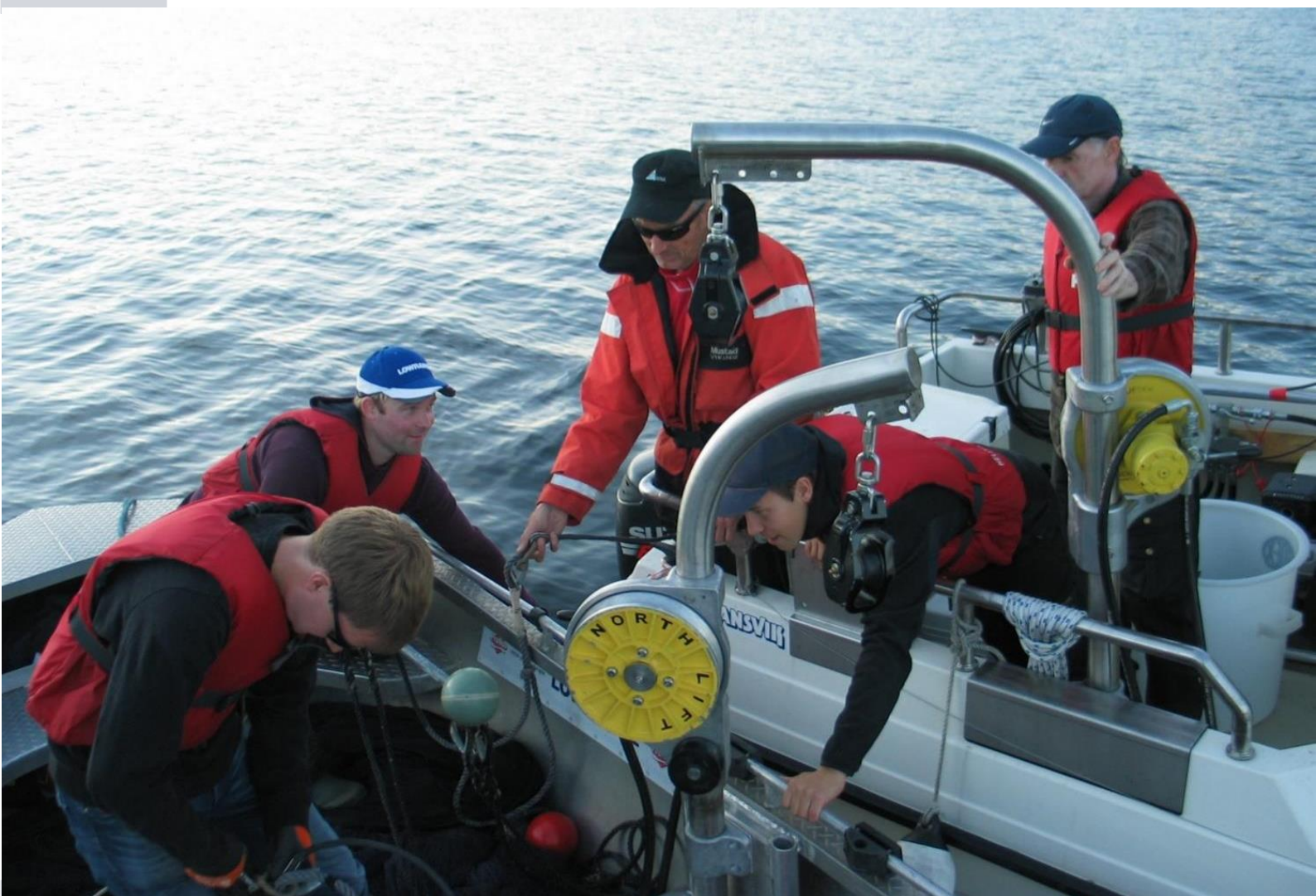


Overvåking av fiskebestander i store innsjøer

Metodeutprøving og anbefalinger

Odd Terje Sandlund (red.), Åge Brabrand, Karl Øystein Gjelland, Lars Erik Høitomt, Arne N. Linløkken, Kjetil Olstad, Oskar Pettersen, Atle Rustadbakken



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en 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.

Overvåking av fiskebestander i store innsjøer

Metodeutprøving og anbefalinger

Odd Terje Sandlund (red.),
Åge Brabrand,
Karl Øystein Gjelland,
Lars Erik Høitomt,
Arne N. Linløkken,
Kjetil Olstad,
Oskar Pettersen,
Atle Rustadbakken



FIST

Fisk i store innsjøer



Sandlund, O.T. (red.), Brabrand, Å., Gjelland, K.Ø., Høitomt, L.E., Linløkken, A.N., Olstad, K., Pettersen, O. & Rustadbakken, A. 2016. Overvåking av fiskebestander i store innsjøer. Metodeutprøving og anbefalinger. - NINA Rapport 1274. 64 s. + vedlegg

Trondheim, juli 2016

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2935-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

[Åpen]

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Odd Terje Sandlund

KVALITETSSIKRET AV

Trygve Hesthagen

ANSVARLIG SIGNATUR

Adm. direktør Norumm S. Myklebust (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Kontrakt nr. 15040050

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Steinar Sandøy, Gunnar Skotte

FORSIDEBILDE

Forberedelse til tråling. Foto: Atle Rustadbakken, NIVA

NØKKELOORD

- Østlandet (Oppland, Buskerud, Vestfold, Telemark)
- Store innsjøer (Randsfjorden, Tyrifjorden, Eikeren, Norsjø, Nisser, Tinnsjø)
- Pelagisk fiskesamfunn (Sik, Krøkle)
- Overvåking (Hydroakustikk, Trålfiske, Garnfiske)

KEY WORDS

- Southeast Norway
- Large lakes
- Pelagic fish community (whitefish, smelt)
- Monitoring
- Hydroacoustics
- Survey fishing (trawl, survey nets)

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo
Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Sandlund, O.T. (red.), Brabrand, Å., Gjelland, K.Ø., Høitomt, L.E., Linløkken, A.N., Olstad, K., Pettersen, O. & Rustadbakken, A. 2016. Overvåking av fiskebestander i store innsjøer. Metodeutprøving og anbefalinger. - NINA Rapport 1274. 64 s. + vedlegg.

Fiskebestandene i de åpne vannmassene (pelagialsona) ble undersøkt i seks store innsjøer (Nisser, Norsjø, Eikeren, Tinnsjø, Tyrifjorden, Randsfjorden) i Sør-Norge i august-september 2015. Målsetningen for prosjektet var å gi anbefalinger om hvilke metoder som bør brukes for innsamling av data om fiskebestandene i forbindelse med overvåking av økologisk tilstand under vannforskriften, samt å klassifisere vannforekomstene basert på de pelagiske fiskebestandene etter WS-FBI-indeksen (Weighted Stratified Fish Biomass Index). Denne indeksen relateres til eutrofiering i innsjøen og beregnes ut fra fiskebiomasse over og under sprangsjiktet (i hhv. epi- og hypolimnion).

Utprøvingen av metoder viste at ekkolodd egner seg godt til analyse av pelagisk fiskebestand, men bør ledsages av dokumentasjon av hvilke arter og størrelsesgrupper som forekommer i pelagialsona i vannforekomsten. Prøvefisket med partrål og ulike typer flytegarn viste at partrål fanger alle størrelsesgrupper av fisk i de åpne vannmassene i innsjøer med krøkle og sik som dominerende pelagiske fiskearter, dvs. f.o.m. årsyngel av krøkle (30-40 mm) til gytemoden sik (300 mm og mer).

I henhold til WS-FBI-indeksen er både Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden i **svært god tilstand** i forhold til påvirkning fra eutrofiering. Eikeren er noe mer påvirket, men er også den i **god tilstand**.

Det ble foretatt hydroakustiske (ekkolodd-) registreringer av pelagiske fiskebestander om natta i alle innsjøene. Fangst av fisk ble utført med pelagisk trål i tre av innsjøene, nordisk oversiktsgarn flytegarn i fire av sjøene og serier av flytegarn i tre av sjøene.

I Nisser ble det fisket med nordisk oversikts flytegarn i tre dyp (ned til 24 m). Det var små fangster; åtte sik og tre aure, mellom 180 og 350 mm, alle fanget i 0-6 m dyp. Total biomasse beregnet ut fra ekkolodd-data var $1,03 \text{ kg ha}^{-1}$, som fordelte seg med $0,54 \text{ kg ha}^{-1}$ over sprangsjiktet (i epilimnion) og $0,49 \text{ kg ha}^{-1}$ under sprangsjiktet (i hypolimnion). Små garnfangster gjør det vanskelig å beregne andel sik og aure i dette. Basert på WS-FBI-indeksen betyr dette at fiskebestanden i de åpne vannmassene i Nisser er i svært god tilstand i forhold til eutrofiering.

I Norsjø ble det fisket med trål i to dyp (ned til 25 m), med nordisk oversikts flytegarn i tre dyp (ned til 24 m) og flytegarn i SNSF-serien i to dyp (ned til 12 m). Fangstene i alle redskaptypene var størst nær overflata (<10 m dyp). Trålen fanget krøkle i alle størrelsesgrupper, fra 30-40 mm (0+) til 130 mm (kjønnsmoden fisk). Sikfangstene i trålen var dominert av fisk mellom 210 og 300 mm (juvenil og kjønnsmoden fisk), og med enkelte ungfisk ned til 110 mm. Nordisk flytegarn fanget ikke 0+ krøkle, men ellers tilnærmet de samme lengdegruppene som trålen, dvs. fra krøkle på ca. 75 mm til sik på 300 mm. SNSF-serien fanget ikke krøkle, bare sik fra 10 til 285 mm. Biomasse av pelagisk fisk i Norsjø beregnet ut fra ekkolodd-data var $1,47 \text{ kg ha}^{-1}$ krøkle og $4,08 \text{ kg ha}^{-1}$ sik. Basert på WS-FBI-indeksen indikerer fiskebestanden i de åpne vannmassene at Norsjø er i svært god tilstand i forhold til eutrofiering.

I Eikeren ble det fisket med trål i tre dyp (ned til 23 m) og med nordisk oversikts flytegarn i tre dyp (ned til 24 m). Fangstene av krøkle var størst nær overflata (<6 m), mens siken fordelte seg jevnere på alle avfiskete dyp. Trålen fanget krøkle mellom 35 og 130 mm (fra årsyngel til gytemoden fisk), mens flytegarna fanget krøkle mellom 80 og 120 mm (vesentlig gytemoden fisk). De to redskapstypene fanget sik innenfor tilnærmet de samme lengdegruppene; fra 110 til 300 mm. Krøkle dominerte både i fangstene og i ekkolodd-data. Ekkolodd-data viste at det var svært ujevn fordeling av fisk i epilimnion, med hhv. 2263, 185 og 289 fisk ha^{-1} i den sørlige, midtre og nordlige delen av innsjøen. I gjennomsnitt for hele innsjøen var biomassen av krøkle $2,52 \text{ kg ha}^{-1}$ og av sik $22,0 \text{ kg ha}^{-1}$. Basert på WS-FBI-indeksen indikerer fiskebestanden i de åpne vannmassene at Eikeren er i god tilstand i forhold til eutrofiering.

I Tinnsjø viste fiske med nordisk oversikts flytegarn og flytegarn i utvidet Jensen-serie i 2013-14 at det var omtrent like mye aure og røye i pelagialsona. Auren i fangstene var mellom 180 og 350 mm, mens røya var mellom 180 og 330 mm. Modallengden til auren var 265 mm, for røya 255 mm. Ekkolodd-data fra Tinnsjø er vanskelig tolkbare, da en stor del av det registrerte spennet av ekkostyrke synes å representere fisk som er mye mindre enn det som ble fanget i flytegarnfisket. Ved en standard beregning av pelagisk fiskebiomasse i Tinnsjø fant vi som ventet, lave verdier. I hele vannsøylen var biomassen $1,04 \text{ kg ha}^{-1}$, fordelt på $0,73 \text{ kg ha}^{-1}$ i epilimnion og $0,31 \text{ kg ha}^{-1}$ i hypolimnion. Basert på WS-FBI-indeksen indikerer fiskebestanden i de åpne vannmassene at Tinnsjø er i svært god tilstand i forhold til eutrofiering.

I Tyrifjorden ble det fisket med trål i to dyp (ned til 25 m). Det var størst fangst av krøkle nær overflata (0-8 m), mens mest sik ble fanget på dypere vann (17-25 m). Krøkle dominerte i fangstene, med nesten 2200 fisk $>60 \text{ mm}$, samt et stort antall årsyngel. Krøklefangstene omfattet alle lengdegrupper fra årsyngel på 30-40 mm til gytemoden fisk på 90-120 mm. Sikfangsten var totalt 35 fisk, og var dominert av gytemoden fisk på 240-280 mm, samt en og annen ungfisk ned til 160 mm. Biomasse av pelagisk fisk i Tyrifjorden beregnet ut fra ekkolodd-data var $1,44 \text{ kg ha}^{-1}$ krøkle og $4,06 \text{ kg ha}^{-1}$ sik. Basert på WS-FBI-indeksen indikerer fiskebestanden i de åpne vannmassene at Tyrifjorden er i svært god tilstand i forhold til eutrofiering.

I Randsfjorden ble det fisket med flytegarn i SNSF-serien i tre dyp (ned til 26 m). Det ble fanget fire krøkle (90-129 mm) i 1-16 m dyp, mens sik ble fanget i alle avfiskete dyp, men mest i 10-16 m. Siken var mellom 130 og 330 mm, med topper i fordelingen på ca. 180 og 300 mm. Ekkolodd-data viste at den pelagiske fiskebestanden i Randsfjorden er dominert av årsyngel, eldre ungfisk og gytemoden fisk av krøkle, med en vesentlig mindre tetthet av ung og gytemoden sik. Biomasse av pelagisk fisk i Randsfjorden beregnet ut fra ekkolodd-data var $5,05 \text{ kg ha}^{-1}$ krøkle og $4,21 \text{ kg ha}^{-1}$ sik. Basert på WS-FBI-indeksen indikerer fiskebestanden i de åpne vannmassene at Randsfjorden er i svært god tilstand i forhold til eutrofiering.

Prøvefisket viste at partrål fanger alle størrelsesgrupper av fisk i de åpne vannmassene i innsjøer med krøkle og sik som dominerende pelagiske fiskearter, dvs. f.o.m. årsyngel av krøkle (30-40 mm) til gytemoden sik (300 mm og mer). Nordisk oversikts flytegarn fanger fiskestørrelser fra 8-10 cm, dvs. fra gytemoden krøkle til og med gytemoden sik. SNSF og lignende garnserier med minste maskevidde 10 mm fanger i liten grad gytemoden krøkle.

Ekkolodd egner seg godt til analyse av pelagisk fiskebestand, men tolkningen av data avhenger i stor grad av at man har dokumentert hvilke arter og størrelsesgrupper som forekommer i pelagialsona i vannforekomsten ved hjelp av minst mulig selektive fangstmetoder. Det er særlig viktig å være oppmerksom på at bruk av artsfordeling fra garnfangster ved fordeling av akustisk estimerte fisketettheter, kan resultere i kraftig overestimering av biomasse dersom de relevante artene har forskjellig fangbarhet. Større fisk er som oftest overrepresentert i garnfangster, selv om man bruker oversiktsgarn. Et eksempel på dette er innsjøer med sik og krøkle. Bruk av gjennomsnittsvekter basert på garnfangster ved beregning av biomasse vil derfor bidra til at biomassen blir overestimert. Dersom fiskesamfunnet blir undersøkt med garn og ekkolodd, er det altså ekstra viktig å bruke ekkostyrkefordelingen som støtte ved beregning av biomasse.

Forholdet mellom ekkostyrke («target strength», TS) og fiskelengde er imidlertid mangelfullt undersøkt for fiskearter i norske innsjøer, og det hersker usikkerhet om hvorvidt tidligere brukte regresjoner er gyldige for de relevante arter. Vi analyserte forholdet mellom ekkostyrke og fiskelengde for sik og krøkle i Norsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden, og fant modeller for sammenhengen som skiller seg noe fra tidligere publiserte modeller. Den mest brukte regresjonen for norske fiskesamfunn har vært $TS = 19,7 \log_{10}(L) - 68$ (Lindem & Sandlund 1984), der L er fiskens lengde (totallengde) målt i cm. Vi fant at denne funksjonen ser ut til å overestimere TS for krøkle, mens den underestimerer TS for sik, og da særlig stor sik. Dette har forårsaket at biomasse er overestimert for undersøkelser der biomasseestimatene er basert på TS og Lindem-Sandlund regresjonen. Det er nødvendig med oppfølgende studier av forholdet mellom TS og fiskelengde, fortrinnsvis med data fra innsjøer med både liten og stor pelagisk sik, og eksperimentelle og teoretiske vurderinger.

Odd Terje Sandlund, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685, 7485 Trondheim
odd.sandlund@nina.no

Åge Brabrand, Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Postboks 1172, Blindern, 0318 Oslo
age.brabrand@nhm.uio.no

Karl Øystein Gjelland, NINA, Framsenteret, Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø
Karl.Gjelland@nina.no

Lars Erik Høitomt, lars.erik.hoitomt@gmail.com

Arne N. Linløkken, Høgskolen i Hedmark, Postboks 400, 2418 Elverum arne.linlokken@hihm.no

Kjetil Olstad, NINA, Fakkeltgården, 2624 Lillehammer kjetil.olstad@nina.no

Oskar Pettersen, NINA, Postboks 5685, 7485 Trondheim oskar.pettersen@nina.no

Atle Rustadbakken, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Sandvikavegen 59, 2312 Ottestad atle@rustadbakken.no (nåværende adresse fmheatru@fylkesmannen.no).

Abstract

Sandlund, O.T. (Ed.), Brabrand, Å., Gjelland, K.Ø., Høitomt, L.E., Linløkken, A.N., Olstad, K., Pettersen, O. & Rustadbakken, A. 2016. Monitoring of pelagic fish in large lakes – exploring methods. - NINA Rapport 1274. 64 pp. + annexes.

The pelagic fish stocks were investigated in six large lakes (Nisser, Norsjø, Eikeren, Tinnsjø, Tyrifjorden, Randsfjorden) in south-eastern Norway in 2015. The aims of the project were: 1) To recommend cost-effective methods for monitoring fish stocks in large lakes under the EU Water Framework Directive (in Norway: «vannforskriften»). 2) To classify the ecological status of the water bodies according to the Weighted Stratified Fish Biomass Index (WS-FBI), which is related to eutrophication of lakes, and is estimated based on fish biomass in epi- and hypolimnion, respectively.

The trials with different methods demonstrated that the splitbeam echosounder is well suited to analyse the pelagic fish stock. The analyses should be based on water body specific documentation of which species and size groups of fish that are present. This documentation must, to the extent possible, be based on catches with non-selective fishing gear. The fishing gear trials demonstrated that the pair trawl caught all size groups of fish in the pelagic zone in lakes with smelt and whitefish as major fish species, i.e. from YOY smelt (30-40 mm) to adult whitefish (>300 mm).

According to the WS-FBI-index, five of the six investigated lakes were in **very good condition** in relation to eutrophication. These are Nisser, Norsjø, Tinnsjø, Tyrifjorden, and Randsfjorden. The only exception was Lake Eikeren, in **good condition**, i.e. a little more influenced by eutrophication.

Hydroacoustic recordings of pelagic fish were performed during night in August – September 2015 with a SIMRAD EY60 splitbeam echosounder in all six lakes. Fish was sampled with a pelagic pair trawl in three lakes, with pelagic Nordic survey nets in four lakes, and pelagic net series in three lakes.

In Lake Nisser, Nordic survey nets were fished in three depths 0-24 m. Catches were eight whitefish (*Coregonus lavaretus*) and three brown trout (*Salmo trutta*), all in the 0-6 m depth zone. Total pelagic fish biomass estimated from hydroacoustic data was 1.03 kg ha⁻¹ (0.54 kg ha⁻¹ in epilimnion and 0.49 kg ha⁻¹ in hypolimnion). The restricted gillnet catches renders estimation of species specific biomass difficult. According to the WS-FBI index, the ecological status of the pelagic fish stock in relation to eutrophication in Nisser is very good.

In Lake Norsjø, the pelagic pair trawl was fished in two depths between 0 and 25 m, the pelagic Nordic survey nets in three depths 0-24 m and the pelagic single net series (SNSF-series) in two depths 0 - 12 m. All gear types caught most fish close to the surface (<10 m). The trawl catches consisted of all size groups of smelt (*Osmerus eperlanus*), from 30-40 mm (age 0+) to 130 mm (adult fish). The whitefish catches were dominated by fish in the size groups between 210 and 300 mm (i.e., subadult and adult fish), with a few juvenile as small as 110 mm. Pelagic Nordic survey nets did not catch any age 0+ smelt, but otherwise the same length groups as the trawl, from smelt at 75 mm up to whitefish at 300 mm body length. The SNSF-series of pelagic nets caught only whitefish, from 160 to 280 mm length. The biomass of pelagic fish in Norsjø was estimated at 1.47 kg ha⁻¹ smelt and 4.08 kg ha⁻¹ whitefish. According to the WS-FBI index, the ecological status of the pelagic fish stock in relation to eutrophication in Norsjø is very good.

In Lake Eikeren, the pelagic pair trawl was fished in three depths 0-23 m, and the pelagic Nordic survey nets in three depths 0-24 m. Smelt catches were highest close to the water surface (<6 m), while whitefish catches were more evenly distributed in all three depths. The trawl caught smelt between 35 and 130 mm (from age 0+ to adults), while smelt in pelagic net catches were between 80 and 120 mm (mainly adult fish). Both gear types caught whitefish of similar length groups, 110 to 300 mm. Smelt size groups dominated in catches as well as in the hydroacoustic recordings. The hydroacoustics indicated great horizontal variation in fish density in Eikeren; with 2263, 185 and 289 fish ha⁻¹, respectively, in the southern, central and northern section of the

lake. The mean biomass in the pelagic zone of the lake was 2.52 kg ha⁻¹ of smelt and 22.0 kg ha⁻¹ of whitefish. According to the WS-FBI index, the ecological status of the pelagic fish stock in relation to eutrophication in Eikeren is good.

In Lake Tinnsjø, fishing with pelagic Nordic survey nets and a series of single nets (extended Jensen-series) in 2013 and 2014 caught similar numbers of brown trout and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). The trout was between 180 and 350 mm (modal length 265 mm), while the charr was between 180 and 330 mm (modal length 255 mm). It is difficult to evaluate the hydroacoustic data from Tinnsjø because a large part of the recorded range of target strengths seems to indicate much smaller fish than caught by gillnets. As expected, a standard estimate of pelagic fish biomass resulted in low values. The total biomass was 1.04 kg ha⁻¹ (0.73 kg ha⁻¹ in epilimnion, 0.31 kg ha⁻¹ in hypolimnion). According to the WS-FBI index, the ecological status of the pelagic fish stock in relation to eutrophication in Tinnsjø is very good.

In Lake Tyrifjorden, the pelagic pair trawl was fished in two depths 0-25 m. Maximum number of smelt was caught close to the surface (<8 m), while whitefish catches were highest in deeper waters (17-25 m). Smelt dominated in the catches, with 2200 fish between 60 and 120 mm and a large but unrecorded number of age 0+ fish (30-40 mm). The total catch of whitefish was 35 fish, mainly adults between 240 and 280 mm, with a few juveniles down to 160 mm. Estimated biomass of pelagic fish in Tyrifjorden based on hydroacoustics was 1.44 kg ha⁻¹ smelt and 4,06 kg ha⁻¹ whitefish. According to the WS-FBI index, the ecological status of the pelagic fish stock in relation to eutrophication in Tyrifjorden is very good.

In Lake Randsfjorden, fishing was done in three depths (0-26 m) with pelagic nets of the SNSF-series. Only four smelt were caught (90-129 mm) in the 1-16 m depth zone. Whitefish was caught in all fished depths, with a maximum in 10-16 m. The whitefish lengths, between 130 and 330 mm, indicated a bimodal distribution with modes at approx. 180 and 300 mm. The hydroacoustic recordings indicated that the pelagic fish stock was dominated by smelt of all age groups (age 0+, subadults and adults), and with a substantially lower density of subadult and adult whitefish. Estimated biomass of pelagic fish in Randsfjorden based on hydroacoustics was 5.05 kg ha⁻¹ smelt and 4.21 kg ha⁻¹ whitefish. According to the WS-FBI index, the ecological status of the pelagic fish stock in relation to eutrophication in Randsfjorden is very good.

The survey fishing with different gear types in lakes with a dominance of smelt and whitefish in the pelagic habitat demonstrated that the pelagic pair trawl caught all species and size groups present. This corresponds to fish body lengths from 30 mm to 300 mm and above. Pelagic Nordic survey nets caught fish groups between adult smelt (80-100 mm) and adult whitefish (>300 mm). The SNSF-series and similar series of single pelagic nets with minimum mesh sizes at approx. 10 mm caught none, or only a few, adult smelt.

The splitbeam echosounder is well suited to record and analyze pelagic fish stocks in large lakes, but the interpretation of data depends to a large extent on a documentation of the species and size groups present with unselective fishing gears. In particular, applying the species distribution in gillnet catches to assign fish densities in the hydroacoustic data may result in major overestimation of biomass if the catchability varies among species. Large fish is normally overrepresented in gillnet catches, even in Nordic survey nets. One example is lakes with smelt and whitefish. Applying mean weights from gillnet catches will therefore result in overestimated biomass values. In such cases, it is important to use the target strength distribution from the echosounder data as the basis for biomass estimates.

However, the relationship between target strength and fish length is poorly investigated for the fish species present in Norwegian lakes, and the reliability of previously published regression models is uncertain. We analyzed the relationship between target strength and fish length for whitefish and smelt in Norsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden, and found regression models which differ from earlier models. The most used earlier model appears to overestimate target strength for smelt and underestimate target strength for whitefish, in particular for large whitefish. This has resulted in overestimated biomass values in investigations based on this model. Further

investigations of the relationship between target strength and fish length are required, in particular from lakes with both small and large pelagic whitefish, accompanied by experiments and theoretical considerations.

Odd Terje Sandlund, Norwegian Institute for Nature Research (NINA), P.O. box 5685, 7485 Trondheim odd.sandlund@nina.no

Åge Brabrand, University of Oslo, P.O. box 1172, Blindern, 0318 Oslo age.brabrand@nhm.uio.no

Karl Øystein Gjelland, NINA, Framsenteret, P.O. box 6606 Langnes, 9296 Tromsø Karl.Gjelland@nina.no

Lars Erik Høitomt, lars.erik.hoitomt@gmail.com

Arne Linløkken, Hedmark University of Applied Sciences, P.O. box 400, 2418 Elverum arne.linlokken@hihm.no

Kjetil Olstad, NINA, Fakkeltgården, 2624 Lillehammer kjetil.olstad@nina.no

Oskar Pettersen, NINA, Postboks 5685, 7485 Trondheim oskar.pettersen@nina.no

Atle Rustadbakken, Norwegian Institute for Water Research (NIVA), Sandvikavegen 59, 2312 Ottestad atle@rustadbakken.no (present adress fmheatru@fylkesmannen.no).

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	6
Innhold	9
Forord	11
1 Innledning	12
2 Materiale og metoder	14
2.1 Utstyr.....	14
2.1.1 Pelagiske garn (flytegarn).....	14
2.1.2 Pelagisk partrål.....	14
2.1.3 Ekkolodd.....	14
2.1.4 Temperatur- og oksygenforhold.....	15
2.2 Metoder.....	15
2.2.1 Programvare og analysestandarder.....	15
2.2.2 Hydroakustisk registrering og analyser.....	15
2.2.3 Forholdet mellom lengde og ekkostyrke.....	16
2.2.4 Vannforskriften og økologisk tilstand.....	17
2.3 Lokalteter.....	18
3 Resultater	20
3.1 Fiskesamfunn.....	20
3.2 Nisser.....	21
3.2.1 Prøvefiske.....	21
3.2.2 Ekkoloddregistreringer.....	22
3.3 Norsjø.....	24
3.3.1 Prøvefiske.....	25
3.3.2 Ekkoloddregistreringer.....	27
3.4 Eikeren.....	29
3.4.1 Prøvefiske.....	29
3.4.2 Ekkoloddregistrering.....	31
3.5 Tinnsjø.....	35
3.5.1 Prøvefiske.....	35
3.5.2 Ekkoloddregistreringer.....	36
3.6 Tyrifjorden.....	39
3.6.1 Prøvefiske.....	39
3.6.2 Ekkoloddregistreringer.....	41
3.7 Randsfjorden.....	42
3.7.1 Prøvefiske.....	43
3.7.2 Ekkoloddregistreringer.....	43
3.8 Skal arts- og størrelsessammensetning baseres på fangst?.....	45
3.8.1 Tettheter observert med akustikk og trål.....	45
3.8.2 Sammenheng mellom fiskelengde og ekkostyrke.....	46
3.8.3 Biomasse-estimer basert på ny TS-lengde-regresjon.....	47
3.8.4 Dybdefordeling av fiskebiomasse.....	48
3.9 Økologisk tilstand basert på fisk.....	50
3.9.1 WS-FBI indeksen.....	50
3.9.2 NEFI-indeksen.....	51
4 Diskusjon	52
4.1 Innsjøtyper og fiskebestander.....	52

4.2	Fangstredskaper.....	52
4.3	Hydroakustiske registreringer - ekkolodd.....	53
4.3.1	Akustisk tetthetsestimering og forholdet mellom fiskelengde og ekkostyrke.....	53
4.3.2	Analyseintervaller og terskler.....	55
4.3.3	Biomasse-estimat med støtte i TS-fordelinger.....	55
5	Konklusjoner og anbefalinger.....	56
5.1	Vannforskriften og fisk.....	56
5.2	Anbefalinger.....	57
6	Referanser.....	59
	Referanser til tidligere arbeider angående fisk i de undersøkte innsjøene.....	62
	Liste over vedlegg.....	64

Forord

Etter søknad til Miljødirektoratet våren 2015 fikk et konsortium bestående av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo (NHM-UiO), Høgskolen i Hedmark (HiHm) og Norsk institutt for naturforskning (NINA) bidrag til å gjennomføre utprøving av metoder for overvåking av fiskebestander i store innsjøer, med fokus på den pelagiske delen av innsjøkosystemet (Kontraktsnr. 15040050 «Overvåking i store innsjøer – metodeutvikling fisk», prosjektnavn i kortform: Fisk i store innsjøer – FIST). Hensikten var delvis å gi anbefalinger for hvordan slik overvåking bør gjennomføres, og delvis også å gjennomføre en klassifisering av fiskebestandenes tilstand i forhold til kravene i vannforskriften. Feltarbeidet ble gjennomført høsten 2015 i seks innsjøer på Østlandet: Randsfjorden, Tyrifjorden, Nisser, Norsjø, Eikeren og Tinnsjø. Dette er seks av de sju store innsjøene som i 2015 har inngått i ØKOSTOR, Miljødirektoratets overvåking av store innsjøer under vannforskriften. I 2015 og 2016 omfatter ØKOSTOR, som gjennomføres av NIVA og NINA i samarbeid, alle kvalitetselementer unntatt fisk. Den sjuende innsjøen i ØKOSTOR-programmet er Gjende. Der gjennomførte Fylkesmannen i Oppland prøvefiske med garn i 2015. Resultatene derfra er rapportert i Norum mfl. (2016).

Konsortiet takker for støtten til prosjektet, og håper resultatene kan bli til hjelp i Miljødirektoratets videre arbeid med basisovervåking av store innsjøer i forbindelse med vannforskriften.

Juli 2016

Odd Terje Sandlund
Prosjektleder

1 Innledning

Store innsjøer er en av de vanntypene som skal inngå i basisovervåkingen under vannforskriften. Mens overvåkingen i mindre innsjøer har pågått i flere år (f.eks. Schartau mfl. 2015), har overvåkingen av store innsjøer først kommet i gang i 2015 i overvåkingsprosjektet ØKOSTOR (Lyche Solheim mfl. 2016), som dekker alle kvalitetselementer og støtteparametere unntatt fisk. Metodikk for overvåking av disse økologiske kvalitetselementene, så vel som de fysiske-kjemiske parametrene, er godt utviklet, mens dette ikke er tilfelle når det gjelder fisk. FoU-prosjektet som rapporteres her har tatt sikte på å komme fram til en omforent anbefaling når det gjelder hvilke metoder som bør anvendes for å dokumentere det økologiske kvalitetselementet fisk i store innsjøer.

De aller fleste store innsjøer i Norge domineres av en stor pelagisk sone, med en næringskjede som enkelt sagt går fra planteplankton, via dyreplankton til planktonspisende fisk og eventuelt fiskepredatorer. I vår fauna av ferskvannsfisk er det et fåtall arter som anses å være spesialiserte til på leve av dyreplankton, mens det er mange såkalte generalister som kan finne sin næring både på bunnen og i de åpne vannmassene. Endelig er det noen fiskearter som er særlig knyttet til bunnen av innsjøen. Blant generalistene bestemmes gjerne habitatvalget av faktorer som f. eks. hvilke andre fiskearter som forekommer, hvordan næringstilbudet i de åpne vannmassene og næringstilstanden (eutrofigraden) i innsjøen. Dominansforholdene mellom fiskeartene påvirkes også i stor grad av eutrofigraden.

Selv om den pelagiske sona er mindre produktiv per arealenhet enn littoralsona, fører pelagialens store areal i store innsjøer til at dette habitatet ofte er dominerende også målt i total fiskebiomasse og biologisk totalproduksjon (Vadeboncoeur mfl. 2002). Mange av våre store innsjøer har dessuten relativt bratte strender, noe som fører til at littoralsona blir ekstra liten i utstrekning.

Under vannforskriften er følgende tre hovedparametere aktuelle som grunnlag for klassifisering etter kvalitetselementet fisk: artssammensetning i fiskesamfunnet, bestandsstørrelse eller mengde av fiskeartene, og bestandsstruktur hos de viktigste artene. En oversikt over hvilke arter som forekommer, krever prøvefiske i alle de tre viktigste habitatene i innsjøen, både littoral-, profundal- og pelagialsona (Holmgren mfl. 2010). De fleste artene kan fanges i littoralsona, men det kreves også fiske på dypere vann langs bunnen, samt i de åpne vannmassene for å være sikker på at hele artsinventaret er registrert. I innsjøer med sik og røye må eventuell økologisk/genetisk polymorfisme registreres, noe som også krever fiske i alle tre habitater (Direktoratsgruppa 2013). En allsidig registrering bør i alle fall finne sted som en basisundersøkelse i lokaliteter der slike undersøkelser ikke er gjort tidligere. Dette skaffer nødvendig grunnlagskunnskap og gjør det mulig å tilpasse feltinnsatsen i overvåkingen til fiskesamfunnet i den enkelte innsjø. Den omfattende informasjonen om de andre kvalitetselementene, samt fysiske og kjemiske forhold som samles om de store innsjøene i overvåkingsprogrammet ØKOSTOR bidrar også til at det er mulig å planlegge en kostnadseffektiv overvåking av fiskesamfunnet.

Det finnes en rekke metoder for innsamling av data om fiskebestandene i innsjøer. For fisk i pelagialsona vil hydroakustikk (ekkolodd) kombinert med fangst av fisk med pelagisk trål og/eller flytegarn (pelagiske garn) være aktuelle metoder. For fangst av fisk langs bunnen i innsjøene er bunnsatte garn (helst nordisk oversiktsgarn) den metoden som er mest brukt (Olin mfl. 2014, Schartau mfl. 2015). I dette prosjektet er det ikke samlet fisk i littoralsona eller langs bunnen i innsjøene, da denne metoden må anses for å være velutviklet. For å registrere artsmangfoldet i fiskesamfunnet er det imidlertid nødvendig å gjøre innsamlinger i strandsona og med bunnsatte garn (eller andre metoder, som f.eks. elektrisk fiskebåt; jf. Menezes mfl. 2013). Fullstendig klassifisering av økologisk tilstand på grunnlag av fiskebestanden krever data fra alle habitater (Tammi 2003, Sandlund mfl. 2013). Fordi vi i dette prosjektet kun har data for den pelagiske fiskebestanden er klassifiseringen av de undersøkte innsjøene begrenset til anvendelse av WS-FBI-indeksen som relaterer pelagisk fiskebestand til eutrofiering av innsjøene. For tre av innsjøene gjøres også en vurdering ved hjelp av NEFI-indeksen, basert på enkle intervjuer med lokal-kjente personer om utviklingen i fiskebestanden.

Hydroakustisk fisketelling i ferskvann er klart den mest effektive metoden for å registrere antall og biomasse av fisk i pelagiasona i relativt store og dype innsjøer, og metoden brukes nå rutinemessig i store deler av verden (jf. Emmrich mfl. 2012), og også i Sverige (se bl.a. <http://www.slu.se/sv/institutioner/akvatiska-resurser/miljoanalys/datainsamling/provfiske-i-sjoar/hydroakustik/>). Metoden har bare vært sporadisk benyttet i norske innsjøer (bl.a. Lindem & Sandlund 1984; Sandlund mfl. 1992a, 2014, Linløkken 1995, Gjelland mfl. 2013). Sammen med hydroakustiske registreringer er det nødvendig å fange et mest mulig representativt utvalg av de størrelsesgruppene av fisk som er representert i det pelagiske habitatet. Avhengig av hvilke fiskearter det er tale om er aktuelle metoder flytegarn i et utvalg maskevidder eller i form av oversiktsgarn og/eller pelagisk trål.

I denne rapporten gir vi anbefalinger med hensyn til hvordan overvåking av de pelagiske fiskebestandene i de store innsjøene bør foregå. Det må likevel tas forbehold om at det utvalgte innsjøer som ble undersøkt i forbindelse med dette prosjektet i 2015 stort sett er begrenset til én type som er karakteristisk for Østlandet (og delvis Øst-Finnmark), med en pelagisk fiskebestand dominert av sik og krøkle.



Nordisk oversikts flytegarn med krøklefangst. Foto: Atle Rustadbakken, NIVA.

2 Materiale og metoder

Undersøkelsene i dette prosjektet i 2015 fokuserte på utvikling av rasjonelle metoder for innsamling av data om fisken i de åpne vannmassene, som er det arealmessig dominerende habitatet i de store og dype innsjøene. Det ble gjort registreringer med ekkolodd (hydroakustikk) i alle innsjøene, mens pelagiske garn og/eller pelagisk trål ble brukt i noen av innsjøene (**tabell 1**).

Tabell 1. Oversikt over fangstmetoder og registreringer brukt i de seks store innsjøene i 2015.

Innsjø	Metoder	Kommentar
Nisser	Hydroakustikk, nordisk flytegarn	
Norsjø	Hydroakustikk, trål, nordisk flytegarn, flytegarserie	
Eikeren	Hydroakustikk, trål, nordisk flytegarn	
Tinnsjø	Hydroakustikk	Garnfiske med garserie og nordisk flytegarn utført i 2013-14 av K. Østbye (upubl. data)
Tyrifjorden	Hydroakustikk, trål	
Randsfjorden	Hydroakustikk, flytegarserie	Garnfiske, finansiert av regulant, utført av FM-Oppland (Norum mfl. 2016)

2.1 Utstyr

2.1.1 Pelagiske garn (flytegarn)

Pelagiske garn er langsomt synkende og settes for å fiske i ønsket dyp ved hjelp av flottører og tau. Den ene flytegarntypen er nordiske oversiktsgarn, som er 6 m dype og 30 m lange, og består av 12 paneler, 2,5 m lange, med maskevidder i geometrisk stigning fra 5 til 55 mm (Appelberg mfl. 1995). Den andre flytegarntypen er en serie enkeltgarn, 25 x 6 m, i maskeviddene 10, 12,5, 16,5, 22, 25, 30, 38, 45 mm, kalt SNSF-serien (Rosseland mfl. 1979). I Randsfjorden ble det fisket med enkeltgarn med maskeviddene 10, 12,5, 15,5, 19, 22, 29, 35, 39 og 45 mm, såkalt utvidet Jensen-serie, mens det i Tinnsjø ble fisket med både nordiske oversiktsgarn og en garserie som i Randsfjorden (K. Østbye, pers. medd.).

2.1.2 Pelagisk partrål

Ved forsøkene i 2015 ble det benyttet to pelagiske partråler (**vedlegg 1**). Den ene ble produsert i 2015 av Donsö Fiskeredskap & Skeppsfulnering AB, Sverige, med 5,5 mm maskevidde i fangstposen (her kalt «ny trål»). Den andre trålen ble levert av AS Fiskeredskap, Bergen, i forbindelse med undersøkelsene i Mjøsa i 1978-81 (her kalt «gammel trål»). Maskevidden i fangstposen i denne er 7,5 mm. Den er nærmere beskrevet i Lindem & Sandlund (1984). Prosedyren for fiske med partrål er beskrevet i vedlegg 1.

2.1.3 Ekkolodd

Ekkoloddet består av en transceiver (sender/mottaker), én eller flere transducere (svingere), en GPS og en PC for å visualisere og lagre rådata fra både transceiver og GPS. På mindre mobile enheter/båter, som det vi oftest benytter, sitter svingerne enten montert på braketter som kan senkes fra overflatestilling under transport ned til mellom 0.3 og 1.5 m under vannoverflata under registrering, eller montert på en egnet «finne» som senkes ned til ønsket dyp via et tau på siden av båten. Båtene vi benytter varierer i størrelse fra små lette joller til større daycruisere eller fiskebåter. Det er en fordel å ha en båt med god stabilitet (spesielt ved bruk av horisontalt ekkolodd). En GPS (helst kartplotter) er til stor hjelp for å holde kurs og kontroll på grunne områder (forutsetter tilgjengelig dybdekart).

I undersøkelsene i denne rapporten ble hydroakustiske registreringer gjennomført med en 70 kHz Simrad EY60 vitenskapelig ekkolodd med ES70-11 svinger rettet vertikalt (alle innsjøer) og

en ES70-7C svinger rettet horisontalt (Nisser, Eikeren og Tinnsjø). Både ES70-11 og ES70-7C er splittstrålesvingere med sirkulær hhv. 11°_{-3dB} og 7°_{-3dB} åpningsvinkel.

2.1.4 Temperatur- og oksygenforhold

Temperatur- og oksygenforhold ble målt i forbindelse med feltarbeidet under ØKOSTOR-programmet (Lyche Solheim mfl. 2016). Metodene er nærmere beskrevet der.



Båttype velegnet til registrering av fisk i større innsjøer ved hjelp av hydroakustikk (ekkolodd), i dette tilfelle oppsatt med to svingere (tranceivere; bilder innfelt), en 11 grader rettet vertikalt på babord side og en sju grader rettet horisontalt på styrbord side. Selve ekkoloddet (transducer) og prosesserings-PC er oppmontert inne i kabinen på båten. Foto: Atle Rustadbakken, NIVA.

2.2 Metoder

2.2.1 Programvare og analysestandarder

Til innsamling av ekkolodddata har vi benyttet ekkoloddprodusentens egen programvare SIMRAD EY60. Til etterbehandling og analyser har vi benyttet programmet Sonar5 Pro (S5) fra Lindem Data Acquisition (Balk & Lindem 2006, Balk 2014) samt statistikkpakka R (R Core Team 2014). Vi har behandlet dataene i tråd med standardprosedyre utarbeidet for De Store Sjøer (Parker-Stetter mfl. 2009), og den nye europeiske standarden for kartlegging av fiskebestander med hydroakustiske metoder (CEN 2014). Gjennom etterprosessering har vi utført bunndeteksjon, støyfjerning samt satt terskel mellom støy og biologi før vi beregnet volumtetheter (antall fisk per volumenhet, m^3 , vann), arealtettheter (antall fisk per ha), biomasser (antall kg fisk per ha) og størrelsesfordelinger av fisken (enten som TS (dB), eller som kroppslengder (cm)). Alle ekkolodddata er geolokaliserte.

2.2.2 Hydroakustisk registrering og analyser

Ekkoloddregistreringene ble gjennomført etter mørkets frambrudd, med transekter i et sikksakk-mønster med en dekningsgrad (seilt lengde / areal^{0.5}) nær 6, som antas å gi et godt statistisk grunnlag for tetthetsberegningene (Aglen 1983). (Dekningsgrad = L/\sqrt{A} , der L er seilt distanse og A er innsjøens areal).

Sendestyrken som ble brukt varierte mellom 300 og 640 W. Pingintervallet var mellom 0.5 og 1.3 s og pulslengde 512 μ s. Båtens hastighet under ekkoregistrering lå mellom 1,38 og 2,58 m/s (2,7-5 knop). Rådata ble lagret underveis (Balk 2014).

I etterprosesseringen av EY60-dataene ble kriterier for enkeltekkodeteksjon satt til 0.8 og 1.3 for henholdsvis minimum og maksimum ekkolengde, maksimum 3 dB en-veis stråletverrsnitt-kompensering (off-axis gain), maksimum 0.3° standardavvik i fasevinkel, og medium multippel-topp filter (Balk 2014). Terskel for aksept av enkeltekk i vertikalregistreringene ble satt til en målstyrke (TS, target strength) på -61 dB i Tinnsjø, -62 dB i Tyrifjorden og Randsfjorden -63 dB i Norsjø og -64 dB i Eikeren, basert frekvensfordelingen av enkeltekk og forventet målstyrke for 0+ krøkle utfra publiserte TS-lengdeforhold for krøkle (Rudstam mfl. 2003, Peltonen mfl. 2006). Terskel for volumtilbakespredningsstyrke (S_v) ble satt til TS-terskel + 6 dB. Ved behandling av horisontaldataene ble en nedre terskel for akseptert målstyrke senket til -70 dB. Dette for å kunne fange opp enkeltfisk med aspekter som medfører lav TS mot ekkoloddets svinger.

Den integrerte ekkomengden er en kombinasjon av antall og størrelse av fisk i det undersøkte fiskesamfunnet. For å kunne estimere fiskemengde eller tetthet (antall per volum- eller arealenhet) må en derfor dividere gjennomsnittlig integrert ekkoenergi (MVBC, mean volume backscattering coefficient) med gjennomsnittlig tilbakespredningsareal for enkeltfisk (σ_{bs}). Vi brukte her enkeltekkodeteksjoner som mål på ekkostyrke hos observert fisk. Denne metoden er uavhengig av funksjoner som beskriver forholdet mellom fiskens lengde og ekkostyrke. De vertikale ekkoregistreringene ble analysert i 6 dybdeintervall (4-10 m, 10-20 m, 20-30 m, 30-40 m, 40-50 m og 50-100 m). MVBC ble beregnet innenfor hvert dybdeintervall for ESDU (elementary sampling distance unit) på 500 m. ESDU'er langs samme transekt (krysning) ble slått sammen ved beregning av gjennomsnittsverdi for TS.

For dybdeintervallene fra 0 til 30 m dyp ble gjennomsnittlig σ_{bs} estimert innenfor hvert dybdeintervall og transekt, basert på alle enkeltekkodeteksjoner innenfor dybdeintervallet og transektet. For dybdeintervall dypere enn 30 m ble gjennomsnittlig ekkostyrke for enkeltfisk estimert innenfor hvert dybdeintervall basert på alle enkeltekkoregistreringer innenfor intervallet, fordi det på disse dypene var for få enkeltfiskregistreringer til å regne gode gjennomsnitt for hvert transekt.

Ekkointegreringen ble avsluttet 0,5-0,7 m over bunnen for å unngå bunnekk og fisk som stod svært nær bunnen i analysene. Videre antok vi at tettheten og størrelsessammensetningen i 0-4 m dybdeintervallet (blindsone for ekkoloddet) tilsvarte tettheten i 4-10 m dybdeintervallet, og skalerte resultatene fra 4-10 m til å gjelde 0-10 m.

Tettheten i hvert dybdeintervall ble beregnet som # fisk m^{-3} . Gjennomsnittlig tetthet og variansmål ble estimert med GLM (Generalized Linear Model), med en antakelse om quasi-poisson fordeling. Denne antakelsen hadde sterk støtte i residualplott fra modellresultatene. Tettheten av 0+ krøkle ble beregnet som andelen av enkeltekkodeteksjoner med TS < -53 dB. For større fisk ble artsfordelingen i tetthet satt lik artsfordelingen i fangstene. Tettheten av artene ble så integrert over alle dybdeintervall innenfor hver ESU og representert som # fisk ha^{-1} . Gjennomsnittlig arealtetthet med tilhørende konfidensintervall ble så beregnet, igjen med en antakelse om quasipoisson fordeling med støtte i residualplott. Oppskalering til totalmengde ble gjort ved å multiplisere gjennomsnittlig arealtetthet med innsjøens totale pelagiale areal (jf. **tabell 4**). Estimering av biomasse for artene ble gjort ved å multiplisere mengden med gjennomsnittlig vekt for arten i fangstene.

2.2.3 Forholdet mellom lengde og ekkostyrke

Generelt blir forholdet mellom ekkostyrke (dB) og fiskelengde (cm) estimert ved lineær regresjon, med fiskelengde på base₁₀-logaritmisk skala (ekkostyrke er pr definisjon også på logaritmisk skala). I Norge har modellparametre ($TS = 19.7 \log_{10}(L) - 68.1$) fra Lindem & Sandlund (1984) sine undersøkelser i stor grad vært brukt, selv om det ikke har vært gjennomført studier for å verifisere parametrene i denne modellen. I undersøkelsene presentert i denne rapporten var det så å si ikke størrelsesoverlapp mellom krøkle og sik i fangstene. Videre var det som oftest klare størrelsesgrupper innenfor hver av disse artene i fangstene, og også i observasjonene gjort med ekkolodd. Dette gjorde at vi kunne benytte oss av miksdistribusjon-modellering for å definere topper til de underforliggende fordelinger samt beregne andelsmessig bidrag fra disse både i

ekkkodata og i fangstdata fra ulike innsjøer. Ved å sammenstille resultatene fra dette kunne vi videre gjøre regresjon på sammenhengen mellom størrelse og ekkostyrke i våre data. Etter å ha gjennomført regresjoner på våre data fra Norsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden, sammenlignet vi resultatet med noen relevante tidligere modeller, samt med data vi selv samlet inn under metodeprøving i Mjøsa i 2012 (Gjelland mfl. 2013).

2.2.4 Vannforskriften og økologisk tilstand

For klassifisering på grunnlag av fisk under vannforskriften skal det foreligge data om artssammensetning i fiskesamfunnet, mengden fisk, og bestandsstruktur for de viktigste fiskeartene. For registrering av artsinventar, er det nødvendig med fangst i strandsona og langs bunnen på dyper vann. Undersøkelsene i 2015 omfattet ikke slikt prøvafiske. De ekkolodd-registreringene som er gjort egner seg godt til klassifisering på grunnlag av WS-FBI-indeksen (se nedenfor), som relaterer seg til eutrofiering av vannforekomsten. Norsk endringsindeks for fisk (NEFI-indeksen) kan anvendes dersom man har tilgang på informasjon fra intervjuer av lokalkjente personer som kan beskrive og sannsynliggjøre utviklingen i fiskesamfunnet over tid. Slike intervjuer var ikke en del av dette prosjektet, men vi har likevel kunnet skaffe noe slik informasjon for Nisser, Tyrifjorden og Eikeren. Det må likevel presiseres at dette er et usikkert grunnlag for klassifisering, da det både er avhengig av respondentenes hukommelse når det gjelder fiskebestandens status for noen tiår siden, og også om dette er et pålitelig grunnlag for å fastsette en referansetilstand.

Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet har i sin nyeste veileder «Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann», beskrevet den nyutviklede indeksen WS-FBI (Weighted Stratified Fish Biomass Index) som er utviklet for å beskrive eutrofiering i innsjøer basert på ekkolodddata (jf. Klassifiseringsveilederen, Direktoratgruppa 2013). To variabler inngår i denne indeksen: total biomassetetthet i epilimnion (BM_{Epi}) og total biomassetetthet i hypolimnion (BM_{Hypo}), der begge måles som ha-1. Ut fra disse kan total biomassetetthet regnes ut som $BM_{Epi} + BM_{Hypo}$. WS-FBI regnes ut som:

$$WS_{FBI} = 7\widehat{BM}_{Tot} + \frac{R_{Hypo}}{\max(R_{Hypo})}$$

der

$$\widehat{BM}_{Tot} = \frac{\min(\log(BM_{Tot})) + 1}{\log(BM_{Tot}) + 1} \quad \text{og} \quad R_{Hypo} = \frac{\log(BM_{Hypo} + 1)}{\log(BM_{Epi} + 1)}$$

der verdiene for konstantene $\min(\log(BM_{Tot}))$ og $\max(R_{Hypo})$ er satt som angitt i Sandlund mfl. (2013) ($\min(\log(BM_{Tot})) = -0,015$ og $\max(R_{Hypo}) = 5,53$).

Ved å dividere innsjøens estimerte WS-FBI-verdi på referanseverdien 2,9, får man innsjøens EQR-verdi (Ecological Quality Ratio) og ved å sammenligne denne med klassegrenseverdiene i **tabell 2** finner man innsjøens økologiske tilstandsklasse.

Tabell 2. Klassifiseringsgrenser for økologisk tilstand ved bruk av WS-FBI-indeksen og korresponderende EQR-verdier (uttransformert og normalisert).

Klasse	Klassegrenser	WS-FBI-verdi	EQR (uttransf.)	EQR (norm)
Svært god	SG/G	2,00	0,69	0,80
God				
Moderat	G/M	1,50	0,52	0,60
Dårlig	M/D	1,25	0,43	0,40
Svært dårlig	D/SD	1,10	0,38	0,20

2.3 Lokalteter

I dette prosjektet har vi gjennomført registreringer og innsamling av data i seks relativt store og dype innsjøer i sørøst-Norge (**tabell 3, figur 1**). Alle innsjøene har små eller moderate reguleringer (mellom 0,15 og 4 m). Som vist i **tabell 4** utgjør de åpne vannmassene (pelagialsona, over større dyp enn 10 m) mellom ca. 95 og 83 % av arealet for disse innsjøene. En oversikt over registrerte fiskearter i innsjøene er gitt i **vedlegg 1**.

Prøvefisket i regi av dette prosjektet omfattet fire innsjøer: Nisser, Norsjø, Eikeren og Tyrifjorden. I alle disse innsjøene, samt i Tinnsjø og Randsfjorden, foretok vi hydroakustiske registreringer av fisk i de åpne vannmassene. I regi av Fylkesmannen i Oppland ble det gjennomført prøvefiske med pelagiske garn i Randsfjorden (se Norum mfl. 2016). I Tinnsjø ble det gjennomført prøvefiske i 2013 og 2014 i regi av Høgskolen i Hedmark. Vi har fått tilgang til noe data om fangstene i disse to prøvefiskeriene.

Tabell 3. Undersøkte lokaliteter i 2015. Koordinatene er desimalgrader ved innsjøens utløp. Høyde over havet (h.o.h.) angir øvre og nedre regulerte nivå, med reguleringshøyde i parentes. Oppmålt år angir når dybdekartet er oppmålt (informasjon fra NVE Atlas).

Innsjønavn	Innsjø nr.	Koordinater	H.o.h. (reg.høyde) m	Areal km ²	Max dyp m	Mid. dyp m	Oppmålt år
Nisser	1267	8.52E 59.02N	246,76 – 243,76 (3,0)	76,1	234	-	1983
Norsjø	6	9.53E 59.21N	15,3 – 15,15 (0,15)	58,4	171	87	1986
Eikeren	547	10.04E 59.60N	19 – 17,2 (1,8)	27,6	156	85	1976
Tinnsjø	2	9.02E 59.72N	191,2 – 187,2 (4,0)	51,0	460	190	1947
Tyrifjorden*	522	9.96E 59.93N	63 – 62 (1)	123,5*	288	93*	1980
Randsfjorden	523	10.38E 60.24N	134,5 – 131,3 (3,2)	156,0	131	-	1978

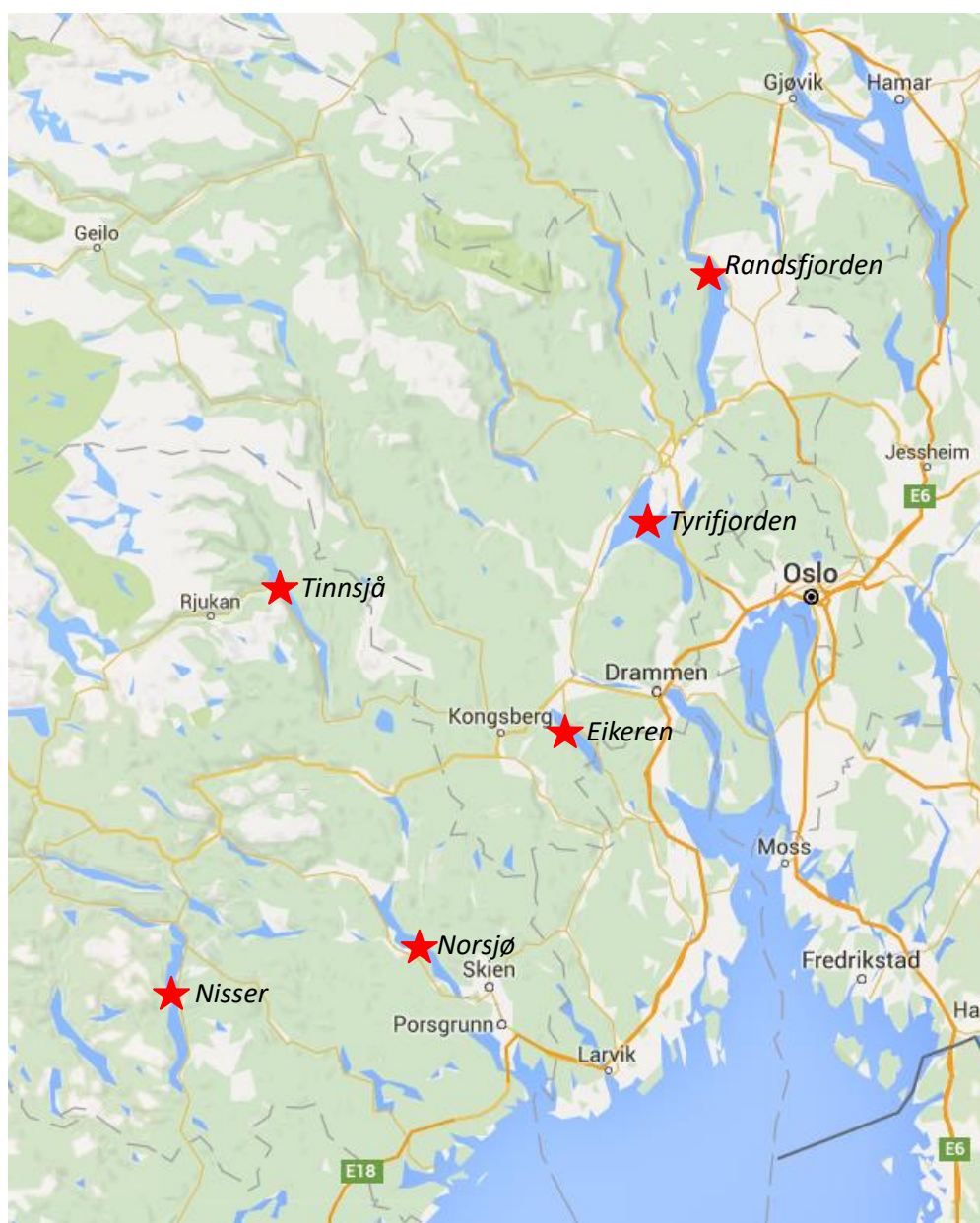
* Tyrifjordens areal er uten Steinsfjorden (13,9 km²). Middeldyp er inkludert Steinsfjorden (NVE Atlas).

Tabell 4. Andel av innsjøareal i littoralsona (alternativt definert som 0-10 og 0-20 m dybdesone) i seks store innsjøer. Arealene er avlest visuelt fra hypsografiske kurver (NVE Atlas).

Innsjø	Areal km ²	Littoralsona areal, km ²		Pelagialsona areal, km ²		Andel av totalareal, %	
		0-10 m	0-20 m	>10 m	>20 m	0-10 m	0-20 m
*Nisser	76,1	4	12	72	64	5	16
*Norsjø	58,4	6,4	13,4	52	45	11	23
Eikeren	27,7	3,4	4,9	24,3	22,8	12	18
*Tinnsjø	51	6,4	7,5	44,6	43,5	13	15
* ¹ Tyrifjorden	123,5	20,4	40,4	103,5	90	17	33
*Randsfjorden	156	26	44	130	112	17	28

*Dybdekart med hypsografisk kurve finnes her: http://gis3.nve.no/metadata/tema/DKBok1984/Dybdekart_1984.htm

¹Justert etter at Steinsfjorden er trukket fra.



Figur 1. Beliggenheten til de seks innsjøene som ble undersøkt i 2015. Kart fra Google maps.

3 Resultater

3.1 Fiskesamfunn

Fiskeartene som ble registrert i fangstene i de åpne vannmassene (pelagialsona) i de undersøkte innsjøene i 2015 er vist i **tabell 5**. Det framgår at bare et fåtall av det totale antallet fiskearter som er registrert i disse innsjøene ble fanget (jf. **vedlegg 1**). Sik forekom i fem av seks innsjøer, mens krøkle forekom i fire innsjøer. Aure ble bare fanget i tre av innsjøene, men forekommer i alle. Lav tetthet gjør at aure bare blir fanget tilfeldig i pelagialsona. Også røye forekommer i flere innsjøer enn det vi registrerte ved dette fisket. Elveniøye fanges bare tilfeldig i pelagisk trål, og forekommer ganske sikkert i flere av innsjøene.

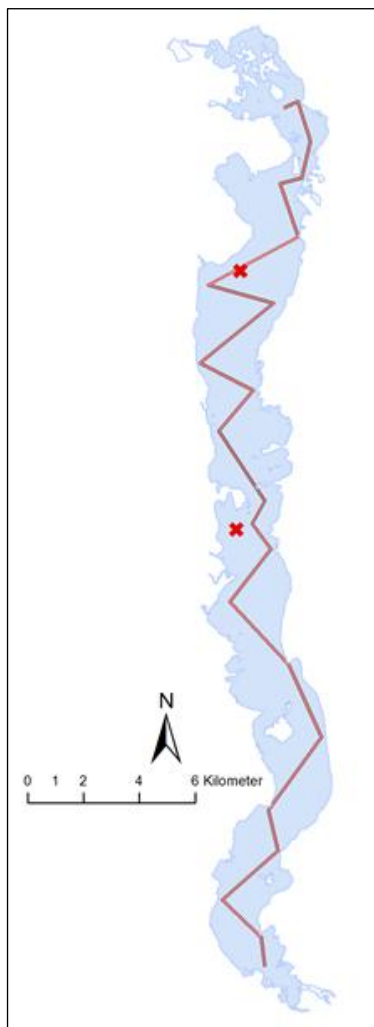
Tabell 5. Registrerte fiskearter fanget i de åpne vannmassene i de seks innsjøene som ble undersøkt i 2015. # reg. arter er totalt antall fiskearter registrert i innsjøene (se **vedlegg 1**).

Innsjø	Krøkle	Sik	Aure	Røye	Elveniøye	# reg. arter
Nisser		x	x			5
Norsjø	x	x			x	13
Eikeren	x	x	x			12
Tinnsjø			x	x		4
Tyrifjorden	x	x			x	14
Randsfjorden	x	x		x		12



Flytegarn settes i Nisser. Foto: Atle Rustadbakken, NIVA.

3.2 Nisser



Feltarbeidet i Nisser ble gjennomført mellom 31. august og 2. september 2015. Natta mellom 31. august og 1. september ble det kjørt ekkolodd langs en sikksakk-kurs på totalt 46,6 km (**figur 2**), som gir en dekningsgrad på 5,3. Prøvefiske med nordisk oversikts flytegarntasjon ble gjennomført over to netter: 31. august – 2. september på to stasjoner i innsjøen (**figur 2**). Det ble på hver stasjon fisket i tre dyp: 0-6, 6-12 og 18-24 m, med to sammenkoblede garn på hvert dyp. I dette prosjektet var det ikke ressurser til å gjennomføre prøvefiske med trål i Nisser.

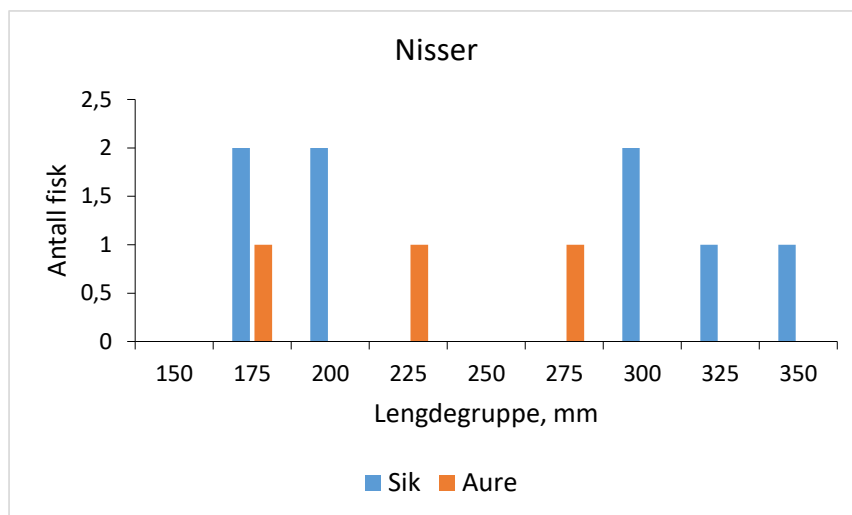
Figur 2. Skisse over utkjørt kurs for ekkoloddregistreringer (rød linje), og plassering av flytegarntasjonene i Nisser (røde kryss), august-september 2015.

3.2.1 Prøvefiske

Garnfangstene i de åpne vannmasser i Nisser var svært lave, kun åtte sik og tre aure, med gjennomsnittsvækt på henholdsvis 190 og 96 g (**tabell 6**). Alle fiskene ble fanget nær overflata. Lengdefordelingen viser at siken var mellom 180 og 350 mm, mens aureen var mellom 190 og 300 mm (**figur 3**).

Tabell 6. Garninnsats, fiskedyp og fangst i Nisser, 31. august – 2. september 2015. Tall i parentes er fangst per innsats (antall fisk per 100 m² garn).

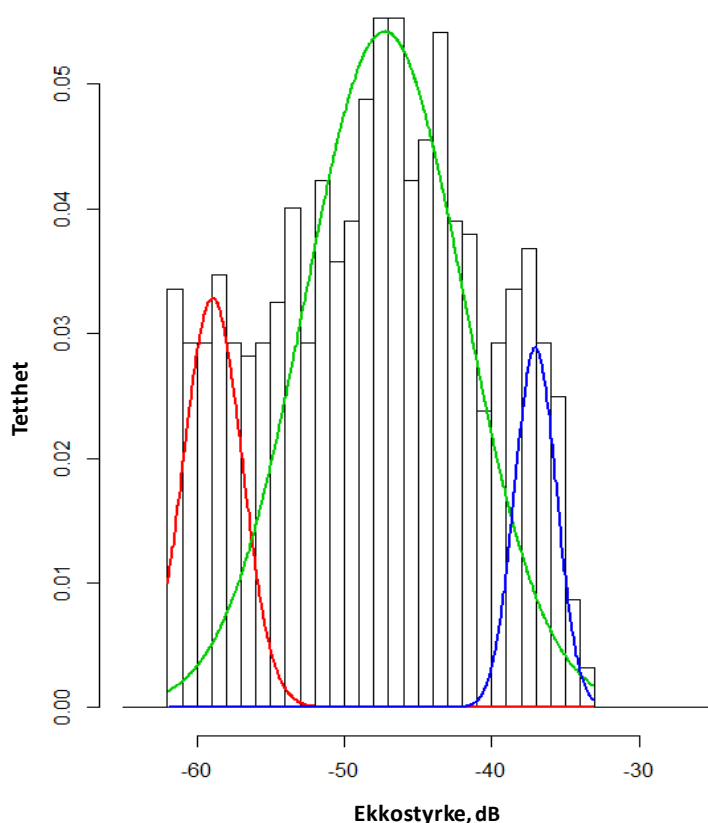
Garn	Dyp	Sik		Aure	
		Antall	Vekt, g	Antall	Vekt, g
Nordisk oversiktsgarn (4 x180 m ²)	0-6 m	8 (1,1)	1529	3 (0,4)	287
Nordisk oversiktsgarn (4 x180 m ²)	6-12 m	0	0	0	0
Nordisk oversiktsgarn (4 x180 m ²)	18-24 m	0	0	0	0
Sum		8	1529	3	287



Figur 3. Lengdefordeling i garnfangster i nordiske oversikts flytegarn i de åpne vannmassene i Nisser, 31. august – 2. september 2015. Antall sik: 11, antall aure: 3.

3.2.2 Ekkoloddregistreringer

Ekkostyrke- (TS) fordelingen i registreringene i Nisser varierte mellom -62 og -33 dB med et gjennomsnitt og median på ca. -48 dB. Miksfordelingsanalyse indikerer at fordelingen kan bestå av tre grupper av fisk med gjennomsnitt på hhv. -59, -47 og -37 dB (**figur 4**). Med unntak av at de to største gruppene (TS = -47 dB og større) trolig tilsvarer sik og aure i de lengdegruppene som var representert i våre prøvefiskefangster, kan vi ikke si hvilke arter som har gitt de lavere ekkostyrkene. I beregningen av biomasse har vi derfor benyttet sammenhengen mellom ekkostyrke og fiskelengde (jf. **figur 3.8.2**) og mellom fiskelengde og vekt for sik. Dette gir som resultat at gjennomsnittlig tetthet av pelagisk fisk i Nisser var 102 fisk ha⁻¹, mens biomassen var 1,04 kg ha⁻¹, fordelt på 0,54 kg ha⁻¹ i epilimnion og 0,49 kg ha⁻¹ i hypolimnion (**tabell 7**). Den totale pelagiske fiskebiomassen (sik og aure) i Nisser er beregnet til 7,28 tonn.



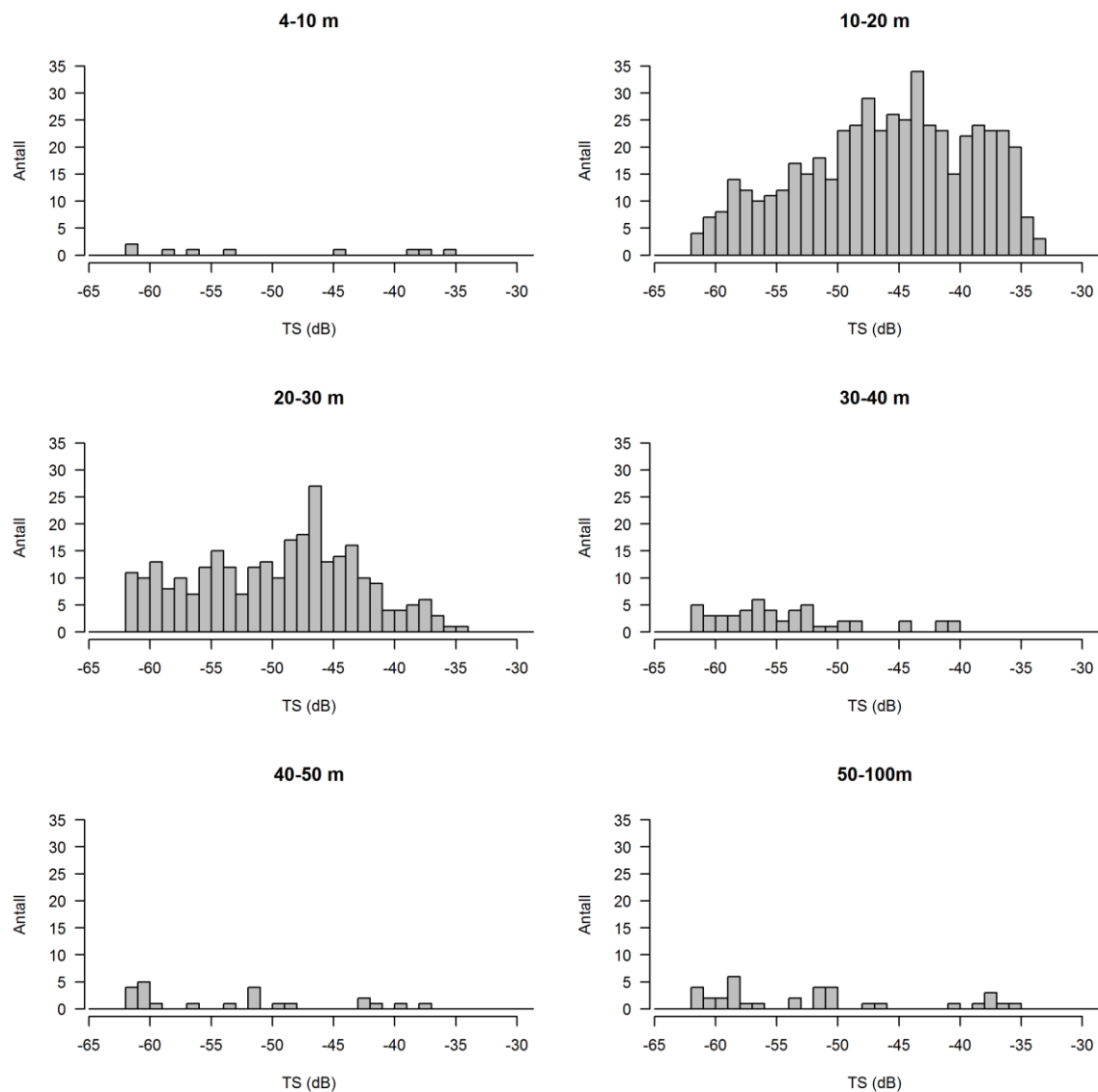
Figur 4. Fordelingen i ekkostyrke (TS-verdier, X-aksen) og beregnet tre antatte størrelsesgrupper av fisk som utgjorde den pelagiske fiskebiomassen i Nisser i august-september 2015.

Enkeltfiskregistreringene i Nisser viser at det stod lite fisk grunnere enn 10 m (**figur 5**). Det var størst tetthet på 10-20 m og 20-30 m dyp der ekkostyrken fordelte seg mellom -55 og -35 dB i begge lag. På dypere vann var det igjen veldig lite fisk.

Da vi mangler dekkende fangstdata for Nisser i 2015 må vi understreke at arts- og størrelsesinndelingen angitt ovenfor er svært usikker. En representativ fangst av pelagisk fisk i Nisser vil trolig kreve innsats med pelagisk trål. Den estimerte fisketettheten på 101 fisk eller 1,04 kg ha⁻¹ er lav. Ved registreringer i forbindelse med en forsureingssituasjon i 1990, ble det beregnet 26 fisk eller 3,93 kg ha⁻¹ (Bredeli & Carm 1991). Forskjellene i antall fisk skyldes trolig at det ekkoloddet vi brukte (Simrad EY60) registrerer mer små fisk enn det som ble benyttet i 1990 (Simrad EY-M). Det kan også tenkes at den siken som gikk pelagisk den gangen var større enn i dag.

Tabell 7. Estimerte tettheter (med nedre og øvre 95 % konfidensgrenser, KI) og biomasse av pelagisk fisk i Nisser 2015. Gruppene fiskeyngel og ungfisk er en tolkning ut fra ekkostyrkefordelingen, og er ikke dokumentert gjennom fangst.

Dybdelag	Tetthet (antall fisk per ha)			Biomasse (kg per ha)	Biomasse totalt (tonn)
	Gjen-nom-snitt	Nedre 95 % KI	Øvre 95 % KI		
Totalt	101,8			1,04	
Epilimnion	36,9	26,8	51,1	0,54	4,14
Hypolimnion	63,9	49,9	81,7	0,49	3,14
Gruppe					
Fiskeyngel 3-4 cm (?)	15,5				0,01
Ungfisk 8-9 cm (?)	73,4				1,40
Sik/aure ≥1+	11,8				5,87
Sum					7,28

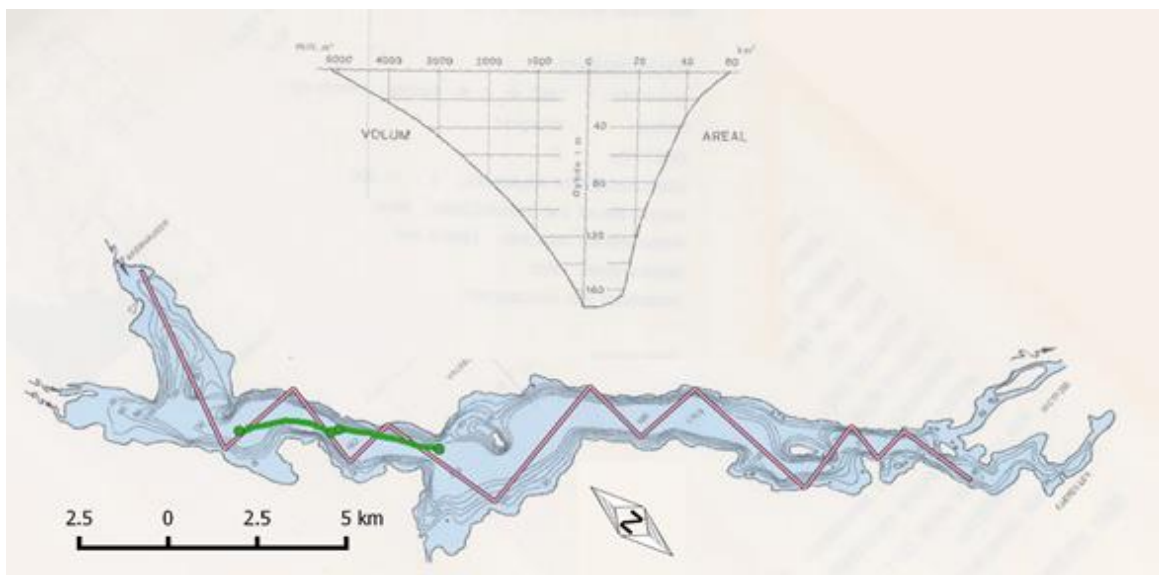


Figur 5. Ekkostyrke-fordeling (TS) i ulike dybdeintervall i Nisser 31. august 2015.

3.3 Norsjø

Tråling i Norsjø ble gjennomført natten mellom 4. og 5. september, mens garnfisket ble gjort 14.-16. september 2015. Ekkoloddkjøringen ble gjennomført natta mellom 14.-15. september med 13 transekter kjørt fra sør mot nord (**figur 6**), med en dekningsgrad på 4,7.

Prøvefiske med nordisk oversikts flytegarn og SNSF-serie ble gjennomført over to netter: 14. september – 16. september på én stasjon i innsjøen (**figur 6**). Det ble fisket med nordiske oversiktsgarn den første natta og SNSF-serie den andre natta. Det ble fisket i tre dyp: på 0-6 m og 6-12 m med begge garn typer, og på 18-24 m med nordiske oversiktsgarn. De nordiske garn ble koblet sammen slik at det stor to garn på hvert dyp, mens én SNSF-serie ble satt på hvert dyp.



Figur 6. Dybdekart over Norsjø med utkjørte ekkoloddkurser (rød linje) og to tråltrekk med pelagisk partrål (grønne linjer) i september 2015. Rødt kryss viser stasjonen for fiske med pelagiske garn.

3.3.1 Prøvefiske

Fangstene i tråltrekk i overflata i Norsjø utgjorde 9,8 kg, eller 626 krøkle større enn 60 mm og 54 sik (**tabell 8**). På dypere vann var fangstene lavere; 46 krøkle og 10 sik. I tillegg ble det fanget en del 0+ krøkle under 60 mm. En del av disse ble lengdemålt, men mengden 0+ krøkle i trålen ble ikke kvantifisert.

Tabell 8. Tråltrekk i Norsjø. Fangsten viser til krøkle og sik over 60 mm lengde. Det ble også fanget noe 0+ krøkle.

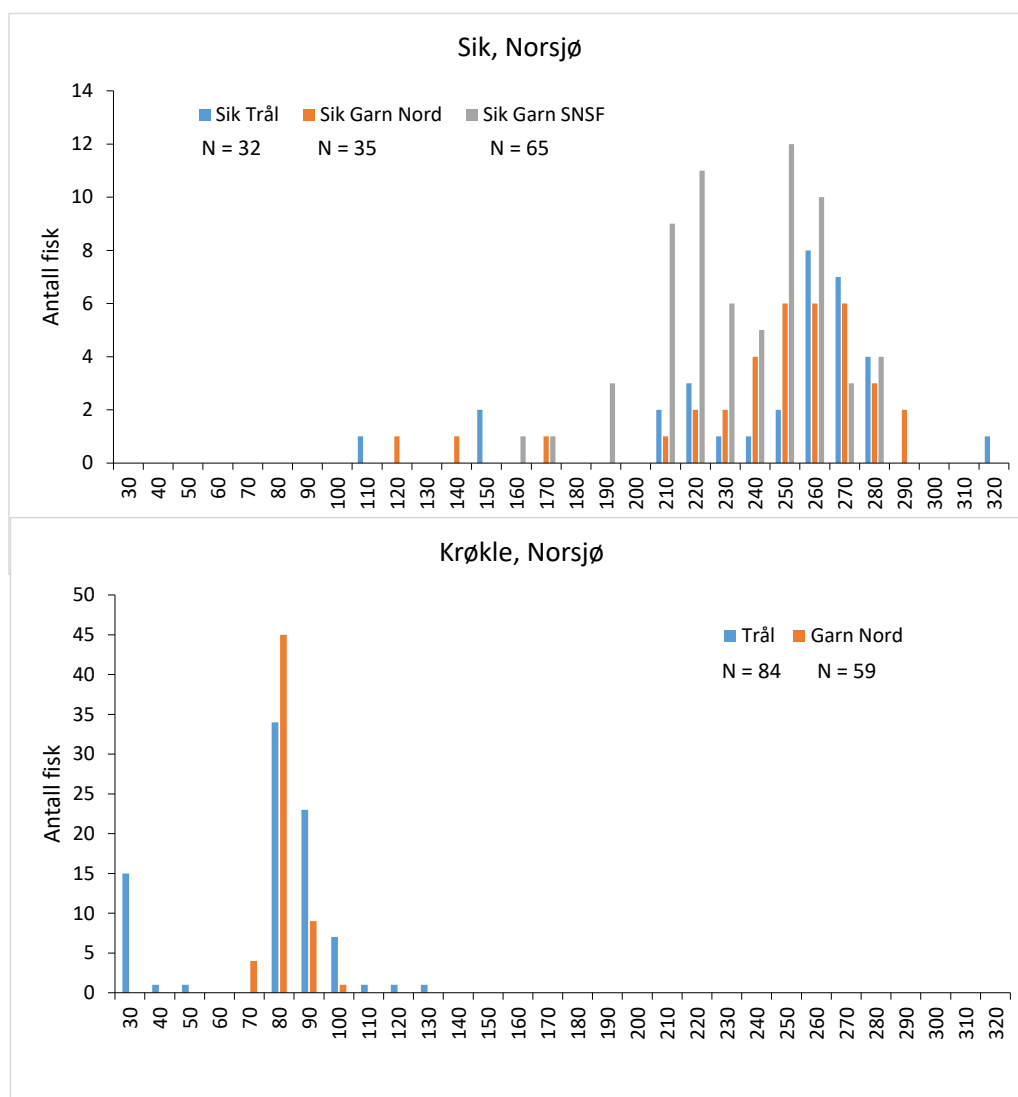
Tråltrekk	Dyp, m	Tid, minutter	Distanse, m	Trål-åpning, m ²	Hastighet, m/sek	Fangst kg	# krøkle	# sik	# aure
Trål 1	0-8	42	2897	64	1,31	9,8	626	54	0
Trål 2	17-25	36	2614	64	1,20	2,0	46	10	0
Sum	-				-	11,9	672	64	0

Fangstene i pelagiske garn, både nordisk oversiktsgarn og garnserie av SNSF-type er vist i **tabell 9**. De nordiske oversiktsgarna fanget 70 krøkle, 21 sik og 1 aure, med størst fangster nær overflata. SNSF-garnserien fanget 65 sik og én aure, men ingen krøkle. I disse garna var fangsten størst på 6-12 m dyp. En kan legge merke til at fangst per innsats av sik i 0-12 m dyp var nesten identisk i nordisk garn og SNSF-serien, hhv. 2,9 og 2,7 fisk per 100 m² garn.

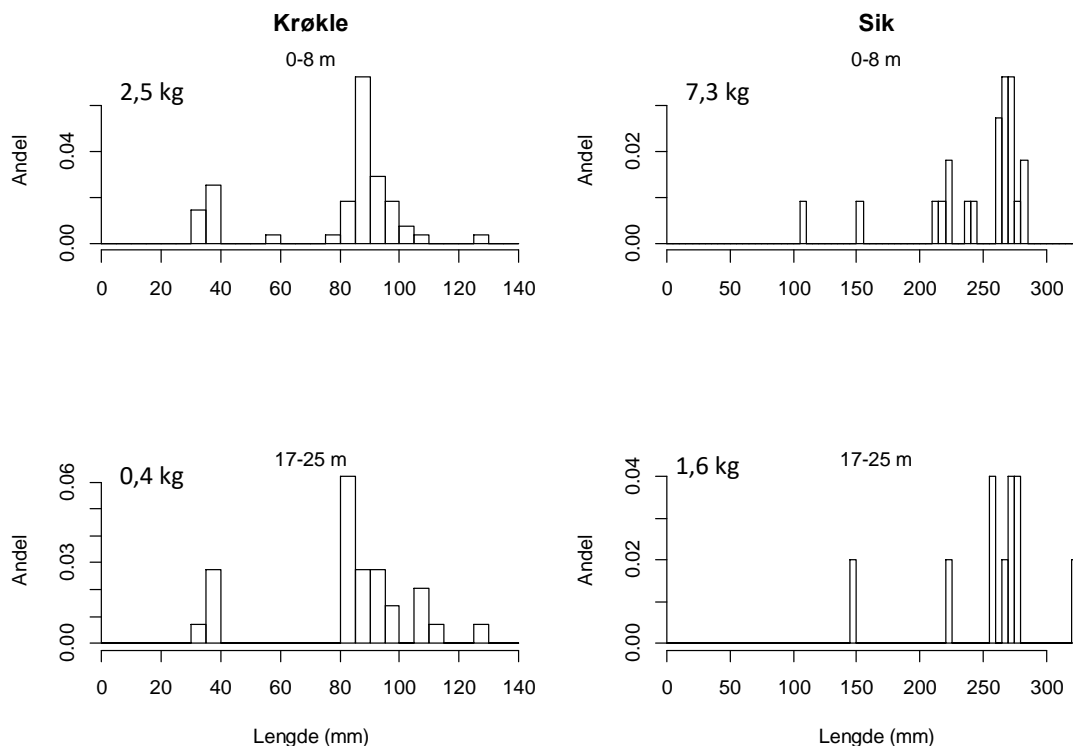
Lengdefordelingen av sik og krøkle i fangstene i Norsjø er vist i **figur 7**. I fangstene av sik dominerte fisk som var mellom 21 og 30 cm. Mens serien av enkeltgarn (SNSF) ikke fanget sik mindre enn 16 cm, fanget både trål og nordiske oversiktsgarn sik ned i 11-12 cm, om enn i et lite antall. Fangstene av krøkle var mer ulike i de tre redskapstypene. SNSF-serien fanget ikke krøkle i det hele tatt, mens både nordiske oversiktsgarn og trål fanget voksen krøkle, mellom 7 og 11 cm. Trålfangstene inneholdt i tillegg mange 0+ krøkle, fra 3-5 cm, samt enkeltfisk opp til ca. 14 cm (**figur 7**). Størrelsen til krøkle og sik i trålfangstene i to dyp (0-8 m og 17-25 m) var relativt like. Det indikerer at de ulike størrelsesgruppene utnyttet det pelagiske habitatet på samme vis (**figur 8**).

Tabell 9. Oversikt over garninnsats og fangst ved prøvegarnfiske i Norsjø 14.-16. september 2015. Koordinatene for garnfiskestasjonen er også oppgitt. Tall i parentes er fangst per innsats (CPUE antall fisk per 100 m² garn).

Dato	14.-15.09.15				15.-16.09.16				Koordinater (desimal- grader)
	Garntype Garnareal	Fangst			Garntype Garnareal	Fangst			
		Krøkle	Sik	Aure		Krøkle	Sik	Aure	
0-6 m	Nordisk 2 x 180 m ²	52 (14,4)	17 (4,7)	0	SNSF 1200 m ²	0	21 (1,8)	1 (0,9)	59.22308 N 9.15433 Ø
6-12 m	Nordisk 2 x 180 m ²	18 (5,0)	4 (1,1)	1 (0,3)	SNSF 1200 m ²	0	44 (3,6)	0	59.22107 N 9.15396 Ø
18-24 m	Nordisk 2 x 180 m ²	0	0	0	Ikke fisket			59.21859 N 9.15147 Ø	
Sum		70	21	1		0	65	1	



Figur 7. Lengdefordeling av sik og krøkle i fangster med pelagisk trål, pelagiske nordisk over-siktgarn og pelagisk garnserie av SNSF-typen i Norsjø. SNSF-serien fanget ikke krøkle.



Figur 8. Lengdefordeling av krøkle og sik i trålfangster på to dyp i Norsjø 14.-15. september 2015. Vekten av fangstene er også oppgitt. Merk ulik skala på Y-aksene.

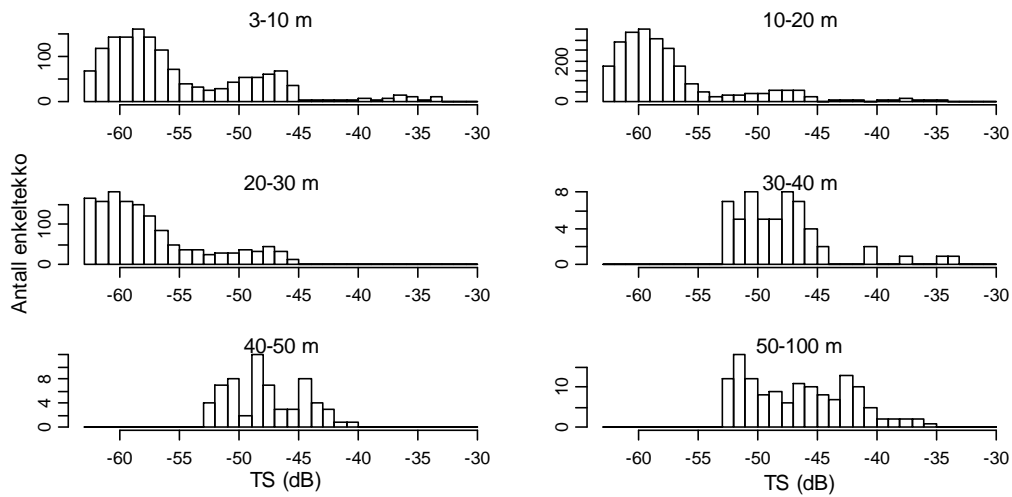
3.3.2 Ekkoloddregistreringer

I Norsjø var ekkostyrkefordelingen dominert av ekko mellom -63 og -53 dB, tilsvarende 0+ krøkle (**figur 9**). For større fisk var ekkostyrken dominert av ekko mellom -53 og -42 dB, tilsvarende krøkle eldre enn 0+. Dette samsvarer med observasjonene i trålfangsten, der krøkle dominerte i antall på begge tråldyp (**tabell 8, figur 8**).

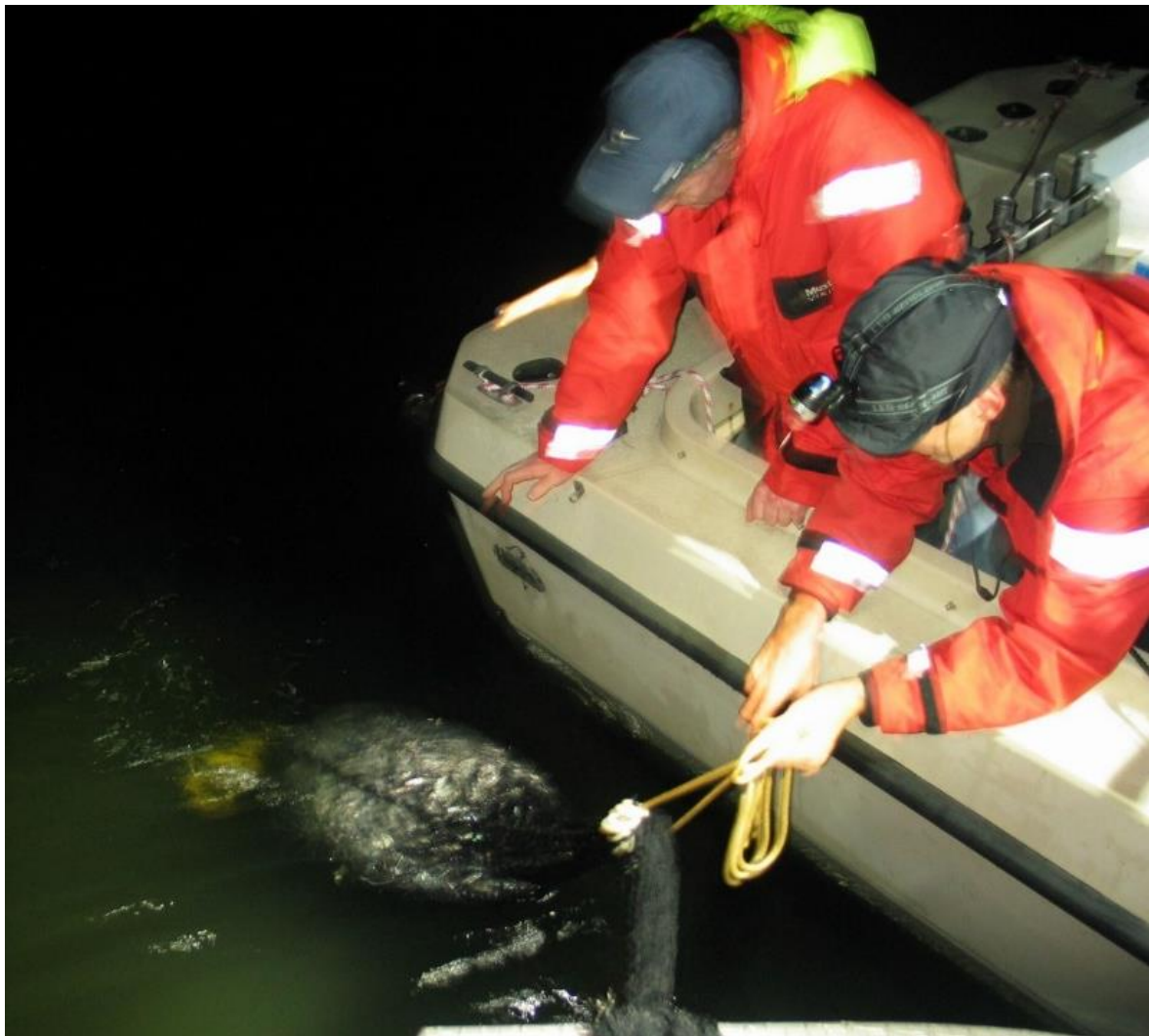
Tettheten av både 0+ og eldre fisk er oppsummert i **tabell 10**, med artsfordeling av tetthet og biomasse basert på fordeling i trålfangster. Den totale biomassen av pelagisk krøkle og sik ble estimert til henholdsvis 9 og 25 tonn i Norsjø.

Tabell 10. Estimerte tettheter (med nedre og øvre 95 % konfidensgrenser, KI) og total biomasse av sik og krøkle i Norsjø.

Gruppe	Tetthet (fisk ha ⁻¹)				Biomasse totalt (tonn)		
	Gjennomsnitt	Nedre 95 % KI	Øvre 95 % KI	Krøkle	Sik	Krøkle	Sik
0+	875	719	1051	875		0,91	
Eldre enn 0+	373	325	425	340	33	7,7	23,8
Sum	1248			1215	33	8,61	23,8



Figur 9. Ekkostyrke-fordeling (TS) i ulike dybdeintervall i Norsjø. Merk ulik skala på Y-aksene.

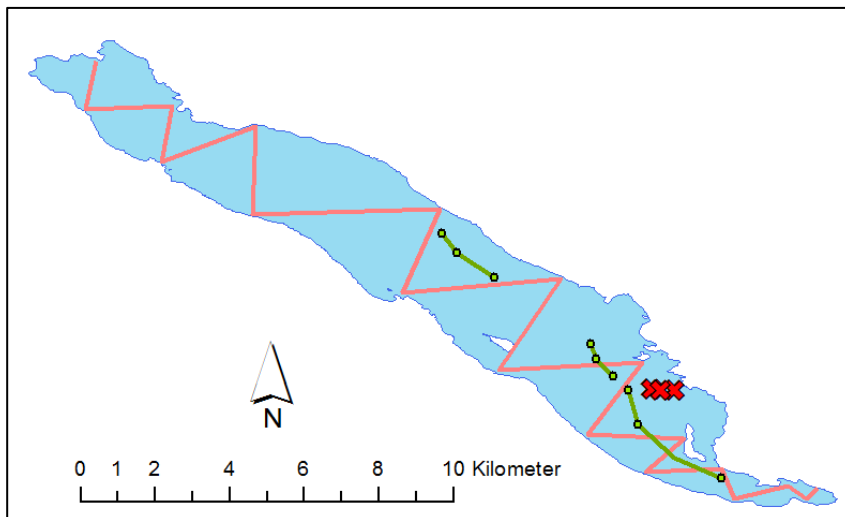


Fisk i trålposen. Eikeren. Foto: Atle Rustadbakken, NIVA.

3.4 Eikeren

Feltarbeidet i Eikeren ble gjennomført i perioden 7.-10. september 2015. Ekkoloddregistreringene ble utført natta mellom 7. og 8. september etter en utkjørt sikksakk-kurs som vist i **figur 10**. Total lengde på denne kursen var 27,8 km, som tilsvarer en dekningsgrad på 5,3.

Det ble gjennomført tre tråltrekk natta mellom 8. og 9. september, på tre steder i innsjøen (**figur 10**) og på tre ulike dyp. Fra 9. til 10. september ble seks nordisk oversikts flytegarn satt to og to på tre ulike dyp: 0-6, 6-12 og 18-24 m (**figur 10**). Garna sto ute i ca. 12 timer i hvert dyp.



Figur 10. Skisse over utkjørt kurs for ekkoloddregistreringer (rød linje), plassering av flytegarnstasjon (røde kryss) og pelagiske tråltrekk (grønne linjer) i Eikeren, september 2015.

3.4.1 Prøvefiske

I trålforsøket ble det fanget til sammen 70,9 kg fisk, hvorav 66,1 kg ble fanget i det første tråltrekket høyt i vannmassene (**tabell 11**). Antallsmessig var det sterk dominans av krøkle med anslagsvis over 13 000 individer (>99 %). Vektmessig dominerte også krøkla med 92,4 % av totalfangsten i trålen, mens sik og aure utgjorde hhv. 7,5 og 0,1 %. På dypere vann var fangstene betydelig mindre, med 26 krøkle, 20 sik og én aure på tråltrekk 2 (11-17 m) samt én krøkle og én sik på tråltrekk 3 (16-23 m, **tabell 11**). Trålen fanget kun ett individ av 0+ krøkle på 35 mm lengde.

I de pelagiske oversiktsgarna ble det fanget i alt 278 krøkle og 103 sik, som tilsvarer en CPUE på henholdsvis 25,7 og 9,5 fisk per 100 m² garn per natt (**tabell 12**). Både i antall og vekt utgjorde sik en betydelig høyere andel av fangsten i nordiske oversiktsgarn (hhv. 27 % og 82 %) enn i trål (hhv. <1 % og 7%). En kan også merke seg at CPUE av sik var på samme nivå i alle tre fiskedyp (8,9-10 fisk).

Både i garn- og trålfangstene var lengde- og artsfordelingen forskjellig i epi- og hypolimnion. Krøkla stod hovedsakelig i epilimnion (<18 m), mens siken stod mer jevnt fordelt mellom epi- og hypolimnion. (**tabell 11**, **tabell 12**),

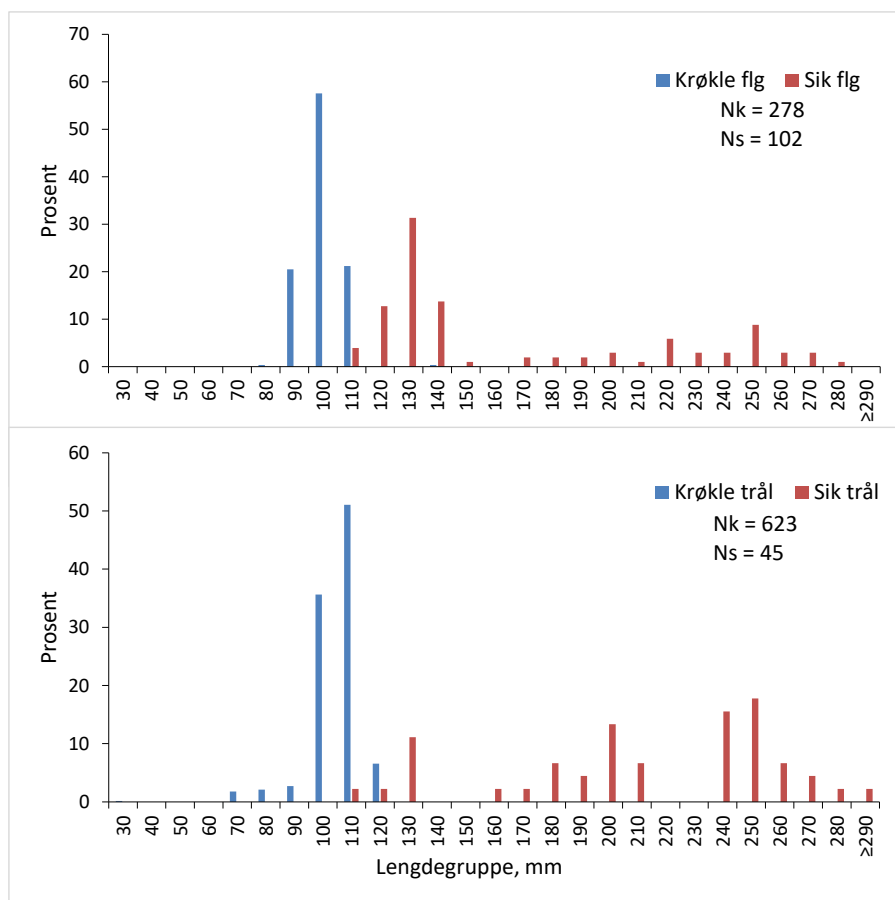
Tabell 11. Posisjon, dyp og fangst i tre tråltrekk i Eikeren, 8.-9. september 2015.

Trekk#	Dyp, m	Tid, minutter	Distanse, m	Trål-åpning, m ²	Hastighet, m/sek	Fangst kg	# krøkle	# sik	# aure
Trål 1	3-6	60	2775	72	0,86	65,427	13 322	5	0
Trål 2	11-17	45	968	72	0,60	1,641	26	20	1
Trål 3	16-23	60	1400	72	0,49	3,079	1	21	0
Sum		165				70,147	13349	46	1

Tabell 12. Oversikt over garninnsats og fangst ved prøvegarnfiske med pelagiske nordisk oversiktsgarn i Eikeren 9.-10. september 2015. Tall i parentes er fangst per innsats (CPUE; antall fisk per 100 m² garn).

Dato	9.-10.9.2015				Koordinater (desimalgrader)
	Garntype	Fangst			
Dyp		Krøkle	Sik	Aure	
0-6 m	Nordisk	267	36	0	59.22308 N
	2x180 m ²	(74,2)	(10,0)		9.15433 Ø
6-12 m	Nordisk	10	35	0	59.22107 N
	2x180 m ²	(2,8)	(9,7)		9.15396 Ø
18-24 m	Nordisk	1	32	0	59.21859 N
	2x180 m ²	(0,3)	(8,9)		9.15147 Ø
Sum		278 (25,7)	103 (9,5)	0	

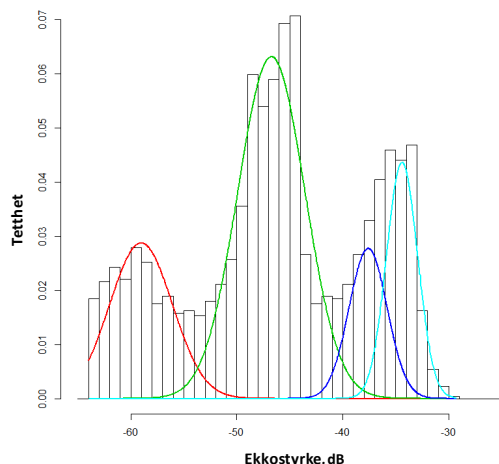
Nordiske oversiktsgarn og pelagisk trål fanget stort sett de samme lengdegruppene av fisk i Eikeren (**figur 11**). Sikfangstene fordelte seg fra ca. 11 cm til 30 cm. Innenfor dette lengdespennet var det tre grupper, med modallengder på 13, 20 og 25 cm. Det er ikke foretatt noen aldersanalyse av denne fisken, men det er rimelig å anta at dette tilsvarer énsomrig (0+), tosomrig (1+) og eldre (gytemoden?) fisk. Krøklefangstene var dominert av fisk mellom 9 og 12 cm. Dette er trolig gytemoden fisk. Det ble fanget én krøkle på 14 cm. I trålen ble det også fanget noen krøkle i lengdegruppene 70 og 80 mm, samt én yngel (0+) på 35 mm. Det er usikkert om krøkla i Eikeren blir gytemoden etter to eller tre år, og vi vet derfor ikke om fisk på 70-80 mm er 1+ ungfisk eller småvokst gytemoden fisk. Den dominerende lengdegruppa er imidlertid voksen fisk, sannsynligvis 2+ og eldre. Trålfangstene gir et mer korrekt bilde av lengdefordelingen i bestanden, idet også ungfisk av krøkle er representert.



Figur 11. Arts- og lengde-fordeling i fangstene med flyte-garn (flg, øverst) og pelagisk trål (nederst) fra Eikeren, september 2015. Nk og Ns er antall målte krøkle og sik. Prosentverdiene er basert på at de målte individene av hver redskapstype er lik 100 %. Merk at det også ble fanget én krøkle på 35 mm i trålen.

3.4.2 Ekkoloddregistrering

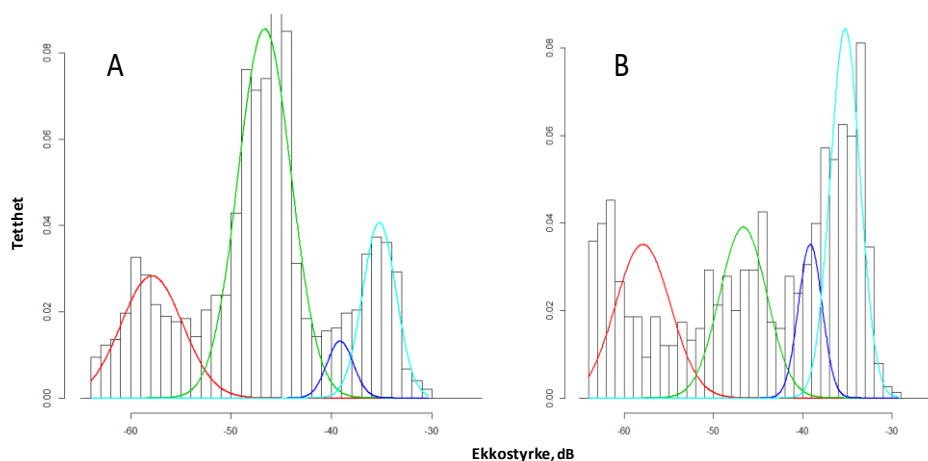
Ekkostyrke- (TS) fordelingen i registreringene i Eikeren varierte mellom -63 og -29 dB med et aritmetisk gjennomsnitt på -46 dB. Miksfordelingsanalyser viser at fordelingen bestod av fire grupper med gjennomsnitt på hhv. -59, -47, -38 og -34 dB (**figur 12**). De to gruppene med høyest TS-verdier (som tilsvarer størst fisk) overlapper mye og toppene kan relateres til ensomrig og eldre sik (trolig med noe innslag av fiskespisende krøkle og aure). Den mest tallrike gruppa, med TS-verdier omkring -47 dB, relateres hovedsakelig til eldre (gytemoden?) krøkle (jf. **figur 11**), mens gruppa med lavest TS-verdier relateres til énsomrig krøkle.



Figur 12. Fordelingen av ekkostyrke (TS-verdier) fra enkeltfisk (histogram) av de fire størrelsesgruppene som utgjorde den pelagiske fiskebiomassen i Eikeren i september 2015, hele innsjøen sett samlet.

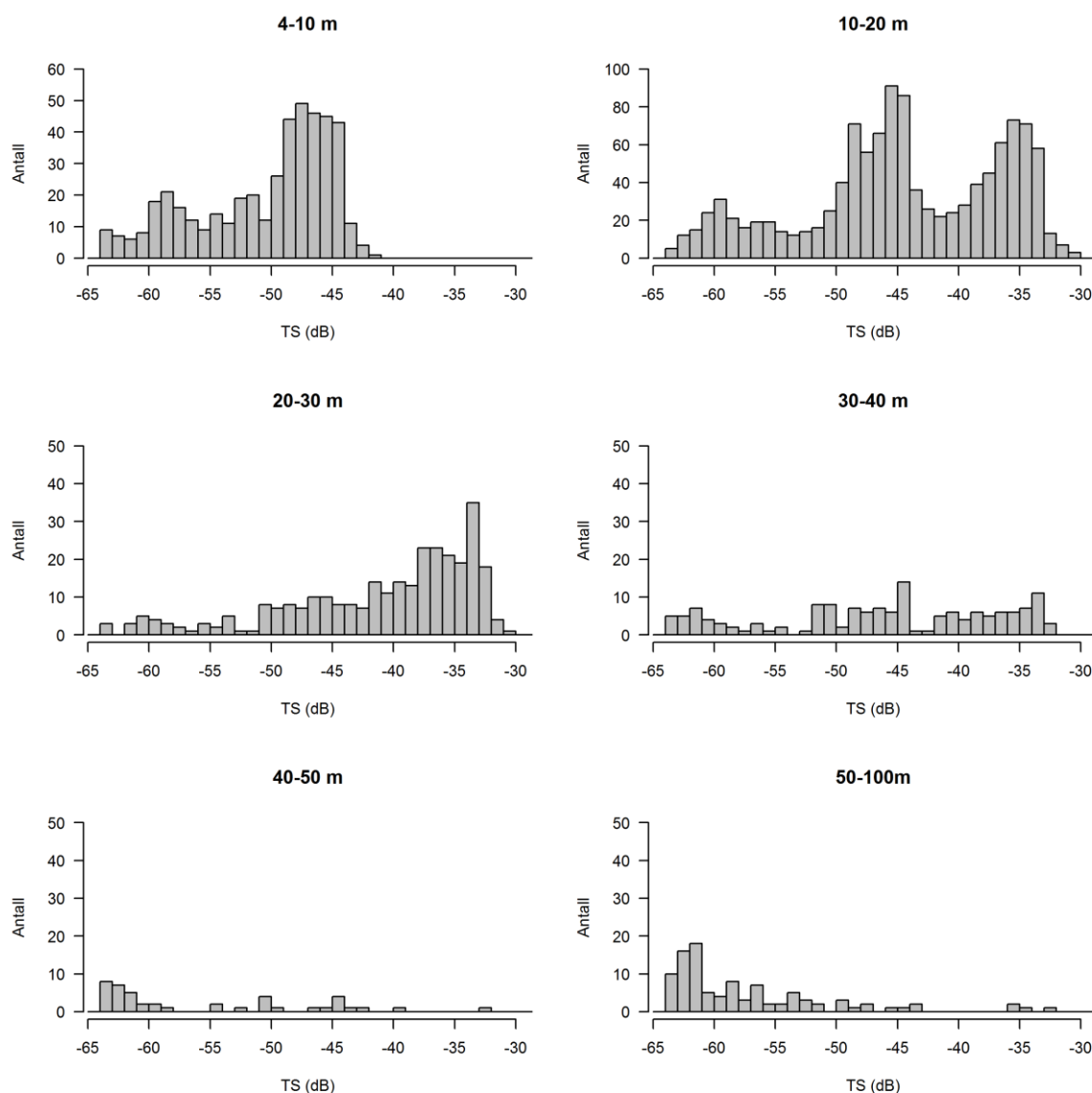
Fordelingen av ekkostyrke fra enkeltfisk registrert over og under sprangsjiktet (18 m dyp) viser at fordelingen i hypolimnion skiller seg fra epilimnion ved at ekkostyrke relatert til énsomrige og voksen sik ser ut til å dominere over de to gruppene med krøkle (**figur 13**). Dette samsvarer med observasjonene i trål- og garnfangstene (jf. **tabell 11 & 12**). Vi ser også at det er mange enkelt-ekko helt ned på nedre terskelnivå (<-60 dB), noe som kan skyldes andre partikler enn fisk på dypt vann, eller også støy som ikke er fanget opp og eliminert i datavaskingen.

Basert på miksfordelingsanalysen, ser det ut til at énsomrig og voksen krøkle utgjorde hhv. 22 % og 57 % av fiskene i epilimnion (**figur 13A**), mens énsomrig og voksen sik utgjorde hhv. 4 og 17 % i samme dybdelag. I hypolimnion derimot, ser det ut til at énsomrig og voksen krøkle utgjorde hhv. 27 % og 26 % av fiskene (**figur 13B**), mens énsomrig og voksen sik utgjorde hhv. 12 og 35 %.



Figur 13. Fordelingen av ekkostyrke (TS-verdier) fra enkeltfisk (histogram) av de fire størrelsesgruppene som utgjorde den pelagiske fiskebiomassen i Eikeren i september 2015; A: epilimnion (<18 m dyp), B: hypolimnion (>18 m dyp).

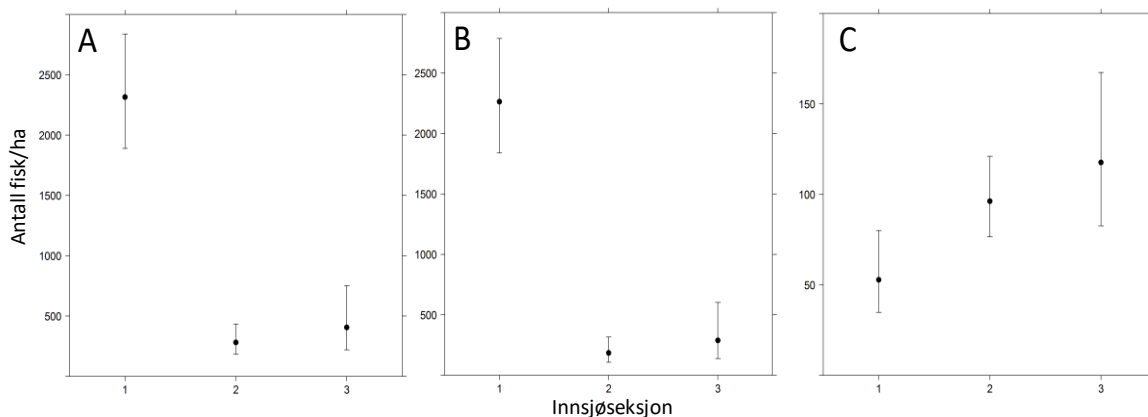
En mer detaljert analyse av enkeltfiskekko fra Eikeren viser at TS-fordelingen varierer med dypet også på en finere skala (**figur 14**). Lengdegruppene med TS-verdier omkring -38 dB og -34 dB, som er relatert til hhv. énsomrig og eldre sik, er nærmest fraværende mellom 4 og 10 m dyp, mens de er tydelig til stede på 10-20 m og 20-30 m. Gruppene med topper på -59. dB og -47 dB, som er relatert til hhv. énsomrig og eldre krøkle, er dominerende i hele epilimnion (både i 4-10 og i 10-20 m dyp). Disse gruppene er imidlertid tilnærma fraværende i dyp >20 m. Disse resultatene avviker noe fra garn- og trålfangstene (**tabell 11 & 12**). Garnfangstene tyder på lik fordeling av sik ned til 24 m, mens krøkla var fåtallig på større dyp enn 6 m både i trål- og garnfangster. Avvikene kan skyldes vertikalvandring hos fisken, da både trål og ekkolodd registrerer et øyeblikksbilde, mens garnfangstene er et resultat av fiskens adferd gjennom natta (over en periode på ca. 12 t).



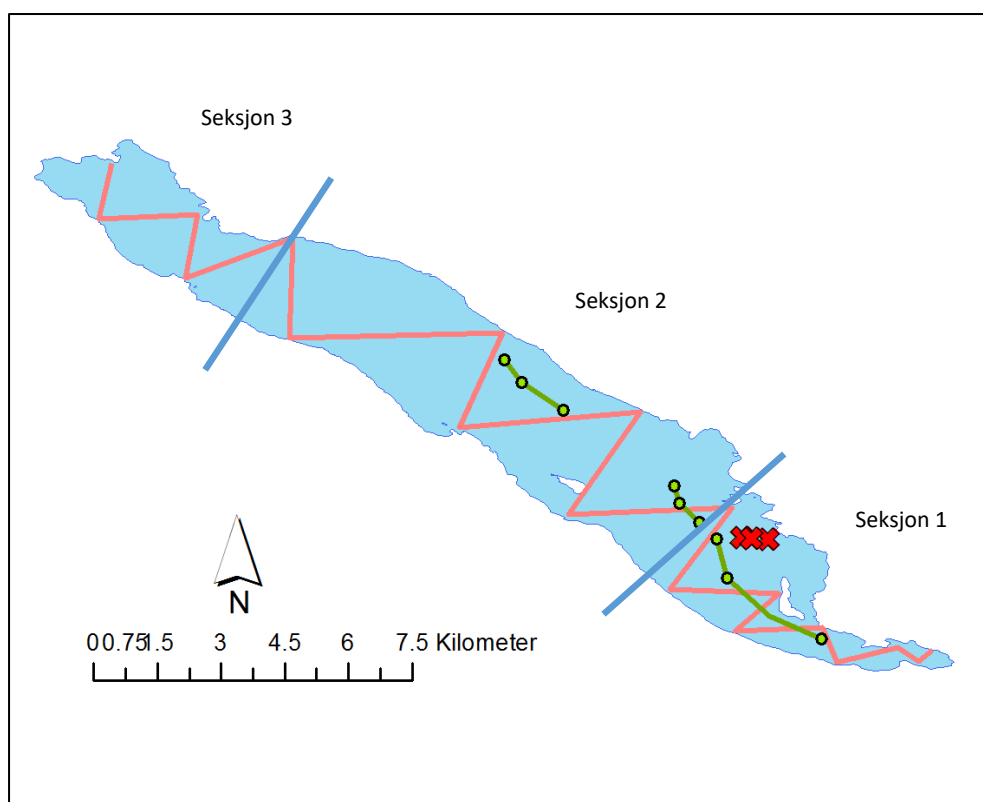
Figur 14. Ekkostyrke-fordeling (TS) i ulike dybdeintervall i Eikeren (for hele innsjøen). Merk ulik skala på Y-aksene.

Det var stor variasjon i tettheten av fisk og fordelingen av arter i de ulike delene av Eikeren i september i 2015. Basert på fisk i de åpne vannmassene ser det ut til at innsjøen kan deles i tre seksjoner med ulik tetthet og størrelses-/artssammensetning både i epilimnion og i hypolimnion

(figur 15 & 16). Gjennomsnittlig fisketetthet i hele vannsøylen (figur 15A) var 2316 fisk ha⁻¹ i sør, 281 fisk ha⁻¹ i midtpartiet og 407 fisk ha⁻¹ i nordre del. Denne forskjellen skyldtes vesentlig fordelingen i epilimnion (figur 15B), der gjennomsnittlig fisketetthet var 2 263 fisk ha⁻¹ i sør, 185 fisk ha⁻¹ i midtpartiet og 289 fisk ha⁻¹ i nordre del. I hypolimnion var tettheten av fisk mye lavere og tendensen var motsatt av epilimnion, med 53 fisk ha⁻¹ i sør, 96 fisk ha⁻¹ i midtpartiet og 118 fisk ha⁻¹ i nordenden (figur 15C).



Figur 15. Beregnet tetthet av fisk (middelverdi med 95 % konfidensintervall) i tre seksjoner (søndre del: 1, midtre del: 2, nordre del: 3) av de åpne vannmassene i Eikeren i september 2015, basert på ekkoloddregistreringer. A: alle dyp samlet, B: epilimnion (<18 m), C: hypolimnion (>18 m dyp). Gjennomsnittlig tetthet og variansmål er beregnet med GLM, med en antakelse om quasi-poisson fordeling (med rapportert dispersjonsparameter 399).



Figur 16. Kartskisse med linjer som viser de tre seksjonene av Eikeren, inndelt etter fisketetthet i de åpne vannmassene.

Ved å vekte disse middelverdiene med utkjørt distanse per innsjøseksjon under ekkoloddregistreringa, har vi beregnet en gjennomsnittlig tetthet for hele innsjøen på 896 fisk ha⁻¹ (**tabell 13**). Basert på lengdegruppene (ut fra TS-fordeling, **figur 12** og **13**) er 21 % av dette (188 fisk ha⁻¹) énsomrig krøkle, 50 % (448 fisk ha⁻¹) er eldre krøkle, 13 % (116 fisk ha⁻¹) er énsomrig sik og 16 % (143 fisk ha⁻¹) er eldre sik, sammen med noe aure og fiskespisende krøkle. Tilsvarende tall for hele innsjøens epilimnion var 808 fisk ha⁻¹ (**tabell 13**), hvorav 22 % var énsomrig krøkle, 57 % eldre krøkle, 4 % énsomrig sik og 17 % eldre sik. For hypolimnion var gjennomsnittlig tetthet 88 fisk ha⁻¹, hvorav 27 % var énsomrig krøkle, 26 % eldre krøkle, 12 % énsomrig sik og 35 % eldre sik.

Basert på tetthetstall fra ekkoanalysene og fiskevekter målt på fangstene kan vi beregne at énsomrig og eldre krøkle utgjorde en biomasse på hhv. 0,089 og 2,305 kg ha⁻¹ i epilimnion og 0,012 og 0,114 kg ha⁻¹ i hypolimnion. For énsomrig og eldre sik viste beregningene en biomasse på hhv. 0,653 og 17,2 kg ha⁻¹ i epilimnion og 0,218 og 3,930 kg ha⁻¹ i hypolimnion. Fiskevektene er satt som følger: énsomrig krøkle anslått til 0,5 g, eldre krøkle 5 g, énsomrig sik 20 g, og eldre sik 125,3 g i epilimnion og 128,3 g i hypolimnion. Den totale biomassen av pelagisk fisk (krøkle og sik) i Eikeren er beregnet til 6,6 tonn krøkle 1+ og eldre og 56,5 tonn sik 1+ og eldre, dvs. at den totale pelagiske fiskebiomassen utgjorde 65,7 tonn i september 2015 (**tabell 13**).

Tabell 13. Estimerte tettheter (med nedre og øvre 95 % konfidensgrenser, KI) og total biomasse av sik og krøkle i Eikeren 2015.

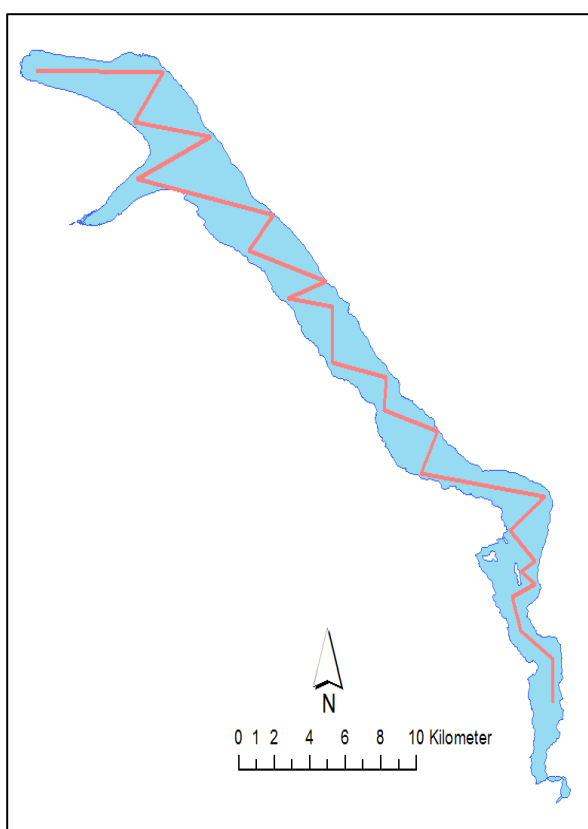
Innsjøseksjon	Tetthet (fisk ha ⁻¹)			Biomasse totalt (tonn)
	Gjennomsnitt	Nedre 95 % KI	Øvre 95 % KI	
1 - Sør	2 316	1 890	2 839	
2 - Midt	281	182	434	
3 - Nord	407	220	751	
Gruppe				
Krøkle 0+	188			0,273
Krøkle > 0+	448			6,644
Sik 0+	116			2,306
Sik > 0+	143			56,511
Sum	896			65,736

Den store tettheten av fisk i Eikerens sørlige del kan tyde på at innsjøen heller ikke er homogen med tanke på fysisk/kjemiske forhold. Det må tas forbehold om at vår undersøkelse viser et øyeblikksbilde. I store innsjøer kan fremherskende vindretning og indre bølger (seiches) medvirke til at forholdene endrer seg over kort tid. Hvis vi imidlertid antar at resultatene er representative for forholdene i Eikeren over tid, er det rimelig å tenke seg at den store fisketettheten i de øvre vannmassene i den sørlige delen av innsjøen kunne skyldes eutrofipåvirkning. En indikasjon på at eutrofiering kan være en årsak er at det i Hillestadvannet, som ligger i Kopstadvassdraget som renner ut i Eikeren ved Eidsfoss, senest i 2012 ble registrert fiskedød, trolig forårsaket av algegifter forårsaket av eutrofiering (Berge 2014). Dersom den ujevne fordelingen av fiskebestanden i Eikeren som vi har påvist representerer en stabil situasjon, kan det være hensiktsmessig å beregne egne indeksverdier og dermed egen klassifisering av økologisk tilstand hver innsjøseksjon. Dette er ikke gjort her, da vi har begrenset med fangstinformasjon fra forskjellige deler av sjøen. Gjennom ØKOSTOR-overvåkingen i 2015 ble Eikerens dypeste punkt undersøkt månedlig, men det ble ikke gjort noen undersøkelser i ulike deler av innsjøen som kunne påvise variasjon i vannkvalitetsforhold (f.eks. oksygenvinn) (Lyche Solheim mfl. 2016).

3.5 Tinnsjø

Feltarbeidet i Tinnsjø ble gjennomført ved at det ble kjørt ekkolodd natta mellom 15. og 16. september 2015 langs en siksakk-kurs på totalt 46,0 km (**figur 17**), som gir en dekningsgrad på 6,4.

I dette prosjektet var det ikke ressurser til å gjennomføre prøvefiske i Tinnsjø, men vi har fått tilgang til data for arts- og lengdefordeling i fangster fra flytegarnfiske gjennomført av Kjartan Østbye (Høgskolen i Hedmark) og Kim Præbel (UiT – Norges arktiske universitet) med nordisk oversikts flytegarn og utvidet Jensen-serie i 2013 og 2014. I 2013 ble det fisket med utvidet pelagisk Jensenserie og pelagiske nordiske oversiktsgarn over en drøy uke i august sør i sjøen. I tillegg ble det fisket med utvidet pelagisk Jensen-serie over ei natt i oktober. Mens det i august ble fisket på alle dyp mellom 1 og 30 m, ble det i oktober kun fisket i overflatelaget (1-7 m). I 2014 ble det kun fisket med utvidet pelagisk Jensenserie nord i sjøen midt i juli. Det ble her fisket kun i to dybdelag; 2-8 m og 8-14 m (K. Østbye, pers. medd.). Våre ekkolodderegninger nedenfor forutsetter at prøvefiske i 2013 og 2014 ga representative fangster og at samme arts- og størrelsesfordeling fortsatt var gjeldende i 2015.

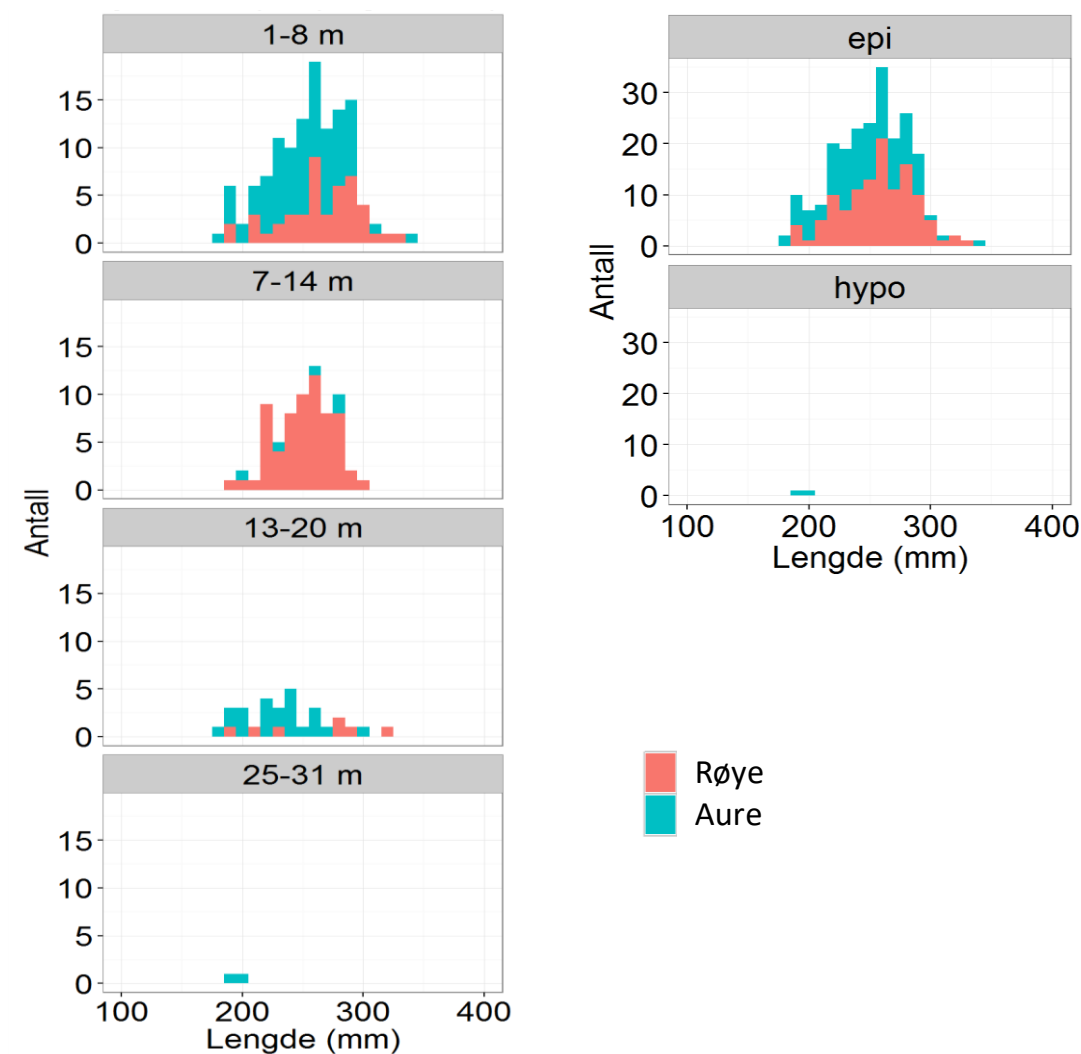


Figur 17. Skisse over utkjørt kurs for ekkoloddregistreringer (rød linje) i Tinnsjø, september 2015.

3.5.1 Prøvefiske

Prøvefiske i begge periodene i 2013 resulterte i fangster av både aure og røye fordelt på alle dyp (**figur 18**). I 2013 ble det fanget 54 røye med gjennomsnittslengde (min – max) på 24,4 cm (18,1 – 31,5 cm). Videre ble det samme år fanget 99 aure med gjennomsnittslengde (min – max) på 26,4 cm (19,2 – 32,6 cm). Prøvefiske i 2014 resulterte hovedsakelig i røye der alle nær som ett individ ble fanget i dybdelaget 8-14 m. Det ble også tatt et mindre antall aure dette året der de fleste satt i dybdelaget 2-8 m. Til sammen ble det i 2014 fanget 64 røye med gjennomsnittslengde (min – max) på 25,2 cm (18,6 – 30,0 cm). Av aure ble det dette året fanget kun 10 individ med gjennomsnittslengde (min – max) på 26,3 cm (18,5 – 34,5 cm). Datamaterialet fra prøvefiske i 2013 og 2014 omfattet ikke vektmålinger av fisken.

Flytegarngfangstene i Tinnsjø i 2013 og 2014 inneholdt totalt sett omtrent like mange aure og røye, med lengder mellom 18 og 35 cm (**figur 18**). Fangstene i nordiske oversiktsgarn og utvidet Jensenserie skilte seg imidlertid fra hverandre på flere måter. I utvidet Jensenserie ble det fanget 75 aure og 111 røye (dvs. 60 % røye), mens de nordiske oversiktsgarna fanget 34 aure og 7 røye (ca. 17 % røye). Dette fisket ble utført med sikte på å skaffe materiale til undersøkelse av genetik og polymorfisme hos røya i Tinnsjø, og reflekterer neppe et balansert bilde av fordelingen mellom aure og røye i vannmassene.



Figur 18. Lengdefordeling i fangster med pelagiske garn (nordisk oversiktsgarn og utvidet Jensenserie) i Tinnsjø i 2013 og 2014. Til venstre: fangst per dybdelag, Til høyre: fangst i hhv. epi- og hypolimnion. (Basert på upubliserte data fra K. Østbye og K. Præbel).

3.5.2 Ekkoloddregistreringer

TS-fordelingen i registreringene i Tinnsjø varierte mellom -61 og -29 dB. Gruppen med sterkst TS (ca. -37 dB; størst fisk) antar vi kan relateres til aure og røye mellom 20 og 30 cm tilsvarende de som ble fanget under prøvefisket. Den største gruppa med fisk omkring -50 dB relateres til yngre årsklasser av aure og røye, mens de dominerende lave TS-verdiene på større dyp (lavere enn ca. -55 dB) antas å skyldes støy (**figur 19**).

Gjennomsnittlig tetthet i Tinnsjø var 65 fisk ha⁻¹ (**tabell 14**). Av mangel på tilstrekkelige fangst-data har vi i videre beregninger av biomassetall benyttet Lindem & Sandlund (1984) regresjonen

for forholdet mellom TS og fiskelengde. I følge denne tilsvarer TS=-50,69 dB fisk på i gjennomsnitt 6,5 cm, som vi antra veier 1 g, mens TS=-36,98 dB tilsvarer fisk på 22,1 cm og 71,3 g (eldre aure og røye). På grunnlag av dette og tetthetsestimater er det en biomassetetthet på 1,39 kg ha⁻¹ i epilimnion og 0.21 kg ha⁻¹ i hypolimnion (**tabell 14**). Den totale pelagiske fiskebiomassen (aure og røye) i Tinnsjø er beregnet til ca. 8,0 tonn (etter arealer i **tabell 4**). Det må også tas forbehold om at forholdet mellom TS og fiskelengde i Lindem & Sandlund (1984) regresjonen ble basert på andre fiskearter enn aure og røye, slik at de biomasseverdiene vi har beregnet her er relativt usikre.

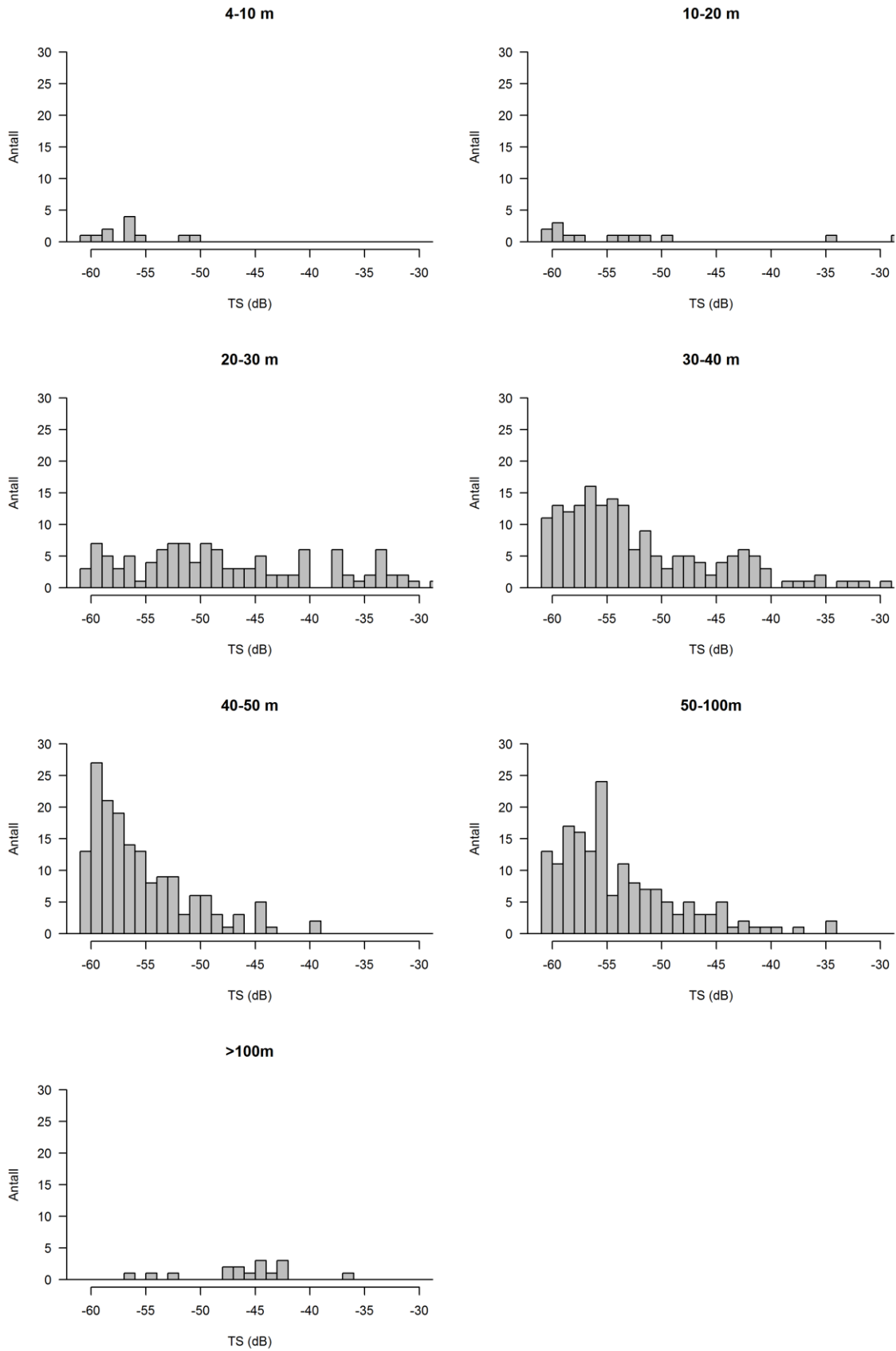
Samla fangstdata fra prøvefisket i Tinnsjø i 2013 og 2014 antydde at fordelingen mellom aure/røye var ca. 50/50. Det er imidlertid høyst uvanlig med 50/50 fordeling av røye og aure i pelagialsonen, og ser vi kun på fangstene fra 2014 var det en klar dominans av røye. Vi vil derfor ikke konkludere med en bestemt fordeling mellom de to artene i Tinnsjø i 2015.

Tabell 14. Estimerte tettheter og total biomasse av yngre og eldre aure og røye i Tinnsjø 2015.

Dybdelag	Gjennomsnittlig tetthet (#fisk ha ⁻¹)	Biomasse totalt (kg)
Totalt	64,5	7996
Epilimnion	41,3	7081
Hypolimnion	23,3	915
Gruppe		
Yngre aure/røye	42,7	
Eldre aure/røye	21,8	
Sum	64,5	



Høy vannstand i Tinnsjø. Foto: Atle Rustadbakken, NIVA

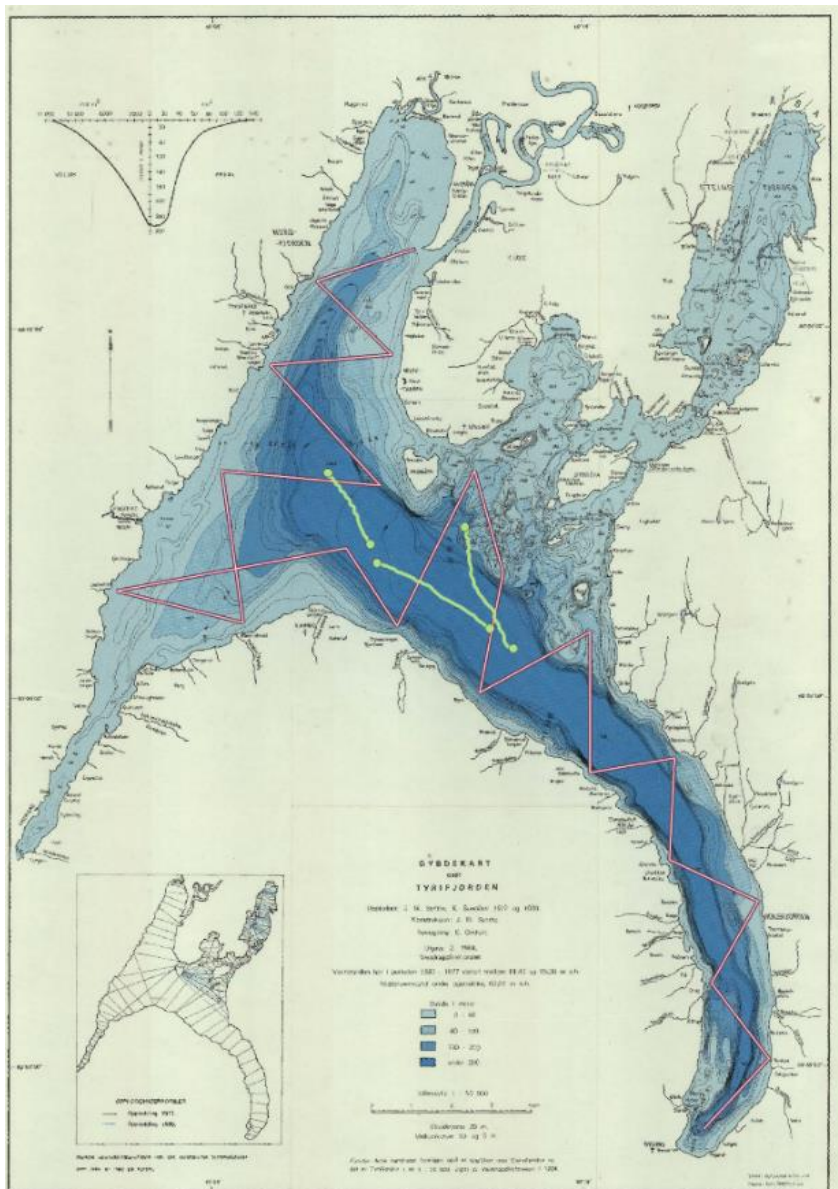


Figur 19. Ekkostyrke-fordeling (TS) i ulike dybdeintervall i Tinnsjø 15. september 2015.

3.6 Tyrifjorden

Tråling i Tyrifjorden ble gjennomført natta mellom 3. og 4. september, med tre tråltrekk (**figur 23**). Det første tråltrekket i Tyrifjorden var imidlertid et bomkast uten fangst, fordi flere av tråltauene hadde krysset seg under utsetting. Trålen fungerte derfor ikke som den skulle.

Ekkoloddkjøringen ble gjennomført natta mellom 8.-9. september, med 20 transekter i sikksakk kjørt fra nord mot sør (**figur 20**). Dekningsgraden var 5,6.



Figur 20. Dybdekart over Tyrifjorden med utkjørte ekkoloddkurser (rød linje) og tre tråltrekk med pelagisk partrål (grønne linjer), september 2015.

3.6.1 Prøvefiske

Tråltrekk med fangster er oppsummert i **tabell 15**. Det ble også fanget noe 0+ krøkle. En del av disse ble lengdemålt, men mengden 0+ krøkle i trålen ble ikke kvantifisert. Ved de to vellykkete tråltrekkene ble det fanget i alt 17,4 kg fisk (uten 0+ krøkle). Krøkle eldre enn 0+ dominerte i fangstene nær overflata, med over 2100 fisk, mot bare to sik. På dypere vann ble det fanget langt færre krøkle (65 fisk), men flere sik (33 fisk).

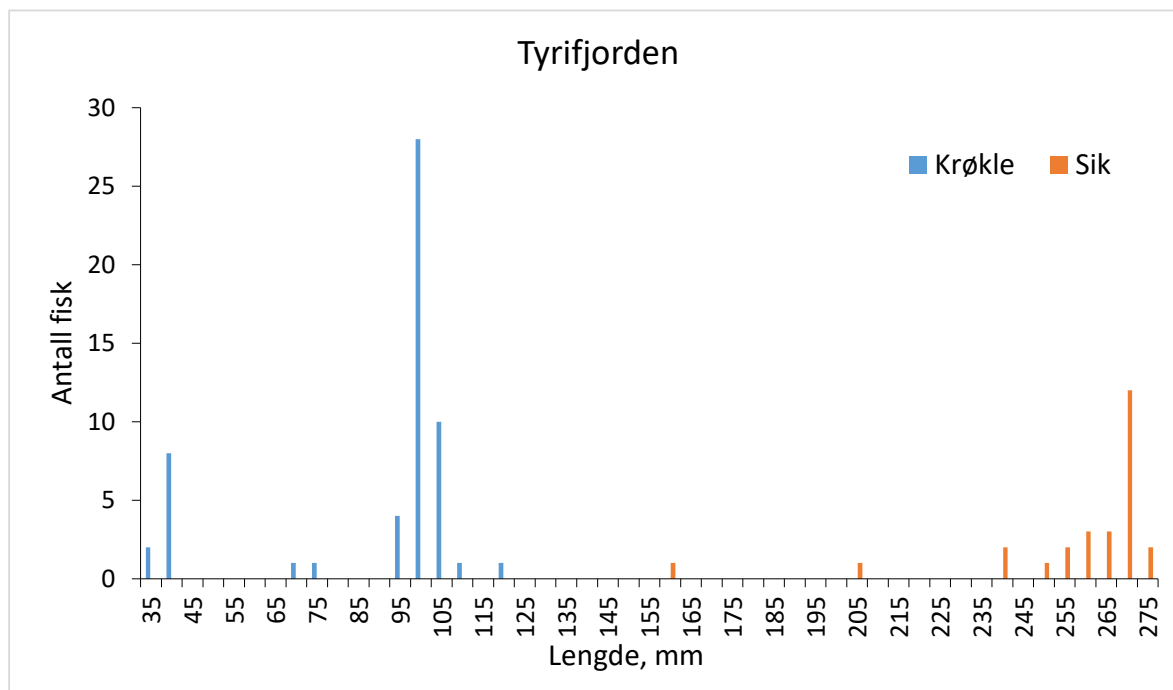
Lengdefordelingen i trålfangstene fra begge dyp i Tyrifjorden viser at krøkla var mellom 35 mm og 120 mm, mens siken var mellom 160 og 280 mm (**figur 21**). I krøklefangsten kan det skilles

ut to eller tre lengdegrupper. Den minste, mellom 35 og 45 mm, tilsvarer årsyngel (0+), mens den største, mellom 95 og 120 mm, trolig er kjønnsmoden fisk. To fisk, mellom 70 og 80 mm, er trolig ett år gammel fisk (1+). Sikfangsten var dominert av fisk mellom 250 og 280 mm. Dette er trolig kjønnsmoden fisk. Enkeltsik på 165 og 205 mm er trolig ungfisk.

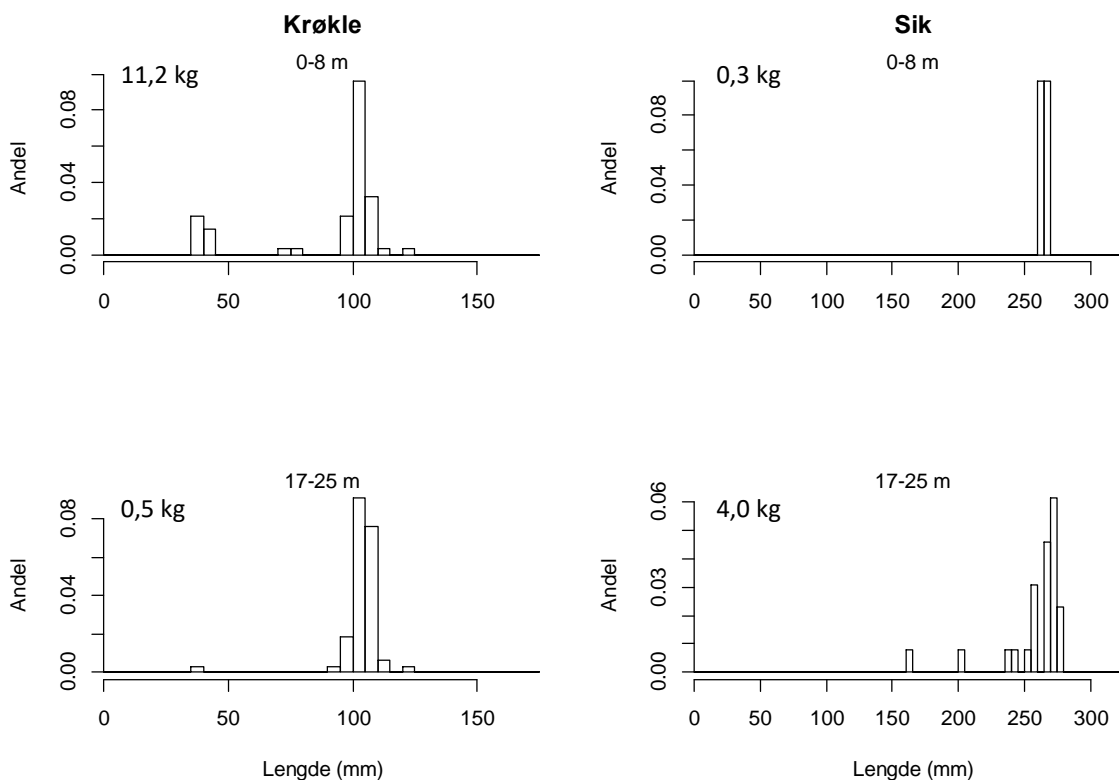
Lengdefordelingen i fangstene på de to tråldypene (0-8 m og 17-25 m) tyder på en viss forskjell i habitatvalg (**figur 22**). Det kan synes som om ungfisk av krøkle lever nær overflata, mens ungfisk av sik, i den grad de går i de åpne vannmassene, lever på dypere vann. Det må imidlertid tas forbehold om at antall fisk er lite.

Tabell 15. Tråltrekk i Tyrifjorden. Fangsten viser til krøkle og sik over 60 mm lengde.

Tråltrekk	Dyp, m	Tid, minutter	Dis-tanse, m	Trål-åpning, m ²	Hastighet, m/sek	Fangst			
						kg	# krøkle	# sik aure	
Trål 1	0-8	48	3273	Mislykket tråltrekk, ingen fangst					
Trål 2	0-8	42	3286	64	1,31	12,1	2131	2	0
Trål 3	17-25	29	2058	64	1,20	5,3	65	33	0
Sum	-				-	17,4	2196	35	0



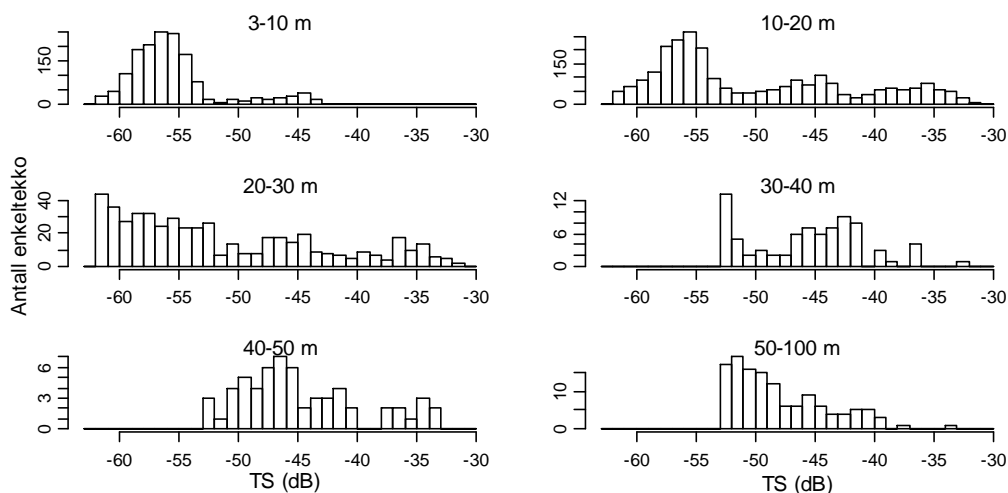
Figur 21. Lengdefordeling av fisk i trålfangst i Tyrifjorden 3.-4. september 2015. Det ble lengdemålt 56 krøkle og 28 sik, i tillegg til én elvenjøye (lengde: 150 mm). Totalfangsten er vist i **tabell 15**.



Figur 22. Lengdefordeling av krøkle og sik i trålfangster på to dyp i Tyrifjorden 3.-4. september 2015. Vekten av fangstene er også oppgitt.

3.6.2 Ekkoloddregistreringer

I Tyrifjorden var ekkostyrkefordelingen dominert av ekko mellom -63 og -53 dB, tilsvarende 0+ krøkle (**figur 23**). For større fisk var ekkostyrken dominert av ekko mellom -53 og -42 dB ned til 10 m dyp, tilsvarende krøkle eldre enn 0+ (**figur 23**). På større dyp økte det relative innslaget av fisk med ekkostyrke større enn -42 dB. Dette samsvarer med observasjonene i trålfangsten, der krøkle dominerte totalt i antall på tråldyp 0-8 m (**tabell 15**), mens antallet sik var mye nærmere antallet av krøkle på tråldyp 17-25 m (**figur 23**). Totalt sett var fiskesamfunnet sterkt dominert av krøkle i antall, fordi tettheten var desidert høyest på 0-10 m dyp.



Figur 23. Ekkostyrke-fordeling (TS) i ulike dybdeintervall i Tyrifjorden. Merk ulik skala på Y-aksene.

Tettheten av 0+ og av fisk eldre enn 0+ er oppsummert i **tabell 16**, med artsfordeling av tetthet og biomasse basert på fordeling i trålfangster. Den totale biomassen av pelagisk krøkle og sik i Tyrifjorden ble estimert til henholdsvis ca. 18 og 50 tonn.

Tabell 16. Estimerte tettheter og total biomasse (med nedre og øvre 95 % konfidensgrenser, KI) av sik og krøkle i Tyrifjorden

Tyri- fjorden	Tetthet (#fisk ha ⁻¹)					Biomasse totalt (tonn)	
	Gjennomsnitt, begge arter	Nedre 95 % KI	Øvre 95 % KI	Krøkle	Sik	Krøkle	Sik
0+	1595	1464	1735	1595		4,0	
Eldre enn 0+	270	232	313	239	32	13,8	50,2
Sum						17,8	50,2

3.7 Randsfjorden

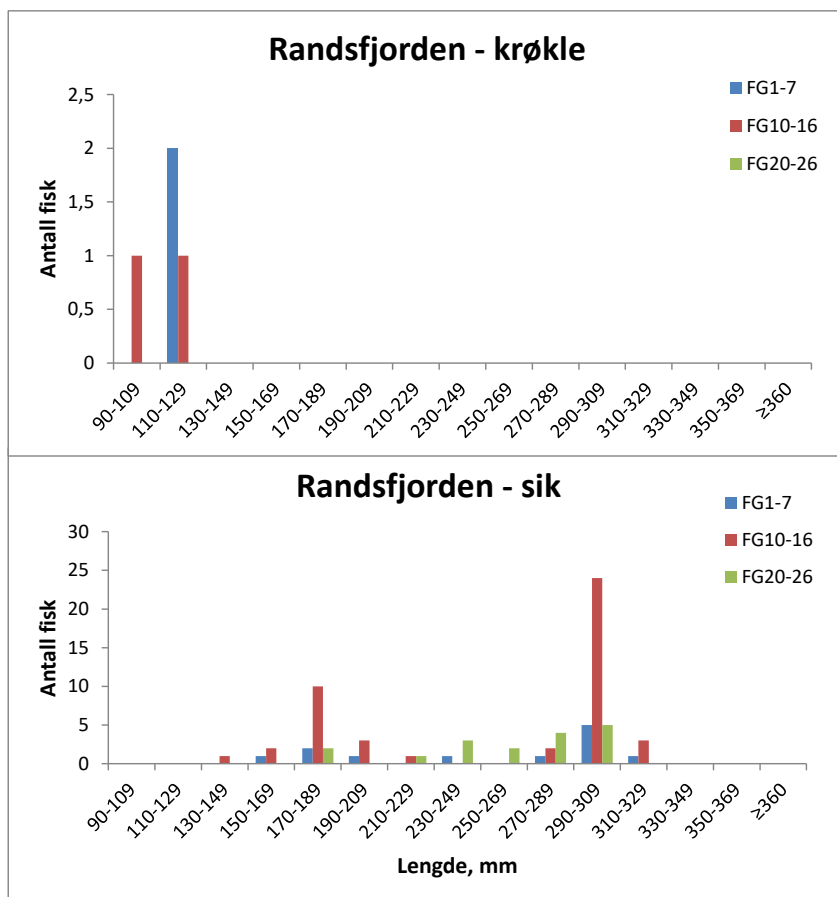
I prøvefisket i regi av Fylkesmannen i Oppland ble det kun fisket bare med flytegarn. Det ble satt ni flytegarn (6x25 m), med maskeviddene 10, 13, 16, 19, 22, 29, 35, 39 og 45 mm parallelt med land. Garna var fordelt på to lenker på hvert av tre dyp (1-7, 10-16 og 20-26 m) på én stasjon, 7. – 8. september (Norum mfl. 2016). Ekkoloddkjøringen i Randsfjorden ble også gjennomført natta 7. - 8. september, med 29 transekter kjørt fra sør mot nord (**figur 24**). Dekningsgraden var 6,4.



Figur 24. Dybdekart over Randsfjorden med utkjørte ekkoloddkurser (rød linje) og område for garnfisket (lyseblå linje), september 2015.

3.7.1 Prøvefiske

Det ble bare fanget fire krøkle på 1-7 og 10-16 dyp, og lengdene var 90-129 mm (**figur 25**). Bruk av mindre maskevidde(r), for eksempel 8 mm, ville trolig ha gitt større fangster av krøkle. Det ble fanget sik på alle tre dyp, til sammen 75 individer, og klart flest på 10-16 m. Denne fordelingen i dypet er gunstig med tanke på ekkoloddregistreringen. Det var topper i lengdefordelingene ved 170-190 mm og 270-310 mm. Det ble også fanget én 320 mm lang røye på 10-16 m dyp.



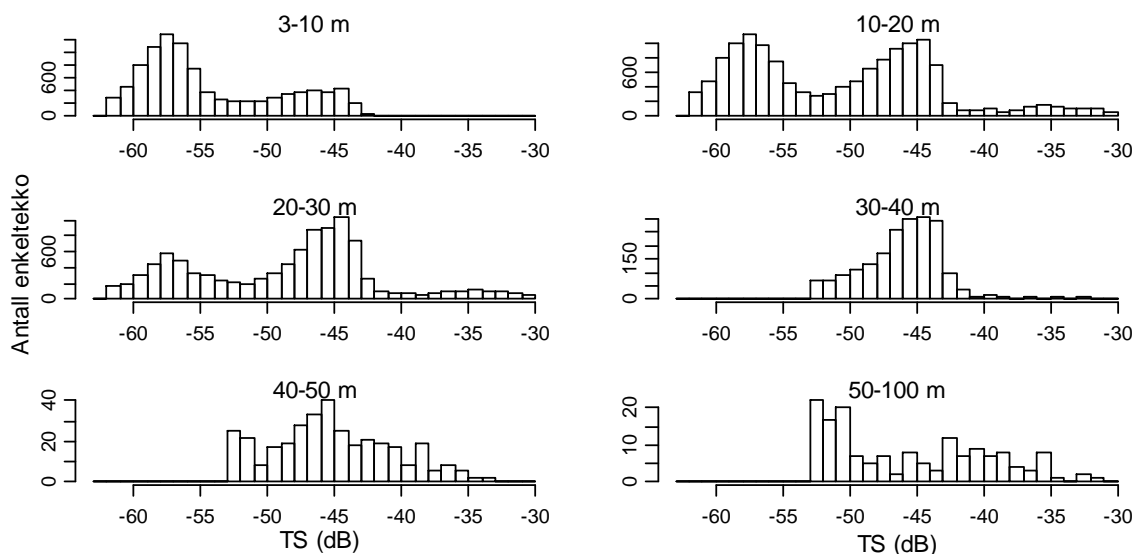
Figur 25. Lengdefordeling av krøkle og sik i flytegarnefangster i Randsfjorden, 7.-8. september 2015 på tre dyp: 1-7 m, 10-16 m og 20-26 m. Totalfangsten var 75 sik og 4 krøkle. Det ble også fanget én røye (ikke med i figuren).

3.7.2 Ekkoloddregistreringer

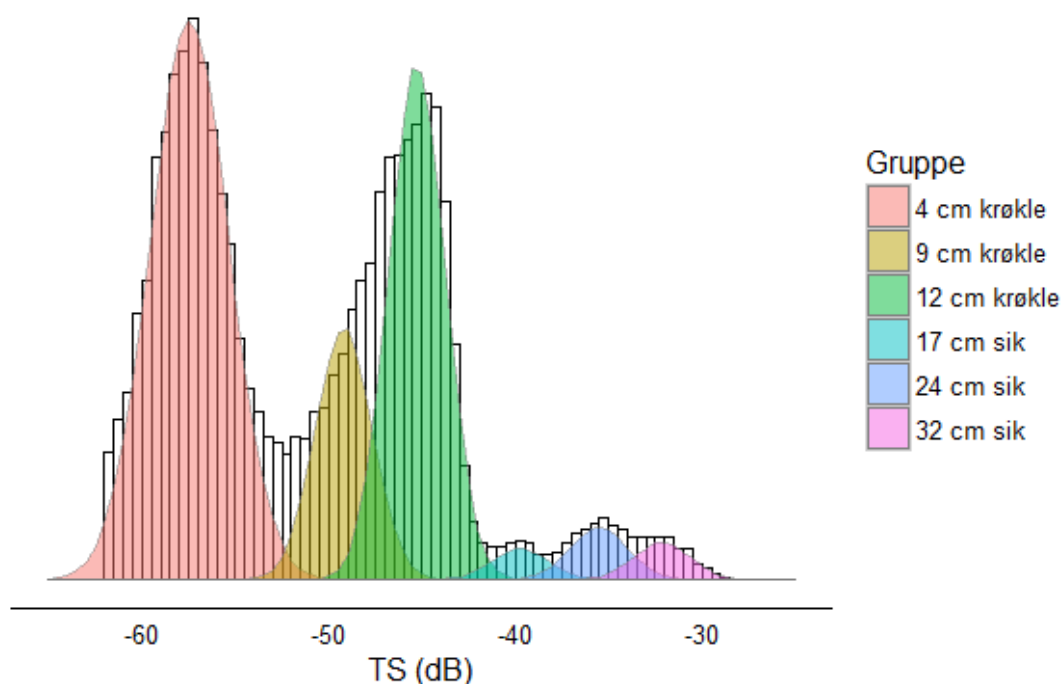
I Randsfjorden var ekkostyrkefordelingen dominert av ekko mellom -63 og -53 dB (tilsvarende 0+ krøkle) ned til 10 m dyp, mens den relative andelen av ekko større enn -53 dB økte og dominerte på større dyp (**figur 26**). For større fisk enn 0+ krøkle var ekkostyrken dominert av ekko mellom -53 og -42 dB ned til 50 m dyp, tilsvarende krøkle eldre enn 0+ (**figur 26**). På større dyp økte det relative innslaget av fisk med ekkostyrke større enn -42 dB. Dette indikerer at fisk med ekkostyrke tilsvarende krøkle dominerte fiskesamfunnet i Randsfjorden.

Tettheten av 0+ og av fisk eldre enn 0+ i Randsfjorden er oppsummert i **tabell 17**, med artsfordeling av tetthet og biomasse basert på fordeling i garnfangstene. Fordi vi mener at den relative andelen av krøkle er kraftig underestimert i garnfangstene med den typen garn som ble brukt her, og i noen grad kanskje også liten sik i forhold til stor sik, bør det ikke festes lit til den arts-spesifikke fordelingen i tetthet og den totale biomassen estimert med utgangspunkt i fordelingen i fangstene. Vi har likevel gitt tallene i parentes i **tabell 17**, for å illustrere hvilke avvikende tall slike feilkilder kan resultere i. Videre brukte vi resultatene fra undersøkelsene i 2015 til å gjøre en vurdering på sammenhengen mellom lengde og ekkostyrke (se Kapittel 3.8). Vi brukte deretter denne nye sammenhengen til å gjøre en alternativ vurdering av arts- og størrelsesfordeling, basert på fordelingen i ekkostyrke ved ulike dyp. Resultatene av dette gir et vesentlig annet bilde

av arts- og biomassefordeling i Randsfjorden (**tabell 17** og **figur 27**). Vi mener dette er mye nærmere det riktige bildet enn estimatene basert på fordelingen i garnfangster.



Figur 26. Ekkostyrke-fordeling (TS) i ulike dybdeintervall i Randsfjorden. Merk ulik skala på Y-aksene.



Figur 27. Histogram av ekkostyrkefordeling fra 0-25 m dyp i Randsfjorden, overlagt normalfordelinger av ulike størrelsesgrupper fisk som gikk igjen i fangstene (delvis garnfangster i Randsfjorden, men for mindre krøkle er det basert på en antakelse om at mønsteret tilsvare mønsteret i sammenligninger av fangster og ekkostyrkefordeling i Tyrifjorden og Norsjø). Disse gruppefordelingene ble estimert med bruk av miksdistribusjon-modellering.

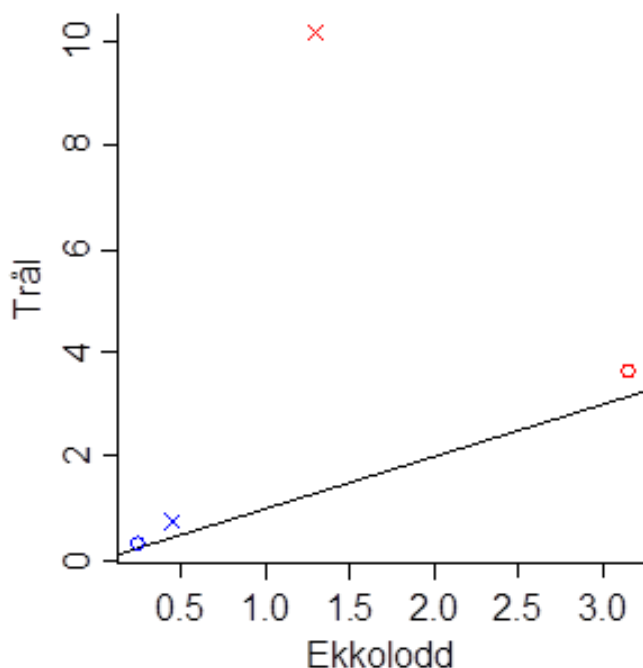
Tabell 17. Estimerte tettheter og total biomasse (med nedre og øvre 95 % konfidensgrenser, KI) av sik og krøkle i Randsfjorden. Biomassen av 0+ krøkle er basert på en antakelse av at den var like stor som i Tyrifjorden (det var støtte i ekkostyrkefordelingen for dette). Estimatenes for arts-spesifikk tetthet og total biomasse er basert på ekkostyrkefordeling. Det hefter noe usikkerhet rundt forholdet mellom ekkostyrke og lengde for de ulike artene (se neste kapittel for nærmere omtale), men dette gir likevel et riktigere bilde enn estimatene basert på fordelingen i garnfangster (tall i kursiv og parentes), da fangster i garn av den typen som ble brukt i Randsfjorden ikke er representative.

Randsfjorden	Tetthet (#fisk ha ⁻¹)				Biomasse totalt (tonn)		
	Gjennomsnitt	Nedre 95 % KI	Øvre 95 % KI	Krøkle	Sik	Krøkle	Sik
0+	1008	829	1211	1008		3,2	
Eldre enn 0+	882	779	994	854 (90)	28 (792)	67,5 (10,8)	58,9 (1723,9)
Sum						70,7	58,9

3.8 Skal arts- og størrelsessammensetning baseres på fangst?

3.8.1 Tettheter observert med akustikk og trål

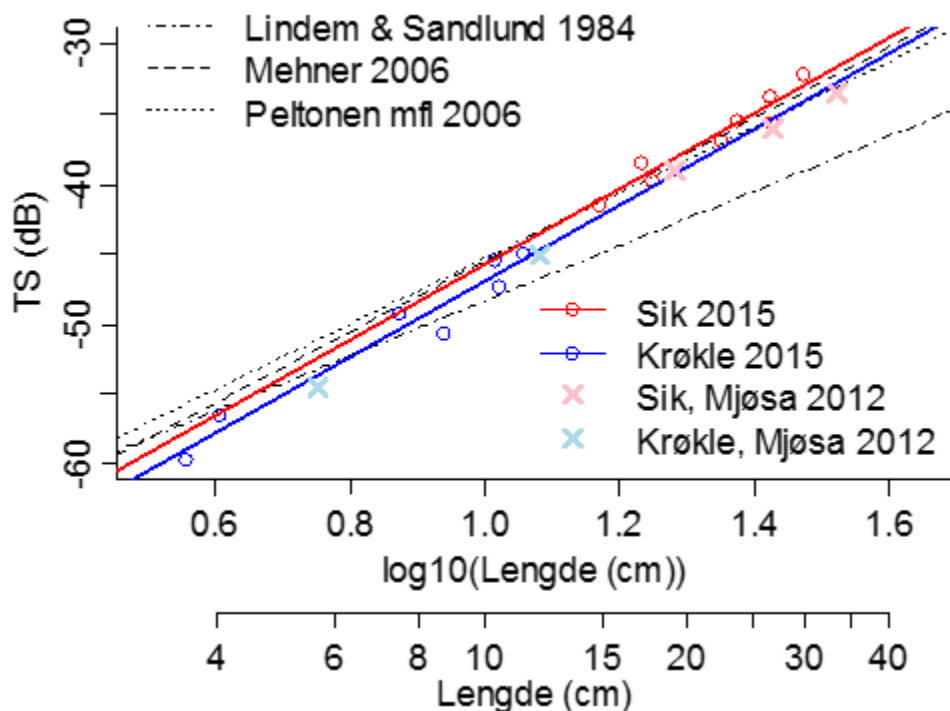
Det var en klar og relativt konsistent sammenheng mellom volumtettheter av fisk observert med ekkolodd og trål, med gjennomgående noe høyere tetthet i trål enn observert med ekkolodd (**figur 28**). En noe høyere tetthet observert med trål kan skyldes en skremseffekt, det vil si at fisk skremmes fra trekkbåtene og inn mot trålen, alternativt at trålens areal i åpningen faktisk er noe større enn oppgitt fra produsentens side. Unntaket var tråltrekket på 0-8 m i Tyrifjorden, som gav nesten 10 ganger så høy tetthet som tettheten observert med ekkolodd. Dette store avviket skyldes trolig vesentlig større tettheter av fisk, enten som en følge av større lokale konsentrasjoner (for eksempel store stimer som nettopp har løst seg opp etter mørkets frambrudd), eller at tettheten i ekkoloddets blindsoner nær overflata var mye større enn videre nedover i epilimnion. En undersøkelse av hvordan tettheten av enkelttekk endres med dyp i Tyrifjorden gav ingen støtte for det siste alternativet, men vi kan heller ikke utelukke det.



Figur 28 Sammenligning av volumtettheter for fisk > 0+ (# fisk 1000 m⁻³) observert med trål og ekkolodd i Norsjø (o) og Tyrifjorden (x), for tråldyp 0-8 m (rødt) og 17-25 m (blått).

3.8.2 Sammenheng mellom fiskelengde og ekkostyrke

Resultatene fra analysene av sammenhengen mellom ekkostyrke (TS) og fiskelengde er vist i **figur 29**, og sammenlignet med noen relevante tidligere arbeid i Europa (Lindem & Sandlund 1984 på sik, lagesild og krøkle blandet; Mehner 2006 på lagesild; Peltonen mfl. 2006 på krøkle). Ifølge vår regresjon kan det se ut til at sik har noe sterkere ekkostyrke enn krøkle, gitt samme lengde (1,14 dB sterkere). Effekten av art var ikke signifikant i våre data, men det var heller ikke overlapp mellom artene i lengde, slik at det er umulig å konkudere om den statistiske arts-effekten. Inkludering av artseffekten gav en svakt bedre forklaringsverdi, og vi har inkludert artseffekten fordi det kan være biologiske grunner til at krøkle har noe lavere TS enn sik. Rudstam mfl. (2003) fant at amerikansk krøkle hadde et forhold mellom TS og fiskelengde som var svært lik den presentert av Lindem & Sandlund (1984). Men både i Rudstam mfl. (2003) og Parker-Stetter mfl. (2006) er det sterke indikasjoner på at denne regresjonen overestimerer TS for mindre lengder av krøkle. Krøkle er i slekt med lodde (*Mallotus villosus*, i Barentshavet), som har vist seg å ha lavere ekkostyrke enn de fleste andre fiskearter med svømmeblære (O'Driscoll & Rose 2001, Jørgensen & Olsen 2002). Det er imidlertid liten tvil om at krøkle har vesentlig sterkere TS enn lodde av samme størrelse (Rudstam mfl. 2003; Parker-Stetter mfl. 2006; Peltonen mfl. 2006; Gastauer mfl. 2013). Både topper i størrelsesfordeling og ekkostyrkefordeling i våre undersøkelser ligner på de presentert i Rudstam mfl. (2003) og Parker-Stetter mfl. (2006), mens Peltonen mfl. (2006) hadde mye mindre innslag av 30-50 mm krøkle. Ikke minst fordi de andre regresjonene ser ut til å overestimere TS hos liten 0+ krøkle, anser vi at vår TS-lengde regresjon for krøkle er en riktigere representasjon av forholdet mellom TS og lengde enn det som er presentert i tidligere arbeid. Det er imidlertid viktig å få utvidet grunnlaget for regresjonen med data på krøkle større enn 13 cm, for å styrke prediksjonen for alle aktuelle størrelsesgrupper.



Figur 29. Sammenhengen mellom ekkostyrke (TS) og total lengde (L) hos krøkle ($TS = 27,06 \log_{10}(L) - 74$) og sik ($TS = 27,06 \log_{10}(L) - 72,9$) i Norsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden, sammenlignet med regresjonene fra Lindem & Sandlund (1984) ($TS = 19,7 \log_{10}(L) - 68,1$), Mehner (2006) ($TS = 25,5 \log_{10}(L) - 70,9$), og Peltonen mfl. (2006) ($TS = 23,4 \log_{10}(L) - 68,7$). Som uavhengig sammenligning har vi plottet data fra metodeutprøvinger i Mjøsa i 2012 (Gjelland mfl. 2013).

Når det gjelder prediksjoner fra Lindem & Sandlund (1984) regresjonen, ser det ut som den overestimerer TS for krøkle, mens den underestimerer TS for stor sik. Dette har trolig sammenheng med at programvaren som ble brukt den gangen hadde et for begrenset antall desibelgrupper. I det arbeidet ble TS-fordelingen fra -56 til -38 dB vurdert opp mot lengdegrupper av krøkle, lagesild og sik i lengdeintervall fra 40 mm til 400 mm. I det nåværende arbeidet hadde vi liknende ytterpunkter i lengdefordelingen som i Lindem & Sandlund (1984), mens vi fant topper i TS-fordelingen fra omlag -60 dB til -32 dB. Dersom den reelle TS-fordelingen hadde like stor spredning i 1984-arbeidet, ville data < -56 dB bli tersklet bort, mens data > -38 dB ble trunkert til -38 dB-gruppen. Dette ville igjen føre til over- og underestimering av TS for henholdsvis liten og stor fisk, som er det vi observerer med Lindem & Sandlund-regresjonen i det nåværende arbeidet. Parameter-estimatene i vår regresjon i **figur 29** er signifikant forskjellig fra Lindem & Sandlund-regresjonen. Disse betraktningene om potensielle feil på grunn av snevert TS-område kan også være gyldige for andre regresjoner basert på data samlet inn med EY-M ekkoloddet, for eksempel for mort (Bjerkeng mfl. 1991), men vi har ingen holdepunkter for å vurdere hvor stor denne feilkilden er for andre arter en sik og krøkle.

Sammenligningen med TS-fiskelengde-data fra metodeutprøvingen i Mjøsa i 2012 (Gjelland mfl. 2012) (**figur 29**) indikerer også at TS-L regresjonen fra 2015-materialet gir en god tilnærming for krøkle. For sik kan det se ut som om TS-L regresjonen fra 2015-materialet overestimerer TS noe for sik i 2012-materialet. En regresjon på kun sikdata fra både 2012 og 2015 gav et intersept på -69.9 og en stigningskoeffisient på 24.6, altså en noe flatere kurve. En mye brukt antakelse er at TS endrer seg proporsjonalt med kvadratet av lengden på fisken (Simmonds & MacLennan 2005). Det tilsvarer en stigningskoeffisient på 20 i TS-L-regresjonen, men våre data indikerer at dette forholdet er noe brattere for både sik og krøkle. Det er imidlertid viktig å skaffe til veie gode data med klare topper for mindre sik (særlig 0+) som kan inkluderes i analysene. Da vil vi kunne gi en regresjon med bedre sikkerhet over et stort størrelsesintervall for sik. Dessuten vil det være ønskelig å sammenligne regresjonene for begge arter med data fra kontrollerte forsøk på enkeltfisk av ulike lengder, og med teoretiske betraktninger for hvordan TS skal forventes å bli endret med økende størrelse.

3.8.3 Biomasse-estimerer basert på ny TS-lengde-regresjon

De svært høye biomasse-estimatene for sik i Randsfjorden basert på arts- og størrelsesfordeling i garnfangster (jf. **tabell 16**), antyder at fangstfordelingen gav et uriktig bilde av den reelle fordelingen. Vi gjennomførte derfor alternative biomasse-estimat for Norsjø, Randsfjorden og Tyrifjorden, der vi estimerte arts- og størrelsesfordeling utfra observert TS-fordeling i de ulike dybdeintervall, korrigert for økende lydstrålevolum med dyp. I disse betraktningene antok vi at -42 dB representerte en god terskel for å skille krøkle og sik på størrelse. Med denne metoden ble den relative artsfordelingen skjøvet fra sik mot krøkle. Mens denne effekten var liten for krøkle og moderat for sik i Norsjø og Tyrifjorden, var den ekstrem i Randsfjorden (**tabell 18**). Dette tolker vi som bevis for kraftig garnseleksjon, som igjen fører til lite representativt bilde av arts-sammensetningen i fiskesamfunnet. Den svakere vridningen fra sik mot krøkle i tetthet basert på TS-fordeling i forhold til tetthet basert på trålfangst, skyldes i alle fall delvis at siken konsentrerte seg i et dybdeintervall som overlappet med 17-25 m intervallet for trål, mens den utfra ekkostyrkefordeling var lavere over og under. I den fangstbaserte artsfordelingen antok vi at artsfordelingen var konstant og lik den i trålen fra 17 m og dypere (Tyrifjorden og Norsjø). Videre vil sik som viser unnvikelsesmanøver og dykker når båten passerer få lavere TS, og noen vil kunne havne i gruppen med lave TS-verdier. Biomasse-estimatene for sik ble noe mer redusert enn tetthets-estimatene, noe som skyldes at gjennomsnittlig individvekt for sik ble lavere basert på ekkostyrke enn basert på fangst (**tabell 19**). Den lavere individvekten basert på tilbakeberegning fra TS kan videre indikere at TS-lengde-regresjonen for sik gir et svakt overestimat av TS, som igjen vil gi et underestimat av lengde når TS blir brukt for å estimere fiskelengde. Merk ellers at årsyngel (0+) av krøkle og sik ikke er regnet med i disse biomasseberegningene. Dette har trolig liten betydning for resultatet. Årsyngel av krøkle er riktignok ofte tallrik i de åpne vannmassene, men har så liten individuell vekt at den trolig utgjør en liten andel av artens totale biomasse. Årsyngel av sik går trolig i mindre grad ute i de åpne vannmassene, og har også så liten individuell vekt i forhold til voksen sik, at biomassen av sik i de åpne vannmassene påvirkes lite av at denne størrelsesgruppa er utelatt.

Tabell 18. Sammenligning av biomasseestimer for fisk > 0+, i Norsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden, basert på gjennomsnittsvekt målt på fanget fisk eller tilbakeberegnet fra TS-fordeling ved hjelp av TS-lengdeforhold og kjente lengde-vekt-forhold hos de to fiskeartene.

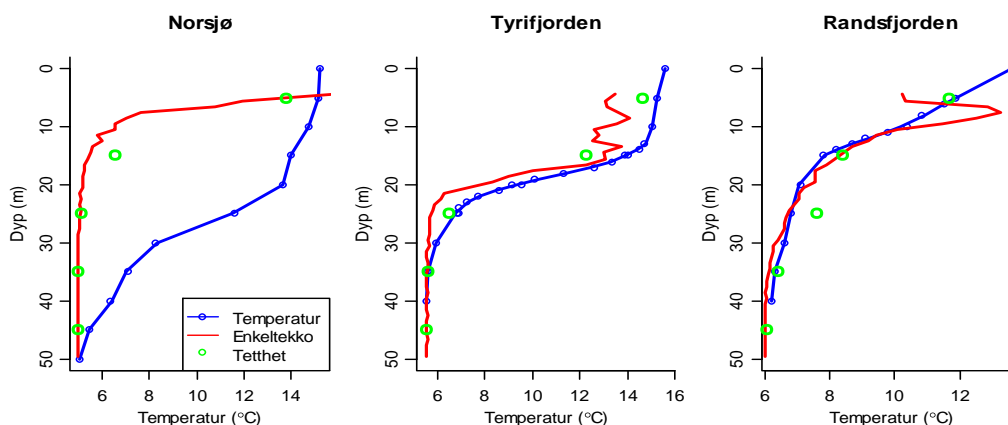
Innsjø	Tetthet				Biomasse			
	Krøkle (#fisk ha ⁻¹)		Sik (#fisk ha ⁻¹)		Krøkle (tonn)		Sik (tonn)	
	Fangst	TS	Fangst	TS	Fangst	TS	Fangst	TS
Norsjø	340	359	33	13	7.7	7.8	23.8	7.3
Randsfjorden	90	854	792	28	10.8	63.2	1723.9	55.1
Tyrifjorden	239	251	32	20	13.8	16.5	50.2	23.2

Tabell 19. Sammenligning av gjennomsnittsvekt (i gram) for fisk eldre enn 0+, i Norsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden, basert på gjennomsnittsvekt målt på fanget fisk eller tilbakeberegnet fra TS-fordeling i det relevante dybdeintervallet ved hjelp av TS-lengdeforhold og kjente lengde-vekt-forhold hos de to fiskeartene.

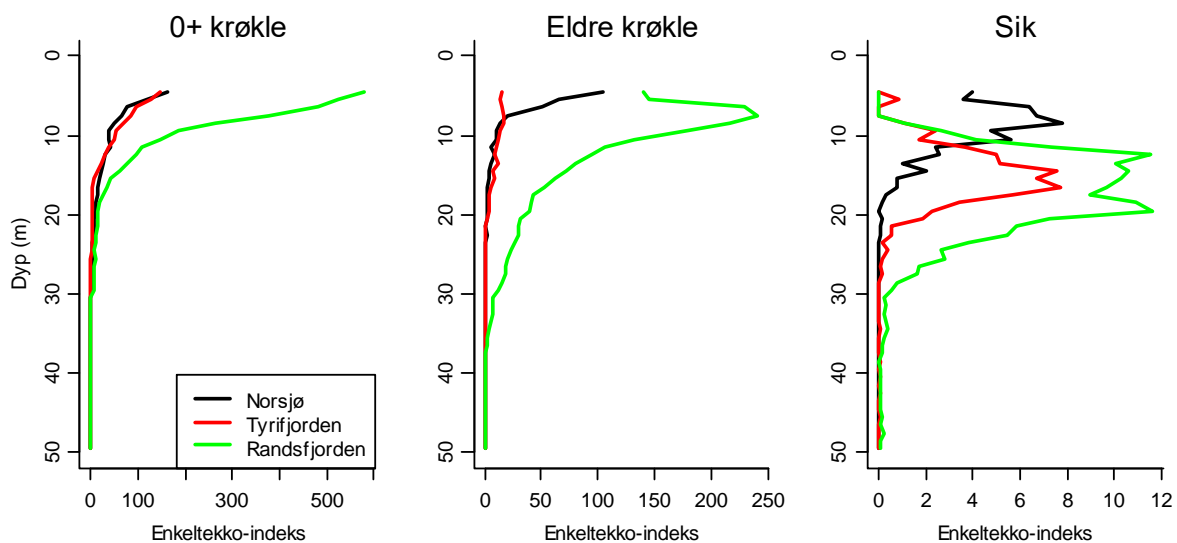
Innsjø	Dyp	Krøkle		Sik	
		Fangst	TS	Fangst	TS
Norsjø	0-8 m	4.0	4.2	136	117
Norsjø	17-25 m	9.1	3.8	163	87
Tyrifjorden	0-8 m	5.5	6.1	165	107
Tyrifjorden	17-25 m	5.7	6.6	150	111
Randsfjorden	0-8 m	9.5	5.0	168	117
Randsfjorden	17-25 m	7.0	7.1	166	167

3.8.4 Dybdefordeling av fiskebiomasse

Det var stor forskjell mellom innsjøene i hvor dypt sprangsjiktet (termoklinen) var plassert. Mens fordelingen av fisk samsvarte godt med sprangsjiktet i Tyrifjorden og Randsfjorden, stod fisken i Norsjø, som hadde det dypeste sprangsjiktet, nærmere overflata (**figur 30**). Det aller vesentligste av 0+-størrelse fisk stod i 0-10 m dyp, mens eldre krøkle stod noe dypere, men vesentlig overlappende med 0+ krøkle (**figur 30**). Siken befant seg gjennomgående noe dypere enn krøkle, men med overlapp (**figur 31**). I Norsjø og Tyrifjorden befant det aller meste av siken seg over sprangsjiktet, mens det meste av siken i Randsfjorden befant seg under sprangsjiktet.



Figur 30. Temperaturprofiler og relativ tetthetsfordeling med dyp i Norsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden. Den relative tetthetsfordelingen er basert på antall enkelekko i dybdeintervall på 1 m (rød linje), korrigert for lydstrålens volum i intervallet. Den relative fordelingen i tettheten fra ekkointegreringen i 10 m dybdeintervall er vist med grønne sirkler.



Figur 31. Relativ tetthetsfordeling med dyp i Norsjø, Tyrifjorden og Randsfjorden basert på antall enkelekkko i dybdeintervall på 1 m, korrigert for lydstrålens volum i intervallet (enkeltekkko-indeks). Det er separert på fordeling av 0+ krøkle (venstre, TS < -53 dB), eldre krøkle (midten, TS mellom -53 og -42 dB), og sik (høyre, TS ≥ -42 dB).



Krøkle er en nøkkelart i flere av de store lavlandssjøene på Østlandet. Foto: Odd Terje Sandlund, NINA.

3.9 Økologisk tilstand basert på fisk

3.9.1 WS-FBI indeksen

WS-FBI indeksen er et uttrykk for respons på eutrofi og økt biologisk produksjon som følge av tilførsel av næringssalter (Direktoratsgruppa 2013), og baserer seg på beregnet biomasse i to dybdesjikt, henholdsvis epi- og hypolimnion, dvs. over og under termoklinen (sprangsjiktet: skillet mellom det varme overflatevannet og det kaldere dypvannet). Indeksen vil ha høye verdier for fiskebestander med status «svært god», og i beregningene er referanseverdien for fiskesamfunn i naturtilstanden satt til 2,9. Det betyr at der fiskesamfunn får WS-FBI verdier høyere enn 2,9 så er EQR og nEQR satt til 1,0.

Selv om fisken ikke nødvendigvis er fordelt vertikalt etter temperatur (jf. **figur 30 & 31**) har vi her foretatt et skille i et øvre og i et nedre sjikt, basert temperaturprofilene. I **tabell 20** er angitt dyp for sprangsjikt (termoklin) og beregnet biomasse i de to dybdesjiktene epilimnion og hypolimnion.

Tabell 20. Beregnet biomasse (kg ha^{-1}) i epilimnion og hypolimnion basert på enkelttekko. Termoklin er basert på den største endringen i temperatur per dybdemeter i vertikale temperaturprofiler målt ved feltarbeidstidspunktet (jf. Lyche Solheim mfl. 2016).

Innsjø	Termoklin (m)	Biomasse epilimnion	Biomasse hypolimnion	Biomasse total
Tinnsjø	28	1,39	0,21	1,60
Eikeren	18	20,2	4,3	24,5
Norsjø	27	3,1	0,02	3,1
Randsfjorden	12	4,8	4,6	9,4
Tyrifjorden	19	2,8	1,3	4,2
Nisser	17	0,54	0,49	1,03

De beregnede verdiene av WS-FBI indeksen (**tabell 21**) viser at det pelagiske fiskesamfunnet i Tinnsjø, Norsjø, Randsfjorden, Tyrifjorden og Nisser alle får tilstand «Svært god», mens Eikeren får tilstand «God». I Eikeren skilte den søndre delen seg ut fra midtre og nordre del med en betydelig høyere fisketetthet (jf. **figur 15**). Forskjellene skyldtes hovedsakelig krøkle som stod i det øvre vannlaget. Det er ikke kjent om sprangsjiktet eller de kjemisk/fysiske forholdene i de ulike innsjødelene skiller seg fra hovedstasjonen som ble overvåket månedlig gjennom overvåkningsprosjektet ØKOSTOR (jf. Lyche Solheim mfl. 2016).

Tabell 21. Beregnet WS-FBI (Weighted Stratified Fish Biomass Index), EQR og normalisert EQR for seks store innsjøer, basert på beregnet biomasse av fisk (kg ha^{-1}) i epi- og hypolimnion (jf. **tabell 20**).

Innsjø	WS-FBI	EQR	normEQR	Tilstand
Tinnsjø	4,78	1,60	1,00	SG
Eikeren	1,77	0,61	0,71	G
Norsjø	3,28	1,13	1,00	SG
Randsfjorden	2,30	0,79	0,87	SG
Tyrifjorden	2,96	1,02	1,00	SG
Nisser	6,84	2,36	1,00	SG

3.9.2 NEFI-indeksen

Norsk endringsindeks for fisk (NEFI) baseres på endringer i dominansforhold mellom fiskeartene i en vannforekomst (se Klassifiseringsveilederen, Direktoratgruppen 2013). Dette er en robust indeks som kan være anvendelig spesielt når man har usikre opplysninger, for eksempel basert på intervjuer. Innsamling av slik informasjon var ikke en del av FIST-prosjektet, men i forbindelse med arbeidet i felt fikk vi anledning til å stille noen spørsmål (se **vedlegg 3**) til lokalkjente kontaktpersoner ved noen av innsjøene.

På grunnlag av dette har vi kunnet beregne NEFI-indeks for Tyrifjorden, Eikeren og Nisser (**tabell 22**). Det viser seg at basert på NEFI blir Tyrifjorden og Eikeren klassifisert som «moderat», mens Nisser er i «God» tilstand. For Tyrifjordens vedkommende betyr det mye at aurebestanden har gått fra vanlig til sjelden. I Eikeren ble det også sagt at gjedde hadde hatt en slik utvikling, med samme resultat for klassifiseringen vha. NEFI. Det er imidlertid viktig å påpeke at dagens status for artsmangfold, dominansforhold og status i fiskesamfunnet i disse sjøene bør beskrives på grunnlag av et prøvefiske med bunnsatte nordiske oversiktsgarn. Da kan eventuelle tidligere undersøkelser sammen med intervjuinformasjon benyttes for å definere en referansetilstand, og sikkerheten i klassifiseringen vil øke.

Tabell 22. Beregning av NEFI-indeks for Tyrifjorden, Eikeren og Nisser, basert på intervju med lokale fiskere. Ref: dominansforhold tidligere («referanse»), Nå: dominansforhold nå. D = dominant, V = vanlig og S = sjelden. RT = vekt i referansetilstanden, VE = endret vektning. NEFI = (RT-VE)/RT. Klassegrensene for NEFI er: Svært god: 1,0-0,95, God: <0,95-0,80, Moderat: <0,80-0,50 (jf. Klassifiseringsveilederen, Direktoratgruppen 2013).

Fiskeart	Tyrifjorden				Eikeren				Nisser			
	Ref	RT	Nå	Vekt endr. (VE)	Ref	RT	Nå	Vekt endr. (VE)	Ref	RT	Nå	Vekt endr. (VE)
Sik	D	1	D	0	D	1	D		D	1	D	
Krøkle	D	1	D	0	D	1	D					
Aure	V	0,75	S	0,5	V	0,75	V		D	1	D	
Røye	S	0,5	S	0					D	1	V	0,5
Gjedde	V	0,75	V	0	V	0,75	S	0,5				
Brasme	V	0,75	S	0,5								
Abbor					D	1	V	0,5	V	0,75	D	
Sum		4,75		1		4,5		1		3,75		0,5
NEFI				0,79				0,78				0,87

4 Diskusjon

4.1 Innsjøtyper og fiskebestander

Utvalget av innsjøer og den feltinnsatsen det var mulig å gjennomføre i dette prosjektet gir best informasjon om metodebruk i innsjøer dominert av sik og krøkle. I det videre arbeidet er det viktig å undersøke forholdene i innsjøer med røye og aure, eventuelt også bare aure eller bare røye.

4.2 Fangstredskaper

Vi har gjort forsøk med tre ulike fangstmetoder for å registrere fisk i de åpne vannmassene i innsjøene; nordisk oversikts flytegar, serier av pelagiske enkeltgarn med ulike maskevidder, og pelagisk trål. Hensikten var å vise hvilken redskapstype som ga best oversikt over hvilke arter og størrelsesgrupper av fisk som forekommer i vannmassene.

I Norsjø ble det fisket med alle tre redskapstyper, noe som demonstrerte klare forskjeller. Serien med enkeltgarn fanget bare sik, mellom 164 og 287 mm. Nordiske oversiktsgarn fanget både sik og krøkle. Lengden til siken i denne fangsten varierte mellom 128 og 296 mm, mens krøkla var mellom 74 og 105 mm. Den pelagiske trålen fanget begge disse artene (i tillegg til ett eksemplar av elvenrøye). Siken i trålfangstene varierte mellom 110 og 321 mm, mens krøkla var mellom 32 og 130 mm. Dette tyder på at garnserien med enkeltgarn ikke egner seg til prøvofiske i innsjøer med krøkle, og at denne garntypen også fanger dårlig på liten og ung sik. Nordiske oversiktsgarn fanger begge artene, men bare voksen (eller stor) krøkle, mens pelagisk trål fanger alle størrelsesgrupper, inkludert umoden (også årsyngel av) krøkle. Ved behov ville det imidlertid være mulig å sette sammen en serie av enkeltgarn som også fanger krøkle ned til 7-8 cm lengde, da det kan skaffes pelagiske garn med maskevidder ned i 6 mm (se f.eks. Sandlund mfl. 1985).

I Eikeren ble det også fisket med både nordiske oversikts flytegar og pelagisk trål. I garnfangstene var siken mellom 113 og 272 mm, mens krøkla var mellom 84 og 140 mm. I trålfangstene var siken mellom 115 og 283 mm, mens krøkla var mellom 35 og 116 mm. Dette støtter resultatene fra Norsjø, nemlig at nordiske oversiktsgarn og trål fanger det samme utvalget av sik, mens det bare er trålen som fanger både voksen (gytemoden) og årsyngel av krøkle og sik. Riktignok var fangsten av årsyngel av krøkle i Eikeren svært liten (bare én fisk). Dette kan skyldes at den gamle trålen som ble brukt der, ikke er like effektiv til fangst av fiskeyngel som den nye trålen som ble brukt i Norsjø. Men også for den nye trålen opplevde vi at det relative innslaget av årsyngel i Norsjø og Tyrifjorden var forholdsvis mindre enn observert med ekkoloddet. En viktig årsak til dette er at årsyngelen kan falle ut mellom de store maskene i trålens front under trekking, og også i de små maskene i trålposen når tråltrekket stanser og trålen kollapser. Årsyngel blir også lett klistret fast til trålmaskene, og kan være vanskelig og tidkrevende å plukke løs hele fra trålposen. Årsyngel anses derfor som underrepresentert også i trålfangstene, men de er tilstrekkelige til å gi gode biologiske mål som lengde og vekt for denne gruppen.

I Tyrifjorden ble det fisket med pelagisk trål og fanget krøkle med lengder mellom 37 og 112 mm, og sik mellom 161 og 279 mm. I Nisser ble det bare fisket med nordiske oversiktsgarn og fanget et svært lite antall sik og aure. Siken (8 fisk) var mellom 178 og 352 mm, mens auren (3 fisk) var mellom 185 og 295 mm. Flytegarfisket i Randsfjorden foregikk med en garnserie mellom 10 og 45 mm, og fanget bare voksen krøkle mellom 95 og 125 mm, og sik mellom 139 og 314 mm. Fangsten av krøkle var svært liten, bare fire fisk. Prøver av gytende Randsfjordkrøkle fra Odnas i perioden fra 2009 til 2014 viste at dominerende lengder hos fisken varierte mye fra år til år (Sandlund mfl. 2015). I 2009 var fisk mellom 95 og 105 mm mest tallrik, mens fisk mellom 120 og 130 mm dominerte i 2014. Denne variasjonen kan ikke fanges opp med prøvofiske med garnmaskevidder fra 10 mm og oppover. Sammenligningen med størrelses- og artsfordeling basert på deteksjoner av enkelttekko viste også med all tydelighet at garnfangstene gav et svært skeivt og feilaktig bilde av arts-sammensetningen i fiskesamfunnet.

Konklusjonen er at i innsjøer med krøkle og sik som dominerende pelagiske fiskearter er pelagisk trål den metoden som gir best fangst av alle de størrelsesgruppene som finnes i vannmassene. Nordisk oversikts flytegar ser ikke ut til å fange fisk mindre enn ca. 75-80 mm, dvs. at årsyngel

av krøkle ikke vil bli representert. Dessuten har krøkle en mye slankere kroppsform enn de andre fiskeartene, og den vil derfor bli underrepresentert i garnfangstene som følge av smalere seleksjonskurver. Fraværet av små sik i fangstene i alle redskapstypene i alle innsjøene (ingen fisk under 100 mm og få under 200 mm), tyder på at små sik utnytter andre habitater i innsjøen enn de åpne vannmassene. Dette støttes også av observasjoner fra andre sikbestander, f.eks. i Mjøsa og Femunden (Sandlund mfl. 1992b, Sandlund mfl. 1995, Næsje mfl. 1998, Saksgård mfl. 2002).

Det pelagiske prøvegarnfisket som ble gjennomført i 2013 og 2014 i Tinnsjø fanget røye mellom 186 og 317 mm, og aure mellom 185 og 315 mm. Dette reflekterer trolig de størrelsesgruppene som dominerte i de åpne vannmassene. Det er imidlertid usikkert hvordan pelagisk trål ville fange i et slikt fiskesamfunn; dominert av aure og røye. Dette vil bli undersøkt i neste fase av prosjektet.

4.3 Hydroakustiske registreringer - ekkolodd

4.3.1 Akustisk tetthetsestimering og forholdet mellom fiskelengde og ekkostyrke

Bruk av ekkolodd har i dag blitt et svært viktig verktøy for kartlegging av pelagiske fiskebestander (Simmonds & MacLennan 2005). Årsakene er at store arealer og vannvolum med dette kan undersøkes i løpet av kort tid, samt at metoden er uskadelig for fisk. For større innsjøer finnes det ingen alternative metoder som kan gi tilsvarende gode og kvantitative estimater for tetthet og biomasse av fisk. Metoden baserer seg i prinsippet på å oversette energien i ekkoene som returneres fra fisken til antall og størrelsesfordeling i den undersøkte bestanden. Ingen av de ulike metodene for dette kan skille mellom ulike arter av fisk. Det er derfor nødvendig å supplere ekkoloddregistreringer med fangstdata (Simmonds & MacLennan 2005). Alle fangstredskaper har en viss selektivitet som gjør at den fisken som fanges ikke er helt representativ for bestanden den kommer fra. Dette gjelder både tradisjonelle garnserier, oversiktsgarn, storruser, trål og ringnot (Olin mfl. 2009, Emmrich mfl. 2010, 2012, Jurvelius mfl. 2011). Fordi ekkoloddet registrerer fisk av alle størrelser, er det viktig å velge en fangstmetode eller kombinasjon av metoder som gir mest mulig representative fangstdata for alle størrelser av fisk i bestanden.

Det er en fysisk sammenheng mellom ekkostyrke og fiskelengde (TS/lengde-forhold). Regresjonsligninger som beskriver dette forholdet er utledet både av teoretiske betraktninger og på grunnlag av empiriske data (for eksempel Love 1977, Lindem & Sandlund 1984, Foote 1987). Ekkostyrken påvirkes sterkt av fiskens aspekt («vinkel») i forhold til lydstrålen, slik at en stor fisk med hode eller hale rettet mot ekkoloddet vil ha mye svakere ekkostyrke enn en tilsvarende fisk som har kroppen vinkelrett på ekkostrålen. Dette gjør at vi for fisk av en bestemt lengde kan forvente en relativt stor variasjon i TS-verdier under normale observasjonsforhold fra en båt i bevegelse, fordi den enkelte fisk vil ha noe ulikt aspekt i forhold til lydstrålen. Forholdet mellom ekkostyrke og lengde er også i noen grad frekvensavhengig, og kan også være artsspesifikk. Det er store forskjeller mellom arter med og uten svømmeblære, fordi gassfylte blærer gir mye sterkere ekko enn bare fiskevev (Simmonds & MacLennan 2005). Det kan videre være vesentlige forskjeller mellom fisk med og uten åpning mellom svømmeblære og svelgregion (hhv. fysostome og fysokliste fiskearter). Det kan også være forskjeller mellom arter avhengig av fiskens fettinnhold og utforming av kropp og svømmeblære. Ut fra teoretiske betraktninger forventer vi at laksefisk som sik, lagesild og røye har noenlunde like TS/lengde-forhold siden svømmeblæreanatomien er relativt lik hos disse artene. Krøkle og karpefisker har svømmeblæreanatomien som avviker noe fra laksefisk, og det er derfor mer usikkert om forholdet mellom TS og lengde for disse artene kan uttrykkes med samme ligning som for laksefisk (Bjerkeng mfl. 1991). I forbindelse med utprøving av ekkolodd som metode i Mjøsa på begynnelsen av 1980-tallet, ble det etablert en regresjon for forholdet mellom ekkostyrke (TS, uttrykt i dB) og fiskelengde (L, total-lengde i cm) for et pelagisk fiskesamfunn bestående av sik, lagesild og krøkle: $TS = 19,7 * \log(L) - 68,1$ (Lindem & Sandlund 1984). Denne regresjonen, eller svært like regresjoner (f.eks. Lindem 1983), har siden blitt brukt i mange undersøkelser med ekkolodd i norske innsjøer, men etterprøving mangler. Det er gjort mange forsøk på å beskrive forholdet mellom lengde og ekkostyrke for ulike arter og grupper av fisk, noen basert på teori og eksperimentelle observasjoner, andre på observasjoner ved sammenligning av størrelsesfordeling fra fangst og ekkolodd-data. Det har

lenge vært et problem at de estimerte regresjonsparametrene varierer til dels svært mye mellom ulike studier, også innenfor samme arter, og brukere av litteraturen har få holdepunkter å støtte seg på når det gjelder hvilke modellparametre de skal velge.

Metoden vi brukte for å pare topper i lengdefordeling med topper i TS-fordeling har subjektive element, for eksempel antok vi at en gjennomgående klar topp mellom -63 og -53 dB i TS-fordeling i de undersøkte innsjøene tilsvarer 0+ krøkle i størrelse. Denne antakelsen er bærende for videre paring av topper i TS mot topper i lengdefordeling, og har støtte i en rekke andre arbeider gjort på europeisk og amerikansk krøkle (Rudstam mfl. 2003, Parker-Stetter mfl. 2006, Peltonen mfl. 2006). Videre baserte vi antallet underdistribusjoner som skulle inngå i mixdistribusjon for TS på antallet topper vi observerte i lengdefordelingen i fangstene. Den siste vesentlige antakelsen var at det lavpunktet i TS-distribusjon ved -42 dB som vi observerte i alle innsjøene med krøkle og sik i de åpne vannmassene representerte skillet mellom disse to artene. Det er mange parametere som skal estimeres ved miksdistribusjons-modellering, og for sik sin del måtte vi i stor grad sette standard-avviket likt for underdistribusjonene i TS-fordelingen for å få til akseptable løsninger. Det er imidlertid ønskelig at det gjøres et mer grundig arbeid på dette enn det var rom for i dette prosjektet, blant annet ved å inkludere en teoretisk forventning av hvordan standard-avviket for TS endrer seg med fiskens størrelse, samt ved å ta med data fra flere innsjøer. Sammenligningen med Mjøsa-data fra 2012, samt mellom gjennomsnittsvekt for sik estimert fra trålfangst med estimat fra tilbakeberegning fra TS-fordeling, indikerte at TS-lengde-regresjonen presentert i denne rapporten gir et svakt overestimat av TS for en gitt lengde av sik. Dette vil i sin tur gi et underestimat av lengde og biomasse, dersom TS blir brukt til å beregne lengde. På den annen side er vi overbevist om at estimat basert på den regresjonen vi har presentert her gir et mye riktigere bilde enn estimat basert på regresjoner med parametere nær regresjonen presentert i Lindem & Sandlund (1984).

Den tradisjonelle metoden for å beregne fiskemengde med ekkolodd har vært basert på at man kjenner forholdet mellom fiskens lengde og ekkostyrke (ekkostyrken er en logaritmisk verdi som representerer fiskens tilbakespredningsareal) (Simmonds & MacLennan 2005). Integrrert tilbakespredningsareal målt med ekkolodd, dividert med gjennomsnittlig tilbakespredningsareal pr. fisk for enkeltfisk beregnet fra størrelsessammensetningen i fangst, gir et mål på tetthet (antall fisk per areal eller volum). Denne metoden kan brukes både på fisk som går i stim og på fisk som går enkeltvis forutsatt at arts- og lengdefordeling i fangsten er representativ for fiskesamfunnet som blir undersøkt og at TS/lengde-forholdet er kjent.

Etter at splittstråle-ekkoloddet er tatt i bruk, har man fått en god metode for å beregne korrekt ekkostyrke fra enkeltfisk uavhengig av fiskens posisjon i lydstråla. Dette forutsetter imidlertid at fisken går tilstrekkelig spredt, slik at man kan skille mellom individuelle ekko. Ved å dividere den samlede integrerte ekkoenergien målt med ekkolodd, med gjennomsnittlig ekkostyrke for enkeltfisk også målt med ekkolodd, kan tettheten av fisk beregnes. Slik tetthetsberegning er uavhengig av fangster og kan sågar gjennomføres selv der TS/lengde-forholdet ikke er kjent. Men den forutsetter at TS-fordelinga til enkeltfisk registrert av ekkoloddet er representativt for fiskesamfunnet som blir undersøkt (Simmonds & MacLennan 2005). Metoden er derfor god på nattetid når fisken går spredd, men kan være mer usikker dersom store deler av fiskesamfunnet går i stim slik det er vanlig på dagtid. Når ekkoloddet kan skille ut ekko fra enkeltfisk, kan man også bruke den observerte ekkostyrkefordelinga for å få et bilde av størrelsesfordelinga i fiskebestanden. Metoden gir ikke direkte informasjon om artsfordelinga i fiskesamfunnet, men ettersom ulike fiskearter gjerne har ulik gjennomsnittslengde, kan den observerte ekkostyrkefordelinga likevel brukes som en indikasjon på artsfordelinga. Men for å underbygge valg av nedre terskling i både TS og S_v (for å skille støy fra biologi; se forklaring nedenfor), samt for å kunne regne om fra ekkostyrkefordeling (målt i dB) til biologiske arts- og lengdefordelinger, må man imidlertid kjenne både artssammensetning og TS/lengde-forholdet for de relevante artene i systemet. God kjennskap til forholdet mellom lengde og TS for de ulike fiskeartene er derfor viktig også for å kunne bruke denne metoden best mulig.

4.3.2 Analyseintervaller og terskler

Det har vært veldig vanlig å definere tilfredsstillende dekningsgrad utfra seilt distanse og innsjøens areal. Andre viktige faktorer som påvirker antallet ping med ekkoloddet og dermed antall SED etc, er seilingsfart (høyere hastighet gir færre ping totalt) og innsjøens dyp (jo dypere, jo lengre tid må det gå før neste skudd kan sendes). Dette medfører at det ved lave tettheter må kjøres en lengre distanse for å oppnå et visst antall «treff», ved et gitt pingintervall. I dype innsjøer må intervallet mellom hvert ping være langt for å unngå interferens mellom gammelt og nytt ekkoskudd. Dette gjør at en bør vurdere antallet ping som inngår i en gitt ESDU utfra forventede fisketettheter, og vurdere både seilingshastighet og dekningsgrad utfra dette. Videre må inndelingen i dybdeintervall og ESDU også ses i lys av hvor stort volum som må undersøkes for å oppnå et tilfredsstillende antall SED fra enkeltfisk. I analysene til denne rapporten ble det først forsøkt med 1 m dype dybdeintervall, deretter 2 m dype dybdeintervall. Men dette gav for mange 0-verdier i materialet til at det lot seg gjøre å analysere på en god måte. Vi valgte deretter å analysere i 10 m dype dybdeintervall for å oppnå tilstrekkelig antall treff til å gi gode statistiske fordelinger. Fremover bør det vurderes om det er mer hensiktsmessig å bruke 5 m dybdeintervall, og heller øke lengden på ESDU for å gi tilstrekkelig antall treff til å inngå i fordelinga. Dessuten bør det også gjøres vurderinger på kombinasjoner av seilingsfart, pingintervall, dekningsgrad og ESDU for ulike fisketettheter, for å sikre at det er oversiktlig og lett å finne kombinasjoner som egner seg for innsjøer med ulike forventede fisketettheter. Sist, men ikke minst, er det viktig å ha sterkt fokus på å unngå at støy blir inkorporert i analysene. Her er det viktig å vurdere om svake ekko stammer fra fiskelignende objekt eller ikke. Her er det viktig å vurdere flere ping på rad; dersom ekkoene stammer fra en fisk, vil en som regel kunne se flere treff på rad på samme dyp, mens for støy opptrer falske SED separat og tilfeldig, uavhengig av hverandre.

4.3.3 Biomasse-estimat med støtte i TS-fordelinger

En av fordelene ved å bruke ekkolodd er at man får høy oppløsning i størrelses- og tetthetsfordeling både vertikalt og horisontalt, en oppløsning og dekning som i praksis er uopnåelig med andre metoder. Vi viste at selv om garnfangster kan gi et helt feil inntrykk av sammensetningen i fiskesamfunnet, kan dette i stor grad rettes på ved å inkludere arts-estimat og størrelses-estimat basert på TS-fordelingen i det undersøkte fiskesamfunnet. Anvendeligheten av dette kommer i stor grad an på i hvilken grad man kan anta artsfordeling for en gitt størrelse av fisk, i denne undersøkelsen var det en viktig antakelse at -42 dB representerte et godt skille mellom krøkle og sik. Videre vil det være en usikkerhet knyttet til i hvilken grad liten fisk (årsyngel) som ikke blir fanget i garn tilhører én eller flere arter. For krøkle og sik vil størrelsen ved slutten av den første sommeren normalt være såpass ulik at de kan skilles på TS, men eldre krøkle og årsyngel av sik vil kunne overlappe hverandre fullstendig i TS. Vi fant på den annen side ingen årsyngel av sik i våre trålfangster, en sterk indikasjon på at denne ikke var tilstede i det pelagiske habitatet. Vurderingen av TS-lengdeforhold i denne rapporten viser at lengder av sik estimert fra TS basert på Lindem & Sandlund (1984) regresjonen vil bli overestimert, noe som igjen vil føre et enda større overestimat av sikbiomasse dersom denne blir estimert fra TS-fordeling.

TS-fordelingen i HADAS-programvaren til det gamle Simrad EY-M ekkoloddet kan settes som dynamisk, det vil si at den skifter fra å dekke området $<-56, -38]$ dB til $<-50, -32]$ dB dersom mer enn 10 % av enkelttekkene har TS >-38 dB. Dette er uheldig, fordi tettheten av liten fisk kan være drivende for om dB-gruppene >-38 blir rapportert. For eksempel, dersom tettheten av stor sik med TS mellom -38 og -32 dB er konstant 30 sik ha^{-1} over mange år, vil det være tilfeldig om disse størrelsesklassene blir rapportert som en størrelsesklasse $<-40, -38]$ eller tre størrelsesklasser $<-38, -32]$, avhengig om krøkletettheten er over eller under 270 fisk ha^{-1} . Disse tallene er svært relevante for de undersøkte innsjøene, Med store årlige variasjoner i rekruttering av krøkle, eller i krøkletetthet mellom innsjøer, blir det lett tilfeldig på hvilken skala enkelttekk fra sik blir representert. En ytterligere faktor er at det sjelden blir rapportert om denne dynamiske settingen har blitt brukt eller ikke. For eventuelle framtidige undersøkelser med EY-M blir det derfor ekstra viktig at resultatene fra ekkointegreringen blir rapportert også som gjennomsnittlige S_v -verdier for hvert dybdeintervall, slik at det blir mulig å gjøre alternative tetthets- og biomasseberegninger ved hjelp av gjennomsnittlig tilbakespredningsareal estimert fra fangst med hjelp av relevante TS-lengde-regresjoner.

5 Konklusjoner og anbefalinger

5.1 Vannforskriften og fisk

Vannforskriften krever registrering av følgende parametere for fisk som kvalitetselement: arts-sammensetning, mengde (antall eller biomasse) og bestandsstruktur (alder, eventuelt lengde). Nedenfor vurderes dette i forhold til store innsjøer, dvs. innsjøer der de åpne vannmassene (pelagialsona) utgjør den største andelen av innsjøens areal (og volum!).

Artssammensetning: De fleste fiskeartene i en innsjø kan fanges med bunnsatte garn i strandsona. Standarden for garnfiske er nordisk oversiktsgarn, som omfatter maskevidder som vil fange de aller fleste av våre arter. I svært tynne fiskesamfunn kan det være nødvendig å kombinere nordisk oversiktsgarn med enkeltgarn, eller erstatte nordisk oversiktsgarn med en serie enkeltgarn med de samme maskeviddene for å øke garnarealet per maskevidde. I artsrike samfunn eller i fiskesamfunn med arter som ofte framviser polymorfisme (flere ulike «typer» innen samme art, dette gjelder i vår fauna spesielt sik og røye), vil det imidlertid ofte være nødvendig også å fiske med bunnsatte garn på dypere vann. Enkelte arter er også så sterkt knyttet til pelagialsona at det kan være nødvendig å fiske med flytegarn eller trål i de åpne vannmasser for å registrere alle artene. Eksempler på noen av våre fiskearter som ofte bare fanges dypere enn strandsona er hork, lake og spesielt hornulke. Arter som er knyttet til pelagialsona er spesielt lagesild, men det kan også gjelde krøkle, laue og andre. Selv om garnserier er satt sammen av geometrisk økende maskevidder, fisker de selektivt etter større fisk. Dette betyr at stor fisk blir overrepresentert, men små fisk blir underrepresentert, og vi får dermed et skeivt bilde av størrelsessammensetningen i fiskesamfunnet. Dette kan også forårsake et svært skeivt bilde av arts-sammensetningen når denne er korrelert med lengdefordelingen, og/eller når fiskens form fører til en vesentlig forskjellig fangbarhet (som for eksempel mellom sik og krøkle som vist i Randsfjorden i denne undersøkelsen, eller mellom abbor og de fleste andre arter i innsjøer med abbor; Prchalova mfl. 2008). Det er derfor viktig å bruke størrelsesfordelingen fra ekkoloddobservasjoner til å korrigere sammensetningen basert på garnfangster. Dette krever imidlertid at man har TS-lengderegresjoner som reflekterer det faktiske forholdet mellom lengde og TS under normale observasjonsforhold.

Fiskemengde: I store dype innsjøer utgjør pelagialsona relativt sett et mye større areal enn strandsona. I de innsjøene vi har undersøkt i 2015 utgjorde det innsjøarealet som var dypere enn 10 m mellom 80 og 95 %. Dette betyr at selv i svært næringsfattige innsjøer, der garnfangster kan gi inntrykk av svært tynn fiskebestand i de åpne vannmassene, vil mengden fisk (antall og/eller biomasse) i pelagialsona være større enn i strandsona og langs bunnen på dypere vann. Til registrering av antall og biomasse av fisk i pelagialsona er hydroakustiske metoder (ekkolodd) svært kostnadseffektive. Men for å dokumentere hvilke fiskearter som finnes i dette habitatet, og for å få tilleggsinformasjon om størrelsesfordelingen, må det fiskes med pelagisk trål, eventuelt flytegarn av typen nordisk oversiktsgarn eller garnserier med maskeviddeutvalg tilsvarende nordisk oversiktsgarn. I systemer med arter der årsyngel går i pelagialsona, er pelagisk trål den eneste fangstmetoden som fanger alle størrelsesgrupper av fisk.

Bestandsstruktur: Dette kan omfatte parametere som kjønn, alder, lengde/vekt og karakteristikk av polymorfe arter (sik og røye). Det er tids- og arbeidskrevende å skaffe et fullstendig bilde av dette, og med begrensede ressurser vil det være nødvendig å prioritere. Dersom det er mulig å gjennomføre en god basisundersøkelse slik at de ulike parameterne for de viktigste artene er kjent, vil overvåkingen kunne forenkles betraktelig. For mange arter vil lengdefordelingen gi en god indikasjon på aldersfordelingen, spesielt hos de unge aldersgruppene. En spesiell komponent av bestandsstrukturen er de samlevende økologiske formene hos sik og røye. Dette er også en viktig del av det biologiske mangfoldet hos ferskvannsfisk i Norge (jf. Sandlund & Hesthagen 2011), og bør følges opp under overvåking av innsjøer der dette fenomenet forekommer.

5.2 Anbefalinger

Basert på erfaringene fra undersøkelsene i seks store innsjøer på Østlandet i 2015 anbefaler vi bruk av metodene som er vist i **tabell 23**. På grunt vann langs land (littoralsona) anbefales å følge standard bunngarnfiske med nordiske oversiktsgarn (CEN 2005). I næringsfattige innsjøer kan det være nødvendig, i tillegg til nordisk oversiktsgarn, å bruke serier av enkeltgarn for å øke arealet av de ulike maskeviddene. Alternativet er å bruke et stort antall nordiske garn, noe som blir svært arbeidskrevende. Det er også et poeng at svært mye prøvefiske i norske innsjøer tidligere er gjennomført med ulike serier av enkeltgarn, f.eks. de såkalte Jensen- eller SNSF-seriene. For å beholde kontinuiteten i dataseriene kan det derfor være rasjonelt å fiske med de samme maskeviddene, eventuelt kombinert med nordisk oversiktsgarn. Videre må en være klar over at selektivitet i garnfangster kan gi store feil i arts-spesifikke tettheter og biomasseestimer. Med gode regresjoner for TS-lengdeforholdet vil vi i mye større grad kunne bruke TS-fordelingen på ulike dyp til å gi gode biomasseestimer, også fordelt på art. Det bør derfor settes fokus på å få gjort et oppfølgende arbeid på TS-lengderegresjoner, slik at framtidige overvåkingsundersøkelser kan basere seg på mest mulig relevante regresjonsparametere for norske fiskesamfunn.

Det er gjort noen forsøk med elfiskebåt i strandsona i innsjøer (f.eks. Sandlund mfl. 2014), og erfaringer kan tyde på at dette kan være en kostnadseffektiv metode for å kartlegge artssammensetning og tetthet av fisk på dyp ned til 2-3 m. Med elfiskebåt kan langt flere stasjoner avfiskes i løpet av et døgn enn det man kan gjennomføre ved garnfiske. Sannsynligvis gir elfiskebåt på grunt vann mer og bedre informasjon i forhold til kostnaden enn garnfiske (jf. Menezes mfl. 2013). Det er imidlertid nødvendig med videre utprøving av denne metoden før den kan anbefales som standard metode. Det er også foreslått at tradisjonelt (bærbart) el-fiske bør kombineres med nordisk oversiktsgarn for undersøkelser i strandsona (Sutela mfl. 2008).

Tabell 23. Aktuelle metoder for overvåking av fiskebestander i store innsjøer, spesifisert for de tre hovedhabitatene i innsjøen: strandsona (littoral), dypvannssonen (profundal) og de åpne vannmassene (pelagial). Forventet kvalitet på informasjonen som oppnås med metoden er indikert med: XXX = svært god informasjon, XX = god informasjon, X = akseptabel informasjon (mengde fisk er ofte en relativ mengde, målt f.eks. som fangst per innsats, CPUE).

Habitat	Metode	A) arter	B) mengde	C) struktur
Littoral	Nordisk oversiktsgarn (bg)*	XXX	X (CPUE)	XX
	SNSF serie e.l.**	XX	X (CPUE)	X(X)
	Elfiskebåt***	XX(X)	XX (CPUE)	XX
Profundal ^	Nordisk oversiktsgarn (bg)	XXX	X (CPUE)	XX
	SNSF serie e.l.	XX	X (CPUE)	X(X)
Pelagial	Nordisk oversiktsgarn (flg)	XXX	X (CPUE)	XX
	SNSF serie e.l.	XX	X (CPUE)	X(X)
	Pelagisk trål	XXX	XX (CPUE)	XX(X)
	Hydroakustikk	XX(X)	XXX	XX

* Standard, bør følges, evt. kombinert med enkeltgarn for å vedlikeholde eldre dataserier.

** I tynne bestander, inkl. maskevidder ned til 6 mm

***I artsrike og tette bestander?

^ Bør inkluderes i røye-/sik-innsjøer (polymorfisme) eller rettet mot arter som lever dypt (eks hornulke i Mjøsa)

I hver enkelt innsjø bør det vurderes ved hvilket dyp man definerer overgangen mellom littoral- og profundal sone. En tommelfingerregel kan være 2 x siktedypet, eventuelt justert i forhold til plasseringen av sprangsjiktet. Ved en basisundersøkelse som gjennomføres for å skaffe et sikkert bilde av fiskebestanden bør det fiskes i all dybdesoner ned til dypeste punkt, alternativt ned til ca. 100 m. Dette skyldes at i artsrike fiskesamfunn kan enkelte arter for det meste forekomme

på dypt vann, og i tilfelle med røye- eller sikbestander som omfatter flere økologiske former (polymorfe bestander) kan enkelte former være begrenset til dypt vann. En slik grundig basisundersøkelse vil vise hvilke dyp som senere bør avfiskes i overvåkingen.

Frekvensen av undersøkelser i overvåkingen må vurderes nøye, ut fra blant annet også forventet hastighet på eventuelle endringer og tilgang på ressurser. For fisk i store innsjøer må man forvente relativt stor stabilitet fra år til år, bortsett fra at flere av de dominerende artene kan ha naturlig varierende rekruttering (f.eks. både sik, lagesild og krøkle). I store innsjøer kan man også trolig forvente at endringer på grunn av ytre påvirkning ikke skjer fra år til år fordi økosystemets størrelse bidrar til stabilitet. At endringer likevel kan måles ved de metodene vi anbefaler her, vises f.eks. ved endringene i tettheten av pelagisk fisk i Mjøsa når eutrofigraden (målt som totalfosfor) gikk ned i løpet av 1980-åra (Sandlund mfl. 1992a).

I **tabell 24** foreslås frekvens for overvåking i de tre hovedhabitatene i innsjøen, og for de ulike metodene. Endringer i artsforekomst og -dominans krever data fra både strandsona og de åpne vannmassene. Registreringer i strandsona med nordiske bunngarn, eventuelt med elfiskebåt, og i pelagialsona med hydroakustikk, bør derfor skje relativt ofte, ideelt sett hvert 2. år. Dersom den øvrige overvåkingen i de store innsjøene skal gjennomføres med et omdrev på fire år, slik det er antydnet fra Miljødirektoratet, bør fiskeundersøkelsene gjennomføres de samme årene. Dette vil gi informasjon om bestandsstruktur hos de viktigste artene og semi-kvantitative eller kvantitative data om fiskemengde som kan vurderes i sammenheng med de øvrige økologiske kvalitetselementene. Prøvefiske i profundalen og i pelagialen kan begrenses til hvert åttende år (dvs. samtidig med hver annen runde med littoralt fiske og hydroakustikk).

Tabell 24. Anbefalt overvåkingsfrekvens for fisk i store innsjøer, spesifisert på metode og innsjøens hovedhabitater.

Habitat	Metode	Overvåkingsfrekvens
Littoral	Nordisk oversiktsgarn, bunngarn	2.-4. år
	El-fiskebåt	2.-4. år
	SNSF serie bunngarn (kan evt. erstatte nordisk oversiktsgarn i tynne bestander)	2.-4. år
Profundal	Nordisk oversiktsgarn, bunngarn	4.-8. år
Pelagial	Pelagisk trål	4.-8. år
	Hydroakustikk	2.-4. år
	Nordisk oversiktsgarn flytegarn (evt. erstatte trål)	4.-8. år
	SNSF serie bunngarn (evt. erstatte nordisk oversiktsgarn i tynne bestander)	4.-8. år

6 Referanser

- Appelberg, M., Berger, H.M., Hesthagen, T., Kleiven, E., Kurkilahti, M., Raitaniemi, J. & Rask, M. 1995. Development and intercalibration of methods in Nordic freshwater fish monitoring. *Water Air and Soil Pollution* 85: 401–406.
- Balk, H. & Lindem, T. 2006. Sonar4, Sonar5 and Sonar6 post processing systems. Operator manual version 6.0.1. - Lindem Data Acquisition, Oslo, Norway.
- Balk, H. 2014. Sonar4 and Sonar5-Pro post processing systems: Lindem Data Acquisition AS.
- Berge, D. 2014. Overvåking av Hillestadvannet og deler av Eikerenvassdraget i 2013. NIVA-rapport 6616, 25 s. <http://hdl.handle.net/11250/216527>
- Bjerkeng, B., Borgstrøm, R., Brabrand, Å. & Faafeng, B. 1991. Fish size distribution and total fish biomass estimated by hydroacoustical methods: a statistical approach. — *Fisheries Research* 11:41-73.
- Bredeli, I. & Carm, K. 1991. Fiskeundersøkelser i Nisser 1990. Fylkesmannen i Telemark. Miljøvern avdelingen. Rapport 4/91, 30 s.
- CEN 2005. Water quality – sampling fish with multi-mesh gillnets. European Standard EN 14757:2005: 27 s.
- CEN 2014. Water quality - Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods. European Committee for Standardization: No. EN 15910:2014 E. 43 p.
- Direktoratsgruppa 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02:2013 – revidert 2015. <http://www.vannportalen.no/veiledere/>
- Emmrich, M., Helland, I.P., Busch, S., Schiller, S. & Mehner, T. 2010. Hydroacoustic estimates of fish densities in comparison with stratified pelagic trawl sampling in two deep, coregonid-dominated lakes. - *Fisheries Research* 105 (3): 178-186.
- Emmrich, M., Winfield, I.J., Guillard, J., Rustadbakken, A., Vergés, C., Volta, P., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Brucet, S., Holmgren, K., Argillier, C. & Mehner, T. 2012. Strong correspondence between gillnet catch per unit effort and hydroacoustically derived fish biomass in stratified lakes. - *Freshwater Biology* 57 (12): 2436-2448.
- Foote, K.G. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. - *Journal of the Acoustical Society of America* 82: 981-987.
- Gastauer, S., Fässler, S.M.M., Couperus, B. & Keller, A.M. 2013. Target strength and vertical distribution of smelt (*Osmerus eperlanus*) in the IJsselmeer based on stationary 200 kHz echosounder recordings. - *Fisheries Research* 148: 100-105.
- Gjelland, K.Ø., Rustadbakken, A., Haugen, T.O. & Sandlund, O.T. 2013. Forsøk med trål og ekkolodd i Mjøsa, 2012 – NINA Rapport 927. 27 s. + vedlegg
- Holmgren, K., Kinnerbäck, A., Pakkasmaa, S., Bergquist, B. & Beier, U. 2007. Bedömningsgrunder för fiskfaunans status i sjöar. Utveckling och tillämpning av EQR8. FINFO 2007:3, 52 s.
- Jørgensen, R. & Olsen, K. 2002. Acoustic target strength of capelin measured by single-target tracking in a controlled cage experiment. - *ICES Journal of Marine Science* 59 (5): 1081-1085.
- Jurvelius, J., Kolari, I. & Leskela, A. 2011. Quality and status of fish stocks in lakes: gillnetting, seining, trawling and hydroacoustics as sampling methods. *Hydrobiologia* 660: 29–36.
- Lindem, T. 1983. Successes with conventional in situ determination of fish target strength. Pp. 104-111 in: O. Nakken & C. Vennema (Eds.). Symposium on fisheries acoustics. Selected papers of the ICES/FAO symposium on fisheries acoustics. Bergen, Norway, 21.-24. June 1982. FAO Fisheries Report (300).
- Lindem, T. & Sandlund, O.T. 1984. New methods in assessment of pelagic freshwater fish stocks - coordinated use of echosounder, pelagic trawl and pelagic nets. *Fauna* 37: 105-111.
- Linlækken, A. 1995. Monitoring pelagic whitefish (*Coregonus lavaretus*) and vendace (*Coregonus albula*) in a hydroelectric reservoir using hydroacoustics. *Regulated Rivers: Research & Management* 10: 315–328. DOI: 10.1002/rrr.3450100224
- Love, R.H. 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. *Journal of the Acoustical Society of America* 62: 1397-1403.
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Edvardsen H., Eikland Bækkelie, K.A., Jensen, T.C., Mjelde, M., Persson, J., Rustadbakken, A., Sandlund, O.T. & Skjelbred, B. 2016.

- ØKOSTOR: Økosystemovervåking av store innsjøer 2015. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand iht vannforskriften. Miljødirektoratet rapport Mxx, 118 s + vedlegg.
- Mehner, T. 2006. Individual variability of diel vertical migrations in European vendace (*Coregonus albula*) explored by stationary vertical hydroacoustics. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 146–153. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2006.00137.x
- Menezes, R., Borchsenius, F., Svenning, J.-C., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Landkildehus, F. & Jeppesen, E. 2013. Variation in fish community structure, richness, and diversity in 56 Danish lakes with contrasting depth, size, and trophic state: does the method matter? *Hydrobiologia* 710: 47-59. DOI 10.1007/s10750-012-1025-0
- Næsje, T.F., Sandlund, O.T. & Saksgård, R. 1998. Selective predation of piscivorous brown trout (*Salmo trutta*) on polymorphic whitefish (*Coregonus lavaretus*). - *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 50: 283-294.
- Norum, I.C.J., Lie, E.F., Linløkken, A. & Andersen, S.R. 2016. Bedre bruk av fiskeressursene i regulerte vassdrag i Oppland. Fagrapport 2015. Fylkesmannen i Oppland, miljøvern-avdelingen. Rapp. Nr. 04/16, 147 s.
- O'Driscoll, R.L. & Rose, G.A. 2001. In situ acoustic target strength of juvenile capelin. - *ICES Journal of Marine Science* 58 (1): 342-345.
- Olin, M., Malinen, T. & Ruuhijärvi, J. 2009. Gillnet catch in estimating the density and structure of fish community — Comparison of gillnet and trawl samples in a eutrophic lake. *Fisheries Research* 96 (1): 88-94.
- Olin, M., Holmgren, K., Rask, M., Allen, M., Connor, L., Duguid, A., Duncan, W., Harrison, A., Hesthagen, T., Kelly, F., Kinnerbäck, A., Rosell, R. & Saksgård, R. 2014. Northern lake fish fauna ecological assessment methods. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. JRC Technical Reports. 55 pp. Edited by S. Poikane. doi: 10.2788/76197
- Parker-Stetter, S., Rudstam, L.G., Thomson, J.L. S. & Parrish, D.L. 2006. Hydroacoustic separation of rainbow smelt (*Osmerus mordax*) age groups in Lake Champlain. *Fisheries Research* 82 (1-3): 176-185.
- Parker-Stetter, S.L., Rudstam, L.G., Sullivan, P.J. & Warner, D.M. 2009. Standard operating procedures for fisheries acoustic surveys in the Great Lakes. Great Lakes Fishery Commission Special Publication.
- Peltonen, H., Malinen, T. & Tuomaala, A. 2006. Hydroacoustic in situ target strength of smelt (*Osmerus eperlanus* (L.)). *Fisheries Research* 80: 190-195.
- Prchalova, M., Kubecka, J., Riha, M., Litvin, R., Cech, M., Frouzova, J., Hladik, M., Hohausova, E., Peterka, J. & Vasek, M. 2008. Overestimation of percid fishes (Percidae) in gillnet sampling. *Fisheries Research* 91: 79-87. DOI:10.1016/j.fishres.2007.11.009
- R Core Team, 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R 526 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- Rosseland, B.O., Balstad, P., Mohn, E., Muniz, I.P. & Sevaldrud, I.H. 1979. Fiskeundersøkelser. DATAFISK-SNSF-77. SNSF prosjektet, Teknisk Notat 45/79. NISK-Ås, Norway.
- Rudstam, L.G., Parker, S.L., Einhouse, D.W., Witzel, L.D., Warner, D.M., Stritzel, J.L., Parrish, D.L. & Sullivan, P.J. 2003. Application of in situ target-strength estimations in lakes: examples from rainbow-smelt surveys in Lakes Erie and Champlain. *ICES Journal of Marine Science* 60 (3): 500-507.
- Saksgård, R., Næsje, T.F., Sandlund, O.T. & Ugedal, O. 2002. The effect of potential predators on whitefish (*Coregonus lavaretus*) habitat use in Lake Femund, a deep Norwegian Lake. *Archiv für Hydrobiologie Special Issues Advanced Limnology* 57: 537-552.
- Sandlund, O.T. (red.), Bergan, M.A., Brabrand, Å., Diserud, O., Fjeldstad, H.-P., Gausen, D., Halleraker, J.H., Haugen, T., Hegge, O., Helland, I.P., Hesthagen, T., Nøst, T., Pulg, U., Rustadbakken, A. & Sandøy, S. 2013. Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem. Miljødirektoratet, Rapport M22-2013, 60 s.
- Sandlund, O.T., Grøndahl, F.A., Selj, K. & Høitomt, G. 2015. Alder og størrelse i gytebestanden av krøkle i Randsfjorden, 2009-2014. NINA Minirapport 568. 8 s.+vedlegg

- Sandlund, O.T. & Hesthagen, T. 2011. Fish diversity in Norwegian lakes: conserving species poor systems. Pp. 7-20 in: M. Jankun, G. Furghala-Selezniow, M. Wozniak & A.M. Wisniewska (Eds) Water biodiversity assessment and protection. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland.
- Sandlund, O.T., Linløkken, A.N., Gjelland, K.Ø., Johnsen, S.I., Rognerud, S., Museth, J., Dokk, J.G., Garmo, Ø. & Walseng, B. 2014. Fiskesamfunnet i Osensjøen, Trysil og Åmot kommuner, Hedmark. Status i 2013 og endringer siden 1970-åra. NINA Rapport 1046. 54 s. + vedlegg.
- Sandlund, O.T., Næsje, T.F. & Lindem, T. 1992a. Ekkoloddregistrering av pelagisk fiskebestand i Mjøsa 1990-91. NINA Oppdragsmelding 138: 1-15.
- Sandlund, O.T., Næsje T.F. & Jonsson, B. 1992b. Ontogenetic changes in habitat use by whitefish, *Coregonus lavaretus*. *Environmental Biology of Fishes* 33: 341-349.
- Sandlund, O.T., Næsje, T.F., Klyve, L. & Lindem, T. 1985. The vertical distribution of fish species in Lake Mjøsa, Norway, as shown by gill net catches and echo sounder. *Report Institute of Freshwater Research, Drottningholm* 62: 136-149.
- Sandlund, O.T., Næsje, T.F. & Saksgård, R. 1995. Ecological diversity in whitefish *Coregonus lavaretus*: ontogenetic niche shifts and polymorphism. - In: M. Luczynski et al. (eds.), *Biology and Management of Coregonid Fishes*. *Archiv für Hydrobiologie Special Issues Advanced Limnology* 46: 49-59.
- Schartau, A.K., Lyche-Solheim, A., Berg, M., Bongard, T., Edvardsen, H., Jensen, T.C., Mjelde, M., Saksgård, R., Sandlund, O.T. & Skjelbred, B. 2015. Utprøving av system for basisovervåking i henhold til vannforskriften. Resultater for utvalgte innsjøer 2014. Miljødirektoratet M-364/2015, 129 s.
- Simmonds, J. & MacLennan, D.N. 2005. *Fisheries acoustics*. 2. utg. Blackwell, London.
- Sutela, T., Rask, M., Vehanen, T. & Westermarck, A. 2008. Comparison of electrofishing and NORDIC gillnets for sampling littoral fish in boreal lakes. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 13: 215-220.
- Tammi, J. 2003. Gillnet-based fish monitoring in large lakes – test fishing in key habitats. *Karjalan tutkimuslaitoksen raportteja* 2003:3, s. 92-95.

Referanser til tidligere arbeider angående fisk i de undersøkte innsjøene

Nisser

- Bjørtuft, S.K. 1992. Planlagt kalking av Nisser: en fiskeribiologisk vurdering av tiltaket. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo. Nr. 134, 58 s. + vedlegg.
- Borgstrøm, R. 1976. Skjønn Nisser og Fyresvatn. Ovenforliggende regulerings virkning på fisken i Nisser, Borstadvatn og Fyresvatn/Drang. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo. Nr. 27, 55 s.
- Bredeli, I. & Carm, K. 1991. Fiskeundersøkelser i Nisser 1990. Fylkesmannen i Telemark. Miljøvern avdelingen. Rapport 4/91, 30 s.
- Gulseth, O.A. 1976. Siken i Nisservann - med et tillegg om fiskemetoder og omsetning. Hovedoppgave ved Institutt for Naturforvaltning, Norges Landbrukshøgskole, 98 s.
- Valland, N. 1976. Zooplankton som føde for sik (*Coregonus lavaretus* L.) i Nisservatn. Om planktoniske krepsdyr som lokaliseringfaktor for sikens næringsvandringar. Hovedoppgave ved Institutt for Naturforvaltning, Norges Landbrukshøgskole, 84 s.

Norsjø

- Vicente, C.E.M. 2009. Mercury, lead and cadmium in fish from Lake Norsjø, Southern Norway. Masteroppgave i natur-, helse- og miljøvern, Høgskolen i Telemark. 103 s.

Eikeren

- Qvenild, T. 1979. Fiskeribiologiske undersøkelser i Eikeren. Årsrapport 1978. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fiskerikonsulenten i Øst-Norge. 12 s.

Tinnsjø

- Bjørtuft, S.K. & Styrvold, J.O. 1978. Fiskebestandene i Tinnsjø nordre del. Hovedoppgave ved institutt for naturforvaltning, NLH-Ås. 81 s + vedlegg.
- Brabrand, Å. 1994. Tetthet, biomasse og størrelsesfordeling av pelagisk fiskebestand i Tinnsjø, Telemark, beregnet med hydroakustikk. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo. Nr. 148, 20 s.
- Flå, L.R. 1993. Habitatbruk og diett hos aure *Salmo trutta* L. og røye *Salvelinus alpinus* (L.) i Tinnsjø. Hovedoppgave ved institutt for biologi og naturforvaltning, NLH Ås. 69 s + vedlegg.
- Jensen, A.J., Karlsson, S., Fiske, P., Hansen, L.P., Hindar, K. & Østborg, G.M. 2013. Den mystiske dypvannsfisken i Tinnsjø. Fauna 59: 122-129.

Tyrifjorden

- Andersen, O. m.fl. 2001. Storauren i Tyrifjorden: oppsummering av undersøkelser i perioden 1982-2000. Rapport Fylkesmannen i Buskerud. Miljøvern avdelingen nr. 2-2001. 61 s.
- Andersen, O., Kraabøl, M., Often, A., Petrin, Z. & Larsen, B.M. 2009. Reguleringsplan for Vikersund sjøfront i Tyrifjorden. NINA Rapport 501.
- Bergaust, O.P. 1972. Krøkle (*Osmerus eperlanus* L.) i Steinsfjorden. Ernæring, alder og vekst. Hovedfagsoppgave (Cand.real.) i zoologi, Universitetet i Oslo. 62 s. + vedlegg.
- Berge, D. (red.): Tyrifjorden, Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981, Sammenfattende sluttrapport. ISBN 82-90356-31-5. Tyrifjordutvalget, Drammen.
- Garnås, E. 1978. Ernæring, alder og vekst hos krøkle (*Osmerus eperlanus* (L.)) i Holsfjorden (del av Tyrifjorden). - Hovedfagsoppgave (Cand.real.) i zoologi, Universitetet i Oslo. 99 s. + vedlegg.
- Garnås, E. 1979. Krøkle (*Osmerus eperlanus* (L.)) i Nordfjorden. - Rapport fra Tyrifjordundersøkelsen 3. 17 s.
- Lindem, T. 1981. Hydroakustisk registrering av fisk. - Tyrifjordundersøkelsen. Rapport nr. 12. 24 s.
- Qvenild, T. & Skurdal, J. 1981. Garnseleksjon for sik ved ved prøvofiske med flytegarn i Tyrifjorden. - Fauna 34: 110-115.
- Qvenild, T. & Skurdal, J. 1983. Fisk. S. 104-115 i: D. Berge (red.) Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981. Sammenfattende sluttrapport. Tyrifjordutvalget, Drammen.

- Qvenild, T. & Skurdal, J. 1983. Populasjonsbiologi for sikbestanden i Tyrifjorden. Fagrapport 26. 89 s. ISBN: 82-90356-30-7
- Qvenild, T., Skurdal, J. & Kildal, T. 1983. Populasjonsbiologi for aurebestanden i Tyrifjorden. – Tyrifjordundersøkelsen. Rapport nr. 22. 81 s.
- Skurdal, J. 1982. Bestandskarakteristikk og vandringer hos gytebestanden av sik i Storelva og Sokna. Fauna 35: 16-24.
- Skurdal, J. & Qvenild T. 1982. Prøvefiske I Tyrifjorden 1977-81. - Tyrifjordundersøkelsen, Fagrapport nr. 13. 52 s.
- Skurdal, J. & Qvenild T. 1982. Aldersbestemmelse av sik fra Storelva og Sokna. – Fauna 35: 40-44.
- Skurdal, J. & Qvenild T. 1982. Foreløpig rapport om fiskebestanden i Tyrifjorden med vekt på sikbestanden i de frie vannmasser. - Fiskerikonsulentene i Øst-Norge. Rapport nr. 15. 45 s.
- Skurdal, J. & Qvenild T. 1982. Røye (*Salvelinus alpinus*) i Tyrifjorden. Fiskerikonsulentene i Øst-Norge. Rapport nr. 3. 23 s.
- SKURDAL, J. & Qvenild, T. 1982. Gytebestanden av krøkle, *Osmerus eperlanus* L., i Sokna, Tyrifjorden. - Rapport. Fiskerikonsulentene i Øst-Norge. Fiskerikonsulentene i Øst-Norge. Rapport nr. 4. 18 s.
- Skurdal, J. & Qvenild T. 1982. Gjedde *Esox lucius* i Tyrifjorden. Fiskerikonsulentene i Øst-Norge. Rapport nr. 24. 19 s.
- Skurdal, J., Skogheim, O., Qvenild T. & Garnås, E. 1992. Undersøkelser av kvikksølv i fisk i Tyrifjorden, Buskerud 1977-1991. Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen nr 21-1992. 48 s.
- Østbye, E., Elgmork, K., Hoff, J.M. & Håstein, T. 1981. Kvikksølvundersøkelser i Tyrifjorden 1968-1978. - Tyrifjordundersøkelsen, Fagrapport nr. 8.

Randsfjorden

- Brabrand, Å., Brittain, J.E. & Saltveit, S.J. 1989. Konesjonsbetingede undersøkelser i Dokkavassdraget: bunndyr, tetthet av aureunger og livssyklusstudier av strømsik, Oppland fylke. LFI (NHM/UIO)-rapport 111.
- Engdahl, G.O. 2006. Evidence of trophic polymorphism in Lake Randsfjorden, Norway? Analyses of morphology, stable isotopes and mercury concentrations in Arctic char (*Salvelinus alpinus*). MSc thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås. 38 s. + vedlegg.
- Fjeld, E. 1999. Miljøgifter i fisk fra Randsfjorden, 1998. Kvikksølv og klororganiske forbindelser. NIVA Rapport 4073. 29 s.
- Fjeld, E., Knutzen, J., Brevik, E., Schlabach, M., Skotvold, T., Borgen, A. & Wiborg, M.L., 2001. Halogenerte organiske miljøgifter og kvikksølv i norsk ferskvannsfisk 1995-1999. NIVA Rapport 4402. 48 s.
- Fjeld, E. & Rognerud, S. 2001. Kvikksølv i storaure og -røye i norske innsjøer, 2000-2001. NIVA Rapport 4502. 42 s.
- Hegge, O., Qvenild, T. & Skurdal, J. 1990. Sikfisket i Randsfjorden 1978-1988. FM Oppland, Miljøvernavdelingen. Rapport 10/90. 20 s.
- Høitomt, L.E. 2015. Effects of culling on the pelagic whitefish population in Lake Randsfjorden aiming at establishing a commercial fishery. MSc thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås. 38 s. + vedlegg. 44 s. + vedlegg.
- Johnsen, S. & Rustadbakken, A. 2005. Storaureen i Randsfjorden. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen. Rapp. nr. 5/05. 25 s.
- Lindås, O.R., Eriksen, H. & Hegge, O. 1996. Fiskeribiologiske undersøkelser i Randsfjorden og Dokka-Etna etter regulering av Dokka. FM Oppland, Miljøvernavdelingen. Rapport 8/96, 34 s.
- Nielsen, P.S., Brittain, J.E., Saltveit, S.J. & Brabrand, Å. 1985. Randsfjorden: Undersøkelse og vurdering av fiskeribiologiske forhold. LFI (NHM/UIO)-rapport 4679. 70 s.
- Pavels H. & Bekkevold C. 2006. Kartlegging av gyteområder hos storrøye i Randsfjorden. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 241. 12s.
- Styrvold, J.-O., Brabrand, Å. & Saltveit, S. J. 1981. Fiskebiologiske undersøkelser i forbindelse med reguleringsplanene for vassdragene Etna og Dokka, Oppland. III. Studier på aure og sik i Randsfjorden og elvene Etna og Dokka. LFI (NHM/UIO)-rapport 46.

Liste over vedlegg

Vedlegg 1. Registrerte fiskearter i de innsjøene som ble undersøkt i «Fisk i store innsjøer»-prosjektet (FIST) i 2015.

Vedlegg 2. Beskrivelse av pelagiske partråler benyttet i FIST-prosjektet I 2015.

Vedlegg 3. Lokale vurderinger av fiskebestandene i Tyrifjorden, Eikeren og Nisser.

Vedlegg 1. Registrerte fiskearter i innsjøene som ble undersøkt i «Fisk i store innsjøer»-prosjektet i 2015.

Art	Nisser	Norsjø	Eikeren	Tinnsjø	Tyrifjorden	Randsfjorden
Krøkle		X	X		X	X
Sik	X	X	X		X	X
Aure	X	X	X	X	X	X
Laks		X				
Røye	X	X		X	X	X
Gjedde		X	X		X	X
Abbor	X	X	X	X	X	X
Mort			X		X	X
Karuss		X			X	X
Stam			X			
Vederbuk			X			
Brasme			X		X	
Ørekyt		X	X	X	X	X
Suter					X	
3-pigget stingsild	X	X	X		X	X
9-pigget stingsild					X	X
Ål		X	X			
Elveniøye		X			X	X

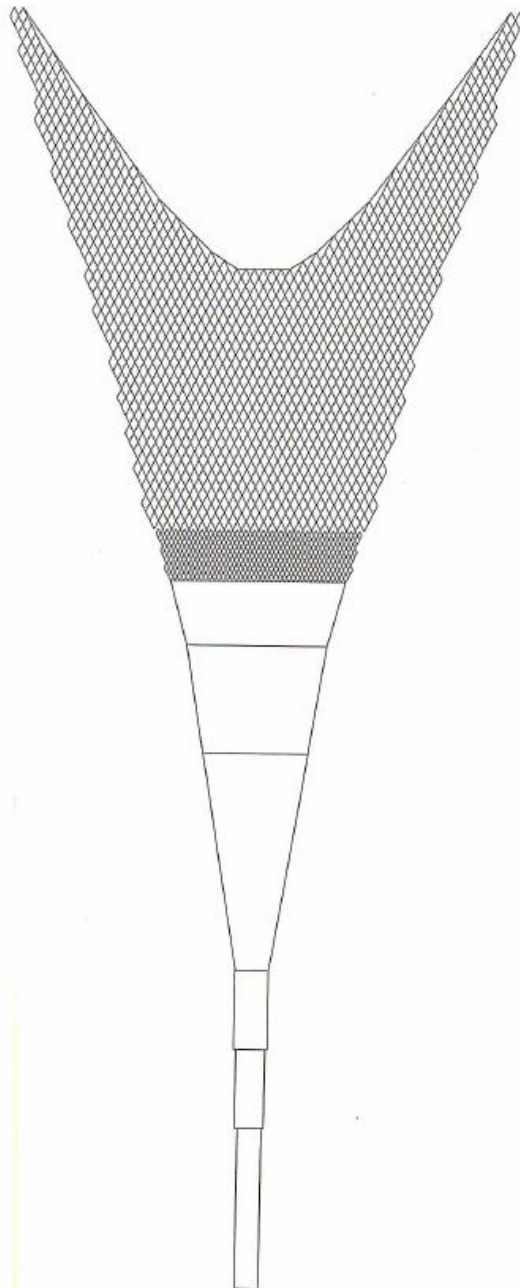
Vedlegg 2. Beskrivelse av pelagiske partråler («Ny» trål: vedlegg 2a, «Gammel « trål: vedlegg 2b) benyttet i FIST-prosjektet i 2015, samt skisse for prosedyre ved partråling (vedlegg 2c).

Vedlegg 2a(1). «Ny» trål, levert av Dönsö Fiskeredsap & Skeppsfulnering AB

Trawl : Pelagic Trawl
 Type : DFS
 Company : Dönsö Fiskeredsap & Skeppsfulnering (AB DFS)
 Ship : NINA
 File : Upper panel.ctf
 Date : 2015-08-06 Design : Tomas Nilsson

Upper panel

meshes mm	twine	stretched length	knots in selvedge
400.0	40	4.00	1
400.0	40	8.00	1
400.0	40	4.00	4
400.0	40	8.00	4
200.0	32	2.40	4
100.0	16	3.00	4
50.0	12	5.00	4
25.0	8	10.00	4
13.0	10	3.69	4
11.0	10	3.70	4
5.5	10	7.37	4



Vedlegg 2a(2)

Trawl : Pelagic trawl
 Type : DFS
 Company : Donsö Fiskeredskap & Skeppsfurnering (AB DFS)
 Ship : NINA
 File : Side panel.tif
 Date : 2015-08-06 Design : Tomas Nilsson

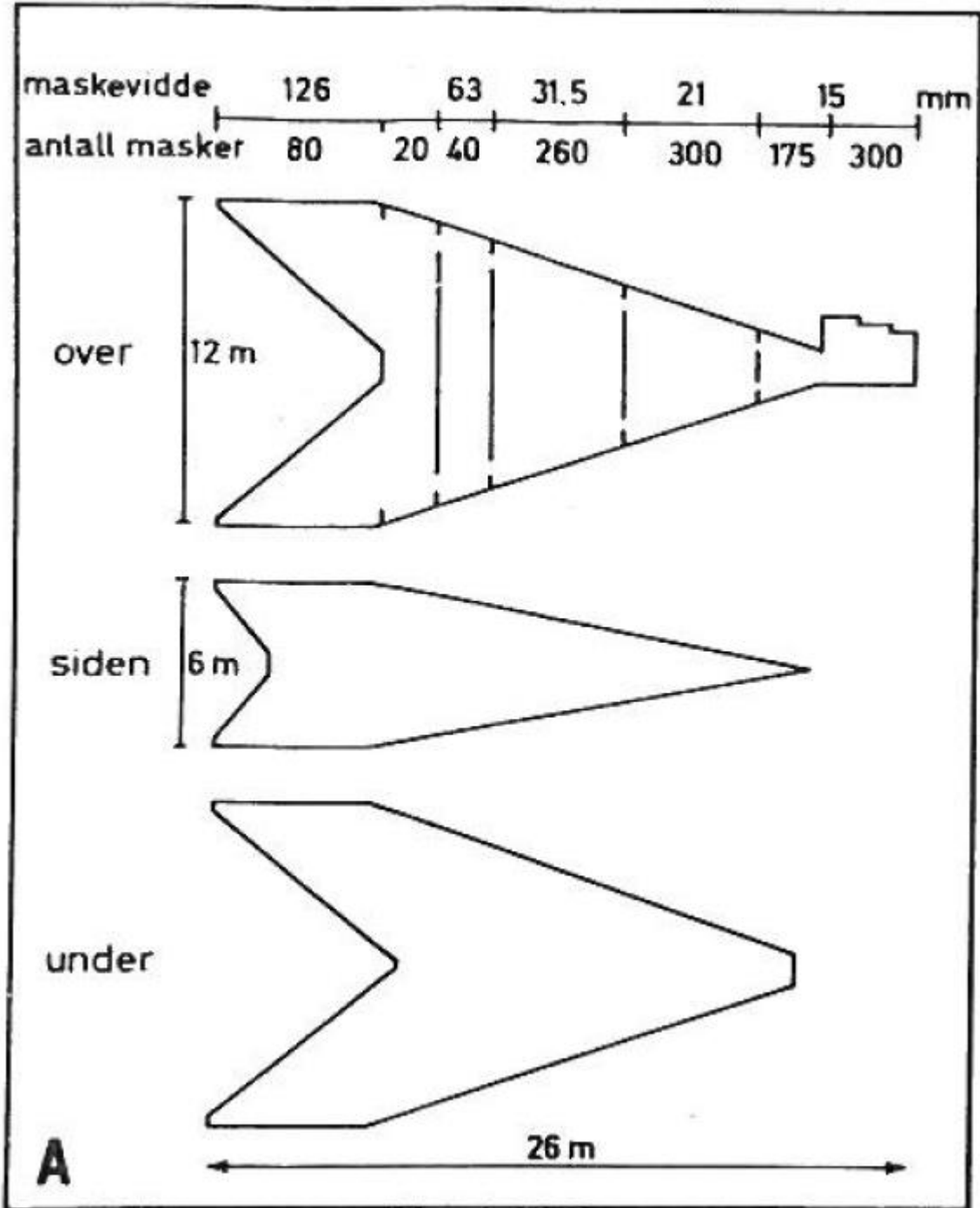
Extra panel

meshes mm	twine	stretched length	knots in selvedge
400.0	40	8.00	1
400.0	40	4.00	4
400.0	40	8.00	4
200.0	32	2.40	4
100.0	16	3.00	4
50.0	12	5.00	4
25.0	8	10.00	4



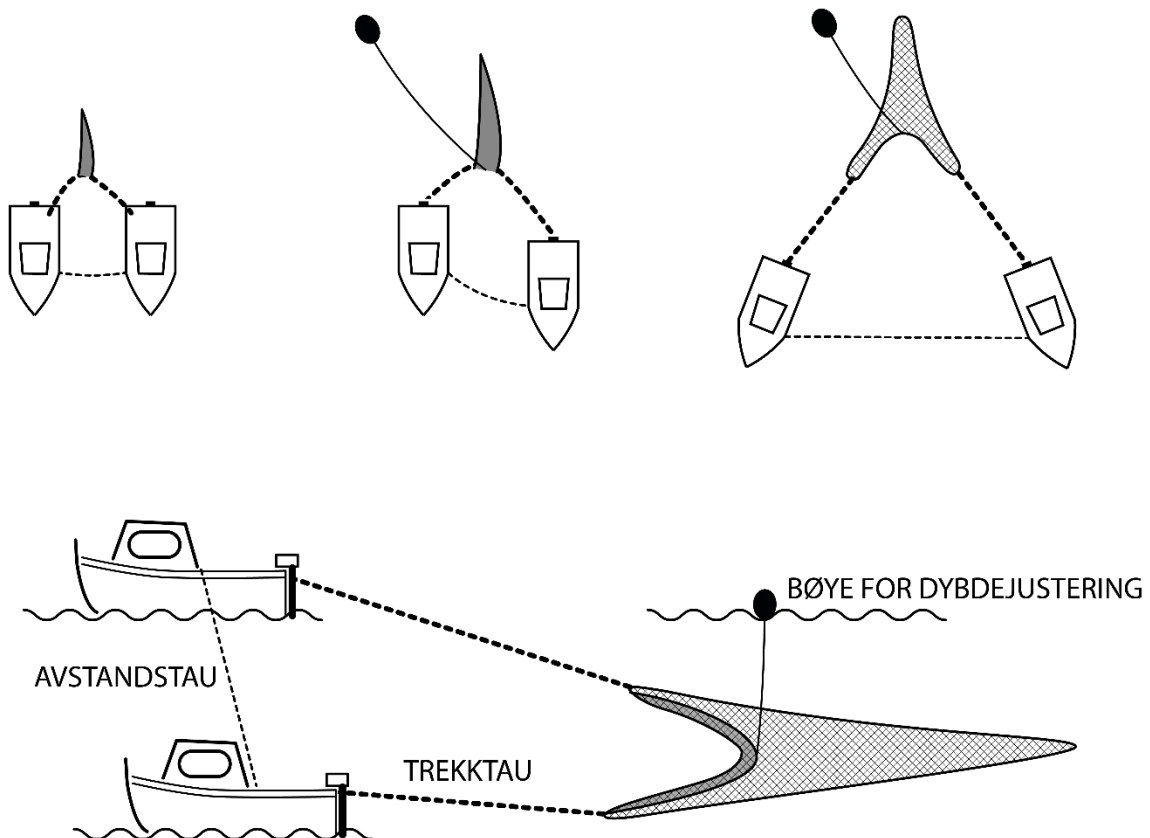
Vedlegg 2b. «Gammel» trål, levert av AS Fiskeredskap, Bergen, i 1979

Skisse etter Lindem & Sandlund (1984). Merk at maskevidde her er 2 x knute-til-knute (dvs. maskevidde etter dagens standardbetegnelser er fra 63 til 7,5 mm).



Vedlegg 2c. Skisse for prosedyre ved fiske med partrål
(omtegnet av Kari Sivertsen, NINA, etter Lindem & Sandlund 1984).

Skjematisk tre stadier i setting av trål (øverst) og under trekking.



Vedlegg 3 Lokale vurderinger av fiskebestandene

Tyrifjorden		
Spørsmål	Svar – Morten Eken	
Har fiskebestanden endret seg over de siste 20-30 år?	Påtagelig mindre aure og brasme i fjorden, mens bestanden av mort har «ekspodert»	
Hvilke fiskearter finnes i innsjøen?	Aure, sik, røye, krøkle, abbor, gjedde, karuss, mort, brasme, suter, ørekyt, 3-pigget og 9-pigget stingsild, elveniøye, (regnbueaure???) I tillegg finnes edelkreps i hele fjordsystemet.	
Hvilke arter er de 1-3 viktigste i fangstene (på stang og med garn)?	Rangert etter fangst, slik jeg opplever det: <u>Stangfiske langs fjorden:</u> 1) abbor, 2) gjedde <u>Stangfiske i inn- og utløpselv:</u> 1) aure, 2) gjedde <u>Trollingfiske:</u> 1) gjedde, 2) aure, 3) røye <u>Garnfiske:</u> 1) abbor, 2) mort, 3) sik, 4) gjedde, 5) brasme (sjelden) <u>Storrusefiske:</u> ???	
Er noen av artene introdusert/satt ut? Hvilke arter er dette, og når skjedde utsettingen?	<u>Suter</u> ble påvist første gang omkring 1990. Har spredd seg ned til fjorden fra Solbergstjern ved Tyrstrand. <u>Mort</u> ble påvist i Steinsfjorden i 2000, og har siden spredd seg i hele fjorden. Påvist ved Vikersund første gang i 2011. Det går rykter om at morten har kommet til vassdraget som levende agn for isfiskere.	
Hvordan er bestands-situasjonen for de 1-3 viktigste artene?	Økt	Mort har økt voldsomt i antall og utbredelse siste 15 år.
	Avtatt	- Aurebestanden (storaure fra to delpopulasjoner) har gått gradvis nedover gjennom flere tiår. Sammensatte årsaker, men inngrep i rekrutteringsområder (vassdragsregulering, utfyllinger m.m.) og predasjon trolig viktigste faktorer. Dessuten har det vært sjukdomsutbrudd av både UDN (flere år sist på 1980-tallet) og furunkulose (påvist i Randselva 1992). - Bestanden av brasme er sterkt redusert, dels som følge av reduserte rekrutteringsarealer (utfyllinger, gjengroing m.m.) og overfiske pga. popularitet som krepseåte. - Uviss bestandsutvikling for sik, krøkle og røye. - Mulig at gjeddebestanden er noe redusert, spesielt i steinsfjorden pga. sterk beskatning (gjeddefestivaler, isfiske m.m.)
	Forsvunnet	Ingen arter har forsvunnet etter det jeg kjenner til.
Drives det klekking og utsetting av aure i innsjøen?	Utsettingspålegg for aure både i Randselva (Viulkraft) og ved Vikersund (foreningen til Tyrifjordens regulering). Påleggene er hhv. 2000 og 5000 fisk pr. år. Settefisk av utløpsgyterstammen produseres av Vikersund Fiske. Foruten å effektivere utsettingspålegget setter Vikersund Fiske ut ca. 10.000 settefisk (2-3-somrige) i egen regi hvert år. Settefisk av Randselvastammen produseres i anlegget til Ringerike Sportsfiskere. I tillegg til utsettinger jobbes det med biotopforbedring på gyte- og oppvekstarealene. Det er ellers etablert et settefiskanlegg (ikke klekkeri) ved utløpet av Væle- ren (Tyrifjord Fisk). Dette anlegget har levert noe stor utsettingsfisk (Vikersundstamme) til bl.a. Norges trollingforbund, uvisst omfang av utsettingene herfra.	

Har du andre kommentarer?	<p>Lite oversikt over bestandsforhold for de lite «ettertraktede» artene. I noen år har det vært ei storruse i drift nord i fjorden, kan hende de som har rusa har et mer oppdatert inntrykk av bestandsforholdene.</p> <p>Røya i Tyrifjorden er en dypvannsvariant som i liten grad blir fisket etter pga. dårlig matkvalitet.</p> <p>Sikfiske var mer utbredt tidligere, men snart ingen som driver garnfiske etter siken på høsten lenger. Inntrykket er at det er mindre sik i fjorden. Suter og karuss fanges kun sporadisk i bunnsatte garn.</p> <p>Effektene av introduksjon av mort er ukjent, men trolig påvirker denne planktonspiseren flere av de stedege artene.</p> <p>De siste årene har bestandene av andre predatorer enn fisk økt, spesielt har skarv «invadert» vassdraget de siste 10-15 årene – så det må jo være fôrfisk å finne. Ukjent hva de spiser mest av. Det observeres imidlertid ofte mink, skarv, laksender og mange fossekaller på gyte- og oppvekstarealene for storaurepopulasjonene, så predasjon kan være en av årsakene til sviktende rekruttering.</p> <p>Morten Eken påviste reproduksjon av regnbueaure i noen sidebekker i Holsfjorden omkring 1990, men har ikke lett mer etter denne arten etter dette. Det er ikke meldt om fangst av regnbueaure i fjorden på mange år.</p>
----------------------------------	---

Eikeren		
Spørsmål	Svar – Eikern fiskevernforening	
Har fiskebestanden endret seg over de siste 20-30 år?	Se nedenfor	
Hvilke fiskearter finnes i innsjøen?	aure, abbor, gjedde, stam, vederbuk, ål, 3-pigget stingsild, mort, sik, krøkle, ørekyt, brasme. Røye er påvist (trolig nedvandret fra innsjøer oppstrøms), noen hevder at det finnes sørv og bekkeniøye, men ikke dokumentert	
Hvilke arter er de 1-3 viktigste i fangstene (på stang og med garn)?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aure (stangfiske) 2. Sik (garn) 3. Gjedd / Abbor (stangfiske) 	
Er noen av artene introdusert/satt ut? Hvilke arter er dette, og når skjedde utsettingen?	Alle arter naturlig forekommende	
Hvordan er bestandssituasjonen for de 1-3 viktigste artene?	Økt	Aurebestanden synes å øke og er i god tilstand. Gjedd og abbor synes å ha hatt en liten økning.
	Avtatt	Ørekyt Sikfisket gått tilbake, ukjent bestandsstatus
	Forsvunnet	Ingen
Drives det klekking og utsetting av aure i innsjøen?	Eikeren fiskevernforening har eget klekkeri, legger inn opptil ca. 20 liter rogn hver høst etter stamfisket. Noe nyklekt yngel settes ut i utvalgte tiløpsbekker våren etter, resten kjøres til Dofa (Drammen Omheng Fiske Administrasjon) for føring opp til 2-somrig fisk. En del av denne yngelen blir solgt til foreninger som har vann som drenerer til Eikeren, resten kommer tilbake til Eikeren stort sett som 2-somrig men noen ganger også 1-somrig i de sesongene det er stort antall settefisk. I gjennomsnitt blir det satt 20 000 to-somringer i Eikern/bekker hvert år.	
Har du andre kommentarer?	Sik - mye av det gamle sikfisket med garn har avtatt etterhvert som nye generasjoner overtar grunnretten. Eldre grunneiere sier at det finnes 3 forskjellige stammer av sik i Eikeren. Fortsatt litt sikfiske med garn, bra fangster, dette er én av de tre typene og er helt jevn i størrelsen (4 på kiloen). En av de andre siktypene synes muligens å ha blitt større i gjennomsnitt, men færre i antall, men dette er bare antagelser og hva enkelte føler, ingen konkrete fakta / bevis. Kan endringer i sikbestanden på virke mattilgangen for aure? Eller styres den av krøkle?	

Nisser		
Spørsmål	Svar - Hans Mikkel Mandt	
Har fiskebestanden endret seg over de siste 20-30 år?		
Hvilke fiskearter finnes i innsjøen?	Aure, sik, abbor og røye	
Hvilke arter er de 1-3 viktigste i fangstene (på stang og med garn)?	1. Aure 2. Sik	
Er noen av artene introdusert/satt ut? Hvilke arter er dette, og når skjedde utsettingen?	Ikke så vidt man vet (i alle fall ikke etter 50-tallet)	
Hvordan er bestands-situasjonen for de 1-3 viktigste artene?	Økt	Abbor
	Avtatt	Røye
	Forsvunnet	
Drives det klekking og utsetting av aure i innsjøen?	Nei	
Har du andre kommentarer?	<p>Aureen har alltid vore av god kvalitet og i god kondisjon. Ved fiske med stang og garn ligg gjennomsnittsvekta på 200-250 g. Ved høstfiske med garn kan ein få enkelte individ på mellom 0,5 og 3 kg. Det er og konstantert fangstar på opp mot 10 kg.</p> <p>Abboren er i ferd med å overta der ein før kunne få røye. Dette er område der groinga har auka sterkt etter kalkinga. Det er for øvrig sjeldan å få abbor og røye over 100 g.</p> <p>Storrusefiske siden 2002 i området ved Naurak (ca. 3 km nord for Tveitsund). Han seier at gjennomsnittstørrelsen på aure er på veg ned. Størrelsen på sik har i enkelte områder gått litt opp, i andre ned. Røye får han i store mengder i oktober måned, men bare småfisk under 100 g.</p> <p>Det er kanskje 2-3 personar som driv småskala næringsfiske etter sik.</p> <p>Dei første 2-3 åra etter storkalkinga av Nisser 96-97, såg det ut til å vere ein auke i stor aure som gjekk på Frostdølelva for å gyte. Ein kunne då på seinhøsten finne 10-talls storaure som var daude pga utmatting. Dette vart kostatert pga innsendt prøver.</p>	



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2935-7

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger