

En 90 m/2 MW vindmølles  
indvirkning på fuglelivet  
*Fugles reaktioner på opførelsen  
og idriftsættelsen af Tjæreborgmøllen  
ved Det Danske Vadehav*

*Af Michael Brinch Pedersen og Erik Poulsen*



DANSKE VILDTUNDERSØGELSER  
HÆFTE 47

MILJØMINISTERIET  
DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER

1991

# En 90m/2MW vindmølles indvirkning på fuglelivet

*Fugles reaktioner på opførelsen og idriftsættelsen af  
Tjæreborgmøllen ved Det Danske Vadehav*

## Impact of a 90m/2MW wind turbine on birds

*Avian responses to the implementation of the Tjæreborg Wind  
Turbine at the Danish Wadden Sea*

Af Michael Brinch Pedersen og Erik Poulsen

DANSKE VILDTUNDERSØGELSER

HÆFTE 47

DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER  
AFDELING FOR FLORA- OG FAUNAØKOLOGI

1991

Redaktion: Jan Bertelsen  
Omslagstegning: Jens Gregersen  
Foto: Michael Brinch Pedersen  
Teknisk tegning: Michael Brinch Pedersen og Thøger Pauli  
ETB og korrektur: Else-Marie Nielsen

Indholdet af dette hæfte  
må gerne citeres  
med angivelse af kilde.  
Gengivelse af fotografier  
dog kun efter aftale.

Datakonvertering og tryk: Handy-Print A/S, Skive.

Meddelelse nr. 240  
fra Danmarks Miljøundersøgelser  
Afd. for Flora- og Faunaøkologi,  
Kalø, 8410 Rønde

ISSN 0416-7163

## Indhold

Indledning .....	5
Undersøelsesområdet .....	7
Tjæreborg Enge .....	8
Tidevandsområdet .....	8
Vindkraftanlægget .....	9
Materiale og metoder .....	9
Ynglende fugle .....	9
Rastende fugle .....	11
Trækkende fugle .....	11
Kollisionseftersøgninger .....	12
Resultater .....	15
Ynglefugle .....	15
Udvikling indenfor Møllezonen .....	16
Vibens habitatudnyttelse .....	16
Rastefugle .....	18
Udvikling i relation til vindmøllen .....	21
Aktivitet .....	22
Trækfugle .....	23
Udvikling i relation til vindmøllen .....	25
Trækkets højde .....	26
Kollisioner .....	26
Diskussion .....	29
Forstyrrelseeffekter .....	29
Kollisionsrisiko .....	31
Konklusion .....	33
English summary .....	34
Litteratur .....	37
Appendices .....	39



Tjæreborgmøllen set fra vadehavsdiget. Foto: Michael Brinch Pedersen

## Forord

I 1985 besluttede ELSAM, at Danmarks hidtil største vindkraftanlæg skulle opføres i et marskområde på Tjæreborg Enge, i den nordlige del af Det Danske Vadehav. Projektet var et resultat af Energiministeriets og Elværkernes Vindkraftprogram (EEV), som har til formål at belyse mulighederne for udbygning af den danske elproduktion med store vindmøller.

Det Danske Vadehav er landets største lavvandede fuglebeskyttelsesområde og har international betydning som yngle-, raste- og overvintringsområde for gæs, ænder, vade-fugle og måger. Da det ikke kunne forudses, hvorvidt et stort vindkraftanlæg ville influere på områdets fugleliv, blev anlæggets ejer og bygherre I/S Vestkraft, af myndighederne på-

lagt at undersøge dette aspekt.

Opgaven blev overdraget til Vildtbiologisk Station, Landbrugsministeriets Vildtforvaltning – nu Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Afd. for Flora- og Faunaøkologi. I dette hæfte præsenteres resultaterne af den undersøgelse, afdelingen gennemførte i årene 1987-89.

En styregruppe bestående af lic. agro. Ib Clausager (DMU), cand. scient. Karsten Laursen (DMU), og cand. oecon. Per Rønne Rasmussen (Miljøministeriets Vildtforvaltning) har været tilknyttet projektet.

Undersøgelsen blev finansieret af I/S Vestkraft (Kontrakt No. 870163 af 13. marts 1987).

## Indledning

De miljømæssige konsekvenser ved opførelse af vindmøller i åbne landskaber er talrige og forskelligartede (Sørensen 1980). Oftest er der sat fokus på hyppigheden og omfanget af fuglekollisioner, idet fugle i forholdsvist stort antal kan påflyve visse typer menneskeskabte bygningsværker som f.eks. højspændingsledninger, meteorologimaster og tv-antennener (Avery et al. 1980, Bevanger & Thingstad 1988). Hidtidige undersøgelser har vist, at fuglekolli-

sioner med store vindkraftanlæg hidtil kun er sket i et beskedent omfang (Alerstam & Karlsson 1977, Byrne 1983, Karlsson 1988).

Vindmøller kan også tænkes at virke som forstyrrelseskilder pga. deres fysiske tilstedeværelse, og de bevægelser, den støj, og de lysreflektioner, der fremkommer under mølledrift. Menneskelig aktivitet og færdsel i forbindelse med opførelse og vedligeholdelse af vindmøller kan ligeledes tænkes at skabe forstyrrelser.

Eventuelle forstyrrelses effekter kan være direkte registrerbare i form af adfærd ændringer eller flugthandlinger og kan medføre begrænsninger i fuglenes habitatudnyttelse, samt nedsætte produktiviteten eller overlevelsen (Green 1979). Disse aspekter er kun indledningsvist belyst i forhold til vindmøller (Møller & Poulsen 1984, Karlsson 1988, Petersen & Nøhr 1989, Winkelman 1989).

Hyppigheden og omfanget af fuglekollisioner kan af gode grunde først undersøges, når en vindmølle er opført. Derimod forudsætter en optimal undersøgelse af eventuelle forstyrrelses effekter, at relevante data indsamles igennem længere perioder før og efter forstyrrelsens indtræden, såvel i området omkring forstyrrelseskilden som i et eller flere kontrolområder (Green 1979, Stewart-Oaten et al. 1986).

Opførelsen af Tjæreborgmøllen påbegyndtes i efteråret 1986, men aftalen om nærværende undersøgelse blev først indgået i foråret 1987. Det medførte, at der ikke kunne indsamles data fra perioden forud for anlæggets opførelse.

Under de givne forhold måtte eventuelle forstyrrelses effekter i stedet belyses ved at sammenligne ynglefuglenes habitatudnyttelse (antal, fordeling, redeplacering) og produktivitet (klækningssucces), og raste-fuglenes habitatudnyttelse (antal, fordeling, aktiviteter) gennem tre planlagte faser af anlæggets opførelse og idriftsættelse:

1. fase: vindkraftanlæggets opførelse (1987)
2. fase: vindmøllens idriftsættelse (1988)
3. fase: permanent vindmølle drift (1989).

I tilfælde af at fugle opholdt sig nær anlægget, når møllen blev sat igang, og forstyrrelser kunne tænkes at opstå, skulle der gennemføres observationer af fuglenes adfærd. Risikoen for fuglekollisioner skulle belyses på grundlag af fuglenes træk mønster gennem området og ved regelmæssigt at eftersøge kolliderede fugle omkring vindkraftanlægget. Hvorvidt kollisionsofre blev fjernet af prædatorer (rovdyr) skulle belyses gennem prædatorforsøg, hvor døde fugle blev udlagt og forsvindingshastigheden registreret.

I henhold til I/S Vestkrafts tidsplan skulle Tjæreborgmøllen køre regelmæssigt fra januar 1988, men idriftsættelsen blev forsinket mere end et halvt år. Siden var driften uregelmæssig, hvilket medførte, at registreringer hovedsageligt gennemførtes, mens vindmøllen stod stille. Undersøgelsens resultater kan derfor primært belyse, hvorvidt en stor stillestående vindmølle indvirker på fugle, og artiklen bør læses med dette forbehold.

Darum-Tjæreborg Digelaug og Kystinspektoret takkes for at have givet adgang til forlandet og beredskabsveje, og ASA Chick A/S takkes for kyllinger til prædatorforsøgene. I/S Vestkraft stillede velvilligt kontorfa-

ciliteter til rådighed og takkes for det gode samarbejde i forbindelse med projektets gennemførelse. Endvidere en varm tak til alle der fik hverdagene ved Tjæreborgmøllen til at fungere.

Joke E. Winkelman (Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Holland) og Johnny Karlsson (Lund Universi-

tet, Sverige) takkes for frugtbare diskussioner undervejs, Thomas Alerstam (Lund Universitet) og Luit Buurma (Koninklijke Luchtmacht, Holland) bidrog med erfaringer om anvendelse af radar. Lic. scient. Henning Noer (DMU) takkes for kommentarer til manuskriptet.

## Undersøgelsesområdet

Undersøgelsesområdet ligger i den nordlige del af Det Danske Vadehav, og består af 300 ha marskeng på Tjære-

borg Enge, 52 ha forland og 950 ha tidevandsområde (Fig.1). Tidevandsområdet udgør en del af EF-fuglebe-

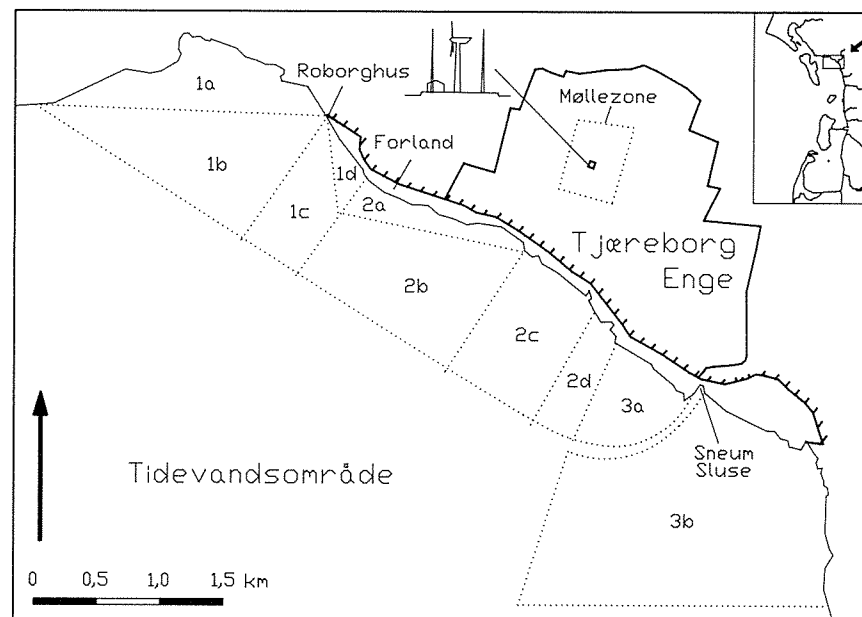


Fig. 1. Undersøgelsesområdet med angivelse af vindkraftanlæggets og møllezonens placering på Tjæreborg Enge, samt inddeling af forlands- og tidevandsarealer i delområder 1a-3b, hvori fugle blev optalt i 1987-1989.

Fig. 1. Study area indicating location of the wind plant and the wind plant zone on Tjæreborg Enge: cultivated marsh; Forland: Foreshore. Subarea 1a-3b: intertidal area subdivided.

skyttelsesområde nr. 57 og er sammen med den sydøstlige del af Tjæreborg Enge klassificeret som et vådområde af international betydning i henhold til Ramsarkonventionen (Grimmett & Jones 1989).

## Tjæreborg Enge

Tjæreborg Enge er et fladt, intensivt dyrket marskområde (Tabel 1), der ligger umiddelbart bag vadehavsdiget (Fig.1). Området gennemskæres af én hovedlandevej, to kommuneveje og flere mindre markveje. Et højspændingstracé (40m/150kV) og en mindre linieføring (18m/10kV) løber gennem engområdet parallelt med kystlinien, ca. 300 m nordøst for vindkraftanlægget.

Undersøgelsesområdet ligger 0,5 – 3,0 m over middelvandstandslinien (DNN), og afgrænses i grove træk af

3 meter koten, dog mod Vadehavet af en digegrav og et dige.

## Tidevandsområdet

Vadehavet er et salint tidevandsområde, der strækker sig fra Den Helder i Holland til Ho Bugt i Danmark. Kun en del af det indre Vadehav har været omfattet af undersøgelsen: Forlandet fra Roborghus til Indvindingsområdet syd for Sneum Sluse og det egentlige tidevandsområde umiddelbart i forbindelse hermed (Fig.1).

Forlandet er et 50-200 meter bredt, overvejende tørt græsareal, der afgræsses af får og kreaturer i sommerhalvåret. En del af området fungerer som højvandsrasteplads for fugle, når tidevandsområdet oversvømmes ved højvande.

Den ydre grænse for tidevandsom-

Tabel 1. Relativ fordeling (%) af afgrøder på det 300 ha store marskområde på Tjæreborg Enge i starten af juli, 1987-1989.

Table 1. Relative distribution (%) of crops on the intensively cultivated marsh on Tjæreborg Polder (300 ha), early July, 1987-1989.

Arealanvendelse	1987	1988	1989
	%	%	%
<i>Dyrkningsarealer</i>	46,7	51,0	58,4
Vintersæd	3,2	3,6	7,7
Vårsæd	24,4	27,2	35,2
Raps	12,6	17,2	14,6
Roer	6,5	3,0	0,9
<i>Græsarealer</i>	53,3	49,0	41,6
Omlægsgræs	45,6	40,7	29,2
Afgræsning	7,7	8,3	12,4

Tabel 2. Månedlig fordeling af Tjæreborgmøllens 1.005 driftstimer i 1988-1989 (efter Friis et al. 1989).

Table 2. Monthly distribution in 1988-1989 of 1,005 hours of operation of the Tjæreborg Wind Turbine (after Friis et al. 1989).

År/Måned	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	26	29	87	72
1989	0	5	267	112	248	66	30	61	2	0	0	0

rådet er fastlagt ud fra vandstanden ved normal daglig lavvande. Området er en karakteristisk lavvandet tidevandszone, bestående af slik-/sandflader med spredte småbevoksninger af vadegræs (*Spartina spp.*) og bændeltang (*Zostera spp.*). To gange i døgnet blotlægges området i forbindelse med lavvande, og vadefladerne tiltrækker tusindvis af ænder, vadefugle og måger, som kommer for at fouragere (jf. App. I).

## Vindkraftanlægget

Vindkraftanlægget består af Tjæreborgmøllen (samlet højde 90 m, tårnhøjde 60 m, rotordiameter 60 m, effekt 2 MW), to meteorologimaster (højde 90 m) og en servicebygning

(højde 6 m). Anlægget ligger midt på Tjæreborg Enge 800 m fra vadehavsdiget (Fig.1) og er opført på en 1,3 ha grusbelagt plads beliggende 60 cm over terræn (kote 2,6 DNN).

Vindkraftanlægget blev påbegyndt opført i efteråret 1986, og var færdigbygget i efteråret 1987, hvor vindmøllen for første gang var i prøvedrift. Egentlig elproduktion skulle starte i januar 1988 (Kristensen 1988), men en række tekniske problemer medførte, at møllen først kom i drift i september 1988 (Tabel 2). Siden var driften uregelmæssig, og vindmøllen blev standset, da gearret havarede i september 1989. Vindmøllen har i 1988 og 1989 kun produceret strøm i hhv. 2,4% og 9,0% af tiden mod forventet 80% hvert år (Anonym 1986).

## Materiale og metoder

### Ynglende fugle

*Tjæreborg Enge*: Rugende eller territoriehævdende andefugle, vandhøns og vadefugle blev optalt én gang i hver 10-dages periode fra midten af marts til begyndelsen af juni i årene

1987-89. Under hver optælling blev arealanvendelse, marktilstand og alle typer menneskelig aktivitet registreret på oversigtskort (1:8000). Registreringer foregik fra bil vha. kikkert og teleskop (20-25 x) fra veje med gode oversigtsforhold, hvor afstan-

den til fuglene ikke oversteg 500 meter.

Der blev anvendt to forskellige metoder til at opgøre ynglebestandens størrelse:

For fåtalligt forekommende arter som gråand (*Anas platyrhynchos*), grønbenet rørhøne (*Gallinula chloropus*), blishøne (*Fulica atra*), strandskade (*Haematopus ostralegus*), stor præstekrave (*Charadrius hiaticula*) og dobbeltbekkasin (*Gallinago gallinago*), hvor de enkelte ynglepar kunne adskilles i materialet, blev ynglebestanden beregnet som summen af reder/territorier i hver sæson.

Hos talrigt forekommende arter som vibe (*Vanellus vanellus*) og rødben (*Tringa totanus*), hvor yngleparrene var svære at adskille enkeltvis mellem tællingerne, blev det største antal registrerede reder/territorier, der blev fundet på én tælling lagt til grund for bestandens størrelse i de enkelte år. Metoden angiver ikke de enkelte arters absolutte bestand, men udtrykker hvor mange par, der maksimalt var til stede samtidig i området.

Ved undersøgelsens begyndelse var viben den eneste art, som ynglede umiddelbart omkring vindkraftanlægget. For at undersøge om vindkraftanlægget indvirkede på artens habitatudnyttelse, blev data om redeplacering, kuld størrelse og klæknings succes indsamlet i Møllezonen – et 45 ha stort område omkring anlægget (Fig.1).

Redeeftersøgning blev foretaget

fra bil hver 3.-4. dag, og for at rederne skulle kunne genfindes, blev de markeret med en bambuspind, som blev placeret mindst 10 m væk for ikke at skabe unødigt interesse omkring rederne. Kuld størrelsen blev kontrolleret senest 5 dage efter første besøg, og hver rede blev derefter tilset hver 3.-4. dag. Var datoen for rugningens begyndelse kendt, blev reden tilset hyppigere omkring det forventede klækningstidspunkt. Forsvandt enkelte eller alle æg mellem to kontrolbesøg, blev tilstedeværelsen af små æggeskaller i redeskålens bund anvendt som indicium for klækning. Hvis små æggeskaller manglede, ansås reden for at være præderet (Galbraith 1988).

Registreringer skete i videst muligt omfang fra veje eller på afstand for ikke at skabe ledelinier for prædatorer. Galbraith (1987) fandt, at metoden ikke influerede på vibens klækningssucces. Færdsel i forbindelse med feltarbejdet skete altid fra veje i retning mod anlægget, da færdsel fra anlægget og ud i området i sig selv kunne forstærke eventuelle forstyrrelses effekter fra anlægget.

**Forland:** Antallet af reder og territorie-/ungevarslende fugle blev optalt én gang i midten af hver ynglesæson. Området blev gennemgået til fods ad en fastlagt rute, mens tidevandsområdet var dækket af højvande. Ynglebestandens størrelse blev for alle arters vedkommende opgjort som summen af reder og territorier, optalt under den årlige gennemgang.

## Rastende fugle

**Tjæreborg Enge:** Andefugle, rovfugle, vadefugle, måger, kragefugle og stære (*Sturnus vulgaris*) blev optalt mindst én gang i hver 10-dages periode fra juni 1987 til december 1989. Optællingerne foregik efter samme metode som omtalt under ynglefugleundersøgelsen og foretoges hovedsageligt, mens tidevandsområdet var dækket af højvande. I perioden juli - december 1989 omfattede optællingsrutinen endvidere registrering af fuglenes aktiviteter, dvs. om fuglene hvilede eller fouragerede under opholdet på engene.

**Tidevandsområdet:** Ande-, vade- og mågefugle optaltes inden for 10 prøvefelter (Fig.1; 1a-3b) fra oversigtspunkter på diget, én gang i hver 10-dages periode fra juni 1987 til december 1989.

For de arter, der optrådte talrigt på engene om efteråret, blev forekomsterne omregnet til fugledage. Denne metode udtrykker fuglenes udnyttelse af området og beregnes ved at multiplicere det gennemsnitlige antal individer på to på hinanden følgende optællinger med antal af de mellemliggende dage. Metoden er nærmere beskrevet af Madsen (1986). Da optællinger mangler fra forårssæsonen 1987, blev fugledage kun udregnet for de tre efterårssæsoner. I beregningen var kun medtaget data indsamlet på Tjæreborg Enge under højvande og i tidevandsområdet under lavvande.

For at belyse eventuelle ændringer

i fuglenes habitatudnyttelse på Tjæreborg Enge blev fuglenes fordeling på engene sammenlignet fra år til år. For hvert år blev forekomsterne grupperet i 100-meter-intervaller fra vindmøllen og udefter, og materialet blev testet for forskelle i fuglenes forholds mæssige fordeling med Kolmogorov-Smirnov two-sample test. Med denne test kan data grupperes mere detaljeret end med andre non-parametriske tests (f.eks.  $\chi^2$ , hvorfor konklusionen har større styrke (Siegel & Castellan 1988)). I testene anvendtes kun forekomster inden for 0-800 m fra vindkraftanlægget (afstanden til vadehavsdiget).

## Trækkende fugle

Fuglenes trækmønster blev kortlagt med søgeradar (FURUNO FR-1500 DA; sendestyrke 10 kV, frekvens 9410 MHz, scannerbredde 8 fod), som var installeret i en bil med scanneren monteret på taget. Observationer blev foretaget fra vadehavsdigets kystside 800 m fra Tjæreborgmøllen, så jordstøjen i området omkring vindkraftanlægget kunne minimeres på radarskærmen.

Med denne radartype var det udelukkende muligt at kortlægge det horisontale trækmønster ud til en afstand af 1.200-1.500 m, dvs. fugle blev registreret op til 400-700 m på den anden side af vindkraftanlægget. Det kunne ikke beregnes, hvor højt fugle blev registreret over vindkraftanlægget, idet scannede luft-

rum ikke kan afgrænses af rette linier på korte afstande (Richardson 1978). Kontrolobservationer i felten viste imidlertid, at fugle kunne registreres mindst 300 m over anlægget, og at den vertikale rækkevidde i nogle tilfælde var større.

På radarskærmen fremstod trækende fugle som en række punkter (plots), der markerede trækets forløb med en nøjagtighed på  $\pm 5$  m. Under radarobservationerne blev skærbilledet optaget på video til senere bearbejdning. Samtidigt blev tidspunkter, vejrdata og mølledrift indtalt på båndet.

Ved at kombinere radarobservationer med feltobservationer fra møllepladsen i dagtimerne, var det i visse tilfælde muligt at fastslå fuglenes art og antal samt skønne deres træk-højde. Under disse observationer stod radar- og feltobservatør i kontakt med hinanden via walkie-talkies, og alle oplysninger blev indtalt på samme videobånd, som sporene blev optaget på.

Fra efteråret 1987 til foråret 1989 blev der foretaget radarobservationer i alt 170 timer, hvoraf 140 var egnede til videre analyser. Af disse udgjorde observationer foretaget alene med radar i nat- og dagtimerne 76 timer, mens kombinerede radar- og feltobservationer i dagtimerne udgjorde 64 timer. Radarobservationerne blev optaget på video, og alle spor fra trækkende fugle blev manuelt overført til plastfolie. Sporene blev digitaliseret og koordinaterne for hvert plot beregnet og lagret i en datafil.

Ud fra retningerne mellem to efterfølgende plot i et helt sporforløb blev en trækkurs beregnet. Ændringer i fuglenes trækkurs blev defineret som enhver afvigelse i sporforløbet på mere end  $10^\circ$ .

For alle spor blev en mindsteafstand mellem spor og vindkraftanlægget udmålt. Mindsteafstanden blev defineret som det plot i sporforløbet, hvor afstanden til vindmøllen var mindst.

Spor af større fugleflokke, der optrådte som brede bånd på skærmen, og spor, hvor der forelå oplysninger om art, antal og højde, blev analyseret manuelt.

#### Kollisionseftersøgninger

Kolliderede fugle eller rester af disse eftersøgte næsten dagligt i træktiden og derudover i gennemsnit hver 3.-4. dag (Tabel 3). Et område med en radius på ca. 100 m omkring vindmøllen og meteorologimasterne blev afsøgt til fods ad ruter med 5-20 m mellemrum. Alle fund blev indsamlet, og fugle, som kunne obduceres, blev sendt til Statens Veterinære Serumlaboratorium. Fugle i forrådelse blev undersøgt for knoglebrud på stedet inden destruktion.

Da fugle let overses i høj vegetation (Faanes 1987, Winkelman 1989), blev eftersøgningerne koncentreret til møllepladsen, nysåede/høstede marker og marker uden vegetation. Marker med høj vegetation blev gennemløbet grundigt for fjerpartier, så snart afgrøden var høstet. Møllepladsen blev gennemgået under alle

Tabel 3. Månedlig fordeling af 307 kollisionseftersøgninger omkring vindkraftanlægget, 1987-1989.

Table 3. Monthly distribution of 307 searches for carcasses around the Tjæreborg Wind Plant, 1987-1989.

År/måned	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1987	-	-	-	-	3	4	2	11	12	17	13	5
1988	4	7	10	17	8	7	7	14	15	21	8	6
1989	7	6	7	14	7	2	7	10	14	22	13	7

eftersøgninger, markerne omkring vindmøllen og den vestlige meteorologimast blev gennemgået under 197 eftersøgninger (64%), mens hele området blev gennemløbet under 83 eftersøgninger (27%).

Ved et nærliggende højspændingstracé (afstand 300 m) foretoges i perioden april-november 1987-89 16 eftersøgninger af varierende længde (100-800 m). Herudover blev arbejdere med daglig gang på møllepladsen, lodsejere, jordbrugere og den lokale jagtforenings medlemmer orienteret om undersøgelsen, og alle blev opfordret til at meddele/aflevere fund af døde eller lemlæstede fugle med angivelse af findested.

For at belyse i hvilket omfang rovdyr fjernede kolliderede fugle mel-

lem de systematiske eftersøgninger i forårs- og efterårstræksæsonerne, blev der simuleret 'fuglefald' ved at udlægge døde fugle på faste pladser omkring vindkraftanlægget (Tabel 4). Fuglene udlagdes ved solnedgang og blev kontrolleret og optalt fra den efterfølgende morgen og op til 12 dage frem. Det udlagte antal varierede fra forsøg til forsøg afhængigt af, om der anvendtes små daggamle kyllinger og/eller relativt store, dødfundne fugle.

Et samlet prædationstryk, udtrykt som den daglige relative forsvindingshyppighed, blev udregnet ved  $100 - (T_n / F_n \times 100)$ , hvor  $T_n$  er antal tilbageværende fugle dag  $n$  og  $F_n$  er antal fugle, der maksimalt kunne være til stede den  $n$ 'te dag.

Periode	Antal udlagte		
	Kyllinger	Andre fugle	Total
23.11 - 30.11.1987	15	0	15
19.04 - 30.04.1988	18	0	18
26.08 - 29.08.1988	0	7	7
06.10 - 18.10.1988	18	0	18
24.04 - 05.05.1989	18	0	18
04.10 - 15.10.1989	7	11	18
Total	76	18	94

Tabel 4. Forsøgsperioder og det anvendte antal fugle ved prædator-tests, 1987-1989.

Table 4. Experimental periods and numbers of birds included in scavenger removal tests, 1987-1989.



# Resultater

## Ynglefugle

I årene 1987-89 ynglede 9 arter vandfugle indenfor undersøgelsesområdet (Tabel 5). Gråand, grønbenet rørhøne, blishøne og dobbeltbekkasin ynglede kun på Tjæreborg Enge, og almindelig ryle (*Calidris alpina*) kun på Tjæreborg Forland. Strandskade, stor præstekrave, vibe og rødben ynglede i begge områder, og udgjorde tilsammen 81-90% af yngle-

parrene på engene og 96-100% på forlandet.

På Tjæreborg Enge forblev ynglebestanden af ænder og vandhøns stort set uændret gennem undersøgelsesperioden, mens ynglebestanden af vadefugle steg (Tabel 5).

På Tjæreborg Forland registreres væsentlig færre ynglefugle i 1988 end i 1987 og 1989 (Tabel 5), men forskellen skyldes formentlig alene, at optællingen gennemførtes mere end



Fig. 2. Relativ fordeling af ynglebestanden af vadefugle i Møllezonen og den øvrige del af Tjæreborg Enge (referenceområdet) i marts-juni, 1987-1989.

Fig. 2. Relative distribution of breeding waders between the wind plant zone (Møllezonen) and the rest of the marsh (referenceområdet) during March-June, 1987-1989.

Tabel 5. Antal ynglende vandfuglepar på Tjæreborg Enge og Tjæreborg Forland, 1987-1989. Den andel af bestanden, som ynglede i Møllezonen på Tjæreborg Enge, er angivet i parentes.

Table 5. Numbers of breeding pairs of waterfowl and waders on the polder (Tjæreborg Enge) and the adjacent foreshore (Tjæreborg Forland), 1987-1989. In brackets the number of pairs breeding in the wind plant zone (size 45 ha) is indicated.

Art	Tjæreborg Enge			Tjæreborg Forland			
	1987	1988	1989	1987	1988 <sup>1)</sup>	1989	
Gråand <i>Anas platyrhynchos</i>	4 (0)	6 (1)	6 (1)	0	0	0	
Grønbenet rørhøne <i>Gallinula chloropus</i>	3	4	5	0	0	0	
Blishøne <i>Fulica atra</i>	1	2	1	0	0	0	
Strandskade <i>Haematopus ostralegus</i>	3	10	10	1	8	11	
Stor præstekrave <i>Charadrius hiaticula</i>	1 (0)	5 (0)	5 (1)	15	8	11	
Vibe <i>Vanelus vanellus</i>	30 (9)	67 (12)	86 (4)	30	9	31	
Almindelig ryle <i>Calidris alpina</i>	0	0	0	0	1	0	
Dobbeltbekkasin <i>Gallinago gallinago</i>	1 (1)	0 (0)	0 (0)	0	0	0	
Rødben <i>Tringa totanus</i>	4 (2)	8 (1)	9 (0)	39	8	29	
Ænder, vandhøns <i>Anatidae, Rallidae</i>	8 (0)	12 (1)	12 (1)	0	0	0	
Vadefugle <i>Charadriidae</i>	39 (12)	90 (13)	110 (5)	85	26	71	
Total	47 (12)	102 (14)	122 (6)	85	26	71	

<sup>1)</sup> Optællingen i 1988 gennemførtes en måned tidligere end i 1987 og 1989.

The count in 1988 was carried out one month earlier than in 1987 and 1989.

en måned tidligere i 1988 end i de øvrige år.

### Udvikling indenfor Møllezonen

På Tjæreborg Enge som helhed næsten tredobledes den samlede bestand af vadefugle i årene 1987-1989 (Tabel 5). Samtidigt reduceredes den andel, som yngede i Møllezonen fra 31% i 1987 til kun 5% i 1989 (Fig. 2).

For viben, som udgjorde hovedparten af den samlede ynglebestand, var andelen i Møllezonen signifikant forskellig gennem de tre sæsoner; både under bestandens kulmination først i sæsonen ( $\chi^2 = 15,03$ ;  $df = 2$ ;  $P < 0,001$ ) og sidst i sæsonen ( $\chi^2 = 6,98$ ;  $df = 2$ ;  $P < 0,05$ ). Et par dobbeltbekkasiner forsvandt fra Møllezonen, og dermed fra hele engområdet i 1988, mens rødben forsvandt fra Møllezonen i 1989 (Tabel 5). Begge arter yngede i fugtige, græsbevoksede lavninger (hhv. 60 m og 180 m fra vindmøllen), som forblev uop-

dyrkede gennem hele undersøgelsesperioden. Kun stor præstekrave indvandrede til Møllezonen, hvor et par etablerede rede 450 m fra vindmøllen i 1989.

### Vibens habitatudnyttelse

Afstanden fra vindmøllen til vibereder i Møllezonen forøgedes signifikant fra 1987 til 1988 (Kolmogorov-Smirnov two-sample test;  $D_{m,n} = 0,464$ ,  $P < 0,05$ ). Fra 1988 til 1989 skete ingen signifikante ændringer ( $D_{m,n} = 0,170$ ,  $P > 0,05$ ), men afstanden til nærmeste rede blev yderligere forøget, så viber i 1989 ikke længere yngede inden for 0-200 m omkring vindmøllen (Fig. 3A). En lignende udvikling fandtes i afstanden mellem reder og meteorologimaster (1987-88:  $D_{m,n} = 0,445$ ,  $P < 0,05$ ; 1988-89:  $D_{m,n} = 0,089$ ,  $P > 0,05$ ), og viber yngede ikke inden for 0-150 m omkring meteorologimasterne i 1989 (Fig. 3B).

Tabel 6. Yngleresultater for vibe i Møllezonen, 1987-1989.

Table 6. Breeding success of Lapwings in the wind plant zone, 1987-1989, given as the number of breeding attempts with fully hatched clutches (A), partly hatched clutches (B), eggs predated (C), eggs destroyed by agricultural activities (D), incubation abandoned due to the height of rape (E) and incubation abandoned presumably due to disturbance (F).

Resultat	Antal kuld pr. sæson						Hele perioden	
	1987		1988		1989		N	%
	n	%	n	%	n	%		
A. Hele kullet udruget	6	32	13	41	4	29	23	35
B. Del af kullet udruget	0	-	2	6	3	21	5	8
C. Æg præderet	2	10	7	22	6	43	15	23
D. Æg ødelagt af landbrugsmaskiner	8	42	3	9	1	7	12	19
E. Opgivet pga. afgrødehøjde	0	-	6	19	0	-	6	9
F. Opgivet formentlig pga. forstyrrelse	3	16	1	3	0	-	4	6
Total	19	100	32	100	14	100	65	100

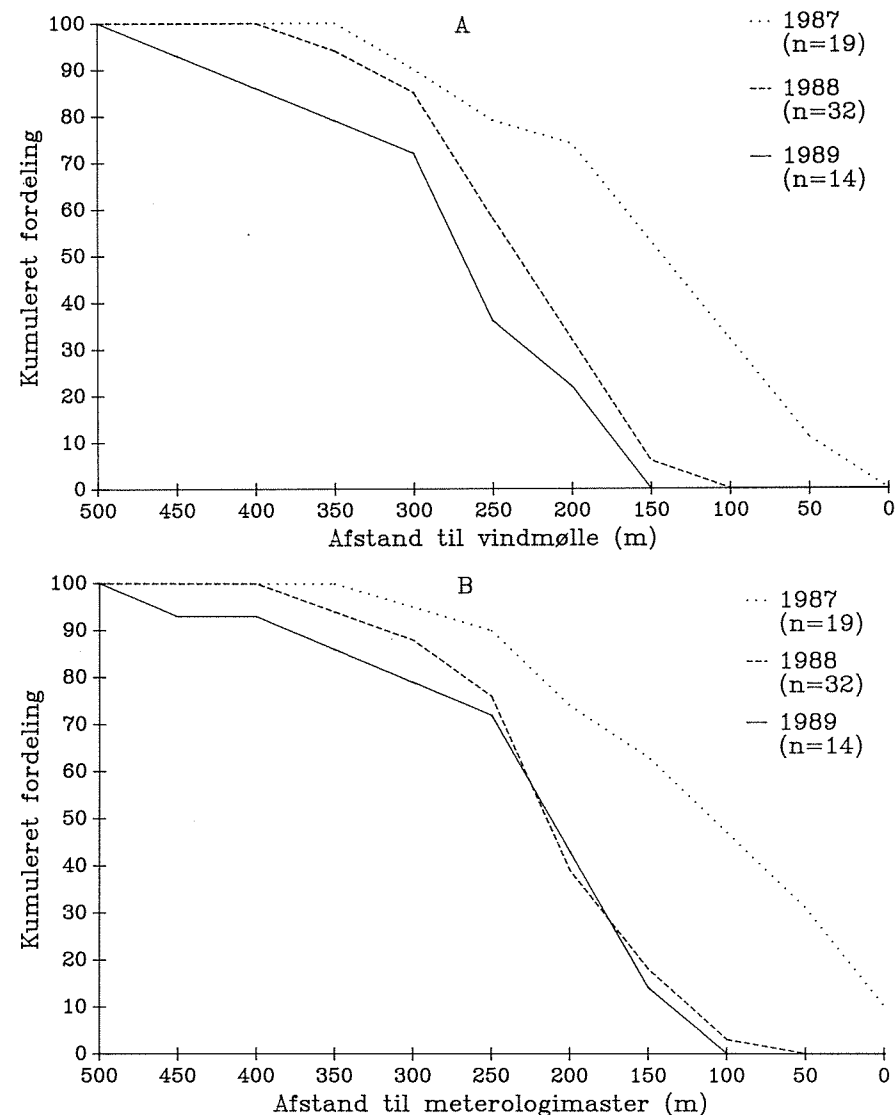


Fig. 3. Vibens habitatudnyttelse i Møllezonen i 1987-1989, udtrykt som den relative kumulerede fordeling af reder i forhold til A: afstanden til vindmøllen; B: afstanden til meteorologimasterne. Fig. 3. Spatial distribution of Lapwing nests in the wind plant zone 1987-1989, based on the relative cumulated distribution in relation to A: distance to the wind turbine and B: distance to the meteorological masts. Both distributions differed significantly between 1987 and 1988 (Kolmogorov-Smirnov two-sample test;  $P < 0,05$ ) but not between 1988 and 1989 ( $P > 0,05$ ).

De registrerede vibekuld (N=65) bestod af tre og fire æg (hhv. 21% og 79%); den gennemsnitlige kuld størrelse var i 1987, 1988 og 1989 hhv. 3,91, 3,75 og 3,78 æg/kuld. Klækningssuccesen var i gennemsnit hhv. 2,40, 1,72 og 2,18 æg/kuld. Stikprøver viste, at inkubationstiden varierede mellem 25-28 (n=4). Årsagen til det forholdsvist store ægtab var forskellig fra år til år (Tabel 6). I 1987 ødelagdes næsten halvdelen af rederne af landbrugsmaskiner i starten af ynglesæsonen. I 1988 blev 22% af kuldene præderet af bl.a. lækat (*Mustela erminea*). En tilsvarende andel, der var etableret på rapsmarker i slutningen af sæsonen, blev opgivet da afgrødehøjden nåede 80-100 cm. I 1989 blev næsten alle kuld klækket i første halvdel af sæsonen, mens stort set alle kuld blev præderet i sidste halvdel af sæsonen.

I fire reder blev rugningen opgivet uden, at årsagen kunne fastslåes (Tabel 6); de tre lå nærmest byggeplad-

sen (75-80 m) og vindmøllen (90-150 m).

I rugetiden kan forstyrrelser føre til ægtab eller prædation hos vibe (Jackson & Jackson 1980, Iversen 1986), men der fandtes ikke signifikant forskel på medianafstanden fra vindmøllen til de reder i Møllezonen, hvor rugning enten blev opgivet, eller kun en del af kullet blev udruget eller æggene blev præderet, og fra vindmøllen til reder hvor hele kullet blev udruget (Mann-Whitney U-test;  $P > 0,05$  alle årene).

### Rastefugle

På Tjæreborg Enge optaltes under 192 tællinger i alt 62.961 vandfugle, 200 rovfugle og 68.381 spurvefugle, hvoraf hjejle, vibe, hættemåge (*Larus ridibundus*), stormmåge (*Larus canus*) og stær var de talrigeste arter (App.I + App.I suppl.).

I tidevandsområdet optaltes under

86 tællinger i alt 413.388 vandfugle med gravand (*Tadorna tadorna*), gråand, hjejle, vibe, almindelig ryle og hættemåge som de almindeligst forekommende arter (App.I).

I tidevandsområdet blev der gennemsnitligt optalt 15 gange flere vandfugle pr. tælling end på Tjæreborg Enge (Tabel 7), hvilket betød, at tætheden pr. arealenhed i tidevandsområdet var fem gange større end på engene.

Vadefugle og måger udgjorde hovedparten af de optalte vandfugle på såvel Tjæreborg Enge som i tidevandsområdet (Tabel 7). Ænder, som primært er tilknyttet vandfladerne, opholdt sig derimod i tidevandsområdet uanset vandstand og manglede stort set på engene. Hjejle, vibe, hæt-

temåge og stormmåge forekom talrigt i begge områder (App.I), og vekslede mellem at fouragere i tidevandsområdet under lavvande, og at trække ind på engene under højevande for at hvile eller fouragere. På engene optaltes der i gennemsnit 2-3 gange flere fugle under højevande end under et forudgående eller efterfølgende lavvande.

Udviklingen i antallet af rastende hjejler, viber, hættemåger, stormmåger og stær, som var de talrigst forekommende arter på engene om efteråret, viste en uensartet tendens (Tabel 8). Da vindmøllen var færdigbygget og i uregelmæssig drift i 1988, var de fleste arter gået tilbage på Tjæreborg Enge, mens tilbagegangen var mindre markant i tidevandsområdet.

Tabel 8. Bestandsudvikling for de talrigst forekommende arter på Tjæreborg Enge 1987-1989 med reference til tidevandsområdet; udtrykt som antal fugledage i august-december. I parentes er angivet indexværdier for de beregnede fugledage med antal fugledage i 1987 = index 100.

Table 8. Population trends of the most numerous species on Tjæreborg polder 1987-1989 with reference to the tidal flat area, expressed as the number of bird days during August-December. In brackets index values are given with 1987-numbers = index 100.

Art	Tjæreborg Enge		
	1987	1988	1989
Hjejle <i>Pluvialis apricaria</i>	28.830(100)	7.819 (27)	14.949 (51)
Vibe <i>Vanellus vanellus</i>	15.962(100)	12.334 (77)	7.837 (49)
Hættemåge <i>Larus ridibundus</i>	11.162(100)	22.888(205)	9.911 (89)
Stormmåge <i>Larus canus</i>	9.645(100)	7.263 (75)	11.389(118)
Stær <i>Sturnus vulgaris</i>	82.017(100)	39.506 (48)	21.312 (26)

Art	Tidevandsområdet		
	1987	1988	1989
Hjejle <i>Pluvialis apricaria</i>	152.888(100)	116.089 (75)	128.973 (84)
Vibe <i>Vanellus vanellus</i>	52.843(100)	44.426 (84)	50.475 (96)
Hættemåge <i>Larus ridibundus</i>	275.793(100)	236.922 (86)	171.660 (62)
Stormmåge <i>Larus canus</i>	4.539(100)	34.451(759)	13.001(286)
Stær <i>Sturnus vulgaris</i>	-	-	-

Tabel 7. Fordeling på artsgrupper af optalte vandfugle på Tjæreborg Enge (192 optællinger) og i det nærmeste tidevandsområde (86 optællinger), samt den gennemsnitlige forekomst pr. optælling.

Table 7. Total numbers, relative distribution and mean numbers per count of waterfowl, waders and gulls on Tjæreborg polder (192 counts) and the adjacent intertidal area (86 counts) during the years 1987-1989.

Artsgruppe	Tjæreborg Enge			Tidevandsområdet		
	Total	%	$\bar{x}$	Total	%	$\bar{x}$
Skarver <i>Phalacrocoracidae</i>	0	-	-	334	0,1	3,9
Hejrer <i>Ardeidae</i>	73	0,1	0,4	109	0,0	1,3
Andefugle <i>Anatidae</i>	247	0,4	1,3	73.610	17,9	855,9
Vadefugle <i>Charadriidae</i>	26.846	42,6	139,8	187.045	45,2	2.174,9
Mågefugle <i>Laridae</i>	35.795	56,9	186,4	152.290	36,8	1.770,8
Total	62.961	100,0	327,9	413.388	100,0	4.806,8

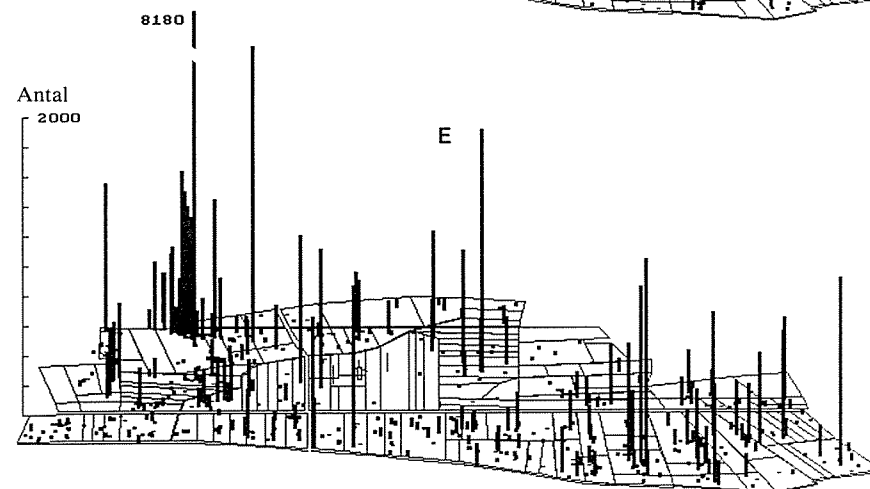
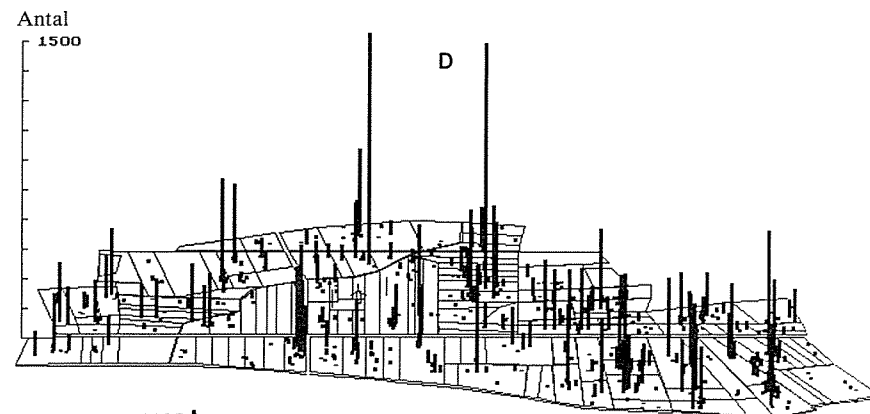
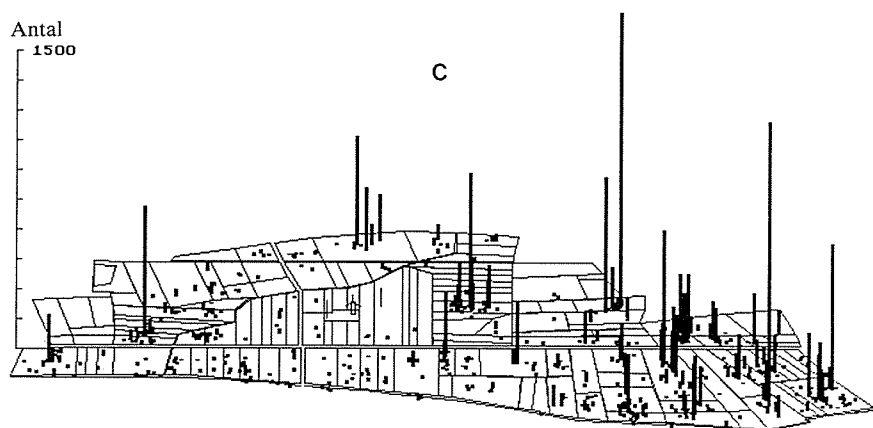
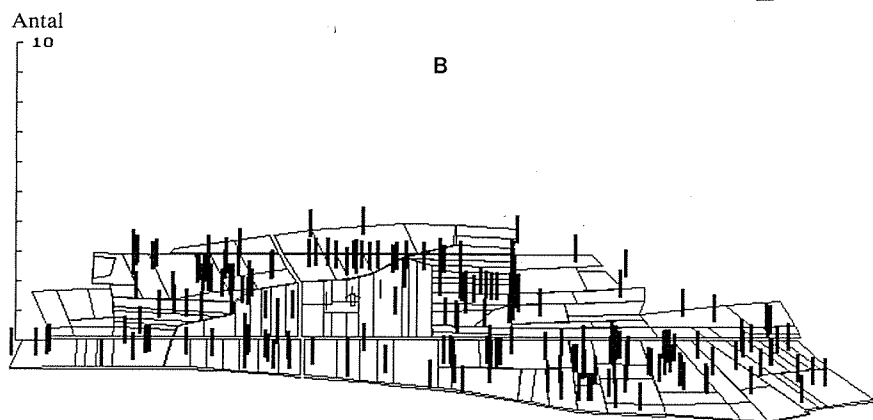
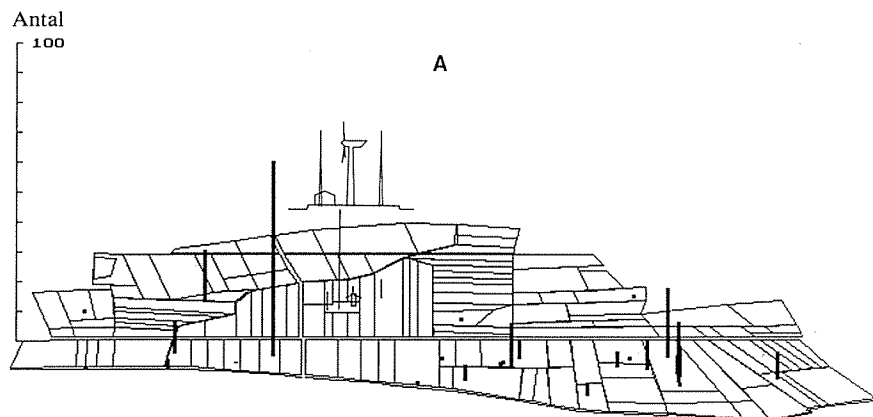


Fig. 4. Fordeling af rastende A: Andefugle (n=247), B: rovfugle (n=200), C: vadefugle (n=26.846), D: mågefugle (n=35.795), E: spurvefugle (n=68.381) på Tjæreborg Enge, 1987-1989. Vindkraftanlæggets placering er vist på delkort A. Fordelingerne afspejler ikke ændringer igennem de tre år.

Fig. 4. Spatial distribution of A: Waterfowl, B: Birds of prey, C: Waders, D: Gulls and E: Passerines, on Tjæreborg polder during 1987-1989.

Igennem hele perioden 1987-1989 blev bestanden af hjejle, vibe og stær reduceret markant, mens bestanden af måger svingede i begge områder uden entydig udviklingstendens (Tabel 8).

#### Udvikling i relation til vindmøllen

I årene 1987-89 opholdt få fugle sig omkring vindkraftanlægget (Fig.4), og for perioden som helhed forøgedes afstanden fra anlægget til vade-, måge- og spurvefugle, mens der ikke

skete ændringer i rovfuglernes fordeling i området (Tabel 9).

Generelt manglede fugle helt inden for 0-100 m omkring vindmøllen, og med tiden blev opholdsafstanden stadig større (App. II). De største ændringer skete hos talrigt forekommende arter som vibe og stær, som gik forholdsmæssigt meget tilbage inden for 0-400 m, og hjejle, hvor tilbagegangen skete inden for 0-800 m, svarende til 200 ha ( $\frac{2}{3}$  af det samlede engareal).

I tidevandsområdet var der ikke i perioden 1987-89 signifikant forskel i fordelingen af hjejle, viber, hætte-

måge og stormmåge i de tre hovedområder ( $\chi^2$ -test,  $P > 0,05$ ), men den samlede relative forekomst af hjejler og viber gik tilbage i prøvefelterne 2a-3a (App.III), som lå nærmest vindmøllen (Fig.1). Tendensen var ikke entydig i de enkelte felter. Hos arter, som kun forekom i tidevandsområdet og ikke på Tjæreborg Enge, skete der ingen tilbagegang i prøvefelterne nærmest vindmøllen (App.III).

#### Aktivitet

Fugle opholdt sig generelt længere fra vindkraftanlægget, når de hvi-

Tabel 9. Udvikling i fuglernes opholdsafstand til vindmøllen 1987-1989, baseret på forekomster inden for 0-800 m fra vindmøllen. Uændret: ikke-signifikant forskel; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,001$ , angiver de fundne signifikansniveauer (Kolmogorov-Smirnov two-sample test).

Table 9. Changes in spatial distribution of flocks and individuals within 0-800 m from the wind turbine. 'Uændret': no significant changes; \*:  $P < 0,05$  and \*\*:  $P < 0,001$  (Kolmogorov-Smirnov two-sample test).

	1987-88	1988-89	Hele perioden
<b>Rovfugle <i>Accipitridae</i></b>			
Flokke	Uændret	Uændret	Uændret
Individer	Uændret	Uændret	Uændret
<b>Vadefugle <i>Charadriidae</i></b>			
Flokke	Uændret	Uændret	Afstand øget*
Individer	Afstand øget**	Afstand øget**	Afstand øget**
<b>Mågefugle <i>Laridae</i></b>			
Flokke	Uændret	Afstand øget**	Afstand øget**
Individer	Afstand øget*	Afstand øget**	Afstand øget**
<b>Kragefugle <i>Corvidae</i></b>			
Flokke	Uændret	Uændret	Afstand øget**
Individer	Afstand øget**	Afstand øget**	Uændret
<b>Stær <i>Sturnus vulgaris</i></b>			
Flokke	Uændret	Uændret	Uændret
Individer	Afstand øget**	Afstand øget**	Afstand øget**

lede på Tjæreborg Enge, end når de fouragerede (App. IV: Alle arter; flokke:  $D_{m,n} = 0,204$ ,  $P < 0,05$ ; individer  $D_{m,n} = 0,171$ ,  $P < 0,001$ ). Blandt artsgrupperne viste kun vadefuglene signifikant forskel mellem individernes forholdsmæssige fordeling, når de hhv. fouragerede og hvilede ( $D_{m,n} = 0,559$ ,  $P < 0,001$ ), men ikke i fordelingen af flokke ( $D_{m,n} = 0,200$ ,  $P > 0,05$ ). For de øvrige artsgrupper fandtes ingen signifikante forskelle. I disse tilfælde opholdt fuglene sig 2-300 m tættere på anlægget, når de fouragerede, end når de hvilede (App.IV).

I dagtimerne kom fuglene kun tæt på vindmøllen for kortvarigt at udnytte føderessourcer, som pludselig blev tilgængelige i forbindelse med grønthøstning af græsmarker (App. V: Case 1). Sådanne »fouragerings-togter« foretoges også umiddelbart efter pløjning og gyllespredning etc. Fuglene fouragerede ved at flakse i lav højde og foretage dyk efter føden. Kun sjældent stod de på jorden,

som det ellers var almindeligt, når de fouragerede andre steder i området. Når vindmøllen var under opstart, blev fuglene med få minutters mellemrum skræmt op og fløj kortvarigt rundt, inden de genoptog fourageringen (App. V: Case 2).

Tilfældige, men hyppige iagttagelser af viber, som om efteråret nattetouragerede umiddelbart omkring vindkraftanlægget viste, at arten, i forbindelse med sæsonbetingede ændringer i fourageringsstrategien (Milsom 1983), kan kompensere for tab af fourageringsområde om dagen ved at fouragere i området om natten.

#### Trækfugle

Med radar blev der i de 76 timer registreret 6.338 spor af trækkende fugle i luftrummet over Tjæreborg Enge. Dette svarer til en gennemsnitlig trækintensitet på 83 spor/time, med størst trækaktivitet om efteråret

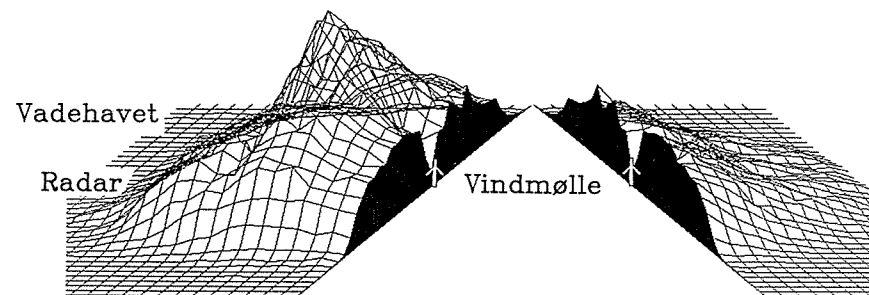


Fig. 5. Geografisk fordeling (i 50x50 m felter) af 6.338 radarspor af trækkende fugle. Figuren er delt efter en linie parallelt med kystlinjen. Radarens placering er vist.

Fig. 5. Spatial distribution of 6,338 radar traces of migrating birds in 50x50 m squares around the Tjæreborg Wind Turbine.

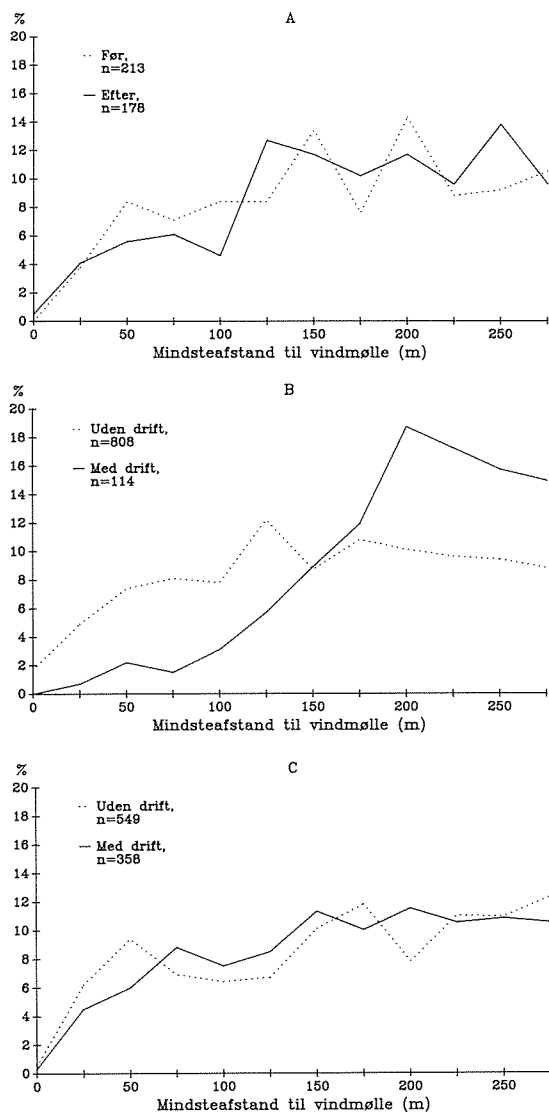


Fig. 6. Relativ fordeling af trækkende fugle i relation til mindsteafstand til vindmøllen; A: før og efter anlæggets færdigbygelse i 1987; B: med og uden mølledrift om dagen og C: med og uden mølledrift om natten i 1988-1989.

Fig. 6. Relative distribution of migrating birds in relation to their minimum distance to the wind turbine; A: before and after final construction in 1987; B: in relation to diurnal and C: nocturnal migration with and without turbine operation during 1988-1989.

(maksimalt 270 spor/time). Den største sportæthed blev registreret vest for vindkraftanlægget, hvor trækfugle forløb i nordøstlig-sydvestlig retning, mens tætheden var lavest umiddelbart omkring anlægget (Fig. 5).

Under de 64 timers kombinerede radar-/feltobservationer blev der registreret 532 spor af 12.968 artsbestemte trækfugle i det nærmeste luftrom omkring vindkraftanlægget.

#### Udvikling i relation til vindmøllen

Efter vindkraftanlægget var færdigbygget i efteråret 1987, trak 8% færre fugle i luftrummet inden for 0-100 fra

anlægget (Fig. 6A). Når vindmøllen var i drift om dagen, passerede fuglene anlægget i større afstand, end når vindmøllen stod stille (Fig.6B). Om natten var der ikke større forskel på fordelingen i de to situationer, men også i de mørke timer undveg fuglene luftrummet umiddelbart omkring vindmøllen (Fig.6C).

Generelt foretog de trækkende fugle kun mindre kursændringer (0-30°) ved passage af vindmølleanlægget (Fig.7). Inden for 0-300 m fra anlægget var 5% af kursændringerne mere end 30° mod 2% på større afstande. Winkelman (1989) fandt i sine undersøgelser ved hol-

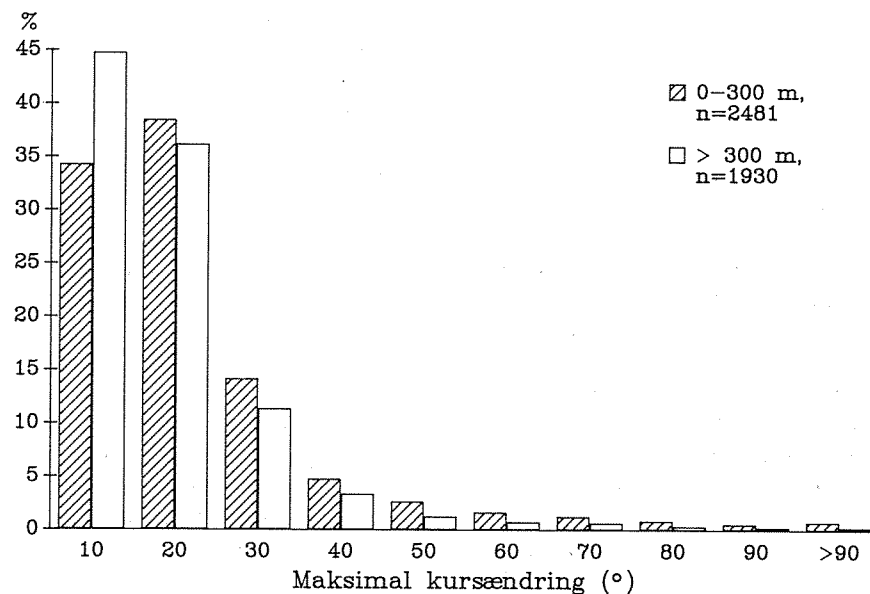


Fig. 7. Passerende fugles maksimale kursændring (i grader) i relation til afstand før passage af vindmøllen, 1988-1989.

Fig. 7. Maximum route deviation (in degrees) of migrating birds in relation to distance before passing the wind turbine, 1988-1989.

landske mølleanlæg, at signifikant flere fugle ændrede kurs mindre end 300 m fra et anlæg end længere væk.

Når fuglene ændrede kurs inden for 0-300 m fra vindmøllen, blev den oprindelige trækroute genoptaget i 34% af tilfældene efter at vindmøllen var passeret. Var kursændring foretaget mere end 300 m fra vindmøllen, blev den oprindelige trækroute genoptaget i 47% af tilfældene.

Der blev registreret 32 flokke, som delte sig i to eller flere mindre flokke, der passerede på hver sin side af anlægget. I 17 tilfælde fortsatte flokkene parallelt eller samledes igen, efter at anlægget var passeret; i 15 tilfælde forlod delflokkene undersøgelsesområdet i forskellige retninger.

#### Trækkets højde

Når vindmøllen var i drift om dagen, trak ingen af de fugle som passerede inden for 0-100 m afstand under 100 m højde (Fig.8A). Inden for 100-300 m fra møllen passerede  $\frac{3}{4}$  af fuglene i højder under 100 m. Stod vindmøllen stille var flyvehøjden omkring vindmøllen generelt lavere (Fig.8B). De lavesttrækkende fugle var vige, stær og tamdue (*Columba livia*), hvoraf hhv. 70%, 64% og 62% passerede i højder under 100 m.

Sammenlagt så feltobservatøren kun 63% af de fugle, som radaren registrerede inden for 0-300 m fra vindmøllen. Således var kun en del af trækket synligt for feltobservatøren, og den del af trækket, som har passeret i større højder har sandsynligvis udgjort en forholdsvis større del af

hele trækket. Buurma et al. (1986) rapporterede, at kun omkring halvdelen af det træk, der foregår i 0-200 m højde, er synligt ved feltobservationer.

I enkelte tilfælde øgedes flyvehøjden markant, inden fuglene passerede vindmøllen. Eksempelvis registreredes en flok på 300-400 hjejler (21. september 1988), som trak med retning mod anlægget i 100-200 m højde. Inden anlægget blev passeret, fløj flokken frem og tilbage flere gange og øgede højden til ca. 300 m inden selve passagen.

#### Kollisioner

Ved 307 kollisionseftersøgninger omkring vindkraftanlægget blev der fundet i alt 15 døde eller lemlæstede fugle (Tabel 10). Af disse var 7 med sikkerhed kollideret, idet obduktion påviste læsioner i hoved- og halsregioner. De 4 fund blev gjort under vindmøllen; de 3 under meteorologimasterne (Tabel 10).

Af de resterende 8 fund var de 3 levende fugle, der havde brækket en vinge eller et lårben. Fuglene formodes, efter at være kollideret med de nærliggende højspændingsledninger, at have bevæget sig rundt i området. Én fugl var død af parathionforgiftning, én præderet, to syge og én skudt, og ingen af dem havde knoglebrud eller andre læsioner som kunne indikere kollision.

Under nærliggende højspændingsledninger 300 m fra anlægget fandtes i samme periode 19 fugle på kun 16 eftersøgninger. Resultatet an-

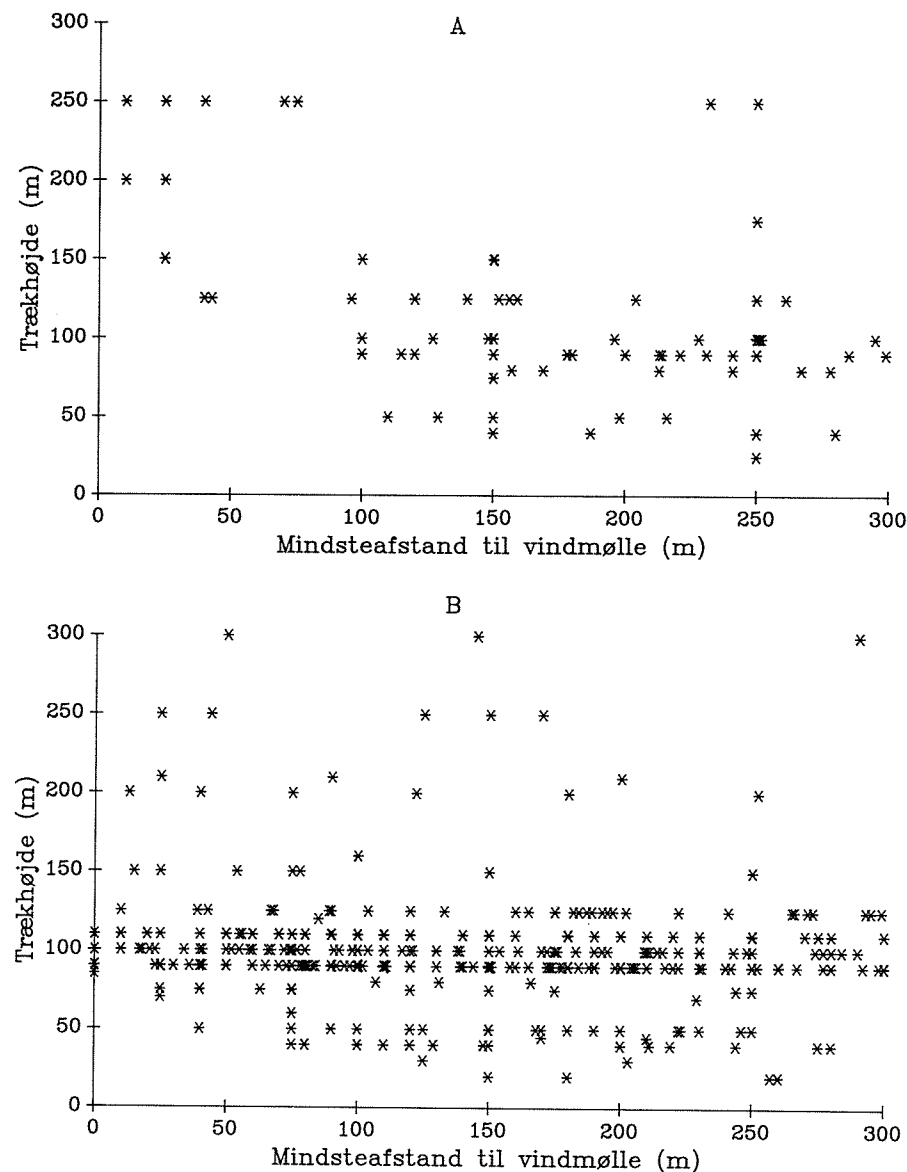


Fig. 8. Fuglenes trækehøjde ved passage af vindkraftanlægget når A: vindmøllen var i drift (n=87 spor/2.200 individer) og B: stod stille (n=445 spor/10.768 individer), 1988-1989.

Fig. 8. Altitude of migrating birds during passage of the wind plant, 1988-1989. A: Turbine operating (87 traces of 2,200 birds). B: Turbine not operating (445 traces of 10,768 birds).

Tabel 10. Dato, art og dødsårsag for 15 fugle fundet ved vindkraftanlægget i 1987-1989. Fuglenes alder (juv. = ung, ad = gammel) er angivet, hvor den kunne bestemmes. Fugle, som er kollideret med vindkraftanlægget, er mærket med \*, og det formodede kollisionssted og afstanden til findestedet er angivet.

Table 10. Number and species of birds found dead around the Tjæreborg Wind Plant during 1987-1989. Birds collided with wind plant are indicated with \*. Distance from the place of finding to the presumed place of collision is given.

Findedato	Art	Dødsårsag	Kollisionssted (afstand)
06.08.1987	Hættemåge <i>Larus ridibundus</i> ; juv.	Forgiftet	
19.10.1987	* Vindrossel <i>Turdus iliacus</i> ; juv.	Kollideret	Vindmølle (19 m)
20.10.1987	* Bogfinke <i>Fringilla coelebs</i>	Kollideret	Vindmølle (26 m)
17.02.1988	* Stormmåge <i>Larus canus</i> ; juv.	Kollideret	Vindmølle (65 m)
03.08.1988	Hættemåge <i>Larus ridibundus</i> ; juv.	Kollideret	(Højspændingstråde)
08.10.1988	Vindrossel <i>Turdus iliacus</i>	Infektion	
08.10.1988	Husrødstjert <i>Phoenicurus ochruros</i>	Præderet	
10.10.1988	* Tornirisk <i>Acanthis cannabina</i>	Kollideret	Vindmølle (34 m)
12.10.1988	Knopsvane <i>Cygnus olor</i> ; juv.	Kollideret	(Højspændingstråde)
17.10.1988	Sjagger <i>Turdus pilaris</i>	Skudt	
17.10.1988	* Rødhals <i>Erithacus rubecula</i>	Kollideret	Meteorologimast (48 m)
05.12.1988	* Gråand <i>Anas platyrhynchos</i> ; ad.	Kollideret	Meteorologimast (30 m)
28.03.1989	Strandskade <i>Haematopus ostralegus</i> ; ad.	Kollideret	(Højspændingstråde)
30.10.1989	Stær <i>Sturnus vulgaris</i> ; Juv.	Infektion	
04.12.1989	* Grønbenet rørhøne <i>Gallinula chloropus</i> ; ad.	Kollideret	Meteorologimast (4 m)

tyder dels, at der foregår nattræk i lav højde (<45 m) omkring vindmøllen dels, at et stort antal fugle synes at kollidere der. Alerstam & Karlsson (1977), Buurma & van Gasteren (1989) og Winkelman (1990) påviste på grundlag af undersøgelser i Sverige og Holland, at højspændingstråde udgør en betydelig større risiko for trækkende fugle end vindmøller.

Kollisioner med vindkraftanlægget skete hyppigst under fuglenes efterårstræk (Tabel 10), og det drejede sig hovedsageligt om nattrækkende arter. Alerstam & Karlsson (1977), Karlsson (1988) og Buurma & van Gasteren (1989) angiver nattetimerne

som den del af døgnet, hvor risikoen for fuglekollisioner ved vindmøller er størst. En enkelt kollision skete i dagtimerne; en velnæret hun gråand påfløj 5. december 1988 toppen af en meteorologimast i hård vestlig vind (18 m/sek.). Byrne (1983) har som den hidtil eneste beskrevet en kollision med en vindmølle i dagtimerne.

Prædatorforsøg viste, at ingen fugle forsvandt den første nat efter udlægning og, at fuglene kun langsomt blev fjernet af prædatorer i dagene derefter (Tabel 11). Resultatet indikerer, at prædatortrykket var lille. Så med den hyppighed kollisionseftersøgninger foretoges (Tabel 3), synes kun et ubetydeligt antal

Tabel 11. Beregnet samlet prædationstryk ved Tjæreborgmøllen, 1987-1989, (jf. metode s: 13).  
Table 11. Calculated total rate of predation at the wind plant site based on scavenger removal experiments.

Dag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Antal udlagte fugle (F <sub>n</sub> )	94	94	94	94	87	87	87	87	72	72	72
Antal tilbageværende fugle (T <sub>n</sub> )	-	94	90	85	71	69	66	63	44	43	41
Daglig Relativ Forsvindingshyppighed (%)	-	0	4	10	18	21	24	28	35	40	43

fugle at kunne være blevet fjernet af prædatorer i dagene mellem to eftersøgninger.

Efter at hegnet omkring møllepladsen blev fjernet i 1988, fik offentligheden adgang til arealet. Det medførte, at hunde regelmæssigt løb frit omkring i området, uden at det dog synes at have påvirket eftersøg-

ningsresultaterne. I gennemsnit forsvandt 5,7 – 7,8% af de udlagte fugle pr. dag før hegnet blev fjernet, mens kun 2,8 – 3,3% forsvandt efter. Denne udvikling kan skyldes, at en lækat, der holdt til i de bygninger, som var opført midlertidigt på pladsen, forsvandt samtidig med at bygninger og hegnet blev fjernet.

## Diskussion

### Forstyrrelses effekter

Mens den samlede ynglebestand af vadefugle forøgedes på Tjæreborg Enge, blev fuglenes udnyttelse af Møllezonen væsentligt reduceret (Fig. 2). For vibens vedkommende kunne dette yderligere dokumenteres ved, at parrene etablerede rederne i stadig større afstand af anlægget (Fig. 3). Den tidsmæssige overensstemmelse imellem vindkraftanlæggets opførelse og idriftsættelse og fuglenes reducerede habitatudnyttelse må fortolkes sådan, at forstyrrelser fra vindkraftanlægget har haft en tæthedsbegrænsende effekt på ynglende vadefugle.

Manglen på data forud for anlæggets opførelse gjorde det vanskeligt at fastslå, hvorvidt en vadefugl som strandskade, der yngede på Tjæreborg Enge, men manglede i Møllezonen, var afskåret fra at yngle dér på grund af anlæggets tilstedeværelse.

Andre undersøgelser har påvist, at bygningsanlæg, menneskelige aktiviteter etc. kan begrænse tætheden af ynglende vadefugle (Jackson & Jackson 1980, van der Zande et al. 1980, Ross 1981, Musters et al. 1986). Dette aspekt undersøgte Karlsson (1988) ved to store vindmøller i Sverige, men kunne ikke påvise nogen effekt. Lindell (1987) har siden kritiseret denne konklusion, idet undersøgelserne



primært omfattede småfugle. Endvidere påpeger Lindell, at den ene vindmølle var opført på en strandeng, hvorfra ederfugl (*Somateria mollissima*) og dobbeltbekkasin forsvandt.

Den gennemsnitlige kuld størrelse hos vibeparrene i Møllezonen var i overensstemmelse med, hvad der her i landet anses for normalt (Ettrup & Bak 1985). Ifølge Sæther et al. (1986) reducerer vadefugle ikke kuld størrelsen, når der sker forandringer i habitatet. De faktorer, som primært var begrænsende for klæknings succesen, var prædation og landbrugsdrift. Sidstnævnte påpeger Matter (1982) og Galbraith (1988) som et generelt problem for vibens ringe ynglesucces på dyrkede arealer.

Undersøgelser foretaget af Iversen (1986) viste, at rugende viber flyver af reden, når mennesker er inden for 70-80 meters afstand. Menneskelig færdsel forekom dagligt på møllepladsen gennem fuglenes ynglesæson, hvorfor forstyrrelser herfra synes at være den mest sandsynlige forklaring på, at rugning blev opgivet i de tre reder, som i 1987 og 1988 lå nærmest anlægget.

Forstyrrelser fra vindkraftanlægget har primært haft en tæthedsbegrænsende effekt på ynglefuglene. Ved at etablere rederne på større afstand af anlægget kunne parrene gennemføre rugningen med normal kuld størrelse og succes.

Uden for yngletiden udgjorde både Tjæreborg Enge og det tilhørende tidevandsområde et vigtigt

raste- og fourageringsområde for vandfugle i forhold til det samlede antal fugle, som raster i Det Danske Vadehav (App.III).

Allerede ved starten af anlæggets opførelse i 1986 syntes fuglene at være blevet begrænset i deres udnyttelse af Tjæreborg Enge, idet kun få fugle opholdt sig i området umiddelbart omkring vindkraftanlægget fra undersøgelsens begyndelse (Fig. 4). Mens anlægget var under opførelse i 1987, til det var bygget færdigt og vindmøllen sat i uregelmæssig drift i 1988-89, rykkede fuglene endnu længere væk fra anlægget, og blev derved forhindret i at udnytte et stadigt større område (Tabel 9; App.II).

Ændringer i den forholdsmæssige fordeling af individer var generelt mere markant end ændringer i fordelingen af flokke (Tabel 9; App.II). Dette tolkes sådan, at flokke der opholdt sig nær anlægget med tiden bestod af færre individer, mens større flokke efterhånden opholdt sig på længere afstand (App.II), hvor fuglene forekom mere sammenklumpet (jf. Fig. 4 C-E).

For talrigt forekommende arter som hjejle, vibe og stær blev udnyttelsen af området omkring vindkraftanlægget begrænset særligt meget i 1987-1989 (Tabel 9; App.II). Det kom til udtryk ved, at antallet af disse tre arter faldt med 50-60% (Tabel 8). Det tyder på, at fuglene ikke andre steder på Tjæreborg Enge kunne finde erstatning for det tabte raste-/fourageringsområde, og derfor måtte trække til andre områder.

For stærens vedkommende kan en anden årsag være, at arten i stadig mindre grad benyttede en overnatningsplads, som lå 600 m nordvest for vindmøllen. I morgen- og aftentimerne trak store flokke mellem overnatningspladsen og fourageringsområderne, som lå i sydøstlig retning uden for undersøgelsesområdet. Da vindkraftanlægget var placeret midt i denne trækkorridor, kan fuglene meget vel have forlagt overnatningspladsen til et andet område pga. de potentielle kollisionsobjekter.

Registreringer af rastende fugles aktivitet på Tjæreborg Enge viste (App. IV), at fuglene kun kom tæt på vindkraftanlægget for at udnytte føderessourcer, der var ophobet gennem en længere periode, og som pludselig blev tilgængelige. Efter at have fourageret i højst nogle få timer, vendte fuglene tilbage til de marker, de oprindeligt kom fra, og vendte ikke siden tilbage. På marker, der lå længere fra anlægget, men hvor forholdene i øvrigt var sammenlignelige, hvilede og fouragerede fuglene på de samme marker gennem flere dage.

Denne fourageringsstrategi kan tolkes sådan, at fuglene kun opholdt sig i området omkring vindkraftanlægget, når der fandtes et fødeudbud, som de kunne udnytte med større fordel i forhold til, hvad der samtidigt var tilgængeligt på den øvrige del af Tjæreborg Enge.

Hollandske undersøgelser har påvist begrænsninger i vandfugles ud-

nyttelse af et marskområde, efter at en vindmøllepark var opført (Winkelmann 1989). Tidligere undersøgelser ved danske vindmølleparker antyder lignende reduktioner i ande- og vadefugles udnyttelse af arealerne omkring parkerne (Petersen & Nøhr 1989, Villesen 1989).

Det har ikke været muligt at analysere, hvordan enkeltdele af vindkraftanlægget på Tjæreborg Enge har virket som forstyrrelseskilder med effekt på fuglenes antal, fordeling og aktivitet. Vindkraftanlæggets fysiske tilstedeværelse må anses for at udgøre én forstyrrelseskilde, og vindmøllens drift (bevægelse, støj, lysreflektion) en anden (jf. App. V; Case 2). Dertil kommer trafik og menneskelig færdsel i forbindelse med anlægget. Det er påvist, at sidstnævnte aktiviteter alene har en forstyrrende effekt på rastende vandfugle (van der Zande et al. 1980, Burger 1986, Musters et al. 1986).

Da hver enkelt af de mulige forstyrrelseskilder kan tænkes at forstærke eller neutralisere hinandens effekt, må vindkraftanlægget på Tjæreborg Enge opfattes som et integreret forstyrrelseselement, hvor fuglene reagerer på summen af samtlige forstyrrelser.

### Kollisionsrisiko

Trækkende fugle var generelt i stand til at opdage og undvige vindkraftanlægget, hvorfor der kun sjældent skete kollisioner. De ekstra energi-

mæssige omkostninger, som fuglene teoretisk set påføres, når de pludseligt tvinges til at ændre trækretning for at flyve uden om vindkraftanlægget, må vurderes som ganske uvæsentlige og uden betydning for bestandene.

Der blev fundet 7 fugle, som var kollideret med vindkraftanlægget (Tabel 10). Selvom der er tale om et lille materiale viste det, at lige mange fugle var kollideret med hhv. vindmøllen og med meteorologimastene. Prædatorforsøgene viste, at det var usandsynligt, at kolliderede fugle skulle være blevet fjernet i et betydeligt antal af prædatorer mellem eftersøgningerne. Dette skal ses i lyset af et ringe og/eller faldende prædatortryk, idet Scott (1972) og

Bevanger & Thingstad (1988) påviste, at kun når kollisioner sker regelmæssigt, forøges antallet af prædatorer og dermed prædationstrykket i et område.

Forskellige undersøgelser antyder, at kollisioner med vindmøller kun sker i beskedent omfang, uafhængigt af anlæggenes højde og placering (Tabel 12). Der er ikke noget, der tyder på, at kollisionsrisikoen ved en enkeltstående, stor vindmølle er større end ved små vindmøller, der er samlet i parker i kystnære områder. Eksempelvis fandtes der gennem efteråret 1987 kun én fugl ved den svenske Maglarp-mølle, der er en af verdens største vindmøller (Karlsson 1988). Møllen er opført ved Falsterbo i Sydsverige, hvor fugletrækket om

efteråret foregår mere intensivt end noget andet sted i Nordeuropa (Ulfstrand et al. 1974, Alerstam et al. 1975). Samme efterår kolliderede to fugle ved Tjæreborg-møllen (Tabel 10), mens én fugl kolliderede i en vindmøllepark i Nordholland (Winkelman 1990).

I de undersøgelser, som hidtil er gennemført, er der ikke registreret mere end 1-2 kollisioner pr. nat. Eneste undtagelse var et større »fuglefald« på Gotland i 1982, hvor 43 fugle på én enkelt nat kolliderede med en 150 m høj vindmølle. Årsagen til det store fald forklares ud fra et sammenfald af flere ugunstige

vejrforhold (Karlsson 1988). Vejrsituationer med pludselige omslag og dårlige sigtforhold som tåge og regn har i flere andre tilfælde kunnet påvises at være gået forud for kollisionerne (Alerstam & Karlsson 1977, Winkelman 1990).

I Nordamerikanske vindmølleparker har hyppige kollisioner af rovfugle været genstand for diskussioner om vindmøllers effekt på sårbare artsbestande (Anonym 1986, Davidson 1988a, Davidson 1988b). De kolliderede fugle, som fandtes under Tjæreborgmøllen, har derimod alle tilhørt almindelige arter.

Tabel 12. Antallet af fuglekollisioner ved vindmøller, som rapporteret i denne og andre undersøgelser.

Table 12. Bird collisions with wind turbines reported from this and other studies.

Land	Anlæg	Højde	Effekt	Periode	Placering	Fund	Kilde
<i>Store vindmøller</i>							
Danmark	Tjæreborg	90 m	2000 kW	1987-89	kystnært	7	denne undersøgelse
Sverige	Maglarp	150 m	3000 kW	1987	kystnært	1	Karlsson 1988
Sverige	Näsudden	150 m	3000 kW	1981-82	kystnært	50	Karlsson 1988
USA	Solano	110 m	2000 kW	1982-83	indland	7	Byrne 1983
<i>Små-/mellemstore vindmøller</i>							
Danmark	Nibe	65 m	630 kW	1983	kystnært	0	Møller & Poulsen 1984
Danmark	Koldby	< 50 m	265 kW	1983	kystnært	0	Møller & Poulsen 1984
Danmark	parker	< 45 m	< 300 kW	1988	kystnært	2	Petersen & Nøhr 1989
Vesttyskland	parker	60 m	22-650 kW	1989-90	kystnært	16	Hartwig et al. 1990
Holland	div.	< 30 m	< 300 kW	1983	indland	0	Winkelman 1984
Holland	div.	< 40 m	< 300 kW	1986	indland	3	Berkhuizen 1987
Holland	Maasvlakte	60 m	450 kW	1987	indland	0	van Swelm 1988
Holland	park	< 50 m	300 kW	1986-89	kystnært	14	Winkelman 1990
Holland	park	50 m	300 kW	1987-89	kystnært	13	Winkelman 1989
USA	NASA	50 m	100 kW	1975-77	indland	5	Rogers et al. 1977
USA	parker	?	?	(3år)	indland	121	Anonym 1988

## Konklusion

Denne undersøgelse har haft til formål at belyse fugles reaktioner på opførelsen og idriftsættelsen af Tjæreborgmøllen i Det Danske Vadehav. Igennem undersøgelsesperioden var vindmøllen ramt af mange teknisk problemer, hvilket betød, at den stod stille det meste af tiden. Under disse forhold har det kun været muligt at vurdere, hvilken indflydelse et stort, stillestående vindkraftanlæg har på fugle.

Undersøgelsen har givet anledning til følgende konklusioner:

1) Forstyrrelser fra vindkraftanlægget havde på Tjæreborg Enge en tæthedsbegrænsende effekt på ynglede vadefugle, som opgav at

yngle inden for 0-200 m omkring anlægget. Andelen af den samlede bestand, som ynglede omkring anlægget, blev reduceret fra 31% til 5%. Forstyrrelser fra anlægget kan endvidere have medvirket til en forringet klækningssucces hos de vibepar, som ynglede nærmest anlægget, hvilket dog må ses i lyset af, at effekten af eksisterende forstyrrelser fra især landbrugsdriften var stor.

2) Uden for ynglesæsonen havde forstyrrelser fra vindkraftanlægget en tæthedsbegrænsende effekt på rastende fugle, som manglede helt inden for 0-100 m omkring vindkraftanlægget. Effekten var særlig udtalt for hejle, vibe og stær,

idet deres forekomst blev reduceret på afstande op til 800 m fra anlægget. Det medførte, at rastebestandene af disse arter blev halveret på to år.

- 3) Trækfugleundersøgelsen og kollisionseftersøgningerne viste, at trækkende fugle var i stand til undvige vindkraftanlægget, hvorfor kollisioner kun skete i et beskedent omfang.

Sammenfattende har forstyrrelser fra vindkraftanlægget en »vind-

mølle-vacuum-effekt«, hvorved fuglene forhindres i at udnytte arealerne omkring anlægget. Effekten har bidraget til, at Tjæreborg Enges betydning som yngle-, hvile- og fourageringsområde er blevet væsentligt forringet efter anlæggets opførelse.

Først når vindmøllen har været i regelmæssig drift over en længere periode, vil det være muligt at belyse den fulde effekt af Tjæreborgmøllen, og dermed vurdere konsekvensen af opførelsen af en stor vindmølle ved Det Danske Vadehav.

## English Summary

### Avian responses to the implementation of the Tjæreborg Wind Turbine at the Danish Wadden Sea

During the last 15-20 years a considerable development and expansion in the use of wind power in Denmark has resulted in some 3,000 small wind turbines being erected in the open countryside either singly or in parks. The commissioning of small wind turbines has been initiated both by public authorities and private investors.

In 1977 a joint venture (EEV) between Danish companies involved in electricity generation and the Ministry of Energy was launched, leading to the development and construction of large megawatt turbines. The joint venture aims to evaluate the possibility of extending electricity generation by large wind turbines.

The furthest-reaching technological result of the EEV-joint venture so far was the erection of a 2MW wind turbine on Tjæreborg polder in 1986-1987 in the Danish Wadden Sea region (Fig. 1). The

wind plant consists of a single wind turbine (tower height 60 m, rotor diameter 60 m, effect 2MW), two meteorological masts (height 90 m) and a service building (height 6 m).

The Danish Wadden Sea is of international importance as a staging and moulting area for numerous populations of waterfowl, waders and gulls and is designated as a wetland of International Importance according to the Ramsar Convention. Hence, interest groups and conservation bodies opposed the implementation of a large wind turbine, resulting in the requirement that I/S Vestkraft conducted a detailed assessment of the possible impacts on the avian fauna. In 1987 the National Environmental Research Institute (NERI) was contracted to execute this task, financed by I/S Vestkraft.

Studies were performed in the years 1987-1990 with two major objectives:

1) to identify possible disturbance effects on breeding, staging and migrating birds

2) to evaluate collision risk

The occurrence and spatial distribution of birds was not investigated prior to the erection of the wind turbine why a "before-and-after" impact study was not possible.

Studies on the impact of disturbance due to different phases of implementation was divided into three subperiods:

1) construction (1987),

2) end of construction, pre-operation (1988),

3) permanent operation (1989).

In the breeding season numbers of nests/territories of waterfowl and waders were counted and their distribution mapped. The use of habitat by Lapwing was studied in relation to nest location, clutch size and hatching success in a wind plant zone - approximately 45 ha arable land around the wind turbine.

The number of non-breeding birds occurring in the study area was regularly counted and their distribution mapped. During June-December 1989 the activity of the birds present in the marsh area was recorded.

Bird migration was studied by search radar (FURUNO FR-1500DA, transmitting power 10kW, frequency 9410 MHz, scanner width 8 feet). The altitude of migrating birds passing the wind turbine was estimated by a combination of field and radar observations.

The number of birds colliding with the wind turbine was determined by searching the fields in the vicinity of the wind turbine. To study possible removal of collision casualties by predators, scavenger removal tests were performed most intensively during spring and autumn migra-

tion (Table 4). Dead one day old chicks and dead wild birds were placed independently around the wind turbine and controlled daily for removal.

Waders, especially Lapwing, were the most numerous breeding birds on Tjæreborg polder (Table 5). Even though the total number of breeding pairs increased during the study period, the number breeding in the wind plant zone was reduced from 30% in 1987 to 5% in 1989 (Figs. 2 & 3). In the years 1987-1989 the hatching success of Lapwing was 32-50% (Table 6). The relatively high egg-loss was partly due to predation (10-43%) partly to farming activities (7-42%), but the results suggest a 6% loss of unhatched eggs due to the impact of disturbance from the wind turbine.

Right from the beginning of the study there were few staging birds in the immediate vicinity of the wind turbine (Fig. 4). Spatial distribution of waders, gulls, crows and Starlings differed between study years as the birds moved further from the wind turbine. Golden Plover, Lapwing and Starling showed the most significant decrease in numbers occurring with increasing proximity to the wind turbine (800 m in App. II); resulting in a loss of two-thirds of the study area for the Golden Plover. To a smaller degree, similar was found in the distribution of Black-headed and Common Gull (Table 9, App. II & IV).

Foraging birds generally occurred 200-300 m closer to the wind turbine than staging birds (App. IV). Only during short feeding periods, e.g. during harvest or soil preparation, did the birds approach the wind turbine (App. V).

Whether or not the wind turbine was in operation, birds changed directions by 0-30° when passing the turbine (Fig. 6A). Within a distance of 0-300 m from the

wind turbine, 5% of these changes were more than 30 degrees, whilst at distances of more than 300 m, this figure was 2%. The migration pattern indicated that both diurnal and nocturnal migration occurred in low altitudes (Figs. 5 & 6 B-C).

Out of 15 birds found dead 7 had collided with the wind turbine or meteorological masts (Table 10). Searches for dead birds – performed almost on a daily basis when casualties could be expected to be high – demonstrated that scavenger removal from predators was virtually non-existent (Table 11). Search results and radar observations combined showed that the birds in general were able to detect and avoid the wind turbine.

During the study period 1987-1989 the wind turbine was in operation only part of the time and irregularly (Table 2); therefore the results presented in this

report only describe the impact on avian activities of a large, non-operational wind turbine located on an open, near-shore habitat with large numbers of birds.

Summarizing, it can be concluded that the wind turbine has caused a “vacuum effect”, preventing birds from exploiting the areas close to the wind turbine. The impact of this disturbance on birds is evaluated to be a considerable addition to already existing disturbances from e.g. farming, and has caused further deteriorations of the Tjæreborg polder for breeding, staging and foraging birds. Once the wind turbine has been operating permanently for a longer period it will be possible to evaluate the total impact on birds and thus evaluate effects of implementation of a large wind turbine on the avian fauna in the Wadden Sea region.

## Litteratur

- Alerstam, T., Karlsson, J. & Ulfstrand, S. 1975. Översikt över flyttfågelkoncentrationer under hösten i Sydsvetige. – Rapport, Ekologihuset, Lund Universitet: 29 pp.
- Alerstam, T. & Karlsson, J. 1977. Fåglarnas flyghöjder och fågelkollisioner med byggnadsverk. – Rapport, Ekologihuset, Lund Universitet: 29 pp.
- Anonym 1986. Esbjerg 1. Final design report, Vol.1. – Rapport, Elsam, projektdivisionen: 95 pp.
- Anonym 1988. California Energy Commission informational workshop on wind turbine effects on avian activity and habitat use, workshop summary. – Notat, Electric Power Research Institute, California: 10 pp.
- Avery, M.L., Springer, P.F. & Dailey, N.S. 1980. Avian mortality at man-made structures: an annotated bibliography (revised). – Rapport FWS/OBS-8054, U.S. Fish and Wildlife Service, Michigan: 152 pp.
- Berkhuizen, J.C. 1987. Vogelschade door windturbines niet aangetoond. – *Duurzame Energie* 2: 43-44.
- Bevanger, K. & Thingstad, P.G. 1988. Forholdet fugl-konstruksjoner for overføring av elektrisk energi – en oversikt over kunnskapsnivået. – Rapport, Økoforsk 1988: 1, Trondheim Universitet: 132 pp.
- Burger, J. 1986. The effect of human activity on shorebirds in two coastal bays in North-eastern United States. – *Environmental Conservation* 13: 123-130.
- Buurma, L.S., Lensink, R. & Linnartz, L.G. 1986. Hoogte van breedfronttrek overdag boven Twente: een vergelijking van radar en visuele waarnemingen in oktober 1984. – *Limosa* 59: 169-182.
- Buurma, L.S. & van Gasteren, J. 1989. Trekvogels en obstakels langs de Zuidhollandse kust. – Rapport, Koninklijk Luftmacht, Haag. 117 pp.
- Byrne, S. 1983. Bird movements and collision mortality at a large horizontal axis wind turbine. i: *Cal-Neva Wildlife*: pp. 76-83. California.
- Davidson, R. 1988a. Bird study could clip wings of operators. – *Windpower Monthly News Magazine* 4(5): 20-21.
- Davidson, R. 1988b. Bird death figures shake windplant operators. – *Windpower Monthly News Magazine* 4(6): 16.
- Ettrup, H. & Bak, B. 1985. Nogle træk af danske vipers *Vanellus vanellus* yngleforhold. – *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 79: 43-55.
- Faanes, C.A. 1987. Bird Behaviour and Mortality in Relation to Power Lines in Prairie Habitats. – *Fish and Wildlife Technical Report* 7, U.S. Fish Wildl. Serv.: 24 pp.
- Friis, P., Knudsen, M., Rasmussen, A., Hansen, K.S., Pedersen, B.M. & Øye, S. 1989. Evaluation of test results and operation experience. The 60m/2MV Tjæreborg Wind turbine. – Abstract, European Wind Energy Conference, Glasgow: 5 pp.
- Galbraith, H. 1987. Marking and visiting Lapwing *Vanellus vanellus* nests does not affect clutch survival. – *Bird Study* 34: 137-138.
- Galbraith, H. 1988. Effects of agriculture on the breeding ecology of Lapwings *Vanellus vanellus*. – *Jour. of app. Ecol.* 25: 487-503.
- Green, R.H. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. – Wiley, New York. 257 pp.
- Grimmett, R.F.A. & Jones, T.A. 1989. Important Bird Areas in Europe. – *Tecn. Pub. No. 9*, International Council for Bird Protection, Cambridge. 888 pp.
- Hartwig, E., Clemens, T., & Lammen, C. 1990. Erste Ergebnisse zum Problem des Vogelschlages und zum Verhalten von Vögeln an Windkraftanlagen. – Rapport, Norddeutsche Naturschutzakademie (NNA): pp 13.
- Iversen, F.M. 1986. Effekten af forstyrrelse på Vibens *Vanellus vanellus* rugning. – *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 80: 97-102.
- Jackson, R. & Jackson, J. 1980. A study of a Lapwing breeding population changes in

the New Forest, Hampshire. – Bird Study 27: 27-34.

Karlsso, J. 1988. Vindkraft Fåglar. – Underlagningsmateriale nr. 6 til Vindkraftsundersøgelser Betänkande SOU 1988:32, Bostadsdepartementet, Stockholm. 92 pp.

Kristensen, P. 1988. A 2MW wind turbine from planning to the first results. – Abstract, European Committee Wind Energy Conference, Herning: 4 pp.

Laursen, K. & Frikke, J. in prep. Survey of Waterfowl, Waders and Gulls in The Danish Wadden Sea, 1980-90 (Dan. Rev. Game Biol.).

Lindell, L. 1987: Ornitologiska erfarenheter från vindkraftverken på Gotland och i Skåne. – Calidris 4: 191.

Madsen, J. 1986: Danske rasteplasser for gæs. – Rapport, Miljøministeriet, Fredningsstyrelsen. 114 pp.

Matter, H. 1982: Einfluss intensiver Feldbewirtschaftung auf dem Bruterfolg des Kiebitzes *Vanellus vanellus* in Mitteleuropa. – Der Ornithologische Beobachter 79: 1-24.

Milsom, T. P. 1983. Diurnal behaviour of Lapwings in relation to moon phase during winter. – Bird Study 31: 117-120.

Musters, C.J.M., Parmentier, F., Poppelaars, A.J., Ter Keurs, W.J. & Udo de Haes, H.A. 1986. Factoren die de dichtheid van weidevogels bepalen. – Rapport. Afdeling Milieubiologie Rijksuniversiteit Leiden: 150 pp.

Møller, N.W. & Poulsen, E. 1984. Vindmøller og fugle. – Rapport, Vildtbiologisk Station: 73 pp.

Petersen, B.S. & Nøhr, H. 1989. Konsekvenser for fuglelivet ved etableringen af mindre vindmøller. – Rapport, Ornith. Consult, København: 73 pp.

Richardson, W.J. 1978. Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. – Oikos 30: 224-272.

Rogers, S.E., Carneby, B.W., Rodman, C.W., Sticknel, P.A. & Tolle, D.A. 1977. Environmental studies related to the operation of WECS. – Final report. Ohio.

Ross, G.T. de 1981. The impact of tourism upon some breeding wader species on the

Isle of Vlieland in the Netherlands' Wadden Sea. – Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 14: 131 pp.

Scott, R.E. 1972. Bird deaths from power lines at Dungeness. – British Birds (65)7: 273-285.

Siegel, S. & Castellan Jr., N.J. 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences (2nd ed.). – McGraw-Hill, U.S.A. 390 pp.

Stewart-Oaten, A., Murdoch, W.W. & Parker, K.R. 1986. Environmental impact assessment: 'pseudoreplication' in time?. – Ecology 67: 929-940.

Sæther, B.E., Kålås, J.A., Løfaldi, L. & Andersen, R. 1986. Sexual size dimorphism and reproductive ecology in relation to mating system in waders. – Biological Journal of the Linnean Society 28: 273-283.

Sørensen, B. 1980. Environmental impact of wind energy utilization. – Energy Series No. 1, Roskilde Universitetscenter: 25 pp.

Ulfstrand, S., Roos, G., Alerstam, T. & Österdahl, L. 1974. Visible Bird Migration at Falsterbo, Sweden. – Vår Fågelvärld, suppl. 8 pp.

van der Zande, A.N., Ter Keurs, W.J. & van der Weijden, W.J. 1980. The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat – evidence of a longdistance effect. – Biol. Conserv. 18: 299-321.

van Swelm, N. 1988. Vogels en de multi-windturbine op de Maasvlakte (1987). – Rapport, Provincie Zuid-Holland: 50 pp.

Villesen, A.K. 1989. Gæs og vindmøller. – Sandeviften 3: 11-14.

Winkelman, J.E. 1984. Vogelhinder door middelgrote windturbines. – Rapport 84/7, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem: 113 pp.

Winkelman, J.E. 1989. Vogels en het windpark nabij Urk (NOP). – Rapport 89/15, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem: 169 pp.

Winkelman, J.E. 1990. Vogelslachtoffers in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwfase en half-operationele situaties (1986-89) – Rapport 90/2, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem: 74 pp.

## Appendices

APP.I. Tidsmæssig fordeling af de hyppigst rastende vandfuglearter på Tjæreborg Enge (øverste talrække) og tidevandsområdet (nederste talrække), angivet som maksimal månedlig forekomst i optællingsperioden 1987-1989. (Samlet forekomst, jv. Table 7). I parentes er angivet optællingstal fra yngletiden, som ikke er medregnet under total (N). Det optalte tidevandsområde udgjorde ca. 3‰ af det samlede vadehavsareal.

App.I. Temporal distribution of waterfowl, waders and gulls at Tjæreborg Polder (upper line) and the tidal area (lower line), given as maximum numbers per month through 1987-1989 (overall occurring, cf. Table 7). Numbers in brackets, indicating breeding birds, are excluded from totals (N). The tidal area constitutes 3‰ of the total Danish Wadden Sea.

Art/måned	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Optællinger med arten	N
<i>Branta b. bernicla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	38	0	0	79	0	0	363*	535*	73	6	0	16	1,666
<i>Tadorna tadorna</i>	0	5	0	2	18	15	0	0	21	24	66	6	15	195
	425	278	364	358	314*	305	141	183	972*	2.000*	2.391*	2.604*/**	84	32.749
<i>Anas crecca</i>	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
	0	0	220*	188*	1	71	31	634*	83	16	5	7	26	2.275
<i>Anas platyrhynchos</i>	0	0	0	0	0	0	0	12	7	0	0	2	3	21
	1.056*	750	561	271	9	89*	55*	455*	421	535	900	1.059	68	20.803
<i>Pluvialis apricaria</i>	0	0	8	227	310	1	253	690	1.457	1.639	766	0	72	15.374
	0	0	205	1.986*	869	0	299	2.052*	2.349*	3.235*	2.574*	166	53	43.850
<i>Pluvialis squatarola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	8	0	2	12
	0	0	0	3	43	2	3	88*	51*	11	11	0	29	406
<i>Vanellus vanellus</i>	0	1	(204)	(230)	(155)	148	514	550	701	298	0	0	97	10.456
	11	26	173	86	42	436*	921*	1.553*	748*	588*	544*	0	64	19.868
<i>Calidris alpina</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	11	3	5	22
	1.450*	550	6.827*	7.197	6.769	38	77	2.480*	4.840	3.976	4.927	1.046	70	103.414
<i>Tringa totanus</i>	0	0	0	(26)	(26)	(19)	4	0	0	0	0	0	5	12
	0	0	27	141	331*	226*	244*	130	193*	3	0	0	44	3.190
<i>Tringa nebularia</i>	0	0	0	0	10	0	38	3	3	0	0	0	12	68
	0	0	0	59	29	0	269*	323*	125	2	0	0	28	1.704
<i>Larus ridibundus</i>	253	145	148	405	120	320	1.021	590	2.759	1.180	175	550	104	24.343
	862*	1.894*	989*	315	374*	1.369*	9.436*	7.223*	4.620*	1.739*	1.276*	1.659*	86	111.180
<i>Larus canus</i>	327	85	113	30	20	90	175	518	662	837	159	430	100	11.146
	23	8	18	82	10	7	298	273*	840*	75	1.637*	771*	54	5.996
<i>Larus argentatus</i>	2	0	0	1	9	20	6	10	25	4	60	6	30	220
	100	45	230	51	56	67	71	94	44	93	187	191	76	2.870
<i>Larus marinus</i>	0	0	0	0	0	0	35	0	16	13	0	0	6	85
	118*	151*	71*	61*	24*	118*	241*	280*	238*	237*	171*	188*	86	7.303

\* FOREKOMSTER AF SÆRLIG BETYDNING I VADEHAVSSAMMENHÆNG.  
Vurdering foretaget på baggrund af Danmarks Miljøundersøgelses flyttællinger i Det Danske Vadehav (Laursen & Frikke in prep.). Hvis artsforekomsten på Tjæreborg Enge eller i tidevandsområdet udgjorde mere end 5% af artens samlede vadehavsbestand, er forekomsten vurderet som særlig betydelig i Vadehavssammenhæng. (Laursen in litt.).  
OCCURRENCE OF PARTICULAR SIGNIFICANCE IN THE DANISH WADDEN SEA.  
Evaluated in the light of aerial surveys in The Danish Wadden Sea conducted by NERI (Laursen & Frikke, in prep.). When using this criterion the occurrence in the study area must have equaled at least 5% of the Wadden Sea population in respective months (Laursen, in litt.). When the occurrence in the study area exceeded 5% of the Wadden Sea population the study area was considered to be particularly important to the species.

\*\* FOREKOMST AF INTERNATIONAL BETYDNING.  
En lokalitet skal rumme en bestand svarende til mindst 1% af artens samlede population for at henregnes til denne kategori (Grimmett & Jones 1989).  
OCCURRENCE OF INTERNATIONAL SIGNIFICANCE.  
This category includes haunts holding at least 1% of the total population (Grimmett & Jones 1989).

App.I-suppl. Tidsmæssig fordeling af de hyppigst forekommende rastende rovfugle og spurvefugle på Tjæreborg Enge, angivet som maksimal månedlig forekomst og samlet forekomst (N) i optællingsperioden 1987-1989.

App.I-suppl. Temporal distribution of raptors and passerines on Tjæreborg polder, given as maximum numbers counted per month and total (N) during 1987-1989.

Art/måned	Antal												N	
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec		tællinger
<i>Circus aeruginosus</i>	0	0	0	1	1	1	2	3	1	0	0	0	11	14
<i>Circus cyaneus</i>	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	10	11
<i>Circus pygargus</i>	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	4
<i>Accipiter gentilis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Accipiter nisus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	5	5
<i>Buteo buteo</i>	3	2	2	2	0	0	2	1	2	4	3	3	54	78
<i>Buteo lagopus</i>	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	2	12	14
<i>Falco tinnunculus</i>	1	2	1	0	0	1	2	2	3	1	1	3	53	70
<i>Falco columbarius</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3
<i>Pica pica</i>	14	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	6	20
<i>Corvus monedula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	2	4
<i>Corvus corone</i>	149	92	191	1	0	3	4	3	3	4	95	79	77	1,452
<i>Sturnus vulgaris</i>	155	45	897	89	32	293	951	8.180	2.847	2.000	805	125	15	
													2	66.905

App.II. Fordeling af flokke (til venstre for skråstreg) og individer (til højre for skråstreg) af hyppigt forekommende arter på Tjæreborg Enge i forhold til afstand fra vindmøllen, angivet som kumuleret relativ fordeling i 100 meter intervaller. Intervallernes kumulerede relative andel (%) af undersøgelsesområdes samlede areal er angivet. Under N er totalantallet af hhv. flokke og individer præ-senteret.

App.II. Spatial distribution of flocks (before slash) and individuals (after slash) of the most numerous occurring species on Tjæreborg polder, given as relative cumulated distribution in 100 m intervals from the wind turbine. The percentage of the study area covered by the intervals is likewise cumulated from the wind turbine and outwards. Total numbers of flocks and individuals are indicated (N).

Radius (m)	100	200	300	400	500	600	700	800	<1900	N
Areal (%)	1	4	9	16	26	38	51	67	100	300 ha
<i>Hjejle Pluvialis apricaria</i>										
1987	0	0	0	22/23	37/30	44/31	54/50	61/60	100	46/ 6.860
1988	0	0	0	4/1	10/3	22/4	30/12	40/16	100	51/ 4.269
1989	0	0	0	0	0	0	23/11	39/22	100	26/ 4.245
<i>Vibe Vanellus vanellus</i>										
1987	0	0	3/1	13/9	21/13	29/28	46/30	56/36	100	137/ 5.509
1988	0	0	5/2	7/3	23/10	37/17	50/23	53/25	100	93/ 2.782
1989	0	0	0	0	8/2	15/7	31/11	41/33	100	61/ 2.165
<i>Lille regnspøve Numenius phaeopus</i>										
1987	0	0	0	0	0	0	50/36	63/45	100	8/ 74
1988	0	8/1	12/4	12/4	15/5	19/5	23/6	23/6	100	26/ 225
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	100	4/ 5
<i>Stor regnspøve Numenius arquata</i>										
1987	0	0	0	0	6/2	13/12	38/20	50/23	100	16/ 133
1988	0	0	3/2	6/3	13/8	16/12	34/24	38/27	100	32/ 107
1989	0	0	0	0	0	0	11/16	11/16	100	9/ 37
<i>Hættemåge Larus ridibundus</i>										
1987	0	0	0	3/50	16/69	34/69	41/71	50/73	100	32/ 3.577
1988	0	1/1	11/9	17/11	34/32	44/46	57/52	65/64	100	138/14.723
1989	0	1/1	3/1	4/2	17/10	31/30	52/46	60/54	100	102/ 6.043
<i>Stormmåge Larus canus</i>										
1987	0	0	0	7/3	26/25	28/25	36/25	41/25	100	39/ 3.404
1988	0	2/1	7/3	15/5	27/17	40/29	54/45	62/60	100	100/ 4.602
1989	0	1/1	2/1	3/1	12/2	26/11	40/23	47/41	100	89/ 3.140
<i>Krage Corvus corone</i>										
1987	0	0	0	8/5	22/8	35/19	43/21	51/48	100	37/ 278
1988	0	0	0	8/5	20/13	32/18	39/38	55/66	100	66/ 804
1989	0	0	0	3/1	11/1	19/14	38/27	49/42	100	37/ 370
<i>Stær Sturnus vulgaris</i>										
1987	0	2/5	3/5	9/15	19/26	25/28	41/62	63/79	100	137/36.778
1988	0	1/1	2/1	7/2	19/10	32/17	48/28	67/55	100	183/21.852
1989	0	0	0	3/5	19/13	26/18	37/39	59/64	100	117/ 8.275

App.III. Relativ fordeling af udvalgte vandfuglearter i 10 delområder (jf. Fig. 1) i tidevandsområdet, 1987-1989. Den samlede forekomst i delområderne 2a-3a angives separat, da områderne ligger nærmest Tjæreborg Møllen.

App.III. Relative spatial distribution of selected species in 10 sub-areas of the tidal area (cf. Fig. 1) within the tidal area. The total occurrence in the sub-areas 2a-3a is given separately as they are adjacent to the wind plant.

Felt	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d	3a	3b	2a-3a	sum	N
Areal i %	7	13	5	12	4	14	9	4	4	38	35	100,0	934 ha
<b>Gravand <i>Tadorna tadorna</i></b>													
1987	4,5	10,5	0,0	0,1	0,7	1,3	2,6	2,3	1,8	76,2	8,7	100,0	6.619
1988	7,1	18,1	6,8	5,2	3,4	16,1	2,2	2,8	6,9	31,3	31,4	100,0	9.346
1989	4,9	16,2	6,5	3,1	0,6	13,6	2,3	1,6	5,8	45,5	23,9	100,0	16.784
<b>Gråand <i>Anas platyrhynchos</i></b>													
1987	11,7	5,9	1,2	7,1	0,1	13,4	25,3	0,9	1,8	32,6	41,5	100,0	2.797
1988	3,0	7,5	2,8	1,9	2,2	16,0	14,9	13,0	13,3	25,3	59,4	100,0	6.994
1989	2,6	5,2	0,9	0,6	1,8	22,7	7,2	12,9	13,2	33,0	57,8	100,0	16.895
<b>Hjejle <i>Pluvialis apricaria</i></b>													
1987	0,8	0,1	0,5	0,1	20,9	21,7	5,8	10,8	11,3	27,9	70,5	100,0	15.051
1988	1,9	1,4	1,3	1,1	5,8	34,6	11,2	2,3	12,9	27,5	66,8	100,0	11.904
1989	5,0	9,3	4,7	4,7	7,4	23,5	8,8	2,1	6,6	27,9	48,4	100,0	16.895
<b>Vibe <i>Vanellus vanellus</i></b>													
1987	17,3	1,8	0,4	0,5	13,6	1,0	0,0	1,9	32,0	31,5	48,5	100,0	5.643
1988	9,5	3,0	3,7	1,1	2,8	8,8	3,7	2,1	22,4	43,0	39,8	100,0	5.827
1989	21,5	1,1	0,0	0,2	1,9	2,3	3,7	3,3	24,6	41,4	35,8	100,0	8.398
<b>Almindelig ryle <i>Calidris alpina</i></b>													
1987	3,3	8,5	3,8	0,0	2,3	9,9	11,9	3,1	7,3	49,8	34,5	100,0	15.394
1988	5,3	5,8	2,6	0,7	3,9	18,0	10,2	3,3	6,6	43,7	42,0	100,0	28.563
1989	4,8	5,6	4,5	0,7	2,6	9,0	8,7	2,1	2,4	59,7	24,8	100,0	59.457
<b>Hættemåge <i>Larus ridibundus</i></b>													
1987	16,1	17,0	11,8	5,7	4,1	14,1	6,5	1,1	3,0	20,6	28,8	100,0	34.437
1988	26,7	14,7	11,5	2,6	3,1	7,4	3,2	1,3	2,8	26,8	17,8	100,0	34.108
1989	22,6	14,2	12,8	2,0	4,7	9,6	4,3	1,8	4,3	23,8	35,8	100,0	39.635
<b>Stormmåge <i>Larus canus</i></b>													
1987	37,9	18,4	9,4	5,1	10,9	4,1	4,1	0,4	0,8	9,0	20,3	100,0	512
1988	14,1	5,9	0,6	0,0	0,5	2,0	2,2	0,0	4,4	70,2	9,1	100,0	3.375
1989	17,1	30,7	13,6	2,0	1,0	2,4	1,5	0,6	6,6	24,7	11,6	100,0	2.109
<b>Svartbag <i>Larus marinus</i></b>													
1987	12,6	8,3	20,0	4,6	9,2	22,9	8,9	2,4	5,2	5,9	48,6	100,0	1.700
1988	21,9	14,5	9,3	2,9	4,8	12,9	7,1	2,2	8,0	16,4	35,0	100,0	2.588
1989	22,3	10,4	10,4	3,3	1,8	11,5	7,2	3,4	6,5	23,1	30,4	100,0	3.015

App.IV. Fuglenes aktivitet i relation til afstanden fra vindmøllen, angivet som kumuleret relativ fordeling af flokke/individer i 100 meter intervaller.

App.IV. Bird activity (fouraging/roosting) in relation to the distance from the wind turbine, shown as relative cumulated distribution of flocks/individuals in 100 m intervals.

Radius i meter	100	200	300	400	500	600	700	800	<1900m	N
Areal i %	1	4	9	16	26	38	51	67	100	300 ha
<b>Alle arter <i>Total</i></b>										
Fouragerende	0	2/1	3/1	4/1	15/5	28/21	44/35	53/53	100	257/ 9.775
Rastende	0	0	0	3/4	11/8	16/9	27/21	44/41	100	228/11.645
<b>Rovfugle <i>Accipitridae</i></b>										
Fouragende	0	4/4	9/9	22/22	26/26	30/30	44/44	48/48	100	23/ 23
Rastende	0	0	0	9/9	13/13	24/24	31/31	38/38	100	45/ 45
<b>Vadefugle <i>Charadrii</i></b>										
Fouragende	0	0	0	0	6/4	12/6	18/6	30/9	100	49/ 862
Rastende	0	0	0	0	3/<1	7/2	19/4	32/22	100	62/ 5.100
<b>Måger <i>Laridae</i></b>										
Fouragende	0	3/1	5/2	5/2	18/5	38/33	58/46	67/68	100	103/ 4.115
Rastende	0	0	0	0	10/6	13/6	25/13	33/18	100	63/ 3.450
<b>Stær <i>Sturnus vulgaris</i></b>										
Fouragende	0	0	0	0	17/6	29/14	41/30	50/49	100	58/ 4.487
Rastende	0	0	5/2	7/3	23/10	37/17	50/23	53/25	100	93/ 2.782

App.V. Mølle drifts og menneskelige forstyrrelses indvirkning på fourageringsstrategi hos vibe, måger og stær.

App.V. Influence of wind turbine operation and human disturbance on feeding strategy of Lapwing, Gulls and Starling.

Tid	Observation
	Case 1: 26. september 1988; Tidevandsområdet oversvømmet dagen igennem pga. hård vind (VSV styrke 7); Observationer startet kl. 13.50.
0 min.	Vindmøllen sættes i drift. 2.620 viber, måger og stær fouragerer 3-400 m fra vindmøllen.
40 min.	Alle fugle forlader området og flyver 1-2 km mod sydøst.
90 min.	Skårlægning af græs påbegyndes på marker ca 200 m fra vindmøllen.
96 min.	De første måger (hættemåge, stormmåge) kommer til området fra sydøst og begynder at fouragere.
101 min.	200 fouragerende måger optælles.
105 min.	600 fouragerende måger optælles.
131 min.	600 måger og 200 stær fouragerer.
147 min.	220 fouragerende måger optælles (380 måger trukket mod sydøst).
156 min.	150 fouragerende måger optælles (450 måger trukket mod sydøst).
165 min.	Tilbageværende måger trækker på afstand og raster 3-400 m fra vindmøllen, observationer slutter.
	Case 2: 27. september 1988; Lavvande og svag vind (S styrke 3); Græs på marken skårlagt dagen før (jf. case 1) indsamles af fire landbrugsmaskiner; Græs skårlægges på mark ca 300 m fra vindmøllen. Observationer startes kl. 13.48, hvor vindmøllen allerede er i drift.
0 min.	Observationer påbegyndes, vindmølle i drift.
4 min.	Vindmøllen stoppes.
14 min.	35 måger (hætte-/stormmåge), som har rastet ca 800 m nordøst for vindmøllen letter og straks ved ankomsten til marken der høstes, begynder de at fouragere.
22 min.	Flere fugle er kommet til, og 200 fouragerende måger optælles. Fuglene er urolige og står sjældent på jorden. Nogle forsvinder mod sydøst, andre kommer til fra forskellige retninger.
27 min.	Vindmøllens sikkerhedscylinger aktiveres, alle måger flyver op.
29 min.	Kabinen krøjer, alle måger flyver op.
31 min.	Kabinen krøjer, alle måger flyver op.
32 min.	Et menneske går udenfor møllepladsen, alle måger flyver op.
33 min.	Sikkerhedscylingen aktiveres, alle måger flyver op.
34 min.	Kabinen krøjer, alle måger flyver op.
38 min.	Vingerne begynder at rotere, alle måger flyver op.
40 min.	Kabinen krøjer, alle måger flyver op.
43 min.	Kabinen krøjer, alle måger flyver op.
46 min.	Sikkerhedscylingen aktiveres, alle måger flyver op.
58 min.	Færdsel på møllepladsen, alle måger flyver op.
60 min.	Observationer afsluttes.

Serien »Danske Vildtundersøgelser« udkommer, når egnede emner foreligger bearbejdet. Hæfterne fås, så langt oplaget rækker, gratis tilsendt ved henvendelse til:

Afd. for Flora- og Faunækologi, Kalø, 8410 Rønde, tlf. 89 20 14 00.

1. Knud Paludan: Vildtet og landbrugets giftstoffer. 11 sider. 1953.
2. Knud Paludan og Kai Ulffkjær: Nogle retningslinier for fasanopdræt. 32 sider. 1954.
3. Knud Paludan: Agerhønsens ynglesæson 1953. 20 sider. 1954.
4. Marie Hammer, M. Kjøe og R. Spårck: Undersøgelser over ernæringen hos agerhøns, fasaner og urfugle i Danmark. 24 sider. 1955.
5. Knud Paludan og Jørgen Fog: Den danske ynglebestand af vildtlevende knopsvaner i 1954. 47 sider. 1956.
6. Kai Ulffkjær: Danske råbukkeopsatser (målt i tiden 1948-1955). 23 sider. 1956.
7. Knud Paludan: Ringmærkning af agerhøns 1950-54. 27 sider. 1957.
8. Jørgen Fog: Mærkning af opdrættede gråander 1950-55. 32 sider. 1958.
9. H. Strandgaard: Vildtudbyttet i Danmark. 120 sider. 1962.
10. Knud Paludan: Ederfuglene i danske farvande. 87 sider. 1962.
11. Annelise Jensen: Odderen i Danmark. 48 sider. 1964.
12. Knud Paludan: Grågåsens træk og føddningstræk. 54 sider. 1965.
13. H. Strandgaard, Birger Jensen, F. Christoffersen og P. Valentin Jensen: Undersøgelser over Kronvildtet i Danmark. 184 sider. 1967.
14. Anders Holm Joensen: Urfuglen i Danmark. 102 sider. 1967.
15. Annelise Jensen og Birger Jensen: Husmåren (Martes foina) og mårjagten i Danmark 1967/68. 44 sider. 1970.
16. Dorete Bloch: Ynglebestanden af Knopsvane (Cygnus olor) i Danmark i 1966. 47 sider. 1971.
17. P. Uhd Jepsen: Vildtreservatet Felsted Kog. 60 sider. 1972.
18. Annelise Jensen og Birger Jensen: Ilderen (Putorius putorius) og ilderjagten i Danmark 1969/70. 32 sider. 1972.
19. Ib Clausager: Skovsneppen (Scolopax rusticola) som ynglefugl i Danmark. 39 sider. 1973.
20. Anders Holm Joensen: Ederfuglen (Somateria mollissima) som ynglefugl i Danmark. 36 sider. 1973.
21. Annelise Jensen og Birger Jensen: Lækat (Mustela erminea), Brud (Mustela nivalis) og lækatjagten i Danmark 1970/71. 23 sider. 1973.
22. Hans Jørgen Degn: Urfuglens (Lyrurus tetrix) forekomst i Danmark 1973. 32 sider. 1973.
23. Hans Jørgen Degn: Egernets (Sciurus vulgaris) nuværende og tidligere forekomst i Danmark. 48 sider. 1974.
24. P. Uhd Jepsen: Vadehavets vildtreservat med øen Jordsand. 80 sider. 1975.
25. Egon Bennetsen: Sikavildtet (Cervus nippon) i Danmark. 32 sider. 1976.
26. Niels-Ole Søndergaard, Anders Holm Joensen og Ebbe Bøgebjerg Hansen: Sælernes forekomst og sæljagten i Danmark. 80 sider. 1976.
27. Birger Jensen: Ræven (Vulpes vulpes) og rævejagten i Danmark 1973/74. 24 sider. 1977.
28. Tommy Asferg, Johnny Lund Jeppesen og Janne Aaris Sørensen: Grævlingen (Meles meles) og grævlingejakten i Danmark 1972/73. 56 sider. 1977.
29. Hans Jørgen Degn og Birger Jensen: Skovmåren (Martes martes) i Danmark. 20 sider. 1977.
30. P. Uhd Jepsen: Vildtreservatet Hjarbæk Fjord. 68 sider. 1978.
31. Hans Jørgen Degn: Bestandsændringer hos Urfugl (Lyrurus tetrix) i Danmark op til 1978. 24 sider. 1978.
32. Mette Fog: Tyrkerduen (Streptopelia decaocto) og tyrkerduejakten i Danmark 1974/75 og 1975/76. 24 sider. 1979.
33. Johnny Lund Jeppesen og Finn Kristoffersen: Danske råbukkeopsatser 1966-1977. 36 sider. 1980.
34. Johs. Andersen: Minken (Mustela vison) og minkjakten i Danmark 1970/71 og 1972/73. 24 sider. 1981.
35. Poul Lassen og Peter Aastrup: Undersøgelser over tamrenbestanden (Rangifer tarandus tarandus L.) ved Itivnera, Vestgrønland. 36 sider. 1981.
36. Niels Walter Møller og Niels Skov Olesen: Fiskehejren (Ardea cinerea) og fiskehejrejagten i Danmark 1976/77. 23 sider. 1983.
37. Karsten Laursen, Iver Gram og John Frikke: Trækkende vandfugle ved det fremskudte dige ved Højer, 1982. 36 sider. 1984.
38. Johs. Andersen: Svømmeænder og vadefugle omkring Øland i Limfjorden, 1918-1974. 44 sider. 1985.
39. Karsten Laursen: Jagt på vandfugle i Vadehavet samt det øvrige Sydjylland. 60 sider. 1985.
40. Jens Dahl Mikkelsen: Rovfugle og fasanudsætninger i Danmark. 32 sider. 1986.



41. Anders Maltha Rasmussen, Aksel Bo Madsen, Tommy Asferg, Birger Jensen og Mogens Rosen-gaard: Undersøgelser over husmåren (*Martes foina*) i Danmark. 40 sider. 1986.
42. Ebbe Bøgebjerg: Spættet sæl (*Phoca vitulina*) i Danmark 1976-1984. 40 sider. 1986.
43. Johnny Lund Jeppesen: Umiddelbare reaktioner hos kronhydr (*Cervus elaphus*) i Oksbøl området, når de udsættes for orienteringsløb og drivjagt. 26 sider. 1987.
44. Hans Bjarne Hansen: Dyrehaver og hjortefarme i Danmark. 62 sider. 1988.
45. Jesper Madsen, John Frikke og Karsten Laursen: Forekomst og habitatvalg hos Mørkbuget Knortegås (*Branta bernicla bernicla*) i Danmark, og specielt Vadehavet. 24 sider. 1990.
46. Keld Henriksen: Status og bestandsudvikling hos Stor Regnspøve (*Numenius arquata*) i Nordeuropa. 48 sider. 1991.
47. Michael Brinch Pedersen og Erik Poulsen: En 90 m/2 MW vindmølles indvirkning på fuglelivet. Fugles reaktioner på opførelsen og idriftsættelsen af Tjæreborgmøllen ved Det Danske Vadehav. 44 sider. 1991.