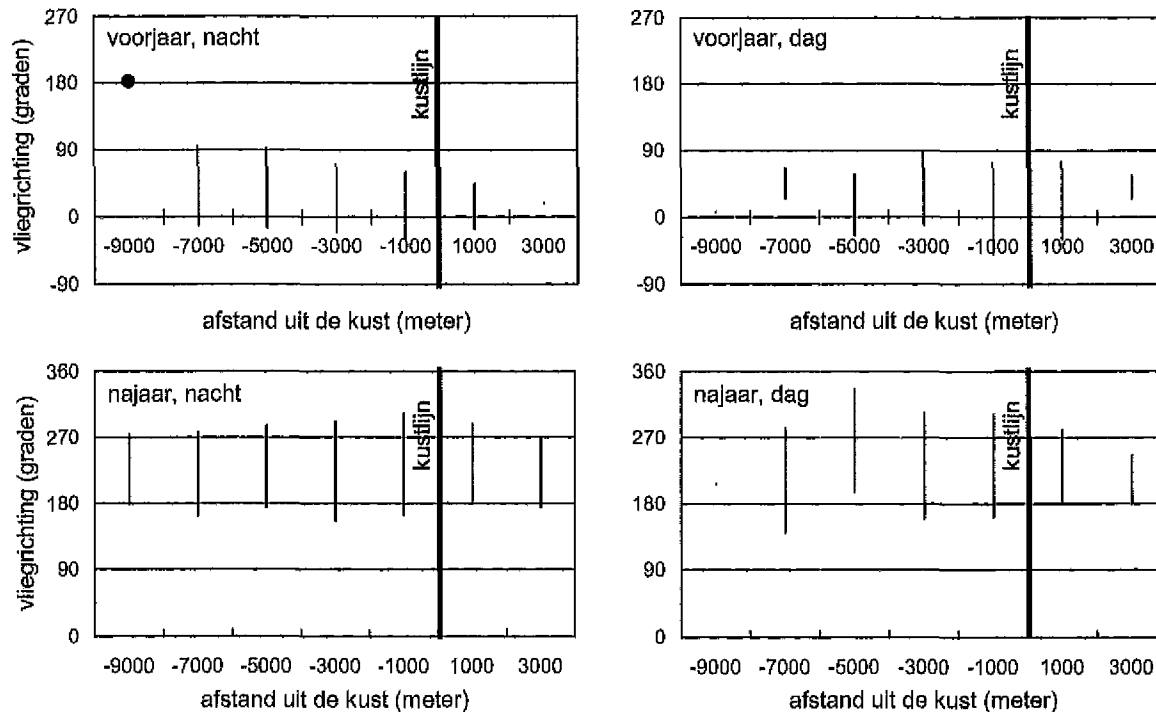
Seizoen	Soortgroep	Dag	Nacht
Feb – mei	Totaal	32° (3274)	51° (2788)
	Grote vogel	22° (137)	-
	Meeuw en stern	20° (1080)	32° (121)
	Grote watervogel	13° (107)	-
	Grote zangvogel	68° (55)	-
jun – juli	Grote vogel	42° (157)	n.s. (50)
	Meeuw en stern	-	n.s. (267)
	Gierzwaluw	-	n.s. (50)
aug – dec	Totaal	216° (5521)	224° (6450)
	Grote vogel	209° (248)	223° (134)
	Grote watervogel	-	224° (1196)
	Kleine watervogel	-	221° (344)
	Grote zangvogel	233° (46)	243° (237)
	Kleine zangvogel	-	234° (112)

Tabel 8 Overzicht van de gemiddelde vliegrichting per seizoen, soortgroep, dag en nacht. Alleen soortgroepen met meer dan 25 vliegpaden zijn opgenomen. Wanneer meer dan één belangrijke vliegrichting aanwezig was is geen gemiddelde richting berekend. Tussen haakjes staat het aantal vliegpaden vermeld. *Mean flight directions per season, per species group, grouped by day and night. No mean directions were calculated when more than one important flight direction was present. The number of flight paths is shown between brackets.*

Als vogels inderdaad hun vliegrichting bijstellen bij het naderen van de kustlijn (de premisse voor gestuwde trek) zou de richtingsverdeling per soort(groep) boven land moeten verschillen van die boven de kust. Zo'n verschil is niet aangetroffen (Figuur 15, Figuur 16). Blijkbaar zetten vogels na passage van de kustlijn de land- dan wel zeewaarts gerichte trekweg gewoon voort. Vogels die al parallel aan de kustlijn vliegen doen dit zowel verder uit de kust als boven land en in dezelfde richtingen.



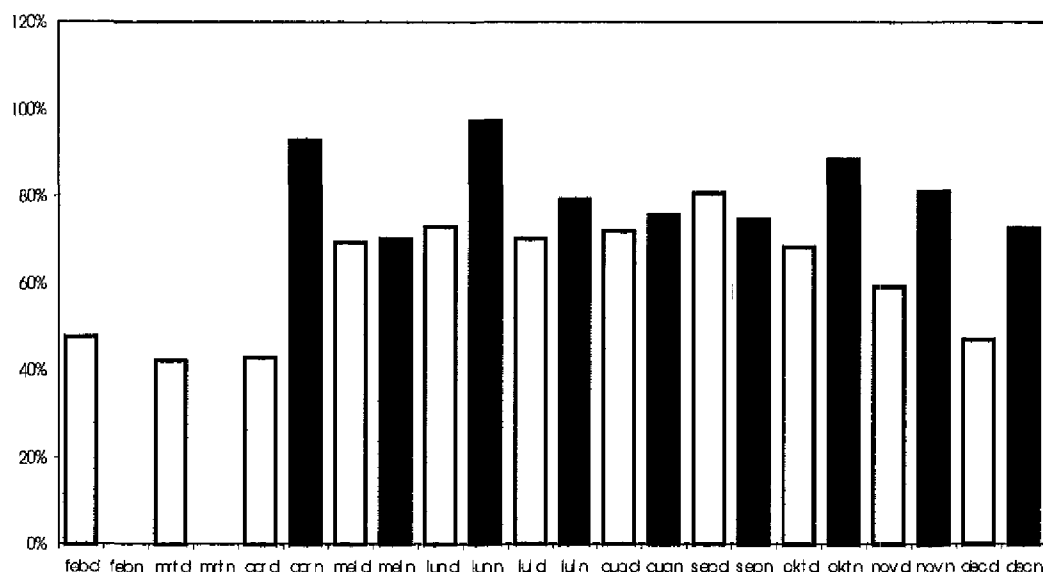
Figuur 15 Gemiddelde vliegrichting \pm standaard deviatie in relatie tot de afstand van de kustlijn (klassen van 2 kilometer), alle vliegpaden. Voorjaar (maart - mei), nacht (links boven, $n = 2505$), voorjaar, dag (rechts boven, $n = 3130$), najaar (augustus - november), nacht (links onder, $n = 5518$), najaar, dag (rechts onder, $n = 5110$). Mean flight directions and standard deviation related to the distance from the coastline. All tracks, spring (upper) and autumn (lower), night (left) and day (right).



Figuur 16 Als Figuur 15, na weglating van de soortgroepen meeuwen & sterns en onbekend. Voorjaar, nacht (links boven, $n = 149$), voorjaar, dag (rechts boven, $n = 282$), najaar, nacht (links onder, $n = 1851$), najaar, dag (rechts onder, $n = 538$). Same as figure 15, excluding unknown and gulls & terns.

5.1.5 Groepen of solitair vliegende vogels geïdentificeerde vliegpaden

Overdag is de groeps grootte visueel bepaald. Ook aan de hand van het AGC-patroon zijn groepen te onderscheiden van individuele vogels. Vanaf mei (experimenteel in april) kwamen daarmee ook 's nachts structureel gegevens beschikbaar over het al dan niet in groepen vliegen van vogels. Helaas is uit de AGC patronen niet te zien uit hoeveel individuen een groep bestaat. Daarom is slechts onderscheid gemaakt tussen groepen en individuen. Op deze manier zijn overdag significant meer (32%, n = 7668) vliegpaden als groepen geïdentificeerd dan 's nachts (20%, n = 4838). Wilcoxon signed ranks test ($Z = -53,966$, $P < 0,001$). Voor de maanden afzonderlijk was het aandeel groepen overdag niet altijd hoger dan 's nachts (mei, september), Figuur 17.



Figuur 17 Het aandeel eenlingen per meetweek, overdag en 's nachts. Uit de nachten van februari en maart kon geen informatie worden verzameld. *Proportion of tracks consisting one bird, by month and day (d) and night (n). No information on the nights in February and March was available.*

5.2 Jaaroverzicht elevatiescans

5.2.1 Aantallen uitgewerkte scans

In totaal zijn 1231 elevatiescans opgenomen waarvan 1034 haaks op de kust (azimutrichting is 284 graden), 11 naar het noordwesten (337 graden) en 186 evenwijdig aan de kust (194 graden). De scans zijn samengevoegd per dagdeel. Om de flux, en daaruit de dichtheid, te kunnen bepalen is het noodzakelijk dat de vliegrichting uit de vliegpaden éénduidig is, in de overige gevallen kunnen geen dichtheden of fluxen uit de elevatiescans worden berekend. Gezien de grote variatie aan vliegrichtingen en de hoeveelheid zeeclutter in de onderste 100 meter van de elevatiescans is de analyse uitgevoerd vanaf 100 meter hoogte. Tabel 9 geeft de maandelijkse aantallen gemeten en geanalyseerde dagdelen weer.

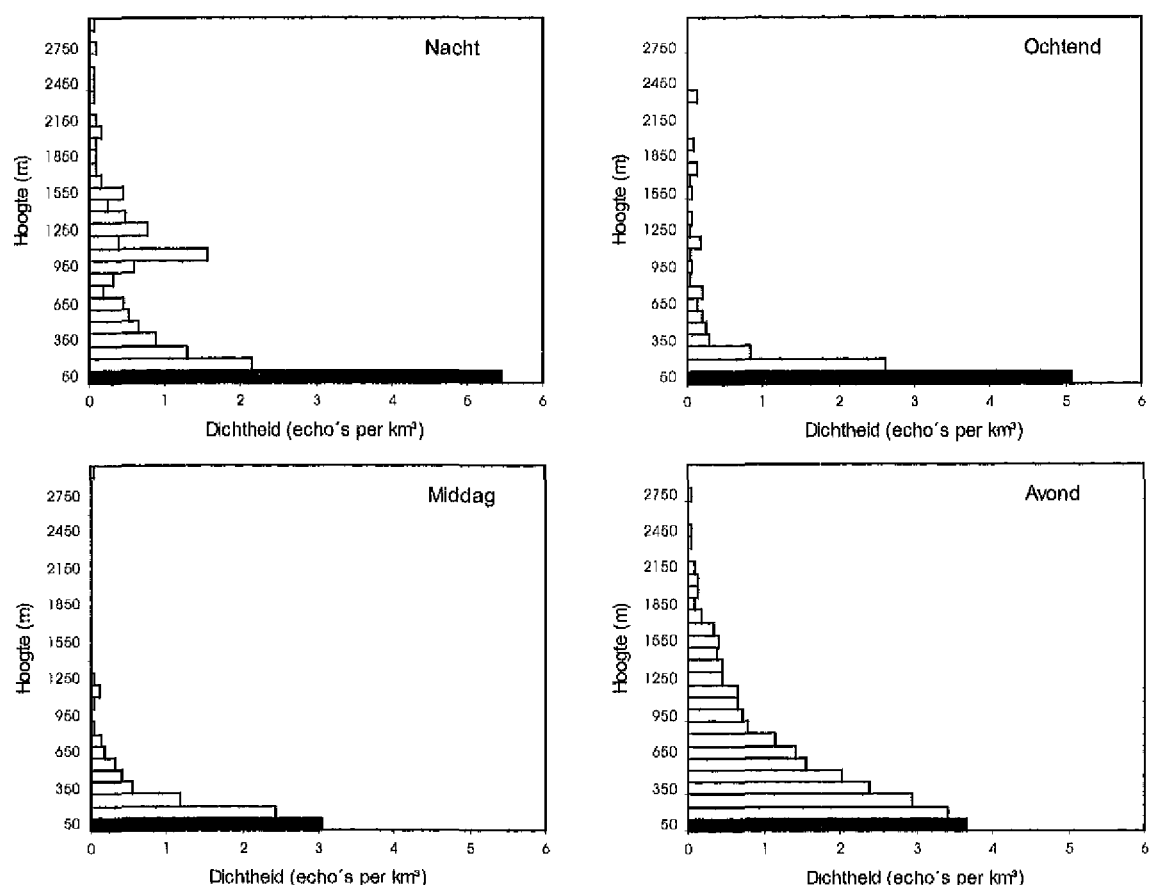
	Gemeten		Geanalyseerd					
	N		Totaal	Nacht	Ochtend	Middag	Avond	
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
Februari	7	(57)	4	(14)	-	(-)	1	(14)
Maart	22	(59)	13	(23)	4	(18)	1	(5)
April	19	(63)	4	(21)	3	(16)	1	(5)
Mei	22	(41)	2	(9)	2	(9)	2	(9)
Juni	15	(27)	1	(7)	2	(13)	-	(-)
Juli	14	(29)	-	(-)	2	(14)	2	(14)
Augustus	24	(58)	3	(13)	4	(17)	3	(13)
September	24	(33)	2	(8)	1	(4)	-	(-)
Oktober	22	(77)	6	(27)	4	(18)	1	(5)
November	16	(67)	2	(13)	3	(20)	2	(13)
December	10	(69)	2	(20)	1	(10)	1	(10)
Totaal	194	(52)	28	(14)	26	(13)	14	(7)

Tabel 9 Maandelijkse aantallen en percentages gemeten en geanalyseerde dagdelen. Alleen dagdelen met een eenduidige significante vliegrichting boven 100m hoogte zijn geanalyseerd. *Monthly numbers and percentages of measured and analysed day parts (total, night, morning, afternoon and evening). Only day parts with one significant flight direction are analysed.*

Uit bovenstaande tabel blijkt dat vooral elevatiescans van de avonden en nachten, en in mindere mate ook van de ochtend, zijn uitgewerkt. Alleen in de zomermaanden juni en juli waren weinig nachtelijke scans geschikt om te worden uitgewerkt.

5.2.2 Echodichtheden en vlieghoogten in de elevatiescan

In Figuur 18 wordt de kwantitatieve hoogteverdeling boven zee, uitgesplitst per dagdeel weergegeven. Daarvoor zijn de fluxen van de geanalyseerde elevatiescans (zie Tabel 9) gepooled per 100 meter hoogte en omgerekend naar driedimensionale dichtheden (echo's / km³). Alle dagdelen van februari tot en met december, waarbij gerichte vliegbewegingen plaatsvonden, zijn gebruikt. De metingen in de onderste 100 meter werden vaak verstoord door zeeclutter, waardoor de aantallen daar vaak zullen worden onderschat. Toch waren zelfs die minimale dichtheden in de onderste 100 meter nog altijd groter dan in enige andere hoogteklaas, ondanks de vaak verstoorde opnamen. Kwantitatief mag hier daarom ook geen waarde aan worden gehecht. Daarnaast komt duidelijk naar voren dat vogels in de ochtend en middag zich veelal in de onderste luchtlagen bevonden. In de avond en nacht vlogen de vogels tot veel grotere hoogten. De verschillen tussen avond en nacht waren echter groot. In de nachten was het verschil tussen hoogtebanden vaak groot, terwijl 's avonds de dichtheid meestal geleidelijk afnam met de hoogte.



Figuur 18 Hoogteverdeling (echo's per km³) in stappen van 100 meter (klassenmidden op de Y-as), tot 3000 meter hoogte. De 0-100 meter hoogteband was regelmatig slecht te zien door zeeclutter. Dit zal vaak leiden tot een grote onderschatting van de dichtheden, hetgeen vergelijking met de overige hoogtebanden moeilijk maakt. Gemiddelde over alle maanden uit de elevatiescan (284°). Alleen dagdelen met één dominante, significante vliegrichting zijn geselecteerd. *Altitude distribution (echoes per km³) in 100m altitude classes up to 3000 m altitude. Due to clutter in the 0 – 100 m altitude class, echo numbers will generally be underestimated, hampering comparison with other altitude classes. Year round mean from the 284° elevation scan. Only day parts with a unimodal distribution and a significant mean flight direction are presented.*

5.2.3 Dichtheidsverloop dwars op de kust

Om het dichtheidsverloop ten opzichte van de kust te berekenen zijn de driedimensionale, hoogtespecifieke dichtheden samengevoegd tot tweedimensionale dichtheden (echo's per km²). Hierbij zijn de waarnemingen onder de 100 meter niet meegenomen. In Tabel 10 zijn de dichtheden op verschillende afstanden tot de kust weergegeven. In de avond en de nacht was de dichtheid altijd hoger dan overdag, ongeacht de afstand uit de kust. De hoogste dichtheden zijn altijd in de afstandsklasse 4 - 5½ km gevonden. In alle dagdelen nam de dichtheid af met de afstand tot de kust. De dichtheid in afstandsklasse 7 - 8½ km was echter nog altijd vrij hoog, variërend van 14 tot 39% van de maximale dichtheid over dat dagdeel.

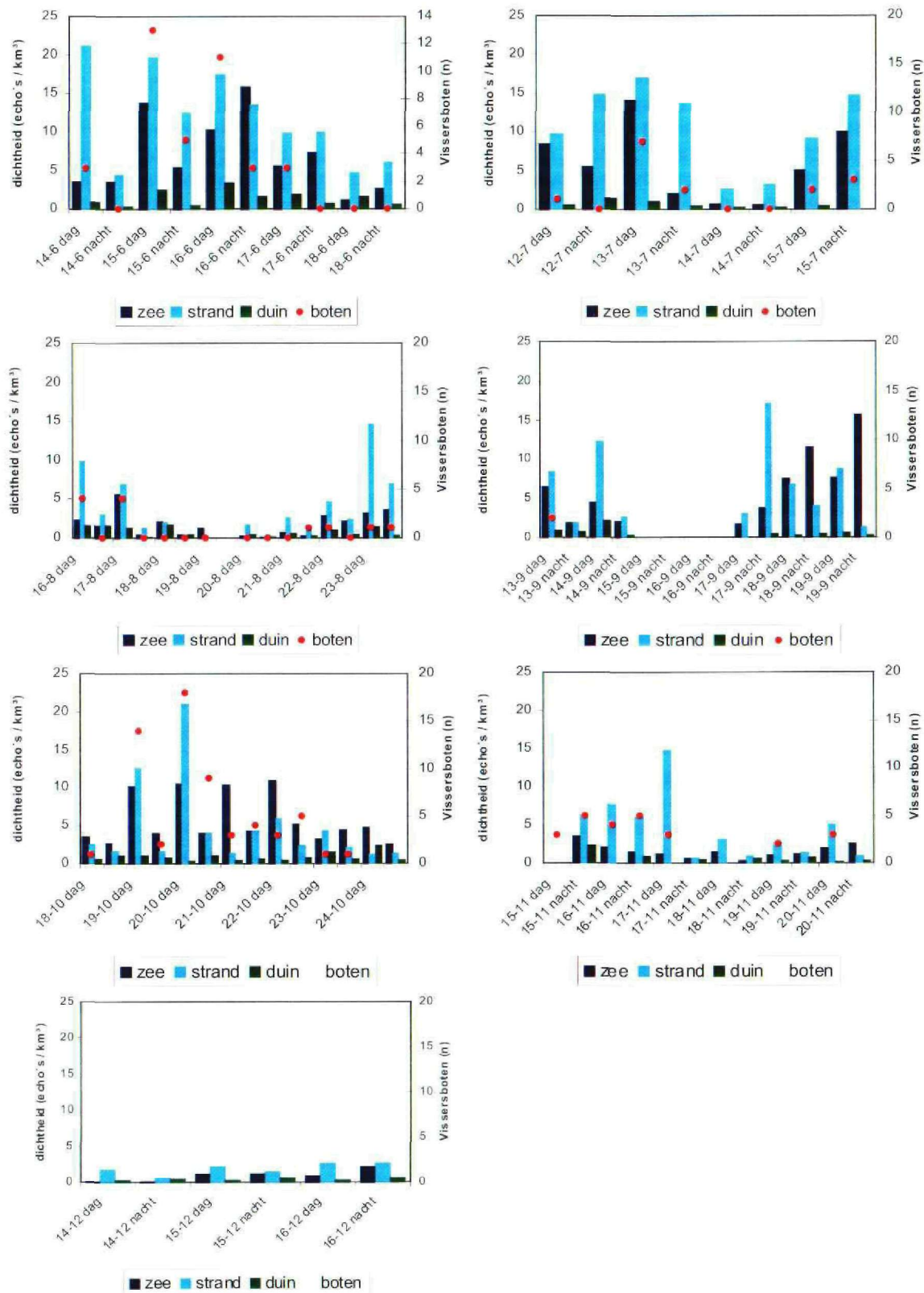
Tijd	Afstand tot de kust (km)			
	2½ - 4	4 - 5½	5½ - 7	7 - 8½
Nacht	2,74	3,33	2,00	0,48
Ochtend	0,70	1,05	0,60	0,23
Middag	0,34	0,67	0,54	0,26
Avond	1,49	4,25	2,43	1,34

Tabel 10 2D-dichtheden (echo's / km²) boven de 100 meter op verschillende afstanden uit de kust, gebaseerd op de verticale scans over het hele jaar. Alleen dagdelen met één dominante, significante vliegrichting zijn gebruikt. *Year-round mean 2D-densities (echoes / km²) on different distances from the coastline, above 100m altitude, based on the vertical scans. Only day parts with a unimodal distribution and a significant mean flight direction are used.*

De verschillen tussen de diverse dagen komen bij het maandoverzicht aan de orde, in hoofdstuk 5.5.3 wordt dieper ingegaan op de samenhang tussen de verschillende maanden.

5.3 Vogeldichtheden in de onderste 100 meter

Om toch een kwantitatief beeld te krijgen van de aantallen onder de 100 meter, de grootste dichtheden komen daar immers voor (zie 5.1.3 en 5.2.2), zijn ook de video beelden van de zoekantenne uitgewerkt. Doordat deze beelden *timelapse* zijn opgenomen, kunnen bij normale afspeelsnelheid de bewegende vogels met het oog makkelijker van de zeeclutter worden onderscheiden (zie ook 3.2). In Figuur 19 zijn voor alle maanden de dichtheden uit de video-uitwerking van het overzichtsbeeld met de zoekantenne per dag weergegeven. Binnen een meetweek waren de verschillen van dag tot dag soms heel groot. Dit heeft mede te maken met de aan- of afwezigheid van vogeltrek. Over het algemeen echter worden de aantallen gedomineerd door (niet trekkende) meeuwen.



Figuur 19 De verdeling van dichtheden (echo's per km³, linker y-as) in de onderste 100 meter per dag/nacht en per maand, samengesteld uit de video-analyse van het PPI-beeld van de zoekantenne en het aandeel vliegpaden in de onderste 100 meter. Op de rechter Y-aa staat bovendien het aantal waargenomen vissersboten per dag of nacht weergegeven met een •. *Densities (echoes per km³, left axis) per day and night in the lowest 100 m compiled from the search antenna video analysis and the percentage of tracked birds in the 0-100 m altitude class. On the right-hand vertical axis the number of ships is represented by a •.*

In Tabel 11 zijn de gemiddelde dichtheden per maand, per dag/nacht en per locatie weergegeven. Hoewel de dichtheden boven de duinen vanwege de horizonafscherming door het appartementencomplex en de reflecties van de staalindustrie en het havengebied niet altijd goed konden worden vastgesteld, is wel duidelijk dat deze beduidend lager waren dan boven kust of zee. De gemiddelde dichtheid was het hoogst boven de kust. Overdag waren de waargenomen dichtheden boven de kust ongeveer 1½ keer zo hoog als die boven zee en 9 keer zo hoog als die boven de duinen. 's Nachts waren de dichtheden boven de kust 1¼ keer zo hoog als boven zee en bijna 8 keer zo hoog als boven de duinen.

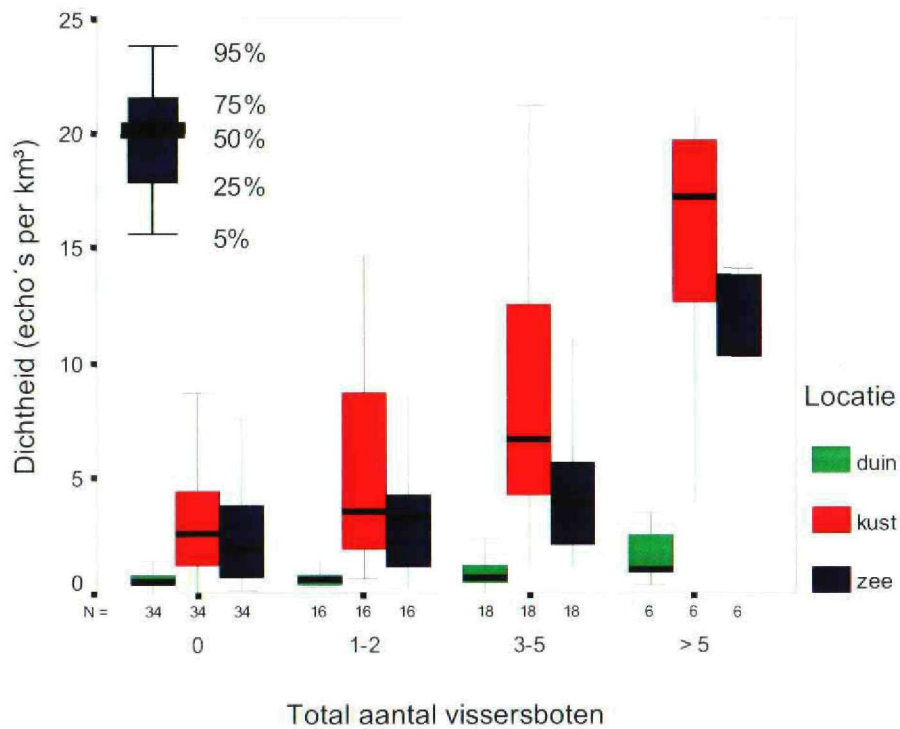
Hoewel de dichtheidsafname over het hele jaar genomen goed overeenkomt met die boven de 100 meter van de elevatiescan, is er in de herfst een opvallend verschil. Dan lijken 's nachts de dichtheden boven zee juist hoger te zijn dan boven de kust. Dit wordt veroorzaakt doordat, onder de 100 meter zowel breedfront-trek richting Engeland als trek parallel aan de kust is waargenomen. Boven de 100 meter was de vliegrichting voornamelijk WZW georiënteerd. Doordat vogels in zij aanzicht beter zichtbaar zijn, is de trekstroom parallel aan de kust beter waar te nemen boven zee dan in de kustzone. De WZW gerichte breedfronttrek naar Engeland is even goed zichtbaar boven de kust als boven zee. Omdat de video-analyse verder nergens is voor gecorrigeerd leken hierdoor de totale dichtheden boven zee hoger. In werkelijkheid zou de dichtheid boven de kust hoger moeten uitpakken, maar hier valt moeilijk voor de corrigeren.

Periode	Duin	Kust	Zee	Vliegpaden	
	echo's/km ³	echo's/km ³ 0 - 2½km	echo's/km ³ 2½ - 5km	N	aandeel 0-100m
Juni, dag	2,47	14,84	8,66	837	0,856
Juli, dag	0,58	9,33	6,46	845	0,822
Augustus, dag	0,90	4,26	2,08	1522	0,603
September, dag	0,38	6,08	5,30	1479	0,891
Oktober, dag	0,91	9,76	8,48	1188	0,835
November, dag	0,24	6,08	1,69	921	0,557
December, dag	0,35	2,44	0,99	411	0,450
Gemiddeld, dag	0,83	7,54	4,81		

Tabel 11 Samenvatting van de dichtheden in de onderste 100 meter (echo's per km³), boven de Pieren van IJmuiden, juni t/m december 1999. De dichtheden zijn samengesteld uit de video-analyse van het PPI-beeld van de zoekantenne en het aandeel vliegpaden in de onderste 100 meter. *Summary of densities (echoes per km³) per month in 0-100m altitude class, June – December 1999.*

Uit Figuur 20 blijkt dat het aantal vissersboten in de directe omgeving een belangrijke rol speelt bij de gevonden vogeldichtheden in de onderste 100 meter. Significante relaties worden gevonden tussen het aantal boten binnen het 5 km bereik van de radar en de echodichtheid boven zee ($R^2 = 0,23$, $p < 0,001$), kust ($R^2 = 0,33$, $p < 0,001$) en duinen ($R^2 = 0,11$, $p < 0,01$). Hierbij zijn de echodichtheden en aantallen vissersboten van zowel de dag als de nacht gegroepeerd.

Het verband tussen het aantal vissersboten en de dichtheid was boven de kust en zee het sterkst en boven de duinen het zwakst. Opvallend daarbij is wel dat de relatie tussen het aantal boten op zee en de dichtheid boven de duinen niet negatief was. Deze bevindingen komen overeen met de bevindingen van Poot et al. (2000a), gebaseerd op visuele waarnemingen overdag, simultaan aan de Flycatchermetingen.



Figuur 20 Boxplot van de echodichtheden boven duin, kust en zee (dag en nacht samen) uitgezet tegen de waargenomen aantallen vissersboten op de bijbehorende dagen, juni tot en met december 1999. *Boxplot of echo densities above the dunes (green), coast (red) and open sea (blue) plotted against the number of trawlers on the same day, June – December 1999.*



Foto 3 Grote aantallen meeuwen (Zilvermeeuw en Kleine Mantelmeeuw) vliegen achter een garnalenvisser. *Gulls, mainly Herring Gull and Lesser Black-backed Gull, foraging behind a shrimp trawler.*

5.4 Maandoverzichten

Het veldonderzoek bestond uit een jaar lang één week in de maand, 24 uur per etmaal, het kwantitatieve en kwalitatieve patroon van vogelbewegingen (vogeltrek) vast te leggen met behulp van een Flycatcher doelvolgradar. Naast het seizoen (tijd van het jaar), het tijdstip op de dag (dag of nacht), heeft ook het weer een enorme invloed op het wel of niet voorkomen van vogeltrek. Het is daarom van het grootste belang om niet alleen een jaar lang te meten, maar om daarbij ook de weerssituatie gedetailleerd te beschrijven en te betrekken bij de waargenomen resultaten. In dit hoofdstuk voert het te ver om deze gegevens uitgebreid te behandelen, maar zonder kennis genomen te hebben van de maandelijkse resultaten kunnen de volgende hoofdstukken ook niet worden gelezen. In het onderhavige hoofdstuk zal daarom kort worden ingegaan op de standaard uitwerkingen van elke maand, met daarbij enkele opmerkelijke fenomenen. Tot slot worden in hoofdstuk 8 de resultaten uitgebreid besproken.

5.4.1 Standaard uitwerkingen van de maandresultaten

De meetperiode wordt aangegeven, waarna een algemene bespreking van het weer volgt uit de KNMI maandoverzichten. Wind is één van de belangrijkste factoren voor het voorkomen van vogeltrek. Daarom wordt de wind (richting en snelheid) op diverse hoogtes als grafiek gepresenteerd. Achtereenvolgens komen besprekingen aan bod die betrekking hebben op de kwalitatieve vliegpaden: waargenomen vogelsoorten en aantallen, soortenverdeling naar hoogteklassen (onder en boven de 100 meter), soortenverdeling onder en boven de 100 meter en waargenomen vliegrichtingen. Elke maandbespreking eindigt met een kwantitatief verhaal, gebaseerd op de elevatiescans. Achtereenvolgens wordt de waargenomen dichtheid van dagdeel tot dagdeel over de hele week besproken, de hoogteverdelingen per dagdeel, waarbij de wind en het kwalitatieve soortenspectrum gerelateerd wordt aan de diverse hoogteverdelingen en tot slot de dichtheidsvariatie vanaf de kust naar open zee. Ook hier worden de waargenomen vogelsoorten gekoppeld aan de gevonden patronen. Alle gegevens worden in tabellen weergegeven.

5.4.2 Opmerkelijke waarnemingen van maand tot maand

In **februari** vond nog weinig trek plaats, wat zich keurig weerspiegelde in de resultaten: slechts op één avond was er zwakke aankomst uit Engeland. Parallel langs de kust werd geen trek waargenomen. Grotere soorten als Kieviten en Rotganzen, naast de lokale Zilvermeeuwen, domineerden het beeld. Bijna twee dagen vielen uit door de eerste storm die op de punt van de pier werd ondervonden. **Maart** was de start van de voorjaars trek. Onder invloed van een rug van hoge luchtdruk (positieve stimulans voor vogeltrek), werden tijdens de eerste dagen en vooral nachten grote aantallen trekvogels geregistreerd. Goede trek werd waargenomen uit zowel Engeland (breedfronttrek) als parallel aan de kust naar het NNO. Opvallend hoge trek, geconcentreerd in een smalle band van slechts 100-200 meter boven de 1000 meter hoogte werd in meerdere nachten waargenomen. Overdag werd zowel sterke trek boven de duinen van grote fronten Spreeuwen (soms tot 5 km breed), als vele groepen van enkele tientallen exemplaren uit zee waargenomen (op de 17^e ontbrak een groot deel van de dag door technische problemen). Dit alles laag over de duinen en vlak over de golftoppen. Lijsters en Spreeuwen werden het meest waargenomen. Ook vond trek van ganzen (Rotgans) en Kokmeeuwen plaats. *Alle vogeltrekpatronen die van te voren werden verwacht zijn waargenomen.* In **april** waaiden vooral zuidelijke winden, waardoor er regelmatig trek parallel aan de kust was. In de avond en nacht werden de grootste dichtheden vaak op enige honderden meters hoogte, tot bijna 1½ kilometer hoogte waargenomen. Overdag vlogen de vogels meestal onder de 200 meter. Doortrek van Kokmeeuwen en Visdieven (zelfs op enige honderden meters hoogte) wisselden overdag het beeld van de lokale Zilvermeeuwen en Kleine Mantelmeeuwen af. In de nacht werden de eerste experimentele AGC signalen opgenomen, waaruit bleek dat vooral grote watervogels (19 op 20) en grote zangvogels (21 op 22 april) doortrokken. Met de maand **mei** naderen we het eind van het voorjaar. Alle windrichtingen kwamen voor, waardoor ook vrijwel alle trekpatronen (vaak slechts één dag of nacht) zijn waargenomen. De dichtheden waren niet hoog meer. Wel werden de grootste dichtheden regelmatig op grote hoogte (maximaal 2000 - 2100 meter) geconstateerd. De zo kenmerkende doortrek van steltlopers naar het NNO werden zowel in de nacht als overdag waargenomen. Gedurende het gehele etmaal vlogen deze steltlopers vooral boven de 100 meter. In de zomermaanden omvatte de meetperiode slechts 5 dagen. **Junij** begon meteen goed met soms hoge temperaturen. De wind was overwegend rustig. Gerichte vliegbewegingen kwamen nauwelijks voor. In de nacht werden soms grote aantallen Gierzwaluwen tot enige kilometers boven zee vastgesteld. Het radarscherm liep soms ook vol met grote aantallen insecten. Overdag werd aan het

begin en eind van de dag soms enige trek van Kieviten en Spreeuwen opgemerkt. De grootste dichtheden werden veroorzaakt door de lokale bewegingen van met name Zilvermeeuwen en Kleine Mantelmeeuwen. In **Juli** waren de weersomstandigheden iets minder. Een overwegend ZW wind zorgde niet voor veel gunstige weersomstandigheden voor zuidwaartse trek. Het waren ook nu daarom vooral lokale bewegingen van de eerder genoemde meeuwen, alsmede foerageervluchten van Aalscholvers en verplaatsingen van Zwarte Zee-eenden. Op meerdere dagen werd aan het begin en eind van de daglichtperiode wel opmerkelijke noordwaartse trek van Bergeenden vastgesteld. Deze vond vrijwel uitsluitend in de kustzone plaats in hoogte variërend van 25 tot 175 meter. De najaarstrek start in **augustus**. Overwegend tegenwind gedurende de meetweek, met aan het eind van de sessie een via noord naar zuidoost draalende wind. Niet verwonderlijk daardoor dat pas aan het eind van de meetweek trek van betekenis (overdag én 's nachts) plaatsvond. In de nacht betrof dit voor 70% (grote) watervogels, terwijl overdag doortrek van vooral Kleine Mantelmeeuwen, groepen die gebruik maken van thermiek en tussen 100 - 400 meter hoogte naar het zuiden cirkelen, werd waargenomen. Op twee ochtenden werd sterke trek van sterns tussen de golven door waargenomen. Hiervan is weinig terug te vinden in de radarbeelden. In **september** werd wegens werkzaamheden aan de zuidpier, vanaf de punt van de noordpier gemeten. Gedurende de hele meetsessie waren er geen gunstige omstandigheden om langs de kust naar het zuiden te vliegen. Pas op de laatste avond draaide de wind gunstig voor trek over zee, richting Engeland. De avond en nacht van 18 op 19 september was daarom ook de enige periode met trek van betekenis. Kleine watervogels (ca. 40%) en kleine zangvogels (40-50%) van de vliegpaden domineerden de nacht. In het eerste deel van de week werd regelmatig zogenaamde *reversed migration* waargenomen naar het NNO. De meetperiode van **oktober** kenmerkte zich door aanhoudende oosten winden gedurende de periode van 18 tot en met 21 oktober; ideale weersomstandigheden voor de najaarstrek. In de tweede helft van de meetsessie waren de weersomstandigheden niet gunstig meer. Ideale windomstandigheden om de Noordzee over te steken, resulteerden in sterke trek in de nachten en de daarop volgende ochtenden van 18 tot en met 21 oktober. De meeste vogels vlogen in deze nachten tussen de 100 en 400 meter hoogte, boven de 1200 meter was de dichtheid nihil. In de donkere periode had het merendeel van de vliegpaden betrekking op de grote watervogels (1 nacht) of de (grote) zangvogels, voornamelijk lijster spec. (2 nachten). Overdag staken regelmatig Vinken en Spreeuwen de zee in. De tweede helft van de sessie bestond voornamelijk uit noordwaartse bewegingen, zogenaamde *reversed migration*. De vogeltrek loopt in **november** op zijn eind. Slechts één nacht met gerichte vliegbewegingen en aan het eind van de meetsessie de start van een kleine koudegolf. Tussen beide perioden in werden regelmatig kleine groepen alkachtigen (alk of zeekoet) gezien. In de aanloop van de koudegolf werden op grote hoogte (boven 1 km) groepen Pijlstaarten, Rosse Grutto's en diverse soorten ganzen waargenomen. Al met al domineerden echter continue de lokale bewegingen; vooral Zilvermeeuwen. Aan het begin van de winter werd de laatste sessie in IJmuiden gehouden in **december**. Deze periode stond echter geheel in het teken van een grote vorstvlucht die in de avond van de 14^e begon en al weer op de 16^e eindigde. De overige dagen werden uitsluitend lokale meeuwen gevolgd. Op de avond van de 14^e trokken zeer grote aantallen naar het zuiden. De hoogste dichtheden werden tussen de 500 en 700 meter hoogte aangetroffen, vooral grote en kleine watervogels werden waargenomen. De 15^e december was een schoolvoorbeeld van een kortstondige koudevlucht. Overdag werden overal grote groepen ganzen waargenomen, tot zelfs 2400 meter hoogte (zie Figuur 50). Ook grote groepen Pijlstaarten, steltlopers spec. (mogelijk Rosse Grutto's) en Kieviten vlogen over.

Voor verdere details, fenomenen of relaties tussen de waargenomen vlieghoogtes en winden wordt verwezen naar de maandoverzichten zelf. Door deze korte samenvatting van de waargenomen vogeltrek moet het voor de lezer duidelijk zijn om de volgende hoofdstukken te begrijpen.

5.5 Integratie en kwantificering

5.5.1 Maandelijks dichtheden aan trekkende vogels

Met de verticale scan kan de flux, het aantal passerende vogels per uur per kilometerfront, worden berekend. Bij een eenduidige vliegsnelheid en vliegrichting kan deze flux worden omgerekend naar een dichtheid. De nauwkeurigheid van deze omrekening is afhankelijk van de spreiding van de vliegrichtingen en snelheden binnen de dagdelen. De vliegsnelheid wordt in grote mate bepaald door de windsnelheid. Die zal binnen één dagdeel weinig variëren. Het spectrum aan vliegrichtingen echter kan mede door de aanwezigheid van veel lokale bewegingen extreem variëren. Daarom is steeds met behulp van de Rayleigh-test (Batschelet 1981) per dagdeel getest of de richtingsverdeling wel een eenduidig significante richting bevatte. Tot slot werd de elevatiescan in de onderste 100 meter vaak verstoord door zeeclutter, radarreflecties van golven. Al vanaf windkracht 4 trad zeeclutter op, waardoor de onderste 100 meter niet nauwkeurig genoeg kon worden uitgewerkt. Bovendien bleek uit de vliegpaden dat tot honderd meter hoogte vaak geen eenduidige richting kon worden vastgesteld (veel lokale meeuwen die alle kanten opvliegen). Voor de onderste luchtlag (0 - 100 meter) is het dus niet mogelijk een flux te bepalen uit de elevatiescan. Daarom is ervoor gekozen de vergelijking tussen de dichtheden op verschillende dagdelen in eerste instantie te beperken tot de gerichte bewegingen boven de 100 meter. In Tabel 12 wordt voor elke meetperioden het percentage van de dagdelen gegeven waarop sterke (≥ 2 echo's / km²), matige (< 2 echo's / km²) of geen trek is waargenomen.

Maand	Sterke trek		Matige trek		Geen trek		Totaal	
	% Dag	% Nacht	% Dag	% Nacht	% Dag	% Nacht	# Dagen	# Nachten
Februari	0	0	13	25	87	75	8	8
Maart	17	42	25	33	58	25	12	12
April	0	20	40	40	60	40	10	10
Mei	0	0	33	42	67	58	12	12
Juni	0	17	33	17	67	66	9	8
Juli	0	0	57	0	43	100	7	8
Augustus	0	0	50	50	50	50	14	14
September	0	17	8	42	92	41	12	12
Oktober	0	33	33	67	67	0	12	12
November	0	9	45	40	55	51	11	10
December	0	17	29	50	71	33	7	6
% Totaal	2	14	32	38	66	48	114	112

Tabel 12 Overzicht van het wekelijks percentage dagdelen waarop sterke, matige of geen trek plaats had. Het criterium voor sterke trek, 2D-dichtheid $\geq 2,0$ echo's per km², komt ongeveer overeen met het criterium dat de Koninklijke Luchtmacht gebruikt om restricties af te kondigen voor het laagvliegen. In de kolom 'Totaal' wordt het aantal gemeten dagdelen (twee per dag en twee per nacht) per week weergegeven. *Percentage of day parts with strong, weak and no migration, including total number of day parts per month. The criteria for strong migration at a 2D-density ≥ 2.0 echoes per km² is used by the RNLAf for declaring low flying restrictions. The 'Totaal' column presents the numbers of measured day parts (2 for each day and night).*

Wat opvalt is dat in alle maanden behalve maart sterke trek boven de 100 meter alleen in de nacht voorkwam. Ook matige tot lichte trek kwam over het algemeen vaker 's nachts dan overdag voor. Maart en oktober zijn de vogeltrekmaanden bij uitstek. In de nachten van deze maanden is de meeste sterke trek waargenomen. In deze perioden trekken vooral de middellange afstandstrekkingen massaal, soorten die overwegend in Noordwest-Europa en Groot-Brittannië overwinteren en in Noordoost- tot Oost-Europa broeden.

In april/mei en augustus/september is nauwelijks sterke trek waargenomen, wel vond in 40-50% van de nachten matige trek plaats. Dit zijn de maanden waarin de vogelsoorten trekken die van en naar Afrika en/of Zuid-Europa gaan, meest kleine zangvogels (Alerstam 1990, Cramp Oxford Univ. Press 1998).

In IJmuiden betrof in augustus en september slechts 3-5% van de geïdentificeerde vliegpaden kleine zangvogels. Dit duidt er op dat de trekstroom van kleine zangvogels naar Zuid-Europa en Afrika niet over de Noordzeekust plaatsvindt, maar wel over Zuidoost-Nederland (De Peel), zie 6.1. Gezien de ligging van de Hollandse kust zou je dit ook niet verwachten.

In de zomermaanden juni en juli en de wintermaanden februari en december is in het grootste deel van de nachten in het geheel geen trek waargenomen. Uitzonderingen daarop zijn een avond met ruitrek van bergeenden in juni en een avond met vorsttrek in december.

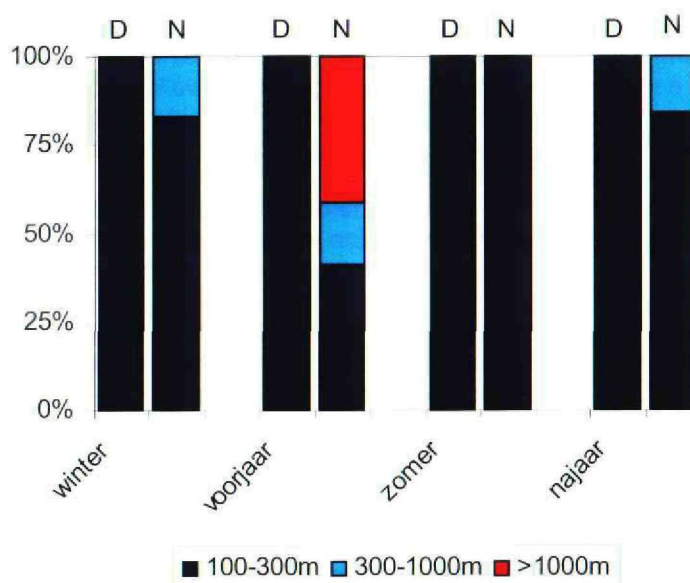
De vogeltrekkpatronen overdag zijn veel minder duidelijk. Dat komt met name doordat lokale bewegingen, met een grote spreiding aan richtingen, vaak domineerden en een betrouwbare analyse van de elevatiescans onmogelijk maakten.

5.5.2 Hoogteverdelingen

Bij de bespreking van de resultaten zijn de kwantitatieve hoogteverdelingen per dagdeel aan de orde gekomen. Al deze hoogteverdelingen zijn boven zee gemeten, tenzij de vliegrichting overwegend haaks op de kustlijn stond. In dat geval werd de hoogteverdeling bepaald uit de elevatiescan evenwijdig aan en vlak over de kust. Aangezien het dan breedfronttrek betrof zou de dichtheid boven de kust gelijk moeten zijn aan die boven zee.

Boven de 100 meter zijn drie soorten hoogteverdelingen mogelijk. Ten eerste de min of meer standaard hoogteverdeling, waarbij de hoogste dichtheden in de onderste luchtlaag voorkomen en de dichtheid naar boven toe afneemt. In de tweede plaats de situatie waarbij de onderste luchtlaag (lees de onderste 100-200 meter) min of meer leeg is, en tussen de 200-500 meter de hoogste dichtheden worden waargenomen. Daarboven nemen de aantallen weer geleidelijk af. Tot slot zijn hoogteverdelingen waargenomen, waarbij de hoogste dichtheden op grote hoogte en in een smalle hoogteband worden bereikt, bijvoorbeeld tussen 1000 en 1300 meter. Een voorbeeld van deze laatste verdeling is opgenomen in Figuur 30. De dichtheden in de daaronder gelegen hoogtes kunnen variëren van 0 tot nog steeds enkele echo's per km³. Al in de jaren 60 werd deze laatste hoogteverdeling beschreven bij de oversteek van de zuidelijke Noordzee door Eastwood & Rider (1965) en Eastwood (1967).

In Figuur 21 wordt een overzicht gegeven van het voorkomen van bovengenoemde hoogteverdelingen. Hiervoor is per dagdeel gekeken welke 100 meter-hoogteband de grootste dichtheid bevatte. Overdag was de situatie boven zee simpel. De grootste dichtheden werden altijd in de onderste hoogtebanden vastgesteld. Zelfs bij gunstige winden in de trektijd (voor- en najaar) bevonden de grootste dichtheden zich nooit boven de 300 meter. De nachtelijke situatie was echter compleet anders. In het voorjaar bevond in 41% van de nachtelijke dagdelen de hoogteband met de grootste dichtheid zich boven de 1000 meter, met als uitschieter de avond van 18 mei. Toen werden de grootste dichtheden gevonden tussen de 2000 en 2100 meter. In de overige acht gevallen lag het maximum tussen de 1000 en 1500 meter. Deze variant op de hoogteverdelingen kwam in het najaar niet voor. De intermediaire hoogteverdeling, waarbij de maximale dichtheden in de middelhoge luchtlagen (300 tot 1000 meter) wordt bereikt, kwam in het voor- en najaar ongeveer even vaak voor. Alleen in de winter- en zomernachten, buiten de trektijd, waren de grootste dichtheden onderin te vinden. De vorsttrek van 14/15 december vormt hierop een uitzondering: die vond hoger plaats.



Figuur 21 Aandeel van de dagdelen waarop de grootste dichtheden werden bereikt in de onderste (100-300m), middelste (300-1000m) of hoogste (>1000m) luchtlagen. Onderscheid wordt gemaakt tussen de seizoenen en dag / nacht (D / N). Alleen die dagdelen zijn opgenomen waarop een kwantitatieve hoogteverdeling kon worden samengesteld, volgens paragraaf 5.2.1. Percentages of day parts with highest densities in the lowest (100-300m), medium (300-1000m) or highest (>1000m) air layers. Grouped by season (winter, spring, summer and autumn) and time of day (day or night).

De hoogteverdeling is deels te verklaren uit de windvectoren ten opzichte van de basisrichting van de trekvogels (Bruderer *et al.* 1995b). Ook in deze studie hebben we diverse keren vast kunnen stellen dat de veranderende hoogteverdeling overeenkomt met de veranderende windvectoren in de basisrichting (langs de kustlijn óf juist haaks op de kustlijn). Oftewel een toenemende windvector in de basisrichting is gerelateerd aan grotere dichtheden. De verklaring waarom in sommige avonden of nachten een smalle hoogteband wordt geselecteerd kon ook door Eastwood & Rider (1965) niet worden achterhaald. Zij beschikten niet over nauwkeurige meteorologische gegevens. Hoewel wij wel over nauwkeurige meteorologische modeldata beschikken, kon uit de wind alleen deze hoogteverdeling niet worden verklaard. Een verdere uitwerking hiervan voert binnen dit rapport echter te ver.

5.5.3 Dichtheidsafname vanaf de kust, boven de 100 meter

Bij de bespreking van de maandelijkse resultaten zijn van alle individuele dagdelen met een éénduidige significante richting de 2D-dichtheden boven de 100 meter weergegeven in stappen van 1,5 kilometer vanaf de kustlijn. Het dichtheidsverloop ten opzichte van de kust hangt af van de voorkomende fenomenen.

Bij gestuwde trek van zeevogels is te verwachten dat de maximale dichtheid plaatsvindt boven zee, op enige afstand tot de kust. Naarmate de stuwing toeneemt (bij een toenemende westelijke windvector) is te verwachten dat de piek dichterbij de kust komt te liggen.

Bij gestuwde trek van landvogels zal de dichtheid maximaal zijn boven de duinen, en naarmate de oostelijke windvector toeneemt zal de piek dichterbij de kustlijn komen te liggen (o.a. Tinbergen 1941 en Mostert & Laponder 1988) of zullen vogels de Noordzee insteken (Deelder & Tinbergen 1947, Deelder 1949). Bij geleide trek van echte kustvogels is te verwachten dat de dichtheid juist boven de kust het hoogst is (Camphuysen en Van Dijk 1983). Tot slot zal ook breedfronttrek haaks op de kust voorkomen. Dan zal de dichtheid geen relatie hebben met de afstand tot de kust.

De verschillende dichtheden over een hele week, uitgezet tegen de afstand vanuit de kust, zijn weergegeven in Figuur 22. De afstand tot de kust is onderverdeeld in 4 klassen, $2\frac{1}{2}$ - 4, 4 - $5\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{2}$ - 7 en 7 - $8\frac{1}{2}$ km uit de kust. Een probleem daarbij is dat de afstandsklasse " $2\frac{1}{2}$ - 4 km uit de kust" slechts vanaf de strandlocatie kon worden bemonsterd. Alleen bij slechte weersomstandigheden werd deze locatie gebruikt. Daarom is deze afstandsklasse bij de vergelijking tussen de maanden buiten beschouwing gelaten. Voor extrapolatie van de gegevens buiten het gemeten gebied is een logaritmische afname verondersteld.

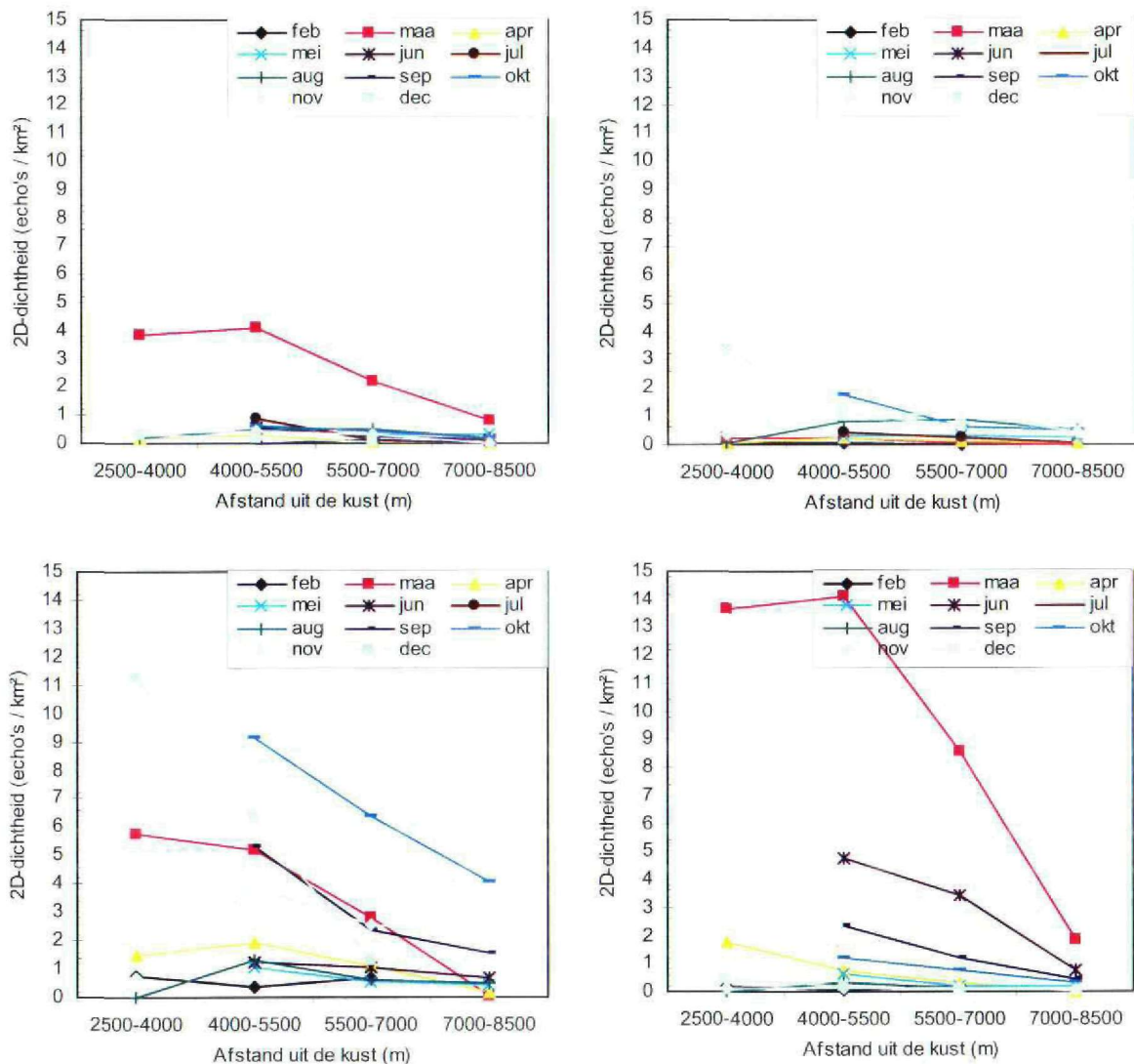
Met uitzondering van maart waren de gemiddelde dichtheden boven de 100 meter 's ochtends kleiner dan 1. In maart was de dichtheid voor de kust duidelijk het hoogst (ca. 4 echo's per km²) op $2\frac{1}{2}$ - 4 km én 4 - $5\frac{1}{2}$ km, terwijl in augustus de dichtheid het hoogst was op $5\frac{1}{2}$ - 7 km voor de kust. Voor de overige maanden is het precieze dichtheidsverloop moeilijk vast te stellen. Wel is het duidelijk dat vanaf afstandsklasse 2 (4 - $5\frac{1}{2}$ km) richting zee de dichtheid altijd afnam. Om het eind van de gradiënt aan te kunnen duiden is, uitgaande van een logaritmische afname, berekend op welke afstand uit de kust de 2D-dichtheid 1 echo per km² zou zijn: dit is de maat die de Koninklijke Luchtmacht aanhoudt voor het uitvaardigen van vogeltrekwaarschuwingen. Bij deze afname vanaf afstandsklasse 2 zou de dichtheid 's ochtends minder dan 1 echo per km² bedragen op 9,2 km vanaf de kust.

In augustus en november werden 's middags de grootste gemiddelde dichtheden tussen de $5\frac{1}{2}$ - 7 km vastgesteld. In december tussen $2\frac{1}{2}$ - 4 km en in de overige maanden waren de gemiddelde dichtheden 's middags het hoogst op 4 - $5\frac{1}{2}$ km voor de kust. Het verschil tussen de maanden was 's middags groter dan 's ochtends.

In de avond en de nacht was niet alleen de hoogte, maar ook de vorm van de functie tussen de maanden het grootst. 's Avonds springen de hoge dichtheden in maart, oktober en december het meest in het oog. In deze maanden is de dichtheid tussen $2\frac{1}{2}$ - 4 km ook het grootst. In de overige maanden is de dichtheid in afstandsklasse 2 (4 - $5\frac{1}{2}$ km) het grootst. We kunnen daarom ook nu voor alle maanden stellen dat boven 100 meter hoogte vanaf 4 - $5\frac{1}{2}$ km de dichtheden richting open zee sterk afnamen. Op 10,6 km afstand werd de gemiddelde 2D-dichtheid boven zee kleiner dan 1 echo per km².

's Nachts bevond de piekdichtheid zich in maart duidelijk in afstandsklasse 2 en in april duidelijk in afstandsklasse 1. Van de overige maanden was de piek niet te lokaliseren. Wel is ook duidelijk dat 's nachts de dichtheid richting zee altijd afnam vanaf 4 - $5\frac{1}{2}$ km uit de kust.

Bij deze getallen dient wel rekening te worden gehouden met het feit dat individuele dagen sterk kunnen afwijken, eerder genoemde getallen zijn een afspiegeling van een week meten op IJmuiden. Daarnaast vonden in maart (nacht) en oktober (avond en nacht) frequent vogelbewegingen haaks op de kustlijn plaats. Deze breedfronttrek veroorzaakt natuurlijk geen gradiënt en verstoort het beeld enigszins.



Figuur 22 2D-Dichtheid per maand, in relatie tot de afstand uit de kust, voor de ochtend (linksboven), middag (rechtsboven), avond (links onder) en nacht (rechts onder). 2D-densities per month related to the distance of the coast for morning (upper left), afternoon (upper right), evening (lower left) and night (lower right).

5.5.4 Soortspecifieke patronen in relatie tot de afstand uit de kust

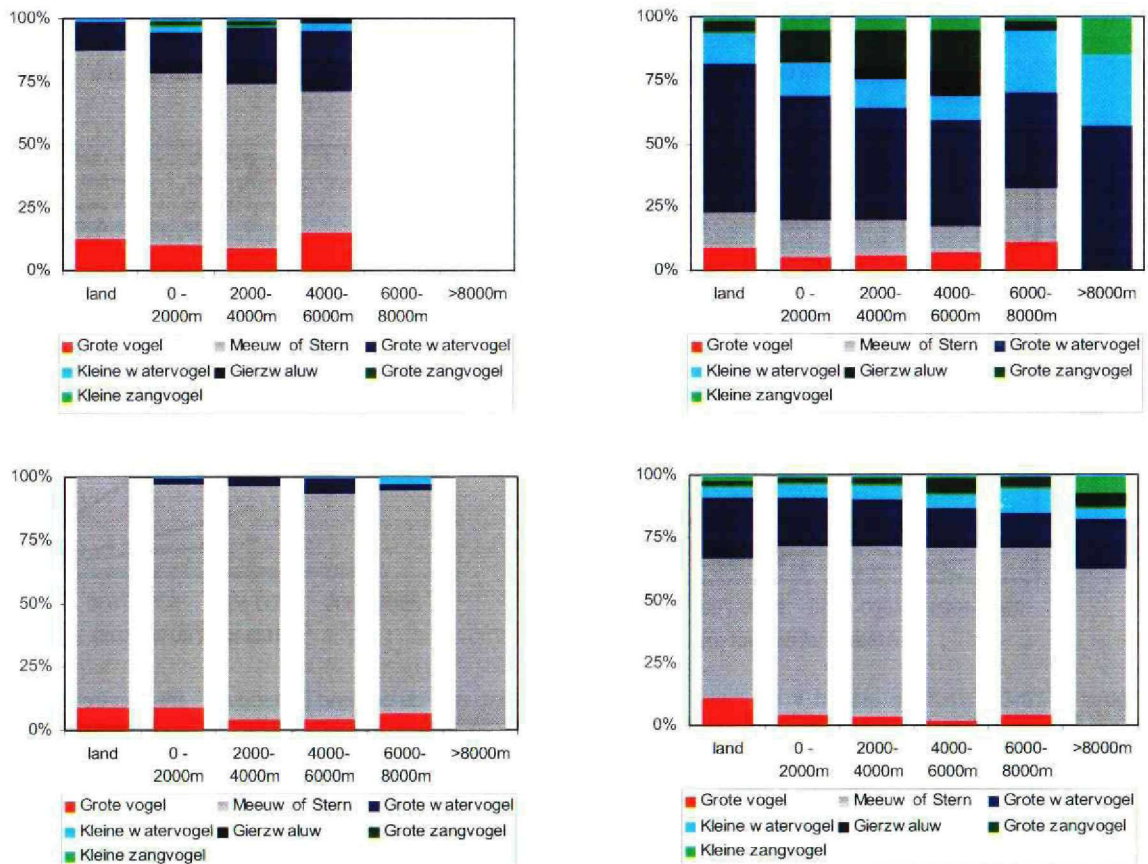
Uit het vorige hoofdstuk blijkt een duidelijk verband tussen de afstand tot de kust en de aantallen vliegende vogels. Hoewel met radar geen afzonderlijke vogelsoorten zijn te onderscheiden, is met het AGC-signaal wel een indeling in soortgroepen te maken. Bovendien is aan het AGC-signaal vaak te zien of vogels al dan niet in groepen vliegen. Bij de hierna komende analyse zijn ook de visuele identificaties teruggebracht tot de AGC-soortgroepen.

In Figuur 23 is de soortenverdeling per afstandsklasse samengevat. Op alle afstanden uit de kust speelden de meeuwen een grote rol. Kijken we in eerste instantie naar de overige soortgroepen dan valt op dat soortdifferentiatie in relatie tot de afstand uit de kust nauwelijks optrad. Alleen overdag

toonden de echte landvogels (grote en kleine zangvogels), een sterke neiging om in de buurt van de kust te blijven. Dit zou verklaard worden uit de gestuwde trek van grote aantallen zangvogels die in het voor-, maar vooral najaar over de duinen trekken. De meeste zangvogels schrikken ervoor terug om over open zee te vliegen en laten zich leiden door de kustlijn (o.a. Deelder 1949). In de nachten lijkt boven de 100 meter hoogte een duidelijker afnemende dichtheidsgradiënt aanwezig dan onder de 100 meter. Onder de 100 meter nam het aandeel zangvogels juist toe met de afstand tot de kust. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het voorkomen van geleide trek, juist in de onderste luchtlagen, van niet-zangvogels. Daardoor is wel het aandeel maar niet het aantal zangvogels dicht bij de kust lager.

De soortgroepen grote en kleine watervogels omvatten een mix van eenden en steltlopers (van de laatste vooral de kustgebonden soorten). In de nacht nam, zowel boven als onder de 100 meter, het aandeel grote watervogels af met de afstand tot de kust. Het aandeel kleine watervogels nam verder op zee juist toe. De afname van het aandeel grote watervogels met de afstand tot de kust wordt waarschijnlijk verklaard door de soortensamenstelling van de soortgroep: het grootste deel van de grote watervogels zijn grote steltlopers, die over het algemeen sterk kustgebonden zijn. De toename van het aandeel kleine watervogels is moeilijk te verklaren.

Tot slot de in aantal belangrijkste groep: de meeuwen. Onder de 100 meter was deze soortgroep altijd dominant (dag én nacht), maar ook boven de 100 meter zijn overdag de meeuwen dominant. In de nacht was de soortgroep meeuwen boven de 100 meter niet noemenswaardig aanwezig. Alleen overdag boven de 100 meter neemt het aandeel meeuwen af met een toenemende afstand tot de kust. In de overige grafieken was een duidelijk effect van de afstand tot de kust niet merkbaar.



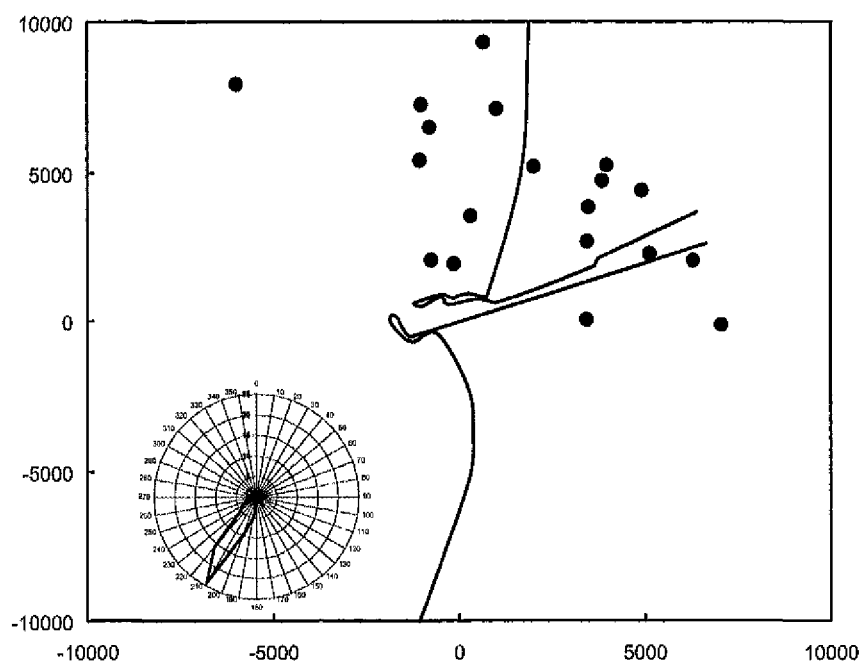
Figuur 23 Soortenverdeling naar afstand uit de kust, overdag (links) en 's nachts (rechts), boven de 100 meter (boven) en onder de 100 meter (onder). *Species composition in relation to distance to coast, day (left) and night (right), above 100 m (upper) and below 100 m (lower).*

Enkele opvallende trekverschijnselen met betrekking tot de afstand uit de kust zijn nader uitgewerkt.. In de zomermaanden vlogen groepen Bergeenden vrijwel zonder uitzondering over de zeereep naar het noorden (71% over de kustlijn). De vorsttrek van ganzen op 15 december was eveneens sterk

kustgebonden, maar juist aan de landkant (Figuur 24). De dominante vliegrichting was ZZW (210°), waarmee de meeste ganzen parallel aan de kustlijn bleven vliegen. Noch de ruitrek van bergeenden, noch de vorsttrek van ganzen zijn waargenomen in de elevatiescan, doordat ze zo dicht onder de kust of zelfs uitsluitend boven land vlogen. Alle gegevens hierover komen uit de vliegpaden. Verder werd ook de sterk kustgebonden Rotgans vooral boven de zeereep waargenomen. De trek van steltlopers (meestal soorten uit het zoute milieu, o.a. Rosse Grutto, Zilverplevier en Bontbek), vond in het voorjaar verder op zee plaats dan in het najaar, in beide gevallen bleven de soorten sterk aan de kust gebonden. De echte zeevogels, waaronder veel Zwarte Zee-eenden en sterns, worden wat verder uit de kust waargenomen (Tabel 13). Echter doordat vogels binnen 2 à 3 kilometer van de radar af mogen vliegen om nog te worden gedetermineerd, is het aandeel buiten de 6 km ook van de zeevogels niet hoog.

	0 - 2 km	2 - 4 km	4 - 6 km	> 6 km	Totaal
Rotgans	57%	29%	10%	0%	45
Gans (vorst, 15-12-1999)	8%	12%	4%	4%	58
Bergeend (zomer)	71%	18%	5%	1%	78
Steltlopers (april – mei)	42%	23%	29%	6%	73
Steltlopers (juli – september)	43%	37%	13%	5%	94
Echte zeevogels	24%	47%	28%	1%	135

Tabel 13 Aandeel van de overdag waargenomen groepen naar afstand uit de kust. De boven het strand en duinen waargenomen vogels staan vermeld onder 'land'. *Proportion of flocks for different categories in relation to distance to coast. Respectively Brent Goose, Geese spp. during cold rush of 15 December 1999, Common Shelduck (summer), Waders (spring), Waders (autumn) and seabirds. Bird observed over the dunes are presented in the 'land' column.*



Figuur 24 Startposities van alle vliegpaden met ganzen. Inzet: bijbehorende richtingsverdeling, n = 58, 15 december 1999. *Start positions of all flight paths concerning geese. Insert: distribution of corresponding flight directions, n = 58, 15 December 1999.*

5.5.5 De radargegevens vergeleken met de literatuur

Over het voorkomen van verschillende vogelsoorten op zee zijn een tweetal atlassen verschenen (Baptist & Wolf 1993 en Camphuysen & Leopold 1994). De data uit Camphuysen & Leopold (1994) zijn bewerkt tot zogenaamde 2D kaarten door Camphuysen (1998). Overdag betrof het merendeel van de door ons waargenomen vogels meeuwen die onder de 100 meter vlogen. Ook de gegevens van meeuwen uit eerder genoemde atlassen zijn meest gebaseerd op vliegende vogels in de onderste luchtlagen, dus onze daggegevens zijn goed vergelijkbaar met de zeevogelatlassen.



Foto 4 Grote aantallen meeuwen, vooral Zilvermeeuw en Kleine Mantelmeeuw, worden op zee achter vissersboten waargenomen. *Behind trawlers large numbers of gulls were seen, mainly Herring Gull and Lesser Black-backed Gull.*

In de studie van Camphuysen & Leopold (1994) blijkt dat Zilvermeeuwen vanaf maart tot en met september meestal binnen een afstand van 5 km uit de kust te worden waargenomen. In de herfst en winter (oktober tot en met maart) komen Zilvermeeuwen in een groter gebied op de Noordzee voor, vooral achter vissersboten. De dichtheden variëren van 1 vogel per km² in de zomer en nazomer, tot meer dan 4 vogels per km² in de winterperiode. In het vroege voorjaar namen de aantallen dicht bij de kust alweer af tot maximaal 1 vogel per km². Kleine Mantelmeeuwen zijn veel minder aan de kust gebonden en komen tot grote afstanden op zee voor. In de winter zijn ze nauwelijks aanwezig, maar in het voorjaar lopen ze op tot 3 - 4 vogels per km², vooral vlak voor de kust. De Stormmeeuw ontbreekt juist in de zomer en nazomer. Pas vanaf oktober nemen de aantallen toe, maar fluctueren sterk. Deze fluctuaties ontstaan doordat Stormmeeuwen meestal in een smalle band uit de kust foerageren. Hierdoor ontstaan blijkbaar grotere verschillen dan bij de Zilver- en Kleine Mantelmeeuw. In de winter zijn grote aantallen Stormmeeuwen in de kustzone te zien. Die verspreiden zich tot enige tientallen kilometers uit de kust. De dichtheden variëren van 0 in de zomer tot 2 - 4 vogels per km² in de wintermaanden. Alle meeuwen tezamen resulteren binnen de eerste tien kilometer vanaf de kust in dichtheden van 1 tot 2 meeuwen per km² in de zomer en najaar. In de winter neemt de dichtheid in dit gebied toe tot 8 meeuwen per km².

Aangezien de driedimensionale dichtheden in Figuur 19 en Tabel 11 zijn waargenomen in de onderste 100 meter, dus in één tiende van een kilometer, moeten de getallen worden gedeeld door 10 om een vergelijkbare dichtheid te verkrijgen als in bovenstaande studie. De weekgemiddelden komen allemaal overeen met de laagste dichtheidsklasse (0,1 - 0,9 vogels per km²) uit Camphuysen & Leopold (1994). Daggemiddelden kunnen oplopen tot 2 vogels per km². In sommige uren kwamen de dichtheden regelmatig boven de 5 vogels per km² uit. In de onderhavige studie zijn de dichtheden vooral in de zomer- en najaarsmaanden het hoogst. Daggemiddelden bedroegen 1,5 tot 2 echo's per km² in juni tot en met oktober, geheel in overeenstemming met Camphuysen en Leopold (1994). De dichtheden in de wintermaanden (november en december) komen minder goed overeen. In deze radarstudie is de toename tot circa 8 echo's per km² niet waargenomen. Mogelijk spelen weersfactoren hierbij een rol. Door de harde wind in beide meetweken konden vogels moeilijk worden waargenomen op de *timelapse* videobeelden: vaak was het beeld in de eerste 4 tot 5 km verstoord door zeeclutter. De waarnemingen van Poot et al. (2000a) bevestigen dat de aantallen waarschijnlijk zijn onderschat. In november werden bijna twee keer zoveel vogels waargenomen als in oktober. Tijdens de radarstudie waren de dichtheden in de wintermaanden juist 1½ tot 2½ maal zo laag als in de zomer- en najaarsmaanden.

6 DE OPZET EN GELDIGHEID VAN HET ONDERZOEK

6.1 Methodologisch

Tijdens de voorbereidingen van deze studie werd al snel duidelijk dat een aantal praktische zaken bepalend waren voor het meetprogramma. De druk van het kabinet om binnen een jaar een aantal uitspraken boven tafel te krijgen over de vogelbewegingen langs de Nederlandse kust, leidde tot een zeer korte voorbereidingstijd voor het ombouwen van de Flycatcher-radar tot een effectief meetinstrument. Hierdoor zijn sommige technische middelen (AGC signaal) pas lopende het onderzoek ontwikkeld.

Om de gradiënt van vogelbewegingen vanaf de kust te beschrijven, moesten de metingen vanuit de kustzone worden uitgevoerd. Langs de Nederlandse kust zijn slechts bij IJmuiden, Scheveningen en op de Maasvlakte locaties beschikbaar waarbij de kustlijn zichtbaar is en toch ver de zee opgekeken kan worden. Mede aangegeven door de wensen van de opdrachtgever viel de keus al snel op de locatie IJmuiden. Hier kon tot windkracht 6 op de punt van de zuidpier een prima meetopstelling worden neergezet. Bij hardere wind moest, uit veiligheidsoverwegingen, de meetopstelling worden verplaatst naar het begin van de pier, ter hoogte van de duinenrij. Bij harde aanlandige wind konden de vogelbewegingen daardoor tot 2 km minder ver over zee worden waargenomen.

Om vogels laag over zee te kunnen waarnemen, was de radarbundel laag over zee gericht. Helaas veroorzaken golven zeer veel radarreflecties, waardoor bij toenemende windkracht toenemende verstoring van het radarbeeld optrad. Daarnaast verstoorde de staalindustrie (Corus) het radarbeeld in het noordoosten. Bovendien verstoorde een appartementencomplex aan het begin van de pier het beeld boven de duinen in het zuidoosten waardoor de vogeltrek onder de 100 meter door en over de duinen niet kon worden waargenomen. Dit is juist het gebied waar bij de najaarstrek geleiding of stuwing van landvogels plaatsvindt. Grote aantallen zangvogels trekken dan laag over de duinen naar het zuiden (Tinbergen 1941, Bloem & Bloem-Margadant 1985 en Geelhoed et al. 1998). Over het algemeen konden daardoor onder de honderd meter geen reacties van vogels op de kustlijn worden onderzocht.

Al met al zijn in deze studie steeds één week per maand, 24 uur per etmaal de vogelbewegingen kwantitatief tot 7 of 8½ kilometer vanaf de kustlijn (afhankelijk van de locatie) zeewaarts en tot 3,5 kilometer hoogte vastgelegd.

Deze studie is gebaseerd op radarwaarnemingen. Het *Flycatcher* radarsysteem dat in dit onderzoek is gebruikt biedt op dit moment de beste mogelijkheden voor gedetailleerd vogelonderzoek (Buurma & Bruderer 1990). Al in 1985 werd een Flycatcher aangepast om vogels te kunnen waarnemen en volgen. Speciaal voor deze studie zijn deze aanpassingen wederom uitgevoerd en werd het door FEL/TNO ontwikkelde en al enige jaren door de Koninklijke Luchtmacht gebruikte analysesysteem ROBIN (een video extractor, Buurma 1989, 1994) geschikt gemaakt voor de Flycatcher. Pas vlak voor de eerste meetweek kwamen beide systemen beschikbaar, waardoor calibratie van de Flycatcher en optimalisatie van ROBIN pas na het onderzoek konden plaatsvinden. Hoewel aan het begin van de studie bekend was dat de Flycatcher uitstekend vogels kon waarnemen, was het onduidelijk of ook kleine vogelsoorten konden worden waargenomen en door de doelvolgradar worden opgepikt. Lopende het onderzoek werd het wel duidelijk dat zelfs insecten uitstekend konden worden waargenomen op het rondzoekbeeld. Dankzij de afregeling van de doelvolgantenne bleek het niet mogelijk deze kleine echo's te volgen. Of hierdoor ook de kleinere vogelsoorten niet konden worden gevolgd was toen nog onduidelijk. In de zomermaanden registreerden we echter redelijk veel Glerzwaluwen (een relatief kleine vogelsoort), en na de uitwerkingen van de AGC patronen kwamen in de totaalijst vleugelslagfrequenties van alle soortgroepen (ook de kleinste zangvogels) voor.

Bovendien zijn in maart en augustus tot en met oktober 2000 calibratie-experimenten uitgevoerd bij de Groep Geleide Wapens op De Peel (Oost-Brabant). Op deze locatie werden grote aantallen kleine zangvogels verwacht. Inderdaad bleek 32% van de 153 gedetermineerde vliegpaden in september 2000 kleine zangvogels te betreffen.

De hierboven genoemde experimenten hadden primair tot doel de theoretische bundelvorm van de doelvolgantenne te testen. De vorm van de bundel kan worden berekend met behulp van de zogenaamde -3dB hoeken en de maximale afstand waarop een bepaald object kan worden waargenomen. Uit deze berekeningen (zie appendix B) volgt dat voor middelgrote vogels de

werkelijke uittreehoek op 3 kilometer ongeveer 2 keer zo groot is als de -3 dB hoeken. Dit werd bevestigd door onze calibratieproeven en komt bovendien overeen met empirische bevindingen van Liechti *et al.* (1995). Zij onderzochten met behulp van verschillende technieken de bundelvorm van de Zwitserse trackingradar. Uit een vergelijking tussen een infrarood systeem en een radar bleek dat op een afstand van 3 kilometer de gedefinieerde uittreehoek van 2,2° moest worden verdubbeld tot een effectieve uittreehoek van 4-5°. Met de afstand tot de radar neemt de detectiekans af. Die afname is beschreven met een empirisch bepaalde formule (formule 3), vergelijkbaar met die van Bruderer *et al.* (1995).



Foto 5 Flycatcher radar op de locatie GGW De Peel, maart 2000, *Flycatcher radar situated on GGW De Peel.*

6.2 Biologisch

6.2.1 Kustgebonden vogels en echte zeevogels

De Hollandse kust is een kruispunt van meerdere stromen trekvogels. Naast de geleiding van zeevogels en landvogels die parallel aan de kust in noordelijke dan wel zuidelijke richting vliegen vinden ook trekbewegingen plaats van landvogels naar en uit Engeland. De zeevogels zijn vanaf de kust goed waar te nemen, veel soorten laten zich zelfs uitsluitend in de kustzone zien. De echte zeevogels als Noordse Stormvogels, pijlstormvogels, jagers en Drieteenmeeuwen worden alleen bij harde aanlandige wind in grotere aantallen waargenomen (Camphuysen & Van Dijk 1983, Platteeuw *et al.* 1994). De trek tijdens de meetweken is vergeleken met de trek in de rest van de desbetreffende periode aan de hand van de zeetrekellingen van Bloemendaal aan Zee (Geelhoed 2000). Hoewel de telintensiteit niet altijd even groot was, vallen enkele zaken wel op.

De doortrek van eenden in het voorjaar (gedomineerd door Zwarte Zee-eend) is niet tot uiting gekomen in de radarwaarnemingen. Dit komt waarschijnlijk doordat eenden meestal laag boven zee tussen de golven door vlogen. De aantallen ganzen (meest Rotgans), Aalscholvers, steltlopers en meeuwen die gedurende het voorjaar met de radar zijn waargenomen komen meer overeen met de tellingen. De sterke doortrekgolf van steltlopers (met name Zilverplevier, Rosse Grutto en Kanoet) vond plaats tussen 30 april en 5 mei, dus buiten onze meetweken. Dankzij de aanhoudende NO- en O-wind zijn bij de radarwaarnemingen toch nog redelijke aantallen steltlopers waargenomen. (zie het maandoverzicht van mei, 8.1.5). Ook de doortrekgolven van sterns (Visdieven) en meeuwen (Kokmeeuw) komen in de radarwaarnemingen naar voren.

Veldwaarnemingen uit de zomer ontbreken. De grote aantallen Bergeenden, vooral in juli, maar ook van Aalscholver, Zwarte Zee-eend en Kievit komen overeen met het algehele beeld aan de kust uit de zomermaanden (Camphuysen & Van Dijk 1983, Platteeuw *et al.* 1994).

Hoewel de doortrekgolf van sterns visueel wel is waargenomen tijdens de augustus sessie, komen ze in de radarwaarnemingen nauwelijks terug. Ook dit was waarschijnlijk te wijten aan het feit dat de meeste sterns tussen de golven door vlogen. Gedurende de rest van het najaar kwam het soortenspectrum van de radarwaarnemingen overeen met dat van de zeetrekellingen.

In november en december werden de koudegolven met de radar wel vastgesteld maar door veldwaarnemers nauwelijks. Zelfs pal boven de radar vliegende groepen eenden en steltlopers werden door waarnemers naast de radar niet opgepikt. Een flink deel van deze groepen vloog tussen de 1000-1500 meter hoogte onopgemerkt naar het zuiden. Dat is kennelijk, zelfs met een zekere voorkennis, te hoog voor visuele waarneming.

6.2.2 Landvogels

De trek van zangvogels vindt vooral boven de duinen plaats. Langs de Hollandse kust is er een groot verschil tussen het voor- en najaar. Wanneer de vogels in het najaar op hun WZW koers de Noordzee tegenkomen, een grote ecologische barrière, laten ze zich vooral bij ZO wind massaal geleiden langs de kustlijn (o.a. Mostert & Laponder 1988). Bij rugwind, als de wind meer uit O tot NO komt, steken zij ook de Noordzee over (Deelder 1949, Klomp 1956 en Gruys-Casimir 1965). In het voorjaar is het achterland van de Hollandse duinen meestal leeg. De vogels die uit het zuiden naar het N tot NO gaan laten de kust meestal links liggen. Uitsluitend vanuit het overwinteringsgebied Engeland mag breedfronttrek worden verwacht, maar dat zal door veldwaarnemers alleen worden waargenomen als de trek niet al te hoog plaatsvindt. Een vergelijking tussen landtrektellingen tijdens en buiten de meetweken gaat daarom tijdens het voorjaar niet op. De telpost Parnassia van de Vogelwerkgroep Zuid-Kennemerland registreerde de ochtendtrek van half juli tot eind november (Geelhoed 2000). Vooral de trek van lijsters, Spreeuwen en vinken in september en oktober is goed gedocumenteerd. In augustus en september zijn slechts lage aantallen geteld. Pas in oktober en november werden duizenden vogels per uur waargenomen, ook tijdens de meetweken. De lijsters, met name Koperwieken, passeerden in een grote golf vlak vóór aanvang van de oktober meetweek. De hoofdmoot van de Spreeuwentrek vond plaats in de laatste decade van oktober. Toch waren de aantallen die tijdens de meetweek werden waargenomen representatief voor geheel oktober. Een zelfde beeld zien we bij de vinkachtigen. Daarvoor viel de beste dag van het najaarsseizoen in de meetweek (ca. 7000 ex op de 23^e). Koperwieken en vooral Kramsvogels waren tijdens de november meetweek in flinke aantallen aanwezig. Vinkachtigen zijn in september en november niet in noemenswaardige aantallen waargenomen.

Alleen bij stuwing in het najaar worden op de telposten in de duinen grote aantallen vogels waargenomen. De met de radar vastgestelde breedfronttrek wordt op de telposten in de duinen nauwelijks geregistreerd

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusie

Het doel van het onderzoek was om een eventuele gradiënt aan vogeldichtheden ten gevolge van vogeltrek te beschrijven. Tijdens de metingen zijn drie fenomenen waargenomen:

- bewegingen van lokale aard;
- breedfronttrek haaks op de kust en
- geleide trek parallel aan de kust.

In alle maanden, zowel overdag als 's nachts, kwamen lokale bewegingen het meest voor. In ons meetgebied waren de aantallen lokale vliegende vogels sterk gerelateerd aan de aanwezigheid van visserijactiviteit. Een eventuele gradiënt ten opzichte van de kust kon dardoor niet worden vastgesteld. Grootschalige breedfronttrek is met name in oktober en maart vaak waargenomen. Als gevolg van de vliegrichting resulteert ook dit fenomeen niet in een gradiënt. Gedurende het hele jaar is regelmatig geleide trek waargenomen. Deze was sterk aan de kust gebonden. Daarbij zijn zangvogels nauwelijks boven zee waargenomen, en ook de aantallen steltlopers namen binnen zeven kilometer sterk af. De aantallen echte zeevogels en kleine watervogels leken daarentegen eerder toe te nemen met de afstand tot de kust.

7.2 Perspectieven voor vervolgonderzoek

Het onderzoek heeft niet alleen harde gegevens over de vogeldichtheidsgradiënt dwars op de kust opgeleverd, maar heeft ook geresulteerd in de registratie van diverse biologische verschijnselen, die om nadere bestudering vragen. Een beter begrip van de lokale en trekvluchten zal leiden tot grotere voorspelbaarheid van vogelgedrag bij een voorlopig hypothetisch eiland voor de kust. Hierbij moet nadrukkelijk worden gesteld dat de radartechnisch ongunstige locatie IJmuiden niet heilig is.

Inmiddels is vastgesteld dat veel verschijnselen zich ook uitstekend laten bestuderen vanaf het eiland Vlieland, waar vanuit de Kroonspolder een radar beeld verkregen kan worden dat vrijwel grond- en zeeclutter vrij is. Bovendien is optimale aansluiting bij het grootschalige vogelbeeld (bereik 150 kilometer) van de airdefence radar van de Koninklijke Luchtmacht mogelijk. Het is hier niet de plaats om uitgebreid te discussiëren over vervolgonderzoek in relatie tot de vliegeiland discussie. Wel is het zinvol enkele bevindingen aan te stippen die biologische relevantie hebben.

Dominantie meeuwen. Over het hele jaar gemeten had overdag 90% van de echo's betrekking op meeuwen (*Larus spec.*). 's Nachts nam dat af tot gemiddeld 40 à 50%. Alleen in echte treknachten kon het meeuwaandeel tot minder dan 10% afnemen. Verdere studie aan het vlieggedrag van meeuwen zal voor de vliegveiligheid zeer relevante informatie opleveren. Een combinatie van radar en veldwaarnemingen (warmtebeeld camera!) is dringend gewenst.



Foto 6 Meeuwen rondom de Flycatcher, rustend of wachtend op vissersschepen. *Gulls near the Flycatcher, resting or waiting for trawlers.*

Het relatief geringe aandeel zangvogeltrek. Net als al werd vermoed door radarwaarnemingen bij Hoek van Holland (Buurma & Van Gasteren 1989) is de massale gestuwde zangvogeltrek over de zeereep een verschijnsel dat alleen overdag in de onderste luchtlaag optreedt. Ondanks de soms zeer grote aantallen is er buiten de zeereep zone geen sprake van grote dichtheden. De betekenis van gestuwde trek in relatie tot breedfronttrek, zowel over land als over zee, dient grondig te worden herzien.

Breedfronttrek. In hogere luchtlagen werd vooral 's nachts zeer regelmatig breedfronttrek waargenomen. De waarnemingen passen uitstekend in de oude radarornithologische literatuur. Opmerkelijk is de grote schaal waarop de vogels blijken te navigeren. Koerswijzigingen boven de zee/land en land/zee overgang verliepen zo geleidelijk dat ze binnen de gekozen registratie opzet nauwelijks konden worden waargenomen. Dit kan overigens mede een gevolg zijn van de radarblindheid bij de Hoogovens en de slechte detectie op lage hoogte boven land. De Hoek van Holland radarstudie gaf hierin meer inzicht, maar bij de studie werd niet beschikt over 3D-tracks noch over soortidentificatie. Wederom lijkt een Flycatcherstudie op de Vlieland locatie in combinatie met de grote radar het meeste perspectief te bieden. Kennis over de heroriëntatie van trekvogels uit zee boven de kustzone is van eminent belang om het verschijnsel *Fall* beter te begrijpen.

Geleide trek. Tot op grote hoogte kan er sprake zijn van vogeltrek parallel aan de kustlijn, waarbij de vogels op vrij grote schaal redelijk rechtlijnig navigeren, maar wel in een duidelijke baan. Kennelijk houden de vogels de Hollandse-kust min of meer vast. Of dit ecologische of navigatietechnische redenen heeft is onduidelijk. Het verschijnsel is nog nauwelijks begrepen en beschreven. Omdat het ook om grote vogels zoals ganzen gaat, is het relevant voor de luchtvaart, o.a. aanvliegroute Schiphol.

Visserij aspecten. Op allerlei manieren is duidelijk geworden dat vissersboten een enorme invloed op meeuwen en soms ook andere soorten hebben, en dus op behoorlijk grote schaal de verplaatsingspatronen bepalen. Het verschijnsel is een separate veldstudie waard, waarbij opnieuw de videobanden van de rondzoekradar bekeken zouden kunnen worden. Zeefisserij (en wellicht ook andere vormen van scheepvaart) nabij een vliegeiland staat gelijk met het verzoeken van de goden.

8 GEDETAILEERDE BESCHRIJVING VAN DE MAANDOVERZICHTEN

8.1.1 Opzet

In dit hoofdstuk wordt een gedetailleerd overzicht gegeven van de waarnemingen per maand. De waarnemingen worden ook in relatie gebracht met de heersende weersomstandigheden, wanneer hiervan een duidelijke relatie zichtbaar is. Achtereenvolgens komen aan de orde: de weersomstandigheden, de waargenomen vogelsoorten en aantallen, de verdeling van de verschillende soortgroepen naar hoogte en de vliegrichting. Tot slot wordt een kwantitatief beeld geschetst, zowel naar hoogte als naar afstand uit de kust en worden eerder genoemde onderwerpen tot één geheel gevormd.

Meteo

Bij iedere maand wordt, aan de hand van maandoverzichten van het KNMI (1999), een gedetailleerde beschrijving gepresenteerd van het weer voorafgaand aan en tijdens de meetsessie. De onderliggende weergegevens per uur van de grondstations Schiphol, IJmuiden, Bloemendaal en Meetpost Noordwijk worden niet gepresenteerd, maar zijn wel gebruikt bij de totstandkoming van dit rapport.

Uit literatuur (zie Richardson 1978 en 1990 voor een samenvatting) blijkt dat met name rugwind een positief effect heeft op vogeltrek. Regen en slecht zicht zorgen juist voor het ontbreken van vogeltrek. In dit licht worden de perioden met extreem positieve en negatieve weerparameters aangegeven. Hiertoe worden twee grafieken getoond, waarin de windvectoren op de twee veronderstelde hoofdvliegrichtingen worden weergegeven. De belangrijkste vliegrichtingen zijn parallel aan de kust of haaks op de kust. De wind, elk uur gemeten op 10 meter hoogte én elke 6 uur gemodelleerd tot 3 kilometer hoogte (Hirnam model), wordt daartoe ontleed in een tweetal vectoren. Beide windvectoren worden in één grafiek getoond.



Figuur 25 Grafische voorstelling van de ontleding van de wind in een windvector haaks op de kust (blauw) en een windvector parallel aan de kust. In dit voorbeeld is een WZW wind ontleed in een positieve windvector voor vogels die zowel naar het O als het NNO willen vliegen. Dit is gunstig voor de voorjaarstrek. Merk op dat de wind veel gunstiger is om de Noordzee vanuit Engeland over te steken, dan langs de kust naar het NNO te vliegen. Maar voor beide vliegrichtingen bestaat een rugwind. *Graphic presentation of wind vectors parallel (red) and at right angles to the coast (blue).*

Waargenomen vogelsoorten en aantallen

Voor iedere maand wordt een korte samenvatting gegeven van de overdag waargenomen vogelsoorten en hun aantallen uit de gevolgde vliegpaden. Voor de maanden juni tot en met november zijn de panoramatellingen samengevat ter vergelijking met de onderste 100 meter van de radardata (vliegpaden).

Soortenverdeling naar hoogteklaas

De verdeling van de verschillende soortgroepen wordt aan de hand van twee hoogteklaas beschreven. De indeling van de hoogteklaas beperkt zich tot onder en boven de 100 meter. Op deze manier kunnen rechtstreeks vergelijkingen met de elevatiescan (waar de onderste 100 meter niet van

gebruikt kan worden) worden gemaakt. Een bijkomend voordeel is dat op deze manier de lokale bewegingen worden gescheiden van de zogenaamde echte trekkers.

Omdat vogels vooral zijn opgespoord met behulp van de zoekantenne is het bereik beperkt tot de onderste 2 kilometer. In de beschrijving ligt de nadruk op de verschillen in vlieghoogte tussen de soortgroepen overdag en 's nachts.

Vliegrichting

Van maand tot maand worden de vliegrichtingen per soortgroep, gesplitst in dag en nacht, in tabelvorm weergegeven. Alleen significante richtingen, berekend over minimaal 25 groepen, worden vermeld.

Elevatiescans

Iedere maand worden uit de database met vliegpaden de dagdelen met een éénduidige richting boven 100 meter hoogte geselecteerd. Als de gemiddelde vliegrichting daarvan meer dan 45° afwijkt van de as van de elevatiescan haaks op de kust (284°), zullen de gemiddelde en maximale dichtheid uit die scan worden bepaald. Anders worden de dichtheden uit de elevatiescan evenwijdig aan de kust bepaald. Van de dagdelen met een 2-D dichtheid (de som van alle hoogteklassen opgeteld) groter dan 1 echo per km² zullen de hoogteverdelingen kort worden beschreven en onderling worden vergeleken. Van dagdelen waar de vliegrichting meer dan 15° afwijkt van haaks op de kust (ofwel gemiddelde vliegrichtingen tussen 299° en 89° of 119° en 269°) zal de dichtheidsgradiënt vanaf de kust worden beschouwd. In de overige gevallen gaat het om trek uit of naar Engeland en van deze vogelstroom (breedfronttrek) bestaat geen dichtheidsgradiënt vanaf de kust (zie ook de schets in Figuur 3).

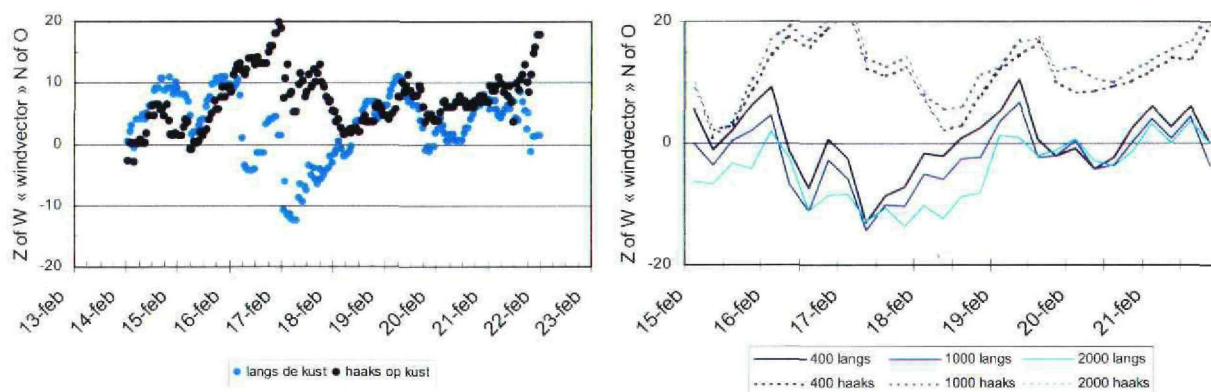
8.1.2 Februari

Meetperiode

Vanaf het eind van de middag van de 15^e tot in de vroege ochtend van de 19^e zijn de allereerste metingen verricht. Hoewel we aanvankelijk begonnen op de punt van de zuidpier, zijn we hier in de eerste nacht, door aanhoudende storm, al van verdreven. Op de middag van de 17^e zijn de metingen vervolgd vanaf het begin van de pier (vanaf nu locatie 'strand').

Meteo

Van 8 tot en met 14 februari daalde de temperatuur in bijna het gehele land tot onder het vriespunt. De meetsessie begon na deze vorstperiode op de 15^e. 's Morgens trok een frontensysteem vergezeld van regen en gladheid langzaam oostwaarts. Achter het front werd met een zuidwesten wind vochtige lucht aangevoerd. Door afkoeling boven het nog aanwezige sneeuwdek ontstond op veel plaatsen dichte mist. Tussen de 15^e en 18^e werd het weer bepaald door een actieve depressie boven Scandinavië. Tussen deze depressie en een hogedrukgebied boven de Azoren en Ierland handhaafde zich een krachtige noordweststroming, waardoor het weer een onstuimig karakter kreeg. Talrijke winterse buien dreven landinwaarts. In de nacht van 16 op 17 februari heerste aan de kust enige tijd een noordwesterstorm. Tussen deze diepe depressie en een hogedrukgebied ten westen van Portugal werd met een weststroming zachte en vochtige lucht naar ons land gevoerd. Op de 19^e bevond ons land zich in de warme sector en werd de vorst verdreven. Langdurige motregen was ons deel. De 20^e stond onder invloed van een zwakke rug van hoge druk en werd een droge en zonnige dag. In de namiddag en avond van de 21^e trok een randstoring met onweer en zeer zware windstoten over ons land (maandoverzicht februari 1999, KNMI 1999).



Figuur 26 Windvectoren (m/s) ten opzichte van trek langs respectievelijk haaks op de kust, februari 1999, IJmuiden. In de linker figuur zijn de windvectoren afgeleid uit de gemeten wind op 10 meter hoogte. In de rechter figuur wordt de windvector op 400, 1000 en 2000 meter hoogte uit het HIRLAM model weergegeven, langs (doorgetrokken lijn) of haaks op (gestippelde lijn) de kustlijn. *Wind vectors related to bird movements along (light blue or line) and perpendicular to (dark blue or dashed line) the coastline, February 1999. Left figure: measured wind vectors at 10 m altitude. Right figure: wind vectors at 400, 1000 and 2000 m altitude, obtained from HIRLAM model.*

Hoewel de windvectoren (windsnelheid in de trekrichting) over de hele week neutraal tot positief waren voor trek naar het NNO en uitermate geschikt voor aankomst uit Engeland, waren de overige weersomstandigheden vanwege de regen en storm niet gunstig voor vogeltrek.

Waargenomen vogelsoorten en aantallen

Overdag zijn vooral vliegpaden geregistreerd van de soortgroepen grote vogels, meeuwen & sterns en grote watervogels. Dit waren respectievelijk enkele groepen Rotganzen (48 exemplaren in 5 groepen), veel Zilvermeeuwen (41 exemplaren, 21 groepen) en enkele groepen Kieviten (114 exemplaren, 3 groepen).

Soortenverdeling naar hoogteklaas

Overdag vloog bijna 80% van de gevolgdde vogels onder de 100 meter, tegenover 52% 's nachts. Overdag vlogen onder de 100 meter vooral meeuwen, hogerop vlogen naast grote meeuwen (Zilvermeeuw) ook grote vogels en grote watervogels (ganzen, Kieviten). Van de nachten is geen soortinformatie bekend.

Tijd	Soortgroep	N	Hoogte		Soortgroep	
			< 100m	> 100m	< 100m	> 100m
Dag	Totaal	144	78%	22%		
	Grote vogel	10	70%	30%	19%	17%
	Meeuw & Stern	34	74%	26%	68%	50%
	Grote watervogel	8	50%	50%	11%	22%
	Grote zangvogel	3	33%	67%	2%	11%
Nacht	Totaal	283	52%	48%		

Tabel 14 Soorten en vlieghoogten, naar dag en nacht, februari 1999. Middelste kolom: hoogteverdelingen per soortgroep (horizontaal 100%). Vliegpaden van onbekende soorten zijn in het totaal opgenomen. Rechter kolom: soortgroepverdeling onder respectievelijk boven 100 meter hoogte (verticaal 100%). *Species and flight altitudes, by day and night, February 1999. Middle column: altitude distributions per species group (horizontally adding up to 100%). Unidentified tracks are included in the totals. Right column: species distribution below respectively above 100m altitude (vertically adding up to 100%).*

Vliegrichtingen

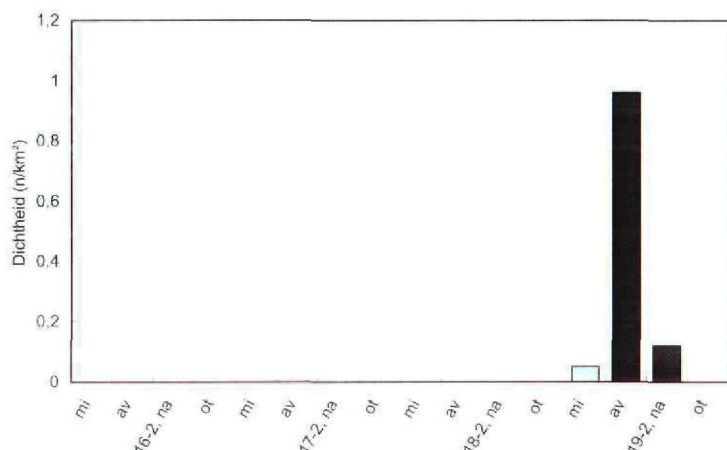
Overdag vlogen de vogels alle kanten op. 's Nachts vliegen de meeste vogels landinwaarts (breedfronttrek vanuit Engeland), maar de andere categorieën ontbreken zeker niet.

Tijd	Soortgroep	N	Langs kust NNO	Land in OZO	Langs kust ZZW	Zee in WNW	Richting
Dag	Grote vogel	10	7	2		1	
	Meeuw & Stern	34	7	10	12	5	n.s.
	Grote Watervogel	8	4	2	1	1	
	Grote zangvogel	3		3			
	Totaal	144	44	46	31	23	74°
Nacht	Totaal	283	75	133	55	20	88°

Tabel 15 Voorkomen van vliegrichtingen voor verschillende soortgroepen, gesplitst naar dag/nacht, februari 1999. Gebaseerd op dagen en nachten met meer dan 25 groepen en één overheersende, significante vliegrichting. *Occurrence of flight directions by day and night, February 1999. Based on days and nights with more than 25 tracks yielding an unimodal distribution and a significant mean direction.*

Elevatiescans

In februari is veel slecht weer geweest, waardoor enkele perioden zelfs niet zijn gemeten. Pas aan het eind van de meetsessie vond een kleine doortrekgolf plaats. De golf begon op de middag van de 18^e en piekte in de avond daarop. In de nacht is nog slechts een staartje van deze golf waargenomen.



Figuur 27 2D-Dichtheid (echo's/km²) boven 100 meter in februari 1999. De dichtheden zijn gebaseerd op de verticale scan (kijkrichting 284°) en gesplitst naar nacht, ochtend, middag en avond. Wanneer de trek uit of naar zee is waargenomen zijn tevens de dichtheden van de verticale scan, kijkrichting 194°, door een • weergegeven. Alleen dagdelen met één dominante, significante vliegrichting zijn weergegeven. *2D-density (echoes per km²) above 100m altitude in February 1999. Densities are based on the vertical scan towards 284° and grouped by night, morning, noon and evening. When bird movements from or towards the sea were observed, the results of the vertical scan towards 194° are also presented and marked with a •. Only day parts with a unimodal distribution and a significant mean flight direction are presented.*

Datum	Tijd	Kijkrichting	Dichtheid		Vliegrichting	
			2-D (n/km ²)	Maximum (n/km ³)	Hoogte max. dichtheid (m)	Gemiddeld (graden)
18-2-99	Middag	284°	0,1	0,1	150	73
19-2-99	Nacht	284°	0,1	0,5	150	70

Tabel 16 Dichtheden en vleghoogten boven de 100 meter in februari 1999, gebaseerd op de verticale scan. Standaard is haaks op de kustlijn gemeten (kijkrichting 284°). Wanneer trek uit of naar zee is waargenomen zijn de gegevens gearceerd en waar beschikbaar zijn bovendien de gegevens uit de verticale scan evenwijdig aan de kustlijn (kijkrichting 194°) weergegeven. Van links naar rechts zijn weergegeven: de totale dichtheid in echo's per km², de maximale dichtheid in echo's/ km³, de bijbehorende hoogtelaag en de gemiddelde vliegrichting. Alleen dagdelen met één dominante, significante vliegrichting zijn weergegeven.
Densities and flight altitudes above 100m altitude in February 1999, based on the vertical scan. Standard vertical scans are directed perpendicular to the coastline, towards 284°. When bird movements from or towards the sea were observed, the results are hatched and also the results of vertical scans parallel to the coastline are given. From left to right: the overall density in echoes per km², the maximum density in echoes per km³, the altitude with the maximum density and the mean track direction.

In de middag van de 18^e kwamen verschillende groepen Kieviten uit zee. De vogeltrek zette zich in de loop van de avond en nacht voort, maar concentreerde zich in de onderste 100^{en} meters. De maximale dichtheden werden 's avonds waargenomen tussen 100-200 meter hoogte. Boven 500 meter hoogte draaide de wind naar ongunstige richtingen en op die hoogte zijn dan ook geen vogels meer waargenomen. AGC-signalen werden nog niet verzameld dus het is onbekend welke soorten er in de nacht vlogen.

Datum	Tijd	afstand tot de kust (km)			
		2½ - 4	4 - 5½	5½ - 7	7 - 8½
18-2-99	Middag	0,08	0,06	0	
19-2-99	Nacht	0,21	0,05	0,22	
15/19-02	Nacht	96%	22%	100%	
	Middag	100%	75%	0%	
	Avond	100%	50%	86%	

Tabel 17 2D-dichtheden boven de 100 meter in relatie tot de afstand uit de kust in februari 1999, gebaseerd op de verticale scans. Boven: Dichtheden per dagdeel in echo's per km². Onder: verdeling van dichtheden per week, uitgedrukt in procenten van de maximale gemiddelde dichtheid. Alleen dagdelen met één dominante, significante vliegrichting zijn gebruikt. Dagdelen waarbij de vliegrichting min of meer haaks op de kustlijn stond, hetgeen een minder betrouwbare gradiënt oplevert, zijn gearceerd. *2D-densities on different distances from the coastline, above 100m altitude in February 1999, based on the vertical scans. a) Densities per part of day, in echoes per km². b) Mean weekly density distributions, as a percentage from the maximum mean density. Only day parts with a unimodal distribution and a significant mean flight direction are used. Day parts with a dominant flight direction more or less perpendicular to the coastline, yielding less reliable density measurements, are hatched.*

De weekgemiddelden zijn voor alle drie de dagdelen slechts op één meetresultaat gebaseerd. In de middag concentreerde de trek zich vlak onder de kust. Vooral groepen Rotganzen en Zilvermeeuwen zijn waargenomen. In de avond en nacht is, als gevolg van de breedfronttrek uit Engeland, geen afname vastgesteld.