

Pilotanlegg tidevannskraft Kvalsundet

Statusbeskrivelse og mulige konsekvenser
for naturmiljøet

Geir Helge Systad
Øyvind Aas-Hansen
Jan Ove Bustnes
Pål Arne Bjørn



 Fiskeriforskning

 **NINA**
Norsk institutt for naturforskning



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Pilotanlegg tidevannskraft Kvalsundet

Statusbeskrivelse og mulige konsekvenser
for naturmiljøet

Geir Helge Systad
Øyvind Aas-Hansen
Jan Ove Bustnes
Pål Arne Bjørn

Geir Helge Systad, Øyvind Aas-Hansen, Jan Ove Bustnes & Pål Arne Bjørn 2005. Pilotanlegg tidevannskraft Kvalsundet – Statusbeskrivelse og mulige konsekvenser for naturmiljøet - NINA Rapport 112. 29 pp.

Tromsø, januar, 2006

ISSN: 1504-3312

ISBN: 82-426-1660-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Geir Helge Systad

KVALITETSSIKRET AV

Sidsel Grønvik

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Sidsel Grønvik (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Statkraft Energi AS

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Tormod Schei

FORSIDEBILDE

Ærfuglflokk på grunt vann Foto: Geir Helge Systad ©

NØKKELOORD

Norge, Troms, Tromsø, Kvalsundet, tidevann, tidevannsstrøm, turbin, Statkraft, ærfugl, praktærfugl, havelle, storskarv, teist, alke, siland, steinkobbe, nise, torsk, steinbit, støy, kollisjon, fritidsdykking, havdykkender, sjøfugl, fiskeressurser, miljøstatus, konsekvensutredning

KEY WORDS

Norway, Troms, Tromsø, Kvalsundet, tide, tidal current, turbine, Statkraft, common eider, king eider, long-tailed duck, cormorant, common guillemot, auk, merganser, harbour seal, harbour porpoise, cod, wolf-fish, noise, collision, scuba diving, marine sea ducks, seabirds, fish resources, environmental status, environmental impact assessment

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA Trondheim

NO-7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Postboks 736 Sentrum
NO-0105 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 33 11 01

NINA Tromsø

Polarmiljøsentret
NO-9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkelgården
NO-2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

<http://www.nina.no>

Sammendrag

Geir Helge Systad, Øyvind Aas-Hansen, Jan Ove Bustnes & Pål Arne Bjørn 2005. Pilotanlegg tidevannskraft Kvalsundet – Statusbeskrivelse og mulige konsekvenser for naturmiljøet - NINA Rapport 112. 29 pp.

NINA i Tromsø og Fiskeriforskning har utført en forundersøkelse av mulige miljøkonsekvenser i Kvalsundet for Statkraft Energi AS i forbindelse med planlagt pilotversjon av en ny type tidevannskraftverk. Arbeidet er også en beskrivelse av miljøsituasjonen før tiltaket igangsettes, med betydning for eventuelle etterundersøkelser.

Følgende temaer behandles i rapporten:

Fuglelivets bruk av området: Kvalsundet er et viktig område for overvintrende sjøfugl, og spesielt . Mulige effekter på sjøfugl omfatter beslaglegging av habitat (havdykkender) og risiko for kollisjoner med turbinbladene (flere arter og grupper sjøfugl). Anlegget kan også virke tiltrekkende som sitteplass for storskarv.

Fiskeressurser og forholdet til kommersielt fiske: Tiltaket har trolig ingen effekt på kommersielt fiske. Effekter på fiskeressursene kan omfatte kollisjonsrisiko, tiltrekning eller skremmeeffekt på grunn av lyd (støy). Tiltrekningseffekten omfatter både tiltrekning pga. lyd, men også tiltaket som skjulested og levemiljø. For temaet støy er det utført en litteraturgjennomgang i forhold til mulige effekter.

Informasjon om bunnflora/-fauna: Effekter på dette temaet regnes som minimale, men kan omfatte endrede strøm- og turbulensforhold. Tiltaket kan hindre predasjon av organismene på bunnen.

Mulige forekomster, eventuelle trekk av sjøpattedyr: Nise og steinkobbe er de mest aktuelle artene. Mulige effekter omfatter påvirkning av støy og kollisjonsrisiko.

Landpattedyr som muligens utnytter området rundt tidevannsmøllen (særlig gjelder dette oter): Effektene på oter tilsvarer de for sjøpattedyr. Effekten på andre arter regnes som ubetydelige.

Friluftaktiviteter: Området brukes aktivt av fritidsfiskere og fritidsdykkere. Tiltaket begrenser aktiviteten til fritidsdykkerne. Fritidsfiskere fra land berøres ikke av tiltaket, men det begrenser fritidsfiske fra båt noe.

Geir Helge Systad, NINA,
epost: geir.systad@nina.no, tlf.: 77 75 04 17

Øyvind Aas-Hansen, Fiskeriforskning,
epost: oyvind.aas-hansen@fiskeriforskning.no, tlf.: 77 62 92 02

Jan Ove Bustnes, NINA,
epost: jan.bustnes@nina.no, tlf.: 77 75 04 07

Pål Arne Bjørn Fiskeriforskning,
epost: paal-arne.bjorn@fiskeriforskning.no, tlf.: 77 62 92 21

Abstract

Geir Helge Systad, Øyvind Aas-Hansen, Jan Ove Bustnes & Pål Arne Bjørn 2005. Pilot installation of tidal current turbine in Kvalsundet, Tromsø county, Norway – Status and possible consequences for the environment - NINA Report 112. 29 pp.

Norwegian Institute, dep. of Arctic ecology, and Fiskeriforskning have done a exploratory survey on possible environmental consequences in Kvalsundet, Tromsø County, Norway for Statkraft Energi AS prior to a planned pilot of a new type of tidal current turbine. The work is also a description on the environmental status for the area before the installation is placed out, of importance to eventual afterstudies of effects to the system.

The following themes are treated in the report:

The birdlife's use of the area: Kvalsundet is an important area for wintering seabirds. Possible effects for the seabirds involve seizure of habitat (marine sea ducks) and risk of collision with the turbine blades (several species and groups of seabirds). In addition, the installation also can attract roosting cormorants.

Fish resources in relation to commercial fisheries: The installation will presumably not have any effects on commercial fisheries. Effects on fish resources may include collision risk, attraction or scaring effects because of noise. The attraction effect includes both attraction because of sound waves, and the effect of the installation as a hide and living environment. For the theme noise, it has been conducted a literature study.

Information on the benthic fauna: Effects on this theme is considered to be minimal, but can include changed current and turbulence conditions. The installation may prevent predation of benthic organisms.

Possible occurrences and movements of sea mammals: Harbour porpoise and harbour seal are considered to be the species in question. Possible effects includes noise disturbance and collision risk.

Terrestrial mammals which may use the area around the installation (especially otters): Effects on European otters is parallel to the sea mammals. Effects on other species are considered to be trivial.

Effects on outdoor life: The area is used actively for leisure fisheries and scuba diving. The installation is going to restrict the activity of the scuba divers. Fishing from land will not be affected by the installation, but fishing from boat might become restricted to some degree.

Geir Helge Systad, NINA,
epost: geir.systad@nina.no, tlf.: +47 77750417

Øyvind Aas-Hansen, Fiskeriforskning,
epost: oyvind.aas-hansen@fiskeriforskning.no, tlf.: +47 77 62 92 02

Jan Ove Bustnes, NINA,
epost: jan.bustnes@nina.no, tlf.: +47 77750407

Pål Arne Bjørn Fiskeriforskning,
epost: paal-arne.bjorn@fiskeriforskning.no, tlf.: +47 77 62 92 21

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Metoder	9
2.1 Fugl	9
2.2 Sjøpattedyr, oter og mink	9
2.3 Fiskeressurser	9
2.4 Støy.....	9
2.5 Strøm	9
2.6 Bunnflora/-fauna	11
2.7 Nærings- og fritidsfiske.....	11
2.8 Fritidsdykking.....	11
3 Resultater	14
3.1 Forekomster av fugl.....	14
3.2 Forekomster av sjøpattedyr, oter og mink.....	15
3.3 Bunnflora/-fauna	16
3.4 Forekomster og vandringer av fisk.....	16
3.5 Tilgjengelig kunnskap om effekter på fisk og sjøpattedyr	16
3.6 Tiltrekningseffekter for fisk.....	20
3.7 Nærings- og fritidsfiske i området.....	21
3.8 Fritidsdykking i området.....	21
4 Diskusjon	23
4.1 Datagrunnlaget	23
4.2 Mulige konsekvenser som følge av tiltaket	24
4.2.1 Effekter på fugl.....	24
4.2.2 Effekter på sjøpattedyr og oter	25
4.2.3 Effekter på bunnfauna og -flora	25
4.2.4 Fiskeressurser og effekter av lyd på fisk og sjøpattedyr	25
4.2.5 Kunstige rev effekter.....	26
4.2.6 Effekter på yrkesfiske	26
4.2.7 Effekter på fritidsfiske	26
4.2.8 Effekter på fritidsdykking.....	26
5 Referanser	27
5.1 Personlige meddelser	27
5.2 Litteratur.....	27

Forord

NINA i Tromsø og Fiskeriforskning Tromsø har i forbindelse med planlagt pilotversjon av en ny type tidevannskraftverk i Kvalsundet (Tromsø kommune), utført en statusbeskrivelse og en forundersøkelse av mulige miljøkonsekvenser i området for Statkraft Energi AS.

Geir Helge Systad og Jan Ove Bustnes er ansvarlige for rapporten fra NINA's side. Øyvind Aas-Hansen og Pål Arne Bjørn ved Fiskeriforskning er ansvarlig for fiskeribiologiske temaer og effekter av støy. Vi håper kunnskapen har interesse utover det spesifikke pilotprosjektet.

Vi vil med dette takke for godt samarbeid med oppdragsgiver ved Tormod Schei, Statkraft Energi AS.

Takk også til Petter Kvadsheim (Forsvarets Forskningsinstitutt), Roar Jørgensen (Norges Fiskerihøgskole), Frank Knutsen (SIMRAD), Kjell Midling (Fiskeriforskning) og Børge Damsgård (Fiskeriforskning) for innspill vedrørende mulige effekter av lyd/støy, samt Ole Jørgen Lønne (Havforskningsinstituttet) og Torstein Pedersen (Norges Fiskerihøgskole) for innspill vedrørende fiskeforekomster i Kvalsundet. Takk også til Harald Johansen (Hammerfest Strøm AS) og Svein Henriksen (Hydra Tidal Energy Technology AS) for informasjon angående tekniske løsninger.

Tromsø 10. januar 2006

Jan Ove Bustnes

Prosjektleder

1 Innledning

I forbindelse med planlagt pilotversjon av en ny type tidevannskraftverk i Kvalsundet (Tromsø kommune) har NINA i Tromsø og Fiskeriforskning Tromsø utført en forundersøkelse av miljøstatus samt mulige miljøkonsekvenser i området for Statkraft Energi AS.

Det er i dag enighet om at tidevannskraftverk som ikke innebærer fysisk avgrensning av store områder (fysisk barriere) har mindre effekter på etablert dyreliv enn mange andre typer inngrep for kraftproduksjon, men at dette kan være avhengig av særegne forhold som bør kartlegges (Johansson et al. 1993; World Energy Council 1994). For eksempel vet man svært lite om eventuelle skader eller dødelighet på fugl, fisk og sjøpattedyr som følge av nærkontakt med turbinblader for tidevannsanlegg (Trannum et al. 2002). Videre er det viktig å skaffe til veie kunnskap om hvilke konsekvenser generert støy fra anlegget har for forekomsten av fiskeressurser og sjøpattedyr i området. Da det er få tilsvarende tiltak med beskrevne konsekvenser, må det hentes kunnskap om konsekvenser fra andre typer tiltak med lignende karakterer. Eksempler på slike er offshore vindmølleparker, båttrafikk og oppdrettsanlegg.

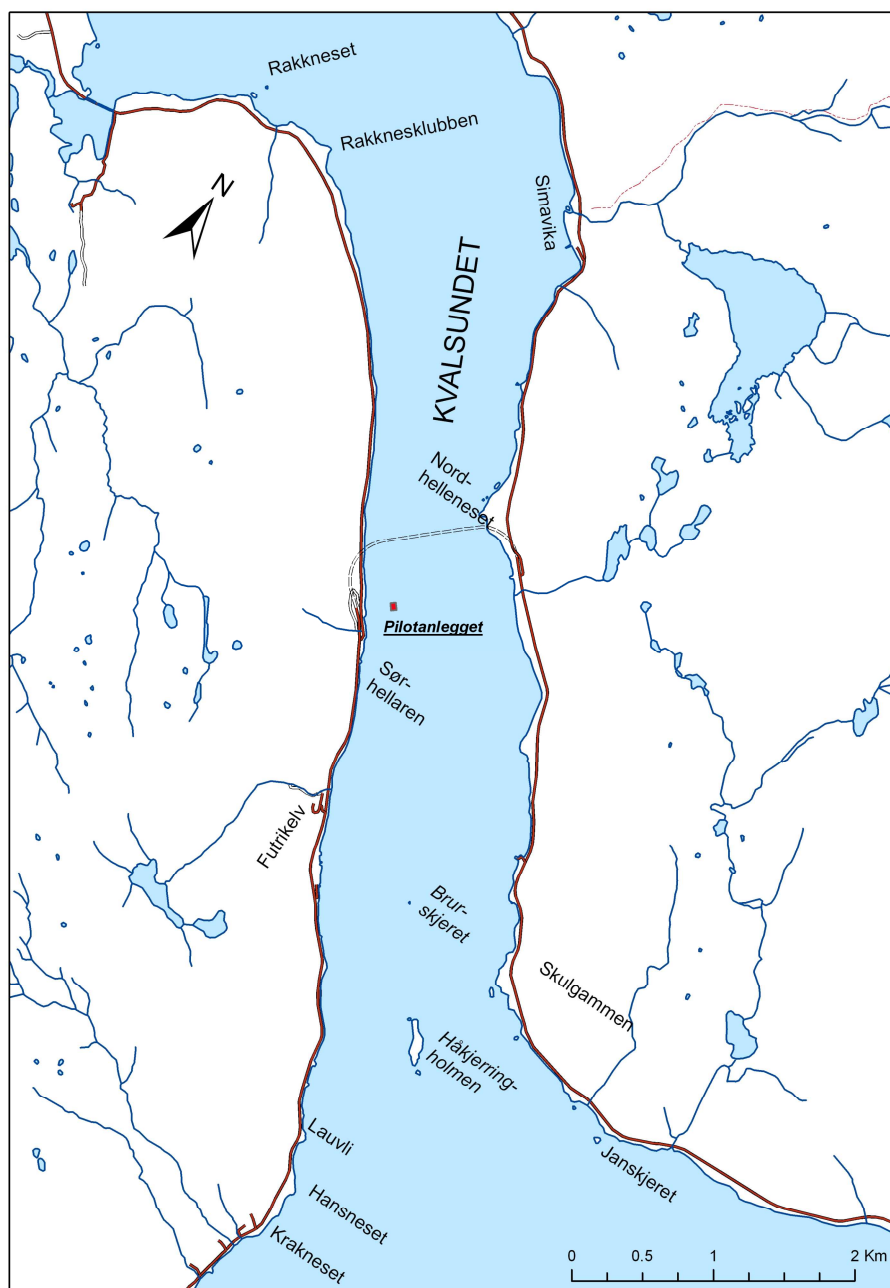
Kvalsundet (69°49 'N, 19°02 'E) er et strømsterkt, nokså grunt sund mellom Ringvassøya og Kvaløya i Tromsø Kommune, 15 km nord for Tromsø (figur 1, 2 og 3). Den undersøkte delen av sundet er 7 km langt og bredden varierer mellom 600 og 2000 m. Sør i sundet ligger Håkjerringholmen. Bunnforholdene i sundet består av områder med sand, tareskog, ruggelbunn (kalkrødalger) o.a. Det er spredt bebyggelse langs sundet på begge sider, med et mindre tettsted, Futrikelv, på Kvaløysida. Kvalsundet er en av hovedleiene inn til Tromsø, og trafikkeres spesielt av fiskeflåten. Næringsvirksomheten i sundet er begrenset. I tilknytning til området ligger Havbruksstasjonen i Tromsø (<http://www.havbruksstasjonen.no>) en akvakulturrettet forskningsstasjon som eies av Fiskeriforskning og Universitetet i Tromsø og som har anlegg i Kårvika (landanlegg, fiskehelselaboratorium, sjøanlegg), Kraknes (nasjonal torskeavlsstasjon (landbasert)), Skulgambukt (nytt sjøanlegg) og Røssneshavn (sjøanlegg for torskeavlsprogrammet), og Kvaløyvågen, et mindre fiskevær. Rakfjordmyra Naturreservat på Kvaløya, nord for sundet, kommer ikke i berøring med tiltaket.

Det planlagte anlegget består av en flytende installasjon 180 m fra land og vil bli plassert i sentrale deler av sundet. Rotordiameter er 22 m og fri dybde over rotoren er >2 m. Rotoren har tre blad og ca. en gang per sekund vil en av vingene passere ca. 2 m under overflaten. Lengde i vannflaten vil være 38 m. Bredder over vannflaten blir 15 m. Høyde over vannflaten vil være 7.5 m. Største bredde under vann blir ca. 55 m. I tillegg vil kjettinglengden på fortøyningen være ca. 350 m i hver retning (lengderetningen av sundet).

Miljøvirkninger og mulige konsekvenser av det planlagte tiltaket er ikke kjent og skal kartlegges når pilotanlegget kommer i drift. En kartlegging av mulige miljøaspekter forutsetter kunnskap om den valgte lokaliteten slik den er i dag. Statusbeskrivelsen vil dermed gi grunnlag for en vurdering av konsekvenser av anlegget når det kommer i drift. Dette arbeidet er således ikke en konsekvensanalyse i tradisjonell forstand, men mulige problemstillinger er skissert i rapporten.

Følgende temaer behandles i rapporten:

- Fuglelivets bruk av området
- Fiskeressurser og forholdet til kommersielt fiske
- Informasjon om bunnflora/fauna
- Mulige forekomster, eventuelle trekk av sjøpattedyr
- Landpattedyr som muligens utnytter området rundt tidevannsmøllen (særlig gjelder dette oter).
- Beskrivelse av mulige problemstillinger knyttet til lyder/støy fra anlegget, med mulige konsekvenser for fisk og pattedyr
- Friluftaktiviteter



Figur 1. Kart over Kvalsundet.

2 Metoder

2.1 Fugl

Kvalsundet var gjenstand for detaljerte fuglestudier på begynnelsen av 1990 tallet. Dataene ble samlet inn i et delprosjekt under forskningsrådsprogrammet Nordnorsk kystøkologi. Resultatene fra disse studiene er publisert i flere vitenskapelige artikler og rapporter (Bustnes & Lønne 1995, 1997, Systad et al. 2000). I disse studiene ble det lagt vekt på marine dykkender, som ærfugl (*Somateria mollissima*), praktærfugl (*Somateria spectabilis*) og havelle (*Clangula hyemalis*). I 1991/92 ble alle marine dykkender talt opp og plottet på kart hver andre uke fra september til mai. Kvalsundet ble delt inn i 957 100x100 m ruter. Hver observasjon av fugl ble så lagt inn i de respektive rutene. Atferden hos fuglene ble klassifisert ut fra om de beitet i ruta eller ikke.

Forekomstene av dykkender, særlig ærfugl og praktærfugl, vil kunne påvirkes av forandringer i næringsgrunnet. Det har pågått en nedbeiting av tareskogen i Kvalsundet. Dette er et viktig habitat for dykkende fugl. Av den grunn er området befart to ganger i løpet av våren og en gang i september 2005. Befaringene er utført fra bil. Hele sundet er dekket fra begge sider, og alle flokker ble klassifisert i forhold til beiting og annen atferd. Tidligere ble kun ærfugl, praktærfugl og havelle registrert. I 2005 ble også andre dykkende fuglearter talt opp.

Mulige effekter for fugl er behandlet gjennom litteraturstudier.

2.2 Sjøpattedyr, oter og mink

Forekomster av sjøpattedyr, oter (*Lutra lutra*) og mink (*Mustella vison*) ble kartlagt samtidig med fuglene i 2005. Observasjoner og spor tegn ble registrert. Mulige effekter er behandlet gjennom litteraturstudier av relaterte arbeider.

2.3 Fiskeressurser

Fiskeressursene i området er kartlagt etter informasjon innhentet fra personer ved Norges Fiskerihøgskole og Fiskeriforskning med aktivitet i området.

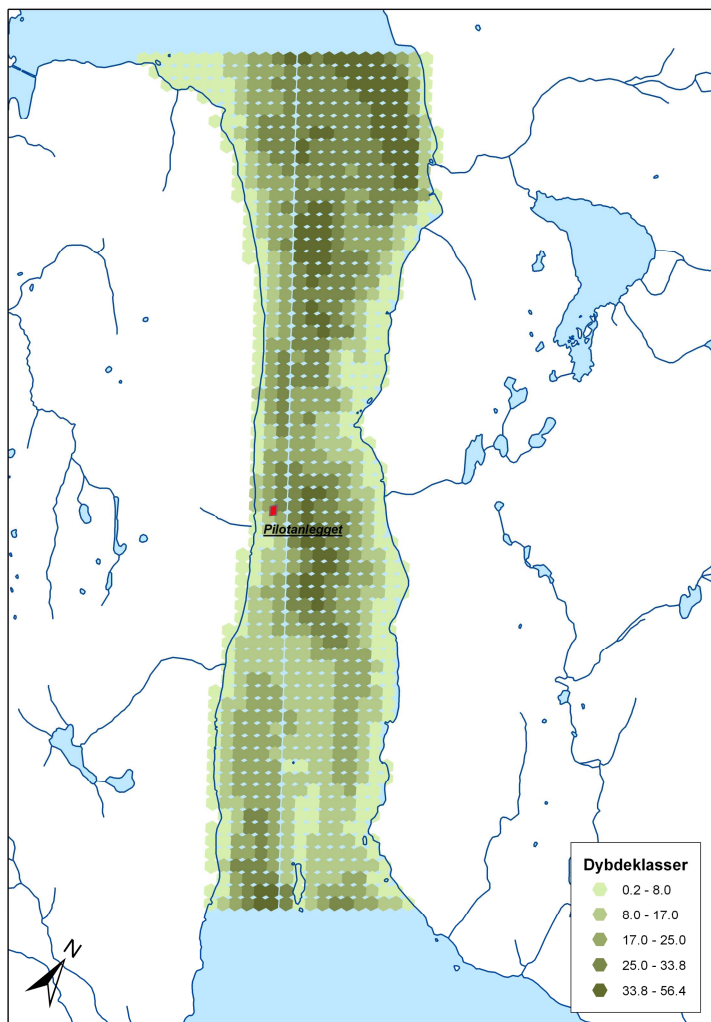
Mulige effekter av tiltaket er delt inn i direkte og indirekte effekter. Direkte effekter er for eksempel kollisjoner med turbinbladene eller direkte skadelige effekter av trykk og lydbølger (se under). Indirekte effekter er endrede forekomster eller vandringsmønster. Mulige effekter på fiskeressursene er avgrenset til innhentet litteratur og relevant kunnskap fra tilgrensede områder.

2.4 Støy

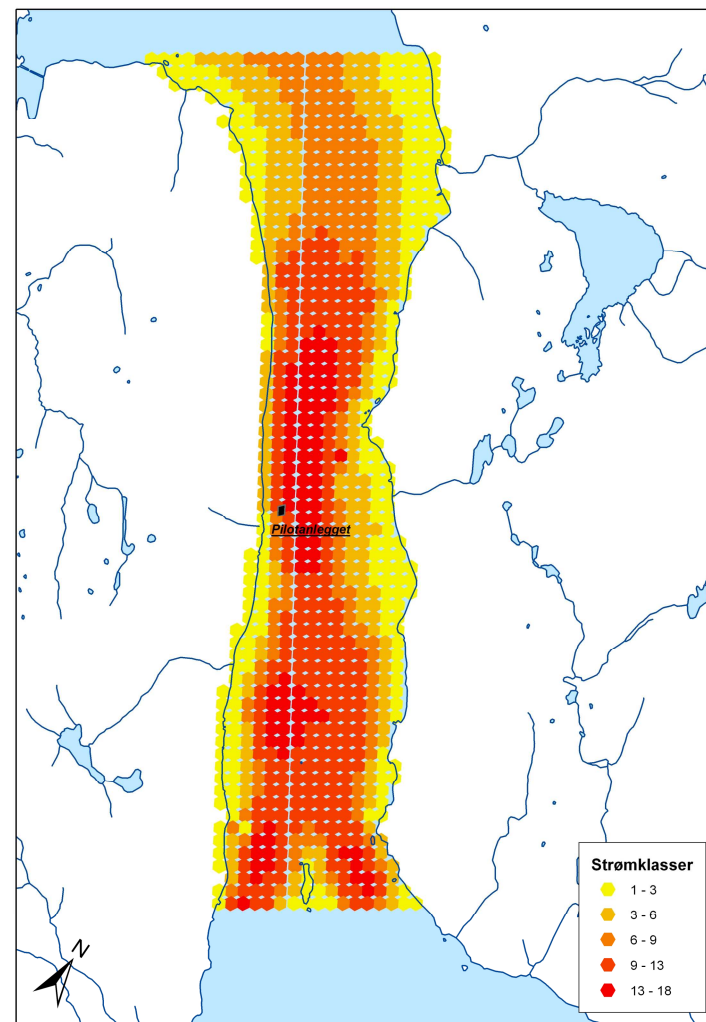
Under temaet støy behandles forstyrrelser i form av hørbare og følbare (for fisk og sjøpattedyr) bølgelengder fra anlegget. Metodikk er i dette forprosjektet begrenset til innhenting av relevant kunnskap fra faglitteratur og enkeltpersoner, samt egen kompetanse (Fiskeriforskning) innen de berørte temaer.

2.5 Strøm

I forbindelse med kartleggingen av Kvalsundet ble strømforholdene nøye kartlagt med tanke på å forstå hvordan forskjellige fuglearter fordeler seg i forhold til strøm. Dette ble gjort ved å slippe ut strømkors langs linjer i forskjellige områder i sundet. Disse ble så plukket opp i posisjoner etter å ha drevet i en viss tid. Avstander ble målt ved hjelp av GPS. På bakgrunn av disse opplysningene kunne vi lage et relativt strømkart for sundet (figur 3).



Figur 2. Dybdeforhold (dybde i meter) i tiltaksområdet for strømkraftverk i Kvalsundet, Tromsø kommune.



Figur 3. Strømkart for tiltaksområdet for strømkraftverk i Kvalsundet, Tromsø kommune. Tallene betegner en relativ klasseinndeling av strømforholdene.

2.6 Bunnflora/-fauna

Det ble også gjennomført en kartlegging av bunnforholdene i sundet i 1992. Denne kartleggingen ble gjennomført ved hjelp av vannkikkert, dykking og grabbprøver fra båt. Ut fra dette ble hver av rutene klassifisert med hensyn til generelle habitater. Habitattypene var: 1) tareskog, 2) nedbeitet tareskog, 3) sandbunn, 4) corralinalger og steinsubstrat. Habitatkartleggingen gav ikke et detaljert bilde av habitatene på dypt vann (dypere enn 10 meter), men gjorde oss i stand til å avgrense endringer i bunnsubstrater. En del av disse habitatene kan ha endret seg. For eksempel var tareskog under nedbeiting fra kråkeboller i 1992. Denne prosessen kan ha fortsatt, eller prosessen kan ha blitt reversert. Vi vet derfor ikke per dags dato hvor det vokser tareskog i sundet. Alle detaljer rundt innsamling av denne type data finnes i Bustnes & Lønne (1997).

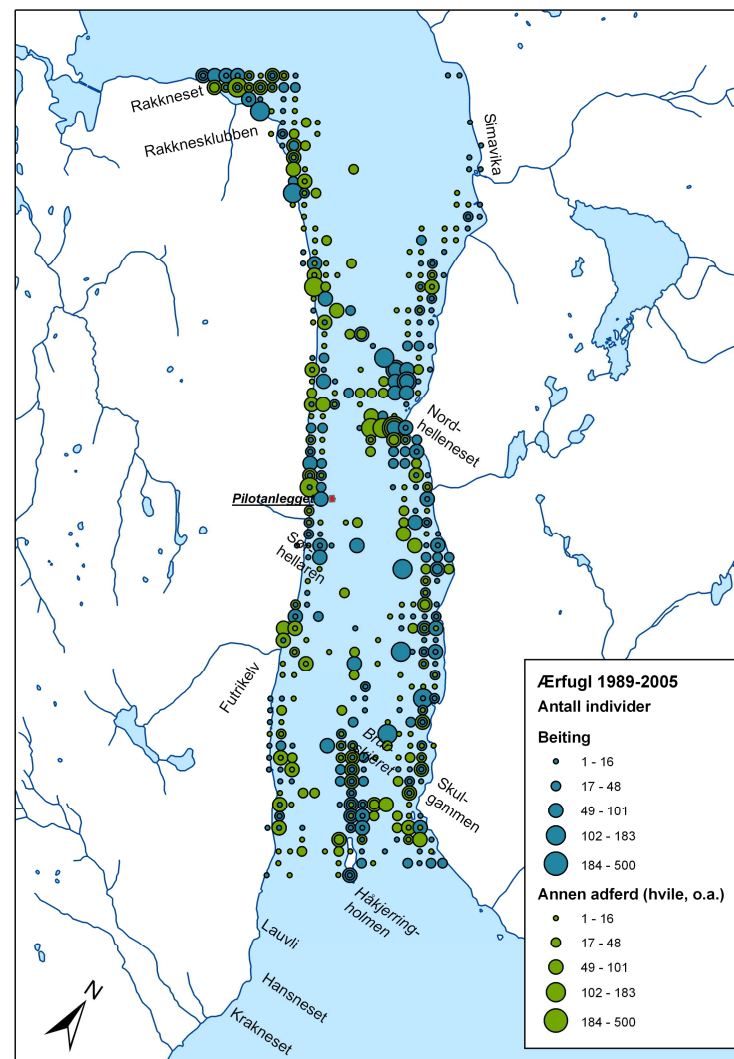
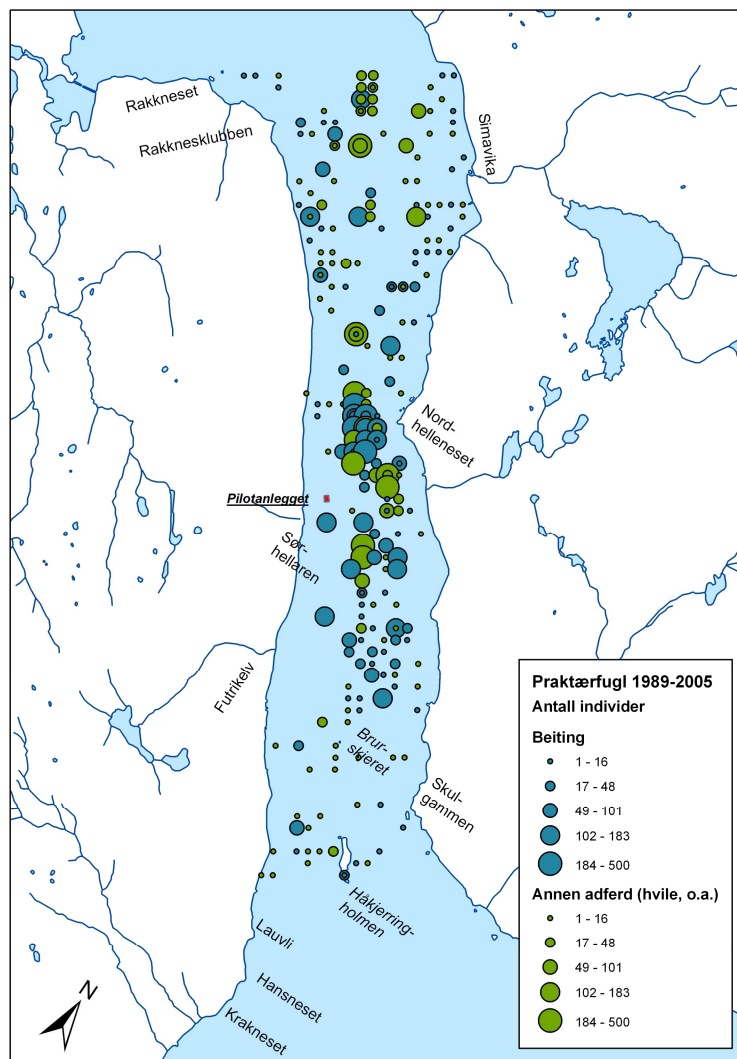
Mulige effekter på dette temaet er behandlet gjennom litteraturstudier av relaterte arbeider. Temaet er ellers trukket inn der det er relevant for de andre gruppene som er behandlet.

2.7 Nærings- og fritidsfiske

Tidevannskraftverket kan komme i konflikt med fiskeriaktivitet, og Søndre Ringvassøya utviklingslag ble kontaktet angående næringsfisket og annen næringsaktivitet i området.

2.8 Fritidsdykking

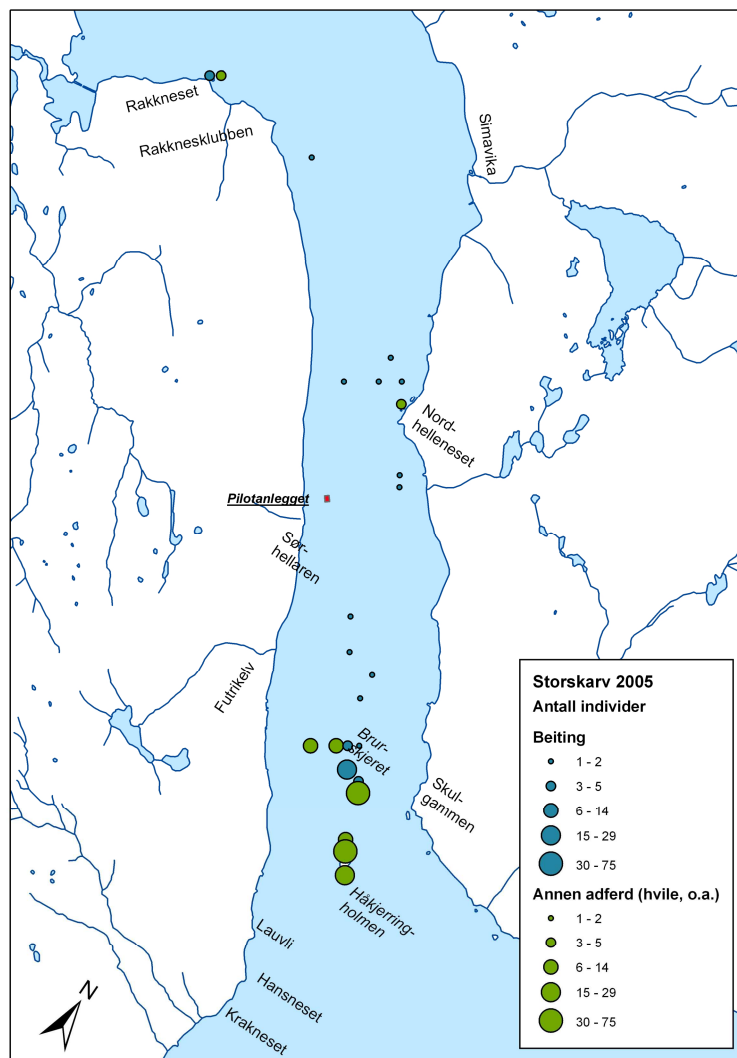
Da fritidsdykking vil kunne komme i konflikt med tiltaket, ble dykkerforeningene i Tromsø kontaktet. Det er et aktivt dykkermiljø i Tromsø, organisert i Studentenes Undervannsklubb (SUT), Tromsø Undervannsklubb og Ishavsbyen Dykkerklubb. I tillegg ble Dykkersenteret i Tromsø kontaktet. De driver kursvirksomhet for dykkere i Tromsøområdet.



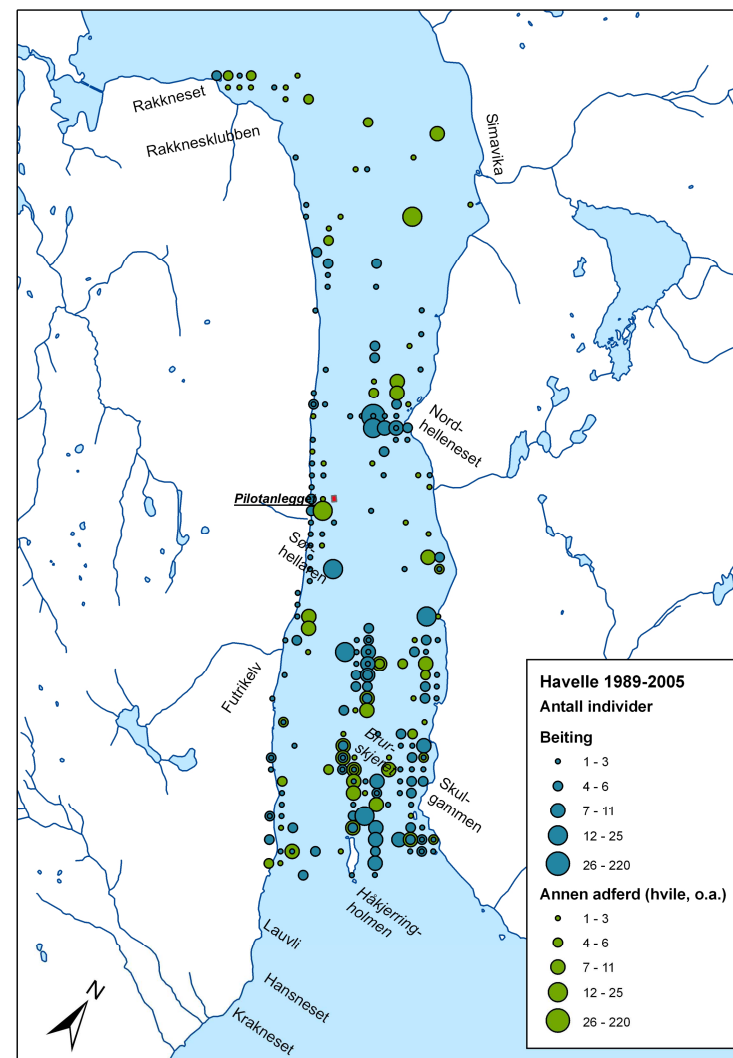
a)

b)

Figur 4a og b. Fordelingen av praktærfugl og ærfugl i Kvalsundet, Tromsø, 1989-1992 og i 2005. Praktærfugl holder seg mest midt i sundet, mens ærfugl er mer konsentrert langs land og i de grunne områdene ved Håkjerriingholmen og Brudeskjeret.

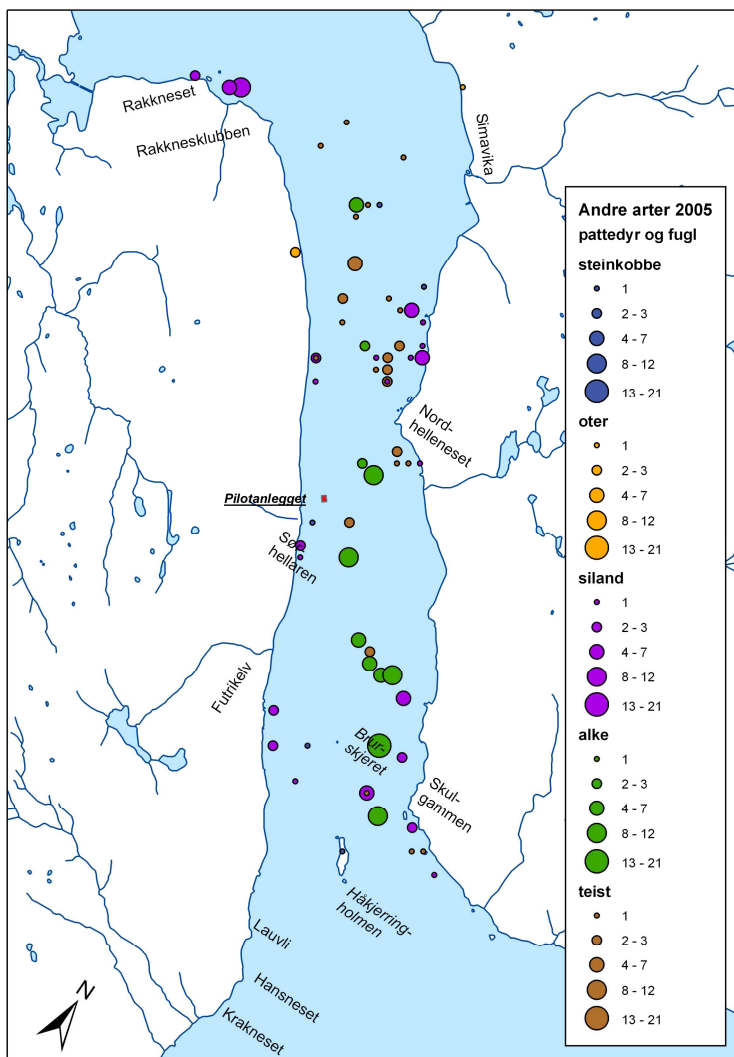


c)



d)

Figur 4 c og d. Fordelingen av storskarv i 2005 og havelle i 1989-1992 og i 2005, Kvalsundet, Tromsø. Havelle bruker områdene langs land og grunnene ved Håkjerringholmen og Brudeskjæret. Storskarv er konsentrert rundt Håkjerringholmen, der arten har flere sitteplasser.



Figur 4 e. Fordelingen av dykkende fugl, steinkobbe og oter i Kvalsundet, Tromsø, i 2005. Alke og til dels teist holder seg midt i sundet, mens siland, steinkobbe og oter er mer konsentrert langs land og i de grunne områdene ved Håkjerringholmen og Brudeskjeret.

som er svært ustabil når det gjelder hekkeresultater. Den største hekkekoloniene for gråmåse og svartbak ligger på Ringvassøya i lia ved Skulgammen. Enkelte par fiskemåse hekker i tilknytning til bebyggelsen.

Sundet er imidlertid viktigere som overvintringsområde. Dominerende arter er storskarv, praktærfugl og ærfugl. På 90-tallet overvintret det opp til 1000 ærfugl og 1000 praktærfugl, samt ca. 200 havelle (*Clangula hyemalis*) i området.

Praktærfuglene opptrer i tette og store flokker i strømsterke deler av sundet (figur 4a). De beiter i Kvalsundet i områder med dyp ned til ca. 40 meter. Det viktigste beiteområdet for praktærfuglene på 90-tallet var midtsunds ved Nordhelleneset, spesielt midt på vinteren. Utover våren brøt flokkene opp i mindre enheter, og spredte seg mer i sundet, men praktærfugl holdt seg likevel mer midt i sundet enn ærfugl. Det ble ikke observert høye antall praktærfugl i det strømsterke området ved Nordhelleneset i mars 2005 (se figur 9b under kapittelet 4.2. *Mulige konsekvenser som følge av tiltaket*).

3 Resultater

3.1 Forekomster av fugl

Fuglelivet i det berørte området omfatter stort sett sjøfugl, som igjen kan deles i to grupper: Overflatebeitende og dykkende arter. Av overflatebeitende arter forekommer krykkje (*Rissa tridactyla*), fiskemåse (*Larus canus*), svartbak (*Larus marinus*) og gråmåke (*Larus argentatus*) vanlig i området. Dykkende sjøfugl i Kvalsundet omfatter dykkender og ei uensarta gruppe av fiskespisere. Dykkendene beiter primært på bunnlevende organismer og kan dykke ned til flere titalls meter. Skarvene (*Phalacrocorax spp.*), lommene (*Gavia spp.*), fiskendene (*Mergus spp.*) og alkefuglene (*Alcidae spp.*) er fiskespisere med tilknytning til sundet.

De viktigste hekkende artene med tilknytning til sundet, er ærfugl, gråmåse, svartbak, fiskemåse og havørn (*Haliaeetus albicilla*). Teist (*Cepphus grylle*) er også mulig hekkefugl på Håkjerringholmen. På Håkjerringholmen finnes det også en liten krykkjekoloni,

Makstallene for både ærfugl og praktærfugl har sunket fram til 2005 (maks. 495 ærfugl og 332 praktærfugl i mars 2005). Imidlertid foreligger ikke data fra dette året for den perioden da disse artene normalt er mest tallrik (jan-feb). Hovedtyngden av praktærfuglene ankommer Kvalsundet mot slutten av november, og har stort sett forlatt området i slutten av april.

Den lokale hekkebestanden av ærfugl overvintrer sannsynligvis i området. Antallet ærfugl er imidlertid høyest i perioden fra midten av oktober ut februar. I denne perioden observeres det en viss andel av gulnebbete ærfugler (*Somateria mollissima borealis*) som nokså sikkert er fugler fra Spitsbergen.

Ærfuglene (figur 4b) holder seg nærmere land enn praktærfuglen, og beiter helst i områder grunnere enn 10 meter. Når de hviler, trekker de gjerne ut på dypere vann. Arten er spredt i hele sundet. Det kan virke som arten beitet lengre fra land i 2005 enn tidlig på 1990-tallet (figur 8 under kapittelet 4.2. *Mulige konsekvenser som følge av tiltaket*).

Havellene kommer også til Kvalsundet i oktober-november, men kan trekke ut av sundet en periode midtvinters. De høyeste antallene er observert i februar-mars (ca. 200 individer), og arten forlater området innen begynnelsen av mai. Havellene finnes i de samme områdene som ærfuglene, men beiter også på dypere vann (figur 4d).

Storskarven (*Phalacrocorax carbo*) holder til i området fra september til mars, med høyest observerte antall i september (220 individer). Bestandstilhørigheten til disse er ukjent, men det dreier seg sannsynligvis om fugler som hekker i Nord-Troms og Finnmark. Det viktigste beiteområdet for arten i Kvalsundet er nord for Håkjerringholmen, midtsunds mellom Håkjerringholmen og Sørheltaren (figur 4c). Et grunnere område nord for Nordhelleneset er også registrert som beiteområde. Raknes, Håkjerringholmen og lykta på Brurskjeret er mye brukte hvileplasser.

Gråmåse og svartbak er relativt vanlige, men disse artene er ikke tallfestet. Gråmåsen forekommer hele året, mens svartbaken trekker sørover midtvinters.

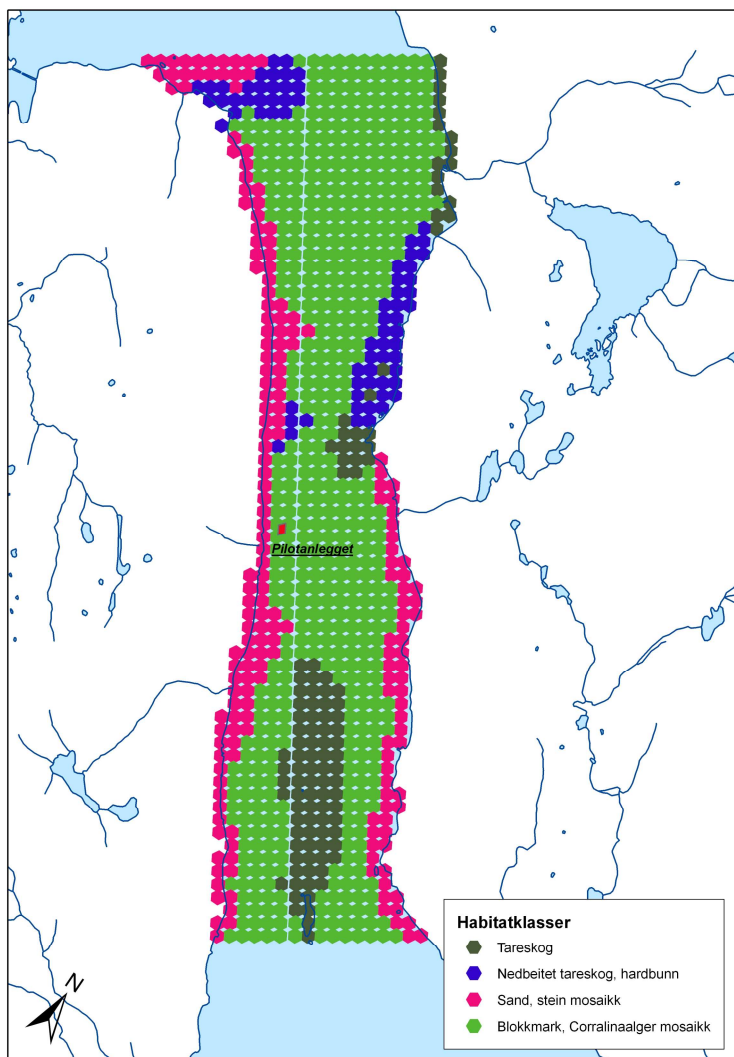


Spekkhogger på fiskefeltet. Foto: Børge Damsgård, Fiskeriforskning ©.

Andre faste overvintreere er teist (figur 4e), siland (*Mergus serrator*) (figur 4e) og sjøorre (*Melanitta fusca*), om enn i beskjedne antall. Arter som alke (*Alca torda*) (maks. 69 i 2005) (figur 4e), alkekonge (*Alca alle*) (flere hundre i november 1999) og toppskarv (*Phalacrocorax aristotelis*) kan enkelte vintre opptre i større antall, gjerne i kortere perioder.

3.2 Forekomster av sjøpattedyr, oter og mink

Av sjøpattedyr er steinkobbe (*Phoca vitulina*) (figur 4e), nise (*Phocoena phocoena*) og springere (kvitnos; *Lagenorhynchus albirostris*) ofte observert, mens spekkhogger (*Orcinus orca*) kan forekomme en sjelden gang. Oter (*Lutra lutra*) forekommer vanlig – det ble påvist markeringsplasser på ni steder langs sundet (figur 4e), det vil si alle stedene som ble undersøkt. Mink (*Mustella vison*) er registrert kun en gang i september 2005, men er sannsynligvis vanligere.



Figur 5. Habitatkart for tiltaksområdet for strømkraftverk i Kvalsundet, Tromsø kommune.

deres vandringer i og gjennom Kvalsundet, Tromsø (pers. med. Torstein Pedersen, Norges Fiskerihøgskole, og Ole Jørgen Lønne, Havforskningsinstituttet). Basert på erfaringer fra bla. snøre og linefiske samt dykking (dykkeforbundene) vet man at Kvalsundet er et fiskerikt sund, med bl.a. mye sei (*Pollachius virens*), torsk (*Gadus morhua*), gråsteinbit (*Anarhichas lupus*) og ulike flyndrearter.

3.5 Tilgjengelig kunnskap om effekter på fisk og sjøpattedyr

En direkte effekt av tiltaket er kollisjon med turbinblader. Det er kjent fra tidevannsanlegg med komplett fysisk avsperring mellom to vannvolumer (slik at all fisk og sjøpattedyr må svømme gjennom turbinen for å kunne passere anlegget) at skader fra turbinblader kan medføre dødelighetsrater på 20-80% per passasje avhengig av fiskeart, fiskestørrelse og turbinens operasjonsegenskaper (Dadswell & Rulifson, 1994). Dødelighetsrisikoen er i slike anlegg lav for liten fisk, men øker med økende størrelse og er rapportert til å være på 50-100% for stor fisk og sjøpattedyr (Dadswell & Rulifson, 1994). Tilsvarende data for frittstående eller flytende vannmøller som ikke innebærer fysisk avsperring (tilsvarende pilotanlegget det her er snakk om) synes å mangle. Imidlertid er det klart at man for slike anlegg vil erfare lavere skade- og dødelighetsrisikoer enn for anlegg med mer omfattende fysiske avsperringer. Ved et sammenlignbart tidevannskraftverk i Kvalsundet ved Hammerfest er det ikke foretatt slike registreringer etter at anlegget ble satt i drift i 2003, men det er oppgitt at ingen skade eller dødelighet på fisk

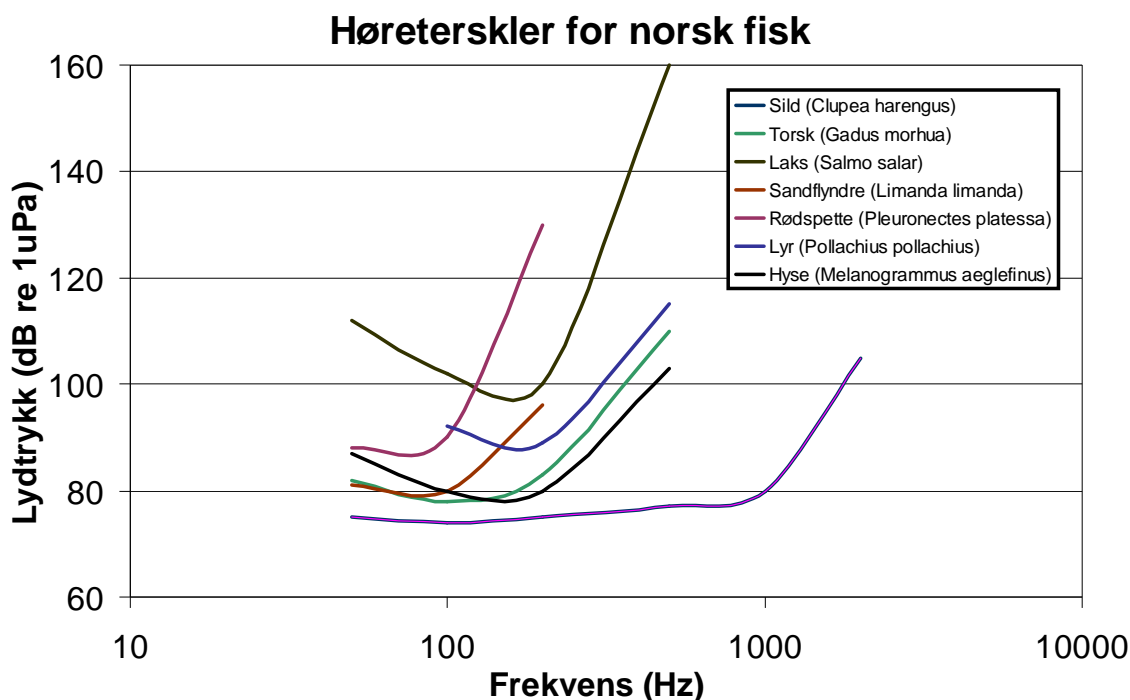
3.3 Bunnflora/fauna

Bunnfloraen er typisk for strømsterke sund i landsdelen, med substrat som veksler mellom hardbunn og områder med sedimentavsetninger som sand og mudder. De dypere områdene består av en mosaikk av ruggelbunn/sand og blokkmark. De grunnere områdene veksler mellom tareskogsområder på en mosaikk av sand og hardbunn, nedbeitede områder på tilsvarende mosaikk, samt stein- og sandbunn med tang i tidevannsonen. Vanlige dyregrupper er slangestjerner, kråkeboller, blåskjell, krepsdyr og snegl. Vi kan ikke se at Kvalsundet inneholder spesielt sårbar eller verneverdig bunnflora/fauna. Se figur 5.

3.4 Forekomster og vandringer av fisk

Det synes ikke å være foretatt vitenskaplig kartlegging av fisk og sjøpattedyr og

eller sjøpattedyr er observert i driftsperioden så langt (pers. med. Harald Johansen, Hammerfest Strøm AS). For det beskrevne pilotanlegget i Kvalsundet, Tromsø, er det oppgitt en rotordiameter på 22 m og en maksimal omdreiningshastighet på 10 rpm (søknad pr september 2004), 12,5 rpm (søknad pr september 2004, side 42) eller omtrent 1 omdreining pr 3 sekunder (tilbudsforespørsel pr 31.01.2005). Dette tilsvarer at rotorbladets tupp vil ha en hastighet på henholdsvis ca. 40 km/t, ca. 50 km/t eller ca. 80 km/t. Til sammenligning er rolig svømme-hastighet for voksen torsk på 0,5 – 1 km/t, mens maksimal sprinthastighet er på ca. 10 km/t (Martinez et al. 2004). Fisk og sjøpattedyrs evne til å unngå skader fra turbinblader vil foruten turbinhastighet og dyrenes størrelse og svømmeegenskaper også avhenge av syn, hørsel og deres spesifikke atferdsrespons til henholdsvis synet av eller lyden fra anlegget (e.g. unnvikelse, attraksjon eller ingen respons; se egne avsnitt om henholdsvis "kunstig rev" og "lyd"). Følgelig vil stor fisk eller sjøpattedyr som har dårlig evne til å se eller høre anlegget, eller som mangler adekvat fluktningsrespons til synet eller lyden av anlegget, være mest utsatt. Videre vil fisk eller sjøpattedyr som viser vandringsatferd eller betydelig grad av forflytning være mer utsatt enn stedbundne arter. I særdeleshet kan dette være en aktuell problemstilling for bunnlevende evertebrater og fisk som benytter seg av tidevannsstrømmen i høyere vannlag for horisontal forflytning (Forward & Tankersley, 2001). Anleggets planlagte plassering på relativt grunt vann og med turbinblader opptil 2 m under overflaten vil isolert sett medføre at både bunnlevende (e.g. steinbit, torsk, flyndrefisk) og pelagisk fisk (e.g. sei, laksefisk), samt alle relevante sjøpattedyr (e.g. steinkobbe, nise, springere) potensielt sett kan rammes. Som eksempel kan det i denne sammenheng nevnes at arr og dødelighet etter kollisjoner med skipspropeller er kjent for flere hvalarter (Laist et al., 2001).



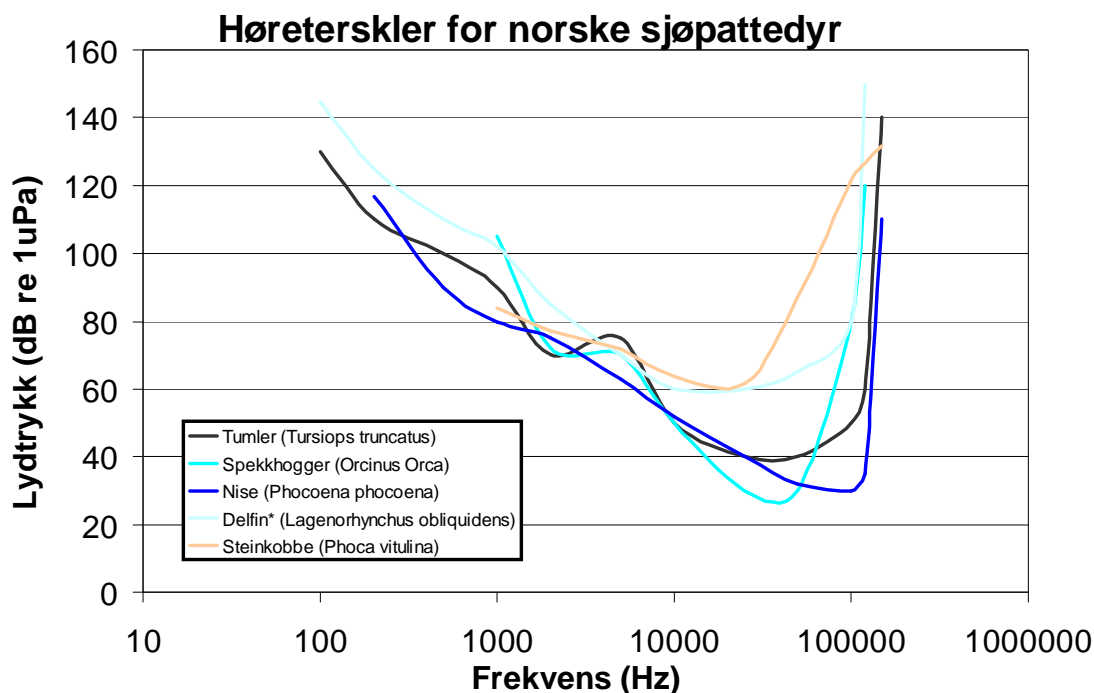
Figur 6. Eksempler på høreterskler ved ulike frekvenser målt for de norske fiskeartene sild; (Enger 1967), torsk (Chapman & Hawkins 1963), laks (Hawkins & Johnstone 1978), sandflyndre og rødspette (Chapman & Sand 1974), lyr og hyse (Mitson 1995). Merk at laks (øverste kurve) har dårlig hørsel da den har høy høreterskel og hører innenfor et relativt snevert frekvensområde. Sild (nederste kurve) har derimot svært god hørsel, med lav høreterskel innenfor hele området fra 50 Hz - 1000 Hz. Merk også at man for mange fiskearter antar at hørekurven er flat helt ned til og med infralydområdet (0 - 35 Hz; Popper & Carlson 1998), men at dette foreløpig er dokumentert kun for et fåtall arter (pers. med. Kjell Midling, Fiskeriforskning). For eksempel har eksperimentelle studier vist at torsk er i stand til å detektere frekvenser helt ned til 0,1 Hz (Sand & Karlsen 1986).

En annen effekt av anlegget på fisk og sjøpattedyr kan være mulige direkte skader forårsaket av lyd. Det er ikke kjent hva slags trykkendringer eller lydnivåer som vil genereres av nevnte pilotanlegg (pers.med. Svein Henriksen, Hydra Tidal Energy Technology AS). Slike data er heller ikke kjent for det sammenlignbare anlegget i Kvalsundet ved Hammerfest i Finnmark (pers.med. Harald Johansen, Hammerfest Strøm AS). På generelt grunnlag vet man likevel at raske og kraftige trykkendringer og kraftig lyd (som muligens kan genereres i umiddelbar nærhet av de roterende turbinbladene) kan gi skadelige effekter i form av hørselskader, svømmeblæreforstyrrelser, blødninger fra indre organer og stressresponser m.m. (MacLennan & Simmonds 1992; Richardson et al. 1995; Popper & Carlson 1998; McCauley et al. 2002; 2003). For eksempel påviste Enger (1981, se Popper & Carlson 1998) at intens, lavfrekvent lyd på 180 dB re: 1 μ Pa medførte hørselskade hos torsk. For sammenligning vet man for eksempel at propellstøy fra båter og skip genererer lydnivåer på 150 - 190 dB re: 1 μ Pa på en meters avstand (Richardson et al. 1995).

Foruten lydkildens intensitet, frekvens samt kvalitet, og dyrets avstand til kilden, vil eventuelle direkte skadelige effekter også avhenge av art og livsstadie blant annet på bakgrunn av deres kroppsstørrelse, anatomi og fysiologi. For eksempel vil skadeomfang ved eventuell eksponering avhenge av om arten har svømmeblære eller ikke, hvor "solide" er vev og organer, og om dyrene foreviser adekvat unnvikelsesrespons til skadelige stimuli (MacLennan & Simmonds 1992; Richardson et al. 1995; Popper & Carlson, 1998). Haier og skater, som håkjerring (*Somniosus microcephalus*), brugde (*Cetorhinus maximus*) og kloskate (*Raja radiata*), synes for eksempel å mangle nosiseptorer for smertedeteksjon og viser redusert evne til unnvikelse ved skade (Snow et al. 1993). Man vet for eksempel at fisk med svømmeblære vil være spesielt utsatt for skadelige effekter fra lyder i deres mest følsomme frekvensområde, dvs. frekvenser tilsvarende svømmeblærens resonansfrekvens, som igjen er en funksjon av fiskens størrelse (MacLennan & Simmonds 1992). Til tross for slik forventet stor arts- og livsstadievariasjon, er det likevel som en "tommelfingerregel" foreslått at lyden må ha en intensitet som ligger mer enn omtrent 60 dB over lydterskelnivå for å observere direkte skadelige effekter på fisk (Popper og Carlson, 1998).

Det er i Søknad pr september 2004 antatt at forventet støy fra det planlagte pilotanlegget ikke vil overskride støy fra skipstrafikken i området, og det er i så fall grunn til å anta at direkte skadelige effekter av raske trykkendringer og intens lyd kun forventes å være aktuelt i umiddelbar nærhet av anlegget. Det må imidlertid påpekes at det for en slik vurdering er det svært viktig å vite de ulike frekvenser og lydintensiteter som genereres spesielt fra denne typen anlegg, samt det faktum at lyd fra passerende skipstrafikk har begrenset varighet mens pilotanlegget vil generere lyd på kontinuerlig basis.

Det er i den sammenheng også verdt å merke seg at uavhengig av dyrets hørselsevne vil skadelige eller ubehagelige effekter av lyd normalt medføre unnvikelsesreaksjoner slik at videre eller mer omfattende skader unngås (Richardson et al. 1995; Engås & Løkkeborg 2002; Wardle et al. 2001). En slik effekt vil således kunne medføre at berørte sjøpattedyr og fiskearter ved ulike livsstadier og størrelser vil unngå å oppholde seg i et visst geografisk område rundt anlegget. Dette kan igjen ha ugunstige effekter dersom den valgte lokaliteten for eksempel representerer en viktig gyte- eller oppvekstlokalitet.



Figur 7. Eksempler på høreterskler ved ulike frekvenser målt for sjøpattedyrene tumbler (Johnson 1967), spekkhogger (Szymanski et al. 1999), nise (Andersen 1970), delfin* (Tremel et al. 1998) og steinkobbe (Møhl 1968). *) Merk at delfin (*Lagenorhynchus obliquidens*) ikke er en norsk art men denne er tatt med fordi den tilhører samme slekt som de norske springerne kvitnos (*L. albirostris*) og kvitskjevingen (*L. acutus*).

Det er også mulig at genererte skjærkrefter (der to vannstrømmer med ulik hastighet møtes), turbulens og kavitasjon (implosjon av gasslommer) kan gi skadelige effekter (Dadswell & Rulifson, 1994). Felles for disse potensielt skadelige effektene er at de forutsetter at dyrene er svært nær (direkte kontakt – få meter unna) turbinenes arbeidsområde, samt at de i likhet med turbinbladenes rotasjon vil generere lyd som potensielt sett kan detekteres av fisk og sjøpattedyr.

Foruten at lyd av høy intensitet muligens kan gi direkte skadelige effekter på fisk og sjøpattedyr som befinner seg nært turbinene, vil generert lyd kunne påvirke forekomst og vandringer av fisk og sjøpattedyr innenfor et adskillig større geografisk område. Slike effekter av lyd forutsetter imidlertid at dyrene selv er i stand til å detektere lyden, og at dette igjen påvirker deres atferd. Mulige atferdsresponser til lyd fra pilotanlegget hos fisk og sjøpattedyr kan klassifiseres i tre hovedkategorier, nemlig tiltrekning, unnvikelse eller ingen respons. Disse responsene kan imidlertid endres over tid ved at dyrene enten tilvennes lydbildet (habituering) eller utvikler redusert toleranse for lydene (sensitering) (Hawkins 1993; Richardson et al. 1995). Alternativt kan slike atferdsendringer være en indirekte konsekvens av lyd-induserte atferdsendringer hos deres byttedyr eller predatorer. Slike indirekte konsekvenser kan være meget komplekse, og bør kartlegges i hvert tilfelle. Hvorvidt ulike fisk og sjøpattedyr detekterer og reagerer på generert lyd fra anlegget synes derfor vesentlig av tre hovedgrunner (Hawkins 1993; Richardson et al. 1995; Wahlberg & Westerberg, 2005), nemlig:

- (1) Ved at lyden påvirker hvorvidt fisk eller sjøpattedyr vil komme så nær turbinene at de risikerer direkte skade eller dødelighet (skremming / tiltrekking)
- (2) Ved ellers å påvirke deres forekomst eller vandringer i området (skremming / tiltrekking)
- (3) Ved å maskere dyrenes naturlige akustiske kommunikasjon og orientering

For organismer som lever under vann er det vesentlig å nevne at lyd består både av en kinetisk komponent (partikkelakselerasjon, vannmolekylenes vibrasjon) og en trykk-komponent (forplantninger i vannets tetthet). Fisk er kun i stand til å detektere partikkelakselerasjon, mens sjøpattedyr kun detekterer trykk-komponenten. Fisk med svømmeblære er likevel i stand til indirekte også å oppfatte trykk, men graden av denne evnen avhenger av svømmeblæras anatomiske forbindelser mot høreorganet som kan variere betydelig fra art til art (Hawkins 1993; Popper et al. 2003). Det er her viktig å merke seg at mens lavfrekvent lyd bærer godt over lange avstander, så vil for høyfrekvent lyd den kinetiske komponenten avta raskt med økende avstand til kilden slik at det kun er trykk-komponenten som eventuelt kan detekteres på lang avstand (se MacLennan & Simmonds 1992; Popper et al. 2003). Dette medfører at fisk med svømmeblære generelt sett har langt bedre hørsel fjernt fra kilden enn fisk uten svømmeblære. Av aktuelle arter i Kvalsundet i Tromsø er det stort sett kun gråsteinbit, flyndrefisk (som for eksempel rødspette (*Pleuronectes platessa*), lomre (*Microstomus kitt*), gapeflyndre (*Hippoglossoides platessoides*), kveite (*Hippoglossus hippoglossus*)) og bruskfisk (som for eksempel håkjerring, brugde og kloskate) som ikke har svømmeblære og derfor antas å ha redusert hørsel. Kjente audiogrammer for fiskearter som kan forekomme i Kvalsundet (eller relaterte arter) er presentert i figur 6. Tilsvarende er audiogrammer for sjøpattedyr som kan forekomme i Kvalsundet (eller relaterte arter) presentert i figur 7. Generert lyd fra pilotanlegget er som før nevnt ikke kjent, men anlegget består av ulike kilder til lyd som hver vil generere lyd innenfor ulike frekvensområder og med varierende intensitet og kvalitet.

Eksempler på slike lydtkilder vil foruten de roterende turbinbladene også inkludere thrustlagre akslinger, generatorer samt eventuelle vibrasjoner i ankerkjettinger og anlegget som sådan. For sammenligning kan det nevnes at motoriserte båter og skip av ulik størrelse og type normalt genererer lyd med lydstyrker på 150 - 190 dB re 1 $\mu\text{Pa}\cdot\text{m}$, innenfor et frekvensområde som spenner helt fra ca. 10 Hz til ca. 10 kHz, og som for de laveste frekvensene kan registreres over 100 km unna kilden (Richardson et al. 1995). Videre er det dokumentert at støy fra vindmøller plassert i sjøen kan detekteres av fisk opptil 25 km unna (Wahlberg & Westerberg, 2005). Generert lyd fra anlegget vil således trolig falle innenfor høreområdet til de fleste fisk og sjøpattedyr i området.

Felles for de fleste kartleggingene av høreterskler hos fisk og sjøpattedyr er en betydelig mangel på data i lave frekvensområder, bl.a. fordi slike undersøkelser bør foregå i fritt felt og ved lav omgivelsesstøy. Enkelte studier på blant annet torsk har likevel målt at disse er i stand til å detektere, retningsbestemme og respondere til lydfrekvenser helt ned mot 0.1 Hz (såkalt infralyd) (Sand & Karlsen, 1986; 2000). Lyd ved slike lave frekvenser har videre vist seg å fungere som meget effektive "fiskeskremmere", med liten grad av habituering over tid (Knudsen et al. 1994; 1997; Sand et al. 2000; Karlsen et al. 2004). Dersom det planlagte tidevannskraftverket generer lyd over bakgrunnsnivå i infralydområdet kan man i verste fall, avhengig av genererte lydfrekvenser, intensitet, vanddybde og andre lokale forhold, risikere at lyd fra anlegget "sperrer av" sundet for passasje av fisk som er sensitive til infralyd.

3.6 Tiltreknings effekter for fisk

Fiskeriforskning har de seineste årene jobbet mye med å studere effekter av menneskeskapt konstruksjoner i det marine miljø, og deres påvirkning på flora og fauna. I Norge har vi begrensede kunnskaper om dette, men noe er gjort i forbindelse med oljeinstallasjoner (Løkkeborg et al. 2002) og oppdrettsanlegg (Bjordal & Skår, 1993; Bjørn et al. 2005), samt at en del er gjort i forbindelse med oppdrettsanlegg i Middelhavet (e.g. Dempster et al. 2002, 2005). Metodisk har dette blitt angrepet på forskjellige måter; radiær plassering av garn/teiner rundt installasjonen (Løkkeborg et al. 2002; Bjørn et al. 2005), direkte observasjoner ved dykking/video (Dempster et al. 2002), merke-gjenfangst (Bjørn et al. 2005), telemetri (Bjordal & Johnstone, 1993; Bjørn et al. upublisert), hydroakustikk (Giannoulaki et al. 2005). Alle disse metodene kan være vel egnet for bruk rundt et tidevannskraftverk, og vil kunne gi gode observasjoner på om fisk forandrer sitt bruk av område før og etter etablering av installasjonen.

Dempster et al. 2002, 2005 satte søkelyset på at oppdrettsanlegg i Middelhavet tiltrakk opptil 30 forskjellige arter i høye antall, og estimerte den aggregerte biomassen til å være mellom 10-40 tonn på 5 av de 9 undersøkte oppdrettsanleggene (Dempster et al., 2004). Tilsvarende fiskeaggregeringer har senere også blitt vist både i Hellas (Smith et al., 2003; Thetmeyer et al., 2003) og på Kanariøyene (Boyra et al., 2004; Tuya et al., 2005). I Norge har vi imidlertid svært begrenset kunnskap om det samme. Bjordal & Johnstone (1993) fanget og merket sei rundt et oppdrettsanlegg og viste at seien var stasjonær i opptil syv måneder, men vandret også langt fra oppdrettsanlegget, mens Skog et al. (2003) viste at sei rundt oppdrettsanlegg var i bedre kondisjon enn på områder uten oppdrett.

Fiskeriforskning har gjennom en teine-studie i Øksfjord, dokumentert at tettheten av fjordtorsk var mye høyere rundt et oppdrettsanlegg enn på tradisjonelle fiskeplasser i fjorden (Bjørn et al. 2005). Studien viste også at denne effekten opprettholdt seg lenge etter at fisken var slaktet ut, og indikerer at installasjonene i seg selv kan virke tiltrekkende på fisk selv om det ikke fores. I tillegg viste merke-gjenfangst dataene fra studien at mye av fisken var forbausende stasjonær over lang tid, og ble gjenfanget en rekke ganger (Bjørn et al. 2005). Tilsvarende resultater har vi også fra teinefiske rundt det nye sjøanlegget til Havbruksstasjonen i Tromsø i Grøtsundet i Troms. Her har fiskemengden økt betraktelig etter at anlegget ble satt ut i forhold til en tradisjonell fiskeplass i Grøtsundet (Bjørn et al. upublisert). En telemetristudie av vill torsk i Balsfjord (Bjørn et al. upublisert) viser likeledes at vill torsk på regelmessig basis oppsøker oppdrettsanlegg.

Tidligere resultatene fra sør-Norge samt undersøkelser fra utlandet, sett i sammenheng med våre nye resultater fra Troms og Finnmark, indikert derfor spesielt at oppdrettsanlegg kan virke tiltrekkende på lokale bestander av fjordtorsk, og generelt at menneskeskapt konstruksjoner vil ha tilsvarende effekter også i nordlige områder. Det er derfor ikke usannsynlig at et tidevannskraftverk, gitt at ikke lyd og bevegelse har større negativ effekt, vil virke tiltrekkende på fisk spesielt og marine organismer generelt.

3.7 Nærings- og fritidsfiske i området

Kvalsundet er et strømsterkt sund med periodisk forekomst av forskjellige fiskearter. Viktige arter i sundet, er sei, torsk og steinbit. Konfliktene mellom anlegget og kommersielt fiske er avhengig av brukstype. Bruk av garn kan for eksempel skape problemer. På grunn av den sterke strømmen i sundet er fiskeriaktiviteten imidlertid knyttet til aktive bruk som stang og jukse.

I følge leder i Søndre Ringvassøya Utviklingslag, Ann-Sidsel Enoksen, foregår det ikke kommersielt fiske i sundet. En av årsakene til dette er at sundet er for strømsterkt. Dykkerklubbene fisker steinbit og noe torsk under dykking, og det blir tatt noe torsk og en del sei som matauk av lokalbefolkninga.

Det foregår et utstrakt fritidsfiske i Kvalsundet, både fra båt og fra land, i følge egne observasjoner samt opplysninger fra Ann-Sidsel Enoksen (Søndre Ringvassøya Utviklingslag). Landbasert fiske foregår i området anlegget skal plasseres, samt i området ved Håkjerringholmen på Kvaløysida. De aller fleste klarer ikke å kaste så langt som ut til det planlagte anlegget, men de kan kanskje komme i konflikt med fortøyningen. Fritidsfiske fra båt vil i større grad kunne komme i konflikt med tiltaket, primært gjennom bruk av aktivt bruk som jukse og dorg, som kan sette seg fast i fortøyningskjetting. Siden det ikke er kollisjonsfare med selve propellene, representerer ikke selve anlegget en større hindring for fritidsfiske fra båt.

3.8 Fritidsdykking i området

Ishavsbyen dykkerklubb (kilde: leder Stig-Arne Stokkan) har et av sine utgangspunkter ved den gamle asfaltkaia like ved det planlagte anlegget. Anlegget har vært oppe til diskusjon blant medlemmene samt i styret i klubben. De ser at anlegget kan begrense deres aktivitet, men de

vet lite om det. De lurer bl.a. på om det vil være sikkerhetssoner de må forholde seg til, hvorvidt anlegget vil være sikret med nett, hvor langt fra land anlegget ligger med mer. De regner med at de ikke kan dykke ut fra dette punktet lenger. Deres andre utgangspunkt er avkjøring på Kvaløysida innenfor Håkjerringholmen. De regner med at de maks driver 1.5-2 km ved dykking når det er strøm, og tror derfor at dykking fra denne lokaliteten ikke vil bli berørt.

Dykkersenteret i Tromsø ved Bjørn Pedersen hevder at de må kutte kursvirksomhet ved anlegget, kanskje i hele Kvalsundet dersom et slikt anlegg plasseres der. Han mener at en svært høy andel av fritidsdykkingen i Tromsø foregår i Kvalsundet. Faren de ser er at de kan bli tatt av turbulensen fra rotorene, og bli dratt inn i anlegget. Imidlertid tror han at man kanskje kan dykke ved anlegget med strømmen, slik at de unngår å bli trukket inn mot anlegget. Nøyaktig plassering av anlegget kan dermed ha relativt stor betydning for denne aktiviteten. Pedersen påpekte at Dykkersenteret i Tromsø ikke har fått henvendelser fra utbygger om planene, og han trodde at det dreide seg om anlegget i Kvalsundet ved Hammerfest.

Marius Havik, leder i Studentenes Undervannsklubb i Tromsø, sier at de ikke dykker dypere enn 20 meter, og trodde kanskje at de dermed ikke ville bli berørt. Ved nærmere vurdering av hvor nært anlegget kommer deres aktivitetsområde, antok han at de ikke ville dykke fra utgangspunktet ved tunnelinnslaget på Kvaløysida. Denne klubben dykker primært fra dette punktet, da man er avhengig av båt fra utgangspunktet innenfor Håkjerringholmen. Han legger vekt på at de i klubben trenger en avklaring av hvor det er sikkert å dykke. Han regner med at klubben står for ca. 300 dykk årlig i området fra tunnelinnslaget på Kvaløya og 1.5 km utover sundet.

Leder Håvard Haugland i Tromsø Undervannsklubb sier at området der anlegget er planlagt brukes mye av deres klubb. De dykker ofte ned til 30 og 40 meter. Han legger vekt på at de må ha en sikkerhetssone på "mange hundre meter" motstrøms anlegget. Derimot lar det seg gjøre å dykke medstrøms fra anlegget. De har alltid båt tilgjengelig under dykking, og står kanskje dermed friere til å dykke den retningen det er mulig, i motsetning til andre klubber som bruker området. Håvard Haugland ser på anlegget som en degradering av området i forhold til dykking, men mener de vil klare å tilpasse seg anlegget.

4 Diskusjon

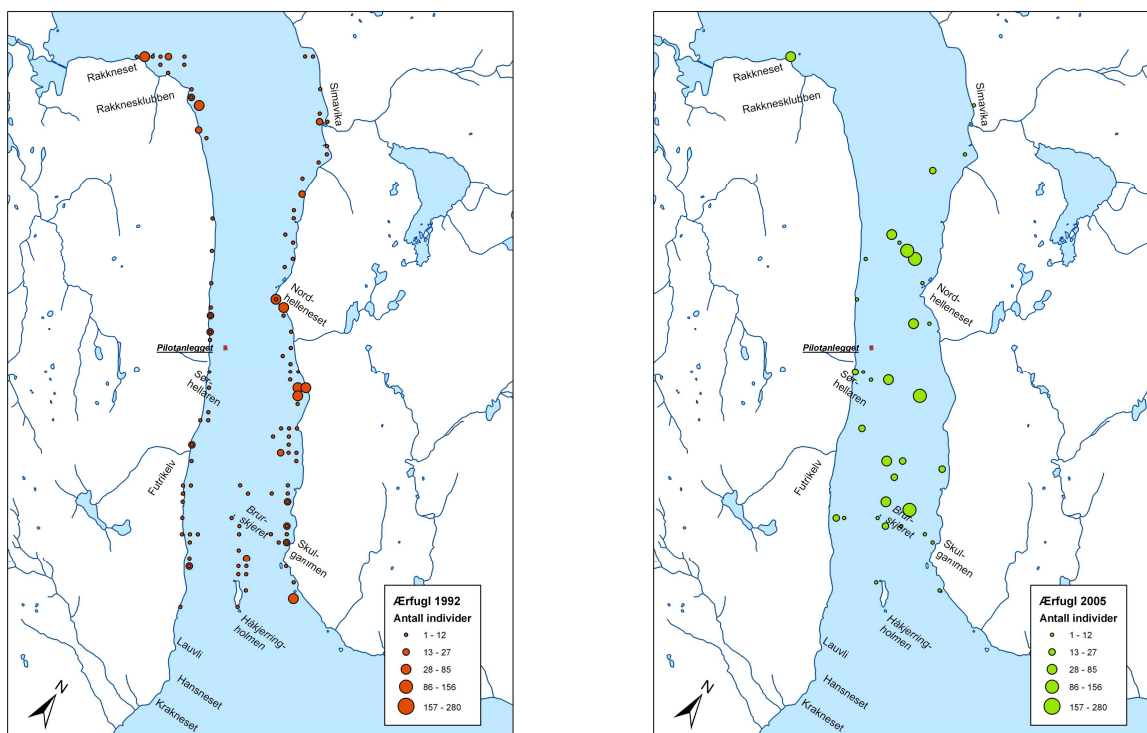
4.1 Datagrunnlaget

Av de dykkende fugleartene er ærfugl og praktærfugl de mest tallrike. De bruker den delen av sundet som er aktuell for tiltaket i utstrakt grad. Det er interessant å merke seg at utbredelsen for disse artene er nokså forskjellig i 1992 og 2005. Ærfuglene beitete i mars – april 1992 i små flokker på grunt vann (figur 8a), mens de i 2005 opptrådte i større flokker mer mot midten av sundet (figur 8b). Også praktærfuglene beitete i større flokker i 2005 (figur 9b i forhold til 9a). Årsaken til dette er uviss, men kan skyldes for eksempel habitatforandringer (nedbeiting av tareskogen) og forskjeller i beitepress mellom disse to årene. I forhold til mulige konsekvenser av tiltaket kan dette ha noe å si, avhengig av hvor det ennå finnes tareskog.

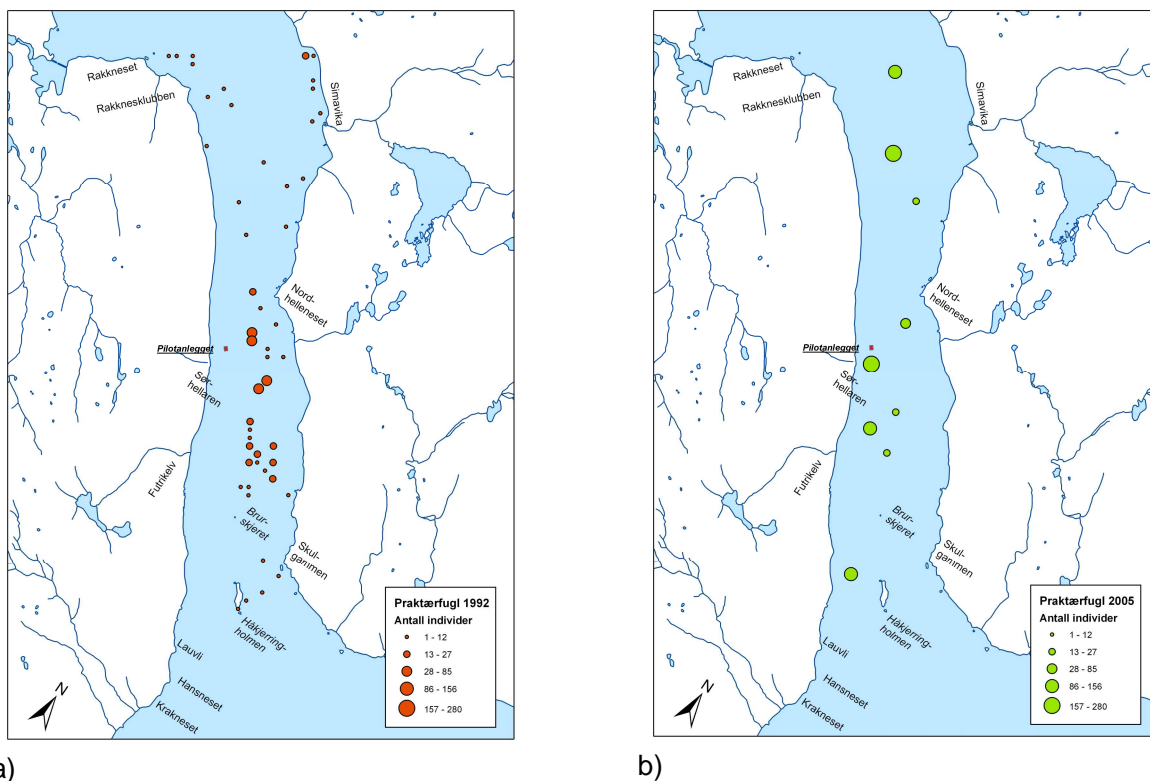
Antall registrerte ærfugl og praktærfugl i området var høyere på 90-tallet enn i 2005. Dette er en effekt av at antallet fugl i Kvalsundet normalt er størst tidligere på vinteren enn når tellingene i 2005 ble gjort. Antallet i mars 2005 er lavere enn tidligere, men variasjonen denne måneden kan forventes å være høyere enn tidligere på vinteren, da bestandene i denne perioden er i bevegelse ut av Kvalsundet. Dette viser viktigheten av datainnsamling til forskjellige tider av året.

Mer tilfeldige trekk av sjøpattedyr som nise, spekkhogger og havert inn eller ut av sundet ble ikke fanget opp av feltarbeidet i 2005. Steinkobbe har mest sannsynlig en stabil bestand med tilknytning til området, likeså oter.

I forhold til framtidige undersøkelser vil mulige konsekvenser lettest kunne kartlegges for ærfugl, praktærfugl og storskarv, samt for oter.



a) **Figur 8.** Forskjell mellom 1992 og 2005 i utbredelsen av beitende ærfugl i Kvalsundet. Flokkene er større og beiter lengre fra land i 2005.



a) b)
Figur 9. Forskjell mellom 1992 og 2005 i utbredelsen av beitende praktærfugl i Kvalsundet. Områdebruken er ganske forskjellig mellom de to årene, noe som kan skyldes forandringer i næringsgrunnlaget. Flokkene er større i 2005, men det totale antallet mindre.

Nøyaktig datagrunnlag for andre grupper enn fugl, bunnflora og fauna mangler. Det finnes relevante data for oter og sjøpattedyr, men ikke med høy oppløsning. Ved en analyse av effekter og konsekvenser senere, må slike data samles inn dersom man skal oppnå kvantifiserbare resultater.

4.2 Mulige konsekvenser som følge av tiltaket

Tiltaket kan ha flere mulige negative konsekvenser. Dersom tiltaket beslaglegger deler av leveområdet som er viktige for de berørte artene, vil konsekvensene kunne være påviselige, med effekter på overlevelse og generell bruk av området. Hvis tiltaket gir en skremmeeffekt, men det for eksempel finnes alternative beiteområder av like god eller bedre kvalitet, vil konsekvensene kunne være mindre.

Skader ved kollisjon mellom turbinbladene og organismer er todelt: Konsekvensene for anlegget vil være negative, dersom store sjøpattedyr kolliderer med turbinen (skade på turbin). Det foreligger også en risiko for skade på fisk, fugl og pattedyr som kolliderer med turbinbladene. Skader på bunnfauna pga. endrede strømforhold er en annen mulig effekt.

4.2.1 Effekter på fugl

Fugl har generelt god evne til å tilpasse seg menneskeskapt installasjoner. Særlig gjelder dette for individer som bruker et område over lengre tid, og som dermed blir vant til installasjonen. Trekkende arter som oppholder seg kortere tid i området, eller som kommer inn i området sporadisk, vil derimot være mer utsatt for "skremmeeffekt" og eventuelle skader.

Storskarv benytter ofte menneskeskapt installasjoner, som båtvrak, fyrlykter og lignende. Installasjonen er en potensiell sitteplass for denne arten, samt for måseartene. Måseartene vil ikke komme i konflikt med selve turbinen, da de ikke dykker. Når skarvene forlater og ankommer slike sitteplasser, er det noen som lander på sjøen først, eller hopper på sjøen når de for-

later sitteplassen. Noe dykkeadferd foregår gjerne i denne sammenhengen. Ved lykta på Bru-deskjeret i Kvalsundet, begynte skarvene umiddelbart å beite, det vil si dykke, når de hoppet av skjeret/lykta. Atferden til skarv i forhold til slike installasjoner er ellers ukjent. Dersom bytte-dyr som småfisk tiltrekkes av anlegget/bruker det som skjul, vil risikoen for skade øke. Dette gjelder også arter som oter og steinkobbe.

Ærfugl og praktærfugl, samt til en viss grad havelle, er de artene som oppholder seg mest i det området turbinen er planlagt, både i forbindelse med beiting og hvile. Dykkendene beiter på bunndyr (for eksempel Bustnes & Erikstad 1988, 1990). Skjell og andre organismer som setter seg på installasjonen vil altså kunne være potensielle næringsemner for disse artene. En beitesyklus for praktærfugl består i at flokken dykker ned til bunnen, og er under vann opp til 90 sekunder. Arten beiter gjerne i de mer strømsterke delene av sundet. De føres et godt stykke med strømmen før de kommer opp, hviler ca. like lenge og dykker på nytt. I løpet av et kvarter har dermed flokken beveget seg gjennom et relativt stort område.

Det vil være viktig både å studere effekter av tiltaket som hinder ved beiting, tiltakets skremme/tiltrekningseffekt geografisk i sundet og kollisjonsrisikoen med turbinbladene i når installasjonen er i drift.

4.2.2 Effekter på sjøpattedyr og oter

Sjøpattedyr og oter vil kunne være utsatt for kollisjoner med anlegget. Disse kan bli skadet av turbinbladene. Parallele skadebilder er sett på sjøpattedyr som delfiner og sjøkuer i forbindelse med fritidsbåttrafikk. Effekter av tiltaket på disse gruppene vil kunne tilsvare effekter på fugl. I tillegg vil støy (se under) kunne påvirke denne gruppen.

4.2.3 Effekter på bunnfauna og -flora

Konsekvenser for bunnfaunaen og –floraen vil sannsynligvis ikke kunne spores. Bunnforholdene i området er nokså robuste, og er fra før av utsatt for sterk turbulens. Det er sannsynlig at predasjonen på kråkeboller under selve anlegget vil bli redusert, da dykkendene vil holde seg borte fra området rett under anlegget. Hvorvidt dette kan påvirke veksten av tareskog lokalt, vites ikke.

4.2.4 Fiskeressurser og effekter av lyd på fisk og sjøpattedyr.

På generelt grunnlag (basert hovedsaklig på gjennomgang av tilgjengelig vitenskaplig litteratur), kan etablering av det beskrevne tidevannskraftverket i Kvalsundet tenkes å komme i konflikt med forekomster av fisk og sjøpattedyr enten ved at anleggets drift og tilstedeværelse av ulike årsaker påvirker dyrenes atferd (atferdspåvirkende effekter), og/eller ved at anleggets drift på andre måter påvirker mengden eller sammensetningen av marine dyr i området. For eksempel vil støy generert av anlegget kunne medføre at dyr skremmes bort eller tiltrekkes fra anlegget og således virke som en atferdspåvirkende faktor.

En annen atferdspåvirkende faktor kan være at installasjonen virker som et "kunstig rev", som aktivt tiltrekker ulike marine organismer. På den annen side vil fisk og sjøpattedyr som naturlig ferdes i området ved tidevannskraftverket kunne risikere skade eller død dersom de ikke har en unnvikelsesreaksjon til de roterende bladene, hvilket for enkelte arter kan tenkes å påvirke mengden eller sammensetningen av marine dyr i sundet over tid. Mulige effekter av anlegget kompliseres videre av indirekte og sammensatte effekter (effekter av effekter), samt av grad av eventuell tilvenning over tid.

En kartlegging av mulige effekter og potensielt skadeomfang på fisk og sjøpattedyr som følge av etablering av den beskrevne typen tidevannskraftverk vanskeligjøres i dag av store hull i det basale kunnskapsgrunnlaget vedrørende de aktuelle artenes naturlige vandringsatferd

samt deres atferdsmessige og fysiologiske responser til generert lyd og anlegget som sådan. Spesielt gjelder dette i forhold til hørsel hos fisk ved lave frekvenser og infralyd, da dette er dårlig kartlagt for de aller fleste fiskearter. Kartlegging av høreområde for relevante arter og livsstadier der hørsel foreløpig ikke er kartlagt i det hele tatt vil også være viktig kunnskap for vurdering av mulige effekter av anlegget. Alle slike undersøkelser bør sammenholdes med faktiske målinger av naturlig bakgrunnsstøy og lydbildet som genereres av anlegget gjennom tidevannssyklusen, og fokusere på å finne årsakene til mulige effekter på fisk og sjøpattedyr slik at dette kan tas hensyn til i den videre planleggingen av nye tidevannsanlegg. For eksempel kan skader eller dødelighet som følge av kollisjon med turbinblader tenkes å reduseres ved å aktivt sende ut "skremmelyd" ved optimal frekvens og styrke. Tilsvarende kan en anta at en mulig akustisk barriere-effekt kan unngås enten ved tekniske løsninger som frekvensforflytter den genererte lyden, alternativt ved valg av lokaliteter med lavere vanndybder eller andre bunnforhold slik at lydbølgenes forplantning / utstrekning reduseres. For å identifisere slike effekter, årsaker og mulige løsninger vil det være essensielt å kombinere observasjoner og dokumentasjon ved anlegget (målinger av generert lyd, registrering av skader og dødelighet) med faktiske målinger av atferd og fysiologi på frittstående fisk i det eksponerte området (i.e. ved bruk av biotelemetri), kontrollerte eksperimenter i nær-naturlige omgivelser (e.g. frittstående fisk i merder), samt laboratorieeksperimenter for å identifisere basale atferdsresponser og hørsel.

4.2.5 Kunstige rev effekter

Effekten av etablering av tidevannskraftverk som et mulig "kunstig rev" er noe som burde undersøkes siden både etablert internasjonal litteratur (Bjordal & Johnstone, 1993; Dempster et al. 2002; 2005; Smith et al., 2003; Thetmeyer et al., 2003; Boyra et al.; 2004; Tuya et al., 2005; Giannoulaki et al. 2005) samt nye undersøkelser fra Troms og Finnmark (Bjørn 2005, Bjørn et al. 2005; Bjørn et al. in prep; Bjørn et al. upublisert) tyder på at en slik effekt kan forventes. Dette vil gi forvaltninga og næringslivet nødvendige data for å kunne minimalisere de negative (for eksempel forstyrrelser i naturlig vandringsmønster) og øke de positive (for eksempel kunstige konstruksjoner som beskytta oppvekstområder for mindre kysttorsk) effektene av slike konstruksjoner i kyst og fjordstrøk. Dette forutsetter imidlertid at ikke negativ effekt av lyd eller bevegelse opphever effekten av tidevannskraftverket som et "Fish aggregating device" (FAD).

4.2.6 Effekter på yrkesfiske

Det pågår ikke yrkesfiske av betydning i området. Dette temaet vurderes dermed ikke å bli berørt av tiltaket.

4.2.7 Effekter på fritidsfiske

Fritidsfisket fra land vil lite sannsynlig bli berørt av anlegget. Det ligger så langt fra land at de færreste kaster så langt. Fritidsfiske fra båt virker heller ikke særlig problematisk, bortsett fra eventuelle konflikter mellom ankring/aktivt bruk og fortøyningsvaiere/strømkabler. Det bør vurderes en sikkerhetssone for dette.

4.2.8 Effekter på fritidsdykking

Fritidsdykking i området vil kunne bli redusert. En viktig, sikkerhetsmessig faktor vil være soner med dykkeforbud ved anlegget, samt informasjon og samarbeid med dykkerforeningene.

5 Referanser

5.1 Personlige meddelser

Ann-Sidsel Enoksen, leder Søndre Ringvassøya Utviklingslag.
 Bjørn Pedersen, Dykkersenteret i Tromsø
 Harald Johansen, Hammerfest Strøm AS
 Håvard Hauglann, leder Tromsø Undervannsklubb
 Kjell Midling, Fiskeriforskning
 Marius Havik, leder Studentenes Undervannsklubb i Tromsø
 Ole Jørgen Lønne, Havforskningsinstituttet
 Stig-Arne Stokkan, leder Ishavsbyen dykkerklubb
 Svein Henriksen, Hydra Tidal Energy Technology AS
 Torstein Pedersen, Norges Fiskerihøgskole

5.2 Litteratur

- Andersen, S. 1970. Auditory sensitivity of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*). Invest Cetacea 2, 246 – 250.
- Bjordal, Å. & Johnstone, A.D.F. 1993. Local movements of saithe (*Pollachius virens* L.) in the vicinity of fish farm cages. – ICES mar. Sci.Symp., 196: 143-146.
- Bjordal, Å. & Skar A.B. 1993. Local movement of saithe *Pollachius virens* L. in the vicinity of fish farms. ICES Marine Sci.
- Bjørn, P.A. 2005. Artificially created ecosystems (ACEs) in coastal waters: developing technical methods to assess their effects on wild fish assemblages in cold-water environments (Coast ACE), Project proposal to the Norwegian Research Council, 2005
- Bjørn, P.A., Sæther, B.S., Dale, T., Michalsen, K., Svåsand, T. 2005 Behavioural responses in wild coastal cod exposed to salmon farms possible effects of salmon holding water – a field and experimental study. Sluttrapport
- Boyra, A., Sanches-Jerez P., Tuya F., Espino F., Haroun R. 2004. Attraction of wild coastal fishes to Atlantic subtropical cage fish farms. Gran Canaria Islands. Env. Biol Fish /0 (4), 39-401.
- Bustnes, J. O., & Erikstad, K.E. 1990. Size selection of common mussels, *Mytilus edulis*, by Common Eiders, *Somateria mollissima*: Energy maximization or shell weight minimization? Canadian Journal of Zoology 68:2280-2283.
- Bustnes, J. O., & Erikstad, K.E. 1988. The diets of sympatric wintering populations of Common Eider *Somateria mollissima* and King Eider *S. spectabilis* in Northern Norway. Ornis Fennica 65: 163-168.
- Bustnes, J.O. & Lønne, O.J. 1995. Sea ducks as predators on sea urchins in a northern kelp forest. In: Skjoldal, H.R., Hopkins, C., Erikstad, K.E., Leinaas, H.P. (eds) 1995. Ecology of Fjords and Coastal Waters. Elsevier Science B.V.
- Bustnes, J.O. & Lønne, O.J. 1997. Habitat partitioning among sympatric wintering Common Eiders *Somateria mollissima* and King Eiders *S. spectabilis*. Ibis 139:549-554.
- Chapman, C.J. & Hawkins, A.D., 1963. A field study of hearing in the cod, *Gadus morhua*. J. Comp. Physiol. 85, 147 - 167.
- Chapman, C.J. & Sand, O., 1974. Field studies of hearing in two species of flatfish, *Pleuronectes platessa* and *Limanda limanda*. Comp. Biochem. Physiol. 47A, 371-385.
- Dadswell, M.J. & Rulifson, R.A., 1994. Macrotidal estuaries: a region of collision between migratory marine animals and tidal power development. Biological Journal of the Linnean Society 51, 93-113.
- Dempster, T., Fernandez-Jover D., Sanchez-Jerez P., Tuya F., Bayle-Sempere J., Boyra A., Haroun R.J. 2005. Vertical variability of wild fish assemblages around sea-cage fish farms: implications for management. Marine Ecology Progress Series (in press).

- Dempster, T., Sanches-Jerez P., Bayle-Sempere J.T., Gimenez-Casualdero F., Valle C. 2002. Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term variability. *Marine Ecology Progress Series* 242, 237-252.
- Dempster, T., Sanchez-Jerez P., Bayle-Sempere J.T., Kingsford M.J. 2004. Extensive aggregation of wild fish at coastal sea-cage fish farms. *Hydrobiologia* 525 (1-3), 245-248.
- Engås, A. & Løkkeborg S, 2002. Effects of seismic shooting and vessel-generated noise on fish behaviour and catch rates. *Bioacoustics Vol 12 (2/3)*, 313-316.
- Enger, P.S., 1967. Hearing in herring. *Comp. Biochem. Physiol.* 22, 527-538.
- Enger, P.S., 1981. Frequency discrimination in teleosts – central or peripheral? In: Tavolga, W.N., Popper A.N. & Fay R.R. (eds.), *Hearing and sound communication in fishes*. Springer Verlag, New York, pp 243-255.
- Forward, R.B. & Tankersley R.A., 2001. Selective tidal-stream transport of marine animals. *Oceanography and Marine Biology* 39, 305-353.
- Giannoulaki, M., Machias, A., Somarakis, S., Karakassis, I. (2005). Wild fish spatial structure in response to presence of fish farms. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 85, 1271-1277
- Hawkins, A.D. & Johnstone A.D.F., 1978. The hearing of the Atlantic salmon, *Salmo salar*. *J. Fish Biol.* 13, 655-673.
- Hawkins, A.D. 1993. *Underwater sound and fish behaviour*. In: *Behaviour of teleost fishes*. 2nd edn. T.J. Pitcher (editor). Chapman & Hall, London.
- Johansson, T.B., Kelly, H., Reddy, A.K.N., Williams, R.H., Burnham, L. (eds.) 1993. *Renewable energy: Sources for fuel and electricity*. Island Press, Washington D.C., USA.
- Johnson, C.S., 1967. Sound detection thresholds in marine mammals. In: WN Tavolga (ed.), *Marine bio-acoustics*, vol 2, Pergamon, Oxford, U.K., pp 247-260.
- Karlsen, H.E., Piddington, R.W., Enger, P.S. and Sand, A. 2004. Infrasound initiates directional fast-start escape responses in juvenile roach *Rutilus rutilus*. *Journal of Experimental Biology* 207 (24), 4185-4193.
- Knudsen, F.R., Enger, P.S. and Sand, O. 1994. Avoidance responses to low-frequency sound in downstream migrating Atlantic salmon smolt, *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology* 45 (2), 227-233.
- Knudsen, F.R., Schreck, C.B., Knapp, S.M., Enger, P.S. and Sand, O. 1997. Infrasound produces flight and avoidance responses in Pacific juvenile salmonids. *Journal of Fish Biology* 51 (4), 824-829.
- Laist, D.W., Knowlton, A.R., Mead, J.G., Collet, A.S. and Podesta, M. 2001. Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science* 17 (1), 35-75.
- Løkkeborg, S., Humborstad, O.-B., Jørgensen, T., Soldal, A.V. 2002. Spatial-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platforms. *ICES Journal of Marine Science*, 59: S294–S299.
- MacLennan, D.N. & Simmonds, E.J. 1992. *Fisheries acoustics*. (Fish and fisheries series 5). Chapman & Hall, London.
- Martinez, M., Bedard, M., Dutil, J.-D. and Guderley, H. 2004. Does condition of Atlantic cod (*Gadus morhua*) have a greater impact upon swimming performance at U_{crit} or sprint speeds? *Journal of Experimental Biology* 207, 2979 – 2990.
- McCauley, R.D., Fewtrell, J. and Popper, A.N., 2003. High intensity anthropogenic sound damages fish ears. *Journal of the Acoustical Society of America* 113 (1), 638-642.
- McCauley, R.D., Fewtrell, J., Duncan, A.J. and Adhitya, A. 2002. Behavioural, physiological and pathological response of fishes to air gun noise. *Bioacoustics Vol 12 (2/3)*, 318-321.
- Mitson, R.B. 1995. Underwater noise of research vessels, Review and Recommendations. *ICES Cooperative Research Report No 209*.
- Møhl, B. 1968. Auditory sensitivity of the common seal in air and water. *J. Aud. Res.* 8 (1), 27-38.
- Popper, A.N. & Carlson, T.J. 1998. Application of sound and other stimuli to control fish behaviour. *Transactions of the American Fisheries Society* 127 (5), 673-707.
- Popper, A.N., Fay, R.R., Platt, C. and Sand, O. 2003. *Sound detection mechanisms and capabilities of teleost fishes*. In: *Sensory processing in aquatic environments*. SP Collin and JN Marshall (eds.). New York: Springer Verlag, pp 3-38.

- Richardson, W.J., Greene, C.R. Jr., Malme, C.I. and Thomson, D.H. 1995. Marine mammals and noise. Academic Press, San Diego, U.S.A.
- Sand, O. & Karlsen, H.E. 1986. *Detection of infrasound by the Atlantic cod*. Journal of Experimental Biology 125 (1), 197-204.
- Sand, O. & Karlsen, H.E. 2000. Detection of infrasound and linear acceleration in fishes. Pil. Trans. R. Soc. Lond. 355B, 1295-1298.
- Sand, O., Enger, P.S., Karlsen, H.E., Knudsen, F.R. and Kvernstuen, T. 2000. Avoidance responses to infrasound in downstream migrating European silver eels, *Anguilla anguilla*. Environ. Biol. Fish. 57, 327-336.
- Skog, T.E., Hylland, K., Thorstensen, B.E., Berntssen, M.H.G. 2003. Salmon farms affects the fatty acid composition and taste of wild saithe *Pollachius virens* L. Aquaculture Research, 2003, 34, 999-1007
- Smith, C., Machias A., Giannoulaki M., Somarakis S., Papadopoulou K.N., Karakassis, I. 2003. Diversity study of wild fish fauna aggregating around fish farms cages by mean of remotely operated vehicle (ROV). Abstract, 7th Hel Symp Oceanogr & Fish p 277.
- Snow, P.J., Plenderleith, M.B. & Wright, L.L. 1993. Quantitative Study of Primary Sensory Neuron Populations of 3 Species of Elasmobranch Fish. *Journal of Comparative Neurology* 334 97-103.
- Statkraft 2004. Pilotanlegg for tidevannskraftverk. Kvalsundet i Tromsø kommune. Søknad om tillatelse iht. lov om havner og farvann, Statkraft september 2004.
- Systad, G.H. & Bustnes, J.O. 2001. Coping with darkness and low temperatures: foraging strategies in Steller's eiders, *Polysticta stelleri*, wintering at high latitudes. Can. J. Zool. 79.
- Systad, G.H., Bustnes, J.O. and Erikstad, K.E. 2000. Behavioural responses to decreasing day length in wintering sea ducks. - Auk 117 (1):33-40.
- Szymanski, M.D., Bain, D.E., Kiehl, K., Pennington, S., Wong, S., Henry, K.R. 1999. Killer whale (*Orcinus orca*) hearing: Auditory brainstem response and behavioral audiograms. Journal of the Acoustical Society of America 106 (2), 1134-1141.
- Thetmeyer, H., Pavlidis, A., Cromey, C. 2003. Development of monitoring guidelines and modeling tools for environmental effects from Mediterranean aquaculture. Newsletter 3: Interactions between wild and farmed fish. P 7. >www.meramed.com>.
- Trannum, H.C., Pedersen, G., Dahl-Hansen, G.A. & Systad, G.H. 2002. Konsekvensvurdering av vannkraftanlegg i Kvalsundet, delprosjekt 1: Miljøkonsekvenser av pilotanlegg. - Akvaplan-niva rapport 2002(APN-411.2268.1) Akvaplan-NIVA, Tromsø.
- Tremel, D.P., J.A. Thomas, K.T. Ramirez, G.S. Dye, W.A. Bachman, A.N. Orban & K.K. Grimm 1998. Underwater hearing sensitivity of a Pacific white-sided dolphin, *Lagenorhynchus obliquidens*. *Aquatic Mammals* 24.2: 63-69.
- Tuya, F., Sanches-Jerez, P., Dempster, T., Boyra, A., Haroun, R. 2005. Changes in demersal wild fish aggregations beneath a sea-cage fish farm after the cessation of farming. Journal of Fish Biology (in review).
- Wahlberg, M. & Westerberg, H. 2005. Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. Marine Ecology Progress Series 288, 295-309.
- Wardle, C.S., Carter, T.J., Urquhart, G.G., Johnstone, A.D.F., Ziolkowski, A.M., Hampson, G. & Mackie, D. 2001. Effects of seismic air guns on marine fish. Continental Shelf Research 21 (8-10), 1005-1027.
- World Energy Council 1994. New renewable energy resources. Kogan Page Limited, London UK. ISBN 0 7494 12631.

NINA Rapport 112

ISSN:1504-3312
ISBN: 82-426-1660-4



Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: 9500 37 687

<http://www.nina.no>