



Energistyrelsen



Flagermus

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 Energistrelsens hjemmeside.

Produkt: Flagermus - Baggrundsnotat

Udgiver: Energistyrelsen

Billeder og illustrationer: NIRAS A/S

Dato: september 2025

Version: 1.0



1. Indledning	4
2. Metoder og undersøgelser	4
2.1 Passiv akustisk overvågning (PAM)	4
2.1.1 Passiv akustisk overvågning (PAM) fra bøjer	5
2.1.2 Passiv akustisk overvågning (PAM) fra havvindmøller eller andre faste strukturer	6
2.1.3 Passiv akustisk overvågning (PAM) fra både	6
2.1.4 Passiv akustisk overvågning (PAM) fra stationer på land	6
2.1.5 Radiosporing af flagermus	7
3. Statistik	7
3.1 Power analyse	8
4. Størrelse af undersøgelsesområde og referencestationer	9
4.1 Områdets størrelse	9
5. Effektovervågningsprogram	10
5.1 Antal målestationer	10
5.2 Placering af målestationer	10
5.2.1 Anbefaling	11
5.3 Detektorer	11
5.4 Serviceringssinterval	12
5.5 Krav til metadata og filnavngivning	12
5.6 Dataanalyse	13
5.6.1 Vejrdata	13
5.7 Eksisterende data	13
5.8 Krav til indberetning til relevante myndigheder og offentlige fagdatabaser	13
6. Referencer	14



1. Indledning

Dette notat udgør baggrundsnotatet for databladet til effektovervågning af flagermus. I notatet gennemgås de relevante arter samt tilgængelige metoder til effektovervågning. De anbefalede metoder beskrives samt hvorfor disse metoder anbefales. Der findes flere forskellige metoder til overvågning af flagermus, men til havs er det meget begrænset hvad der praktisk er muligt ifm. effektovervågningsprogrammet. Den nationale NOVANA artsovervågning af flagermus foregår kun på land, og der er ikke i Danmark anbefalede metoder til overvågning til havs. Derfor er det undersøgt, hvad der er anvendt herhjemme, og hvad der anbefales i vore nabolande, specielt i det tyske effektovervågningsprogram Stuk4, samt relevant faglitteratur på området. Dette er gjort for at sikre sammenlignelighed med eksisterende og kommende data fra overvågning. Data kan generelt inddrages i effektovervågningen såfremt metoderne er sammenlignelige og såfremt det inddragede data er <5 år gammelt. Det er muligt at inddrage ældre data, men iflg. tidligere klagenævnsafgørelser skal det godtgøres, at tilstanden af bestandene under den tidligere dataindsamling er sammenlignelig med tilstanden under de første års dataindsamling under effektovervågningen (PKN 18/06074 og 21/10121).

Da flagermus højst bevæger sig forbi vindmøller til havs i forbindelse med fødesøgning og træk, og kun undtagelsesvis opholder sig på vindmøllerne, er den eneste væsentlige påvirkning fra havvindmølleparker, at flagermus kan kollideres med vindmøllerne, især vingerne (SEER, 2022). Effektovervågningen er derfor sammensat til at vurdere evt. ændringer i flagermus aktiviteten til havs.

2. Metoder og undersøgelser

Der findes ingen standardiseret metode til at overvåge flagermusforekomst og -aktivitet offshore. I det efterfølgende vil forskellige metoder og undersøgelser til overvågning af flagermus til havs blive gennemgået. Tabel 2.1 viser forløbet for overvågningsprogrammet for flagermus. I tabellen er det angivet at konstruktionsfasen har en varighed på 2 år, men dette kan tage længere eller kortere tid afhængig af projektets størrelse.

Tabel 2.1: Oversigt over faser i udviklingen af en vindmøllepark og tilhørende effektovervågning af flagermus.

År	Opgave	Effektovervågning
1 & 2	Biologisk baseline	Ja
3 – 4	Konstruktionsfase	Ja, så vidt det er muligt
5	Driftsfase år 1	Ja
10	Driftsfase år 5	Ja
15	Driftsfase år 10	Ja
20	Driftsfase år 15	Ja

2.1 Passiv akustisk overvågning (PAM)

Den mest omkostningseffektive og gennemførlige metode bruger passiv akustisk overvågning (PAM). Passiv akustisk monitoring (PAM) af flagermus udnytter at flagermus udsender lyde der kan optages og analyseres. Autonome optagere programmeres og monteres på midlertidige eller permanente strukturer for at optage aktiviteten. Lydfiler gemmes til senere analyse, herunder detektion og artsklassificering af flagermuslyd,



typisk ekkolokaliseringsskald (Seebens-Hoyer, et al., 2021; Elmeros, et al., 2024). Flagermusforekomst og aktivitetsmønstre og -niveauer kan derefter udledes af den registrerede akustiske aktivitet (Elmeros, et al., 2024; WSP, 2024a; WSP, 2024b). Alle flagermusarter, der forekommer i Danmark, udsender lyde i form af ekkolokaliseringsskald og kommunikationslyde. Særligt ekkolokaliseringsskald udsendes hyppigt og kan derfor med fordel anvendes som indeks for tilstedeværelse af en given art. Det er vigtigt at pointere, at PAM metoden ikke giver antal eller tæthed af dyr, men alene data på tilstedeværelse/fravær af specifikke flagermusarter. Disse data kvantificeres per tidsenhed og anvendes som mål for relativ tæthed til statistisk at kunne kvantificere ændringer i forekomst over tid. Metoden kan også anvendes til at fastslå fænologien, til at finde de perioder hvor færrest dyr vil blive påvirket af fx støjende aktiviteter.

Størstedelen af den nuværende viden om flagermusaktivitet offshore i Danmark kommer fra akustisk overvågning (WSP, 2023), men det er vigtigt at understrege, at metoden har begrænsninger (Seebens-Hoyer, et al., 2021; Brinkløv, Smeele, Uebel, Fjederholt, & Elmeros, 2024; Voigt, Russo, Runkel, & Goerlitz, 2021). Højfrekvente lyde dæmpes hurtigt i luften, hvilket betyder, at hver detektor kun overvåger et begrænset volumen omkring dens placering. Omfanget af volumen der dækkes pr. detektor, afhænger af adskillige faktorer, herunder mikrofonsensorens egenskaber og retningsbestemthed, flagermusarten (dvs. artsspecifik intensitet, retningsbestemthed og frekvens af ekkolokaliseringsskaldene), flagermusens orientering i forhold til optageren, atmosfæriske forhold, såsom regn, der periodisk kan påvirke mikrofonens følsomhed, og omgivende støjniveauer (Brinkløv, Smeele, Uebel, Fjederholt, & Elmeros, 2024). Beregnede maksimale afstande for hvor langt væk fra detektoren forskellige arter af flagermus kan høres til havs, er mellem 20 og 100 m (Seebens-Hoyer, et al., 2021; Elmeros, et al., 2024; Voigt, Russo, Runkel, & Goerlitz, 2021). De beskrevne begrænsninger er lige så reelle i områder med høj flagermusforekomst, som i områder med lav flagermusforekomst. For alle afrapporteringer af flagermusregistreringer er det således vigtigt at anføre overvejelser om det potentielle omfang af flagermus, der er overset i overvågningsindsatsen. Desuden kan akustisk overvågning ikke i sig selv kortlægge de enkelte flagermus' migrationsruter, da flagermusenes adfærd ikke registreres. Den akustiske overvågning kan derfor kun anvendes til at redegøre for den relative aktivitet af flagermus i undersøgelsesområdet og skal relateres til udstyrets følsomhed samt evne til at registrere flagermus i forskellige vejrforhold.

2.1.1 Passiv akustisk overvågning (PAM) fra bøjer

Den mest effektive undersøgelsesmetode er på nuværende tidspunkt PAM installeret på fastforankrede bøjer, der er indsat i et gittermønster på tværs af undersøgelsesområdet plus en 20 km bufferzone omkring det konkrete vindmølleparkområde. Bufferzonens størrelse er for at sikre, at alle flagermus der passerer i en afstand hvor de kan komme i kontakt med vindmøllerne, inddrages i undersøgelsen og for at kortlægge om vindmølleparken evt. har en tiltrækningskraft på flagermus. En bufferzone på 20 km er desuden sammenlignelig med det, der har været brugt ved Nordsø I ([ENS.dk](https://ens.dk)) og Energiø Bornholm (WSP, 2024b). Der er ikke nogen specifikke krav til bøjerner, ud over at de skal kunne bære udstyret der bruges og følge anvisningerne fra Søfartsstyrelsen, som ligeledes skal give tilladelse til placeringen af bøjerner og deres udformning. Det er dog vigtigt at teste om udstyret kan fæstnes sikkert til bøjen samt sikre, at udstyret ikke frigøres under dårlige vejrforhold. Derfor kan det anbefales at indarbejde detektorerne i en fastmonteret struktur på bøjen. Ligeledes er det vigtigt at sikre, at der ikke er forstyrrende støj (også ultralyd) samt elektromagnetisme i forbindelse med bøjerner og udstyret.



Ved udlægning af bøjerne er det hensigtsmæssigt, at der er vægt på området mellem kysten og projektområdet for den kommende havvindmøllepark således, at information om flagermusaktiviteten kan relateres til afstanden fra kysten. Især for at se om forekomsten kan beskrive en aftagende tæthed af flagermus i forhold til afstanden til kysten samt hvor langt fra kysten, der er forekomst af flagermus. Når det kædes sammen med meteorologiske informationer, kan forekomsten af flagermus bedre sammenlignes med hvor meget af variationen der kan tilskrives forskelle i de abiotiske faktorer (fysiske og kemiske forhold som lys, temperatur, nedbør og vejrforhold). Det er hensigtsmæssigt at inkludere ekstra stationer i undersøgelsesdesignet for at reducere risikoen for datatab på grund af tekniske problemer eller tab af udstyr til fiskeriaktiviteter eller ekstremt vejr. Ligeledes vil ekstra stationer også medføre en bedre dækningsgrad når den begrænsede detektionsradius tages i betragtning.

Flagermusundersøgelserne kan eventuelt gennemføres i synergi med havpattedyrundersøgelser (Havpattedyr - datablad).

2.1.2 Passiv akustisk overvågning (PAM) fra havvindmøller eller andre faste strukturer

Ud over installation af detektorer på bøjer kan installation af PAM på operationelle havvindmøller, meteorologiske master, platforme eller andre faste strukturer på havet være hensigtsmæssig, hvis strukturerne findes i nærheden af området for den kommende havvindmøllepark. I forhold til placeringen af detektorerne vil det være hensigtsmæssigt, at de placeres i en højde, hvor de opfanger lyde fra flagermus, der flyver tæt på havoverfladen således, at resultaterne er sammenlignelige med resultater fra den øvrige passive akustiske monitoring i forbindelse med havvindmølleprojekter (WSP, 2023; Seebens-Hoyer, et al., 2021). Det kan ligeledes være hensigtsmæssigt samtidigt at have PAM-stationer placeret i højden svarende til de kommende naceller eller alternativt i rotorhøjde (dvs. mellem vingspidens laveste og højeste punkt). Dette vil hjælpe til at klarlægge, om der er forskel i aktiviteten ved hhv. havoverfladen og inden for de højder hvor flagermus er i risiko for at kolliderer med vindmøllerne.

2.1.3 Passiv akustisk overvågning (PAM) fra både

Som supplement til undersøgelserne fra bøjer og/eller faste strukturer kan installation af flagermusdetektorer på fartøjer også anvendes. Det kunne fx være skibe, der sejler rundt i området for at gennemføre geotekniske og geofysiske undersøgelser. Det er dog vigtigt, at undersøgelserne gennemføres med den samme tidsmæssige udstrækning, for at data kan sammenlignes med data fra bøjer og/eller faste strukturer. Information fra bevægelige fartøjer kan give vigtig viden om flagermus brug af havområderne, så længe registreringerne relateres til en geografisk position og et tidspunkt. Flagermusdetektorer på skibe kan fx give vigtig information om eventuelle flagermuspassager ved fartøjer (BSH, 2013), der kan bidrage til at klarlægge, om flagermus tiltrækkes af og benytter fartøjer som flydende øer, de kan søge føde fra (NIRAS, 2024). Ved brug af fartøjer som platform for flagermusregistrering er det vigtigt at have detektorer, der registrerer flagermus til begge sider af skibet, så evt. flagermus der opholder sig i læ af skibet ikke overses (NIRAS, 2024).

2.1.4 Passiv akustisk overvågning (PAM) fra stationer på land

Flagermusbaselineundersøgelser på havet kan også suppleres med referencestationer på land, hvor dette er hensigtsmæssigt. Det vil især være relevant på steder, hvor det forventes, at flagermus trækker ud fra



kysten, og hvor de evt. efterfølgende bevæger sig igennem undersøgelsesområdet. Dette gør sig især gældende i de indre danske farvande.

Det kan også være steder, hvor der ikke er kendskab til artssammensætningen og aktiviteten af flagermus på de nærliggende kyster. Her kan en kortlægning af flagermusaktivitet over land bruges som reference til offshore-aktiviteten. Årstidsvariationer i aktiviteten og artssammensætningen af flagermus kan give vigtige informationer om evt. migrationsaktivitet, som kan sættes i relation til aktiviteten på havet.

2.1.5 Radiosporing af flagermus

Som en del af baselineundersøgelingsprogrammet for flagermus anbefales det at anvende radiosporing af flagermus. Metoderne er under kraftig udvikling og forventes snart at kunne anvendes til overvågning af selv mindre flagermusarter. Metoderne er især brugbare, hvor der er forventning om trækruter gennem undersøgelsesområdet. For de fleste trækkende arter, der forekommer i Danmark, kan radiosporingsmodtagere under Motus wildlife tracking system (www.motus.org) bruges, men for større arter er der også radiosporingsudstyr, der benytter mobiltelefonnetværket eller lignende (Roeleke, Blohm, Kramer-Schadt, Yovel, & Voigt, 2016). Det er også sandsynligt at GPS-sendere og sendere, der benytter mobilnettet eller lign., snart er lette nok (i gram) til at blive monteret på de relevante flagermus, både store og mindre arter (især troldflagermus (*Pipistrellus nathusius*)) (Seebens-Hoyer, et al., 2021; WSP, 2023). Derfor bør disse muligheder undersøges i fremtidige projekter.

Det er i den forbindelse vigtigt at følge anvisninger fra producenterne for brug af udstyret og de seneste anbefalinger til, hvor stor en vægt de enkelte arter kan bære, uden det går ud over deres overlevelse (Eurobat, 2010; Meierhofer, et al., 2024). Det er også vigtigt at være opmærksom på, at det i de fleste tilfælde kræver, at der sikres et tilstrækkeligt fintmasket netværk af modtagerstationer. Det vil sige, at der formodentlig skal være mindre end 10 km mellem stationerne, som på nuværende tidspunkt er den maksimale detektionsafstand (www.motus.org). Ligeledes er det vigtigt at indfange og montere radiosporingsudstyr på flagermus på steder, hvor det forventes at de vil passere modtagestationerne inden for sendeudstyrets levetid. Da detektorerne ofte kun har en levetid på en måned, skal det koordineres med træktiden i maj og september måned (Elmeros, et al., 2024). For at informationen om trækruter giver mening at anvende i overvågningen, skal modtagestationsnetværket være godt nok til at kunne tilvejebringe informationer om, hvorvidt flagermus bevæger sig gennem undersøgelsesområdet eller ej, samt hvilken rute de benytter.

3. Statistik

Formålet med nærværende effektovervågning er at undersøge eventuelle ændringer i miljøtilstanden, der forekommer i forbindelse med konstruktionen af havvindmølleparker. Det skal forstås som værende variationer, der strækker sig ud over den naturlige variation, da variationer forbundet med konstruktionen af havvindmølleparker kan tilskrives menneskelig påvirkning.

De foreslåede undersøgelser er formet efter principperne ved et BACI (Before-After-Control-Impact) studiedesign, som er en kendt metode til at identificere menneskeskabte ændringer og effekter ved anlægsprojekter (Conner et al., 2016). I dette design sammenlignes resultaterne før og efter havvindmølleparken er etableret i både reference- (Control) og påvirkningsområdet (Impact). Formålet er at belyse potentielt signifikante interaktionseffekter, der indikerer, at ændringerne i den undersøgte miljøfaktor



ligger uden for hvad, der kan tilskrives den naturlige variation. Der er behov for yderligere undersøgelser i årene efter anlægsarbejdet er afsluttet, så det ved statistisk analyse kan vurderes, hvorvidt der er forskel mellem baseline og konstruktionsfasen, samt fx 1., 5., 10. og 15 år efter konstruktionen. Det kan evt. være hensigtsmæssigt at forlænge denne periode, hvis der stadig er uafklarede spørgsmål om forekomsten af flagermus i relation til vindmølleparken.

Undersøgelser i naturlige systemer (in vivo) resulterer ofte i en datavarians, som ligger uden for den normalfordeling, der er påkrævet af mange statistiske tests. Derfor anbefales non-parametriske tests såsom Generalized Linear Mixed-Modelling (GLMM). GLMM er en alsidig og fleksibel modelleringsform, der tillader analyse af responsvariabler med non-parametrisk fordeling og inklusion af random-effekter for at håndtere uønskede korrelationer. Ved brug af mere avancerede modeller (fx GAM eller Bayesian) er det essentielt at benytte den samme metode til hele analysen. I den foreliggende analyse anbefales det at inkludere Logger-ID som en random-effekt for at minimere uønsket rumlig korrelation mellem stationer samt effekt af evt. forskel i følsomhed mellem enheder til trods for kalibrering. Analysen skal opbygges efter principperne bag 'Repeated measures' principperne, som er en metode til at sammenligne gennemsnit i den undersøgte variabel på tværs af flere tidspunkter for de undersøgte områder. Denne metode 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 3.1. Efter GLMM-analysen skal der, i tilfælde af signifikante interaktionseffekter, gennemføres non-parametriske post-hoc tests såsom *Wilcoxon Signed-Rank Test*, der kan belyse, hvorledes de identificerede forskelle træder i kraft (Krzywinski and Altman, 2014). Alle statistiske tests skal benytte p-værdi <0.05 , som værende grænseværdien for signifikante resultater.

Tabel 3.1 Eksempel på hvorledes modellen til analyse af detektionspositive minutter 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	Relevante random-effekter
Detektionspositive minutter (DPM)	Område + Tid + Område : Tid	Logger-ID

3.1 Power analyse

Pålidelige effektvurderingsundersøgelser kræver robuste statistiske analyser, som bygger på et datagrundlag, der er tilstrækkelig stort til at producere pålidelige statistiske resultater (Cohen, 1988). Dataindsamling er ofte dyrt i både tid og økonomi, og derfor benyttes power analyse til at estimere en minimumsprøvestørrelse, der kan producere en ønsket statistisk pålidelighed, og som derved gør det muligt, at planlægge et kost-effektivt undersøgelsesdesign. Effektvurderingsundersøgelser skal som udgangspunkt foretages på data fra området, som erhverves inden analysen udføres, og bruges som dokumentation for valget af antal stationer i effektovervågningen, hvis det afviger fra anbefalingerne i dette dokument (afsnit 5). I en statistisk power-analyse refererer "power" til sandsynligheden for korrekt at afvise en nulhypotese, når den er falsk. Med andre ord er det evnen til at opdage en effekt, hvis der faktisk er en. Typisk udtrykkes power som en værdi mellem 0 og 1, hvor en værdi på 0,8 (eller 80%) ofte betragtes som acceptabelt; hvor værdier tættere på 1 indikerer større statistisk pålidelighed (Cohen, 1988).



Power analysen inkluderer også et mål for effektstørrelse, som indikerer hvor stor eller væsentlig en forskel der ledes efter i analysen. Denne værdi henviser ikke til hvor høje værdierne der måles er, men om den statistiske analyse skal kunne opfange store eller meget små forskelle mellem de undersøgte grupper. Effektstørrelsen er ofte estimeret ud fra pilotforsøg (Cohen, 1988), men da der ikke foreligger tidligere lignende undersøgelser, der kan siges at dække alle danske farvande, er nærliggende power analyse baseret på standardværdier for 'ANOVA *Repeated Measures*' analyser: 0,1 (lille forskel), 0,25 (mellem forskel) og 0,4 (stor forskel). Disse værdier er ikke fikserede, og kan justeres til at opnå fx en lille-mellem effektstørrelse.

Til analysen af tilstedeværelsen af flagermus i forbindelse med anlægsprojekter overvåget med PAM bruges følgende power analyse for at definere den minimale prøvestørrelse, som er påkrævet for at undersøge populationsstørrelser, der varierer meget. Antal påkrævede PAM stationer i de forskellige danske havområder for at opnå en passende power i analysen af effekter er angivet i Tabel 3.2. Ved inklusion af fem målestationer per område og en stor effektstørrelse (0,4) vil den fremlagte indsamlingsprotokol resultere i en statistisk power på 0,86. For at undgå tab af data pga. svigt i udstyr og evt. tab af data gennem tab af bølger og lign. fordobles dette antal af målestationer. I de tilfælde hvor tabet af bølger (målestationer) mv. er minimalt, og der derved er flere end 5 succesfulde bølger pr. områder, kan undersøgelsen justeres til enten at opnå en højere power, eller reducere effektstørrelsen, så der derved med statistisk sikkerhed kan undersøges mindre forskelle i den undersøgte variabel.

Tabel 3.2. Antal påkrævede PAM stationer i de forskellige danske havområder, for at opnå en passende power i analysen af effekter.

Område	Mølleområde	Referenceområde
Nordsøen	10	10
Indre Danske Farvande og Østersøen	10	10

4. Størrelse af undersøgelsesområde og referencestationer

4.1 Områdets størrelse

Undersøgelsesområdet skal bestå af mølleområdet samt en 20 km bufferzone. Bufferzonens størrelse er for at sikre at alle flagermus, der passerer i en afstand, hvor de kan komme i kontakt med vindmøllerne, registreres, og for at kortlægge om vindmølleparken evt. har en tiltrækningskraft på flagermus. En bufferzone på 20 km vil kunne indeholde PAM-stationer til at kortlægge dette, og er lig det, der har været brugt ved Nordsøen I ([ENS.dk](https://ens.dk)) og Energiø Bornholm (WSP, 2024b). Dette gælder alle faser; baseline, konstruktions- og driftsfase. Herudover skal der findes et referenceområde, som kan antages at være upåvirket i alle faser således, at der kan skaffes data til en BACI-design tilgang til effektovervågningen. Referencestationerne skal placeres i et område, der svarer til mølleområdet, men skal ligge i så stor afstand, at data ikke påvirkes af projektaktiviteterne i konstruktions- og driftsfasen. Når referenceområdet skal defineres, er det nødvendigt at indtænke kumulative effekter fra evt. andre støjende eller lysforurenende projekter, eller projekter hvor der er risiko for kollisioner. Projekter med kumulative effekter må derfor kortlægges inden referenceområdet udpeges. Det vil dog i mange tilfælde ikke være muligt at udlægge et referenceområde, især i de indre danske farvande hvor flagermusaktiviteterne varierer så meget geografisk, at det ikke er muligt at finde et tilstrækkeligt stort område med tilsvarende flagermusaktivitet, og som ikke er påvirket af projektet. Derved vil



referenceområdet ikke være uafhængigt, og i de tilfælde må effektovervågningen foretages uden et referenceområde. I stedet må der tages højde for det i analyserne og vurderingerne af effekten.

5. Effektovervågningsprogram

Effektovervågningsprogrammet foretages i alle faser som passiv akustisk monitoring fra detektorer på bøger udlagt i et stratificeret grid som beskrevet i afsnit 5.2 (se også Tabel 5.1). Dette kan suppleres af PAM-stationer på fartøjer, som sejler i undersøgelsesområdet og PAM-stationer udlagt på land til at kortlægge aktiviteten og fænologien. Bøjestationer eller fartøjer inden for undersøgelsesområdet, kan erstattes af PAM-stationer på faste strukturer. Metoder og udstyr beskrives i det følgende.

Tabel 5.1: Foreslået overvågningsprogram for flagermus i havvindmølleparkens forskellige faser

Metode	Baseline	Konstruktion	Drift
Passiv akustisk monitoring	Kontinuerligt i min. april til og med oktober på 10 stationer i hhv. undersøgelsesområde og referenceområde i to år.	Kontinuerligt i min. april til og med oktober på 10 stationer i hhv. undersøgelsesområde og referenceområde i hele fasen hvis muligt.	Kontinuerligt i min. april til og med oktober på 10 stationer i hhv. undersøgelsesområde og referenceområde i 1., 5., 10. og 15. år efter konstruktion.

5.1 Antal målestationer

Antallet af målestationer påkrævet i et område afhænger af, hvor meget der vides om områdets tæthed af flagermus, variation i data, ændringer over tid, udsving mellem år, mm. Derudover skal der tages højde for, at der er behov for høj redundans. Data kan fx gå tabt, hvis der er fejl på udstyr, pga. brugerfejl eller hvis bøger med detektorer trawles op eller rives løs i storme. Der skal derfor være flere målestationer, end der reelt er behov for ift. statistiske analyser. Generelt gælder det, at jo højere tætheden er af flagermus, des færre stationer er der brug for. Der er foreslået min. 10 stationer i henholdsvis vindmølleområdet og referenceområdet (se kapitel 3.1) under antagelse af, at et havvindmølleområde ikke overstiger 500 km².

5.2 Placering af målestationer

For at kunne prøvetage repræsentativt i et område og være sikker på, at resultaterne reflekterer den faktiske aktivitet af flagermus, er det afgørende at sikre, at PAM-stationerne placeres repræsentativt i forhold til miljøet i området. Ellers kan data under- eller over samples i et givent område. For flagermus ventes der en jævn fordeling over havet, men afstanden til kysten vil have en effekt på fordelingen, og derfor skal der udlægges udstyr mellem vindmølleområdet og ind mod kysten for at kortlægge dette forhold. Hvis det er muligt, skal stationerne placeres mellem de kommende positioner for møllefundamenter således, at de præcis samme stationer kan bevares fra baseline til driftsfase.

Målestationer kan placeres ud fra forskellige tilgange for at sample miljøet repræsentativt:

- Tilfældig placering
- Grid baseret (*point transect sampling*)
- Stratificeret vægtet tilfældig placering (*random stratified*)



Tilfældig placering: Ved tilfældig placering er det en algoritme, der udvælger de faktiske positioner i området. Denne tilgang sikrer **ikke**, at alle afstande til kysten eller teoretiske trækruter repræsenteres ligeligt og man risikerer en klumpet fordeling af stationer. Metoden anbefales ikke som første valg.

Grid baseret placering: I den grid baserede tilgang, på engelsk kaldet *point transect sampling* (Buckland et al., 2001), lægges der et net/grid af transektlinjer ned over det område, der skal overvåges, og stationerne placeres på skæringspunkterne. Metoden er baseret på Distance Sampling teorien (Buckland et al., 2001)) og tilsigter, at miljøet overvåges objektivt således, at data repræsenterer hele det overvågede område. Essensen er således, at de linjer der udgør grid'et placeres tilfældigt i forhold til miljøforhold, fx afstand til kysten hvilket sikrer, at de indsamlede data bliver repræsentative i forhold til miljøet. Grid'ets størrelse tilpasses størrelsen på det område, der skal overvåges.

Enten kan grid'et udformes, så alle skæringspunkter anvendes, eller også kan et antal skæringspunkter udvælges tilfældigt via en algoritme. Det afgørende er, at der ikke *udvælges* positioner med specifikke miljøparametre.

Stratificeret vægtet tilfældig placering: I den tilfældigt stratificerede tilgang placeres alle målestationer i forhold til kendt viden om miljøet. Til havs drejer det sig primært om trawllaktivitet (risiko for tab af bøjer), afstand til kyst og teoretiske trækkorridorer. Data på tæthed af flagermus' byttedyr er selvfølgelig langt mere relevant, men findes ikke på en brugbar skala til dette formål. Ud fra et kort med kendte miljøforhold, udvælges målestationer med et antal for hver miljøtype der er vægtet i forhold til hvor dominerende hver type er. Selve positionen for hver målestation udvælges herefter tilfældigt baseret på et grid som beskrevet ovenfor. Dette kan gøres i GIS.

5.2.1 Anbefaling

Alle ovenstående metoder kan anvendes, men den anbefalede metode til placering af PAM stationer er med en stratificeret vægtet tilfældig placering af PAM stationer. De andre metoder kan anvendes, hvis der ikke vides noget om miljøforhold, eller hvis det af forskellige årsager ikke er muligt at placere i forhold til miljøet. Det kan for eksempel dreje sig om et område med meget lav vanddybde, hvor det er nødvendigt at vælge de dybeste områder af hensyn til arbejdsskibet. I sådanne situationer er det vigtigt at beskrive denne begrænsning i data klart og tydeligt, når resultaterne præsenteres.

5.3 Detektorer

Detektorer brugt til passiv akustisk monitoring programmeres til fx at optage fra solnedgang til solopgang, over længere perioder der som minimum dækker fra og med april til og med oktober (WSP, 2023; Elmeros, et al., 2024). De vigtigste perioder er forårstrækket i april og maj, fødesøgning i sensommeren i august og september, samt efterårstrækket i september og oktober (Seebens-Hoyer, et al., 2021; WSP, 2023; Elmeros, et al., 2024; WSP, 2024a). Det er dog stadig vigtigt at afdække fødesøgningen i resten af sommeren. Herved genereres vigtige oplysninger om flagermusenes aktivitetsmønstre, ikke kun for de enkelte nætter, men også i løbet af et længere tidsforløb. Dette gør det muligt at få et rumligt billede af flagermusenes brug af et område natten/sæsonen igennem ved at bruge det anbefalede antal automatiske detektorer samtidigt. De



automatiske detektorer indsamler typisk meget store mængder data, som kan danne grundlag for en velfunderet analyse af forskellige problemstillinger. Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at antallet af registrerede flagermuspassager på den enkelte stationære detektor ikke kan bruges til at estimere antallet af individer for hver art, men alene er et udtryk for tilstedeværelsen af arten på den pågældende, typisk få sekunder lange lydoptagelse. Metoden har også sine begrænsninger, herunder særligt i form af den begrænsede viden om flagermusenes adfærd som den frembringer. Man kan ganske vist udlede lidt om fx jagtadfærd og fourageringsaktiviteten ("buzzes") og social adfærd (sociale lyde), men i mange tilfælde vil det være umuligt at vurdere, hvad flagermusen foretog sig på optagelsestidspunktet.

Automatiske stationære detektorer skal kunne samle højhastigheds- og fuldspektrumoptagelser af høj kvalitet for at muliggøre artsbestemmelse (Elmeros, et al., 2024). Også her er det vigtigt kun at bruge detektorer af meget høj kvalitet med en god mikrofon. Detektorernes mikrofoner skal have en dokumenteret høj og stabil følsomhed i hele frekvensspektret for de arter af flagermus, der forekommer i Danmark (10-180 kHz) for at kunne bestemme de sjældne arter. Flagermuslydene skal altid optages med en sampling rate på min. 256 kHz. Det er endvidere vigtigt, at mikrofonen er vandtæt, så den kan modstå de barske forhold på havet. Flagermusdetektorerne skal inden udlægning kalibreres efter producentens anvisninger. Alle detektorer placeres således, at deres mikrofon sidder min. 2 m over havoverfladen, da dette gør data sammenlignelige med anden data indsamlet fra bøjer. En anden højde kan også bruges, men det er i alle tilfælde vigtigt at angive og tage hensyn til højden i analysen. Dette gøres ved at vurdere, om detektorerne optager flagermus der bevæger sig i samme højder over havet.

5.4 Serviceringsinterval

Detektorer skal serviceres med jævne intervaller i overensstemmelse med, hvor længe detektorerne kan optage og lagre data. Det er et spørgsmål om batterilevetid, og hvornår hukommelsen er fyldt op, hvilket afhænger af detektortypen og -indstillinger. Endvidere skal der tages hensyn til, at dataloggere kan have fejl, blive trawlet op mm således, at data mistes. Et serviceringsinterval på 1-2 måneder (afhængig af detektortype) er en god balance mellem sikring af data og økonomi. Serviceringsintervallet kan optimeres ved at sætte satellitsendere på bøjen, så der sendes en advarsel, hvis bøjen bevæger sig væk fra positionen, hvorefter den kan genfindes. Det kan så vurderes om servicerings skal udskydes baseret på, hvor mange loggere der er revet løs. Serviceringsintervallet kan også justeres på baggrund af erfaringer fra området i tidligere studier eller undervejs i overvågningen.

5.5 Krav til metadata og filnavngivning

Metadata er altafgørende for succesfuld overvågning. Appendiks 1 i databladet anviser krav til metadata, der skal indsamles ifm. PAM overvågning. Metadata beskriver alt omkring en udlægning, dvs. alt andet end selve de indsamlede rådata: Position, tidspunkt, højde over havet 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, detektor ID, dato for optagelse, samt serviceringsrunde, fx A, B, C osv. 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.



5.6 Dataanalyse

Dataanalysen foretages af erfarne flagermuseksperter efter gængse metoder beskrevet i den tekniske anvisning til overvågning af flagermus (Søgaard, Elmeros, & Baagøe, 2018). Der bestemmes til art eller i det mindste til svært adskilleligt artskompleks. Sortering af store datamængder kan evt. foretages med automatiske genkendelsesprogrammer (fx SonoChiro eller Kaleidoscope), men databestemmelsen skal verificeres og verificeringen dokumenteres gennem angivelse af andelen af korrekte bestemmelser og oversete flagermusregistreringer.

5.6.1 Vejrdata

Der skal indsamles standardiserede data på vejrforhold, som kan relateres til de enkelte registreringer af flagermus. Dette er vigtigt for analysen af data og evt. efterfølgende anbefalinger omkring driftsreguleringer. Det drejer sig om temperatur, vindstyrke, vindretning og nedbør. Denne information indsamles efter meteorologiske standarder dvs. vind over 10 min. i 10 meters højde og temperatur i 2 meter over terræn.

5.7 Eksisterende data

Såfremt mølleområdet ligger i nærheden af et allerede undersøgt vindmølleområde, eller andet studeret område, kan den eksisterende data anvendes som reference og måske som supplement til baseline. I så fald kræver det, at data kan sammenlignes (se kapitel 2), dvs. at eksisterende data er indsamlet med sammenlignelige metoder, både i udstyr, kalibrering og placering af dataloggere. Dette gælder alle typer af data som måtte inddrages. Derudover skal data der sammenlignes være <5 år gammelt.

5.8 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 sammen med publiceringen af resultaterne:

- Rådata navngivet unikt som påkrævet (se kapitel 5.5).
- Rådata skal være kvalitetssikret.
- Kalibreringsdokumentation for hver enhed.
- Dokumentation af software og versionsnummer.
- Metadata (se bilag 1) der entydigt linker rådata til positioner og perioder.
- Kvalitetssikret data indberettes som udgangspunkt én gang om året.
- Analyse scripts skal publiceres og opbevares af den virksomhed der udfører overvågningen til evt. dokumentation.



6. Referencer

- Brinkløv, S., Smeele, S., Uebel, S., Fjederholt, E., & Elmeros, M. (2024). Bats surveys - pre-investigations for offshore wind farms in the area North Sea I. Energinet Eltransmission A/S, NIRAS A/S og arhus Universitet .
- 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 Universi-ty Press, Oxford.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Conner, M., Saunders, C., Bouwes, N., & Jordan, C. (2016). Evaluating impacts using a BACI design, ratios, and a Bayesian approach with a focus on restoration. Environmental Monitoring and Assessment. 188. *Environmental Monitoring and Assessment*. 188.
- Elmeros, M., Fjederholt, E., Møller, J., Baagøe, H., Bladt, J., & Kjær, C. (2024). *Opdatering af: Håndbog om dyrearter på Habitaddirektivets Bilag IV. Del 2 – Odder og flagermus*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 185 s. - Videnskabelig rapport nr. 603.
- Eurobat. (2010). *Guidelines for Surveillance and Monitoring of European Bats*.
- Krzywinski, M., & Altman, N. (2014.). Nonparametric tests. . *Nature methods*. 11:467-468.
- Meierhofer, et al. . (2024). Re-weighting the 5% tagging recommendation: assessing the potential impacts of tags on the behaviour and body condition of bats. *Mammal review* .
- NIRAS. (2024). *Thor Havvindmøllepark, Miljøkonsekvensrapport*. Thor Wind Farm I/S.
- Roeleke, M., Blohm, T., Kramer-Schadt, S., Yovel, Y., & Voigt, C. (2016). Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Scientific reports*.
- Seebens-Hoyer, A., Bach, L., Bach, P., Pommeranz, H., Götsche, M., Voigt, C., . . . Matthes, H. (2021). Fledermausmigration über der Nord- und ostsee. Bundesamt für Naturschutz .
- SEER. (2022). bat and bird interactions with offshore wind farms. https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/summaries/SEER-Educational-Research-Brief-Bat-Bird-Interactions_revised.pdf. U.S. offshore wind synthesis of environmental effect reasearch.
- Søgaard, B., Elmeros, M., & Baagøe, H. (2018). *Tekninsk anvisning til ekstensiv overvågning - Overvågning af flagermus Chirotera sp.* . DCE, Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet.
- Voigt, C., Russo, D., Runkel, V., & Goerlitz, H. (2021). Limitations of acoustic monitoring at wind turbines to evaluate fatal-ity risk of bats. . *Mammal Review* 51, 559-570. <https://doi.org/10.1111/mam.12248>.
- WSP. (2023). Flagermus og havvind. Udarbejdet for Energistyrelsen.
- WSP. (2024a). *Flagermus ved Kriegers Flak Havvindmøllepark 2022 og 2023*. Energistyrelsen.
- WSP. (2024b). *Energy Island Bornholm - Technical report - Bats*. Energinet.