

Effekt af Tunø Knob vindmøllepark på fuglelivet

Faglig rapport fra DMU, nr. 209

Magella Guillemette
Jesper Kyed Larsen
Ib Clausager

Afdeling for Kystzoneøkologi

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
Oktober 1997

Datablad

Titel: Effekt af Tunø Knob vindmøllepark på fuglelivet

Forfattere: Magella Guillemette, Jesper Kyed Larsen & Ib Clausager
Afdeling: Afdeling for Kystzoneøkologi

Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 209

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser©
URL: <http://www.dmu.dk>

Udgivelsestidspunkt: Oktober 1997

Referees: Henning Noer og Jesper Madsen
Layout: Annie Jessen

Bedes citeret: Guillemette, M., Larsen, J.K. & Clausager, I. (1997): Effekt af Tunø Knob vindmøllepark på fuglelivet. Danmarks Miljøundersøgelser. 33 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 209.

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

Frie emneord: Fugle, havdykænder, havbaseret vindmøllepark, miljøkonsekvensvurdering, BACI, Århus Bugt

Redaktionen afsluttet: 29. oktober 1997

ISBN: 87-7772-351-1
ISSN: 0905-815X

Papirkvalitet: 100 g Cyclus Offset
Tryk: Phønix-Trykkeriet as, Århus, Miljøcertificeret BS 7750
Sideantal: 33
Oplag: 1.000

Pris: kr. 45,- (inkl.25% moms, ekskl. forsendelse)

Købes i boghandelen eller hos: Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12
Kalø
DK-8410 Rønne
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 14

Miljøbutikken
Information og Bøger
Læderstræde 1
1201 København K
Tlf.: 33 37 92 92
Fax: 33 92 76 90

Indhold

	English summary	7
1	Indledning	9
2	Undersøgellesdesign	10
3	Undersøgellesområder	11
4	Dataindsamling	12
4.1	BACI undersøgelser	12
4.2	"Efter" undersøgelser	13
4.2.1	Morgentræk	13
4.2.2	Rotorbevægelse	14
4.2.3	Fødeudnyttelse	14
5	Resultater	14
5.1	Udvikling i antal fugle	14
5.1.1	Århus Bugt	14
5.1.2	Tunø Knob og Ringebjerg Sand	15
5.1.3	Fødeudbud	16
5.2	Fordeling på Tunø Knob	16
5.3	"Efter" undersøgelser	21
5.3.1	Morgentræk	21
5.3.2	Rotorbevægelse	21
5.3.3	Fødeudnyttelse	22
6	Diskussion	25
7	Konklusion	27
7.1	Fremtidige undersøgelsesbehov	28
7.1.1	Andre tidspunkter på året og store bestande	28
7.1.2	Andre arter	28
7.1.3	Flyveadfærd og kollisionsrisiko	28
7.1.4	Forstyrrelser i forbindelse med skibstrafik til mølleparker	29
7.1.5	Store havbaserede mølleparker	29
8	Referencer	30

Resumé

Ved planerne om udbygning af den havbaserede vindkraft blev det i efteråret 1994 aftalt mellem Miljø- og Energiministeriet og elselskaberne at igangsætte en treårig fugleundersøgelse ved Tunø Knob havvindmøllepark. Baggrunden for undersøgelsen var et behov for at få belyst den eventuelle konflikt mellem havbaserede vindmølleparker og vandfugle. De danske farvande rummer meget store koncentrationer af fældende, trækkende og overvintrende vandfugle, som søger føde i de samme lavvandede områder, som er aktuelle for opstilling af mølleparker. Danmark er i henhold til internationale aftaler forpligtet til at sikre levevilkårene for disse fugle.

Der blev foretaget to typer af undersøgelser: BACI (Before After Control Impact) og "efter" undersøgelser. BACI undersøgelserne baserede sig på sammenligning af fuglenes forekomst i et formodet påvirket område, før og efter opstilling af mølleparken, sammenholdt med den samtidige udvikling i ét eller flere kontrolområder. Disse undersøgelser er udført på to geografiske niveauer, dels for Tunø Knob med Ringebjerg Sand som kontrolområde, og dels for et delområde omkring mølleparken med tilhørende kontrolområder. "Efter" undersøgelserne har haft til formål gennem forsøg og detaljerede undersøgelser at klarlægge, om og hvordan fuglene var påvirket af møllerne og derigennem sandsynliggøre mølleparkens andel i den observerede udvikling i forekomsten af fugle fra før til efter mølleparkens opstilling.

Mølleparken blev opstillet på Tunø Knob i løbet af sommeren og det tidlige efterår 1995. Den består af 10 stk. 500kW møller opstillet i to rækker på 3-5 m's dybde. Undersøgelserne foregik alle i vinterhalvåret og koncentrerede sig om ederfugl og sortand, de to mest talrige arter på Tunø Knob.

BACI undersøgelserne indledtes året før opstilling af mølleparken (1994/95) og fortsatte to år efter (1995/96 og 1996/97). Disse undersøgelser omfatter perioden februar - april, hvor der blev foretaget flytællinger af fugle i hele Århus bugten samt optællinger fra tårne på Tunø Knob og Ringebjerg Sand. Ud over registreringer af fugle blev der indsamlet bundprøver for at følge udviklingen i fødeudbudet. "Efter" undersøgelserne foregik vinteren 1996/97 i perioden november - april, og koncentrerede sig om et område inden for en afstand af 600 m fra parken.

På Tunø Knob gik antallet af ederfugl og sortand markant og kontinuerligt tilbage, således at der den anden vinter efter opstilling af mølleparken registreredes henholdsvis en fjerdedel og under en tiendedel af antallet registreret vinteren før opstillingen. For ederfugl var antallet af fugle på Ringebjerg Sand og i hele Århus bugten generelt stabilt i samme periode. For sortand adskilte udviklingen på Tunø Knob sig kun delvist fra de samme områder. Fødeudbudet ændrede sig samtidigt markant og ydermere forskelligt på Tunø Knob og Ringebjerg Sand. Resultaterne antyder, at den registrerede udvikling i antallet af både ederfugl og sortand kunne være et resultat af

ændringer i fødeudbudet, idet der kunne påvises en høj korrelation mellem antallet af disse arter og forekomsten af blåmuslinger.

Antallet af ederfugl i mølleområdet på Tunø Knob faldt markant gennem undersøgelsesperioden. Udviklingen i mølleområdet adskilte sig imidlertid ikke væsentligt fra andre dele af Tunø Knob. Dertil kom, at ederfuglene inden for en enkelt vintersæson efter opstilling af mølleparken bevægede sig rundt i alle dele af området. Resultaterne antyder, at den observerede udvikling i mølleområdet var et resultat af naturlig variation.

Der blev foretaget tre forskellige "efter" undersøgelser, der på hver sin vis forsøgte at tage højde for andre faktorer, særligt fødeudbudets, indflydelse på resultaterne. For at undersøge om mølleparken påvirkede fuglenes tilbøjelighed til at slå sig ned i området under morgentrækket, blev der udlagt grupper af lokkeænder i forskellig afstand til parken. Resultaterne viste, at omkring 80% færre fugle lagde an til landing eller landede 100 m fra møllerne sammenlignet med 300 og 500 m fra møllerne. Selve rotorbevægelsens forstyrrende effekt blev undersøgt ved periodevis at standse møllerne. Der kunne ikke påvises nogen effekt af rotorbevægelsen på fordelingen af fugle i området. Undersøgelse af fuglenes udnyttelse af fødeudbudet i forskellige afstande fra mølleparken viste, at fødeudbudet kunne forklare mere end 90% af variationen i forekomsten af ederfugle 0-600m fra mølleparken. Det antyder, at der, til trods for at færre ederfugle landede tæt på møllerne, ikke var nogen effekt af møllerne på fødeudnyttelsen omkring parken. En mulig forklaring herpå kan være, at ederfuglene efter landing svømmede nærmere på møllerne for at fouragere.

Samlet kan det konkluderes, at nedgangen i antallet af ederfugle på Tunø Knob ikke kunne tilskrives etablering af mølleparken. Derimod peger resultaterne på, at ændringen i forekomsten af ederfugl primært har været forårsaget af den naturlige variation i fødeudbudet. Dette er sandsynliggjort af BACI undersøgelserne både på område- og på delområdeniveau, og underbygget af "efter" undersøgelserne umiddelbart omkring mølleparken. Der skal imidlertid tages forbehold for, at der var forholdsvis få fugle til stede i området under "efter" undersøgelserne, idet det er velkendt for vandfugle, at følsomheden overfor forstyrrelser stiger med flokstørrelsen. Derudover blev det ikke belyst, om den observerede forekomst inde i selve mølleparken var i overensstemmelse med fødeudbudet. For sortand har det ikke været muligt at belyse en eventuel effekt af mølleparken på grund af det forholdsvis lille antal fugle.

Den foreliggende undersøgelse belyser ikke alle aspekter af den potentielle konflikt mellem fugle og havbaserede vindmøller. Der er behov for at tilvejebringe yderligere viden omkring effekten på andre tidspunkter af året, (specielt i forbindelse med fældning) på store koncentrationer af fugle og på andre arter. Ligeledes er der behov for at få belyst kollisionsrisikoen, effekten af forstyrrelser fra skibstrafik i tilknytning til mølleparker samt effekten af storskala mølleparker.

English summary

As part of the plans of the Danish government to expand offshore wind energy production, The Ministry of Environment and Energy, in collaboration with the Danish power companies, initiated a three-year study of the effects of the Tunø Knob offshore wind farm on birdlife. The aim of this study was to investigate the potential conflict between offshore wind farms and waterbirds. Danish coastal waters support very large, internationally important concentrations of moulting, migrating and wintering waterbirds which depend on shallow water areas as major feeding habitats. However, such shallow coastal areas are precisely the type of areas in which future wind farms are planned. Denmark is committed to protect and maintain these populations of waterbirds under international agreements.

Two approaches were adopted for the investigation: BACI (before-after-control-impact) and "after" studies. The aim of the BACI studies was to compare bird abundance and distribution in the presumed impact area before and after construction of the wind farm, and to relate this to simultaneous changes in control areas. This was carried out on two spatial scales: (1) for the whole of the Tunø Knob area, using Ringebjerg Sand as a control, and (2) for the part of the area where the wind farm was built, with other areas of Tunø Knob as controls. The aim of the "after" studies was to establish experimentally or otherwise whether birds were affected by the turbines in the immediate vicinity of the wind farm, and by doing so, serve to clarify the influence of the wind farm on the change in numbers observed in the BACI studies.

The wind farm was established at Tunø Knob, a shoal in Århus Bugt, and consisted of ten 500 kW turbines erected in 3-5 m of water during the late summer of 1995. All studies were carried out during the winter period, and results are reported for eider *Somateria mollissima* and common scoter *Melanitta nigra*, which composed the great majority of the bird population.

The BACI investigations started in the winter before construction of the wind farm (1994/95), and extended two winters after its completion (1995/96 and 1996/97). The main study period was February - April. In addition to counts and localisations of the birds on the study areas, aerial surveys were conducted to monitor the trends in regional bird numbers. Furthermore, the benthic community was sampled each year to assess variation in the potential food supply. The "after" investigations were conducted during the third winter from November to April, and focused on the area within 600 m of the wind farm.

Eider numbers declined by 75% and common scoter numbers by more than 90% from the winter prior to construction compared to the second winter after. In contrast, eider numbers at Ringebjerg Sand and the total numbers in the region showed no trend during the same period. Amongst common scoter, the pattern observed at Tunø Knob only slightly deviated from those in the other areas. During the

same period, however, food abundance and composition changed at both Tunø Knob and Ringebjerg Sand. The size and composition of the blue mussel *Mytilus edulis* population, a favourite prey species, could account for a high proportion of the overall variation in both eider and common scoter numbers in these areas.

In the part of Tunø knob where the wind farm was build, eider numbers decreased markedly over the study period. However, this decline was comparable to that observed on other parts of Tunø Knob. Furthermore, detailed mapping showed a high degree of annual and within season variation in spatial distribution over the area, including occurrence in the immediate vicinity of the wind farm. These results suggest that the observed changes in eider numbers on the wind farm area were due to natural variation.

Three different "after" studies were conducted in the immediate vicinity of the wind farm. In one experiment, using patches of decoys in different distances of the wind farm, it was found that about 80% less eiders landed or attempted to land at 100 m from the turbines compared to 300 and 500 m from the turbines. In a second experiment, where the turbines were switched on and off, there was no detectable effect of revolving rotors on the abundance and spatial distribution of eiders. Finally, food abundance and eider use over the entire winter were determined for four experimental quadrates (4 ha each) positioned at different distances from the wind farm (from 0 to 600 m). The results showed that more than 90% of the variation in eider numbers in these quadrates could be accounted for by the food supply. This suggests, that, despite eiders landed less frequently close to the turbines, the turbines had no effect on the exploitation of food resources around the wind farm. Possibly, this was explained by eiders swimming towards the turbines to feed.

Overall, the decline in eider numbers at Tunø Knob could not be attributed to the construction of the wind farm. The results suggest that the observed changes in the occurrence of eiders were driven by natural variations in the food supply. This was suggested by the BACI studies at a large and intermediary spatial scale (Tunø Knob and the wind farm subarea, respectively), and confirmed by the results of the "after" studies on a small spatial scale (immediate vicinity of the wind farm). The results should, however, be interpreted with caution because the results of the "after" studies were based on a situation where there were relatively few eiders in the area. It is well known that sensitivity to disturbance is related to flock size in waterbirds. Furthermore, it was not established to what extent eiders exploited the food resources within the wind farm. For the common scoter the results were inconclusive due to the relatively low numbers present.

The present study did not address all aspects of the potential conflict between birdlife and offshore wind farms. Further information is needed on the effects during other periods of the annual cycle (especially during moulting), the effects on large concentrations and other species, the risk of collisions, the effects of disturbance from maintenance ships and the effects of large scale wind farms.

1 Indledning

Regeringen har i den seneste energihandlingsplan, Energi 21, bekræftet og fastholdt Danmarks nationale målsætning om at reducere CO₂-udledningen og samtidigt fremme en bæredygtig energiudvikling ved bl.a. en øget udnyttelse af vedvarende energikilder (Anon. 1996). Målsætningen er, at vedvarende energikilder skal dække 12-14% af det danske energiforbrug i år 2005 og ca. 35% i år 2030. Denne udbygning af den vedvarende energi baserer sig overvejende på vindkraft. I erkendelse af, at vindmøllerne bliver større, og dermed vanskeligere at finde placeringer på land, forventes størstedelen af udbygningen at skulle foregå på havet. Det er planen at opstille havbaserede vindmølleparker med en samlet kapacitet på 4.000 MW frem til år 2030.

De danske farvande rummer nogle af de største koncentrationer af fældende og overvintrende havænder, der kendes. Om vinteren kan således op mod to millioner havdykænder opholde sig samtidigt i vore farvande. De talrigeste arter er ederfugl *Somateria mollissima* og sortand *Melanitta nigra*, hvor der er registreret henholdsvis trekvart og nær én million individer (Pihl et al. 1992). Det svarer for ederfuglens vedkommende til en fjerdedel af hele den vestpalearktiske bestand og for sortanden til tre fjerdedele af bestanden i samme område (Rose & Scott 1994). Ud over havdykænder findes der også i perioder af året store forekomster af lommer, lappedykkere, skalleslugere og alkefugle i de danske farvande (Laursen et al. 1997). Danmark er i henhold til bl.a. EF-fuglebeskyttelsesdirektivet og RAMSAR-konventionen forpligtet til, at vilkårene for fuglene ikke forringes.

Havdykænderne findes for langt hovedparten udbredt i lavvandede havområder (Joensen 1973 & 1974, Laursen et al. 1997), hvor de finder deres foretrukne fødeemner (Guillemette et al. 1993). Det er i den samme type havområde, at den kommende udbygning af havbaseret vindkraft skal finde sted (EEAH 1997). På den baggrund blev det aftalt mellem Miljø- og Energiministeriet og elselskaberne at igangsætte en treårig undersøgelse ved Tunø Knob. Den skulle belyse en havvindmølleparks effekt på fuglelivet.

I nærværende rapport præsenteres undersøgelsens hovedresultater og den samlede konklusion. For en udførlig beskrivelse af metoder og resultater henvises til undersøgelsens hovedrapport (Guillemette et al. in prep.). Der vil i gennemgangen af resultaterne ikke blive præsenteret test- og sandsynlighedsværdier, men udelukkende refereret til om resultaterne er signifikante eller ej. De fulde testresultater samt beskrivelser af de anvendte statistiske metoder fremgår af Guillemette et al. (in prep.).

Undersøgelsen er finansieret af ELSAM, Energistyrelsen, Skov- og Naturstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser.

2 Undersøgellesdesign

De gennemførte undersøgelser kan deles op i to typer:

1. BACI (Before After Control Impact) undersøgelser, der har til formål at sammenligne antal og fordeling af fugle i det formodede påvirkede område før og efter opstilling af mølleparken og sammenholde det med den samtidige udvikling i ét eller flere kontrolområder.
2. "Efter" undersøgelser, der har til formål efter opstilling af mølleparken direkte at påvise, om og hvordan fuglene er påvirkede af møllerne.

De to typer undersøgelser er komplementære ved, at BACI undersøgelserne skal dokumentere eventuelle ændringer i antallet af fugle. "Efter" undersøgelserne skal sandsynliggøre mølleparkens andel i en eventuel forstyrrende effekt.

BACI undersøgelserne strakte sig over en treårig periode med ét år før og to år efter opstilling af mølleparken. Undersøgelserne blev foretaget på to geografiske niveauer omfattende 1) hele Tunø Knob og 2) et delområde omkring mølleparken. På baggrund af tidligere fugleoptællinger i en række områder i Århus bugten blev Ringebjerg Sand udpeget som kontrolområde til Tunø Knob, da dette område viste et stort sammenfald i forekomsten af ederfugl. Derudover blev udviklingen i antal fugle på Tunø Knob relateret til udviklingen i antallet i hele regionen. For delområdet omkring mølleparken blev tre andre områder på Tunø Knob anvendt som kontrolområder. Som kontrol har disse områder den svaghed, at de ikke er naturligt adskilt fra det potentielt påvirkede område, men modsat har de den fordel, at de må antages at have en høj grad af lighed i fysiske og biologiske forhold.

"Efter" undersøgelserne blev foretaget på et tredje og et mere detaljeret geografisk niveau, nemlig inden for et afgrænset område omkring mølleparken. Området blev yderligere opdelt i en række afstandszo-ner omkring parken ud fra antagelsen om, at en eventuel forstyrrende effekt vil aftage med afstanden til parken. "Efter" undersøgelserne adskiller sig yderligere fra BACI undersøgelserne ved så vidt muligt at tage højde for andre forhold end møllerne, som bl.a. fødeudbudet, kan have på resultaterne.

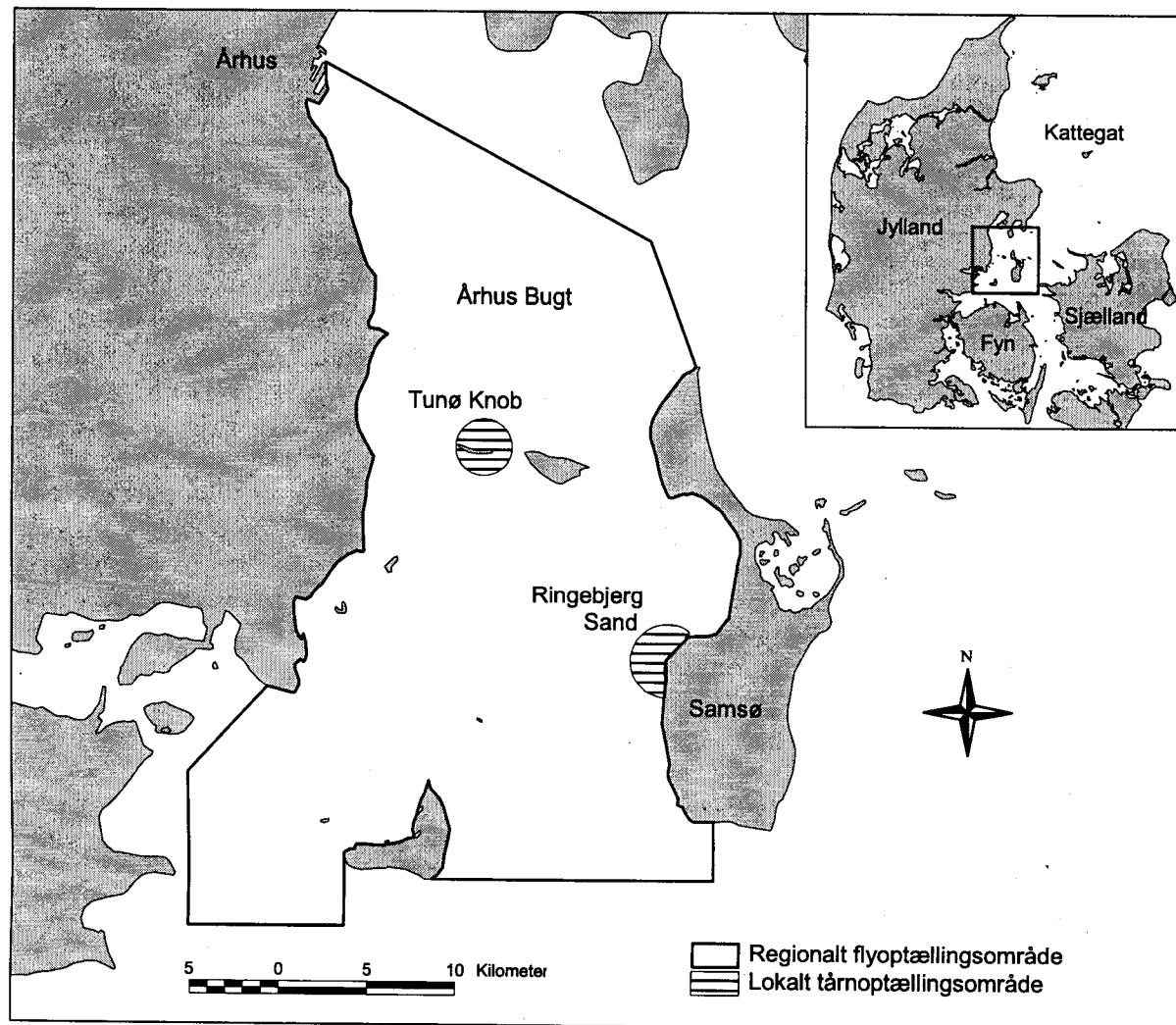
To arter af havdykænder forekom i større antal på Tunø Knob, nemlig ederfugl og sortand. Ederfuglen var den dominerende art med 81-93 % af det årligt registrerede antal individer, mens sortand udgjorde 1-14%. For sortand har det ikke været muligt at tilvejebringe resultater i forbindelse med "efter" undersøgelserne, idet der var meget få individer til stede. Derfor vil hovedvægten i gennemgangen af resultaterne ligge på ederfugl, og sortand vil kun blive omtalt kort i forbindelse med BACI undersøgelserne.

3 Undersøgelsesområder

Tunø Knob er beliggende i Århus bugten ca. 5 km fra Jyllands østkyst (Fig. 1). Vanddybden i undersøgelsesområdet er overvejende mellem 0-10 m. På 0-6 m's dybde består bunden hovedsageligt af sand med ler og småsten, mens silt og siltet sand dominerer på større dybder. Vindmølleparken blev opstillet i løbet af sommeren og det tidlige efterår 1995. Parken består af 10 stk. 500 kW møller opstillet på 3-5 m's dybde i to rækker med en indbyrdes afstand mellem møllerne på 200 m og en afstand mellem rækkerne på 400 m. Møllerne har en tårnhøjde på 40 m og en rotordiameter på 39 m.

Ringebjerg Sand er et lavvandet område beliggende 14 km fra Tunø Knob ved Samsøs vestkyst (Fig. 1). Området har dybde og bundforhold, der er sammenlignelige med Tunø Knob.

I et område omkring Tunø Knob og Ringebjerg Sand blev der i forbindelse med undersøgelsen udstedt et midlertidigt forbud mod



Figur 1. Geografisk placering af undersøgelsesområder. Udstrækningen af optællingsområderne på Tunø Knob og Ringebjerg Sand er angivet (skraveret) sammen med udstrækningen af det regionale optællingsområde - omtalt i teksten som Århus bugten (optrukket streg).

muslingefiskeri. På Tunø Knob er der et generelt sejladsforbud i et 2x2 km område på grund af tidligere brug som militært skydeområde. På Ringebjerg Sand er der ingen øvrige færdselsrestriktioner. For begge områder gælder det, at i tilfælde af forstyrrelser i form af sejlads, jagt eller overflyvninger, blev undersøgelserne indstillet og først genoptaget den følgende dag. Forstyrrelser blev registreret på omkring 10% af alle undersøgelsesdage.

4 Dataindsamling

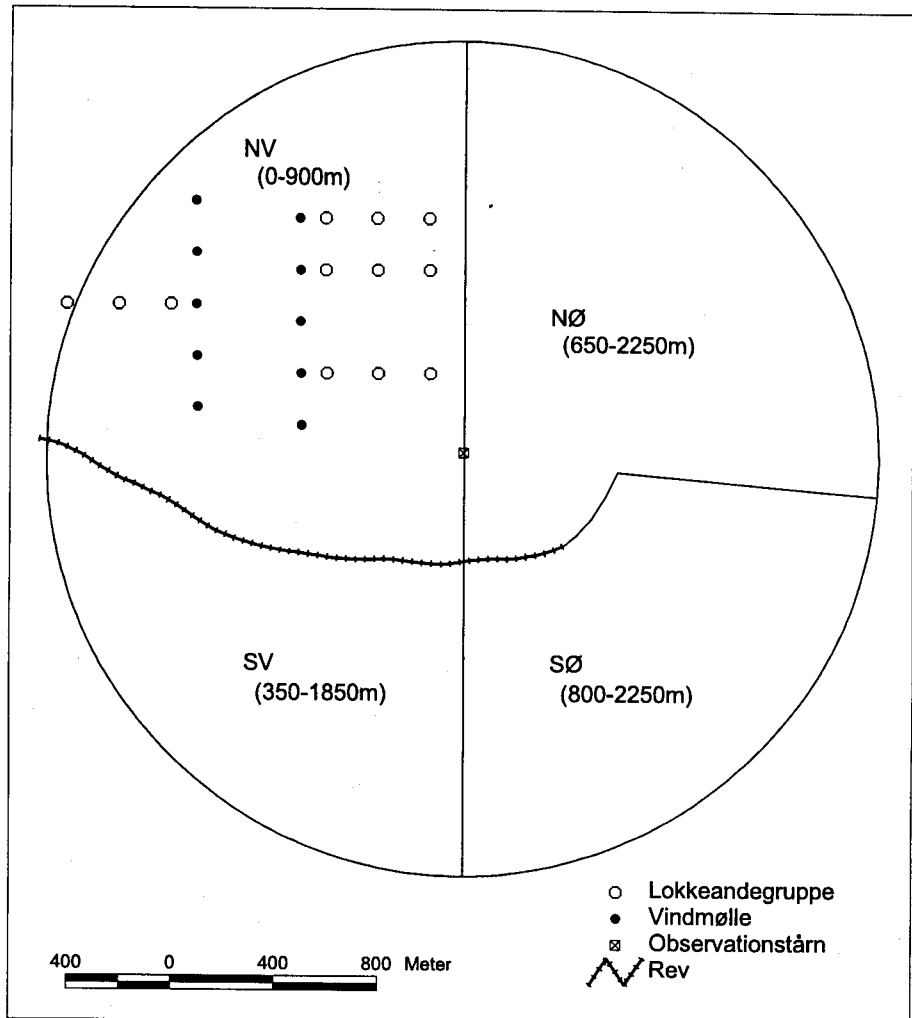
4.1 BACI undersøgelser

Undersøgelserne foregik i vinterhalvåret i årene 1994/95, før opstilling af mølleparken, og 1995/96 og 1996/97, efter opstillingen.

Udviklingen i forekomsten af ederfugl og sortand i regionen blev fulgt ved optællinger fra fly i et område af Århus bugten, der strækker sig fra Endelave i syd til Århus i nord, og fra Jyllandskysten i vest til Samsø i øst (Fig. 1). Der blev foretaget 2-3 flytællinger årligt i perioden februar - april.

På Tunø Knob og Ringebjerg Sand blev der opstillet observationstårne, hvorfra fuglenes antal og fordeling blev fulgt i et område med en radius af 1.600 m på Tunø Knob og 2.100 m vest for tårnet på Ringebjerg Sand (Fig. 1). Udviklingen i antallet af fugle i disse områder blev fulgt i perioden medio februar - medio april, hvor der årligt blev foretaget 16-19 tællinger på Tunø Knob og 15-24 på Ringebjerg Sand. Denne periode refereres til som hovedundersøgellesperioden Uden for denne blev der den tredje vinter fra september til februar foretaget yderligere 30 tællinger. Ved hver tælling blev alle flokke >4 individer stedfæstet ved hjælp af pejlekikkert og afstandsmåler. Disse fordelingsdata blev videre behandlet og analyseret ved hjælp af GIS (Geografisk Informations System). Til brug for undersøgelsen af udviklingen i fuglenes fordeling på Tunø Knob blev området inddelt i fire delområder på basis af revet og observationstårnets placering (Fig. 2). Fordelingen af fugle blev undersøgt i yderligere detaljer på baggrund af en opdeling af området i 100x100 m kvadrater.

Udviklingen i antallet af fugle på Tunø Knob og Ringebjerg Sand kunne, ud over etablering af mølleparken og eventuelle ændringer i det samlede antal fugle i regionen, være påvirket af ændringer i fødeudbudet. For at følge udviklingen i fødeudbudet blev der hvert år i november indsamlet 68 bundprøver på 34 faste stationer på Tunø Knob og 58 prøver på 29 stationer på Ringebjerg Sand. Prøverne blev sorteret i laboratoriet, hvor antal, størrelse og vægt af alle større fødeemner blev bestemt. Her vil vi koncentrere os om at følge udviklingen i forekomsten af blåmusling *Mytilus edulis*. Det skyldes dels, at blåmuslinger var langt det mest dominerende fødeemne i de to om-



Figur 2. Inddeling af Tunø Knob i fire delområder og placering af lokkeænder omkring mølleparken. I parentes er for hvert område angivet minimums- og maksimumsafstanden til mølleparken. På østsiden af parken var der altid kun udlagt én række af lokkeænder ad gangen.

råder, både hvad angik biomasse (80-99%) og individantal (80-97% i 1994 og 1995 og 41-48% i 1996), og dels, at blåmuslinger er ét af de vigtigste enkeltfødeemner for både ederfugl og sortand (Cottam 1939, Madsen 1954).

4.2 "Efter" undersøgelser

Der blev foretaget tre forskellige "efter" undersøgelser, der alle foregik den anden vinter efter etablering af mølleparken, 1996/97, i perioden november - april.

4.2.1 Morgentræk

Formålet med denne undersøgelse var at belyse, om mølleparken påvirkede fuglenes indflyvning og landing i området under morgentrækket. Til dette formål blev der udlagt tre grupper af lokkeænder vinkelret på møllerækken, henholdsvis 100, 300 og 500 m fra den nærmeste mølle. For hver indflyvende flok blev det noteret, om den reagerede på lokkeænderne, det vil sige enten landede eller lagde an

til landing, og i så fald ved hvilken gruppe. Observationerne foregik fra en halv time før til en time efter solopgang. Der blev foretaget observationer øst for parken i 10 dage, fordelt med henholdsvis 3, 3 og 4 dage på forskellige møller, og vest for parken i 13 dage, alle fra samme mølle (se Fig. 2 for placeringer).

4.2.2 Rotorbevægelse

For at undersøge om rotorbevægelsen i sig selv udgør en forstyrrelseskilde, det være sig gennem selve bevægelsen eller den deraf følgende støj, blev der udført forsøg, hvor møllerne i perioder blev bragt til standsning, efter aftale og i samarbejde med elselskab Midtkraft. Forsøget blev udført, så en dag med rotorstandsning blev efterfulgt af en dag med rotorbevægelse. I alt blev der gennemført 29 sæt observationer. Antal og fordeling af ederfugle blev sammenlignet for de to situationer i to zoner: selve parkområdet ud til en afstand af 200 m, og fra 200 til 600 m fra parken. I forbindelse med genstart af møllerne blev reaktionen fulgt for udvalgte flokke inden for én af ovennævnte zoner. Ud over den adfærdsmæssige reaktion blev det undersøgt, om flokkene reagerede ved at bevæge sig væk fra parken, ved at sammenligne deres position umiddelbart før igangsætningen af møllerne med positionen 5 minutter senere.

4.2.3 Fødeudnyttelse

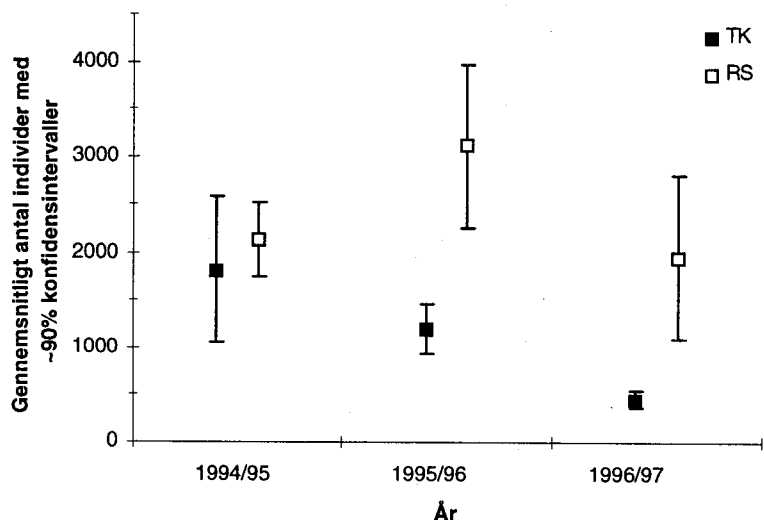
Formålet med denne undersøgelse var at bestemme fuglenes udnyttelse af fødeudbudet i forskellige afstande til parken. Til det formål blev der udlagt fire 200x200 m kvadrater; ét centreret omkring en mølle, to i 300 m afstand og ét i 600 m afstand fra møllerne. Til bestemmelse af fødeudbudet blev der i oktober 1996 indsamlet 72 bundprøver fra 12 stationer i hvert af disse kvadrater. Prøvetagningen blev gentaget i april 1997 for at følge ændringen i fødeudbudet over vinteren. Da der ikke fandtes blåmuslinger i kvadraterne, blev de vigtigste fødeemner antaget at være hvælvet trugmusling *Spisula subtruncata* og hjertemusling *Cardium sp.* Dels var det de to talrigeste arter, og dels de eneste, der viste en markant nedgang over vinteren, hvilket kunne antyde en udnyttelse. Begge arter er kendte fødeemner for ederfugl (Madsen 1954). Forekomsten af fugle i de fire kvadrater blev summeret for den mellemliggende periode, november - medio april, på baggrund af 38 dage med tællinger både formiddag og eftermiddag.

5 Resultater

5.1 Udvikling i antal fugle

5.1.1 Århus Bugt

Antallet af overvintrende ederfugle i Århus bugten viste en stigning fra 1994/95 til 1995/96, fra 19.000-36.000 til 49.000-67.000 individer,



Figur 3. Gennemsnitligt antal ederfugle på Tunø Knob (TK) og Ringeberg Sand (RS) 1994/95 - 1996/97, baseret på optællinger medio februar - medio april. For nærmere detaljer omkring beregning af konfidensintervaller henvises til Guillemette et al. (in prep.).

for i 1996/97 igen at falde til 15.000-34.000 individer. For sortand registreredes en stigning fra 1994/95 til 1995/96, fra 3.800-6.000 til 9.000-15.000 individer, og derefter et fald i 1996/97 til 1.000-3.000 individer.

5.1.2 Tunø Knob og Ringeberg Sand

Antallet af ederfugle på Tunø Knob faldt markant over de tre år, fra gennemsnitligt 1.821 individer i 1994/95, til 1.198 i 1995/96 og 458 i 1996/97 (Fig. 3). I forhold til basisåret, 1994/95, svarer det til henholdsvis en nedgang på 34% i 1995/96 og 75% i 1996/97. Forskellen var signifikant mellem basisåret og 1996/97.

For kontrolområdet, Ringeberg Sand, steg antallet af ederfugle fra 1994/95 til 1995/96 fra gennemsnitligt 2.134 til 3.116 individer, for derefter at falde til 1.958 individer i 1996/97 (Fig. 3). I forhold til 1994/95 svarer det til henholdsvis en stigning på 46% og et fald på 8%. Forskellen var ikke signifikant for hverken 1995/96 eller 1996/97.

Sammenlignes Tunø Knob og Ringeberg Sand var det gennemsnitlige antal ederfugle 17% højere på Ringeberg Sand i 1994/95, 202% højere i 1995/96 og 328% højere i 1996/97. For basisåret var der ikke forskel mellem de to områder i modsætning til både 1995/96 og 1996/97, hvor der var en signifikant forskel.

Antallet af sortand faldt markant over de tre år, fra gennemsnitligt 326 individer i basisåret 1994/95 til 60 i 1995/96 og 6 i 1996/97. I forhold til basisåret svarer det til henholdsvis en nedgang på 82% i 1995/96 og 98% i 1996/97. Forskellen var signifikant mellem basisåret og 1996/97. For Ringeberg Sand var bestanden konstant fra 1994/95 til 1995/96, på henholdsvis 217 og 255 individer i gennem-

snit, hvorefter sortænderne helt udeblev i 1996/97. Udviklingen i antal sortænder på Tunø Knob adskilte sig ikke signifikant fra Ringebjerg Sand.

5.1.3 Fødeudbud

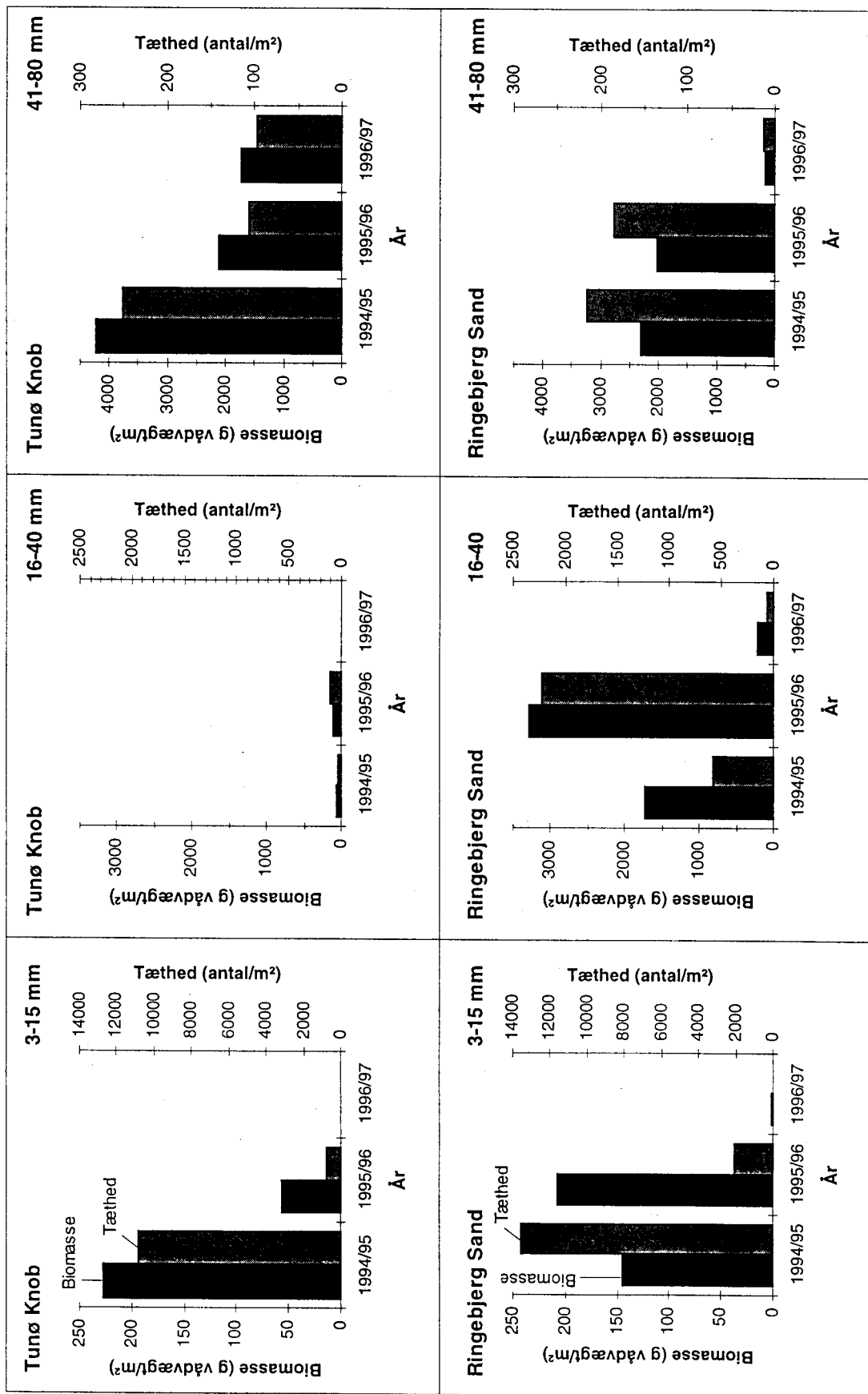
Størrelsessammensætningen af blåmuslinger på Tunø Knob og Ringebjerg Sand adskilte sig generelt ved at den mellemste størrelse af muslinger stort set manglede på Tunø Knob. For at sammenligne udviklingen i biomasse og tæthed i de to områder blev muslingerne derfor opdelt i tre størrelsesgrupper; små (3-15 mm), mellemstore (16-40 mm) og store (41-80 mm) (Fig. 4).

Antallet af små muslinger, der overvejende udgøres af individer rekrutteret det samme år, var i begge områder meget stort i 1994/95, væsentligt mindre i 1995/96 og helt manglende i 1996/97. Biomassen udviste en parallel udvikling for Tunø Knob, mens den for Ringebjerg Sand udviste en stigende tendens fra 1994/95 til 1995/96. Antal og biomasse af mellemstore muslinger på Ringebjerg Sand steg fra 1994/95 til 1995/96, for derefter at falde i 1996/97. For de små og mellemstore muslinger under ét var biomassen alle årene større på Ringebjerg Sand, hvor der desuden blev registreret en samlet stigning fra 1994/95 til 1995/96. Antal og biomasse af store muslinger var generelt større på Tunø Knob, hvor bestanden faldt fra 1994/95 til 1995/96 for derefter at holde sig på samme niveau i 1996/97. På Ringebjerg Sand var bestanden uændret fra 1994/95 til 1995/96, men faldt i 1996/97. Medianlængden af blåmuslinger var stigende gennem undersøgelsesperioden på Tunø Knob fra 5 til henholdsvis 10 og 53,5 mm den anden og tredje vinter. På Ringebjerg Sand steg medianlængden fra 4 til 16 og 35 mm i løbet af perioden.

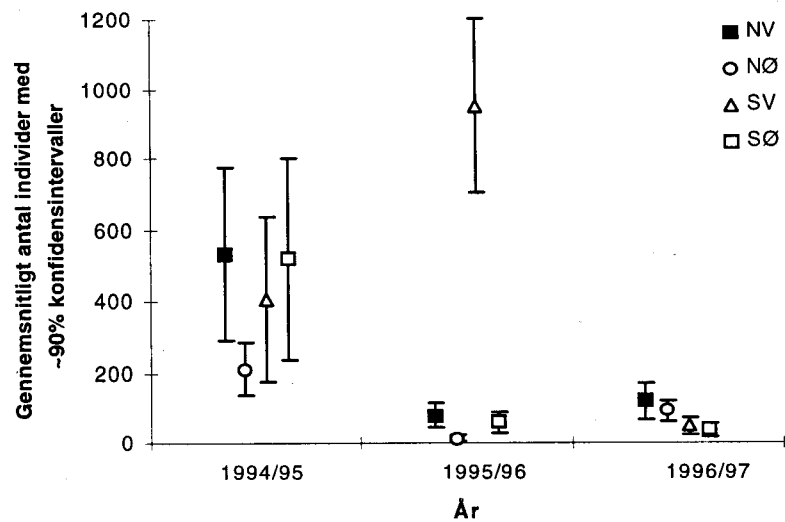
For at vurdere om udviklingen i forekomsten af blåmuslinger kunne have påvirket forekomsten af ederfugl og sortand på Tunø Knob og Ringebjerg Sand, blev det gennemsnitlige antal af ederfugl og sortand sammenstillet med dels biomassen af alle blåmuslinger og dels biomassen af små og mellemstore muslinger (3-40 mm). Både ederfugl og sortand er i stand til at udnytte et bredt størrelsesspekter af fødeemner, men foretrækker formentlig de mindre muslinger, idet de energimæssigt er mest profitable (Bustnes & Erikstad 1990, Guillemette in press). For begge arter var der en positiv korrelation med begge grupper af muslinger, for ederfugl signifikant i forhold til gruppen af små og mellemstore muslinger, og for sortand signifikant i forhold til den samlede gruppe af blåmuslinger; i begge tilfælde kunne muslingeforekomsten redegøre for mere end 90% af variationen i forekomsten af de respektive arter.

5.2 Fordeling på Tunø Knob

Udviklingen i det gennemsnitlige antal af ederfugle i de fire delområder af Tunø Knob viser, at antallet af fugle i mølleområdet faldt til en femtedel fra 1994/95 til 1995/96, på hvilket niveau det holdt sig i 1996/97 (Fig. 5). Omtrent samme udvikling blev iagttaget for både NØ- og SØ-området. Kun i SV-området adskilte udviklingen i antal ederfugle sig signifikant fra mølleområdet. I dette område fordoble-



Figur 4. Biomasse og tæthed af tre størrelsesklasser af blåmuslinger på Tunø Knob og Ringebjerg Sand 1994/95 - 1996/97, på basis af prøver indsamlet i november. Bemærk at skalaen er forskellig for de tre størrelsesklasser, men ens inden for størrelsesklasserne for de to områder.



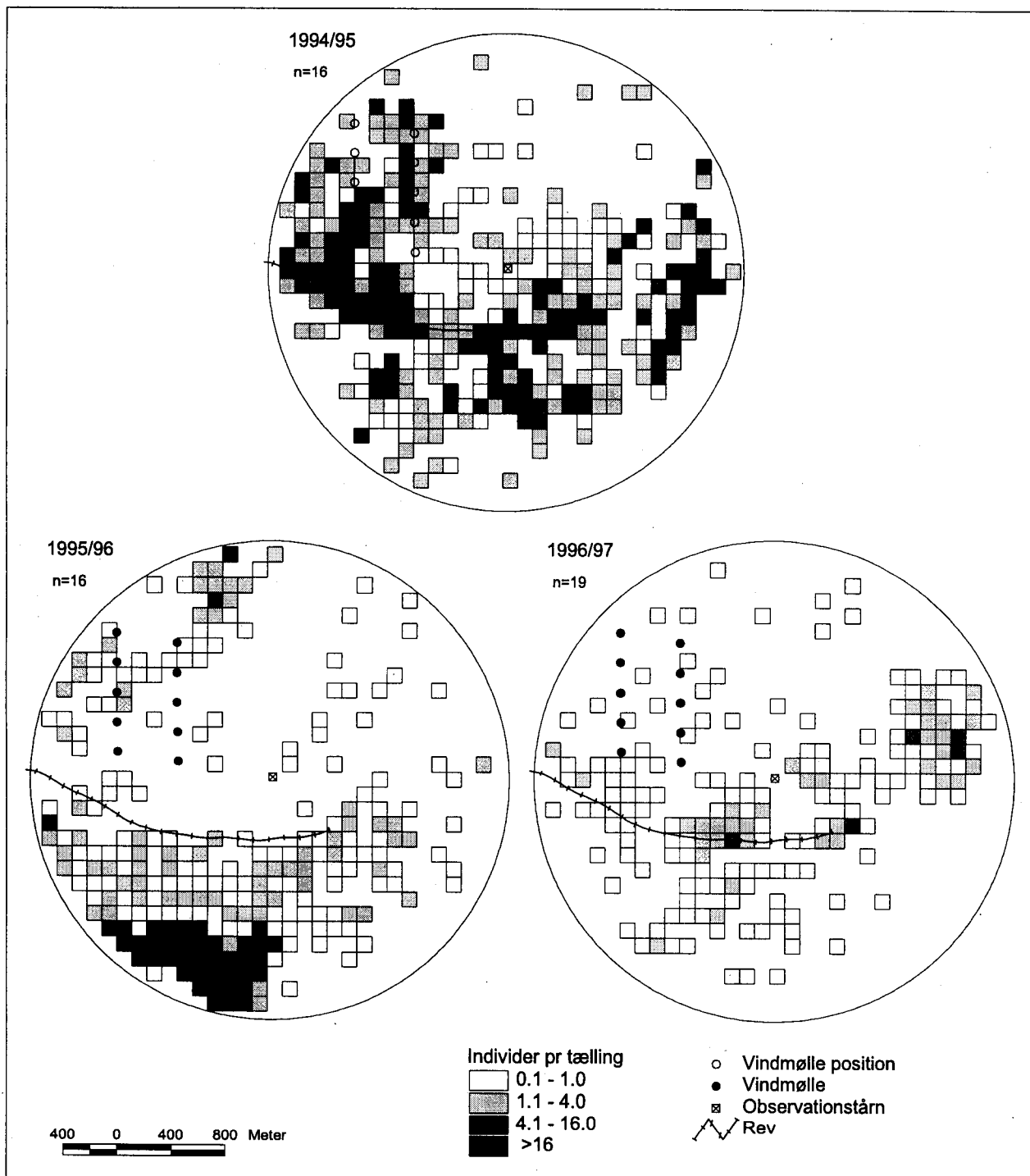
Figur 5. Gennemsnitligt antal ederfugle i fire delområder af Tunø Knob 1994/95 - 1996/97, baseret på optællinger medio februar - medio april. Mølleområdet (NV) er angivet med udfyldte symboler mens de øvrige områder (NØ, SV og SØ) er angivet med åbne symboler. For nærmere detaljer omkring beregning af konfidensintervaller henvises til Guillemette et al. (in prep.)

des antallet fra 1994/95 til 1995/96, hvorefter den faldt kraftigt i 1996/97 til samme niveau som i de øvrige områder.

Analyser for hvert enkelt år af forekomsten af ederfugle i mølleområdet i forhold til forekomsten i de øvrige områder viser, at i 1994/95 var der generelt en god korrelation på 0,756-0,934 (Tab. 1). I 1995/96 faldt korrelationen mellem mølleområdet og de øvrige områder til 0,299-0,638, og i 1996/97 faldt den yderligere samtidig med, at den blev negativ i forhold til to af de tre områder, til -0,365-0,315. Sammenlignes de tre kontrolområder ses en tilsvarende faldende korrela-

Tabel 1. Korrelationskoefficienter for sammenhæng mellem forekomsten af ederfugle i de fire delområder på Tunø Knob. NV området er området med mølleparken (se Fig. 2).

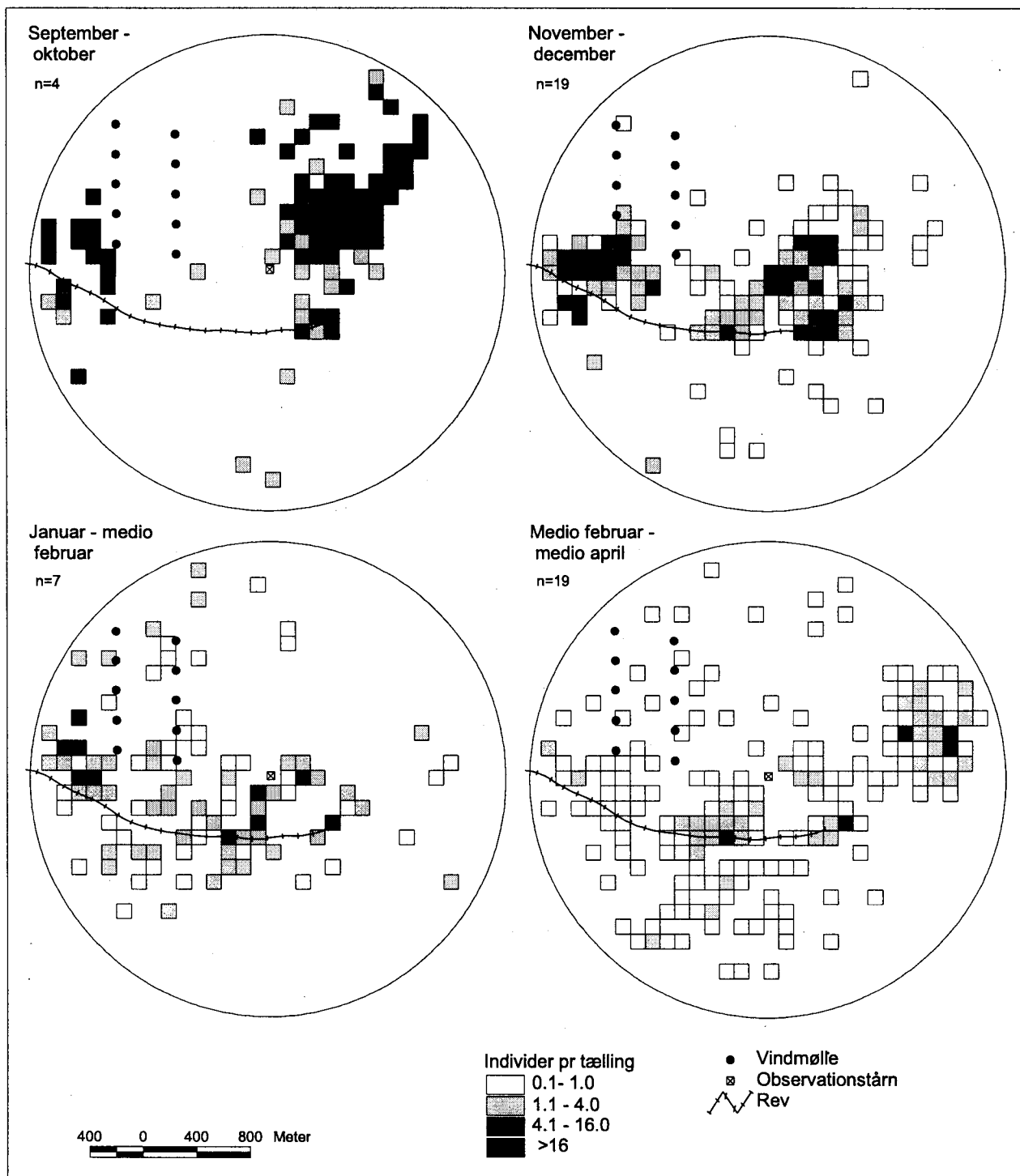
Område	År	NØ	SV	SØ
NV	1995	0,756	0,840	0,934
NV	1996	0,638	0,299	0,488
NV	1997	-0,309	-0,365	0,315
NØ	1995		0,618	0,755
NØ	1996		0,252	0,447
NØ	1997		0,430	0,291
SØ	1995			0,846
SØ	1996			0,213
SØ	1997			0,269



Figur 6. Fordeling af ederfugle i 100x100m kvadrater på Tunø Knob 1994/95 - 1996/97, baseret på optællinger medio februar - medio april. Antal tællinger (n) er angivet under de enkelte år.

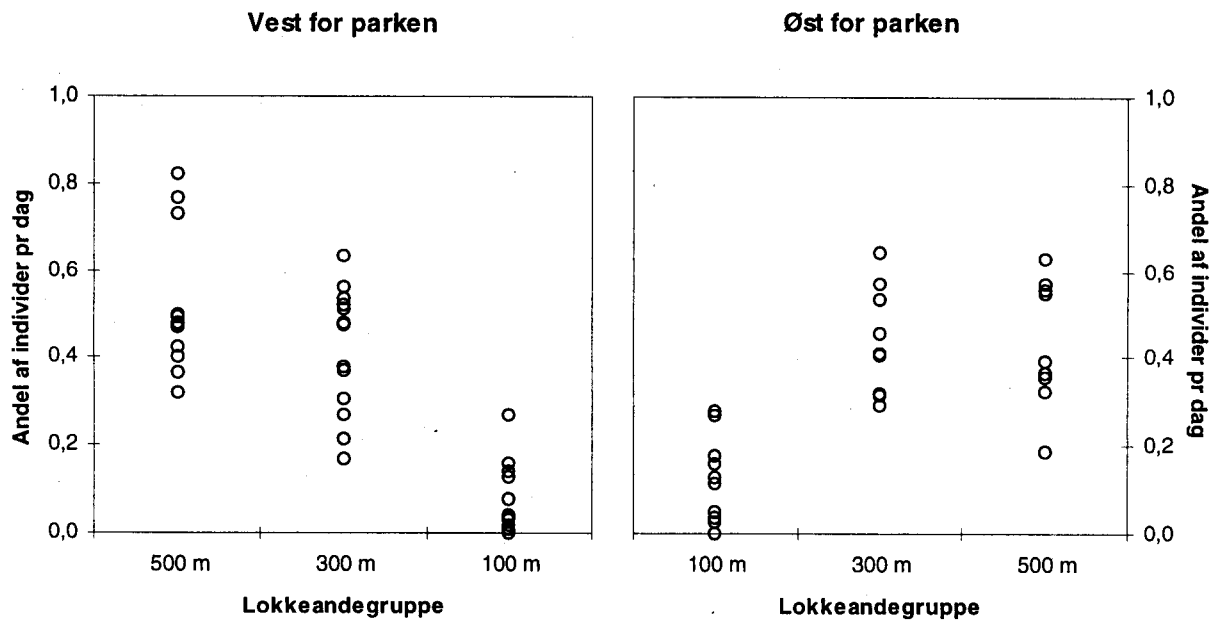
tion fra 1994/95 til 1995/96, mens der ses både en stigning, et fald og en uændret korrelation fra 1995/96 til 1996/97.

Fordelingen af ederfugle på 100x100 m kvadrater viser, at hovedkoncentrationerne fandtes i vidt forskellige dele af området de tre år (Fig. 6). I 1994/95 fandtes de største tætheder dels omkring det senere mølleområde og dels langs med og øst for revet. I 1995/96 var ederfuglene koncentreret syd for revet, og i 1996/97 overvejende langs den østlige del af revet og nordøst herfor. Fælles for 1995/96 og 1996/97 var det dog, at der i modsætning til 1994/95 sås forholdsvis



Figur 7. Fordeling af ederfugle i 100x100m kvadrater på Tunø Knob i fire perioder i vinterhalvåret 1996/97. Bemærk at perioden i nederste højre hjørne er identisk med hovedundersøgelisesperioden for denne vinter præsenteret i figur 6. Antal tællinger (n) er angivet under den enkelte periode.

få fugle i og omkring mølleparken. For den sidste vinter, 1996/97, foreligger der optællinger for hele vinterhalvåret (Fig. 7). Det fremgår, at fordelingen inden for området varerede betragteligt i løbet af vinteren, og at der faktisk først på sæsonen var fugle til stede omkring mølleparken. For alle årene gælder, at sortanden forekom meget spredt i området. Fordelingen varerede fra år til år, med tilnærmelsesvis samme mønster som blev iagttaget for ederfugl.



Figur 8. Andelen af ederfugle der enten lagde an til landing eller landede i de enkelte grupper af lokkeænder, for hver observationsdag. Der blev foretaget observationer vest for parken i 13 dage og øst for i 10 dage.

5.3 "Efter" undersøgelser

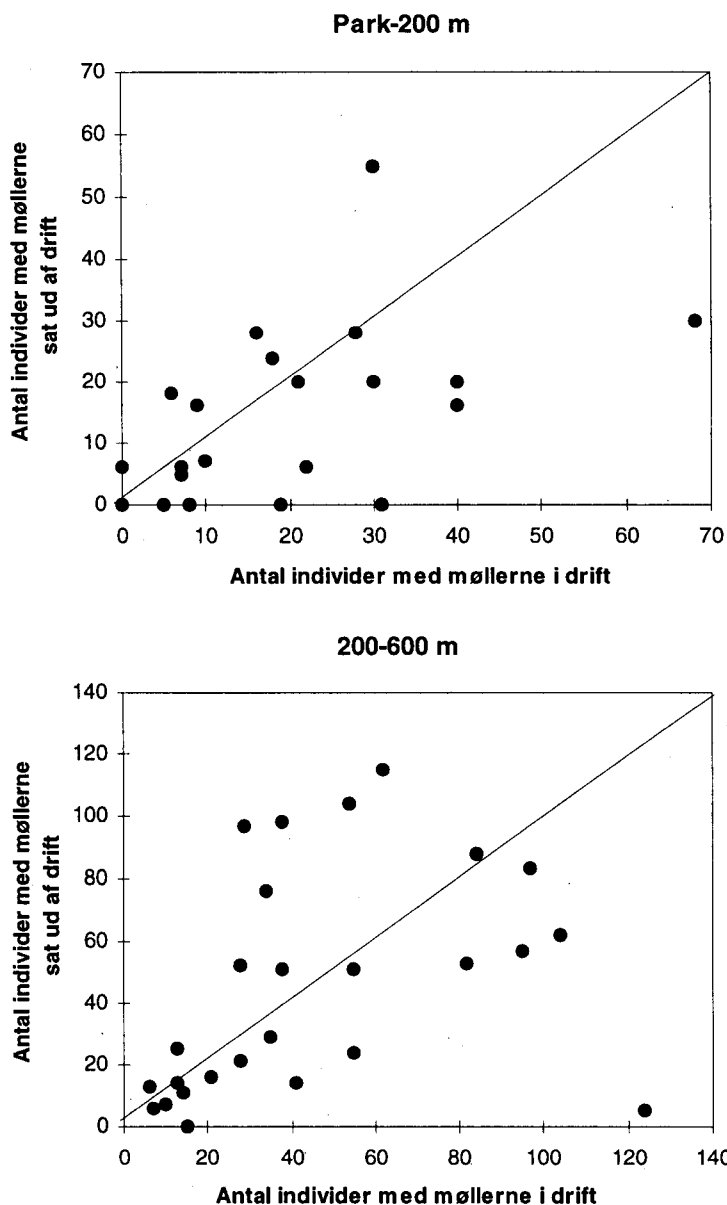
5.3.1 Morgentræk

På både øst- og vestsiden af parken blev der registreret omtrent det samme antal individer, der lagde an til landing eller landede i de to grupper af lokkeænder 300 og 500 m væk fra møllerne, men væsentligt færre ved gruppen 100 m fra møllerne (Fig. 8). Der kunne på baggrund af syv dage med samtidige observationer øst og vest for parken ikke påvises nogen forskel i mønstret på de to sider. En samlet analyse af data fra begge sider af parken viser, at der gennemsnitligt var 85% færre fugle, der lagde an til landing eller landede i gruppen af lokkeænder 100 m fra møllerne i forhold til grupperne 300 og 500 m fra møllerne.

5.3.2 Rotorbevægelse

Antallet af ederfugle adskilte sig ikke væsentligt mellem dage, hvor møllerne var i drift, og dage, hvor de var sat ud af drift, hverken i zonen med parken og ud i en afstand af 200 m eller i zonen 200-600 m fra parken (Fig. 9). Resultaterne viser en stor spredning, men der spores ingen tendens til, at der var færre fugle, når møllerne var i drift. At rotorbevægelsen ikke påvirkede forekomsten af fugle understøttes af en sammenligning på basis af 100x100 m kvadrater. I begge situationer var der flokke til stede mellem møllerne.

Blandt ti flokke, hvis adfærd blev observeret i forbindelse med selve genstarten af møllerne, blev det i ingen tilfælde registreret, at fuglene blev skræmt. Der kunne heller ikke spores nogen tendens til, at flokkene svømmede væk fra møllerne i forbindelse med genstart, idet

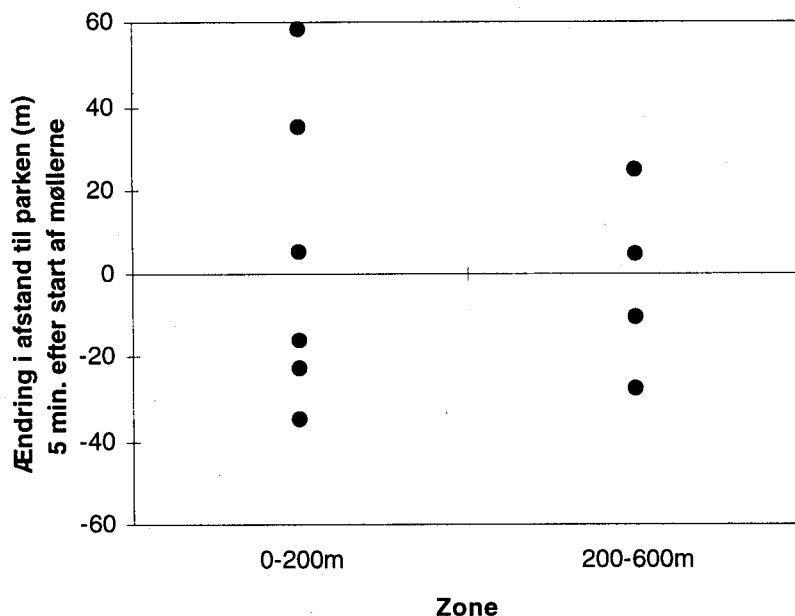


Figur 9. Forholdet mellem antal ederfugle på dage, hvor møllerne var i drift, i forhold til antal ederfugle på dage, hvor møllerne var sat ud af drift (se Dataindsamling), for to zoner omkring mølleparken. Den viste linie svarer til tilstedeværelsen af det samme antal individer i de to situationer.

flokkenes afstand til parken generelt forblev uændret i begge zoner (Fig. 10).

5.3.3 Fødeudnyttelse

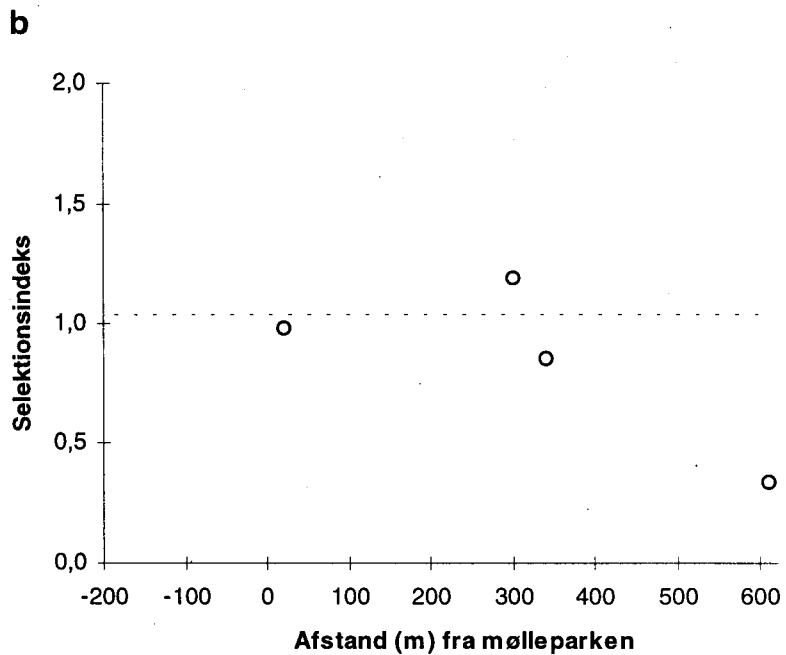
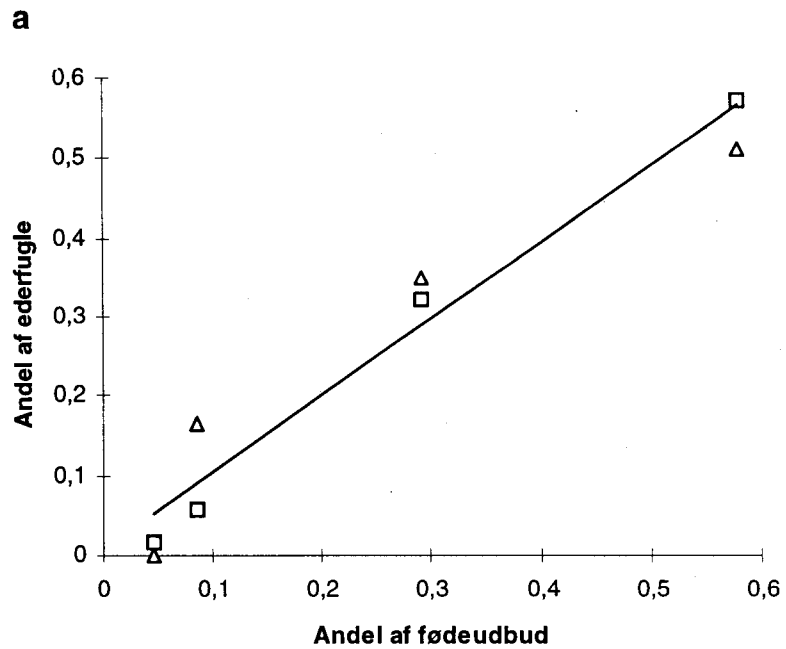
Biomassen af hvælvet trugmusling og hjertemusling fordelte sig med 270 g/m² i møllekvadratet, 40 og 134 g/m² i kvadraterne 300 m fra møllerne og 21 g/m² i kvadratet 600 m fra møllerne. Den samlede forekomst af ederfugle i de enkelte kvadrater varierede mellem 23 og 744 for formiddagstællingerne og 0 til 103 for eftermiddagstællingerne. Sammenholdes den relative forekomst af ederfugle med den rela-



Figur 10. Ændring i afstand til mølleparken 5 minutter efter genstart af møllerne, for ti flokke fordelt på to zoner. En positiv afstandsændring betyder at flokken bevægede sig væk fra parken, mens en negativ afstandsændring betyder at den bevægede sig tættere på.

tive fordeling af fødeudbudet i de fire kvadrater, fremtræder en næsten én til én sammenhæng både for formiddags- og eftermiddagstællingerne (Fig. 11a). Kombineres resultaterne fra disse to tidspunkter af dagen viser statistiske beregninger, at fødeudbudet kan forklare 95% af variationen i antallet af ederfugle i de fire kvadrater.

På baggrund af forholdet mellem den relative forekomst af fugle og føde kan der beregnes et såkaldt selektionsindeks for den relative udnyttelse af hvert enkelt kvadrat. Tallene fra formiddags- og eftermiddagstællingerne blev summeret, da de ikke adskilte sig med hensyn til fordelingen af ederfugle på kvadraterne. Selektionsindekset for kvadratet omkring møllen og begge kvadrater 300 m fra møllerne ligger alle tæt omkring 1, hvilket vil sige, at fuglene forekom i disse kvadrater i nær overensstemmelse med fødeudbudet. For kvadratet 600 m fra møllerne ligger selektionsindekset betydeligt under 1, hvilket tyder på en vis underudnyttelse (Fig. 11b). Det skal dog anføres, at 600 m kvadratet havde et meget lille fødeudbud, hvilket gør selektionsindekset noget usikkert.



Figur 11. (a) Forholdet mellem den relative andel af fødeudbudet i fire 200x200 m kvadrater og den relative andel af ederfugle i de samme kvadrater for henholdsvis formiddags- (firkanter) og eftermiddagstællinger (trekanter). Regressionslinien er beregnet på baggrund af de kombinerede tællinger. (b) Selektionsindeks (andel af fugle/andel af fødeudbud) for hver af de fire kvadrater i relation til afstanden til mølleparken (for det samlede antal ederfugle på formiddags- og eftermiddagstællingerne).

6 Diskussion

Antallet af både ederfugl og sortand på Tunø Knob faldt markant og kontinuerligt over de tre år i undersøgelsesperioden, således at der to år efter etablering af mølleparken forekom henholdsvis en fjerdedel og under en tiendedel af antallene fra året før etableringen. For ederfugl adskilte denne udvikling sig både fra udviklingen i det samlede antal i Århus bugten og antallet i kontrolområdet, der begge viste en stigende tendens fra 1994/95 til 1995/96 og herefter en tilbagevenden i 1996/97 til 1994/95-niveauet. Det antyder, at specifikke lokale forhold har påvirket den antalsmæssige udvikling på Tunø Knob. For sortand adskilte udviklingen på Tunø Knob sig i 1995/96 fra udviklingen i det samlede antal i Århus bugten, der steg, og tendensen i kontrolområdet, der var stabil, mens den var i overensstemmelse med udviklingen i begge områder i 1996/97.

Fødeudbudet ændrede sig markant gennem undersøgelsesperioden, og ydermere forskelligt for Tunø Knob og kontrolområdet. Dette forhold komplicerer fortolkningen af de to arters antalsmæssige udvikling i relation til en eventuel effekt af mølleparken, da de præcise fødepræferencer ikke kendes. På den baggrund skal den observerede sammenhæng mellem forekomsten af ederfugl og sortand og størrelsen af blåmuslingebestanden også vurderes med en vis forsigtighed. Oplysningerne om fødeudbudet er desuden indsamlet tre måneder før registreringen af fugleforekomsterne. Alligevel er resultatet interessant, fordi det frembyder en mulig alternativ forklaring på den observerede udvikling i forekomsten af de to arter.

Hvorvidt selve konstruktionen af mølleparken kan have haft en indirekte effekt på fødeudbudet for ederfugl og sortand gennem ændringer af bundforholdene i området, er et forhold, der ikke er berørt i denne undersøgelse. En sammenligning af bundforholdene i området nord for revet før og efter etablering af parken tyder ikke på, at større ændringer har fundet sted (Bio/Consult A/S 1997). I kontrolområdet, Ringebjerg Sand, blev der som i Tunø Knob området registreret en tilsvarende kraftigt faldende tilgang af nye blåmuslinger.

Forekomsten af ederfugl i mølleområdet på Tunø Knob var markant lavere begge år efter opstilling af mølleparken. Denne udvikling adskilte sig imidlertid ikke væsentligt fra de andre dele af området. Både hvad angår det gennemsnitlige antal ederfugle og korrelationerne områderne imellem, lå udviklingen i mølleområdet inden for variationen iagttaget i to af de tre andre områder. Undersøgelsen af mølleparkens effekt på delområdeniveau forudsætter, at en eventuelt forstyrrende effekt afgrænser sig til et enkelt delområde - mølleområdet. Den iagttagne udvikling i delområderne kunne alternativt tilskrives, at denne forudsætning ikke holdt, således at en forstyrrende effekt strakte sig ind i de såkaldte "kontrolområder". Her er det værd at bemærke, at det ikke var de to tilstødende delområder, der udviklede sig parallelt med mølleområdet, men blandt andet det fjernestliggende område (SØ). Det antyder, at den iagttagne udvikling i antallet af ederfugle i delområderne skal tilskrives ændringer i fødeudbudets fordeling inden for området. Denne udlægning understøt-

tes af en gennemgang af udviklingen i ederfuglenes forekomst på basis af 100x100 m kvadrater. Hovedkoncentration af ederfugle lå således i vidt forskellige dele af området alle tre år, og flyttede sig tilmed betragteligt rundt i området inden for en enkelt sæson, herunder i perioder tæt på mølleparken.

Forsøg med udlægning af lokkeænder viste, at ederfugle under morgenstrækket til området kun i meget begrænset omfang lagde an til landing eller landede inden for en afstand af 100 m fra møllerne. At møllerne var den faktiske årsag hertil understøttes kraftigt af, at der blev iagttaget et helt identisk mønster øst og vest for parken. Resultatet kan være fremkommet på to måder: de indflyvende fugle kan enten have lagt deres flyverute væk fra parken, eller de kan have været utilbøjelige til at lande tæt på parken. Ikke præsenteret materiale peger på, at fuglene først og fremmest reagerede på parken ved at ændre deres flyverute. Blandt flyvende fugle er de fleste reaktioner på vindmøller registreret inden for en afstand af nogle få hundrede meter (Pedersen & Poulsen 1991, Winkelmann 1992a, b).

Der kan tænkes to komponenter i møllernes eventuelt forstyrrende effekt, dels selve tilstedeværelsen af den fysiske struktur og dels rotorbevægelsen. Resultaterne af forsøget med standsning af møllerne har ikke kunnet påvise, at rotorbevægelsen i sig selv har nogen større betydning for antallet og fordelingen af ederfugle i og omkring parken. Det blev yderligere understøttet af, at der ikke blev observeret nogen reaktion på selve igangsætningen af møllevingerne. Alle flokke, der blev fulgt i den forbindelse, befandt sig imidlertid uden for parken. I anden sammenhæng blev der ved mindst én lejlighed i forbindelse med genstart af møllerne iagttaget opflyvende småflokke inde i selve parken. Ovennævnte resultater omkring fuglenes fordeling viser imidlertid, at der ikke kan være tale om en permanent bortskræmning, idet der ikke ses nogen tendens til færre ederfugle i parken, når møllerne er i drift. Flere studier har undersøgt og påvist, at rotorbevægelsen har en effekt på flyvende fugle (se Clausager & Nøhr 1995), men kun et enkelt studie har berørt effekten på forekomsten af fugle omkring møllerne (Winkelmann 1992b). Ud af to andefuglearter, gråand *Anas platyrhynchos* og troldand *Aythya fuligula*, der indgik i dette studium, blev der kun registreret en effekt på gråand. Det pågældende resultat bygger på en sammenligning mellem to adskilte perioder, hvor parken henholdsvis endnu ikke var i drift og var i drift, uden at tage højde for at andre forhold kunne have ændret sig mellem de to perioder.

I undersøgelsen af fødeudnyttelsen i forskellige afstande til parken er det den samlede forstyrrende effekt af møllerne, der fokuseres på. Resultatet antyder en næsten én til én sammenhæng mellem forekomsten af ederfugle og fødeudbudets mængde fra en afstand af 600 m og ind til foden af møllerne. Dette var ikke mindst bemærkelsesværdigt, fordi hovedparten af føden og således fuglene forekom umiddelbart omkring én af møllerne. Den markante tendens til at undgå at lande i et område tæt op af møllerne, som blev fundet i undersøgelsen af landingstilbøjeligheden, afspejler sig således ikke i udnyttelsen af samme område. Det kan synes som et paradoks. Det er imidlertid forfatterens erfaring, at ederfugle almindeligvis er tilbageholdene med at lande nær potentielle forstyrrelseskilder; men når

de er landet, vil de, hvis situationen er stabil, svømme nærmere for at fouragere. Noget lignende kan iagttages ved kysterne, hvor ederfugle kan svømme til og fra fourageringsområder tæt inde under stranden som tilpasning til de mulige forstyrrelser, der kan udgå herfra.

7 Konklusion

Undersøgelsesresultaterne viser, at antallet af ederfugle på Tunø Knob udviklede sig negativt efter opstilling af mølleparken, i modsætning til både antallet i regionen og i kontrolområdet, men at det ikke kunne sandsynliggøres at være et resultat af mølleparkens etablering. Flere forhold antyder, at den registrerede antalsmæssige udvikling var forårsaget af lokale ændringer i fødeudbudet. Dels kunne udviklingen i forekomsten af ederfugle på Tunø Knob og i kontrolområdet korreleres med fødeudbudet, dels adskilte udviklingen i mølleområdet sig ikke fra andre områder af Tunø Knob, og dels udnyttedes fødeudbudet inden for mølleområdet uafhængigt af afstanden til møllerne. For sortand var den negative udvikling på Tunø Knob kun delvist afvigende fra udviklingen i regionen og i kontrolområdet. Generelt er resultaterne for sortand imidlertid usikre som følge af det beskedne antal i området.

Der skal tages to forbehold vedrørende konklusionerne for ederfugl:

1. "Efter" undersøgelserne, der skulle godtgøre en eventuel forstyrrende effekt af møllerne, blev foretaget under tilstedeværelsen af relativt få fugle i området. Det mangler således at blive godtgjort, om resultaterne af "efter" undersøgelserne kan udstrækkes til en situation med ligeså mange fugle i området, som året før parkens opførelse. Det er velkendt, at store flokke af vandfugle er mere følsomme over for forstyrrelser end små flokke.
2. Undersøgelserne belyser ikke ederfuglenes fødeudnyttelse inde i selve parken. Undersøgelse af fødeudnyttelsen strækker sig "kun" til kanten af parken, og kan således ikke belyse, om den observerede forekomst af ederfugle inde i parken var i overensstemmelse med fødeudbudet.

Hidtil er der kun publiceret to undersøgelser, der på systematisk vis søger at bestemme effekten af vindmøller på forekomsten af fugle i et område, i begge tilfælde i kystnære områder på land. Den ene undersøgelse vedrører en park på 25 stk. 300 kW møller (Winkelman 1989) og den anden en park på 18 stk. 300 kW møller (Winkelman 1992b). I begge undersøgelser blev der anvendt en metode, der bygger på før og efter undersøgelser og sammenligning med et kontrolområde. Blandt andefugle blev der fundet negative effekter for gråand, taffel- and *Aythya ferina*, troldand og hvinand *Bucephala clangula*, hovedsageligt ud til en afstand af 200-300 m, mens en positiv effekt blev fun-

det for bjergand *Aythya marila*. Begge undersøgelser har imidlertid den svaghed, at resultaterne udelukkende baserer sig på BACI sammenligninger af antal, uden samtidigt at kvantificere eventuelle ændringer i fødeudbudet for de pågældende arter eller sandsynliggøre årsagssammenhænge ved hjælp af egentlige forsøg eller detaljerede undersøgelser af habitatudnyttelsen omkring møllerne.

7.1 Fremtidige undersøgelsesbehov

Resultaterne af nærværende undersøgelse belyser primært forholdene for en enkelt art (ederfugl), i en bestemt periode af året (vinter), og i forhold til en bestemt møllepark. Da undersøgelsen endvidere er den hidtil eneste omkring effekten af havbaserede vindmølleparker på fugle, skal generaliseringer på baggrund af de foreliggende resultater foretages med forsigtighed. En række potentielle konflikter mellem fugle og møller til havs, som denne undersøgelse ikke berører, skal kort ridses op i det følgende.

7.1.1 Andre tidspunkter på året og store bestande

Resultaterne af den foreliggende undersøgelse omfatter udelukkende vinterhalvåret. Undersøgelser har for andre arter af vandfugle påvist, at der kan være sæsonvariation i reaktionen på vindmøller (Winkelman 1994). Desuden er det velkendt, at vandfugle generelt er særligt følsomme over for forstyrrelser i forbindelse med fældning af fjerdragten, der finder sted fra sidst på sommeren til begyndelsen af efteråret.

For mange arter gælder det, at hovedparten af individerne uden for yngleperioden kan findes koncentreret i nogle ganske få områder og i meget store flokke (Laursen et al. 1997). I den forbindelse indebærer den alment observerede sammenhæng mellem flokstørrelse og følsomhed over for forstyrrelser en potentiel alvorlig konflikt.

7.1.2 Andre arter

En række andre arter forekommer i betydningsfulde koncentrationer i de danske lavvandede havområder; det gælder udover andre arter af havdykænder også lommer, lappedykkere, skalleslugere og alkefugle. De hidtidige undersøgelser omkring den forstyrrende effekt af vindmøller placeret på land viser, at der inden for den samme artsgruppe kan være store forskelle i reaktionsmønstret (Winkelman 1994). Det er derfor ikke muligt at generalisere ud fra undersøgelser af en enkelt art. Det er i øvrigt almindeligt kendt, at en art som sortand er mere følsom over for forstyrrelser end ederfugl.

7.1.3 Flyveadfærd og kollisionsrisiko

Nærværende undersøgelse viser, at ederfugles flyveadfærd påvirkes af vindmøllerne. Den generelle betydning for fuglenes bevægelser gennem området og selve kollisionsrisikoen blev ikke undersøgt. Det er konstateret, at ederfugle under bestemte vejrforhold er kollideret med vindmøller (Still et al. 1994). For at belyse betydningen af dette

forhold nærmere, vil det være nødvendigt at foretage undersøgelser ved hjælp af radarudstyr.

7.1.4 Forstyrrelser i forbindelse med skibstrafik til mølleparker

Særligt i konstruktionsfasen men også senere i forbindelse med vedligeholdelse af møllerne vil der være hyppig skibstrafik til og fra samt inde i selve mølleparken. Dette udgør i sig selv en potentiel forstyrrelseskilde, hvis betydning må klarlægges.

7.1.5 Store havbaserede mølleparker

Tunø Knob mølleparken er en meget lille møllepark i forhold til de projekterede mølleparker i den nyligt fremlagte handlingsplan for udbygning af havbaseret vindkraft i de danske farvande (EEAH 1997). De projekterede anlæg arbejder med moduler af 100-150 MW bestående af 60-100 møller dækkende et areal på 13-20 km². Til sammenligning dækker Tunø Knob mølleparken et areal på 0,3 km². Det er selvsagt problematisk direkte at overføre resultaterne fra Tunø Knob undersøgelsen til parker af denne størrelsesskala. Dertil kommer, at store mølleparker kan have effekter, der ikke vil kunne registreres i forbindelse med helt små parker. Her tænkes blandt andet på betydningen af det visuelle indtryk, et mange kvadratkilometer stort område med møller vil give en flyvende fugl eller en fugl på vandet, i forhold til et lille afgrænset område med møller som på Tunø Knob.

8 Referencer

Anonym (1996). Energi 21. Regeringens energihandlingsplan 1996. Miljø- og Energiministeriet. 77 sider.

Bio/Consult A/S (1997). Undersøgelse af sedimentforhold i området omkring vindmølleparken ved Tunø Knob. Rapport til I/S Midtkraft. 34 sider.

Bustnes, J.O. & K.E. Erikstad (1990). Size selection of common mussels, *Mytilus edulis*, by common eiders, *Somateria mollissima*: energy maximization or shell weight minimization?. - Can. J. Zool. 68: 2280-2283.

Clausager, I. & H. Nøhr (1995). Vindmøllers indvirkning på fugle. Status over viden og perspektiver. Danmarks Miljøundersøgelser. 51 sider. - Faglig rapport fra DMU, nr. 147.

Cottam, C. (1939). Food habits of North American diving ducks. - U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. No. 643. 139 sider.

EEAH (Elselskabernes og Energistyrelsens Arbejdsgruppe for Havmøller) (1997). Havmøllehandlingsplan for de danske farvande. 45 sider.

Guillemette, M. (in press). The effect of time and digestion constraints in common eiders while feeding and diving over blue mussel beds. - J. Func. Ecol.

Guillemette, M., Himmelman, J.H. & C. Barette (1993). Habitat selection by common eiders in winter and its interaction with flock size. - Can. J. Zool. 71: 1259-1266.

Guillemette, M., Larsen, J.K. & I. Clausager (in prep.). Impact from an off-shore wind farm on birdlife. Danmarks Miljøundersøgelser. xx sider. - Faglig rapport fra DMU, nr. xx.

Joensen, A.H (1973). Moulting Migration and Wing-feather Moulting of Seaducks in Denmark. - Dan. Rev. Game Biol., vol. 8 (4). 42 sider.

Joensen, A.H (1974). Waterfowl Populations in Denmark 1965-1973. - Dan. Rev. Game Biol., vol. 9 (1). 206 sider.

Laursen, K., S. Pihl, J. Durinck, M. Hansen, H. Skov, J. Frikke & F. Danielsen (1997). Numbers and distribution of waterbirds in Denmark 1987-89. - Dan. Rev. Game Biol., vol. 15 (1). 184 sider.

Madsen, F. J. (1954): On the food habits of the diving ducks in Denmark. - Dan. Rev. Game Biol., vol 2 (3): 157-266.

Pedersen, M.B. & E. Poulsen (1991). En 90 m/2 MW vindmølles indvirkning på fuglelivet. - Danske Vildtundersøgelser 47. Danmarks Miljøundersøgelser. 44 sider.

Pihl, S., Laursen, K., Hounissen, J.P. & J Frikke (1992). Landsdækkende optælling af vandfugle fra flyvemaskine, januar/februar 1991 og januar/februar 1992. Danmarks Miljøundersøgelser. 42 sider. - Faglig rapport fra DMU, nr. 44.

Rose, P.M. & D.A. Scott (1994). Waterfowl population estimates. - IWRB Publication 29. 102 sider.

Still, D., Little, D., Lawrence, S. & H. Carver (1994). The birds of Blyth Harbour. - Consultancy report, 7 sider.

Winkelman, J.E. (1989). Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvarings-slachtoffers en verstoring van pleisterende eendern, ganzen en zwanen. (RIN-report 89/15) Rijkinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem. 169 sider.

Winkelman, J.E. (1992a). De invloed van de Sep-proefeindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 3. Aanvliegedrag overdag. (RIN-report 92/4) DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem. 69 sider.

Winkelman, J.E. (1992b). De invloed van de Sep-proefeindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 4. Verstoring. (RIN-report 92/5) DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem. 106 sider.

Winkelman, J.E. (1994). Bird/wind turbine investigations in Europe. (report) DLO-Institute for Forestry and Nature Research, Wageningen, Netherland. 11 sider.

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi
Afd. for Miljökemi
Afd. for Systemanalyse*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejløvej 25
Postboks 413
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Sø- og Fjordøkologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 14

*Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Tagensvej 135, 4
2200 København N
Tlf.: 35 82 14 15
Fax: 35 82 14 20

Afd. for Arktisk Miljø

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

- Nr. 175: Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Grant, R. et al. 150 s., 125,00 kr.
- Nr. 176: Ferske vandområder. Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Jensen, J.P. et al. 96 s., 125,00 kr.
- Nr. 177: Ferske vandområder. Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Windolf, J. (red.). 228 s., 125,00 kr.
- Nr. 178: Sediment and Phosphorus. Erosion and Delivery, Transport and Fate of Sediments and Sediment-associated Nutrients in Watersheds. Proceedings from an International Workshop in Silkeborg, Denmark, 9-12 October 1995. Af Kronvang, B. et al. 150 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 179: Marine områder. Danske fjorde - status over miljøtilstand, årsagssammenhænge og udvikling. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Kaas, H. et al. 205 s., 150,00 kr.
- Nr. 180: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1995. By Kemp, K. et al. 55 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 181: Dansk Fauna Indeks. Test og modifikationer. Af Friberg, N. et al. 56 s., 50,00 kr.

1997

- Nr. 182: Livsbetingelserne for den vilde flora og fauna på braklagte arealer - En litteraturudredning. Af Mogensen, B. et al. 165 pp., 125,00 DKK.
- Nr. 183: Identification of Organic Colourants in Cosmetics by HPLC-Photodiode Array Detection. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Rastogi, S.C. et al. 233 pp., 80,00 DDK.
- Nr. 184: Forekomst af egern *Sciurus vulgaris* i skove under 20 ha. Et eksempel på fragmentering af landskabet i Århus Amt. Af Asferg, T. et al. 35 s., 45,00 kr.
- Nr. 185: Transport af suspenderet stof og fosfor i den nedre del af Skjern Å-systemet. Af Svendsen, L.M. et al. 88 s., 100,00 kr.
- Nr. 186: Analyse af miljøfremmede stoffer i kommunalt spildevand og slam. Intensivt måleprogram for miljøfremmede stoffer og hygiejnisk kvalitet i kommunalt spildevand. Af Vikelsøe, J., Nielsen, B. & Johansen, E. 61 s., 45,00 kr.
- Nr. 187: Vandfugle i relation til menneskelig aktivitet i Vadehavet 1980-1995. Med en vurdering af reservatbestemmelser. Af Laursen, K. & Salvig, J. 71 s., 55,00 kr.
- Nr. 188: Generation of Input Parameters for OSPM Calculations. Sensitivity Analysis of a Method Based on a Questionnaire. By Vignati, E. et al. 52 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 189: Vandføringsevne i danske vandløb 1976-1995. Af Iversen, H.L. & Ovesen, N.B. 55 s., 50,00 kr.
- Nr. 190: Fate of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Environment. Af Carlsen, L. et al. 82 pp., 45,00 kr.
- Nr. 191: Benzin i blodet. Kvalitativ del. ALTRANS. Af Jensen, M. 130 s., 100,00 kr.
- Nr. 192: Miljøbelastningen ved godstransport med lastbil og skib. Et projekt om Hovedstadsregionen. Af Nedergaard, K.D. & Maskell, P. 126 s., 100,00 kr.
- Nr. 193: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1996. Af Johansen, P., Riget, F. & Asmund, G. 96 s., 100,00 kr.
- Nr. 194: Control of Pesticides 1996. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Køppen, B. 26 pp., 40,00 DKK.
- Nr. 195: Modelling the Atmospheric Nitrogen Deposition to Løgstør Bredning. Model Results for the Periods April 17 to 30 and August 7 to 19 1995. By Runge, E. et al. 49 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 196: Kontrol af indholdet af benzen og benzo(a)pyren i kul- og olieafledte stoffer. Analytisk-kemisk kontrol af kemiske stoffer og produkter. Af Rastogi, S.C. & Jensen, G.H. 23 s., 40,00 kr.
- Nr. 197: Standardised Traffic Inputs for the Operational Street Pollution Model (OSPM). Af Jensen, S.S. 53 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 198: Reduktion af CO₂-udslip gennem differentierede bilafgifter. Af Christensen, L. 56 s., 100,00 kr.
- Nr. 200: Benzin i blodet. Kvantitativ del. ALTRANS. Af Jensen, M. 139 s., 100,00 kr.
- Nr. 201: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1996/97 i Danmark. Af Clausager, I. 43 s., 35,00 kr.
- Nr. 202: Miljøundersøgelser ved Mestersvig 1996. Af Asmund, G., Riget, F. & Johansen, P. 30 s., 50,00 kr.
- Nr. 203: Rådyr, mus og selvforyngelse af bøg ved naturnær skovdrift. Af Olesen, C.R., Andersen, A.H. & Hansen, T.S. 60 s., 80,00 kr.
- Nr. 204: Spring Migration Strategies and Stopover Ecology of Pink-Footed Geese. Results of Field Work in Norway 1996. By Madsen, J. et al. 29 pp., 45,00 DKK.

