



Energistyrelsen



Fugle

Baggrundsnotat

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

T: +45 3392 6700
E: ens@ens.dk

www.ens.dk



Miljøovervågning som grundlag for en strategisk og bæredygtig udbygning af havvind i Danmark

Danmark står over for en markant udvidelse af kapaciteten inden for havvindenergi. Som led i den grønne omstilling og målet om klimaneutralitet, planlægges det at etablere en række nye og langt større havvindmølleparker, end tidligere set. Denne udbygning indebærer væsentlige miljømæssige overvejelser, som skal håndteres med omtanke og på et oplyst grundlag.

Energistyrelsen har derfor anmodet NIRAS A/S om at udvikle omfattende og fagligt funderede overvågningsprogrammer for en række centrale miljøparametre. Disse programmer skal bidrage til at skabe et solidt vidensgrundlag og danne et fagligt fundament for fremtidige vurderinger af miljøpåvirkninger fra havvindmølleparker.

Forslag til overvågningsprogram for de udvalgte miljøemner er beskrevet i "datablade" for hvert emne og der er til hvert emne et uddybende "baggrundsnotat". Databladene indeholder konkrete forslag til overvågningsprogrammer, herunder detaljer om antal prøvetagninger, frekvenser og metoder for indsamling af data. Et overvågningsprogram vil altid skulle tilpasses det enkelte projekt, hvorfor de konkrete programmer ikke nødvendigvis følger den fulde metodik i databladene.

Databladene vil løbende og efter behov blive revideret og de nyeste versioner vil være at finde på Energistyrelsens hjemmeside.

Produkt: Fugle - Baggrundsnotat

Udgiver: Energistyrelsen

Billeder og illustrationer: NIRAS A/S

Dato: september 2026

Version: 2.0



1.	Forord	4
2.	Indledning	4
3.	Overvågningsfaser	4
3.1	Baseline	4
3.1.1	Planlægning af baseline	5
3.2	Konstruktionsfase	5
3.3	Driftsfasen.....	6
3.3.1	Fortrængning i driftsfasen	6
3.3.2	Kollisionsrisiko	6
3.3.3	Barriereeffekt	8
3.3.4	Varighed af effektovervågning i driftsfasen	8
4.	Metoder og undersøgelser	9
4.1	Trækfugle.....	9
4.1.1	Visuelle transekttællinger	10
4.1.2	Laser rangefinder	10
4.1.3	Videoundersøgelser.....	10
4.1.4	Radarobservationer	11
4.1.5	Opsummering af trækfuglemetoder	11
4.1.6	Databehandling.....	12
4.2	Rastefugle.....	12
4.2.1	Flytællinger - Line transect distance sampling metoden	12
4.2.2	Flytællinger - Digitale strip width surveys	14
5.	Statistik	15
6.	Størrelse af undersøgelsesområde	16
6.1	Områdets størrelse	16
6.1.1	Placering af undersøgelserne.....	16
6.1.2	Krav til metadata og filnavngivning	16
6.2	Vejrdata	16
6.3	Eksisterende data	16
6.4	Krav til indberetning til relevante myndigheder og offentlige fagdatabaser	17
7.	Referencer	18



1. Forord

Databladet med baggrundsnotat (dette dokument) er udarbejdet på opdrag fra Energistyrelsen, og er primært til brug for bygherrer, konsulenter og relevante myndigheder. Det henvises til flere eksempler på god praksis i udførte overvågningsprogrammer for etablerede havvindmølleparker, samt bedste identificeret praksis baseret på tekniske anvisninger fra det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur (NOVANA).

2. Indledning

Dette er baggrundsnotatet for databladet til effektovervågning af fugle. I baggrundsnotatet gennemgås de relevante påvirkninger, samt tilgængelige metoder til effektovervågning. De anbefalede metoder beskrives, og det begrundes, hvorfor de er valgt. Der er flere forskellige metoder til overvågning af fugle, og flere af disse er veldokumenterede og implementeret i forundersøgelser og national overvågning både i Danmark (NOVANA) og i udlandet, og alle kan finde anvendelse i effektovervågningsprogrammet. Der er valgt metoder, der direkte føder ind i den nationale NOVANA-artsovervågning. Derudover er de valgte metoder baseret på anbefalinger fra den tyske effektovervågning StUK4 og fra skotske myndigheder, samt relevant faglitteratur på området. Dette er gjort for at sikre sammenlignelighed med eksisterende og kommende data fra eksisterende overvågning.

Der er bevidst gentagelser igennem databladet, og mellem datablad og baggrundsnotatet, for at sikre let læsning og forståelse.

3. Overvågningsfaser

Der er flere faser i konstruktionen af en havvindmøllepark, som er relevante i forhold til effektovervågningen. Første fase er at undersøge området med geotekniske og geofysiske surveys for at fastslå hav- og undergrundens beskaffenhed, og denne fase skal om muligt være tidsmæssigt forskudt fra baselineundersøgelser af fugle, så de geotekniske og geofysiske surveys ikke influerer på -undersøgelserne. Påvirkningen af fuglefauna fra geotekniske og geofysiske undersøgelser er dog relativt lokal (inden for ca. 10 km af skibene), så det er muligt at kompensere for denne påvirkning i dataanalysen. Det er dog mest hensigtsmæssigt ikke at skulle foretage denne compensation. Ved baselineundersøgelserne undersøges artssammensætning, fordeling, antal af fugle og årstidsvariation. Efterfølgende kommer konstruktionsfasen, hvor møllerne opstilles og til sidst driftsfasen. Dekommissioneringsfasen er ikke dækket i effektovervågningsprogrammet. De forskellige faser beskrives herunder, samt hvad der skal tages højde for, herunder hvilke påvirkninger, der er relevante for design af effektovervågningsprogrammet.

3.1 Baseline

Baselineundersøgelserne skal kortlægge miljøtilstanden i og omkring det fremtidige vindmølleparkområde, før en egentlig påvirkning finder sted og dermed udgøre en biologisk baseline, som anvendes som reference ved vurdering af resultaterne fra monitoreringen i driftsfasen. Dataindsamling for baseline skal vare minimum 2 fulde år for at give tilstrækkelige data om årstidsvariation. Dette er i linje med de tyske anbefalinger, hvor



to fulde år er påkrævet i baseline (BSH, 2013), samt de forundersøgelser der er udført i Danmark ifm. Energiø Nordsøen (DCE & NIRAS, 2024), Energiø Bornholm (WSP, 2024) og de tilvejebragte forundersøgelser til havvindmølleparkområderne i Nordsøen (Nordsøen 1) og Indre Danske Farvande (Kriegers Flak II, Kattegat og Hesselø Havvindmøllepark) for Energistyrelsen (se ENS.dk for tidsplaner for disse rapporter).

3.1.1 Planlægning af baseline

Forud for planlægningen af baseline er det vigtigt at kortlægge behovet for raste- og trækfugleundersøgelser. Baselineundersøgelserne udføres af Energinet på vegne af Energistyrelsen. Koncessionsvinder skal i udgangspunktet alene stå for monitoringen i driftsfasen, herunder, afrapportering af data og vurdering af effekterne af havvindmølleparkens drift. På alle havvindmølleprojekter skal der, som minimum udføres intensive rastefugleundersøgelser i vinterhalvåret, fra september til og med maj. De fleste steder er det også nødvendigt at gennemføre intensive optællinger hen over sommeren for at dække arter, der hovedsageligt forekommer om sommeren, evt. fødesøgende ynglefugle og arter, der fælder svingfjerene til havs og dermed ikke kan flyve i den periode. Det sidste er især tilfældet i sidste halvdel af sommeren. Yderligere er det vigtigt ikke at have sammenfald mellem aktiviteter i andre dele af projektet, der kan forstyrre fugleforekomsten og give et fejlbehæftet billede af fugleforekomsterne. Dette gælder for fugle især aktiviteter, der indebærer færdsel i undersøgelsesområdet. Færdsel (hovedsageligt sejlads), der ikke adskiller sig fra den normale færdsel i området, vil dog ikke påvirke basistilstanden. Det er derfor vigtigt at planlægge alle skridt i miljøovervågningen i god tid, så alle opgaver kan udføres på den bedst mulige måde. Rastefugleoptællingerne gennemføres som optællinger fra fly via visuelle eller digitale transekt-tællinger (se afsnit 4.2).

Ydermere er det vigtigt at gennemføre trækfugleundersøgelser i områder, hvor der er kendte eller mulige trækforekomster af land- eller vandfugle. Dette gælder især i de indre danske farvande og kystnært i Nordsøen. Trækket optræder især, hvor der er udragende landområder, der kan fungere som flaskehalse for fugle, der er nervøse ved at passere havet, eller ved stræder, hvor der er kortest mellem landområderne. Ligeledes steder, hvor vand- og havfugle vil følge kysten rundt om pynter. Særlig opmærksomhed skal der være på sydvendte pynter og næs i den vestlige Østersø, nordvendte pynter og næs i Kattegat, samt i Storebælt og Øresund, hvor der er kort over vandet eller hvor fugle opsamles for enden af større landområder, som Falsterbo, Gedser og Skagen (Holm, Sterup, Nielsen, & Petersen, 2023). Dette træk kortlægges med radar, visuelle observationer, laser rangefinder eller ved videokortlægning fra faste strukturer, opankrede både eller bøjer til havs (se afsnit 4.1). Der gøres opmærksom på, at det også i nogle områder kan være nødvendigt at kortlægge lokale trækbevægelser i løbet af døgnet. Det kan dreje sig om trækbevægelser af rastende fugle i mellem forskellige områder fuglene benytter eller bevægelser i forbindelse med fødesøgning i yngleperioden eller generelle bevægelser i området (se også 3.3.2).

3.2 Konstruktionsfase

Etablering af en vindmøllepark strækker sig typisk over adskillige måneder og medfører en række aktiviteter, der bl.a. omfatter sejlads til og fra vindmølleområdet, pilotering, nedlægning af kabel, opgravning af sediment, m.v. Aktiviteterne i etableringsfasen kan dermed potentielt føre til fortrængning af fugleforekomster og ændringer i levestedets kvalitet, herunder fødegrundlaget.



Derfor vil fortrængning og påvirkning af fødegrundlag i anlægsfasen være de vigtigste indvirkninger at kortlægge. Af denne grund kan det være relevant at kortlægge rastefugleforekomsterne. Denne kortlægning kan gennemføres som beskrevet i afsnit 4.2, men skal i udgangspunktet prioriteres, idet den største påvirkning af fugle kan henføres til driftsfasen

3.3 Driftsfasen

Den samlede potentielt største påvirkning af fugleforekomsterne vil forventeligt finde sted i driftsfasen. Dette skyldes ikke alene, at denne fase strækker sig over adskillige årtier, men også, at møllerne i denne periode - ud over en potentiel fortrængning, som også forventes i anlægsfasen - udgør en kollisionsrisiko og en potentiel barriere for fuglenes trækbevægelser (Rydell, J. et al., 2012; Rydell, Ottvall, Pettersson, & Green, 2017; NatureScot, 2024; BSH, 2013).

3.3.1 Fortrængning i driftsfasen

Tidligere undersøgelser har vist, at vandfugle udviser vidt forskellige reaktioner på havvindmølleparker (Dierschke, Furness, & Garthe, 2016; Rydell, Ottvall, Pettersson, & Green, 2017; Marques, Batalha, & Bernardino, 2021). Der er således eksempler på en høj grad af fortrængning, som det fx ses hos lommer, hvis forekomst kan være reduceret i en afstand på op til 10-16 kilometer fra vindmølleparken (Petersen, Nielsen, & Mackenzie, 2014; Garthe, Schwemmer, Peschko, & al., 2023). I andre tilfælde er der tilsyneladende tale om en mindre grad af fortrængning, som det ses fx hos edderfugl, mens andre arter ser ud til at kunne tiltrækkes af vindmølleparken, som det er tilfældet for skarv og måger (Dierschke, Furness, & Garthe, 2016). Dette skyldes givetvis, at fundamenterne på havvindmøller kan bruges som hvileplads og/eller, at der er forbedrede fourageringsmuligheder i tilknytning til fundamenterne. For andre arters vedkommende ses ingen påvirkning af forekomsterne efter etableringen af en havvindmøllepark, idet det i højere grad er det aktuelle fødeudbud, der er afgørende for fuglenes udnyttelse af området (se fx Dierschke m.fl. 2016).

3.3.2 Kollisionsrisiko

Vindmøller kan påvirke fugles overlevelse negativt, hvis deres tilstedeværelse resulterer i kollisioner, og dermed øget dødelighed. Der kan være tale om egentlige kollisioner mellem fugle og selve møllekonstruktionen (vinger og tårn), eller fuglene kan blive påvirket af turbulensen fra de roterende møllevinger.

Selvom der allerede i den indledende fase af planlægningen af en kommende vindmøllepark tages omfattende hensyn for at minimere risikoen for kollisioner mellem fugle og vindmøller, vil disse uvægerligt forekomme (Rydell, Ottvall, Pettersson, & Green, 2017). Det vil derfor ikke være muligt helt at undgå kollisioner med fugle, uanset hvor vindmøller opstilles, men generelt synes omfanget af kollisioner at være begrænset, hvis placeringen er hensigtsmæssig (Rydell, Ottvall, Pettersson, & Green, 2017; Woodward, et al., 2023). En lang række faktorer er dog betydende for omfanget af kollisioner mellem fugle og vindmøller. Disse omfatter fx selve møllerne og deres udformning (højde, rotorstørrelse, vinge-areal, m.v.), antallet af møller i et område og deres placering samt naturligvis forekomsten af fugle og artssammensætningen af disse (Rydell, Ottvall, Pettersson, & Green, 2017; Skov, et al., 2018; Tjørnløv, et al., 2023).



Fuglekollisioner i vindmølleparker vurderes især at kunne opstå i følgende situationer (Rydell, J. et al., 2012; Rydell, Ottvall, Pettersson, & Green, 2017; Petersen & Fox, 2019; NatureScot, 2024):

- Ved de årlige træk mellem yngleområder og vinterkvarterer.
- Ved lokale, daglige trækbevægelser mellem rastepladser og fourageringsområder eller ynglepladser og fourageringsområder.
- Når fugle tiltrækkes af vindmøller.
- Når fouragerende fugle jager byttedyr fra luften.

Risikoen for kollisioner mellem nattrækkende fugle og vindmøller har været genstand for særlig opmærksomhed. Dette skyldes, at trækket for mange fuglearter vedkommende, som fx sangere og drosler, foregår om natten eller i andre situationer med nedsat sigtbarhed. For småfugle gælder dog, at nattrækket under gode vejrforhold foregår i 1.000-1.500 meters højde (Alerstam 1990, Welcker & Vilela 2019), hvilket er langt over møllehøjde. Det er derfor især i forbindelse med påbegyndelsen eller afslutningen af det natlige træk, at der vil være risiko for kollisioner for småfugle. Desuden vil der være en særlig risiko for kollisioner i de tilfælde, hvor trækket afbrydes på grund af dårlige vejrforhold, som fx kan skyldes nedbør eller kraftig modvind (Welcker & Vilela, 2019). I disse vejr-situationer vil lysforholdene og dermed sigtbarheden samtidig ofte være ringe. Landtrækket foregår over en bred front, men koncentrerer sig langs kyster og andre topografiske elementer. I Danmark er det kystlinjen, der er den afgørende faktor for, at trækket af især småfugle koncentrerer sig.

Visse arter, fx de fleste rovfugle og storke, udnytter termik under trækket, som derfor oftest finder sted om dagen under gode vejrforhold. Da de undgår større vandflader koncentrerer sig dette træk også ved topografiske flaskehalse (Energinet.dk, 2015; Mortensen, Liedtke, & Tjørnløv, 2023; Therkildsen, et al., 2024). Derfor er det især vigtigt at gennemføre undersøgelser af landfugletrækket i forbindelse med projekter, hvor der er en forekomst af sådanne udtrækssteder og dermed risiko for, at fugletrækket fra disse steder kommer i kontakt med havvindmølleparken. Hvis der ikke er viden om, hvorvidt dette kan være tilfældet, skal der også gennemføres undersøgelser af landfugletræk. Disse undersøgelser gøres med radar, rangefinder, visuelle observationer eller videoteknologi (Skov, 2023; NatureScot, 2024). Undersøgelserne må gerne udføres som en kombination af disse metoder så trækvolumen, trækhøjden og artssammensætningen kortlægges (Skov, 2023).

Flere undersøgelser har dokumenteret, at de daglige trækbevægelser mellem overnatningspladser og fourageringsområder udgør en betydelig trafik. Everaert & Stienen (2007) har således beskrevet et eksempel, hvor vindmøller placeret mellem en ynglekoloni og vigtige fourageringsområder for terner førte til et højt antal kollisioner. Der var således en tæt sammenhæng mellem antallet af ynglende terner i den nærliggende koloni og antallet af kollisioner. Den kollisionsrisiko, som lokale trækbevægelser som disse medfører, skal sammenholdes med det egentlige sæsonmæssige træk, hvor det enkelte individ blot passerer området en enkelt eller højst få gange i løbet af årscyklus. Det betyder, at områder, der ligger uden for egentlige trækkorridorer, men huser større forekomster af rastende, overvintrende og ynglende bestande, ikke nødvendigvis kan betegnes som lav-risikoområder, hvis bestandene i forbindelse med lokale trækbevægelser passerer møllerne i større omfang. Derfor skal disse områder overvåges for kollisionsrisiko gennem hele perioden, hvor de lokale trækbevægelser foregår. Denne periode er ofte i yngletiden (april til



og med juli), men kan også være i vinterhalvåret, hvis der forekommer fødesøgningstræk (fx mellem steder hvor fuglene sover, og hvor de spiser).

Tilsyneladende gælder det, at når vindmøller opstilles i områder, hvor fugleforekomsterne generelt er små, er kollisionsrisikoen mindre end sammenlignet med områder med større fugleforekomster (Percival 2005, Madders & Whitfield 2006). Der er dog indikationer på, at antagelsen om, at tætheden af fugle er afgørende for kollisionsrisikoen, er for simpel (Cook, Johnston, Wright, & Burton, 2012; Woodward, et al., 2023). Det er snarere forhold, der gælder for den enkelte art, som fx flyveadfærd og vejrforhold, der er afgørende for kollisionsrisikoen. Overordnet gælder dog, at det især er i forbindelse med en uhensigtsmæssig placering af vindmølleparker i områder, hvor mange fugle er aktive, at kollisionerne forekommer (Drewitt & Langston 2008).

I princippet kan kollisioner mellem fugle og vindmøller forekomme for alle arter. Der er imidlertid stor forskel på, hvor stor risikoen er for, at enkelte arter eller artsgrupper kolliderer med vindmøller. Store fugle med ringe manøvreedygtighed, som fx svaner og gæs, har tilsyneladende større sandsynlighed for at kolliderer med vindmøller sammenlignet med mindre fugle, som fx spurvefugle, der er anderledes manøvreedygtige (Rydell m.fl. 2017, Brown m.fl. 1992). Arter, som fx ænder, gæs og svaner, der ofte er aktive omkring solopgang og -nedgang, dvs. på tidspunkter med ringe lysforhold, hvor sigtbarheden er nedsat, er særligt udsatte for kollisioner (Larsen & Clausen 2002). I visse tilfælde synes rovfugle at være særligt udsatte for kollisioner. Tilsyneladende skyldes dette, at rovfugle generelt udviser ringe undvigerespons over for vindmøller (Madders & Whitfield 2006).

Det gælder, at det særligt er store fuglearter med lang levetid og langsom reproduktion, fx gæs, traner og ørne, der er særligt følsomme over for den ekstra dødelighed, som vindmøller kan påføre bestandene. For disse arters vedkommende kan selv en mindre reduktion i overlevelsesraten have betydning for bestanden. Bestandene af mindre fuglearter med hurtig reproduktionstid, som fx drosler og sangfugle, er således mindre følsomme over for ekstra dødelighed (Desholm 2009).

3.3.3 Barriereeffekt

Vindmøller kan udgøre en total eller delvis barriere for trækkende fugle, hvis vindmøllerne er placeret på trækruten, og fuglene ikke passerer igennem vindmølleparker (Rydell, J. et al., 2012). Trækbevægelserne kan ske både i forbindelse med et sæsontræk og daglige trækbevægelser (Rydell, J. et al., 2012). Barriereeffekten opstår, når fuglene ændrer deres trækrute, hvilket medfører et øget dagligt energiforbrug, som er proportionalt med antallet af passager. Derfor skal feltundersøgelserne kortlægge eventuelle trækruter for fugle gennem området og kortlægge om disse evt. ændres gennem projektets levetid. Dette gøres gennem radarovervågning, rangefinder-overvågning og overvågning med observatører eller videoteknologi (BSH, 2013; NatureScot, 2024).

3.3.4 Varighed af effektovervågning i driftsfasen

Når vindmølleparken er i drift, vil miljøet i parken langsomt ændre sig. Der kommer begroning (bundfauna) på fundamenterne, og der kan være fiskeriaktivitet udebliver i mølleområdet, som gør, at havbundens liv vil kunne restituere efter påvirkning fra fiskeri. Begroningen af fundamenterne er beskrevet som en 'kunstig rev-effekt'. Ydermere kan der være en gradvis tilvænnning til vindmøllernes tilstedeværelse, og den aktivitet der



er i forbindelse med vedligehold af vindmølleparken. Derfor skal effektovervågning af fugle foregå over en længere periode for at vurdere den reelle påvirkning i området. I forhold til hvor mange havvindmølleparker der findes, er der udført ganske få studier, der sammenligner forholdene før og efter etableringen af vindmølleparker. Flere studier har dog vist varierende langtidseffekter af vindmølleparkerne, og for enkelte arter er der stadig stor usikkerhed omkring vindmølleparkernes påvirkninger, og hvordan de ændres over tid. Fx har det for havdykænder, som sortand, edderfugl og havlit været usikkert, om arterne fortrænges fra vindmølleparker, og om denne fortrængning ændres over tid, når arterne vænner sig til vindmøllerne. Dette skyldes, at de gennemførte undersøgelser har givet varierende resultater (Petersen, Christensen, Kahlert, Desholm, & Fox, 2006; Petersen & Fox, 2007; Rydell, Ottvall, Pettersson, & Green, 2017; Petersen & Fox, 2019). Tilsvarende har der også været angivet forskellige forstyrrelsesafstande for lommer og alkefugle, svingende fra få hundrede meter til 16 km (Petersen, Nielsen, & Mackenzie, 2014; Cook, Johnston, Wright, & Burton, 2012; APEM, 2022; Garthe, Schwemmer, Peschko, & al., 2023). Alle de eksisterende studier er ydermere foretaget på vindmølleparker med et noget tættere og mere rektangulært opstillingsmønster, end der anvendes på moderne vindmølleparker. Der forventes også langt større afstand mellem de kommende vindmølletyper. Afstande, der begynder at overstige påvirkningsafstandene fra vindmøllerne på de fleste arter, da nyere vindmølleparker som Kriegers Flak har over 1 km imellem de fleste af vindmøllerne (Energistyrelsen, 2020). Dermed er afstandene større end de rapporterede fortrængningsafstande for fx edderfugl (Petersen & Fox, 2019; Therkildsen, et al., 2024). Det betyder, at fuglene teoretisk kan begynde at opfatte vindmøllerne som enkeltstående strukturer på havet og ikke som en samlet vindmøllepark, og dermed vil påvirkningen være anderledes. Der er derfor behov for at vurdere effekter af moderne vindmølleparker over en længere periode, således at man overvåger nogle år, holder nogle års pause og så overvåger igen. På denne måde overvåges der, indtil der er opstået en ny balance i området. Det vides ikke, hvor længe dette tager, og derfor tages der her udgangspunkt i en kortere årrække, velvidende, at driftsfasen i princippet varer i møllernes levetid. Det foreslås, at der overvåges i 1., 3., 5. og 10. år af driftsfasen. På den måde kan der både vurderes på kort og længere sigt.

4. Metoder og undersøgelser

4.1 Trækfugle

Der er overordnet set fire forskellige metoder, der kan anvendes til effektovervågning af trækkende fugle. Det drejer sig om: (1) visuelle transektmålinger, som giver information om hvilke fuglearter, der trækker igennem området, (2) laser rangefinder, som giver information om flyvehøjder og retning på de trækkende fugle, (3) videoundersøgelser, som giver informationer om både art, flyvehøjde og -retning, (4) radarobservationer, som giver informationer om flyvehøjder og retning af fugletrækket om natten. De fire metoder tilvejebringer forskellig information om fugletrækket, og derfor vil effektovervågningsprogrammet for trækkende fugle bestå af en kombination af de beskrevne metoder. Effektovervågningsprogrammet for trækkende fugle skal som minimum bestå af én af de to følgende kombinationer:

- Alternativ 1: Visuelle transektmålinger + Laser rangefinder + Radarobservationer
- Alternativ 2: Videoundersøgelser + Radarobservationer



4.1.1 Visuelle transekttællinger

Visuelle transekttællinger kan benyttes til at kortlægge trækket og derigennem opnå detaljerede, kvantitative artsspecifikke oplysninger om trækbevægelser i dagtimerne. I løbet af undersøgelsesperioden udføres disse tællinger fra centrale observationspunkter, hvorfra der udlægges transektlinjer i to retninger i et 180 graders plan vinkelret på trækretningen. Transektlinjerne går fra observationspunktet og så langt, der kan ses i den udlagte retning. Observationspunktet kan både være på land og til havs på en fast struktur eller et skib, afhængigt af hvad der er krævet for at dække trækket. Observatorerne skal benytte både kikkert og teleskop. En transekttælling tager 15 min., hvor alle fugle, der passerer transektlinjerne, bliver optalt pr. art. Desuden noteres trækretning som flyvende fra højre eller venstre relativt til transektlinjen. I hver time fra solopgang til solnedgang gennemføres en transekttælling af 15 minutters varighed for hvert af transekterne.

Antallet af fugle kan efterfølgende ekstrapoleres med henblik på at opnå et estimat for antallet af passager af fugle for en given tidsperiode. Der skal optælles 1-2 dage med gode trækforhold inden for 10-dages perioder. Disse 10-dages perioder skal ligge i forlængelse af hinanden i trækperioderne i foråret (marts, april og maj) og efteråret (august, september og oktober). Disse data anvendes til at estimere antallet af fugle per måned, hvilket indgår i analyserne og kan bruges til evt. kollisionsestimater.

Transektlinjerne behøver ikke at udlægges på kysten, men kan også udlægges fra en struktur eller et skib på havet.

4.1.2 Laser rangefinder

Transekttællingerne kombineres med tredimensionelle målinger af fugles trækspor. Ved hjælp af en laser rangefinder er det muligt at måle flyvehøjde, afstand og vinkel til en fugl eller flok af fugle med stor præcision. Ved hver måling opnås den præcise geografiske position for fuglen eller flokken, når positionen, der måles fra, kendes (længde-, breddegrad og højde over havet). Gentagne målinger kan derefter blive forbundet og danne et 3D-trækspor. Laser rangefinderen er således et fleksibelt redskab, der kan benyttes til at indsamle artsspecifikke flyvehøjder for trækkende fugle i dagtimerne. Målinger af større fugle, fx traner, gæs og svaner, kan ske på en afstand af op til 3 km, mens afstanden typisk er mindre end 1 km for småfugle, som fx pibere og finker. Disse målinger udføres primært imellem de visuelle transekttællinger.

I de tilfælde, hvor der foretages flere højdemålinger af et individ eller en flok, benyttes den gennemsnitlige flyvehøjde, og denne indgår i det samlede gennemsnit for arten.

4.1.3 Videoundersøgelser

Som alternativ til visuelle observationer kan der også benyttes videoundersøgelser. I disse undersøgelser bruges der højopløsnings-videokameraer kombineret med computerprogrammer, der kan følge og artsbestemme fuglene (Tjørnløv, et al., 2023; Skov, 2023). Dermed kan der opnås data, der er sammenlignelige med visuelle observationer. Ydermere kan videoprogrammerne, hvis lavet på den rigtige måde (Tjørnløv, et al., 2023; Spoor, 2024), levere trækspor og estimater af afstand til fuglene, på samme vis som laser rangefinder-metoden. Det er dog vigtigt, at der benyttes videoundersøgelsesløsninger, der er veldokumenterede (Tjørnløv, et al., 2023; Spoor, 2024) og hvor effektiviteten af videoundersøgelsesløsningerne er relateret til visuelle observationer og rangefinder-undersøgelser, således at de forskellige metoder er sammenlignelige (Spoor, 2024).



Fordelene ved videometoden er, at der kan indsamles data mere kontinuerligt end ved visuelle observationer og laser rangefinder-undersøgelserne, samt at udstyret kan benyttes i vejrforhold, hvor det ikke er sikkerhedsmæssigt forsvarligt at benytte menneskelige observatører. Udstyret kan placeres på faste strukturer til havs og på større bøjer (Spoor, 2023), som alligevel ofte benyttes på projekterne til meteorologiske og oceanografiske undersøgelser.

4.1.4 Radarobservationer

For at få trækspor eller trækvolumener og højder på fugle har der været anvendt skibsradar til kortlægning af fugletræk. Med radaren i horisontal position er det muligt at kortlægge trækbevægelser i området. Denne indstilling giver ikke informationer om flyvehøjde, men alene fuglenes trækretning, m.v. Trækbevægelserne registreres digitalt af en radaroperatør, der løbende modtager informationer fra en observatør, der registrerer den pågældende art, flokstørrelse, m.v. Informationerne behandles efterfølgende på en GIS-platform (Energinet.dk, 2015; WSP, 2024; Therkildsen, et al., 2024).

Ved at vende radaren vertikalt kan der foretages et tværsnit af fugletrækket på et givet tidspunkt, og dette kan bruges til at give information om flyvehøjde og volumen af fugletrækket, men kan ikke give trækspor af fuglene. Denne metode bruges ofte om natten, hvor der ikke er mulighed for at identificere fuglene, og volumen af fuglene er derfor vigtigere end de enkelte trækspor.

Det er dog muligt med de nyeste radartechnologier at benytte en 3D-radar, der også vil kunne give information om flyvehøjde. Denne teknologi er stadig så ny, at der ikke er nok erfaringer med teknologien til, at data kan sammenlignes direkte med de øvrige radartechnologier, hvor radarens 2D-spor ikke er kombineret med højdemålinger gennem video eller laser rangefinder. 3D-radar kan både være en specialradar, der kan registrere både horisontalt og vertikalt, men også systemer, der kombinerer horisontale og vertikale raderer for at få 3D-spor. Disse 3D-radarer er dog systemer, der især benyttes i forbindelse med at afværge fuglekollisioner i forbindelse med lufthavne og også ved enkelte vindmølleparker. Derfor er det en oplagt metode at bruge til kortlægning af fugletræk. Det skal dog tilstræbes, at den samme radarmetode benyttes igennem samme projekt. Da anvendelse af 3D-radar kombinerer begge metoder (vertikal og horisontal radar), er det oplagt, at der fremover benyttes 3D-radar fremfor en traditionel 2D-radar, på trods af øgede udgifter til udstyr og mindre rækkevidde (Skov, 2023). Der skal anvendes en 3D-radar udviklet til observationer af fugle, da alle disse har specifikationer, der er gode nok til brug i undersøgelserne (Tjørnløv, et al., 2023; Spoor, 2024; Skov, 2023).

Radarkortlægning kan også foretages fra skib, men her er udfordringen at korrigere for den bevægelige platform, der observeres fra. Noget, der især er et problem ved vertikale radarobservationer (DCE & NIRAS, 2024). Dette er dog muligt gennem automatiserede korrektionsalgoritmer, der kan stabilisere horisonten (Spoor, 2023).

4.1.5 Opsummering af trækfuglemetoder

I alle faser af effektovervågningen foretages der overvågning efter følgende metoder:

- Der benyttes enten visuelle transektoptællinger kombineret med højdemålinger enten med laser rangefinder eller videoundersøgelser med automatiske optagelser og registreringer af fugle.
- Der foretages radarundersøgelser af fugletræk med 3D-radar.



4.1.6 Databehandling

Når registreringerne af trækfugle er afsluttet, skal alle observationer udskrives og indtastes i en database. Hertil skal informationer om optællingsbetingelser (vindretning og -styrke, temperatur og nedbør) sammenkobles med observationerne. Hver enkelt observation kan derfor geo-oprettes til et punkt GIS-tema ved at kombinere observationens GPS-positioner enten som observationspunktet ved de visuelle transekt-tællinger eller som 3D-spor fra rangefinder målinger, videooptagelser eller 3D-radar. På grundlag af GIS-lagene over observationer, kan tematiske kort over antal, trækretning og højde af de observerede arter eller artsgrupper præsenteres. Dette kan derefter modelleres i forhold til biotiske og abiotiske faktorer, samt forskellige påvirkninger og presfaktorer kan modelleres i forhold til data og estimer af kollisionsrisiko, og evt. undvigelsesadfærd kan modelleres. For en gennemgang af modelleringsmetoder og eksempler kan henvises til (NatureScot, 2024), (DCE & NIRAS, 2024), (Skov, et al., 2018) og (Tjørnløv, et al., 2023). Dette gælder også for den alternative digitale optællingsmetode herunder.

4.2 Rastefugle

4.2.1 Flytællinger - Line transect distance sampling metoden

Kortlægning af rastende vandfugle har indtil nu været gennemført som optællinger fra fly efter Distance Sampling linjetransektmetoden. Metoden for line transect *Distance Sampling* er beskrevet af (Buckland, et al., 2001; Buckland, et al., 2012) og yderligere tilpasset danske forhold i den tekniske anvisning til optælling af vandfugle fra fly (https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Biodiversitet/TAA188_flyVandfugle.pdf).

Metoden er udviklet til på metodisk vis at tælle en art i et område og omregne de talte dyr per måleenhed til en tæthed af dyr per areal. Dette er den ønskværdige enhed for at følge en bestand i et område, da man her følger reelle ændringer i antallet af dyr, og ikke relative ændringer.

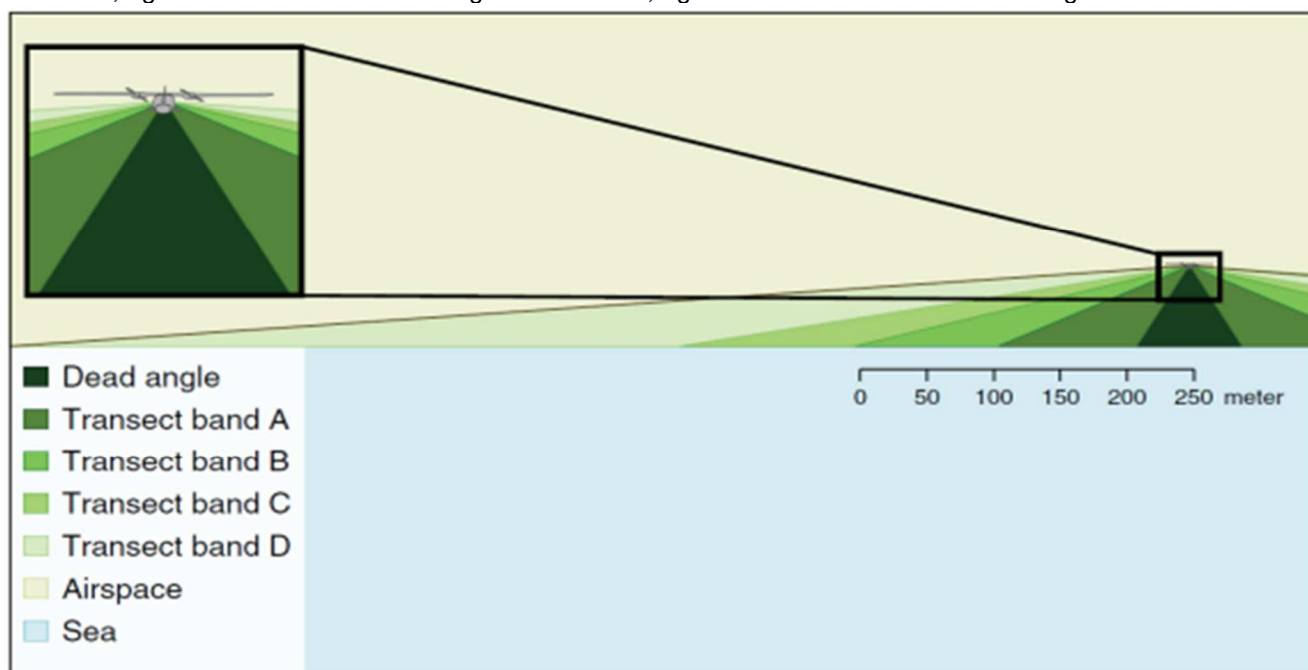
Optællingerne gennemføres fra et højvininget, fly med boblevinduer. Under optællingerne flyves der i en højde af 76 meter (250 fod) og med en hastighed på ca. 180 km/t (100 knob).

Optællingerne udføres langs prædefinerede optællingsruter langs transekter, udlagt som parallelle linjer med en indbyrdes afstand af 3-5 km og med et tilfældigt udgangspunkt. Det er hensigtsmæssigt at gennemføre den samlede overvågningsindsats på samme dag. Ved meget store områder kan det være nødvendigt at udlægge 10 km imellem transekterne eller benytte mere end ét hold observatører i flere fly. Navigationen foregår efter udlagte rutepunkter, der definerer endepunkter på transektlinjer. Transekterne skal orienteres på tværs af abiotiske strukturer som dybde, vende væk fra kysten eller så der er optimale observationsforhold i forhold til sollyset og det genskin, sollyset giver i vandet. Der skal udlægges transekter jævnt fordelt inden for vindmølleområdet og en 20 km buffer. En buffer på 20 km er valgt for at undersøge udover den størst rapporterede påvirkningsafstand for alle arter af fugle (Cook, Johnston, Wright, & Burton, 2012; Petersen & Fox, 2019; Garthe, Schwemmer, Peschko, & al., 2023).

To observatører registrerer observationer af fugle til hhv. højre og venstre for flyets optællingsrute. Alle observationer registreres på diktafon, med angivelse af tid for observationen. En GPS, udover flyets GPS-systemer, registrerer optællingsruten med en høj opløsning (gerne et punkt hvert 6. sekund).



Observatørerne registrerer fugle med angivelse af art, antal, adfærd og en afstandskategori fra flyets optællingsrute, i overensstemmelse med Distance Sampling optællingsmetoden. Der skal registreres til fire afstandskategorier, nemlig A, B, C og D. Disse afstandskategorier er fastlagt ud fra vinklen fra flyets midterlinje. A er 60-25 grader under horisonten (45-164 m fra transekten), B er 25-10 grader (164-433 m), C er 10-4 grader (433-1.000 m) og D er 4-3 grader 1.000-1.500 m) (se Figur 4.1). Under optællingen skal der ligeledes registreres informationer om optællingsbetingelserne, således registreres et mål for bølgeintensitet, også kaldet "sea-state" i kategorier fra 0 til 4, og information om sol-intensitet registreres.



Figur 4.1. Grafisk illustration af transektbånd under flyvemaskinen. Her illustreret med kun 4 transektbånd.

En for observatørerne usynlig vinkel under flyet (dead angle på Figur 4.1), strækkende sig fra 90° til 60° vertikalt, udgør en bræmme på 44 meter på hver side af flyets optællingsrute, når der flyves i en højde på 76 meter (250 fod). Denne bræmme skal udelades fra den efterfølgende Distance Sampling analyse vha. en såkaldt "right truncation" (Buckland m.fl. 2007). De registreredes fugles adfærd kategoriseres som enten siddende på vandet, dykkende, flyvende eller opflyvende.

Der flyves hver måned i de vigtigste perioder og mindst hver anden måned i de perioder, hvor der ikke forventes at være rastende fugle i området. Dette gøres for at få data om årstidsvariation, dække alle årstider (forår, sommer, efterår og vinter) og få mere detaljeret information om variationer, mens de vigtigste fugleforekomster er til stede. Dette giver min. 6 optællinger årligt og maks. 12. Der udføres observatørbaserede *line transect distance sampling surveys* for at undersøge artsdensitet og antal i baseline. Hvis mølleparkens design (højde og afstand mellem møller) tillader det, udføres observatørbaserede *Distance Sampling line transect surveys* også i konstruktions- og driftsfasen.



Databehandling

Efter endt optælling skal alle observationer udskrives og indtastes i en database. Hertil skal informationer om optællingsbetingelser (sea-state og sol-intensitet) sammenkobles med observationerne og tidsstemplede GPS-data med angivelse af flyets rute. Hver enkelt observation kan derfor geo-oprettes til et punkt GIS-tema ved at kombinere observationens tid med tiden i optællingsrutens punkttema (GPS-positioner). Enten før eller efter kan punkttemaet analyseres vha. *line transect distance sampling* metoden, og der kan tilpasses en detektionsfunktion til observationerne for at tage højde for forskelle i, hvor lette fugle er at opdage på forskellige afstande og i forskellige forhold. Ud fra dette kan et estimat af den reelle forekomst af arten beregnes. På grundlag af det korrigerede punkttema over observationer og linjetemaet over de optalte strækninger, kan tematiske kort over antal og fordeling af observerede arter eller artsgrupper præsenteres. Dette kan derefter modelleres i forhold til biotiske og abiotiske faktorer. Endvidere kan forskellige påvirkninger og presfaktorer modelleres i forhold til data, og dermed kan fortrængningsafstande, tilvænnings effekter og lignende kortlægges. For en gennemgang af modelleringsmetoder og -eksempler kan der henvises til (NatureScot, 2024) og (DCE & NIRAS, 2024; Energinet, 2025). Dette gælder også for den alternative digitale optællingsmetode beskrevet herunder.

4.2.2 Flytællinger - Digitale strip width surveys

Alternativt benyttes en digital løsning efter 'strip transect'-metoden. I denne metode optages billeder eller film med høj opløselighed, som efterfølgende analyseres af observatører i kombination med automatiske genkendelsesprogrammer til identifikation af mulige fugleobjekter. Disse objekter skal derefter gennemgås manuelt for at bestemme, om det er fugle og hvilken art. Ligeledes skal et udsnit af billederne gennemgås for at verificere programmernes nøjagtighed, hvilket er tidskrævende. I flere lande (bl.a. Tyskland og Storbritannien) anvendes digitale surveys som standard i overvågning. Det har også været anvendt i enkelte rastefugleundersøgelser i Danmark, men aldrig i forbindelse med vindmølleparker. I digitale surveys antages, at sandsynligheden for at finde en fugl er lige stor overalt på 'strip'en' under flyet, mens *line transect surveys* antager, at alle fugle i inderste transektbånd observeres. Det betyder, at måden data indsamles på, i udgangspunktet er forskellig. Denne forskel er et af de problemer, som gør, at data endnu ikke er sammenlignelige mellem observatørbaserede undersøgelser fra fly og digitale undersøgelser. Derfor kan data fra digitale surveys ikke direkte sammenlignes med fx NOVANA-data og tidligere danske undersøgelser i forbindelse med vindmølleparker.

Data mellem de enkelte undersøgelser, hvor samme metode bruges, kan dog godt sammenlignes relativt, da det kan forventes, at de underliggende fordelinger af synlige fugle er den samme (andelen mellem neddykkede fugle og fugle på vandet). Det er dog også muligt at estimere denne fordeling af oversete fugle ved at gentage de samme strip-transekter med kort interval (Buckland S. , et al., 2012).

Fordelen ved digitale surveys er, at der kan flyves i en større højde, ca. 1500 fod mod 250 fod for observatørbaserede surveys. Herved kan man hurtigere dække et større område end med observatørbaserede undersøgelser fra fly. Endvidere kan der ved digitale surveys flyves over vindmølleparker, hvor der ikke kan udføres observatørbaserede undersøgelser uden at få særlig tilladelse, afhængig af afstand mellem møllerne. Men der er ulemper ved metoden. Først og fremmest er der den ulempe ved digitale surveys, at der skal bruges virkelig mange timer på at analysere data, fordi det indtil videre ikke er udviklet automatiserede metoder til genkendelse og artsbestemmelse af fugle på billederne. De tilgængelige programmer kan kun finde objekter, der muligvis er fugle, men ikke særlig effektivt. Det



faktum, at det er svært at sammenligne visuelle observatørbaserede undersøgelser med de digitale, vanskeliggør desuden en sammenligning med den øvrige overvågning i Danmark. Af denne grund kan der ikke bruges historiske data eller data fra andre områder eller basisovervågningen som reference i effektovervågningen.

De store fordele ved digitale undersøgelser er, at der opnås dokumentation for det observerede, hvilket muliggør senere validering af data samt, at der fjernes et lag af statistisk analyse og modellering af data, og dermed usikkerhed. Dette skyldes, at metoden ikke skal tilpasses en detektionsfunktion til data, hvilket står i modsætning til, hvad der gøres ved "distance sampling"-metoden. Under tilpasningen af detektionsfunktionen vil der fratages statistiske friheder fra datasættet, og den videre analyse vil derfor forløbe med mindre sikkerhed i de videre modelleringer. Ved de digitale højopløselighedsbilleder registreres alle fugle i det samlede transektbånd, og der er ikke behov for statistisk at beregne en detektionsfunktion. Dermed kan den videre modellering af data foretages med større sikkerhed.

5. Statistik

For at sikre effektovervågningens evne til at påvise/afvise potentielle signifikante effekter er det vigtigt at kortlægge den naturlige variation i det kommende påvirkede system (vindmølleparken). Identifikation af potentielle effekter under etablering og drift af havvindmølleparker betragtes som menneskelige effekter og skal opfattes som ændringer ud over naturlige variationer. For at adskille den menneskeskabte effekt fra den naturlige variation kræves specielt designede statistiske analyser og dataindsamling.

Undersøgelser i naturlige systemer (in vivo) resulterer ofte i en datavarians, som ligger uden for den normalfordeling, der er påkrævet af mange statistiske test. Derfor anbefales non-parametriske test såsom Generalized Linear Mixed-Modelling (GLMM). GLMM er en alsidig og fleksibel modelleringsform, der tillader analyse af responsvariabler med non-parametrisk fordeling (såsom poisson, der benyttes for tælle-data) og inklusion af random-effekter for at håndtere uønskede korrelationer. Analysen skal opbygges efter principperne bag 'Repeated measures' principperne. Denne metode bruges til at sammenligne gennemsnit i den undersøgte variabel, på tværs af flere tidspunkter for de undersøgte områder. Metoden tager højde for, at målingerne er afhængige, da de gentages på det samme område, og undersøger, om der er en signifikant forskel mellem de forskellige tidspunkter og områder. En anbefaling til de forskellige parametre, der skal indgå i den statistiske analyse, ses i Tabel 55.1. Efter GLMM-analysen skal der, i tilfælde af signifikante interaktionseffekter, gennemføres non-parametriske post-hoc test, såsom *Wilcoxon Signed-Rank Test*, der kan belyse, hvorledes de identificerede forskelle træder i kraft (Krzywinski and Altman, 2014). Alle statistiske test skal benytte p-værdi <0.05 som værende grænseværdien for signifikante resultater.

Tabel 5.1. Eksempel på hvorledes modellen til analyse af fugleoptælling fra fly kan opstilles. Adskillelsen af single effekter og interaktioner er indikeret med et plus-symbol, og interaktioner mellem kovariater er indikeret med kolon ' : '.

Responsvariabel	Kovariater inkl. iterationer	Evt. relevante random-effekter
Tæthed (individer/km ²)	Område + Tid + Art + Område : Tid + område : Art + Art : Tid + Område : Tid : Art	Observatør



6. Størrelse af undersøgelsesområde

6.1 Områdets størrelse

Undersøgelsesområdet skal bestå af mølleområdet og evt. en 20 km buffer rundt om det. En buffer på 20 km er valgt for at undersøge udover den størst rapporterede påvirkningsafstand for alle arter af fugle (Cook, Johnston, Wright, & Burton, 2012; Petersen & Fox, 2019; Garthe, Schwemmer, Peschko, & al., 2023) (se afsnit 3.3.4 for påvirkningsafstande). Dette gælder alle faser; baseline, konstruktions- og driftsfase.

6.1.1 Placering af undersøgelserne

Da kortlægningen af rastefugle (fra fly) og kortlægningen af fugletrækket har til formål at kortlægge hhv. alle rastende fugle og hele trækket, er der ikke nogen specifikke krav til placering af flyruter og trækobservationspunkter. I kortlægningen af rastefugle skal hele området dækkes repræsentativt som beskrevet i undersøgelsesmetoden (se afsnit 3.1.1). Ved kortlægning af trækfugle er det svært at udlægge et specifikt netværk af observationssteder, da det kommer an på de specifikke topografiske forhold i undersøgelsesområdet. Det skal dog tilstræbes at kortlægge hele trækket igennem vindmølleparken, samt trækket der passerer igennem en 20 km buffer omkring vindmølleparken.

6.1.2 Krav til metadata og filnavngivning

Metadata er altafgørende for en succesfuld overvågning. Databladet anviser krav til metadata, der skal indsamles ifm. overvågning. Metadata beskriver alt andet end selve de indsamlede rådata fx position, tidspunkt, højde osv. Men metadata er også en del af filnavngivningen, således at rådata altid kan refereres til den position og periode, hvor data blev indsamlet. Filnavngivningen skal være systematisk, således at navnet indeholder stations ID, undersøgelses ID, dato for indsamling, metode mm. Navngivningen skal umiddelbart kunne forstås af andre end de personer, der varetog prøvetagningen/feltarbejdet. Filnavnet skal være unikt per udlægning og må ikke kunne lede til forbytning af data mellem stationer og undersøgelser.

6.2 Vejrdata

Det er vigtigt for analysen af data og evt. efterfølgende anbefalinger omkring driftsreguleringer, at der indsamles vejrdata, der kan relateres til de enkelte registreringer af fugle. Det drejer sig om temperatur, vindstyrke, vindretning og nedbør. Det er også vigtigt, at denne information indsamles efter meteorologiske standarder, dvs. vind over 10 min. i 10 meters højde og temperatur i 2 meter over terræn.

6.3 Eksisterende data

Såfremt mølleområdet ligger i nærheden af et allerede undersøgt vindmølleområde, eller et andet undersøgt område, kan data indsamlet i det givne vindmølleområde anvendes som reference og måske som supplement til baseline, såfremt data kan sammenlignes (se kapitel 3.1.1), dvs. indsamlet med sammenlignelige metoder, både i udstyr, kalibrering og placering af udstyr. Dette gælder alle typer af data, som måtte inddrages. Data kan generelt inddrages i effektovervågningen, såfremt metoderne er sammenlignelige, og det inddragede data er tidssvarende. Hvis man er i et område med en meget stabil forekomst af enkelte arter, kan ældre data anvendes, hvis det kan dokumenteres, at den pågældende stabilitet forekommer.



6.4 Krav til indberetning til relevante myndigheder og offentlige fagdatabaser

I nuværende version er det endnu ikke fastlagt, hvor data skal indrapporteres. Dette vil fremgå i en senere opdatering af databladet.

Som udgangspunkt skal nedenstående indberettes:

- Rådata navngivet som påkrævet (se kapitel 6.1.2).
- Rådata skal være kvalitetssikrede.
- Kalibreringsdokumentation for hver enhed.
- Dokumentation af software og versionsnummer.
- Metadata, der entydigt linker rådata til positioner og perioder, samt aktivitet.
- Kvalitetssikrede data indberettes som udgangspunkt én gang om året.
- Analyse scripts skal opbevares af den virksomhed, der udfører overvågningen til evt. dokumentation.



7. Referencer

- Alerstam, T. (1990). Bird Migration. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- APEM. (2022). Review of evidence to support auk displacement and mortality rates in relation to offshore wind farms.
- Brown, M., Linton, E., & Rees, E. (1992). Causes of mortality among wild swans in Britain. . Wildfowl 43: 70–79.
- BSH. (2013). Standard “Investigation of the Impacts of Offshore Wind Turbines on the Marine Environment (StUK4)”, as of October 2013. <http://www.bsh.de/en/Products/Books/Standard/7003eng.pdf>.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Bogchers, D. L., & Thomas, L. (2001). Introduction to Distance Sampling: estimating abundance of biological populations. . Oxford University Press, Oxford.
- Buckland, S. T., Burt, M. L., Rezstad, E. A., M. M., Williams, A. E., & Woodward, R. (2012). Aerial surveys of seabirds: the advent of digital methods. Journal of Applied Ecology 49:960–967.
- Buckland, S., Burt, M., Rexstad, E., Mellor, M., Williams, A., & Woodward, R. (2012). *Aerial surveys of seabirds: the advent of digital methods*. Journal of Applied Ecology.
- Cook, A., Johnston, A., Wright, L., & Burton, N. (2012). A review of flight heights and avoidance rates of birds in relation to off-shore wind farms. Strategic Ornithological Support Services Project SOSS-02, British Trust for Ornithology, Norfolk. .
- DCE & NIRAS. (2024). *North Sea Energy Island - Technical Report - Birds*. Energinet Eltransmission A/S.
- Desholm, M. (2009). Avian sensitivity to mortality: prioritising migratory bird species for assessment at proposed wind farms. *J Environ Manage.*, 90(8):2672-9.
- Dierschke, V., Furness, R., & Garthe, S. (2016). Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. Biological Conservation 202, 59–68.
- Drewitt, A., & Langston, R. (2008). Collision Effects of Wind-power Generators and Other Obstacles on Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 233–266.
- Energinet. (2025). Changes in the distribution and abundance of common scoter and diver species in the Horns Rev I, II and III offshore windfarm areas, Denmark. *Bird distribution responses to wind farms, Horns Rev*. Energinet Eltransmission A/S, udarbejdet af Aarhus Universitet og NIRAS A/S.
- Energinet.dk. (2015). *Kriegers Flak Offshore Wind Farm. Birds and Bats EIS - Technical Report*.
- Energistyrelsen. (2020). *Tillæg til tilladelse af 22. december 2016 til etablering af elproduktionsanlægget Kriegers Flak samt internt ledningsnet (etableringstilladelse) – VVM-tilladelse i henhold til VE-lovens §§ 25 og 26 og godkendelse af Vattenfalls detailprojekt*. Energistyrelsen.
- Everaert, J., & Stienen, E. (2007). Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). *Biodivers Conserv* 16, 3345–3359.
- Garthe, S., Schwemmer, H., Peschko, V., & al., e. (2023). Large-scale effects of offshore wind farms on seabirds of high conservation concern. *Sci Rep* 13, 4779 <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31601-z>.
- Holm, T., Sterup, J., Nielsen, R., & Petersen, I. (2023). *Fugletrækruter og rastende vandfugle i den danske del af HELCOM-området*. . Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 31 s. - Videnskabelig rapport nr. 552.
- Larsen, J., & Clausen, P. (2002). Potential wind park impacts on whooper swans in winter: the risk of collision. *Waterbirds* 25: 327–330.



- Madders, M., & Whitfield, D. P. (2006). Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. *Ibis* 148: 43-56.
- Marques, A., Batalha, H., & Bernardino, J. (2021). *Bird Displacement by Wind Turbines: Assessing Current Knowledge and Recommendations for Future Studies*. *Birds* 2(4), 460-475.
- Mortensen, M., Liedtke, J., & Tjørnløv, R. (2023). *Energy Island Bornholm. Environmental Baseline Note Crane and Birds of prey avoidance response to Offshore wind farms*. WSP, 65 pp.
- NatureScot. (2024). *Advice on marine renewables development - Birds guidance*. Retrieved from <https://www.nature.scot/professional-advice/planning-and-development/planning-and-development-advice/renewable-energy/marine-renewables/advice-marine-renewables-development>
- Percival, S. (2005). Birds and windfarms: what are the real issues? . *British Birds* 98, 194-204.
- Petersen, I. K., Nielsen, R. D., & Mackenzie, M. L. (2014). Post-construction evaluation of bird abundances and distribution in the Horns Rev 2 offshore windfarm area, 2011 and 2012.
- Petersen, I., & Fox, A. (2007). *Changes in bird habitat utilisation around the Horns Rev 1 offshore wind farm, with particular emphasis on Common Scoter*. National Environmental Research Institute .
- Petersen, I., & Fox, A. (2019). Offshore wind farms and their effects on birds. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift*, 113: 86-101.
- Petersen, I., Christensen, T., Kahlert, J., Desholm, M., & Fox, A. (2006). *Final results of bird studies at the offshore wind farm at Nysted and Horns Rev, Denmark: Report request. Commissioned by DONG Energy and Vattenfall A/S*. National Environmental Research Institute.
- Rydell, J. et al. (2012). *The effect of wind power on birds and bats*. Swedish Environmental Protection Agency.
- Rydell, J., Ottvall, R., Pettersson, S., & Green, M. (2017). *The effects of wind power on birds and bats - an updated synthesis report 2017*. Swedish Environmental Protection Agency.
- Skov, H. (2023). *Bat and Bird monitoring guidance*. Ørsted.
- Skov, H., Heinänen, S., Norman, T., Ward, R., Méndez-Roldán, S., & Ellis, I. (2018). *ORJIP Bird Collision and Avoidance Study. Final report – April 2018*. The Carbon Trust.
- Spoor. (2023). *Spoor AI - Offshore Avian Monitoring by Bouy - Experiences and Future Potential*. Equinor.
- Spoor. (2024). *Spoor - AI Avian Monitoring with CCTV - Experiences and Future Potential*. Equinor.
- Therkildsen, O., Petersen, I., Balsby, T., Nielsen, R., Bladt, J., Heldbjerg, H., . . . Sterup, J. (2024). *Vurdering af den potentielle påvirkning af fugle ved opstilling af Aflandshage Vindmøllepark*. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 130 s. - Teknisk rapport nr.
- Tjørnløv, R., Skov, H., Armitage, M., Barker, M., Jørgensen, J., Mortensen, L., . . . Uhrenholdt, T. (2023). *Resolving Key Uncertainties of Seabird Flight and Avoidance Behaviours at Offshore Wind Farms: Final Report for the study period 2020-2021*. . Report by Danish Hydraulic Institute (DHI). Report for Vattenfall.
- Vanermen, N., & Stienen, E. (2019). Seabirds: displacement. In M. Perrow, *Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions. Volumen 3. Offshore: potential effects*. Pelagic Publishing.
- Welcker, J., & Vilela, R. (2019). Weather-dependence of nocturnal bird migration and cumulative collision risk at offshore wind farms in the German North and Baltic Sea. Technical report Bioconsult SH, Husum.
- Woodward, I., Franks, S., Bowgen, K., Davies, J., Green, R., Griffin, L., . . . Cook, A. (2023). *Strategic study of collision risk for birds on migration and further development of the stochastic collision risk modelling tool Work Package 1: Strategic review of birds on migration in Scottish waters*. . WSP. (2024). *Energy Island Bornholm - Birds*. Energinet.