

1749

NINA Rapport

Overvåking av fisk i store innsjøer – FIST 2018

Karl Øystein Gjelland, Knut Andreas Bækkeli, Åge Brabrand, Roar Kristoffersen, Martin-A. Svenning, Antti Eloranta, Oskar Pettersen, Randi Saksgård, Ingrid Solberg, Odd Terje Sandlund



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære 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. 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 fisk i store innsjøer – FIST 2018

Karl Øystein Gjelland, Knut Andreas Bækkelie, Åge Brabrand, Roar Kristoffersen, Martin-A. Svenning, Antti Eloranta, Oskar Pettersen, Randi Saksgård, Ingrid Solberg, Odd Terje Sandlund

Gjelland, K.Ø., Bækkelie, K.A., Brabrand, Å., Kristoffersen, R., Svenning, M.-A., Eloranta, A., Pettersen, O., Saksgård, R., Solberg, I. & Sandlund, O.T. 2020. Overvåking av fisk i store innsjøer – FIST 2018. NINA Rapport 1749. Norsk institutt for naturforskning.

Tromsø, mars 2020

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4504-3

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Trygve Hesthagen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Cathrine Henaug (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

Mjøsforbundet

E-CO energi AS

Øst-Telemarkens brukseierforening

Statkraft energi AS

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

M-1715|2020

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Steinar Sandøy

FORSIDEBILDE

Tråling på Stuorajávri, og trålfangster fra Krøderen, Mjøsa og Møsvatn ©

Knut Andreas E. Bækkelie, NINA

NØKKEWORD

Basisovervåking

Store innsjøer

Vannforskriften

Økologisk tilstand

Fiskesamfunn

Fiskebestand

Fiskeundersøkelse

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen

Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Gjelland, K.Ø., Bækkelie, K.A., Brabrand, Å., Kristoffersen, R., Svenning, M., Eloranta, A., Pettersen, O., Saksgård, R. Solberg, I., & Sandlund, O.T. 2020. Overvåking av fisk i store innsjøer – FIST 2018. NINA Rapport 1749. Norsk institutt for naturforskning.

De sju innsjøene Mjøsa, Krøderen, Møsvatn (i Sør-Norge), og Altevatnet, Takvatnet, Stuorajávri og Iešjávri (i Nord-Norge) ble prøvofisket i august-september 2018. Målsettingen med FIST-prosjektet er 1) å utvikle kostnadseffektive metoder for overvåking av fiskebestanden i store innsjøer, og 2) å framskaffe grunnlag for klassifisering av økologisk tilstand i disse innsjøene med fisk som kvalitetselement.

Feltmetodene var en kombinasjon av bunn garnfiske med nordiske oversiktsgarn, pelagisk partrål og hydroakustisk registrering (ekkolodd) av pelagisk fisk, fiske med flytegarn i tre av innsjøene, samt forsøk med elektrisk båt-elfiske i Mjøsa. Innsatsen med nordiske bunn garn var, med unntak av i Mjøsa, 60 garnnetter per innsjø, med fiske på fire stasjoner ned til største dyp eller til rundt 50 m. I Mjøsa ble antall stasjoner økt til seks, som tilsvarer en samlet innsats på 90 garnnetter.

Prøvofisket i de åpne vannmassene ble gjennomført med pelagisk partrål i seks av de sju innsjøene. Iešjávri ligger så uveisomt til at utstyr for tråling ikke kan transporteres inn, så der ble det fisket med nordiske pelagiske oversiktsgarn ('flytegarn') i stedet for trål. I Altevatnet og Stuorajávri ble det også fisket med flytegarn i tillegg til trålingen. Trålfangstene gir en variasjon i fiskens størrelse som rimer bedre med størrelsessammensetningen observert på ekkolodd, og gir typisk større innslag av liten fisk enn det som blir fanget på garn. I de røvedominerte og svært næringsfattige innsjøene undersøkt i 2018 gav imidlertid trålingen for små fangster til at den pelagiske delen av bestandene kan gis en god vurdering. Det vil være behov for en nærmere vurdering av om det i de mest næringsfattige innsjøene for eksempel er behov for en større innsats med flytegarnserier (med stort areal per maskevidde) dersom det er ønskelig å skaffe et godt materiale av pelagisk fisk.

Feltarbeid på store innsjøer stiller store krav til HMS, både generelt fordi været kan gi grov sjø, og især med tråling og ekkoloddkjøring som må foregå i mørket. Det gjennomføres årlig sikker jobbanalyse foran feltarbeidet i FIST-prosjektet.

Ekkoloddregistreringene gir estimater på absolutte tettheter, og gir i tillegg verdifull informasjon om størrelsessammensetningen i det pelagiske fiskesamfunnet. En viktig del av metodeutviklingen i FIST har vært å forbedre modellene for forholdet mellom fiskens lengde og dens ekkostyrke (TS). På bakgrunn av erfaringene i 2015-2018, ser vi nå ut til å ha nådd en ligning som gir tilfredsstillende beskrivelse av størrelsesfordelingen i fiskesamfunnet. Det er imidlertid viktig å følge dette opp med sammenligning av fangst og ekkostyrkefordeling i flere innsjøer, samt også med TS-eksperimenter med enkeltfisk med kjent lengde der dette er mulig å få til.

Mjøsa er Norges største innsjø (369,5 km²) og er regulert 3,61 m. Innsjøen er dyp (453 m) og med bratte strender, slik at bare vel 20 % av arealet er grunnere enn 20 m. Vannkvaliteten i innsjøen har gjennomgått store endringer siden Mjøsaksjonen, som startet på slutten av 1970-tallet for å redusere tilførselen av næringssalter og organisk stoff. Fiskesamfunnet i Mjøsa omfatter 20 fiskearter. Prøvofisket med bunn garn skjedde på de samme fire stasjonene i Ringsaker- og Furnesfjorden som ble benyttet ved undersøkelsene i 1978-80, og supplert med to stasjoner ved Tangen, lenger sør i innsjøen. Fisket med trål skjedde i tre områder: Furnesfjorden, Ringsakerfjorden og i hovedbassenget sør for Helgøya. Båt-elfisket ble gjennomført i Ringsaker- og Furnesfjorden. Ekkoloddregistreringene skjedde over hele innsjøen, med en dekningsgrad på 7,8. Det ble fanget i alt 16 fiskearter: 13 i bunn garn, 14 i båt-elfisket og fem i trålen. I bunn garnfangstene var det flest hork, abbor, krøkle, sik og lagesild. Båt-elfisket fanget flest hork, mort og ørekyt, og med langt større effektivitet i mørke enn i dagslys, og det skaffer effektivt en rask oversikt over hvilke fiskearter som finnes i strandsona i innsjøen. Trålfangstene ble totalt dominert av krøkle, med over 98 % av totalt antall fisk i fangsten, og det ble også fanget lagesild, sik, niøye og aure i trålen. Fordelingen av fiskearter i bunn garnfangstene varierte mellom de seks prøvofiskestasjonene, men hork og abbor var mest tallrike på alle stasjoner. Artene fordelte seg ulikt i dypet langs bunnen. Mens mort lever i strandsona, forekommer både hork, sik og abbor på alle dyp ned til 50 m. Krøkle, lagesild og lake ble

bare fanget dypere enn 15 m. Data fra ekkolodd og trålfangster viser at biomassen av fisk i de åpne vannmassene var ca. 15,4 kg/ha. Av dette var 12,5 kg krøkle, 2,4 kg sik og 0,6 kg lagesild. Det er ikke store endringer i fiskesamfunnet langs bunnen i Mjøsa siden 1979, men i de åpne vannmassene er det store endringer. Den totale biomassen er minst like stor som tidligere, men det har vært en sterk forskyvning bort fra sik og lagesild mot krøkle, dvs. mot en økt dominans av mindre fisk. Økologisk tilstand for fisk i de åpne vannmassene i forhold til eutrofiering er *svært god*.

Krøderen er en moderat stor (ca. 44 km²) og dyp (130 m) innsjø som er regulert 2,6 m. Innsjøbassenget har relativt store grunne områder, hele 49 % < 20 m. Dette fører til at innsjøarealet er ca. 23 % mindre ved LRV enn ved HRV. Innsjøen er relativt næringsfattig, med siktedyp ca. 6 m. Fiskesamfunnet består av åtte arter, hvorav gjedde har kommet inn i første del av 1990-tallet. Vårt prøvefiske fanget seks av artene. Karuss og trepigga stingsild manglet i våre fangster. Med prøvefiske i bunn-nære områder under termoklinen og ned mot 50 m dyp fanget vi derimot røye, som har manglet ved tidligere runder med prøvefiske i Krøderen. Røya hadde langsom vekst og var kjønnsmoden fra 10 cm størrelse, og det er grunn til å tro at Krøderen har en egen småvokst form av røye som lever utelukkende i profundalsona. Abbor var den dominerende arten bunnfangstene med 76 % av antall fisk, mens sik utgjorde 17,5 %. De øvrige artene utgjorde alle mindre enn 3 %. Abbor var konsentrert til strandsona, mens røye bare ble fanget dypere enn 15 m. Trålfangstene bestod nesten 98 % av sik, i tillegg til noen få abbor, ei gjedde og én aure. Fangstene av sik i bunnfangstene var dominert av fisk større enn 19 cm, mens fangstene i de åpne vannmassene var dominert av fisk mellom 5 og 15 cm. Vekstmønster og kjønnsmodning hos siken kan tyde på at det forekommer to ulike økologiske sikformer. Biomassen av sik i de åpne vannmassene er beregnet til ca. 18 kg/ha. I forhold til eutrofiering er fiskesamfunnet i de åpne vannmassene i *svært god* tilstand. Endringene i fiskesamfunnet etter at gjedda kom inn fører imidlertid til at NEFI-indeksen gir *moderat* tilstand. Spesielt har forekomsten av aure endret seg fra vanlig til sjelden i prøvefangstene, men også for sik og abbor har fangstene målt som CPUE gått ned.

Møsvatn er et stort (78,4 km² ved HRV) reguleringsmagasin etablert ved neddemming av flere tidligere innsjøer. Magasinet er relativt grunt (68,5 m maksimum dyp), og med en reguleringshøyde på 18,5 m blir nærmere 60 % av arealet tørrlagt ved LRV. Innsjøen er næringsfattig, med siktedyp >10 m. Fiskesamfunnet består av aure, røye og ørekyt, den siste etablert på 1990-tallet. I bunnfangstene i strandsona var det flest ørekyt, deretter aure, mens røye dominerte på dypere vann. I trålen ble det tatt røye både nær overflata og på dypere vann, mens all aure ble fanget nær overflata. Beregnet biomasse av fisk i de åpne vannmassene er 2,9 kg/ha, fordelt på omtrent like mye aure og røye. I forhold til eutrofiering er den økologiske tilstanden til fisk i de åpne vannmassene *svært god*. Forekomsten av den introduserte ørekyta gjør imidlertid at samlet tilstand for fiskesamfunnet ikke blir bedre enn *god*, mens den harde reguleringen fører til at Møsvatn er en *sterkt modifisert vannforekomst*. Sammenlignet med tidligere prøvefiske ser artssammensetningen i fiskebestandene i Møsvatn ut til å ha endret seg lite siden ørekyta etablerte seg.

Altevatnet er en stor (ca. 80 km² ved HRV) og relativt dyp (111 m) regulert innsjø. Innsjøbassenget har relativt store grunne områder, slik at 73 % av arealet ved HRV er grunnere enn 20 m. Reguleringshøyden er 16,2 m. Vannet er svært næringsfattig, og siktedypet er vel 8,5 m. Fiskesamfunnet består av seks arter, hvorav ørekyt kan være introdusert av mennesker. Vårt prøvefiske fanget røye, aure, lake og ørekyt, mens gjedde og abbor er så sjelden etter reguleringen at de i liten grad fanges. Fangstene i bunnfangstene var dominert av røye, med 87 % av antall fisk. I fangstene langs bunnen dominerte røye mindre enn 15 cm på dypt vann (>15 m), men det var ingen klare tegn til en vekststagnasjon ved 10-15 cm som er typisk for småvokste profundalformer av røye. I strandsona fordelte røya seg på alle lengdegrupper. I trålen ble det bare fanget tre røyer, mens flytegarna fanget 21 røyer. Disse fiskene var mellom 10 og 34 cm (i gjennomsnitt 20 cm og 137 g). Beregnet biomasse av fisk (bare røye) i de åpne vannmassene var svært lav, ca. 0,2 kg/ha. I forhold til eutrofiering er den økologiske tilstanden til fisk i de åpne vannmassene i Altevatnet *svært god*. Den kraftige reguleringen betyr likevel at innsjøen er en *sterkt modifisert vannforekomst*. Reguleringen har blant annet ført til at abbor og gjedde, som forekom naturlig i innsjøen, i dag stort sett bare finnes i sørøstenden av vatnet (Gamasområdet).

Takvatnet har et areal på 15,2 km² og et største dyp på vel 80 m. Innsjøen er uregulert og med svært næringsfattig vann, med et siktedyp på mer enn 12 m. Fiskesamfunnet består av tre arter, røye, aure og trepigga stingsild, de to siste er satt ut i hhv. 1930 og 1950. I bunngarnfisket ble det fanget 237 fisk, hvorav 110 var trepigga stingsild, 79 røye og 52 aure. Trålen fanget ingen fisk. Røya i fangstene fordelte seg på alle lengdegrupper mellom 5 og over 40 cm, med alder fra ett til 12 år. Nesten all aure i fangstene var mindre enn 25 cm og yngre enn fem år. Beregnet biomasse av fisk i de åpne vannmassene var svært lav, bare 0,12 kg/ha. I forhold til eutrofiering er tilstanden til fiskebestanden i de åpne vannmassene *svært god*. Ettersom to av de tre fiskeartene i innsjøen er introdusert for mindre enn 100 år siden, er imidlertid fiskesamfunnet svært langt unna en referansetilstand.

Stuorajávri har et areal på 21 km², og med et største dyp på 30 m grunnest av de innsjøene som ble undersøkt i 2018. Vannet er uregulert og næringsfattig, med et siktedyp på 6,25 m. Fiskesamfunnet omfatter sju arter, hvorav bl.a. sik, abbor og gjedde er blant de som vandret inn fra øst etter istida. I bunngarnfangstene ble det fanget seks arter, med abbor som dominerende (72 % av antall fisk). Sik utgjorde 21 %. I trålen og flytegarna ble det fanget bare sik, henholdsvis 308 og 39 individ. Beregnet biomasse av fisk i de åpne vannmassene var ca. 1,5 kg/ha basert på ekkoloddregistreringene. Tetthetene estimert fra trålfangsten var en størrelsesorden høyere, og det beregnede biomassetallet basert på ekkolodd er trolig altfor lavt. Vi antar at dette skyldes at fisken i stor grad unngikk ekkostrålen fordi innsjøen er grunn, og fordi det i tillegg var fullmånelys som gjorde at fisken trakk svært nære overflata og dermed unngikk å bli registrert i ekkoloddstrålen. På grunnlag av trålfangstene og tidligere undersøkelser i Stuorajávri anslås at biomassen av pelagisk fisk bør være mer på linje med Krøderen, det vil si > 15 kg/ha. I forhold til eutrofiering er tilstanden til fiskebestanden i de åpne vannmassene *svært god*.

Iešjávri er Finnmarks største innsjø, med et areal på 68,2 km² og et største dyp på 41 m. Innsjøbassenget har en komplisert form med mange vikar, bukter og holmer. Vannet er uregulert og svært næringsfattig, med et siktedyp på omkring 10 m. Fiskesamfunnet har åtte arter, i likhet med i Stuorajávri omfatter dette flere arter som har vandret inn fra øst. I bunngarnfisket ble det fanget 230 fisk av åtte arter, med røye (47 %) og ørekyt (33 %) som de mest tallrike. I flytegarna ble det fanget ni røye og én aure. Røya i fangstene var mellom 5 og mer enn 40 cm, med alder mellom ett og 11 år. Et påfallende trekk ved røyebestanden er imidlertid at det var svært svak rekruttering i 2012-2014, indikert ved at årsklassene 4-6 år (lengde fra 20 til 30 cm) var nærmest fraværende i fangstene. Årsaken til dette er ukjent. I et røyemateriale fra 1997 var det ingen slik variasjon i rekrutteringen til røyebestanden. Beregnet biomasse i de åpne vannmassene var svært lav, ca. 0,2 kg/ha. I forhold til eutrofiering er den økologiske tilstanden til fiskebestanden i de åpne vannmassene *svært god*. Når vi anvender endringsindeksen (NEFI) for å sammenligne prøvefiskedata fra 2018 med 1997, gir dette også *svært god* tilstand.

I den grad vi mener å påvise store endringer i fiskesamfunnene, er det to sentrale og menneskeskapt faktorer som skiller seg ut. Den ene er introduksjoner av fiskearter, som har hatt stor til moderat betydning i fire av de sju undersøkte innsjøene. Særlig har introduksjonen av gjedde i Krøderen vært negativ, og i Takvatnet har introduksjon av røye og trepigga stingsild ført fiskesamfunnet langt bort fra referansetilstanden. Ørekyt er introdusert i Møsvatn og kanskje også i Altevatnet. Fiskesamfunnet i disse to innsjøene er imidlertid i mye sterkere grad påvirket av en annen menneskeskapt endring; vassdragsregulering. For Altevatnet sin del har dette gitt store konsekvenser for artssammensetningen, mens det i Møsvatn har gitt sterkt utslag på rekruttering av røye.

Fisk i store innsjøer-programmet har gjort at vi nå har mye bedre datagrunnlag for å vurdere tilstand og endringer i artssammensetning og vekstmønster i fiskesamfunnene i mange norske innsjøer. Det savnes likevel ressurser til å gjøre undersøkelser av næringsmønstrene. Undersøkelser av diett (mageprøver, stabile isotoper) vil kunne gjøres uten ytterligere innsamling av fisk, og med en evertibratsampling samkjørt med Økotor. Slike undersøkelser vil være sentrale i å forstå og beskrive referansetilstanden i en innsjø, og endringer i næringsrelasjoner vil være viktige tegn på potensielle økosystemendringer som trolig vil dukke opp før store endringer i artssammensetning.

Karl Øystein Gjelland, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Framsenteret, Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø karl.gjelland@nina.no

Knut Andreas Bækkelie, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo knut.bakkellie@nina.no

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

Roar Kristoffersen, UiT Norges arktiske universitet, Breivika, Tromsø roar.kristoffersen@uit.no

Martin-A. Svenning, NINA, Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø martin.svenning@nina.no

Antti Eloranta, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim (ny adresse: antti.p.eloranta@juu.fi)

Oskar Pettersen, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim (ny adresse: oskarp@live.no)

Randi Saksgård, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim randi.saksgard@nina.no

Ingrid Solberg, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim ingrid.solberg@nina.no

Odd Terje Sandlund, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim odd.sandlund@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	7
Forord	9
1 Innledning	10
2 Materiale og metoder	12
2.1 Lokalteter	12
2.1.1 Om innsjøene	12
2.1.2 Fiskesamfunn	13
2.2 Metoder	15
2.2.1 Partrål	15
2.2.2 Bunn garn	15
2.2.3 Flyte garn	15
2.2.4 Bearbeiding av fisk	16
2.2.5 Ekkolodd og ekkoloddanalyser	17
2.2.6 Temperatur-, lys- og oksygenforhold	18
2.2.7 WS-FBI	19
3 Resultater	21
3.1 Mjøsa	21
3.1.1 Feltarbeid	21
3.1.2 Bunn garnfiske	22
3.1.2.1 Artssammensetning og dominans	22
3.1.2.2 Mengde fisk	23
3.1.2.3 Habitatbruk	25
3.1.3 Elektrisk båtfiske	27
3.1.3.1 Materiale og metode	27
3.1.3.2 Resultater	27
3.1.3.3 Diskusjon: elektrisk båtfiske i innsjøer	30
3.1.4 Trålfiske	31
3.1.5 Ekkoloddregistreringer	32
3.1.6 Bestandsegenskaper for enkelte arter	33
3.1.6.1 Abbor	33
3.1.6.2 Hork	35
3.1.6.3 Krøkle	36
3.1.6.4 Lagesild	38
3.1.6.5 Sik	40
3.1.6.6 Mort	42
3.1.7 Endringer siden 1979	43
3.1.8 Økologisk tilstand	48
3.2 Krøderen	50
3.2.1 Feltarbeid	50
3.2.2 Fangster og habitatbruk	50
3.2.3 Ekkoloddregistreringer	52
3.2.4 Abborbestanden	53
3.2.5 Sikbestanden	54
3.2.6 Andre arter	56
3.2.7 Økologisk tilstand	57

3.3	Møsvatn	59
3.3.1	Feltarbeid	59
3.3.2	Fangster og habitatbruk	59
3.3.3	Ekkoloddregistreringer	61
3.3.4	Aure, røye og ørekyt	62
3.3.5	Økologisk tilstand	65
3.4	Altevatnet	66
3.4.1	Feltarbeid	66
3.4.2	Fangster og habitatbruk	66
3.4.3	Ekkoloddregistreringer	68
3.4.4	Røyebestanden	69
3.4.5	Andre fiskearter	70
3.4.6	Økologisk tilstand	70
3.5	Takvatnet	72
3.5.1	Feltarbeid	72
3.5.2	Fangster og habitatbruk	72
3.5.3	Ekkoloddregistreringer	73
3.5.4	Aurebestanden	74
3.5.5	Røyebestanden	76
3.5.6	Økologisk tilstand	77
3.6	Stuorajávri	78
3.6.1	Feltarbeid	78
3.6.2	Fangster og habitatbruk	78
3.6.3	Ekkoloddregistreringer	79
3.6.4	Sikkbestanden	81
3.6.5	Abborbestanden	83
3.6.6	Andre arter	84
3.6.7	Økologisk tilstand	84
3.7	Iešjávri	86
3.7.1	Feltarbeid	86
3.7.2	Fangster og habitatbruk	87
3.7.3	Ekkoloddregistreringer	89
3.7.4	Røyebestanden	90
3.7.5	Aurebestanden	92
3.7.6	Harrbestanden	93
3.7.7	Økologisk tilstand	94
4	Diskusjon	96
4.1	Fiskefauna og miljø	96
4.2	Vurdering av metodikk	97
5	Oppsummering og konklusjoner - klassifisering	99
5.1	Økologisk tilstand	99
6	Referanser	101
	Oversikt over vedlegg	106

Forord

Som en videreføring av undersøkelsene av fisk i store innsjøer i 2015, 2016 og 2017 som gjaldt innsjøer på Østlandet, i Midt-Norge og på Vestlandet fikk NINA i oppdrag i 2018 å ta for seg nye innsjøer i Troms og Finnmark, samt tre innsjøer på Østlandet. Hensikten er å videreutvikle og standardisere metodikk for rutinemessige undersøkelser av fisk i de åpne vannmassene ved hjelp av hydroakustikk (ekkolodd), partrål og pelagiske garn («flytegarn»), samt metodikk for prøvefiske med bunnsette nordiske oversikts-garn. Et viktig mål her er å komme fram til hvilken innsats som er nødvendig for kunne fastsette økologisk tilstand for fisk i slike innsjøer. Undersøkelsene i 2018 er gjennomført etter de samme prosedyrer som i 2017, men med enkelte justeringer. I lešjávri ble det fisket med flytegarn på grunn av innsjøens vanskelige tilgjengelighet, og prøvefisket i Altevatnet ble også supplert med flytegarn. På grunn av innsjøens størrelse ble antall bunn-garnstasjoner i Mjøsa økt fra fire til seks. Her ble det også gjort forsøk med el-fiskebåt. Arbeidet er gjennomført i samarbeid med Naturhistorisk museum-UiO (NHM-UiO), UiT Norges arktiske universitet (UiT) og Statens naturoppsyn (SNO). Oversikt over mannskap og aktivitet i de forskjellige innsjøene er gitt i vedlegg 7. Vi mottok tilleggsfinansiering for undersøkelsene i Mjøsa, Krøderen, Møsvatn og Altevatnet fra henholdsvis Mjøsforbundet, E-CO Energi AS, Øst-Telemarkens brukseierforening, og Statkraft energi AS.

Vi takker Miljødirektoratet for oppdraget og håper at resultater og anbefalinger er til nytte for forvaltningens videre arbeid med overvåking under vannforskriften.

Karl Øystein Gjelland

Tromsø 30.03.2020

1 Innledning

Store innsjøer inngår i basisovervåkingen under vannforskriften, og de første undersøkelsene ble gjennomført i perioden 2015-2017. Fysisk-kjemiske forhold og kvalitetselementene planktonalger, vannplanter, bunndyr og dyreplankton inngår i overvåkingsprogrammet ØKOSTOR (Lyche Solheim mfl. 2016, 2017, 2018, 2019). Kvalitetselementet fisk blir undersøkt gjennom FoU-prosjektet «Fisk i store innsjøer» (FIST) (Sandlund mfl. 2016, Gjelland mfl. 2017, 2018). Hensikten med prosjektet er både å skaffe data som grunnlag for en klassifisering av fiskebestandenes tilstand, og å vurdere hvilken feltinnsats som er nødvendig for å skaffe et tilstrekkelig datagrunnlag for denne klassifiseringen.

I løpet av åra 2015 til 2017 har fiskeundersøkelser blitt gjennomført i 18 innsjøer. I 2018 ble ytterligere sju innsjøer undersøkt etter de samme prosedyrene som i 2017.

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 i en innsjø krever prøvefiske i alle de tre viktigste habitatene; litoral-, profundal- og pelagialsona (Holmgren mfl. 2010). De fleste artene kan fanges i litoralsona, men det kreves også fiske på dypere vann langs bunnen, samt i de åpne vannmassene, for å være rimelig sikker på at alle fiskeartene blir registrert. I artsrike fiskesamfunn er det ofte arter som er fåtallige, sjeldne, eller oppholder seg i spesielle habitater som et generelt overvåkingsprogram ikke har ressurser til å dekke. Slike arter vil sjelden forekomme i fangstene uten at det kan tolkes som et resultat av miljømessige endringer. I innsjøer med sik og røye må eventuell økologisk/genetisk polymorfisme registreres, noe som også krever fiske i alle tre hovedhabitater (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018). 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.

Generelt er forholdet mellom arealet av strandsona og arealet av de åpne vannmassene ulikt i små og store innsjøer. I store innsjøer vil de åpne vannmassene være dominerende, og fiskearter som er i stand til å utnytte produksjonen i dette habitatet vil spille en større rolle enn i små innsjøer. I vår fauna av ferskvannsfisk er det et fåtall arter som er spesialiserte til å leve av dyreplankton, mens det er mange såkalte generalister som kan finne sin næring både på bunnen og i de åpne vannmassene. Det er også noen fiskearter som er særlig knyttet til bunnen av innsjøen. Blant generalistene bestemmes gjerne habitatvalget av faktorer som for eksempel hvilke andre fiskearter som forekommer og næringstilstanden (eutrofigraden) i innsjøen. Både næringstilbudet i de åpne vannmassene og dominansforholdene mellom fiskeartene påvirkes i stor grad av eutrofigraden.

Den pelagiske sona i en innsjø er som oftest mindre produktiv per arealenhet enn strandsona. I store innsjøer utgjør pelagialsona et stort areal, slik 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 strandsona blir liten i utstrekning.

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 å registrere artsmangfoldet og størrelsesstruktur i fiskesamfunnet i strandsona og langs bunnen i innsjøene er garn med mange maskevidder (helst nordisk oversiktsgarn) den metoden som er mest brukt (Olin mfl. 2014, Schartau mfl. 2015). Andre metoder kan også være aktuelle, som for eksempel elektrisk fiskebåt på grunt vann (Menezes mfl. 2013, Johnsen mfl. 2014). Fullstendig klassifisering av økologisk tilstand på grunnlag av fiskebestanden krever data fra alle habitater (Tammi 2003, Sandlund mfl. 2013).

Hydroakustisk fisketelling i ferskvann er klart den mest effektive metoden for å registrere antall og biomasse av fisk i pelagialsona i relativt store og dype innsjøer. Denne metoden brukes nå rutinemessig i store deler av verden (jf. Emmrich mfl. 2012), inkludert Sverige (se bl.a. <http://www.slu.se/sv/institusjoner/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, Linløkken & Sandlund 2015). Sammen med hydroakustiske registreringer er det nødvendig å fange et mest mulig representativt utvalg av de artene og størrelsesgruppene av fisk som finnes i det pelagiske habitatet. Denne informasjonen brukes for å kunne omsette tettheter av fisk til biomasse av de enkelte artene.

Basert på erfaringene i 2015, 2016 og 2017 har vi nå kommet fram til en standard prosedyre for feltinnsats i fiskeundersøkelser i de store innsjøene. Det er et standardisert fiske med bunnsatte nordisk oversiktsgarn, tråling med pelagisk partrål, og registrering av pelagisk fiskebestand ved hjelp av hydroakustikk (ekkolodd) (Gjelland mfl. 2018). Denne prosedyren ble i 2018 gjennomført i fem av de sju innsjøene. Unntakene var Iešjávri i Finnmark og Mjøsa på Østlandet. Iešjávri er så utilgjengelig at det er svært komplisert å transportere større båter inn til innsjøen. Derfor ble det pelagiske habitatet undersøkt med ekkolodd og pelagiske nordiske oversiktsgarn. Mjøsa er Norges største innsjø, 369,5 km², og med et artsrikt fiskesamfunn. Det ble derfor besluttet å utvide innsatsen med bunngarn fra fire til seks stasjoner, dvs. den totale innsatsen med bunngarn ble utvidet fra 60 til 90 garnnetter. Det ble også brukt pelagiske garn i Altevattnet for å kunne sammenligne fangstene fra flytegarn og flytetrål, i en stor og dyp nordnorsk innsjø dominert av røye.

I denne rapporten presenteres resultater fra fiskeundersøkelsene i innsjøene Altevattnet, Takvatnet, Stuorajávri og Iešjávri i Nord-Norge (Troms og Finnmark), og Mjøsa, Krøderen og Møsvatn i Sør-Norge. De samme innsjøene inngikk i ØKOSTOR-programmet i 2018 (Lyche Solheim mfl. 2019).

2 Materiale og metoder

2.1 Lokalteter

2.1.1 Om innsjøene

Fire av innsjøene som ble undersøkt i 2018 ligger i Troms/Finnmark, mens tre ligger i Akershus/Hedmark/Oppland (Mjøsa), Buskerud (Krøderen) og Telemark (Møsvatn) (**tabell 1, figur 1**). Innsjøenes overflateareal varierer mellom 15 km² (Takvatnet) og 369,5 km² (Mjøsa). Fire av innsjøene er regulert, med reguleringshøyder mellom 2,6 og 18,5 m. Tre innsjøer (lešjåvri, Stuorajåvri og Takvatnet) er uregulert.

Innsjøenes største dyp varierer fra 30 m i Stuorajåvri til 453 m i Mjøsa. Det foreligger dybdekart for seks av innsjøene (vedlegg 1-6), og for fire av disse finnes også hypsografisk kurve, der arealfordeling på dyp i innsjøbassenget kan avleses. Andelen innsjøareal grunnere enn 20 m i disse fire innsjøene varierer fra 21,5 % (Mjøsa) til 73 % (Altevatnet) (**tabell 2**).



Figur 1. Beliggenheten til de sju innsjøene som ble undersøkt i «Fisk i store innsjøer» (FIST) i 2018. A: fire innsjøer i Nord-Norge (Troms og Finnmark), B: tre innsjøer i Sør-Norge (Telemark, Buskerud, Oppland / Hedmark / Akershus).

Tabell 1. Geografiske og hydrologiske data om store innsjøer undersøkt i FIST-prosjektet i 2018. For regulerte innsjøer er areal gitt ved HRV (høyeste regulerte vannstand), med areal ved LRV (laveste regulerte vannstand) i parentes.

Innsjø	Vann-ID	Fylke	Koordinater	Areal km ²	H.o.h. m	Maks Dyp m	Mid dyp m	Reg. høyde m
lešjávri	234-2279-L	Finnmark	69,67°N 24,18°Ø	68,2	391	41	-	-
Stuorajávri	212-2181-L	Finnmark	69,15°N 22,79°Ø	21,0	371	30	-	-
Takvatnet	196-2404-L	Troms	69,11°N 19,07°Ø	15,2	215		-	-
Altevatnet	196-2396-L	Troms	68,64°N 19,09°Ø	79,7 (36)	477 (489-472,8)	111*	28	16,2
Mjøsa	002-118-1-L	Akershus/Hedmark/Oppland	60,48°N 11,20°Ø	369,5 (354)	121 (122,94-119,33)	453*	155	3,61
Krøderen	012-521-L	Buskerud	60,15°N 9,74°Ø	43,9 (34)	133 (133,23-130,63)	130*	32	2,6
Møsvatn	016-3-L	Telemark	59,86°N 8,10°Ø	78,4 (33)	918 (918,5-900)	68,5*	20	18,5

*Maks dyp er målt ved HRV

Tabell 2. Andel av innsjøareal i litoralsona (definert som 0-20 m dybdesone) i fire av sju store innsjøer undersøkt i 2018. Arealene er avlest visuelt fra hypsografiske kurver (<https://www.nve.no/karttjenester/>, se også dybdekart i vedlegg 1-4). Det forelå ikke hypsografiske kurver for lešjávri, Stuorajávri og Takvatnet.

Innsjø	Areal km ²	Areal		Andel av totalareal, %	
		0-20 m	>20 m	0-20 m	>20 m
Altevatnet	79,7	58,2	21,5	73,0	27,0
Mjøsa	369,5	79,5	290	21,5	78,5
Krøderen	43,9	21,4	22,5	48,7	51,3
Møsvatn	78,4	46,9	31,5	59,8	40,2

2.1.2 Fiskesamfunn

Fiskesamfunnet i de sju innsjøene som ble undersøkt i 2018 omfatter fra tre til 20 arter (**tabell 3**). Mjøsa skiller seg ut med 20 arter, mens de andre seks innsjøene har mellom tre og åtte arter. To innsjøer, Takvatnet og Møsvatn, har bare tre fiskearter, inkludert aure og røye. I begge tilfelle hadde faunaen vært enda artsfattigere uten menneskelige inngrep, ved at fiskearter er spredd, enten med hensikt eller som resultat av annen aktivitet (Hesthagen & Sandlund 2012, Sandlund & Hesthagen 2013). I Takvatnet ble både aure og trepigga stingsild satt ut med hensikt, henholdsvis i 1930 og 1950 (Svenning 1989). I Møsvatn ble ørekyt introdusert på 1990-tallet (Brabrand 2011). De fire siste innsjøene har mellom seks og åtte fiskearter. I Altevatnet ble forekomsten av ørekyt for første gang bekreftet ved prøvefiske i 2009 (Kanstad-Hanssen 2010), mens lokale fiskere observerte ørekyt ('gørsild') allerede på 1960-tallet. Det er uvisst om den kan ha vandret inn naturlig fra Torne-vassdraget på svensk side, eller om den ble spredd

av mennesker, for eksempel ved at den ble brukt som agn ved fiske etter storauren i Altevatnet. I Krøderen kom det inn gjedde i nyere tid, trolig innvandret fra nærliggende innsjøer hvor den ble satt ut på 1990-tallet (Brabrand 2007, Hesthagen & Sandlund 2012, 2016). I Iešjávri, som ligger på Finnmarksvidda, finnes åtte fiskearter, alle naturlig forekommende. Dette er en fiskeart mer enn det Krøderen hadde før gjedda vandret inn. Dette illustrerer godt hvordan mange av de samme fiskeartene som vandret inn fra øst til innsjøer i de lavereliggende delene av Østlandet, også finnes i innsjøer i Øst-Finnmark.

Tabell 3. Fiskearter i de sju innsjøene som ble undersøkt i FIST-prosjektet i 2018. X: fanget ved prøvefisket i 2018, Xi betyr at arten er introdusert, dvs. kommet inn ved menneskelig hjelp, siden 1800. Xu betyr at det er usikkert om arten er satt ut, eller har vandret inn naturlig. x: arten forekommer, men ble ikke fanget i 2018. (x) betyr at arten har forekommet, men ikke lenger finnes i innsjøen.

Fiskeart		Innsjø						
		Iešjávri	Stuorajávri	Takvatnet	Altevatnet	Mjøsa	Krøderen	Møsvatn
Niøye (elveniøye)	<i>Lampetra fluviatilis</i>					X		
Aure	<i>Salmo trutta</i>	X	X	Xi	X	X	X	X
Røye	<i>Salvelinus alpinus</i>	X	x	X	X		X	X
Sik	<i>Coregonus lavaretus</i>		X			X	X	
Lagesild	<i>C. albula</i>					X		
Harr	<i>Thymallus thymallus</i>	X				X		
Krøkle	<i>Osmerus eperlanus</i>					X		
Mort	<i>Rutilus rutilus</i>					X		
Gullbust	<i>Leuciscus leuciscus</i>					x		
Vederbuk	<i>L. idus</i>					X		
Ørekyt	<i>Phoxinus phoxinus</i>	X	X		Xu	X	X	Xi
Karuss	<i>Carassius carassius</i>					x	x	
Laue	<i>Alburnus alburnus</i>					x		
Brasme	<i>Abramis brama</i>					x		
Gjedde	<i>Esox lucius</i>	X	X		x	X	Xi	
Lake	<i>Lota lota</i>	X	X		X	X		
Nipigga stingsild	<i>Pungitius pungitius</i>	X				x	x	
Trepigga stingsild	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	X		Xi				
Steinsmett	<i>Cottus poecilopus</i>					X		
Hornulke	<i>Myoxocephalus quadricornis</i>					x		
Abbor	<i>Perca fluviatilis</i>		X		x	X	X	
Hork	<i>Gymnocephalus cernua</i>					X		
Sum antall arter		8	7	3	6	20	8	3

2.2 Metoder

2.2.1 Partrål

Erfaringene fra 2015, 2016 og 2017 tilsa at partrål i de fleste tilfelle er en bedre egnet metode enn flytegarn for å samle fisk av de aller fleste størrelsesgruppene som lever i det pelagiske habitatet (Sandlund mfl. 2016). Det ble derfor bestemt at pelagisk partrål skulle være standard metode for prøvefiske i de åpne vannmassene. Partrålen som ble benyttet ved forsøkene i 2018 er beskrevet i Sandlund mfl. (2016). Trålen er produsert i 2015 av Donsö Fiskeredskap & Skeppsfunnering AB, Sverige, med 5,5 mm maskevidde i fangstposen.

Erfaringene viser likevel at i ekstremt næringsfattige innsjøer der pelagisk fiskebestand består av røye og/eller aure, kan det være vanskelig å fange et tilstrekkelig stort og representativt materiale med trål. Det ble derfor bestemt å gjøre en tilleggsinnsats med flytegarn i Altevatnet. Videre ligger lešjávri langt fra vei, slik at det ikke var mulig å få den store trålbåten dit uten et stort helikopter. Det ble derfor bestemt å gjennomføre det pelagiske fisket i lešjávri kun med flytegarn. I Stuurajávri ble det fisket med flytegarn for å sammenligne størrelsessammensetningen i sikfangstene mellom de to metodene. Nærmere beskrivelse av flytegarnfisket kommer nedenfor.

2.2.2 Bunnngarn

Fiskesamfunnet i bunn-nære habitat (bentisk sone) ble undersøkt ved prøvefiske med bunnngarn av typen nordisk oversiktsgarn (Appelberg mfl. 1995, NS-EN 14757). Her er de 12 maskeviddene 5, 6,3, 8, 10, 12,5, 15,5, 19,5, 24, 29, 35, 43 og 55 mm (målt fra knute til knute) i 1,5 m dype og 2,5 m lange paneler, satt sammen i tilfeldig rekkefølge. Nordiske bunnngarn er 30 meter lange og 1,5 m dype med et areal på 45 m². Garna ble satt etter samme prosedyre som i 2017 (Gjelland mfl. 2019), med fire garnområder i seks av de sju innsjøene og med seks garnområder i Mjøsa. Prøvefisket i FIST-prosjektet ble lagt opp med sikte på at arbeidsinnsatsen av økonomiske hensyn må være begrenset, samtidig som materialet som samles inn må gi tilstrekkelig informasjon om artsforekomst og bestandsstruktur hos de viktigste artene i disse habitatene. Garninnsatsen har vært basert på en balanse mellom på den ene side å oppnå tilstrekkelig gode fangster til å kunne si noe om bestandssammensetning, og på den annen side hvor mye garninnsats to personer kan klare å håndtere med to netters garnfiske. Erfaringene fra 2016 og 2017 viser at to personer i røye- og auredominerte innsjøer kan operere 30 nordisk bunnngarn per døgn dersom garna er fordelt på to stasjoner, og fangsten sorteres, pakkes og fryses for hvert enkelt garn for senere prøvetaking i laboratoriet. I innsjøer med høye tettheter av abbor og hork vil det imidlertid være nødvendig med mer mannskap og/eller redusert garninnsats for å kunne ta vare på fangsten fra to stasjoner på en dag.

Standard prosedyre er derfor fiske på fire områder, der innsatsen på hvert område er seks enkeltgarn spredt i strandsona (om lag 0-15 m dyp) og tre lenker á tre garn fordelt dypere enn dette, hvis mulig ned til omtrent 50 m dyp (**figur 2**). Standard garninnsats i hver innsjø ble dermed 60 garnnetter, og arbeidsinnsatsen med bunnngarn seks dagsverk (to personer i tre dager og to netter). I Mjøsa, som er Norges største innsjø, og som har et artsrikt fiskesamfunn, ble innsatsen økt med to ekstra garnstasjoner, dvs. at total garninnsats ble 90 garnnetter.

For å få et mål på relativ tetthet av fisk, standardiseres garnfangstene til fangst per innsatsenhet (CPUE, fra engelsk «catch per unit of effort»). CPUE er normalt gitt som antall fisk fanget per 100 m² garn per 12 timer. Det er denne enheten som gjennomgående er brukt for CPUE i hele denne rapporten. For enkelhets skyld har vi sløffet å nevne enheten underveis, slik at CPUE blir gitt som for eksempel CPUE = 5,2.

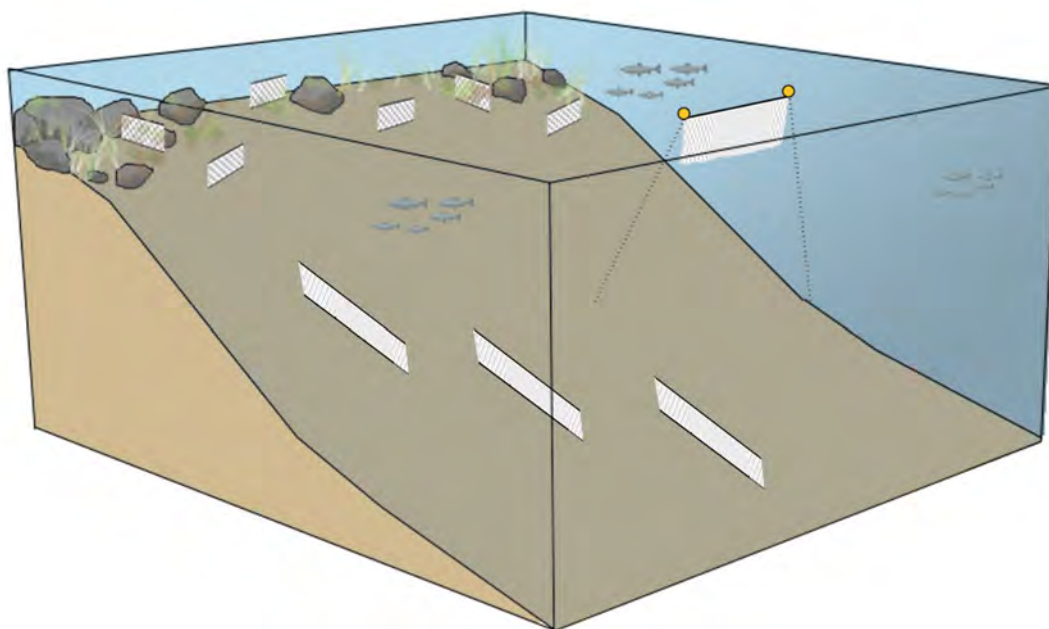
2.2.3 Flytegarn

I Altevatnet ble det brukt flytegarn for å kunne gjøre en sammenligning mellom flytegarnfangst og trål i en innsjø der vi forventet lave pelagiske tettheter. Det ble fisket i to netter med nordiske flytegarn. Disse oversiktsgarna har samme maskeviddesammensetning som nordiske bunnngarn, 12 maskevidder mellom

5 og 55 mm, men er 6 m dype. Hvert panel er fortsatt 2,5 m langt, slik at hvert flytegarn er 30 m langt. I Altevatnet ble det fisket med en lenke à 4 garn i overflata (0-6 m), og en lenke á 3 garn satt i 10-16 m dyp. Garna ble tatt opp etter 36 timer, slik at fiskeinnsatsen på disse var 3 ganger så stor som en standard garninnsats på 12 timer. Dette er det tatt hensyn til ved utregning av fangst per innsatsenhet (CPUE).

lešjávri ligger langt fra vei, og det er svært utfordrende å transportere større båter inn til innsjøen. Derfor ble det ikke benyttet trål i lešjávri. Det pelagiske habitatet ble i stedet fisket med nordiske flytegarn, samt at det også ble gjort ekkoloddregistreringer. Flytegarne ble satt på tre stasjoner, med 3-4 garn på 0-6 m og 1-3 garn og 10-16 m dyp på hver stasjon. Flytegarne i lešjávri ble tatt opp etter 12 timer. Regnet som garnareal tilsvarer dette en total flytegarinnnsats på 3240 m².

Også i Stuorajávri ble det fisket med flytegarne, denne gangen for å kunne sammenligne sikfangster i flytegarne og i trål. Her ble det fisket med UiT Norges arktiske universitet sine flytegarne. Disse er 6 m dype og 40 m lange med 8 maskevidder fra 10 mm til 45 mm (5 m lange panel med maskeviddene 10, 12,5, 15, 18,5, 22, 26, 35 and 45 mm i tilfeldig rekkefølge). Den største forskjellen mellom disse garna og nordiske flytegarne er altså at UiT sine garn mangler maskeviddene 5, 6,3, 8 og 55 mm. Dette er maskevidder som i mange innsjøer normalt fanger lite fisk, og en kan derfor forvente inntil 1,5 ganger så høy CPUE på disse flytegarne som på nordiske flytegarne. For fisk som fanges på maskevidder mellom 10 og 45 mm, antar vi at fangbarheten er rimelig lik mellom de to garntypene.



Figur 2. Skjematisert oppsett for bunngarnfiske med nordiske oversiktsgarn på hver garnstasjon ved FIST-undersøkelsene i 2018. Standard for fiske ved bunnen er seks enkeltgarn i strandsona og tre lenker á tre garn på dypere vann. I Altevatn, lešjávri og Stuorajávri ble det i tillegg fisket med flytegarne. Tegning: Sigrid Skoglund, NINA.

2.2.4 Bearbeiding av fisk

Fisk fanga med garn og trål ble pakka i poser, sortert på garn eller tråltrekk, og frosset i felt. Videre analyser av fiskeprøver ble gjort i lab på NINA, NHM-UiO eller UiT. Fiskens lengde fra snutespiss til haletipp ble målt til nærmeste mm med sporden naturlig spredd (naturlig lengde). I noen innsjøer ble lengde målt som gaffellengde, i disse tilfellene ble det også målt naturlig lengde for et utvalg av fisken i forskjellige lengder. Disse ble så brukt til å lage omregningsfaktorer mellom gaffellengde og naturlig lengde, slik at alle fiskelengder i denne rapporten blir presentert som naturlig lengde. Vekt ble målt til nærmeste 0,1 g. Fisk er kjent for å krympe noe i lengde og vekt ved frysing (Thorstad mfl. 2007), men det er ikke gjort

korreksjoner for dette i denne rapporten da vi ikke kjenner graden av slike endringer over alle aktuelle størrelsesspektre. Kjønn og kjønnsmodning ble undersøkt ved å åpne fisken i buken. Kjønnsmodning ble bedømt etter en skala fra 1 til 7, der 3 eller mer betyr at fisken skal gyte inneværende år (Dahl 1917). Alder ble klassifisert ved undersøkelse av gjellelokk (abbor), skulderbein (gjedde), otolitter (andre arter), samt skjellesing i tillegg til otolitter for en del aure. Fiskens vekstkurver ble estimert ved lokalt vektet ikke-parametriske regresjon (loess-regresjon), som er en såkalt glattefunksjon som ikke krever at veksten skal følge en bestemt bane gitt ut fra en vekstfunksjon.

2.2.5 Ekkolodd og ekkoloddanalyser

I den grad det var relevant, har vi brukt veiledningen gitt i standardprosedyre utarbeidet for De Store Sjøer (Parker-Stetter mfl. 2009), og den nye europeiske standarden for kartlegging av fiskebestander med hydroakustiske metoder (CEN 2014). Ekkoloddregistreringene ble gjennomført etter mørkets frambrudd, med transekter i et sikksakk-mønster med en dekningsgrad (seilt lengde / innsjøareal^{0,5}) nær 6, som antas å gi et godt statistisk grunnlag for tetthetsberegningene (Aglén 1983).

Ekkoloddet består av en transeiver (omformer digitale signal til analoge signal og motsatt), én eller flere transducere (svingere) som sender lydimpulser og mottar ekkoene, en GPS og en PC for å visualisere og lagre rådata fra både transeiver og GPS. Svingeren var montert på en vinge som ble senket til 1 m dyp under registrering (**figur 3**). Det ble benyttet 19-22 fots båter med god stabilitet. I undersøkelsene i denne rapporten ble hydroakustiske registreringer gjennomført med et 70 kHz Simrad EY60 vitenskapelig ekkolodd med en ES70-11 splittstrålesvinger med sirkulær 11°_{-3dB} åpningsvinkel. Sendestyrken var 160 W. Pingintervallet var mellom 0.5 og 2 s avhengig av innsjøens dyp, og pulslengde 256 µs. Båtens hastighet under ekkoregistrering lå mellom 1,38 og 2,58 m s⁻¹ (2,7-5 knop). Rådata ble lagret underveis.



Figur 3. Svingeren var festet til en vinge som ble hengt fra båtsiden på 1 m dyp. Dette sikrer en mer stabil gange for svingeren enn om den er festet fast til båten. Foto: Karl Ø. Gjelland, NINA.

Data fra ekkoloddregistreringene ble etterprosessert med programvaren Sonar5 (Balk 2019). Kriterier for enkeltfiskdeteksjon (enkeltekko, også benevnt SED eller single echo detection) i Sonar5 ble satt til minimum 0,6 og maksimum 1,5, medium multiple topp undertrykking, og maksimum 2-veis gain-

kompensering 3 dB (Balk 2019). Terskel for aksept av enkeltekk ble satt til en målstyrke (TS, target strength) på -60 dB, basert på forventet målstyrke for årsyngel og arbeidet i FIST2017 (Gjelland mfl. 2019). Terskel for volumtilbakespredningsstyrke (S_v) ble satt til -66 dB (Gjelland mfl. 2019).

Første trinn i databehandlingen var bunndeteksjon og manuell kontroll av denne, for å sikre at ingen bunnekk ble med i ekkointegreringa. Deretter ble alle filer gjennomgått og rensert (maskert) for støy fra bølgeslag, skyggeekko fra bratte skrånninger, etc. Hvert transekt ble behandlet som en observasjon (ESDU, elementary sampling distance unit). Ekkoregistreringene ble analysert i sju dybdeintervall (4-10 m, 10-15 m, 15-20 m, 20-25 m, 25-30 m, 30-50 m og 50-100 m). Områder dypere enn 100 m ble ikke analysert, da fisketettheten er svært lav i disse områdene, og eventuelt støy kan lett bli dominerende for registreringene. Ekkointegreringen ble avsluttet 0,7 m over bunnen for å unngå bunnekk og fisk som stod svært nær bunnen i analysene.

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 tilbakespredningskoeffisient (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, men krever et godt antall deteksjoner for å gi et riktig resultat. Metoden ligger innbakt i Sonar5. Men fordi tettheten av fisk i mange av de undersøkte innsjøene var svært lav, var det mange transekt uten, eller med svært få, enkeltekkobservasjoner i ett eller flere dybdelag. Vi valgte derfor å estimere gjennomsnittlig tilbakespredningsareal for enkeltfisk som gjennomsnittet for alle enkeltekkobservasjoner innenfor hvert dybdelag over alle transekt. Integreringsdata (MVBC) og enkeltekkodeteksjoner ble derfor eksportert fra Sonar5 og videre behandlet i statistikkprogrammet R (R Core Team 2019) for videre tetthetsanalyser.

MVBC ble beregnet innenfor hvert dybdeintervall for hvert transekt separat. Fra overflaten ned til ca. 4 m dyp er det dels blindsoner (svingeren var på 1 m dyp). Dels er strålevolumet så lite at det oppstår en nærgrenseproblematikk der enkeltfisk kan fylle nesten hele stråletverrsnittet med tilhørende brudd på teorien for utregningene, og ekkointegrering i dette nærområdet er derfor frarådet (Simmons & MacLennan 2005). Vi antok at tetthet og fordeling fra 0 til 4 m dyp var omtrent som for 4-10 m dybdeintervallet, og ekstrapolerte derfor volumtettheten fra 4-10 m til å gjelde hele dybdeintervallet 0-10 m. Estimerte tettheter innenfor hvert dybdeintervall og transekt ble så integrert til tettheter for epi- og hypolimnion innenfor hvert transekt. Gjennomsnittlig tetthet med variasjonsmål for epi- og hypolimnion ble så estimert med glm-funksjonen i R og antagelse av poisson fordeling av observasjonene (quasipoisson siden vi ikke opererer med heltall). Gjennomsnittlig tetthet med variasjonsmål for hele innsjøen ble til slutt estimert med glm-funksjonen og quasi-poisson fordeling på epi- og hypolimnion tettheter summert innenfor hvert transekt, og konfidensinterval med funksjonen *confint* i R (R Core Team 2019).

For å estimere fiskelengde (L , naturlig lengde) fra ekkostyrken (TS) til enkeltekk, baserte vi oss på sammenhengen utviklet tidligere i FIST (Gjelland mfl. 2019): $TS = 22,5 \log_{10}(L) - 68,6$. Videre ble sammenhengen mellom lengde og vekt (M) for den enkelte art estimert gjennom den generelle modellen $M = cL^p$, der c og p er parametere estimert ved ikke-lineær regresjon.

2.2.6 Temperatur-, lys- og oksygenforhold

Fysiske og kjemiske forhold ble målt i de undersøkte innsjøene forbindelse med ØKOSTOR-programmet (Lyche Solheim mfl. 2019). I dette programmet ble også planteplankton og høyere vegetasjon, samt dyreplankton registrert. Disse undersøkelsene viste at fire av de sju innsjøene er svært næringsfattige, med gjennomsnittlig siktedyp mellom 9,3 og 11,5 m, og grønnlig farge (**tabell 4**). Stuoarjávri er også relativt næringsfattig, men stort humusinnhold gir brunlig vannfarge og siktedyp på 6,3 m. Krøderen har også relativt stort siktedyp (6,1 m), men vannfarge mot gulbrun. I Mjøsa er siktedypet målt på to stasjoner, med litt større siktedyp ved Brøttum (7,6 m) enn ved Skreia (5,8 m). Ved begge disse stasjonene var vannfargen mest grønnlig.

En tommelfingerregel sier at det er tilstrekkelig lys til en viss primærproduksjon ned til ca. 2 x siktedypet. En pragmatisk definisjon av strandsona er derfor at den strekker seg ned til et dyp som tilsvarer 2 x siktedypet. For de sju innsjøene undersøkt i 2018 blir dette da ca. 20 m i Iešjávri, Takvatnet, Altevatnet, Møsvatn og Mjøsa, og ca. 12-15 m i Stuorajávri og Krøderen (**tabell 4**). Men også temperatur har stor betydning for hvor fisken oppholder seg, og vi har derfor valgt å se både på temperaturprofil og på 2 x siktedyp når vi har definert overgangen mellom epilimnion og hypolimnion. Verken siktedyp eller temperaturprofil er statiske karakteristikk, men kan variere innenfor døgnet som en følge av blant annet stående bølger (seicher). Vi har derfor rundet av overgangen mellom epi- og hypolimnion til nærmeste 5-meter, med vekt på hvor temperaturprofilen krysser 10 °C.

Temperaturmålingene gjort i ØKOSTOR-prosjektet i 2018 viste at alle de seks innsjøene er relativt kalde, selv om den varme sommeren i 2018 førte til uvanlig høy overflatetemperatur, særlig i noen av innsjøene på Østlandet (Lyche Solheim mfl. 2019). I Krøderen ble det for eksempel målt opptil 21 °C i juli og august. Ellers lå maksimumstemperaturene i overflata i løpet av sommeren i alle innsjøene, både i Nord- og Sør-Norge, mellom 10 og 18 °C, med Gjende som den laveste og Mjøsa som den høyeste. Temperaturprofiler for alle innsjøene i august og september er vist i Vedlegg 8, og ble estimert ved lokalt vektet ikke-parametriske regresjon (loess-regresjon) fra 0-50 m med en båndvidde på 0,1 (R Core Team 2019) basert på temperaturmålinger målt med sonde i Økostor-prosjektet (Lyche Solheim mfl. 2019).

Tabell 4. Siktedyp (m) og vannfarge målt ved hjelp av Secchi-skive i de sju undersøkte innsjøene i 2018. Fargene er subjektivt beskrevet av feltpersonell. Fra Lyche Solheim mfl. (2019).

Innsjø	Parameter	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
Iešjávri	Siktedyp		9	11	9	11	
	Vannfarge		Grønn	Grønn	Grønn	Grønn	
Stuorajávri	Siktedyp		5,5	5,5	6,5	7,5	
	Vannfarge		Brun	Brun	Brun-grønn	Gulbrun	
Takvatnet	Siktedyp		11,0	10,0	12,3	15,5	
	Vannfarge		Grønn	Grønn	Grønngul	Grønn	
Altevatnet	Siktedyp		7,5	7,5	9,5	10,0	
	Vannfarge		Grønn	Grønn	Gulgrønn	Grønn	
Møsvatn	Siktedyp		9	12	10	10,5	
	Vannfarge		Klar-blå	Gulgrønn	Blågrønn	Blågrønn	
Krøderen	Siktedyp	5,5	6	6	6,5	6	4
	Vannfarge	Gulbrun	Gul	Gulbrun	Klar-grønn	Gulbrun	Gulbrun
Mjøsa Skreia	Siktedyp	13,5	8,6	7,5	8,0	8,5	10
	Vannfarge	Grønn	Grønn	Grønn	Grønngul	Grønn	Grønn

2.2.7 WS-FBI

Trofiindeksen WS-FBI baserer seg på fordelingen av pelagisk fiskebiomasse i epi- og hypolimnion. Kvaliteten på de hydroakustiske registreringene i 2019 er god når det gjelder tetthet i form av antall fisk per areal. Biomassebetraktningene er imidlertid svært avhengige av formelen mellom ekkostyrke (TS) og lengde (L) i cm, når biomasseberegningene baserer seg på størrelsesfordelingen i ekkoloddata. I denne rapporten ble det brukt den samme formelen som for FIST2017; $TS = 22,5(\log(L)) - 68,6$ for å beregne fiskens lengde ut fra ekkostyrke (Gjelland mfl. 2019). Videre brukte vi artsspesifikke funksjoner for å regne lengde om til vekt, basert på data fra fangstene i prosjektet. Avvik mellom reell lengde og lengde predikert fra TS kan gi store utslag i biomassebetraktningene. Vi antar at dette hovedsakelig vil være et skalerings spørsmål, slik at ratioen mellom

epilimnetisk og hypolimnetisk biomasse vil være et sikrere mål enn biomasse per se. Denne ratioen er avgjørende for verdien til WS-FBI-indeksen. Sannsynligvis har verdiene av WS-FBI i disse innsjøene god pålitelighet, men verdien er også avhengig av en subjektiv vurdering av hvor overgangen mellom epi- og hypolimnion er.

Formlene for WS-FBI-indeksen er følgende (Klassifiseringsveileder 02:2018):

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

$$\widehat{BM}_{tot} = \frac{\min(\log(BM_{tot})) + 1}{\log(BM_{tot}) + 1}$$

$$R_{hypo} = \frac{\log(BM_{hypo} + 1)}{\log(BM_{epi} + 1)}$$

BM_{epi} , BM_{hypo} og BM_{tot} er henholdsvis epilimnetisk, hypolimnetisk, og total biomassetetthet, alle i kg ha^{-1} . $\max(R_{hypo})$ og $\min(\log(BM_{tot}))$ er henholdsvis konstantene 5,53 og -0,0151. Denne formelen gav imidlertid negative WS-FBI-verdi for lesjåvri, Takvatnet og Altevatnet, og dette gjør indeksen ikke tolkbar. For å avhjelpe dette, endret vi det midterste leddet av formel-settet ovenfor, slik at verdien av indeksen alltid blir positiv, men at verdien nær terskel-grenser endrer seg lite:

$$\widehat{BM}_{tot} = \frac{\min(\log(BM_{tot} + 1)) + 1}{\log(BM_{tot} + 1) + 1}$$

Modifikasjonen innebar en endring av konstanten $\min(\log(BM_{tot}))$; vi adderte 1 til BM_{tot} før vi tok logaritmen, for å sikre en positiv verdi. Videre valgte vi å bruke biomasseverdiene fra Takvatnet som minste verdi, da den er vesentlig lavere enn minste verdi var ved utvikling av WS-FBI-indeksen. Ny verdi for konstanten $\min(\log(BM_{tot}+1))$ var 0,0493.



Det ble mange km på denne båt-ekvipasjen i 2018, med undersøkelse av innsjøer både i Sør-Norge og Nord-Norge. Her fra Lyngen i Troms. Foto: Knut Andreas Bækkeli, NINA.

3 Resultater

3.1 Mjøsa

3.1.1 Feltarbeid

Feltarbeidet i Mjøsa omfattet bunngarnfiske, fiske med pelagisk trål, ekkoloddregistreringer i de åpne vannmassene og fiske med el-fiskebåt (**figur Mj1**).

Bunngarnfisket fulgte et standard opplegg på hver stasjon, med seks enkeltgarn (nordisk oversiktsgarn) i strandsona (0-15 m) og tre lenker á tre garn på dypere vann, ned til 50 m. Antall stasjoner i Mjøsa ble utvidet til seks (i motsetning til fire i de øvrige innsjøene). Dette omfattet de fire bunngarnstasjonene i Ringsaker- og Furnesfjorden som ble benyttet ved DVF-Mjøsundersøkelsen i 1978-80 (Sandlund mfl. 1985), samt to stasjoner i området ved Tangen, lenger sør i Mjøsa. Fisket foregikk i perioden 10.-13. september 2018.

Trålfisket foregikk i tre områder: Ringsakerfjorden, Furnesfjorden og i Mjøsas hovedbasseng sør for Helgøya. Det ble fisket i tre dyp: 0-8 m, 14-22 m og 25-35 m (**figur Mj1**).

Ekkoloddregistreringene ble gjennomført over tre netter (9. – 12. september), og dekket hele Mjøsa (**figur Mj1**) med total transektlengde på 149 km og en dekningsgrad på 7,8.

Båt-elfisket foregikk i Ringsakerfjorden 10. – 11. september 2018 og i Furnesfjorden 18. – 19. september 2018 (se kapittel 3.1.3).



Figur Mj1. Kart over Mjøsa med plassering av garnstasjoner (A-F), trålplasseringer og utkjørt kurs med ekkolodd.

3.1.2 Bunnørnsfiske

3.1.2.1 Artssammensetning og dominans

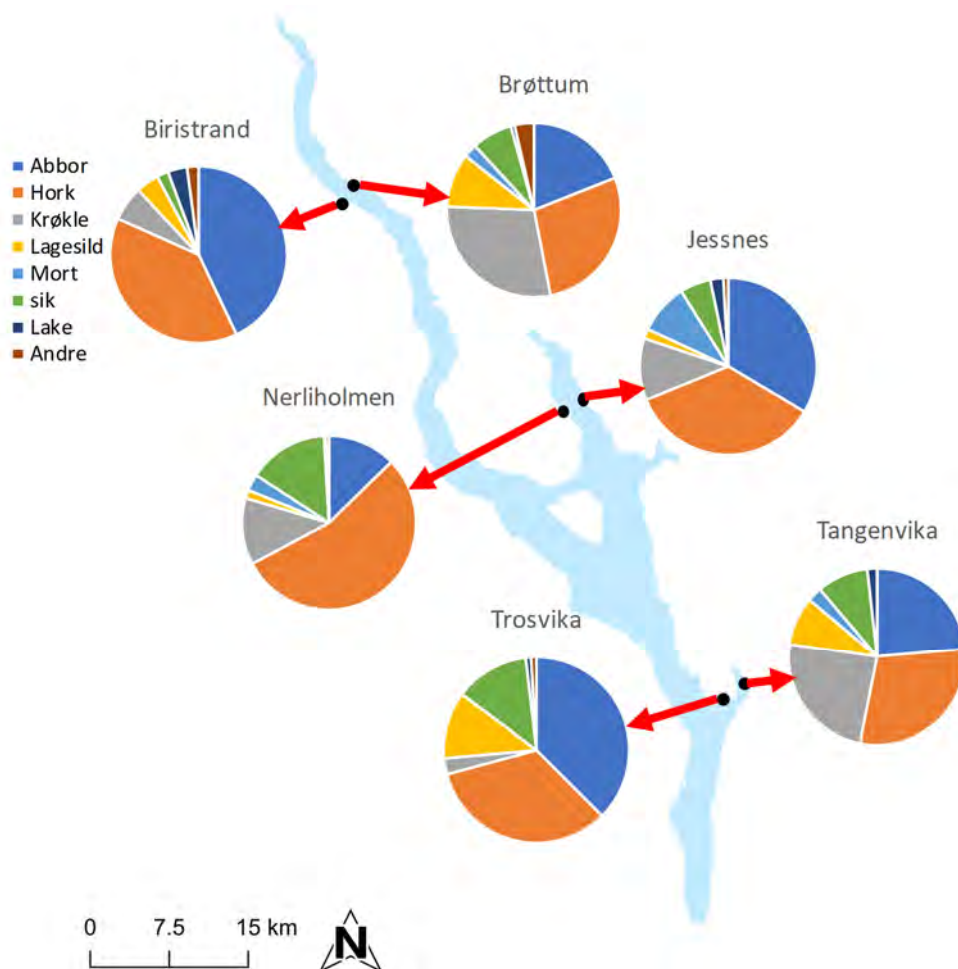
Det ble fanget i alt 1521 fisk av 13 arter ved bunnørnsfisket på seks garnstasjoner (**tabell Mj1**). Hork, abbor og krøkle var de mest tallrike artene i fangsten. Hork var mest tallrik i Trosvika ved Tangen, samt på begge stasjonene i Furnesfjorden. Ved Brøttum og Biristrand i Ringsakerfjorden var henholdsvis krøkle og abbor de mest tallrike artene (**figur Mj2**). Sik ble fanget i moderate antall (19-48 fisk) på fem av de seks stasjonene, mens det ble fanget mellom 20 og 28 lagesild ved Brøttum og på begge stasjoner ved Tangen. Mort var bare vanlig eller tallrik i Furnesfjorden, mens lake ble fanget i et lite antall på alle seks stasjoner. De øvrige artene ble fanget i et lite antall på fra én til fire stasjoner.

Tabell Mj1. Bunnørnsfangster på seks stasjoner i Mjøsa, august 2018. Stasjonene Brøttum og Biristrand er i Ringsakerfjorden, Jessnes og Nerliholmen er i Furnesfjorden, Tangenvika og Trosvika er ved Tangen. CPUE er basert på samlet garninnsats på seks stasjoner, i alt 4050 m² garnareal (dvs. 40,5 innsatsenheter), jf. **figur 2**.

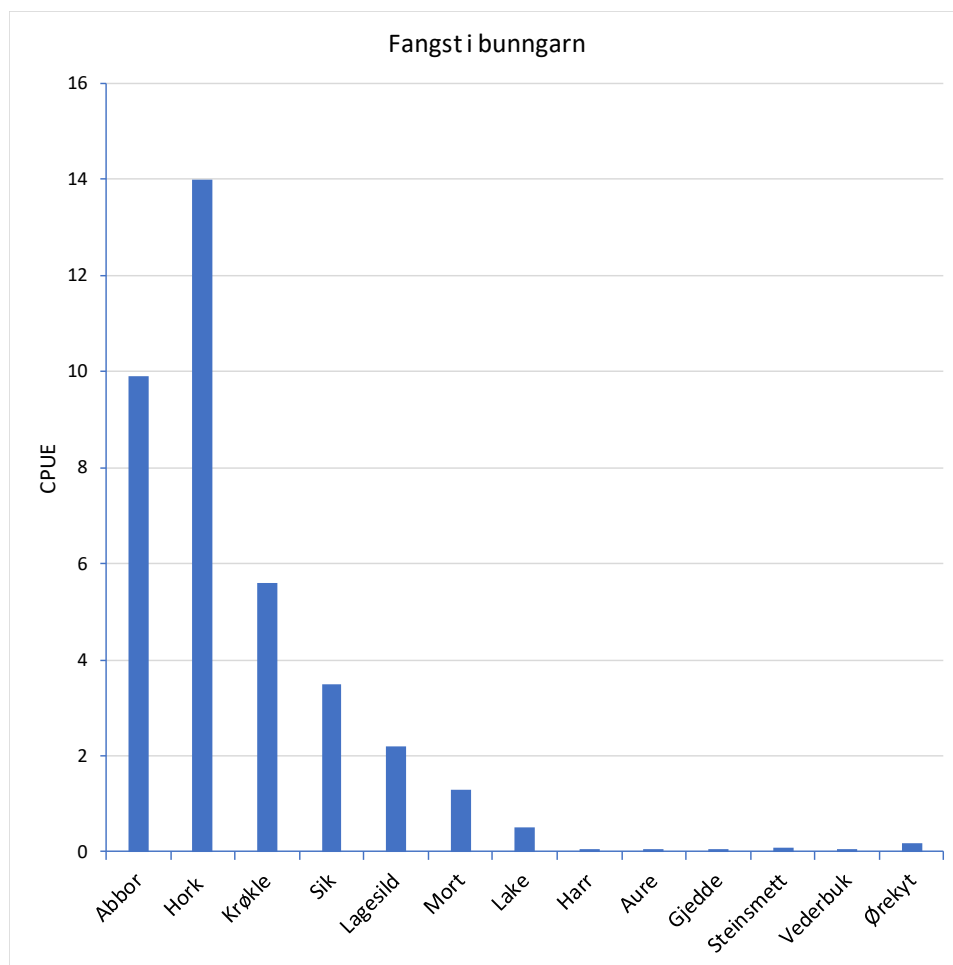
Stasjon	Ringsakerfjorden		Furnesfjorden		Tangen		Sum	CPUE
	Brøttum	Biristrand	Jessnes	Nerliholmen	Tangenvika	Trosvika		
Abbor	53	61	113	41	53	81	402	9,9
Hork	78	55	119	176	66	72	566	14,0
Krøkle	80	9	38	40	54	6	227	5,6
Lagesild	28	6	6	5	20	25	90	2,2
Sik	21	3	19	48	21	28	140	3,5
Harr		1	1				2	0,05
Aure				2			2	0,05
Mort	7	0	31	10	6	0	54	1,3
Vederbuk	1		1			1	3	0,1
Ørekyt	6	1					7	0,2
Lake	2	5	8	1	4	2	22	0,5
Gjedde	1	1					2	0,05
Steinsmett	2		1			1	4	0,1
Sum	279	142	337	323	224	216	1521	
CPUE	41,3	21,0	49,9	47,9	33,2	32,0	37,6	

3.1.2.2 Mengde fisk

Samlet fangst per garninnsats (CPUE) for alle de 13 fiskeartene på alle de seks stasjonene (**figur Mj3**) viser en tydelig antallsmessig dominans av de to abborfiskene hork og abbor (CPUE hhv. ca. 10 og 14 fisk), mens krøkle, sik og lagesild også var relativt tallrike (CPUE hhv. ca. 6, 4 og 2 fisk). Mort og lake var vanlige (CPUE hhv. ca. 1 og 0,5 fisk) i det bunn-nære habitatet på 0-50 m dyp i Mjøsa, mens de øvrige seks artene var sjeldne i fangstene (CPUE mindre enn 0,2 fisk).

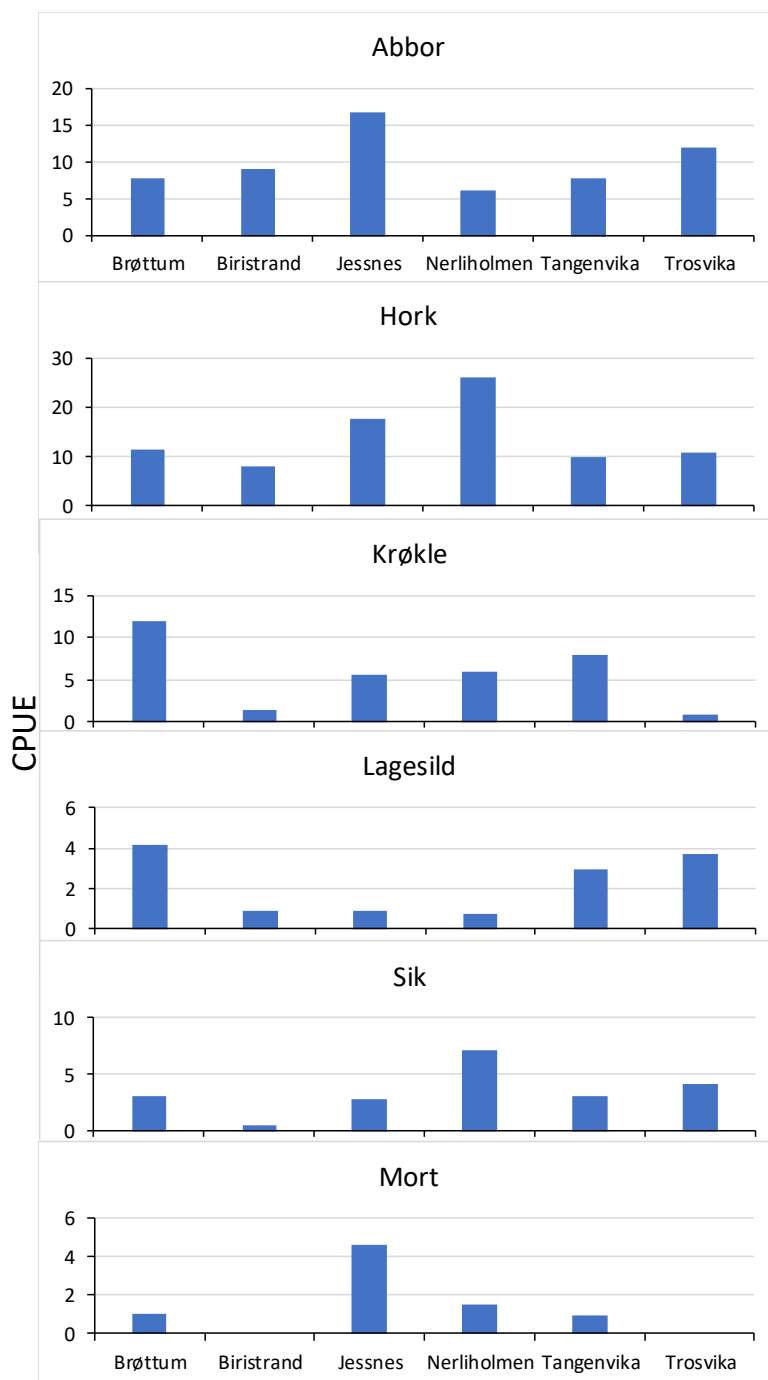


Figur Mj2. Fordeling av fiskearter i bunngarnfangster på 0-50 m dyp på seks prøvefiskestasjoner i Mjøsa, september 2018.



Figur Mj3. Samlet fangst per innsats (CPUE) for alle fiskeartene på alle seks bunngarnstasjoner i Mjøsa, september 2018.

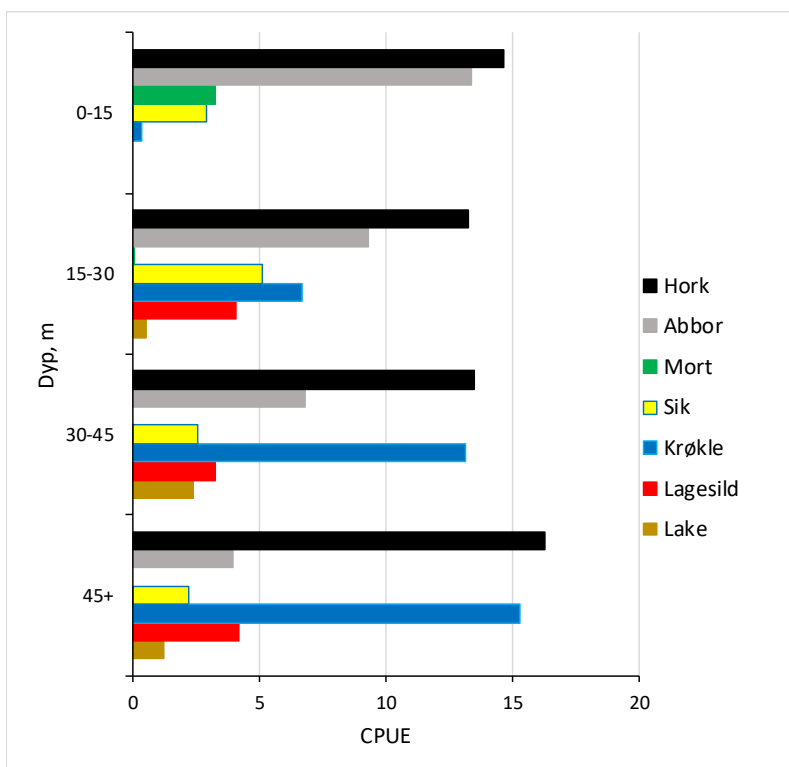
Fangst per innsatsenhet for seks av fiskeartene (**figur Mj4**) reflekterer antall fisk fanget per stasjon, ettersom garninnsatsen var identisk på de seks stasjonene. Største fangst målt som CPUE (antall fisk per 100 m² garnareal og natt), fikk vi av hork, med henholdsvis 26 og 18 fisk ved Nerliholmen og Jessnes i Furnesfjorden. Ved Jessnes var CPUE av abbor også høy, med 17 fisk. Fangsten av krøkle i bunngarn var størst ved Brøttum, men også relativt stor i Tangenvika. Lagesildfangstene var også størst ved Brøttum, men også relativt store på begge stasjonene ved Tangen. Sikfangstene var størst ved Nerliholmen, mens fangsten av mort var størst ved Jessnes, som er den andre stasjonen i Furnesfjorden.



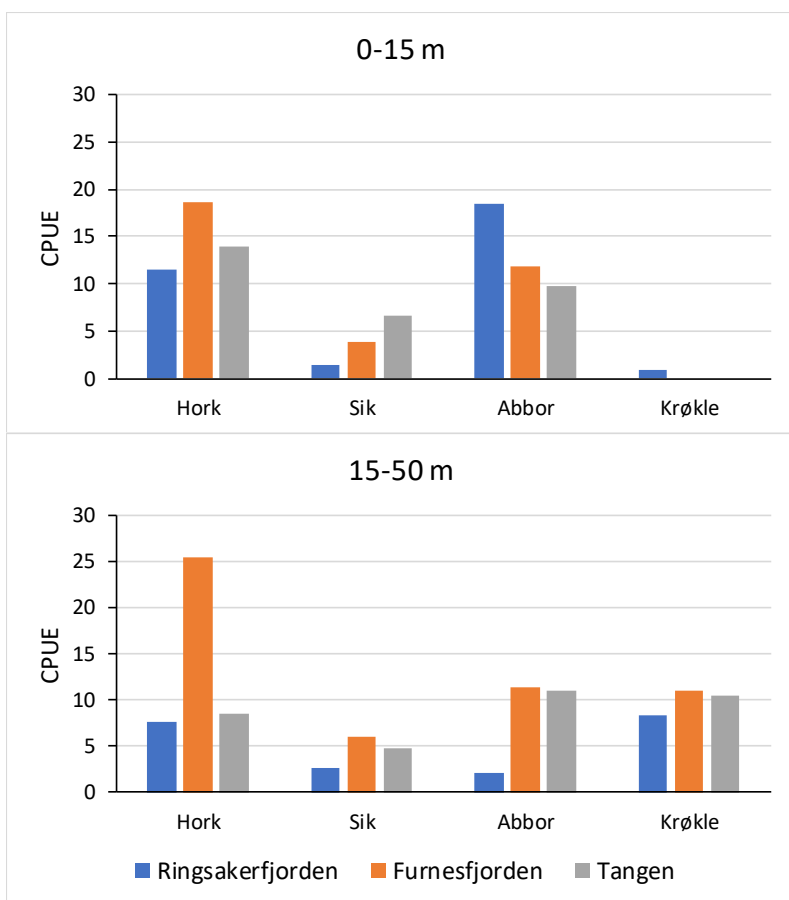
Figur Mj4. Fangst (CPUE) på 0-50 m dyp av de seks mest tallrike fiskeartene på seks prøvefiskestasjoner i Mjøsa, september 2018.

3.1.2.3 Habitatbruk

Fordelingen av de sju mest tallrike artene i fangstene langs bunnen mellom 0 og 50 m viser at det bare var mort som var strengt knyttet til strandsona (**figur Mj5**). Abbor var mest tallrik i strandsona, men også vanlig på dypere vann. Både hork og sik var relativt jevnt fordelt på alle dyp, mens krøkle, lagesild og lake var mest tallrike på dyp større enn 15 m. En vurdering av fangst av de fire vanligste artene i forhold til dyp (grunnere og dypere enn 15 m) i de tre prøvefiskeområdene Ringsakerfjorden, Furnesfjorden og Tangen viser at denne fordelingen er nokså konsistent, selv om hork i Furnesfjorden skiller seg ut ved å bli fanget i større antall dypere enn 15 m enn på grunt vann (**figur Mj6**).



Figur Mj5. Samlet fangst (CPUE) av de sju mest tallrike fiskeartene i ulike dyp på seks stasjoner i Mjøsa, september 2018.



Figur Mj6. Fangst (CPUE) av fire fiskearter på 0-15 m og 15-50 m dyp i tre områder i Mjøsa, september 2018.

3.1.3 Elektrisk båtfiske

3.1.3.1 Materiale og metode

Elektrisk båtfiske ble gjennomført samtidig som prøvefiske med garn i Ringsakerfjorden 10. – 11. september 2018. I Furnesfjorden ble elektrisk båtfiske utført noe senere enn garnfisket (18. – 19. september) på grunn av at kapasitetsbegrensninger gjorde det umulig å gjennomføre dette samtidig. I Ringsakerfjorden ble det fisket med elfiskebåt i samme områder som garnfisket pågikk både på dagtid og i mørke. I Furnesfjorden ble det fisket på øst- og vestsiden på dagtid i samme områder som garnfisket foregikk, men det ble bare fisket i mørket på vestsiden. Nattfiske på østsiden lot seg ikke gjennomføre pga. mye vind. Det ble i stedet fisket innerst i Furnesfjorden (Botsenden, innenfor Framnesbrua) i mørke (**tabell Mj2**). Elektrisk båtfiske ble ikke gjennomført ved Tangen og Trosvika (sør i Mjøsa) på grunn av mye vind.

Fisket ble gjennomført ved å fiske transekter langs strandlinja, dvs. på grunne områder (0 – 2 m dybde). Fiskene som ble svimeslått under elektrofisket ble håvet opp av to personer som stod bak sikringsrekkeverk i baugen på båten. Det ble benyttet langskaftete håver med maskevidde på 10 mm. Fanget fisk ble overført direkte til en stor oppbevaringstank med kontinuerlig vanngjennomstrømming. Fisken ble etter artsbestemmelse og lengdemåling satt tilbake i Mjøsa. Foran baugen på båten er det to anoder med stålvaiere festet til justerbare svingarmer på hver side. Under det elektriske fisket fungerer båtenes skrog som katode. Når strømmen slås på oppstår et elektrisk felt rundt hver anode. Pulserende likestrøm sendes ut via en 7,5 kW generator drevet (Kohler Marin Generator) pulsator. Strømfeltet har en maksimal horisontal og vertikal rekkevidde på henholdsvis 5 og 3 meter. Spenning (0 - 1000 volt) og pulsfrekvens (7,5 - 120 hertz) ble justert etter vannets ledningsevne. Dette sikrer at den akutte dødeligheten til fisk fanget under båt-elfiske er lav (< 1 %). Utgangseffekten etter riktig justering i forhold til vannkvaliteten i Mjøsa lå i intervallet 1.5 - 2.5 ampere (ble avlest og justert kontinuerlig av båtfører) og det ble fisket med høy spenning (1000 V) og pulsrate fra 30-60 hertz.

Tabell Mj2. Oversikt over områder som ble undersøkt med elektrisk båtfiske i Mjøsa i september 2018. Fangstinnsetts og utbytte er vist som antall minutter effektiv fisketid og antall individer fanget. Antall arter påvist er vist i parentes.

Sted	Dato	Innsats (antall minutter effektiv fisketid)			Antall fisk (antall arter)		
		Dag	Natt	Totalt	Dag	Natt	Totalt
Ringsakerfjorden, Biri	10.09.	26,3	30,3	56,6	24 (5)	229 (9)	253 (11)
Ringsakerfjorden, Brøttum	10.09.	25,2	30,3	55,5	119 (7)	168 (8)	287 (11)
Furnesfjorden, øst	18.09.	26,3	-	26,3	56 (8)	-	56 (8)
Furnesfjorden, vest	18.09.	25,2	33,4	58,6	77 (6)	166 (10)	243 (11)
Furnesfjorden, indre (Botsenden)	18.09.	-	11,1	11,1	-	112 (8)	112 (8)
Totalt		103,0	105,1	170,7	276 (10)	675 (14)	951 (14)

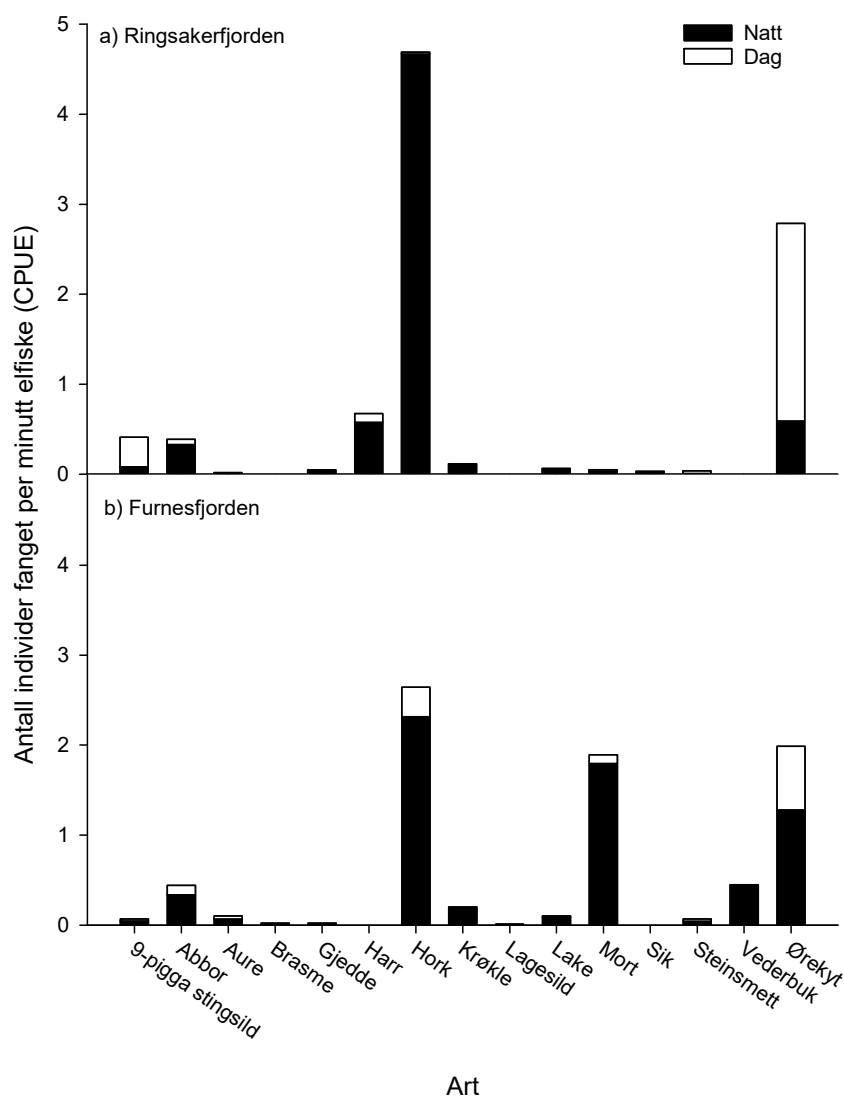
3.1.3.2 Resultater

Totalt ble det fanget 951 fisk fordelt på 15 arter under det elektriske båtfisket. Samlet for alle stasjoner ble det fanget 5,6 fisk per minutt fiske (CPUE), men CPUE var vesentlig høyere ved fiske i mørke (CPUE = 6,4) enn på dagtid (CPUE = 2,7). Det ble i tillegg påvist flere arter ved fiske i mørke (14 arter) enn på dagtid (10 arter).

I Ringsakerfjorden ble det totalt fanget 540 individer. CPUE for elektrisk båtfiske dag og natt var henholdsvis 2,8 og 6,6 (**figur Mj7**). Det ble påvist 12 arter i fangsten. Hork var dominerende art og utgjorde 52,6% av totalfangsten, og disse ble med unntak av ett individ fanget i mørke. Det ble også fanget betydelige mengder med ørekyt, harr, nipigga stingsild og abbor. Disse utgjorde henholdsvis 28, 7, 4 og 4 %

av totalfangsten. I tillegg ble det fanget noen få individer av aure (n=1), gjedde (n=3), krøkle (n=7), lake (n=4), mort (n=3), sik (n=2) og steinsmett (n=2). Det ble i motsetning til i Furnesfjorden ikke fanget brasme, lagesild og vederbuk.

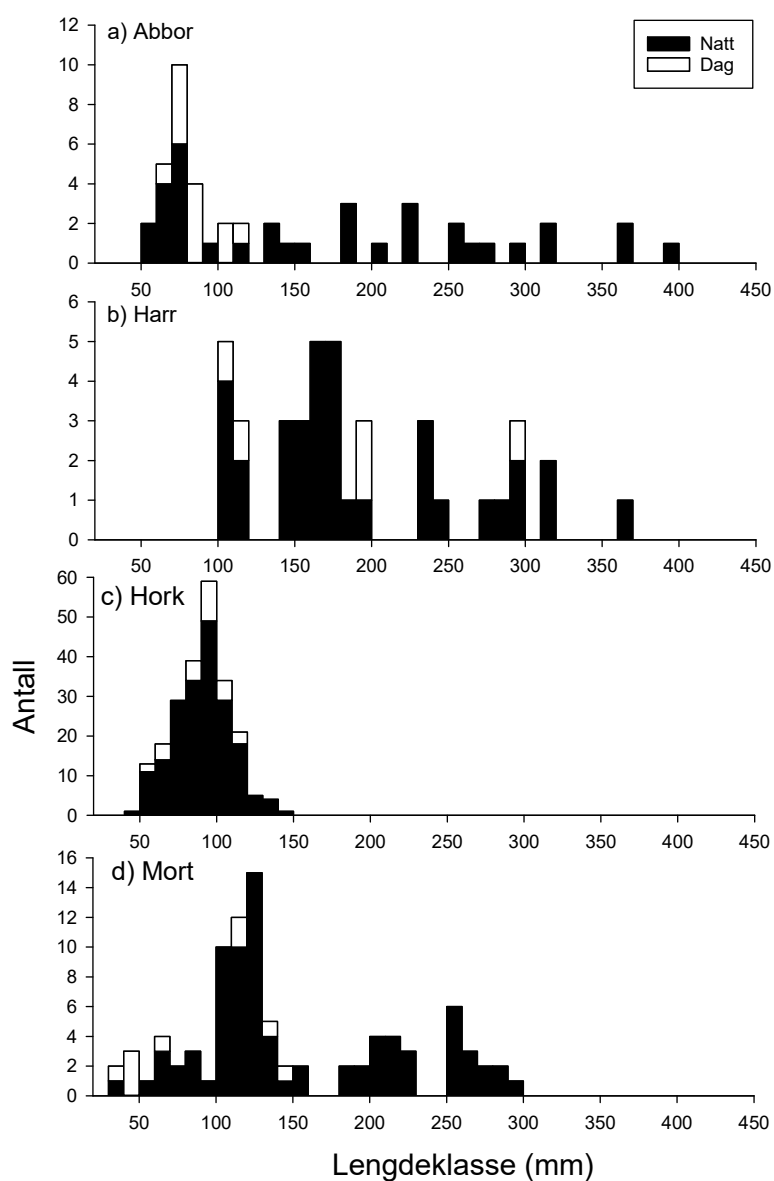
I Furnesfjorden ble det totalt fanget 411 individer. CPUE for fiske dag og natt var henholdsvis 1,34 og 6,70. Det var med andre ord betydelig lavere fangster på dagtid i Furnesfjorden enn i Ringsakerfjorden, men CPUE i mørke var tilnærmet lik på de to lokalitetene. Hork var dominerende art også i Furnesfjorden, men utgjorde en mindre andel av totalfangsten (32 %) enn i Ringsakerfjorden. En vesentlig forskjell fra Ringsakerfjorden var at mort utgjorde en betydelig andel (21%) av fangsten. Det bør nevnes at en stor andel (71%) av morten som ble fanget ble fanget innerst i Furnesfjorden under fiske i mørke (i Botsenden innenfor Framnesbrua). Ørekyt utgjorde også her en betydelig del av fangsten (28 %). Det ble i tillegg fanget betydelig med abbor og vederbuk, og disse artene utgjorde henholdsvis 6 og 5 % av fangsten. Det ble også fanget noen få individer av nipigga stingsild (n=4), aure (n=6), brasme (n=1), gjedde (n=1), krøkle (n=9), lagesild (n=1), lake (n=5) og steinsmett (n=4).



Figur Mj7. Fangst per minutt elektrisk båtffiske i a) Ringsakerfjorden og b) Furnesfjorden i september 2018.

Det er tydelig at fangsteffektiviteten ved elektrisk båtfsike var langt høyere i mørke enn i dagslys. En annen forskjell var at det for flere arter ble fanget større individer ved fiske i mørke enn i dagslys. Dette var spesielt framtrepende for mort og abbor (**figur Mj8**). På dagtid ble det fanget individer av abbor i lengdeintervallet 60-110 mm, mens det i mørke ble fanget individer mellom 50 og 390 mm. For mort ble det fanget individer mellom 30 og 140 mm på dagtid, mens det i mørke ble fanget individer opp til 290 mm. Selv for en småvokst art som hork var det større variasjon i lengdene hos fisk fanget i mørke. På dagtid ble det fanget individer i lengdeintervallet 50-110 mm, mens det i mørke ble fanget individer i lengdeintervallet 40-140 mm.

I tillegg til artene vist i **figur Mj8** ble det fanget nipigga stingsild fra 20 til 40 mm, aure fra 150 til 210 mm, gjedde fra 150 til 690 mm, krøkle fra 80 til 120 mm, lake fra 80 til 300 mm, sik fra 340 til 470 mm, steinsmett fra 20 til 70 mm, vederbuk fra 40 til 360 mm, ørekyt fra 20 til 100 mm, én brasme på 560 mm og én lagesild på 90 mm.



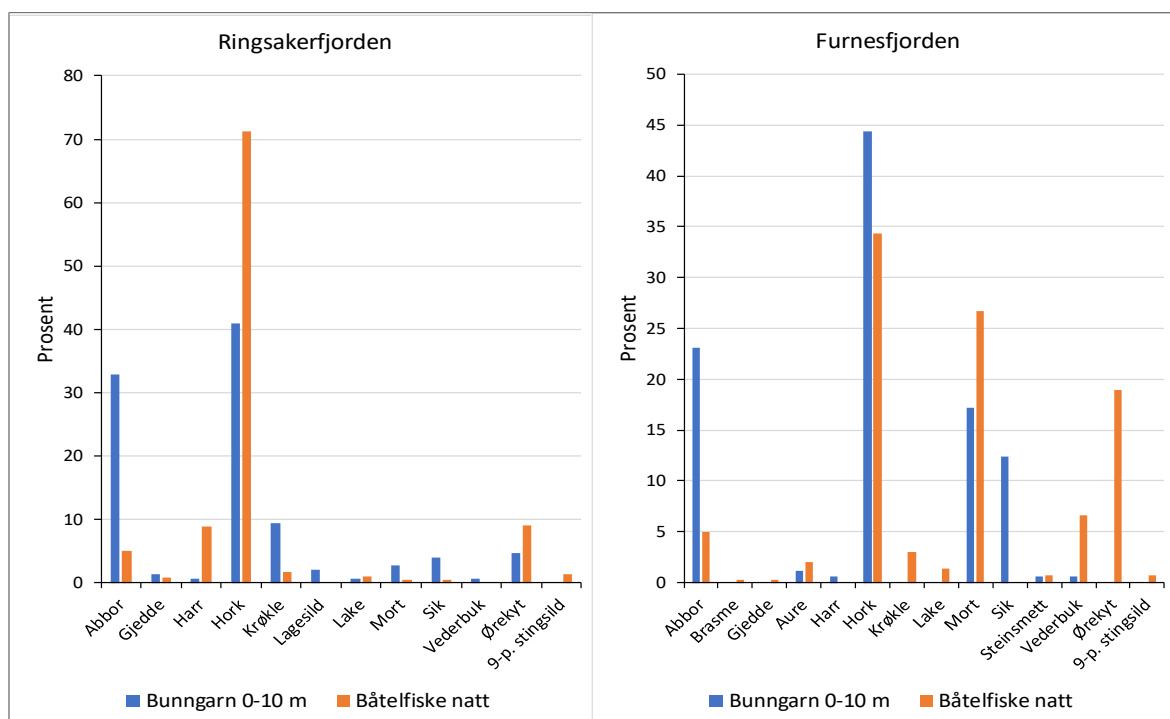
Figur Mj8. Lengdefordeling til a) abbor, b) harr, c) hork og d) mort fanget ved elektrisk båtfsike i Mjøsa i september 2018. Det er skilt mellom individer fanget på dagtid og i mørke.

3.1.3.3 Diskusjon: elektrisk båtfiske i innsjøer

Resultatene fra forsøkene med elektrisk båtfiske i Mjøsa viser at dette er en svært effektiv metode for å kartlegge og registrere fiskearter i strandsona i innsjøen, så sant fisket foregår i mørke. Slikt fiske gir mer enn dobbelt så stor fangst (målt som antall fisk per minutt fiske) og fanger flere arter, samt et bredere størrelsesutvalg innen hver art.

Forskjellen i effektivitet mellom natt og dag skyldes trolig en kombinasjon av flere faktorer. Skremseffekten av det store båtskroget fører trolig til at mange fisk på dagtid flykter før den er innenfor strømfeltet. Et større utvalg av arter og større variasjon i fiskestørrelser kan også skyldes at de ulike artene har ulik habitatbruk dag og natt. Det kan tenkes at enkelte arter bare kommer inn på grunt vann i ly av mørket, og at de individene som ikke gjemmer seg i hulrom mellom steinene holder seg unna de grunne områdene i dagslys.

Forsøkene i Mjøsa i 2018 kan anvendes for å vurdere forholdet mellom båt-elfiske og bunngarnfiske med nordisk oversiktsgarn. En sammenligning av fangster i bunngarnfisket på 0-10 m dyp med fangster i båt-elfisket i de samme områdene i Mjøsa viser at de to metodene gir ulike resultater (**figur Mj9**). I Ringsakerfjorden fanget båt-elfisket 10 arter, mens 11 arter ble fanget i garna. I garna manglet nipigga stingsild, mens båt-elfisket i dette tilfellet ikke fanget vederbuk og lagesild. I Furnesfjorden fanget båt-elfisket 12 arter, mens garna fanget bare åtte arter. I garnfangstene manglet brasme, gjedde, krøkle, lake, ørekyt og nipigga stingsild, mens harr og sik ble fanget på garna, men manglet i båt-elfisket. Sammenligningen mellom prosentvis fordeling av artene fanget med de to metodene indikerer også at abbor konsistent har mye høyere andel i fangster med nordiske oversiktsgarn enn i båt-elfisket. Abbor er kjent for å ha høy fangbarhet i garnfangster på grunn av høy kroppsform kombinert med pigger som lett setter seg fast i garna. Dette gjør at den i større grad enn andre fiskearter setter seg fast i mange ulike maskevidder, og dermed blir overrepresentert i garnfangstene. Båt-elfiske om natta gir derfor bedre oversikt over den relative fordelingen av artene i strandsona, men er relativt uegnet for å få informasjon om pelagiske arter og/eller mer dyptlevende arter som sik, lagesild og krøkle.



Figur Mj9. Prosentvis fordeling på fiskearter fanget ved bunngarnfiske på 0-10 m dyp og ved båt-elfiske i Ringsakerfjorden og Furnesfjorden, Mjøsa, september 2018.

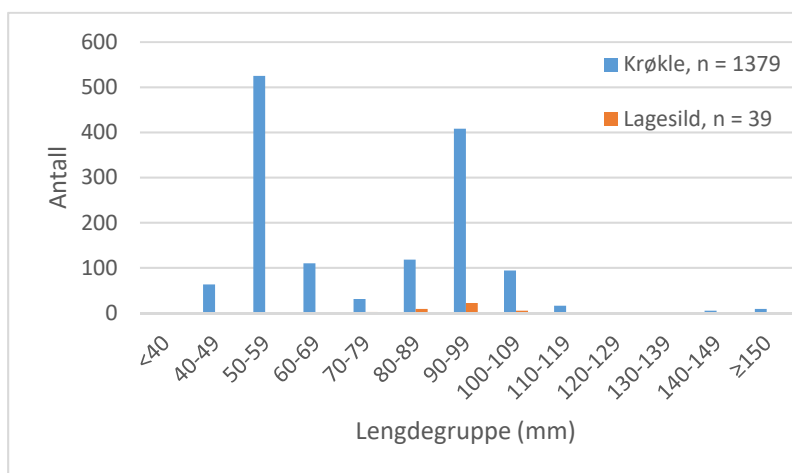
3.1.4 Trålfiske

Fangstene med pelagisk trål ble fullstendig dominert av krøkle i alle de tre områdene der det ble fisket med trål (**tabell Mj3**), og denne arten utgjorde mellom 94 og 99 % av fangstene. Lagesild var også representert i alle tre områder (0,5 – 4,5 %), og det samme gjaldt sik (0,02 – 0,4 %). Både i Ringsaker- og Furnesfjorden ble det fanget et lite antall elveniøye i trålen (hhv. 0,4 og 0,05 %). En auresmolt ble fanget i dyptrålen i Ringsakerfjorden, og én i overflatetrålen i Furnesfjorden.

Lengdemåling av et tilfeldig utvalg av krøkle fra trålfangstene viste en tydelig to-toppa fordeling, med maksima omkring 50-60 og 90-100 mm (**figur Mj10**). Det var ni krøkle større enn 150 mm i dette materialet. Hoveddelen av krøkla i trålfangstene var fordelt på lengdegruppene 40-74 mm (52 %), 75-109 mm (47 %), 110-149 mm (0,1 %) og 150 mm og større (0,9 %). Lagesilda i trålfangstene var mellom 75 og 105 mm, med en topp mellom 90 og 100 mm.

Tabell Mj3. Fangstene ved fiske med pelagisk trål i tre områder i Mjøsa, september 2018.

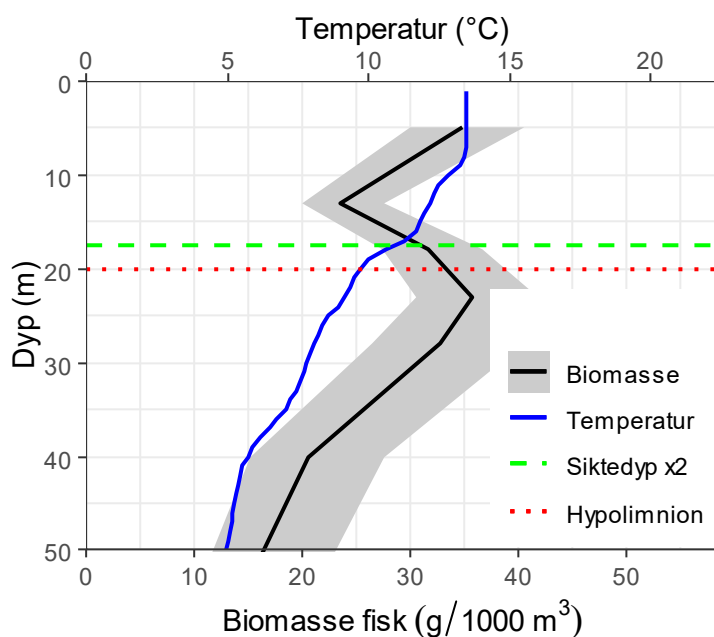
Art	Ringsakerfjorden	Furnesfjorden	Sentral-Mjøsa	Sum
Aure	1	1		2
Krøkle	2 570	8 246	3 924	14 740
Lagesild	123	42	34	199
Sik	11	2	6	19
Niøye	10	4		14
Sum	2 715	8 295	3 964	14 974



Figur Mj10. Lengdefordeling av et utvalg krøkle og lagesild fra pelagiske trålfangster i Mjøsa, september 2018.

3.1.5 Ekkoloddregistreringer

Beregnet biomasse av fisk ut fra ekkoloddregistreringene i Mjøsa viser en to-toppa dybdefordeling, med høy biomasse nær overflata, og en ny topp i biomasse i nedre del av sprangsjiktet, det vil si overgangen mellom overflatelaget (epilimnion) og dyplaget (hypolimnion) definert ut fra vertikalprofilen for vanntemperatur (**figur Mj11**). Tettheten av fisk var noe høyere i epilimnion, men her var innslaget av liten fisk (årsyngel) dominerende, mens ettåringer og større fisk dominerte i hypolimnion (**tabell Mj4**). Denne forskjellen i størrelsesfordeling mellom epilimnion og hypolimnion skyldes i stor grad at sik og lagesild hovedsakelig befant seg i hypolimnion og nedre deler av epilimnion, ifølge trålfangstene. Resultatene fra ekkointegrasjonen stemte også bra overens med trålfangstene med hensyn på gjennomsnittsvekt for krøkle, lagesild og sik større enn 67 mm (**tabell MJ4**).



Figur Mj11. Vertikalprofil for fiskebiomasse og temperatur i Mjøsa. Gråskravert område viser gjennomsnittlig biomasse ± 1 standardfeil. Dypet for 2x siktedyp og for grensa definert som overgangen mellom epilimnion og hypolimnion i analysene er også indikert.

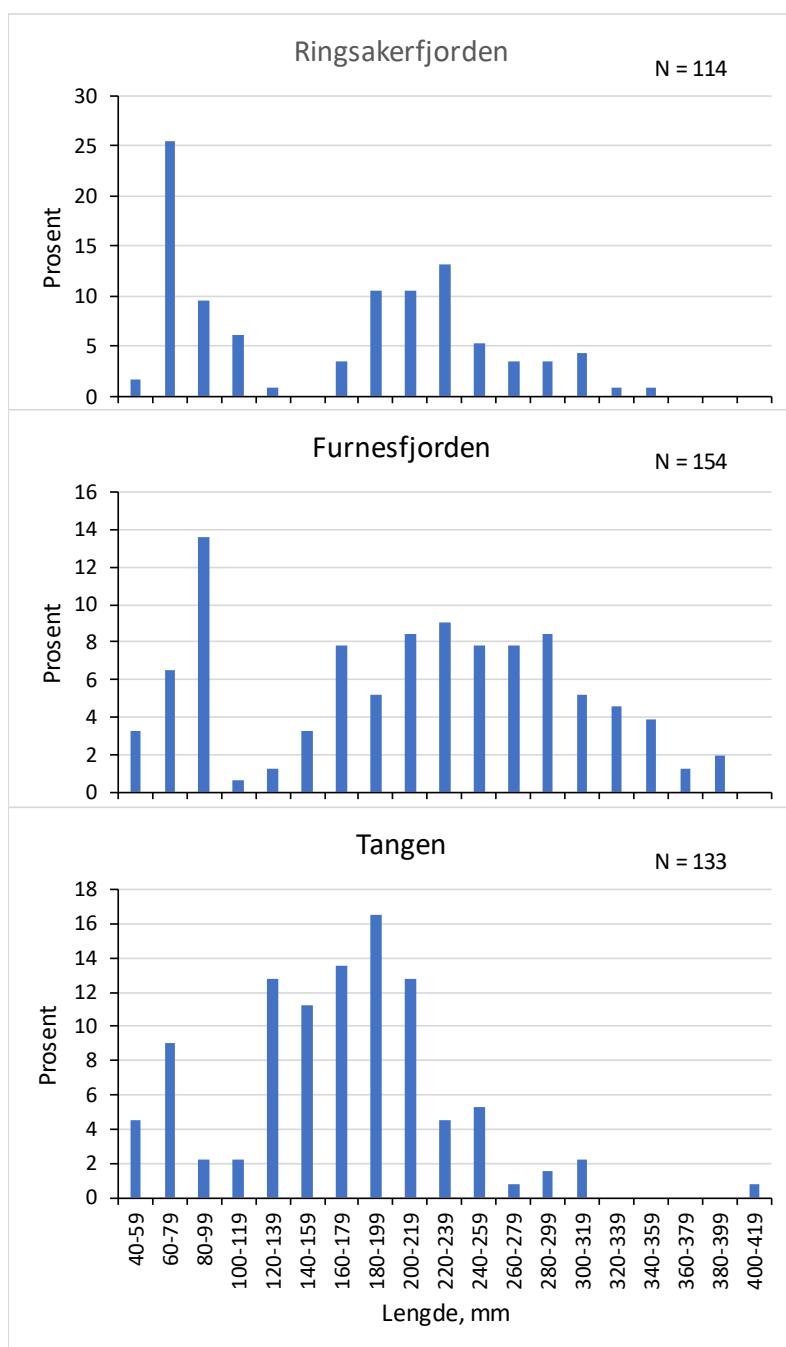
Tabell Mj4. Tetthet og biomasse av fisk i pelagialsona i Mjøsa beregnet ut fra ekkoloddregistreringer. Gjennomsnittsvektene i fangstene og estimert fra ekkostyrke (TS) er basert på fisk større enn om lag 67 mm (TS > -50 dB).

	Tetthet (# fisk / ha)			Biomasse (kg / ha)				Snittvekt (g)	
	Årsyngel	Ett år og eldre	95 % konfidensintervall eldre	Totalt	Sik	Krøkle	Lagesild	Fangst	TS
Epilimnion	2135	1129	921-1366	5,11	0,13	4,92	0,06	4,4	4,5
Hypolimnion	1287	1726	1059-2775	10,32	2,23	7,61	0,47	4,8	6,0

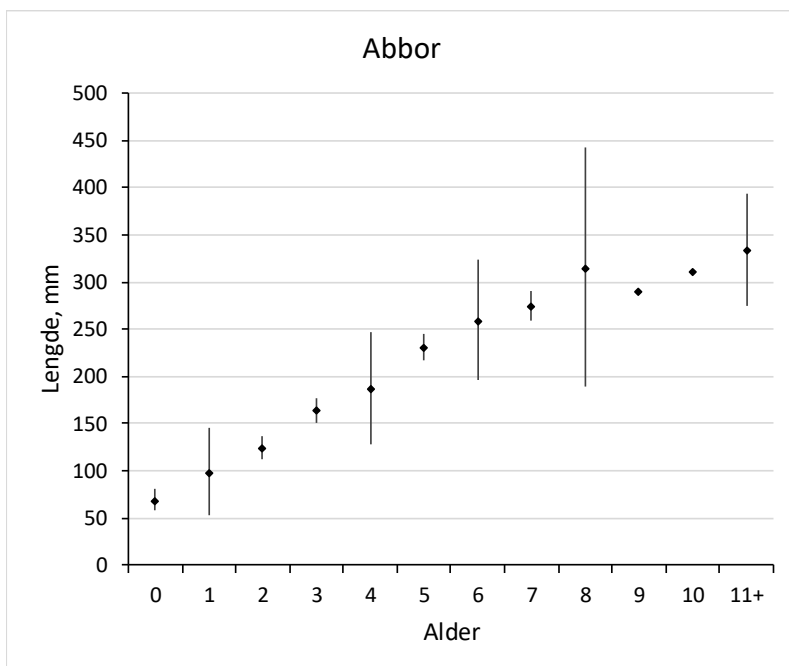
3.1.6 Bestandsegenskaper for enkelte arter

3.1.6.1 Abbor

Antall abbor i fangstene på bunngarn var relativt likt, med mellom 114 og 154 fisk i hvert av de tre områdene i Mjøsa (**figur Mj12**). Lengdefordelingen i fangsten var også i alle tre områder preget hovedsakelig av to lengdegrupper, fisk mindre enn 100 mm og større enn 120-140 mm. I Ringsakerfjorden var gruppa av små fisk dominert av lengder mellom 60 og 80 mm, mens den større fisken for det meste var mellom 180 og 240 mm, med noen få individer opp til 360 mm. Abbor mindre enn 80 mm vil trolig være fisk som er klekt samme år, dvs. aldersgruppe 0 (jf. **figur Mj13**). Abbor med lengde på 180 mm vil være fire år eller eldre (**figur Mj13**). I Furnesfjorden var det mange små abbor mellom 80 og 100 mm, mens den større fisken for det meste var mellom 160 og 360 mm, med noen større abbor helt opp til nesten 400 mm. Ved Tangen var det også en topp i lengdefordelingen mellom 60 og 80 mm, mens den større abboren i dette området var mellom 120 og 220 mm, med noen få større fisk (med én enkelt fisk på 400 mm).



Figur Mj12. Lengdefordeling hos abbor fanget på bunngarn i Ringsakerfjorden, Furnesfjorden og ved Tangen, september 2018. N = antall fisk.



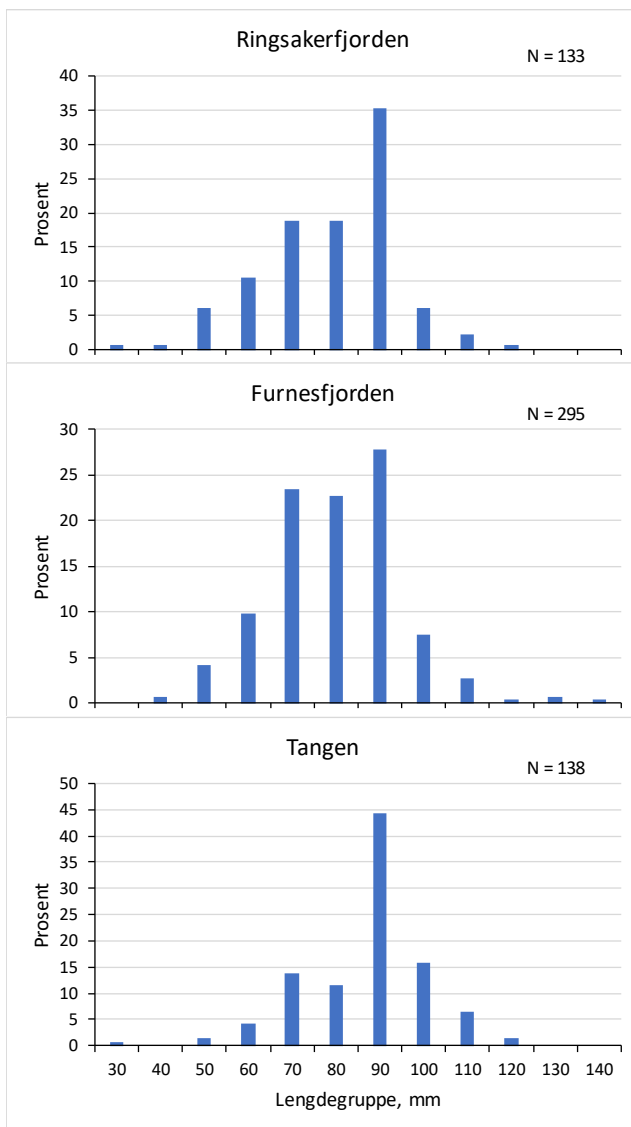
Figur Mj13. Gjennomsnittlig lengde ved alder for abbor fanget i Mjøsa, september 2018. Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall. Antall aldersbestemte fisk: 50.



Abbor. Tegning: Eldar Olderøyen

3.1.6.2 Hork

Fangstene av hork varierte mye mellom de tre områdene i Mjøsa (**figur Mj14**). Fangstene i Furnesfjorden var mer enn dobbelt så store som i Ringsakerfjorden og ved Tangen. Lengdefordelingen i fangsten var derimot relativt lik i de tre områdene, fra vel 30 mm til 140 mm, men med flest fisk i lengdegruppa 90-99 mm. De største individene (mellom 130 og 140 mm) ble fanget i Furnesfjorden.



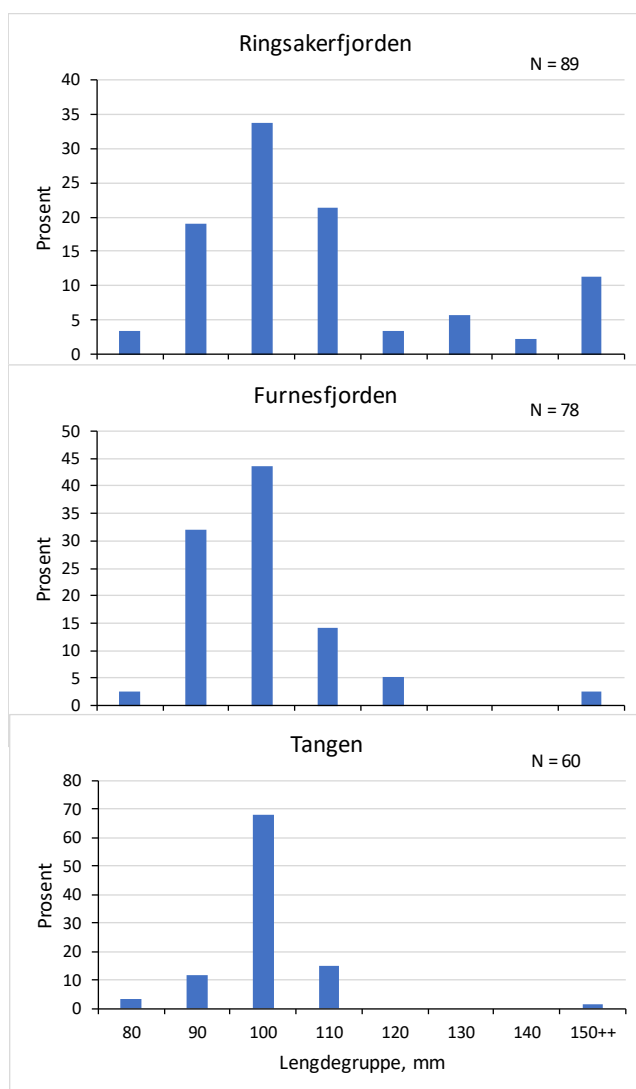
Figur Mj14. Lengdefordeling av hork fanget på bunngarn i tre områder i Mjøsa, september 2018. N = antall fisk.



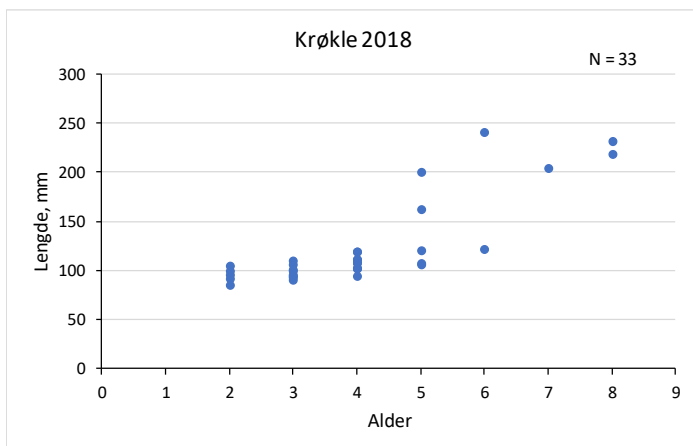
Hork. Tegning: Eldar Olderøien.

3.1.6.3 Krøkle

Fangstene av krøkle på bunngarn var størst i Ringsakerfjorden og minst ved Tangen (**figur Mj15**). I alle tre områder var fisk mellom 100 og 109 mm mest tallrike. Dette tilsvarer gytemoden fisk, mellom 2 og 6 år gammel (**figur Mj16**). Krøklebestanden i Mjøsa er karakterisert ved at noen fisk blir kannibaler og fortsetter å vokse (med lokalnavn som «slomme» eller «krøklekjør»), og det er tidligere fanget individer opp til omkring 30 cm (Sandlund mfl. 2017). Her definerer vi krøkle over 15 cm som kannibaler (jf. **figur Mj16**). I fangstene fra 2018 var andelen krøkle større enn 15 cm 11,2 % i Ringsakerfjorden, 2,6 % i Furnesfjorden og 1,7 % ved Tangen.



Figur Mj15. Lengdefordeling av krøkle fanget på bunngarn i tre områder i Mjøsa, september 2018. N = antall fisk.



Figur Mj16. Lengde ved alder for et utvalg krøkle fanget på bunn garn i Mjøsa, september 2018. N = antall fisk.



Krøkle. Tegning: Eldar Olderøien.

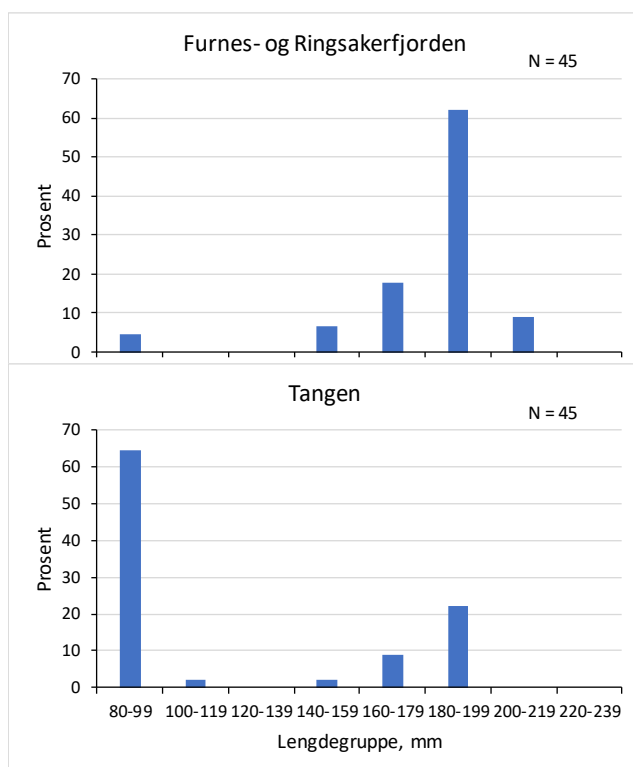


Krøkle på gyteplassen. Foto: Finn Audun Grøndahl.

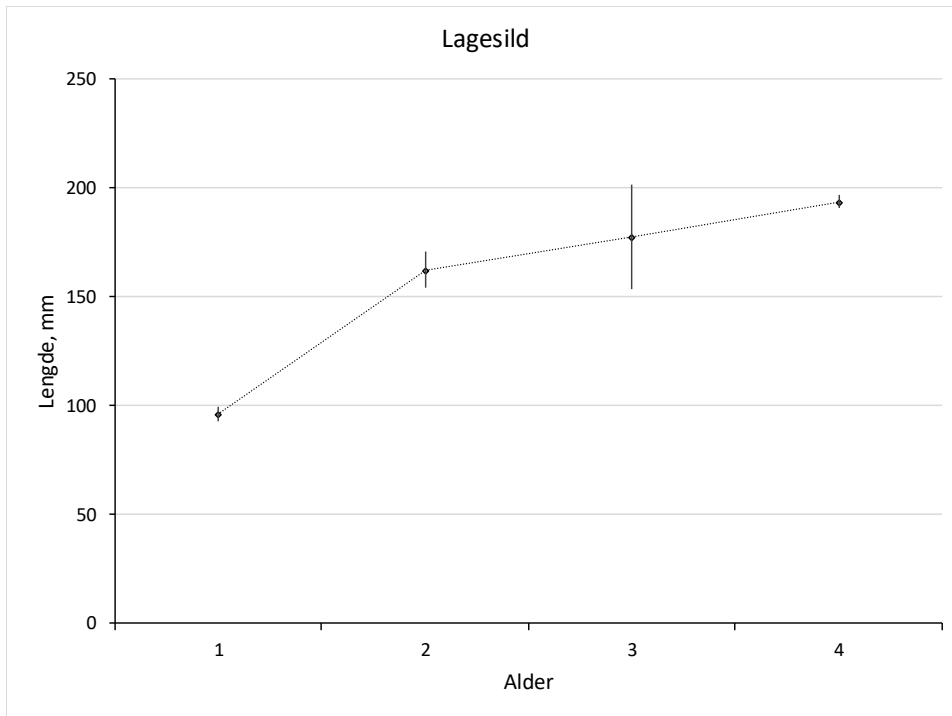
3.1.6.4 Lagesild

Fangstene av lagesild i bunngarn var størst ved Tangen (N = 45) og mindre i Ringsakerfjorden (N = 34) og i Furnesfjorden (N = 11). Lengdefordelingen i materialet reflekterer ungfisk (ca. 80-100 mm) og voksen fisk (oppunder 200 mm) (**figur Mj17, figur Mj18**). Det er påfallende at om lag 67 % av lagesilda som ble fanget ved Tangen var omkring 100 mm, det vil si ett år gamle fisk, mens kun en svært liten andel av denne lengdegruppen ble fanget i Furnesfjorden og Ringsakerfjorden (**Figur Mj17**). Også lagesilda som ble fanget i pelagisk trål tilhørte denne størrelsesgruppa (se **figur Mj10**). Lagesildas lengdevekst stagnerte i underkant av 20 cm (**figur Mj8**). Dette er en lengde hos gytemoden fisk som faller godt innenfor den variasjonen som ble registrert på 1960- og 70-tallet. Beregnet lengde hos fisk i aldersgruppe to (etter tre vekstsesonger) for årsklassene 1969-1976 var mellom 17,3 og 20,8 cm (Sandlund mfl. 1991).

Alderssammensetningen i det begrensede antall lagesild som ble aldersbestemt fra 2018 tyder på variabel årsklassestyrke, slik det tidligere er påvist hos lagesild i Mjøsa (Aass 1972, Sandlund mfl. 1991). I materialet fra 2018 var ca. 54 % av fiskene fire år gamle, dvs. de var klekt i 2014. Aldersgruppene 1, 2 og 3 utgjorde hhv. 17, 17 og 11 %.



Figur Mj17. Lengdefordeling hos lagesild fanget i bunngarn i Furnesfjorden (N = 11) og Ringsakerfjorden (N = 34) og ved Tangen i september 2018. N = antall fisk.



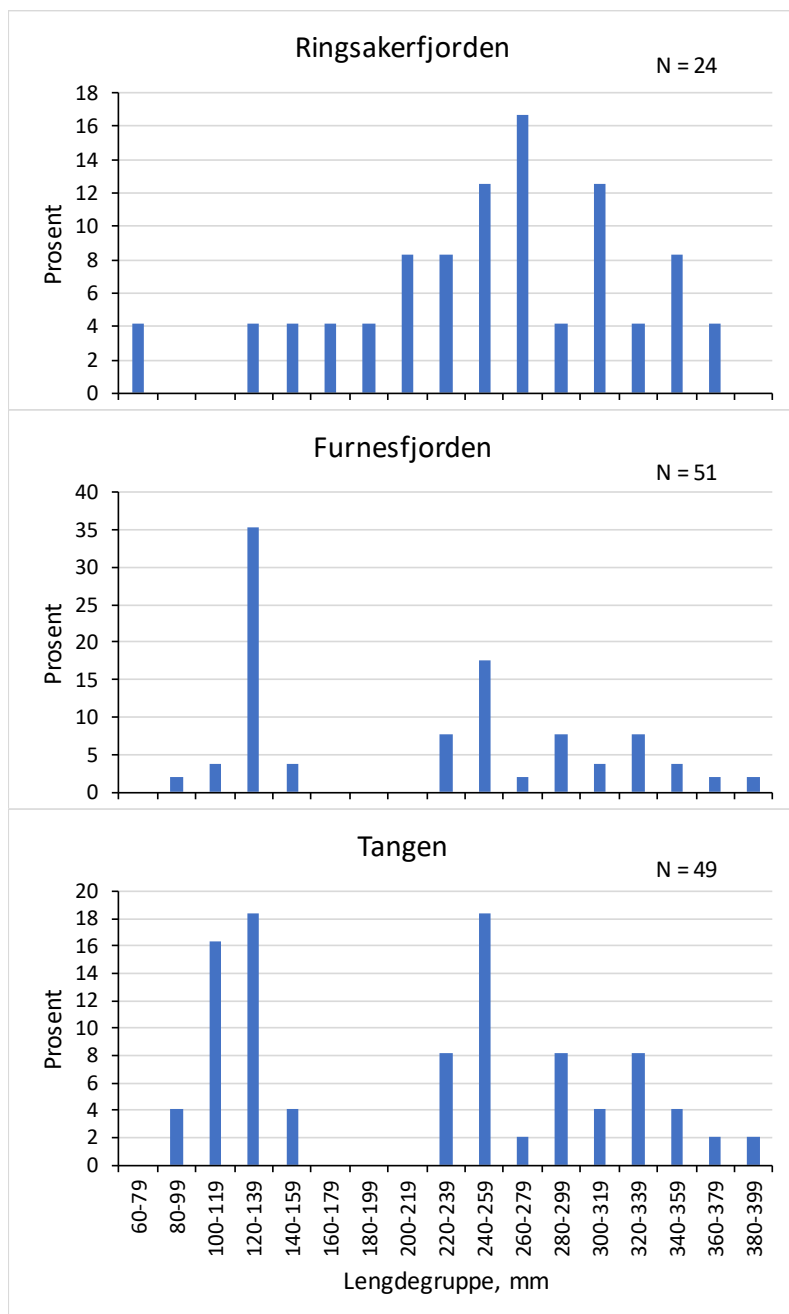
Figur Mj18. Gjennomsnittlig lengde ved alder hos lagesild fra Mjøsa i 2018. Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall. Antall fisk = 46.



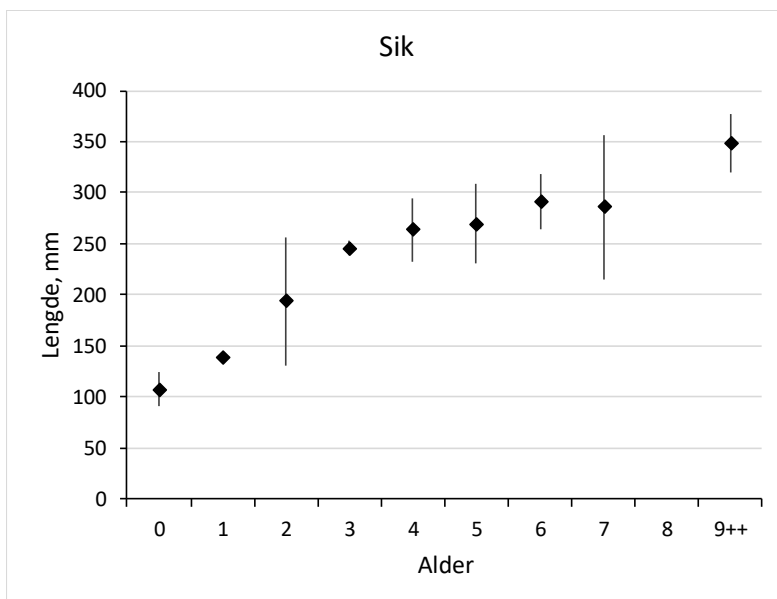
Lagesild. Tegning: Eldar Olderøyen

3.1.6.5 Sik

De moderate sikfangstene i Mjøsa i 2018 fordelte seg med omtrent like mange fisk i Furnesfjorden og ved Tangen, og omtrent halvparten så mange i Ringsakerfjorden (**figur Mj19**). Lengdefordelingen i materialet var også ulikt i de tre områdene. I Ringsakerfjorden dominerte fisk større enn 200 mm, mens det både i Furnesfjorden og ved Tangen også var mange sik i størrelsesgruppa 90-150 mm. Vekstkurven basert på gjennomsnittlig lengde i hver aldersgruppe viser jevn vekst fram til 3-4 årsalder, fulgt av vekststagnasjon fra ca. 260 mm opp mot 300 mm (**figur Mj20**).



Figur Mj19. Lengdefordeling hos sik fanget i bunngarn i Furnesfjorden, Ringsakerfjorden og ved Tangen i september 2018. N = antall fisk.



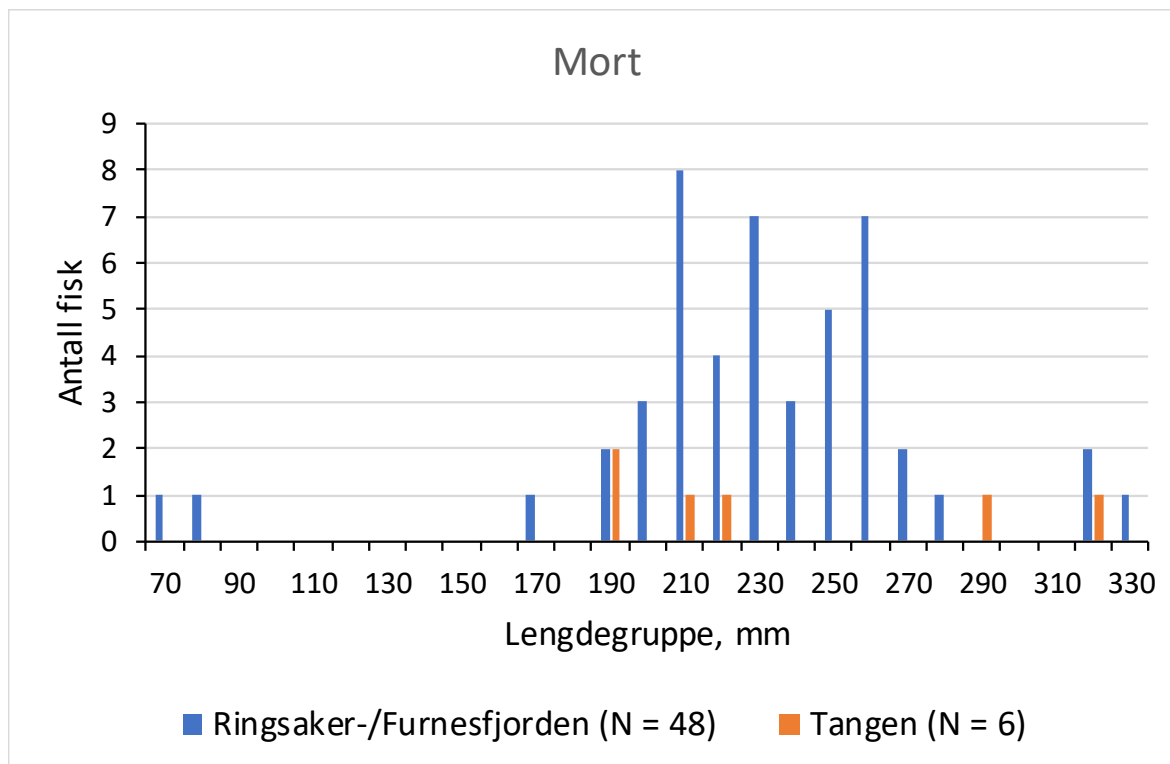
Figur Mj20. Gjennomsnittlig lengde ved alder hos sik fanget i Mjøsa, september 2018. Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall. Antall aldersbestemte fisk = 73.



Sik. Tegning: Eldar Olderøyen.

3.1.6.6 Mort

Det store flertallet av mort, ca. 76 %, ble i 2018 fanget i Furnesfjorden, mens hhv. 13 og 11 % ble fanget i Ringsakerfjorden og ved Tangen. Fisk mellom 210 og 270 mm var mest tallrike i dette materialet (**figur Mj21**), men med noen få små individer (minimum 23 mm). Det største individet i fangsten av mort var 338 mm og 439 g.



Figur Mj21. Lengdefordeling av mort fanget i bunngarn i Furnes- og Ringsakerfjorden og ved Tangen i september 2018. N = antall fisk.



Mort. Tegning: Eldar Olderøyen.

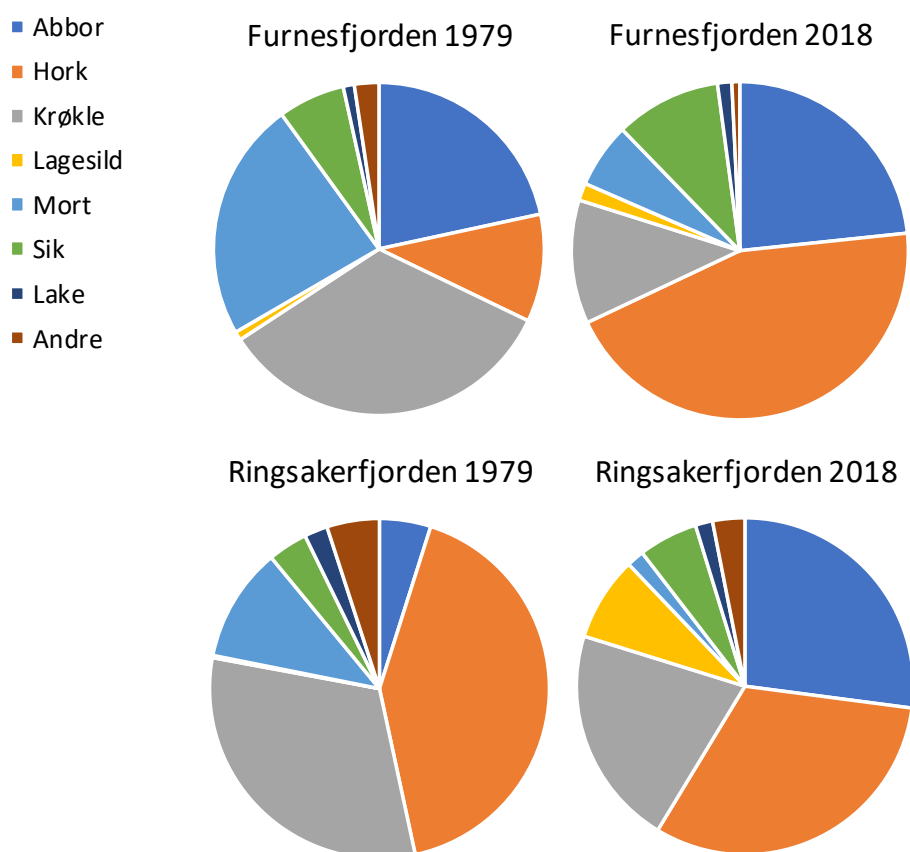
3.1.7 Endringer siden 1979

Det er ikke utført prøvefiske i Mjøsa siden 1978-80 (Sandlund mfl. 1980, 1985). Data fra dette prøvefiske gjør det imidlertid mulig å foreta en sammenligning av fangster i bunngarnfiske gjennomført i 1979 og 2018 med lignende garnutstyr (i 1979: 8-52 mm bunngarn) på fire av de samme stasjonene i Furnes- og Ringsakerfjorden, på samme dyp (0-50 m) og til samme tid på året (august/september).

De fleste miljøparametere i Mjøsa har endret seg kraftig siden 1979 (Lyche Solheim mfl. 2019), og det ville være rimelig å vente store endringer i fiskesamfunnet og for den enkelte artsbestand.

Bunngarnfangstene i Ringsaker- og Furnesfjorden omfattet de samme artene i 2018 som i 1979 (**figur Mj22**). I Furnesfjorden utgjorde abbor omkring 25 % i begge åra, mens andelen hork hadde økt kraftig, fra 10 til 45 %. Både mort og krøkle utgjorde en mindre andel av fangsten i 2018 enn i 1979. Mort hadde gått fra 23 til 6 %, krøkle fra 34 til 12 %.

I Ringsakerfjorden var det andre endringer (**figur Mj23**). Abbor hadde økt fra 5 til 27 %, og lagesild fra 0,2 til 8 %. Derimot hadde mort blitt mindre vanlig i denne delen av innsjøen, fra 11 % i 1979 til 1,7 % i 2018. For de andre artene var endringene mindre.



Figur Mj22. Artssammensetning i bunngarnfangster i 0-50 m dyp i Furnesfjorden (to stasjoner) og Ringsakerfjorden (to stasjoner) i august-september 1979 og september 2018. Antall fisk Furnesfjorden 1979: 1299, 2018: 660; Ringsakerfjorden 1979: 901, 2018: 421.

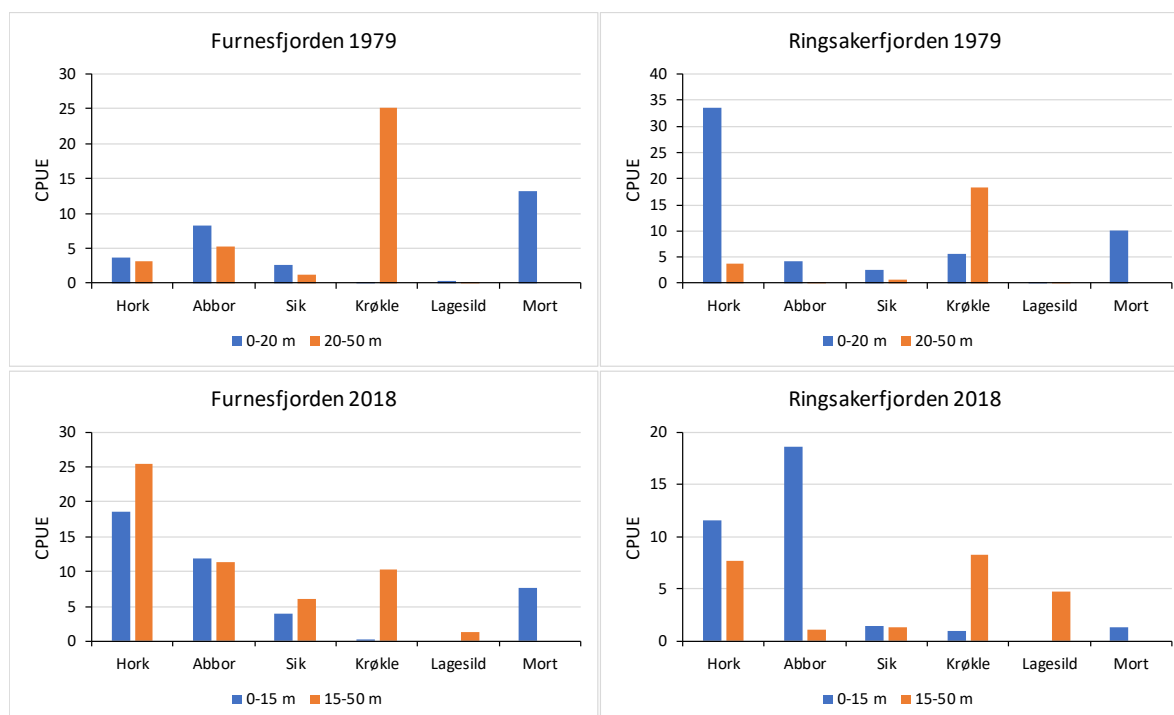
Fangst per innsatsenhet i garnfiske (CPUE, antall fisk per 100 m² garnareal og natt) gir en indikasjon på tettheten av fisk på prøvefiskestasjonene. CPUE for alle fiskeartene på 0-50 m dyp på stasjonene i Ringsakerfjorden var 31,2 fisk i 1979 og 22,4 fisk i 2018 (**tabell Mj5**). Tilsvarende for Furnesfjorden var 32,3

fisk i 1979 og 48,9 fisk i 2018. Endringene varierer imidlertid fra art til art (**tabell Mj5**). Mens fangsten av abbor hadde økt både i Ringsaker- og Furnesfjorden, hadde fangsten av mort og krøkle i bunngarna gått ned i begge områder. Fangsten av mort hadde gått ned med henholdsvis 89 % og 47 % i de to delene av innsjøen. For krøkle var nedgangen 47-48 %. Fangstene av hork var lavere i 2018 enn i 1979 i Ringsakerfjorden, men betydelig større i Furnesfjorden. Fangstene av sik var relativt like i de to åra.

Tabell Mj5. Fangst i bunngarn (CPUE, antall fisk per 100 m² garnareal og natt) av de fire mest tallrike artene i 2018-fangstene, samt summen av alle arter, i 0-50 m dyp i Ringsakerfjorden og Furnesfjorden (to prøvefiskestasjoner i hvert område) i 1979 og 2018.

	Ringsakerfjorden		Furnesfjorden	
	1979	2018	1979	2018
Abbor	2	8,4	7	11,4
Hork	16,8	9,9	3,4	21,9
Mort	4,4	0,5	7,5	3,0
Krøkle	12,6	6,6	10,9	5,8
Sik	1,5	1,8	2,1	5
Alle arter	31,2	22,4	32,3	48,9

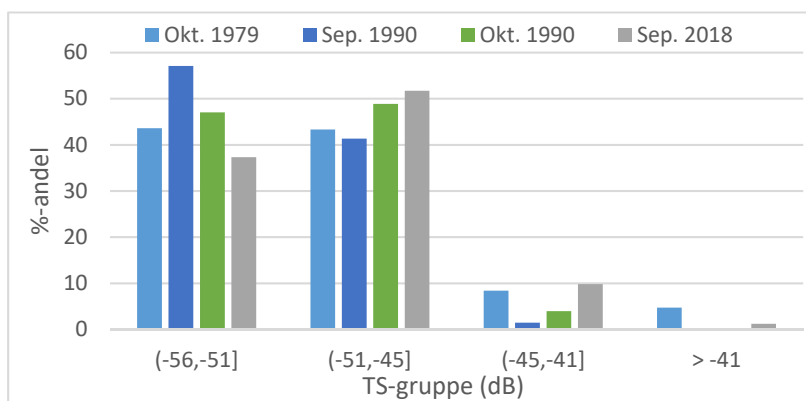
Forskjellene mellom artene viser seg også både i strandsona (0-20 m) og på dypere vann (20-50 m) (**figur Mj23**). Her kan man legge merke til at det var fangst (CPUE) av lagesild på dypt vann i begge områdene i 2018. I 1979 ble det ikke fanget lagesild i bunngarn på dette dypet. Det ble derimot i 1979 fanget mye lagesild i pelagiske garn (maskevidder 8-52 mm) nær overflata (0-25 m) (Sandlund mfl. 1985, 1981a).



Figur Mj23. Fordeling av fangst (CPUE) av de seks mest tallrike fiskeartene i bunngarnfangster i Furnesfjorden og Ringsakerfjorden i 1979 og 2018, fordelt på grunne og dype områder (0-20 m og 20-50 m i 1979, 0-15 m og 15-50 m i 2018).

I de frie vannmassene kan vi sammenligne ekkoloddregistreringene i 2018 med undersøkelsene gjort i 1978-1980 (Lindem 1978, Kjellberg & Sandlund 1983) og i 1990-1991 (Sandlund mfl. 1992a). Forskjeller i gjennomføring (dagtid i 1978-1980 og nattetid i 1990-1991), samt noen størrelsesbegrensninger i datidens ekkoloddteknologi, kompliserer disse sammenligningene. Sandlund mfl. (1992a) fant at ekkoloddregistreringer gjort om dagen i mai i Mjøsa bare gav halvparten så store tetthetsestimater som de gjort om natten, noe som skyldes at fisken går mer i stimer og har en sterkere unnvikelsesadferd på dagtid. Videre hadde programvaren HADAS som ble brukt med Simrad EY-M ekkoloddet noen begrensninger i størrelsesklasser, ved at registreringsgrensene for ekkostyrke kunne settes som dynamiske. Det vil si at den kunne skifte fra å dekke området $<-56,-38]$ dB til $<-50,-32]$ dB dersom mer enn 10 % av enkelttekkene hadde 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, f.eks. 30 sik/ha over mange år, vil det være tilfeldig om disse størrelsesklassene blir rapportert som en størrelsesklasse $<-40,-38]$ eller tre størrelsesklasser $<-38,-32]$, avhengig om krøklettettheten er over eller under 270 krøkle/ha. Videre vil dette også ha en sterk innvirkning på om årsyngel av krøkle blir rapportert i tetthetene eller ikke. Disse tallene er svært relevante for undersøkelsene i Mjøsa. Med store årlige variasjoner i rekruttering av krøkle, eller sterk nedgang i bestanden av sik og lagesild, 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. Ekkoloddundersøkelsene i FIST med Simrad EY60 og etterprosesserings-programvaren Sonar5 har ikke disse begrensningene, og i tillegg brukte vi en lavere deteksjonsterskel (-60 dB). Det betyr at vi fikk bedre (og høyere) estimater for årsyngel av krøkle enn vi ville gjort med EY-M, samt sikrere estimater for tetthet og biomasse av sik og lagesild. Betrakningene for dynamiske størrelsesklasser i HADAS-programvaren er relevant for undersøkelsene i 1990-1991. For undersøkelsene i 1978-1980 var utregningene i stor grad manuelle, men også med en nedre deteksjonsgrense rundt -56 dB og øvre klassifiseringsgrense -38 dB (Lindem 1978).

For sammenligninger av tetthetsberegninger mellom 2018 og de tidligere undersøkelsene i Mjøsa får dette følgende konsekvenser: 1) Årsyngel-tetthet for krøkle har blitt underestimert i 1978-1980 og i 1990-1991, fordi nedre terskel på -60 dB bedre fanger opp hele årsyngelklassen enn det en nedre terskel på -56 dB gjør (Gjelland mfl. 2017). Grensen mellom årsyngel og større krøkle har vært rimelig lik i undersøkelsene, rundt -50 eller -51 dB. 2) Lagesild er generelt større enn krøkle i Mjøsa, men mindre enn sik. I utgangspunktet bør det derfor la seg gjøre å skille andelen av de tre artene basert på ekkostyrkefordelingen i ekkoloddregistreringene. Undersøkelser av sammenhengen mellom lengde og ekkostyrke (TS) for sik gjort i FIST-programmet har vist at sik større enn 25 cm vil ha TS >-38 dB, men denne størrelsesgruppen er ikke vist separat for de tidligere undersøkelsene (Lindem 1978, Lindem & Sandlund 1984, Sandlund mfl. 1992a). Dette gjør at vi ikke har grunnlag for å skille mellom sik og lagesild i ekkostyrkefordelingen i disse tidlige undersøkelsene, men må vurdere disse samlet. Sandlund mfl. (1992a) presenterer ekkostyrkefordeling fra oktober 1979, september 1990 og oktober 1990, i størrelsesklassene $[-56, -51]$ dB, $[-51, -45]$ dB, $[-45, -41]$ dB, og >-41 dB. Med lengde-TS-sammenhengen vi bruker i denne rapporten vil fisk med ekkostyrke lavere enn -41 dB være krøkle (med et lite innslag av små lagesild), mens fisk med TS >-41 dB vil være sik og lagesild. Sammenligner vi den relative mengden enkelttekk for de samme størrelsesklasser i 2018 som i 1979 og 1990 (**Figur Mj24**), ser vi at det er noe variasjon innenfor de tre minste størrelsesklassene, som omfatter krøkle mindre enn henholdsvis 6, 11 og 17 cm. Men den viktigste forskjellen er nedgangen for fisk >-41 dB, som tilsvarer lagesild og sik. For området Hamar-Helgøya var andelen av denne størrelsesklassen 4,7 % i oktober 1979. For hele Mjøsa sett under ett var registreringer >-41 dB nesten fraværende i 1990, og i 2018 var den kun 1,2 % av registreringer med TS >-56 dB (**Figur Mj24**). I 1978 ble andelen sik og lagesild estimert til 16,2 % basert på ekkoloddregistreringer (Kjellberg & Sandlund 1983). Basert på endringene i ekkostyrkefordelingen fra 1978 og 1979, er det liten tvil om at andelen sik og lagesild gikk kraftig tilbake innen 1990, og at den har holdt seg lav etter det.



Figur Mj24. Sammenligning av relativ størrelsesfordeling i det pelagiske fiskesamfunnet i Mjøsa, basert på ekkostyrken fra enkeltfisk, i 1979 i området Hamar-Helgøya, hele Mjøsa i september og oktober 1990, og hele Mjøsa i 2018. I 2018 var ekkostyrkefordelingen i området Hamar-Helgøya svært lik ekkostyrkefordelingen i hele Mjøsa.

Totalbestanden av fisk i Mjøsa ble i mai og oktober 1978 estimert til henholdsvis $37,2 \times 10^6$ og $26,1 \times 10^6$ fisk. Ekskluderer vi størrelser mellom -60 og -56 dB (21 % av registreringene) i 2018, var tilsvarende estimat 179×10^6 fisk i 2018. Dette er 5-7 ganger høyere enn i 1978. Antar vi at undersøkelser på dagtid (1978) gir halvparten så store estimat som undersøkelser gjort på natta (Sandlund mfl. 1992a), er estimatene i 2018 fortsatt tre ganger høyere enn i 1978. Noe av denne forskjellen skyldes trolig ekkoloddmetodik, men det er likevel rimelig sikkert at de totale tetthetene var høyere i 2018, og at dette skyldes økte tettheter av krøkle.

Sammenligning av biomasse-vurderinger i 2018 med undersøkelsene i 1978-1981 (Kjellberg & Sandlund 1983) er imidlertid problematiske. Dette skyldes at biomasse-estimatene den gang ble basert på artsfordeling i flytegarfangstene. Fordi krøkle har en mye slankere kroppsform enn sik og lagesild, fanges disse to artene mye mer effektivt i garn enn krøkle. Dette fører til at krøkle blir sterkt under-representert i garnfangster i forhold til den faktiske andelen i fiskesamfunnet. Dette så vi også sterke indikasjoner på i Randsfjorden i 2015 (Sandlund mfl. 2016). Biomasseberegninger basert på artsfordeling i flytegarfangster vil derfor overestimere biomassen av sik og lagesild, og underestimere biomassen av krøkle. Biomasseestimatene for 1978-1981 var 100 tonn krøkle, 500 tonn sik og 340 tonn lagesild, totalt 941 tonn. Disse biomasseestimatene fra 1978 til 1981 var karakterisert som svært usikre, og basert på diskusjonen over må vi anta at biomassen av krøkle var kraftig underestimert, mens lagesild og sik var overestimert. I 2018 var tilsvarende estimat 459 tonn krøkle, 87 tonn sik og 23 tonn lagesild, totalt 569 tonn. Biomasse-estimatene for 2018 er basert på ekkostyrkefordeling, men med god støtte i trålfangstene. I og med at størrelsesfordelingen i ekkoloddregistreringene for 1978 og 1979 viste 4-12 ganger høyere andel av fisk i størrelsesklassen for sik og lagesild, kan vi på tross av lavere total tetthet i 1978-1979 resonnerer oss fram til at biomassen av sik og lagesild har blitt mye mer enn halvert siden 1978-1979.

Oppsummert kan vi si at det er store endringer i det pelagiske fiskesamfunnet i Mjøsa siden 1978. På tross av alle komplikasjonene med sammenligninger med tidligere data, kan vi likevel dra noen konklusjoner; de pelagiske tetthetene av fisk målt i antall var minst like høye, og trolig vesentlig høyere i 2018 enn i 1978-1981. I trålfangstene har gjennomsnittsstørrelsen og veksten til krøkle gått ned mellom 1978-1981 og 2018. Men dette er i stor grad kompensert med høyere tettheter av krøkle, slik at den totale biomassen av krøkle kanskje var vel så stor i 2018. Det er også sterke indikasjoner på at lagesild og sik har gått kraftig tilbake i 2018 sammenlignet med perioden 1978-1981. Med nedgang i sik- og lagesildmengde, samt redusert størrelse av krøkle, kan den pelagiske biomassen være redusert på tross av at tetthet i antall har gått opp.



Krøkle er en utpreget planktonbeiter, men den er også en glupsk rovfisk som gjerne spiser mindre eksemplarer av sine egne. Foto: Karl Øystein Gjelland, NINA.

Det har altså vært tydelige endringer i bestandsstruktur hos enkeltarter i Mjøsa siden 1978-1981. For den antallsmessig dominerende fiskearten, krøkle, har gjennomsnittlig lengde for den gytemodne «normalkrøkla» gått ned fra ca. 11-14 cm (Sandlund mfl. 1981b) til 10-11 cm. Lignende endringer så man imidlertid i gytebestanden av krøkle over et kortere tidsrom også på 1980-tallet. I 1980-1981 var for eksempel den mest tallrike lengdegruppa 11,5-14 cm, mens den i 1982 var 9,5-11,5 cm (Sandlund mfl. 2017). Disse endringene har trolig sammenheng med variabel rekruttering og dermed vekst hos ungfisken (Næsje mfl. 1987, Sandlund mfl. 2017).

Lagesildas vekst og bestandsstruktur i Mjøsa har også variert over tid, og gytemoden størrelse i 2018, ca. 19 cm, ligger godt innenfor den variasjonen som tidligere er registrert (Aass 1972, Sandlund mfl. 1981a). Veksten hos lagesilda stoppet ved treårsalderen på 1960, -70 og -80-tallet (Sandlund mfl. 1991), slik det også var i 2018 (se **figur Mj18**). Det ser imidlertid ut til at lagesilda i Mjøsa har endret atferd. I 1979 ble det praktisk talt ikke fanget lagesild på bunngarn (Sandlund mfl. 1981a). På 0-50 m dyp i august/september 1979 var CPUE av lagesild i Furnes- og Ringsakerfjorden hhv. 0,2 og 0,1 (Sandlund mfl. 1981a, og upubliserte data). Tilsvarende fangster i 2018 var 0,7 og 2,4 (**figur Mj23**). Lagesilda ble i 2018 fanget dypere enn 15 m, noe som stemmer overens med at det ikke lenger brukes landnot (som fanger i de øverste 10-15 m av vannsøylen) i fisket etter lagesild i Mjøsa under gytevandringen mot Gudbrandsdalslågen. Fiskerne bruker nå flytegarn som senkes ned til 25-30 m dyp. Det er naturlig å tenke seg at en slik endring henger sammen med at overflatevannet i Mjøsa har blitt varmere i løpet av de siste tiåra (Lyche Solheim mfl. 2019). Det er kjent fra svenske innsjøer at voksen lagesild unngår varmt overflatevann om sommeren (Hamrin 1983).

Vekstforholdene for siken i Mjøsa ser ikke ut til å ha endret seg siden 1979, ettersom gytemoden fisk fremdeles er ca. 30 cm, slik den også var på slutten av 1970-tallet (Sandlund mfl. 1981c, **figur Mj20**). Det er imidlertid påfallende at fangsten av små sik (<15-20 cm) i bunngarn var langt større i 2018 enn i 1979. Det samme gjelder for lagesild, selv om den store fangsten av årsyngel av lagesild i 2018 skjedde ved Tangen, der det ikke ble prøvefisket i 1979. Sett sammen med nedgangen i de åpne vannmassene, kan dette tyde på at en større andel av sik- og lagesildbestandene beitet mer i bunn-nære habitater i 2018 sammenlignet med 1979.

En sammenligning av gjennomsnittlig lengde ved alder hos abbor fanget i Mjøsa i 1979 og 2018 (jf. **figur Mj13**), viser at fisken i aldersgruppene 3-10 år var mindre i 1979 (rådata fra 1979 i vedlegg til Sandlund mfl. 1981d). Materialet i hver aldersgruppe er lite, men for aldersgruppene 4-7 år, der det er minst fire fisk i hver gruppe, var gjennomsnittslengden mellom 4 og 52 mm mindre i 1979. Forskjellen var signifikant for sjuåringer (t-test, $p < 0,001$). Dette tyder på bedre vekst hos abboren i Mjøsa i 2018 enn i 1979, til tross for at innsjøen er blitt mindre næringsrik.

3.1.8 Økologisk tilstand

Miljøet i Mjøsa har gjennomgått store endringer siden slutten av 1970-tallet. I 1979 var innsjøen tidlig i en prosess med gjenhenting etter den kraftige overgjødningen (eutrofieringen) den var utsatt for fra 1950-tallet og framover. Mjøsaksjonen i 1973-1982 og senere tiltakspakker for Mjøsa har ført til store reduksjoner i tilførselene av næringsalter (Lyche Solheim mfl. 2019), noe som har gitt store forandringer i de fysiske-kjemiske forholdene. På målestasjonen Skreia, sentralt i Mjøsa, har innholdet av fosfor (Tot-P) avtatt fra 8-12 µg/L på 1970-tallet til 2-5 µg/L siden omkring 1990. I 1979 var Tot-P fremdeles så høyt som omkring 8 µg/L. Ettersom fosfor er begrensende for algeproduksjonen i innsjøen har mengden planteplankton avtatt omtrent parallelt med fosforkonsentrasjonen. Målt som µg/L klorofyll *a* har mengden planteplankton gått fra 4-5 på slutten av 1970-tallet til litt over 2 på slutten av 1990-tallet og senere. Siktedypet har også endret seg fra mellom 4 og 5 m på 1970-tallet til mer enn 8 m i de fleste åra mellom 1989 og 2012. Det har vært en liten reduksjon i de senere åra, så i 2018 var siktedypet omkring 8 m. En faktor som påvirker fiskens atferd er vanntemperaturen. I den sentrale delen av Mjøsa (målestasjon Skreia) har middeltemperaturen i de øverste 10 m av vannsøylen i månedene juni-oktober økt fra ca. 10 °C midt på 1970-tallet til ca. 12 °C i 2018 (Lyche Solheim mfl. 2019).

På denne bakgrunnen er det vanskelig å vurdere tilstanden til fiskesamfunnet i Mjøsa i forhold til klassifiseringen i vannforskriften, da en definisjon av en referansetilstand blir nær umulig. For eksempel ga Huitfeldt-Kaas (1917) en inngående beskrivelse av fiskesamfunnet i Mjøsa, men han påpeker tydelig at heller ikke den gangen var innsjøen upåvirket av menneskelig aktivitet. Det har skjedd store endringer i fiskesamfunnet i løpet av disse 100 åra (Dervo mfl. 2017). I 1979 var alstå Mjøsa fremdeles sterkt preget av overgjødningen som var foranledningen til Mjøsaksjonen (Lyche Solheim mfl. 2019). Fiskesamfunnet i 1979 var dermed også sterkt preget av de næringsrike forholdene. Resultatene av prøvefisket som ble gjennomført i 1979 kan imidlertid med stor sikkerhet sammenlignes med resultatene fra 2018. En sammenligning av artssammensetningen i fiskesamfunnet i Mjøsa basert på bunngarnfangstene i Furnes- og Ringsakerfjorden i 1979 og 2018 kan gjøres ved hjelp av NEFI-indeksen, selv om det er viktig å presisere at tilstanden i 1979 var langt fra en referansetilstand. Sammenligningen av dominansforholdene mellom de seks mest tallrike artene viser at andelen mort har gått tilbake, mens abbor og sik har økt i bunn-nære habitat. Beregning av NEFI-indeksen, som får en verdi på 0,92, viser likevel relativt små endringer (**tabell Mj5**). Dette tyder på at NEFI-indeksen er en svært grovmasket målestokk, men det tyder også på at fiskesamfunnet i innsjøen har stor bufferevne i forhold til miljøendringer. De største endringene har trolig skjedd i fiskesamfunnet i de åpne vannmassene, med en kraftig nedgang i biomasse av sik og lagesild, samt økt tetthet av krøkle med dårligere vekst enn i 1979. Klassifisering etter WS-FBI-indeksen gir tilstand *svært god* (**tabell Mj6**), med en nEQR som er relativt nær klassegrensa mot tilstand *god*.

De mest sårbare fiskeartene er de som har spesielle krav til nøkkelhabitater, og ofte er det gytehabitatet som er mest utsatt. Arter som vandrer til tilløpselver eller utløpselver for å gyte er sårbare for inngrep som hindrer gytevandringen, eller for uttørking eller forurensing på gyteplassen. I Mjøsa er både aure, harr, sik og lagesild arter som gyter på rennende vann. Bygging av reguleringsdam i utløpet av Mjøsa førte til at både den utløpsgytende auren og en storvokst sikbestand forsvant (Huitfeldt-Kaas 1917, Dervo mfl. 2017). Reguleringen i Hunderfossen hindret auren vandring til gyteplasser i Lågen, et inngrep som bare delvis er kompensert med produksjon og utsetting av settefisk og fisketrapp i dammen ved Hunderfossen (Kraabøl mfl. 2009). På slutten av 1970-tallet førte utslipp av silosaft, avrenning fra gjødselkjellere og både diffus og punktvis tilførsel av næringsalter til at mange av de mindre gyteelvene for aure og harr ble satt ut av spill (Taugbøl 1995, Kjellberg 2004). Mjøsaksjonen og senere aktive tiltak har forbedret denne situasjonen slik at mange av disse gyteelvene nå er i relativt god tilstand (Gregersen 2009, Løvik mfl. 2010).

Prøvefisket, så vel som informasjon fra fiskere ved Mjøsa, tyder på endringer i enkelte fiskearters atferd. For eksempel går lagesilda på sin vandring mot gyteplassene i Lågen om høsten nå dypere i vannet enn tidligere. Det tradisjonelle lagesildfisket har måttet gå bort fra landnotfiske til nedsenkede flytegarn, da fisken ikke lenger befinner seg i de øverste vannlagene. Dette kan blant annet ha sammenheng med at temperaturen i overflatevannet i innsjøen har økt de siste tiåra. Det har vært antatt at lagesilda i Mjøsa kun gyter i Gudbrandsdalslågen (Huitfeldt-Kaas 1917, Aass 1972, Sandlund mfl. 1991). Den tallrike

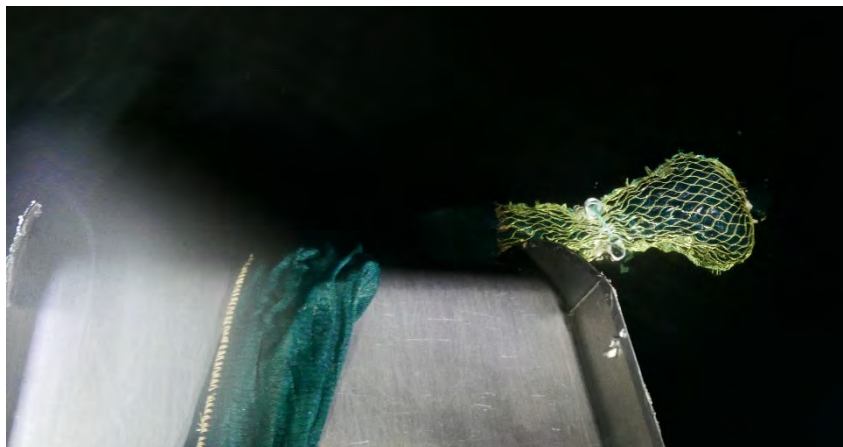
fangsten i 2018 av ung lagesild i området ved Tangen, som er svært langt unna gyte plassene i Lågen, kan tyde på at det også foregår gyting i selve innsjøen. Lagesilda i Osensjøen gyter for eksempel i innsjøen, og den er etterkommere etter utsetningsmateriale fra Mjøsa (Sandlund 1992).

Tabell Mj5. Beregning av NEFI-indeksen for fiskebestanden i Mjøsa (Furnes- og Ringsakerfjorden) basert på de seks vanligste fiskeartene i bunngarnfangstene. Fiskesamfunnets sammensetning i 1979 var ikke en referansetilstand, men snarere en tilstand sterkt påvirket av høyt innhold av næringsalter (jf. Direktoratets gruppen vanddirektivet 2018, Lyche Solheim mfl. 2019).

	Hork	Abbor	Sik	Krøkle	Lagesild	Mort	
1979 % andel	31,0	12,6	5,1	34,4	0,5	16,3	
Vekting	1,0	0,75	0,75	1,0	0,5	0,75	RT = 4,75
2018 % andel	45,5	24,0	10,3	10,9	1,4	7,9	
Endringsgrad	0	0	0	0,4	0	0	EG = 0,4
NEFI (indeksverdi)							(RT-EG)/RT = 0,92

Tabell Mj6. Estimert biomasse av pelagisk fisk i Mjøsa, samt nEQR basert på WS-FBI. Merk at årsyngel ikke er med i biomasseestimata. Merk at total biomasse (570 t) er noe høyere enn rapportert i Lyche Solheim mfl. 2019 (504 t), dette skyldes at vi i den rapporten brukte artsfordeling fra tråling for beregning av biomasse, mens vi her har basert andelen sik og lagesild på TS-fordelingen. Denne forskjellen utgjør svært lite for WS-FBI (2,27 mot 2,29), og har ingen betydning for klassifiseringen.

A (km ²)	L (km)	D	Biomasse (kg/ha)			TBM (t)	WS-BI	nEQR	Status
			Sik	Krøkle	Lagesild				
369,5	156,9	7,8	2,36	12,53	0,53	570	2,27	0,86	SG



Trålposen på vei inn med fangst i Mjøsa. Foto: Karl Ø. Gjelland, NINA.

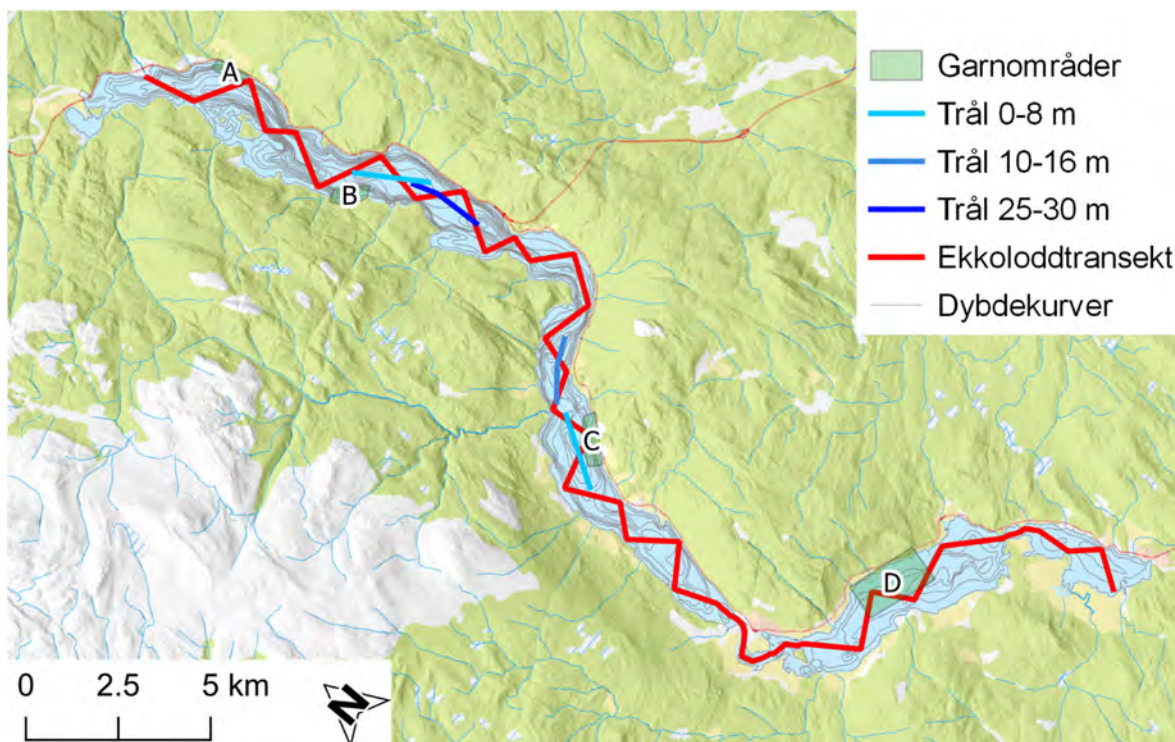
3.2 Krøderen

3.2.1 Feltarbeid

Det ble fisket med standard innsats av nordisk bunngarn på fire prøvefiskestasjoner (15 garnnetter per stasjon) i Krøderen, 16.-18. september 2018 (**figur K1**). Det ble fisket ned til ca. 35 m dyp på hver stasjon.

Det ble gjennomført fire tråltrekk á om lag 2 km i løpet av natta mellom 17. og 18. september, to trekk i 0-8 m, ett trekk i 10-16 m dyp og ett trekk i 25-30 m dyp (**figur K1**).

Ekkoloddregistreringen ble gjennomført i løpet av natt mellom 18. og 19. september med en sikksakk-kurs over 44,8 km, som gir en dekningsgrad på 6,8.



Figur K1. Kart over Krøderen med plassering av garnområder (stasjoner), tråltrekk og ekkoloddtransekt.

3.2.2 Fangster og habitatbruk

I bunngarnfisket ble det fanget i alt 643 fisk fordelt på seks arter (**tabell K1**). I tillegg ble det fanget 11 edelkreps (*Astacus astacus*) på én av stasjonene (st. C Hellerud). Fiskefangsten varierte mye fra stasjon til stasjon, fra 83 fisk på stasjon B Storviksanden til 265 fisk på stasjon A Trommald. På alle stasjonene var abbor den dominerende arten i bunngarnfangstene, og utgjorde mellom 59 og 85 % (**tabell K1, figur K2**). Sik var også tallrik i fangstene, og utgjorde mellom 10 og 22 %. I fangstene på stasjon A Trommald var alle seks fiskearter representert, mens bare abbor og sik ble fanget på stasjon D Skogvoll. I samlet fangst på alle fire stasjoner utgjorde abbor 76 % og sik 17,5 %, mens de øvrige artene hver utgjorde mindre enn 3 %.

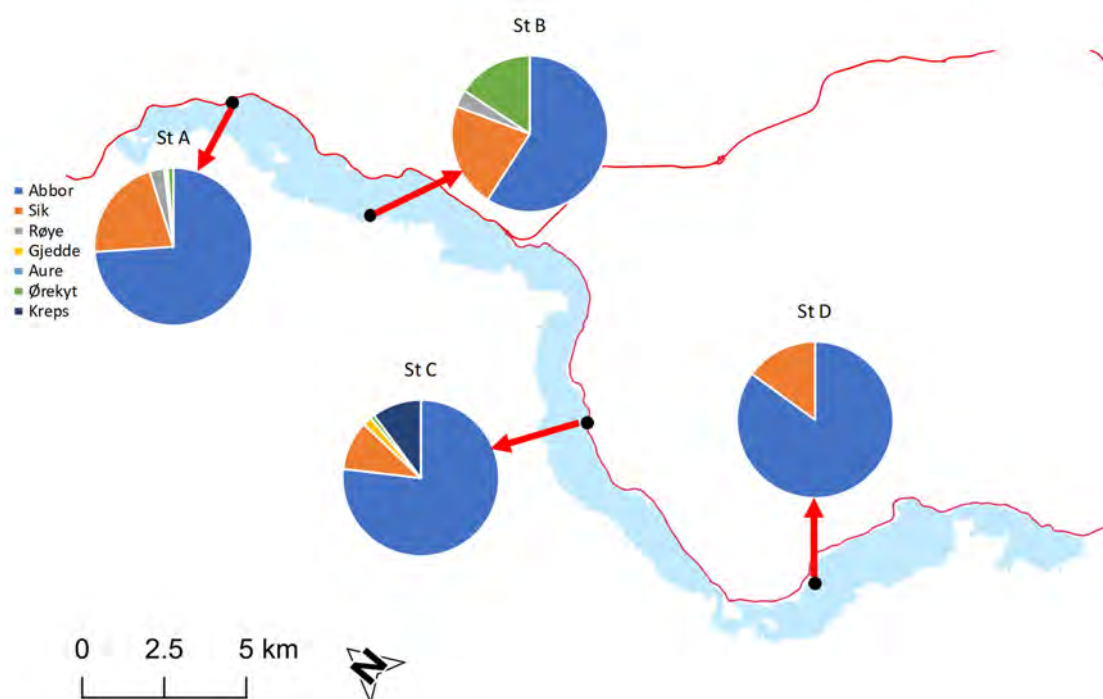
Abboren var konsentrert til strandsona, og bare noen få individer ble fanget på dypere vann (**figur K3**). Gjedde og ørekyt (og kreps) ble også fanget på grunt vann. Fangsten av sik var noe større dypere enn 15 m enn i strandsona, mens røye bare ble fanget dypere enn 15 m.

I trålfisket ble det fanget 247 fisk, hvorav nesten 98 % var sik (**tabell K1**). I tillegg ble det fanget fem abbor, ei gjedde og én aure i den pelagiske sona.

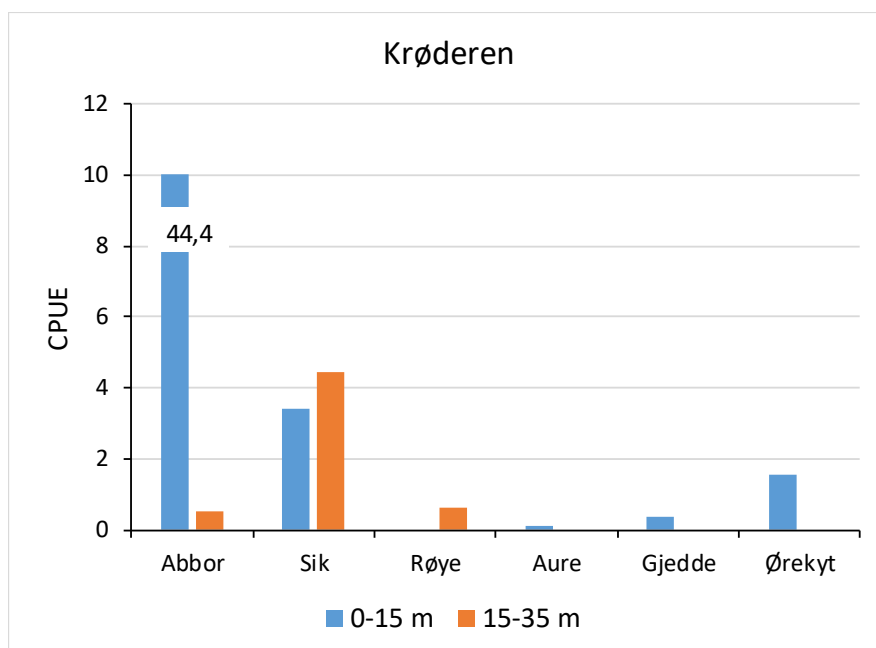
Tabell K1. Samlet fangst ved prøvefisket i Krøderen, september 2018. Stasjonenes plassering er vist på figur K1. CPUE er antall fisk per 100 m² garnareal og natt.

Art	St A Trommald	St B Storvik- sanden	St C Hellerud	St D Skogvoll	Sum garn	CPUE	Trål	Total sum
Abbor	196	49	83	159	487	18,0	5	492
Sik	56	18	11	28	113	4,2	241	354
Røye	8	2	0	0	10	0,4	0	10
Gjedde	1	0	2	0	3	0,1	1	4
Aure	1	0	0	0	1	0,03	0	1
Ørekyt	3	13	1	0	17	0,6	0	17
Edelkreps	0	0	11	0	11	-	0	11
Sum antall	265	82	97*	187	631*		247	878*
CPUE*	39,3	12,1	14,3*	27,7	23,4*			

*Unntatt edelkreps.



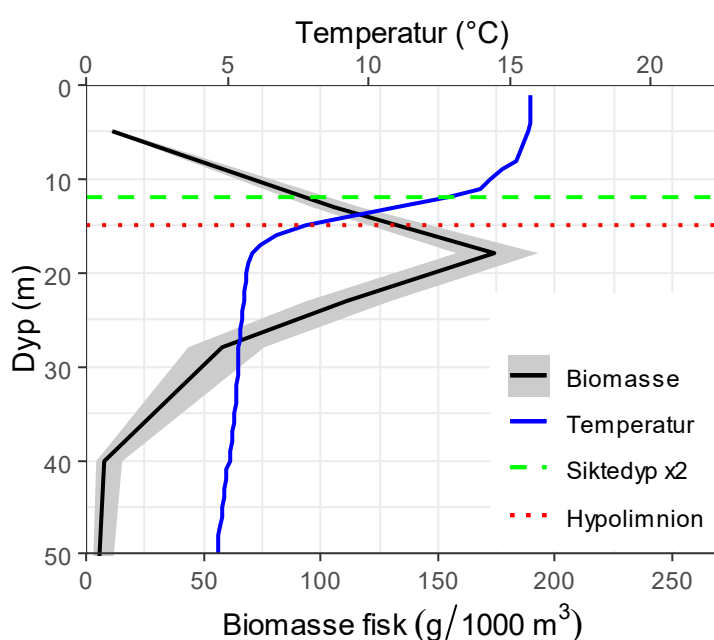
Figur K2. Artssammensetning i garnfangster i bunn-nære habitat (nordiske bunn garn) på fire stasjoner i Krøderen, september 2018. Se også tabell K1.



Figur K3. Fangst av seks fiskearter i to ulike dybdesoner i Krøderen, september 2018. CPUE er antall fisk per 100 m² garnareal og natt.

3.2.3 Ekkoloddregistreringer

Beregnet biomasse av fisk ut fra ekkoloddregistreringene i Krøderen viser en tydelig topp i nedre del og like under sprangsjiktet, dvs. overgangen mellom overflatelaget (epilimnion) og dyplaget (hypolimnion) definert ut fra vertikalprofilen for vanntemperatur (**figur K4**). Tettheten av fisk var høyest i epilimnion, men her var innslaget av liten fisk (årsyngel) større enn i hypolimnion. Tettheten av større fisk (ettåringer og eldre sik) var høyest i hypolimnion, både i antall og biomasse (**tabell K2**). Resultatene fra ekkointegrasjonen stemte bra overens med trålfangstene, som også indikerte at tettheten av sik var høyest i og like under sprangsjiktet, med 201 sik fanget på ett tråltrekk på 10-17 m dyp. To tråltrekk på 0-8 m ga henholdsvis 28 og 15 sik, og ett tråltrekk på 25-30 m ga én sik. Gjennomsnittsvektene observert i fangst stemte brukbart overens med gjennomsnittsvekt estimert fra ekkolodd, men var noe høyere i sistnevnte (**tabell K2**).



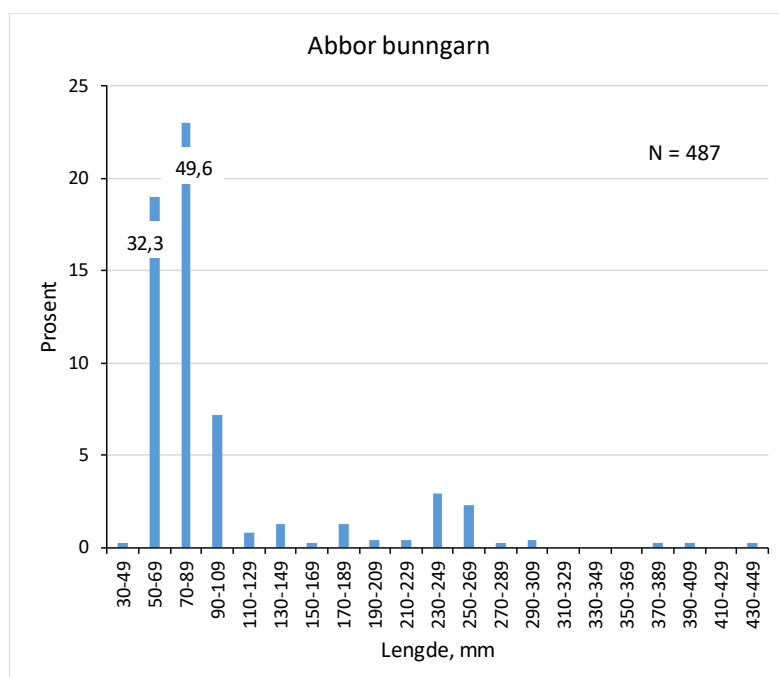
Figur K4. Vertikalprofil for fiskebiomasse og temperatur i Krøderen. . Gråkravert område viser gjennomsnittlig biomasse ± 1 standardfeil. Dypet for 2x siktedyp og for grensa definert som overgangen mellom epilimnion og hypolimnion i analysene er også indikert.

Tabell K2. Tetthet og biomasse av fisk i pelagial sone i Krøderen beregnet ut fra ekkoloddregistreringer. Gjennomsnittsvektene i fangstene og estimert fra ekkostyrke (TS) er basert på fisk større enn om lag 67 mm (TS > -50 dB).

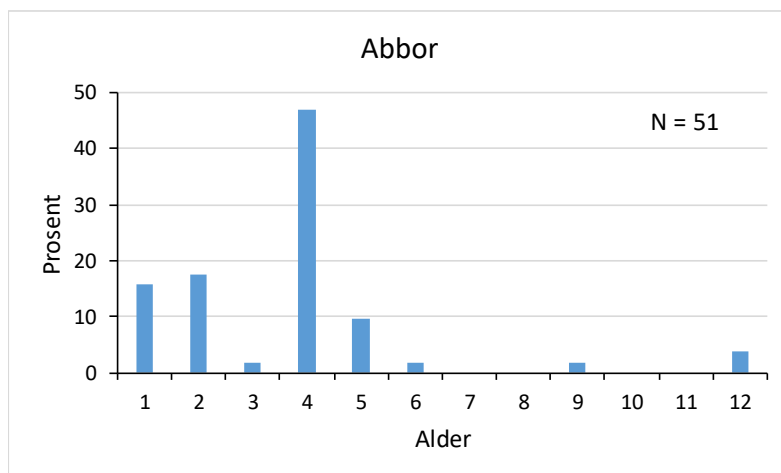
	Tetthet (# fisk / ha)			Biomasse (kg / ha)	Snittvekt (g)	
	Årsyngel	Ett år og eldre	95 % konfidensintervall eldre		Sik	Fangst
Epilimnion	115	143	111-181	5.13	19	36
Hypolimnion	73.4	184	101-328	12.8	57	70

3.2.4 Abborbestanden

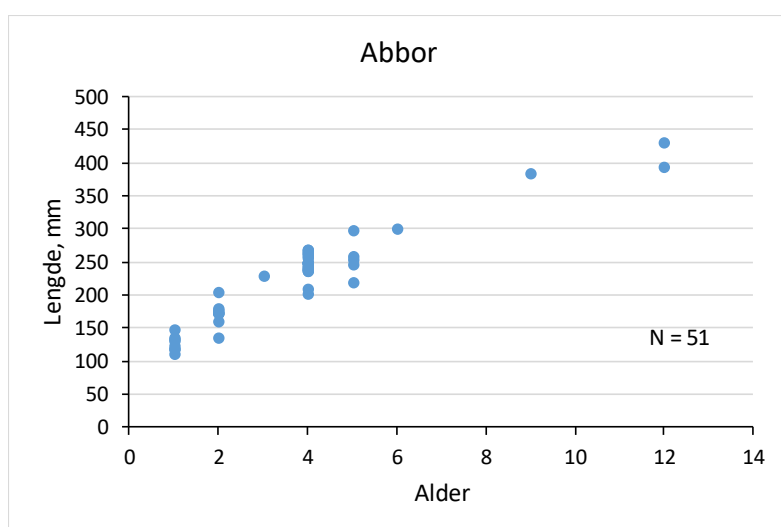
Abborfangstene i Krøderen bestod av fisk mellom 4,3 og 43 cm, men var dominert av lengdegruppene mellom 5 og 11 cm (**figur K5**), som utgjorde ca. 89 % av hele materialet. Fisk med lengde mellom 23 og 27 cm var også relativt tallrike. Alderen ble bare bestemt for et lite utvalg fisk, men dette materialet tyder på variabel rekruttering til bestanden (**figur K6**). Abborrens lengde i de ulike aldersgruppene tyder på ganske jevn vekst fram til ca. 30 cm lengde og en alder på 5-6 år (**figur K7**). Eldre fisk har en utholdende vekst, og de eldste individene i materialet var 12 år og 43 cm lange. Vekstmønsteret hos abbor undersøkt i 2018 sammenfaller med vekstmønsteret hos abbor undersøkt i 2014 (Brabrand, upubliserte data).



Figur K5. Lengdefordeling av abbor i bunngarnfangster i Krøderen, september 2018. N = antall fisk.



Figur K6. Aldersfordeling hos et utvalg abbor fanget i Krøderen, september 2018. N = antall fisk.



Figur K7. Lengde mot alder hos et utvalg abbor fanget i Krøderen, september 2018. N = antall fisk.

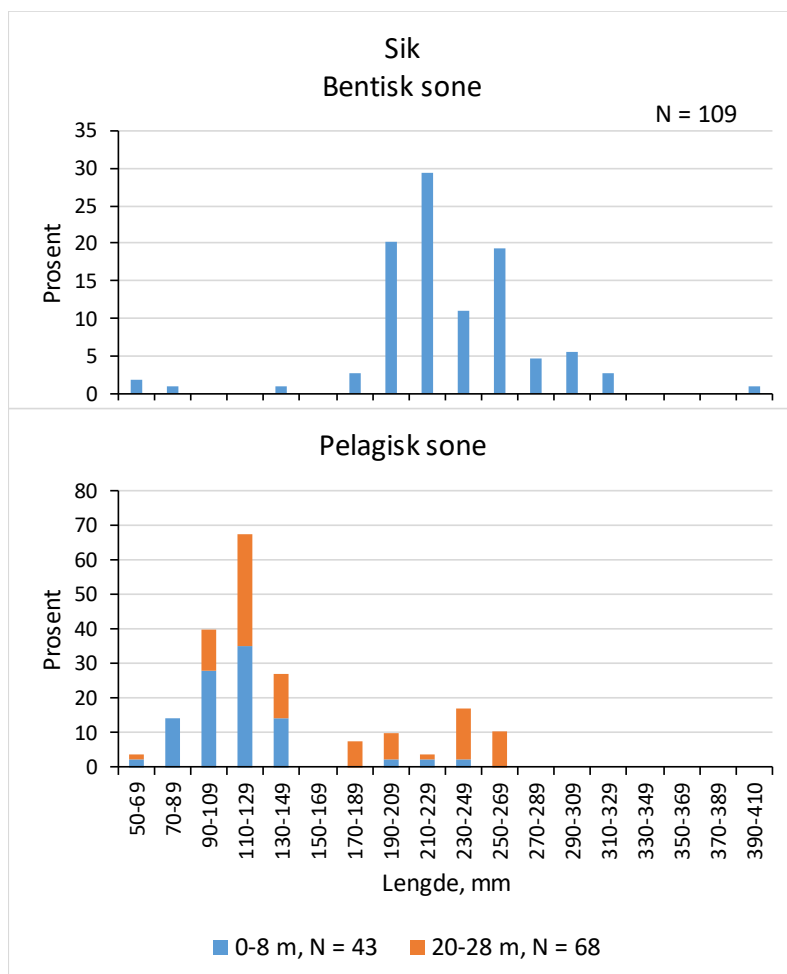
3.2.5 Sikbestanden

Siken i Krøderen utnyttet både den bentiske (bunn-nære habitat) og den pelagiske sona i innsjøen. Det var imidlertid ulike størrelsesgrupper av sik som dominerte i de to habitatene (**figur K8**). I den bentiske sona dominerte fisk fra 170 til over 300 mm. I de åpne vannmassene (pelagialsona) dominerte fisk under 150 mm, men med et lite innslag av fisk opp til 270 mm. Trålfangstene viste at det var en tendens til at småfisken holdt seg nær overflata, mens større fisk også gikk på dypere vann.

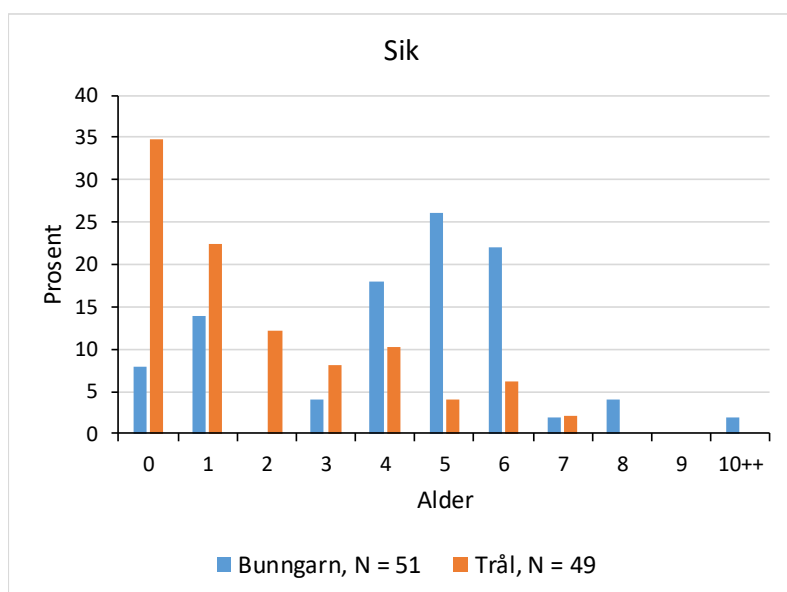
Alderssammensetningen til sik fanget i bunngarn og i trål reflekterer størrelsesfordelingen, med en dominans av ungfisk i den pelagiske sona, og en dominans av eldre fisk langs bunnen (**figur K9**). I bunngarnfangstene utgjorde umoden fisk (aldersgruppene 0-3) 26 %, mens disse aldersgruppene utgjorde 77,6 % av trålfangstene.

Lengde ved alder hos sik fanget i både bentisk og pelagisk sone i Krøderen viser at hos noen fisk stagnerer veksten ved ca. 200 mm, mens noen fisk fortsatte å vokse til over 300 mm. Veksten har tydelig sammenheng med habitatvalg, der litoral sik når større lengder enn sik fanget i profundalen og pelagialsona (**figur K10a**). Denne spredningen er tydelig f.eks. i aldersgruppe 5 år, der lengden varierte mellom 209 og 316 mm. Én 20 år gammel fisk var 225 mm lang, mens en 10-årig fisk var 403 mm, og det var ingen klar sammenheng mellom modning og lengde hos 2 år og eldre sik (**figur K10b**). Krøderen er kjent for å ha en småvokst sikform kalt «skadd» (Pethon 1998). Vekstvariasjonen i materialet vårt støtter at det er minst to ulike økologiske former av sik i Krøderen, der den småvokste skadden stagnerer i vekst mellom 20-25

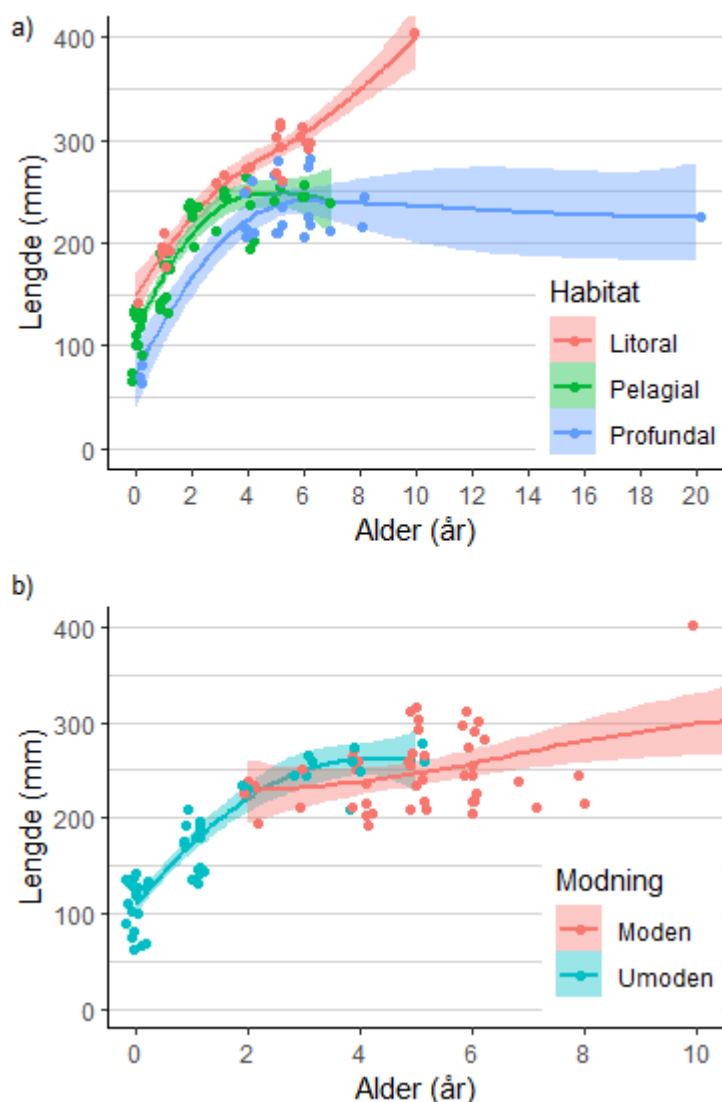
cm og er mest å finne i pelagialsona og profundalen, mens sik som beiter i litoralsona er av en mer storvokst type. Vi har imidlertid ikke hatt ressurser i prosjektet til videre morfologiske undersøkelser som for eksempel telling av gjellegitterstaver.



Figur K8. Lengdefordeling av sik i bunngarnfangster (bentisk sone) og i trålfangster (pelagisk sone) i Krøderen, september 2018. N = antall fisk.



Figur K9. Aldersfordeling hos et utvalg sik fanget på bunngarn og i trål i Krøderen, september 2018. N = antall fisk.



Figur K10.

Punktene viser lengde ved alder hos et utvalg av sik i Krøderen, september 2018. Punktene er svakt forskjøvet i x-retning for å bedre synliggjøre alle punktene. Kurver med skraverete usikkerhetsintervall viser vekstkurver estimert med loess lokalregresjon.

a) Farge indikerer habitatet fisken ble fanga i.

b) Farge indikerer umoden/moden sik. $N = 129$ (20 år gammel moden sik er utelatt fra panel b).

3.2.6 Andre arter

Det ble fanget 10 røyer, alle i bunngarn i profundalen. Fiskene var mellom 7,0 og 16,3 cm, og mellom ett og 11 år gamle. Ni av de ti fiskene var gytemodne og mellom fire og 11 år gamle. Gjennomsnittlig lengde for den mest tallrike aldersgruppa (fire fisk i aldersgruppe 5 år) var 12,3 cm, mens gjennomsnittsstørrelsen for moden fisk var 13 cm og 21 g. Dette tyder på at røya i Krøderen har svært langsom vekst. Det kan også bety at Krøderen har en egen småvokst røyeform, såkalt profundalrøye, som observert i flere andre innsjøer (Smalås mfl. 2013). Røye er ikke registrert på tidligere prøvafiske i Krøderen, noe som trolig skyldes at det ikke har vært fisket i profundalområdene med småmaskede garn.

Den ene auren som ble fanget var 33,2 cm, de tre gjeddene i bunngarnfangsten var mellom 21,5 og 33,5 cm, mens én gjedde fanget i trål var 75 cm og veide 2,4 kg. Det ble fanget 17 ørekyt mellom 4,9 og 8,4 cm (medianlengde 6,9 cm).

Karuss og nipigga stingsild forekommer også i Krøderen (Hvidsten & Gunnerød 1978, Tormodsgard 2014), men ble ikke fanget i vårt prøvafiske.

3.2.7 Økologisk tilstand

Prøvefisket med bunngarn i 2018 fanget seks av de sju fiskeartene som er registrert i Krøderen. Karuss manglet i fangstene, men denne arten holder gjerne til i grunne og avskjermete deler av slike store innsjøer og vil vanligvis ikke bli registrert ved et begrenset prøvefiske. I bunngarna ble det også fanget noen edelkreps. Garnfangstene var dominert av abbor (77 %) og sik (18 %), mens sik utgjorde 98 % av trålfangstene.

Det er gjort undersøkelser med prøvefiske ved flere tidligere anledninger i Krøderen, første gang i 1971 (**tabell K2**). Dette gjør det mulig å vurdere endringer i fiskesamfunnet. Gjedde ble trolig introdusert en gang på begynnelsen av 1990 tallet (Brabrand pers. medd.) og den dukket da også opp i fangstene i prøvefisket første gang i 2006 (Brabrand 2007). Både i 2006 og 2018 var det svært få aure i bunngarnfangstene, henholdsvis 0,4 og 0,2 %. Dette er svært forskjellig fra undersøkelser i 1971, 1977 og 1989, dvs. før gjedda ble satt ut i innsjøen. Ved prøvefisket disse tre åra utgjorde aure i gjennomsnitt 10,6 % av fangstene (**tabell K3**). De to dominerende artene abbor og sik ser ut til å være mindre påvirket av at gjedda etablerte seg. Andelen abbor i fangstene har variert mellom 56,5 og 82,5 %, med et gjennomsnitt på 68,8 % i 1971-1989 og 79,9 % i 2006-2018. Tilsvarende for sik var henholdsvis 20,7 % og 13,6 %. Det ble fanget flere gjedder i 2006 enn i 2018, noe som trolig har sammenheng med plassering av prøvefiskestasjonene. Ved tidligere undersøkelser i Krøderen ble det ikke fanget røye. Dette skyldes trolig at det tidligere ikke har blitt fisket dypere enn ca. 10-15 m.

Selv om utvalget av maskevidder har variert i henhold til den standarden som gjaldt til enhver tid, viser endringene i andelen aure i fangstene trolig en realitet. Dette støttes også av at andelen aure i fangstene med flytegarn i 1989 var 4,1 % (Enerud & Garnås 1990), mens det ikke ble fanget aure i de åpne vannmassene i 2018. Konklusjonen er at etableringen av gjedde har ført til en kraftig reduksjon i aurebestanden. Dette støtter tidligere konklusjoner basert både på prøvefiske i Krøderen og undersøkelser av ung-fisk av aure og forekomst av gjedde i gyteelvene, spesielt i den nedre delen av Hallingdalselva (Brabrand 2009, Brabrand mfl. 2014).

Tabell K3. Artssammensetning i fangstene ved prøvefiske med bunngarn i Krøderen fra 1971 til 2018.

År	Sum antall fisk	Gjedde	Abbor	Sik	Aure	Røye	Karuss	Maskevidder, mm	Kilde
1971	1604	-	56,6	25,2	18,1	0	0	Ukjent	Hvidsten & Gunnerød 1978
1977	792	-	79,2	17,7	3,2	0	0,5	21-52	Hvidsten & Gunnerød 1978
1989	1009	-	70,5	19,1	10,4	0	0	21-52	Enerud & Garnås 1990
2006	708	7,8	82,5	9,3	0,4	0	0	10-52	Brabrand 2007
2018	631	0,5	77,2	17,9	0,2	1,6	0	5-55	Denne undersøkelsen

Resultatene fra prøvefisket i Krøderen i 1971, 1977 og 1989 gjør det mulig å beregne med relativt god sikkerhet sammensetningen av fiskesamfunnet i strandsona før gjedda ble introdusert (**tabell K4**). Den gjennomsnittlige sammensetningen for disse tre åra tilsier at abbor var den dominerende arten (>25 %), mens både sik og aure var vanlige (1-25 %). Vi definerer dette som referansetilstanden (RT). I 2018 var fremdeles abbor dominant og sik vanlig, men auren har gått fra å være vanlig til å være sjelden (<1 %). (Det samme resultatet får vi hvis vi bruker resultatene fra 2006 eller et gjennomsnitt for 2006 og 2018). Dette gir en endringsgrad (EG) på 0,5, og en NEFI-indeks på 0,8, som gir *moderat* tilstand på grensen mot *god*. Påvirkningsfaktoren her er en introdusert art, gjedda, som har ført til at auren i Krøderen har endret forekomst fra *vanlig* til *sjelden*. Utrekning av fiskeindeksen %bestandsnedgang viste en nedgang på 66,1 %, som gir tilstandsklassen *dårlig*. Gjedda er klassifisert med *svært høy risiko* i Fremmedartslista 2018

(Artsdatabanken 2020), slik at fiskesamfunnets tilstand skal flyttes ned ett trinn, dvs. til *dårlig basert på NEFI-indeksen*, eventuelt *svært dårlig* tilstand basert på %bestandsendring (jf. Klassifiseringsveilederen, Veileder 02:2018). Tar vi noe usikkerhet i betraktning, ender vi med å konkludere med tilstanden *dårlig*.

Undersøkelser med EY-M ekkolodd i nattestid i september 2006 viste tettheter mellom 1000-1400 fisk/ha, med -56 dB som nedre terskel (Brabrand 2007). Men disse undersøkelsene omfattet kun et lite område av innsjøen, og kan ikke brukes til å si noe om endringer i pelagisk tetthet. Ekkoloddundersøkelser med EY60 fra hele innsjøen i 2014 indikerte gjennomsnittlig tetthet rundt 700 fisk/ha (Atle Rustabakken pers. med.). Det kan derfor synes som at det har vært noe reduksjon i pelagiske tettheter til 516 fisk/ha som estimert for 2018. Biomasse-estimatet på 107,5 kg/ha fra 2014 synes imidlertid urealistisk høyt, dette skyldes trolig metodiske forskjeller i biomasseutregningen. I forhold til påvirkning fra tilførsel av næringssalter (eutrofiering) viser WS-FBI-indeksen at fiskesamfunnet i Krøderen er i *svært god* tilstand (**tabell K4**).

Tabell K4. Beregning av NEFI-indeksen for fiskesamfunnet i Krøderen, basert på andelen abbor, sik og aure i bunngarnfangster i 1971-89 og i 2018. Verdiene for 1971-1989 er et gjennomsnitt for tre år (1971, 1977 og 1989). Situasjonen før gjedda ble introdusert defineres som referansetilstand (RT). EG er endringsgrad.

	Abbor	Sik	Aure	
1971-1989 %-andel	67,6	20,7	10,6	
Vekting	1,0	0,75	0,75	RT = 2,5
2018 %-andel	77,2	17,9	0,2	
Endringsgrad	0	0	0,5	EG = 0,5
NEFI (indeksverdi)				(RT-EG)/RT = 0,8

Tabell K4. Estimert biomasse av pelagisk fisk i Krøderen, samt nEQR basert på WS-FBI. Merk at årsyngel ikke er med i biomasseestimatene.

A (km ²)	L (km)	D	Biomasse (kg/ha)		WS-FBI	nEQR	Status
			Sik	TBM (t)			
43,9	44,8	6,8	17,91	78,64	2,27	0,86	SG

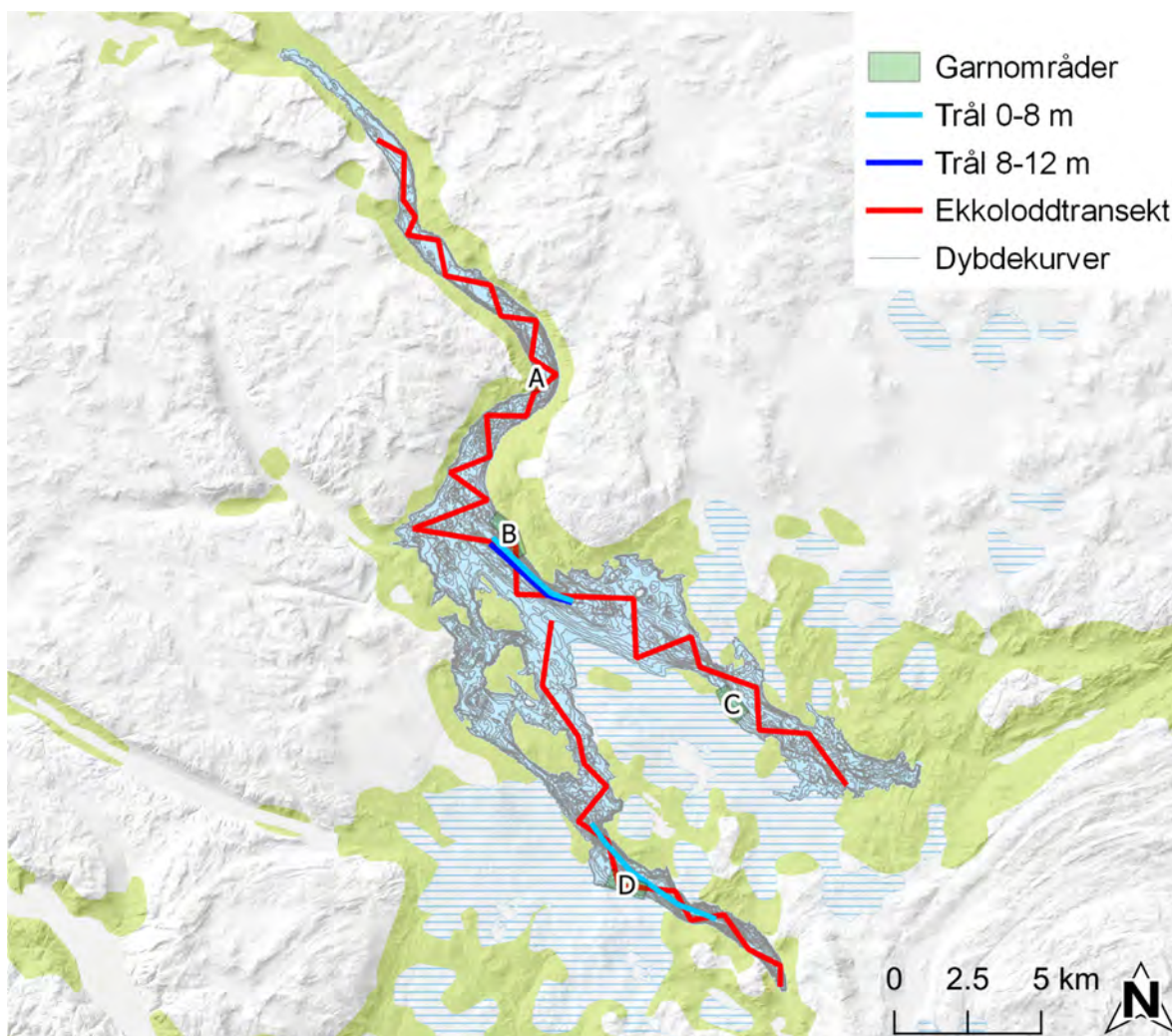


Fangst fra et tråltrekk i Krøderen høsten 2018. Foto: Knut Andreas E. Bækkeli, NINA.

3.3 Møsvatn

3.3.1 Feltarbeid

Fisket med nordisk bunngarn på fire stasjoner i Møsvatn ble gjennomført 2.-4. september 2018 (**figur M1**). Det ble fisket fra strandsona ned til ca. 35 m dyp, med standard garninnsats. Trålfisket ble gjennomført i løpet av natta mellom 3. og 4. september 2018, med to trekk på 0-8 m dyp og ett trekk på 20-28 m dyp (**figur M1**). Ekkoloddregistreringene ble gjennomført i løpet av nettene mellom 5. og 7. september 2018, etter en sikk-sakkurs på 58,7 km, som tilsvarer en dekningsgrad på 6,6 (**figur M1**).



Figur M1. Plassering av fire bunngarnstasjoner (A, B, C, D), områder for tråltrekk og utkjørt kurs for ekkoloddregistrering i Møsvatn, september 2018.

3.3.2 Fangster og habitatbruk

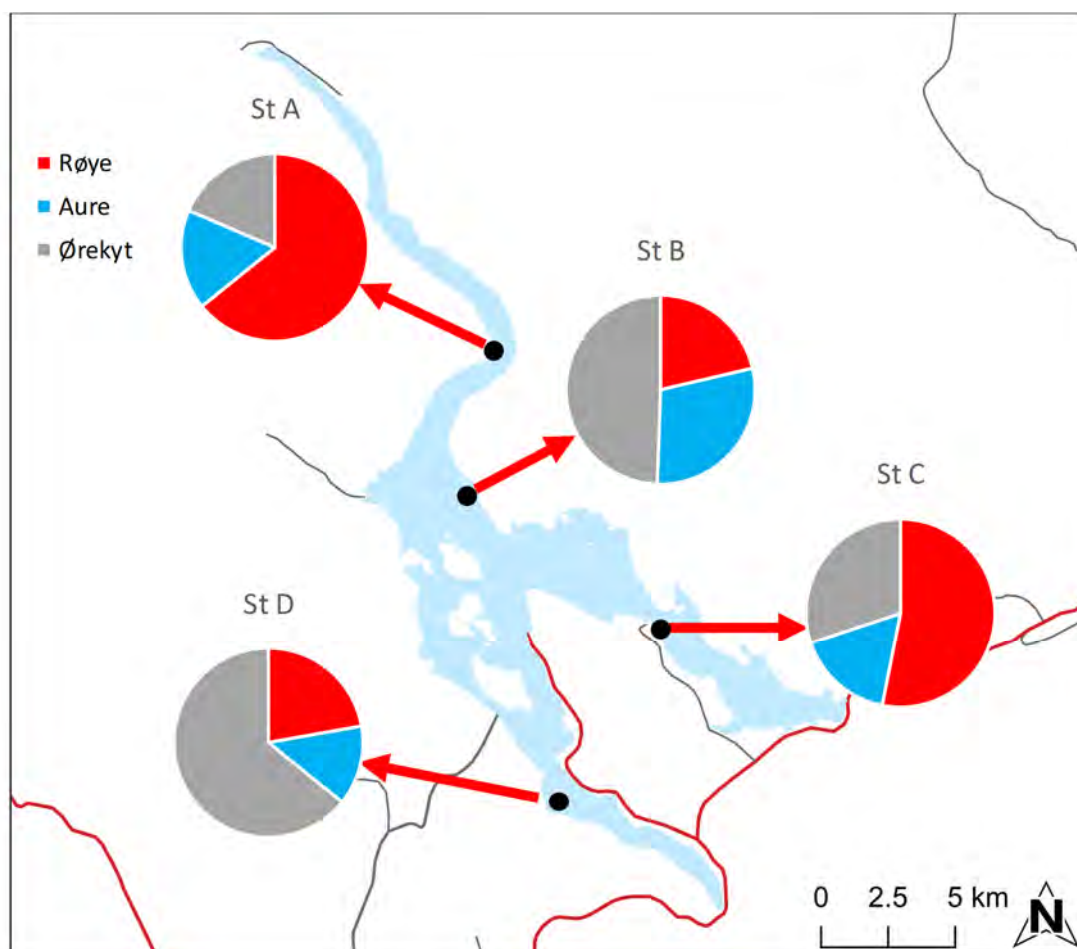
I bunngarnfisket ble det fanget tre arter: 148 røye, 70 aure og 145 ørekyt i alt 363 fisk (**tabell M1**). I trålen ble det fanget 26 aure, alle nær overflata (0-8 m), mens 45 røye i trålen fordelte seg både nær overflata og på dypere vann (20-28 m).

Fordelingen mellom de tre fiskeartene i bunngarna varierte mellom stasjonene (**figur M2**). Røye utgjorde mer enn 50 % av antall fisk på stasjon A (Kovesandsundet, 64 %) og stasjon C (Lomsflaten, 53 %), mens

Ørekyt utgjorde mer enn 50 % på stasjon D (Arahov, 64 %). Aure utgjorde størst andel av fangsten (29 %) på stasjon B (Bekkestøylbogen).

Tabell M1. Samlet fangst ved prøvefisket i Møsvatn, september 2018. Stasjonenes plassering er vist på figur M1. (A = Kovesandsundet, B = Bekkestøylbogen, C = Lomsflaten, D = Arahov).

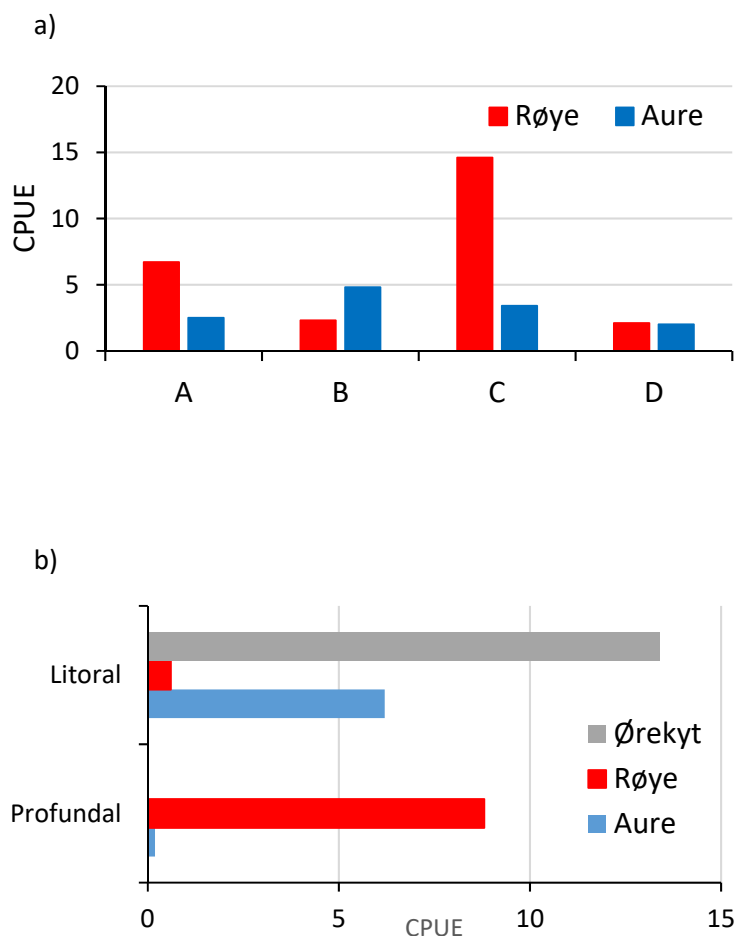
Art	St A	St B	St C	St D	Sum garn	CPUE	Trål	Totalsum
Røye	52	19	60	18	149	5,5	45	194
Aure	14	26	19	11	70	2,6	26	196
Ørekyt	15	44	34	52	145	5,4	0	145
Sum	81	89	113	80	364		71	535
CPUE	12,0	13,2	16,7	12,0	13,5			



Figur M2. Artssammensetning i garnfangstene i bentisk sone (nordisk bunn garn) på fire stasjoner i Møsvatn, september 2018. Fangst per innsats (CPUE) på de fire stasjonene er vist i figur M3a.

Det var størst fangst av røye på stasjon C, med CPUE = 14,6 fisk (**figur M3a**). Lavest røyefangst var på stasjon D, med CPUE = 2,1 fisk. Størst aurefangst var det på stasjon B, med CPUE = 4,8 fisk. Ørekyt ble bare fanget i strandsona, der CPUE varierte mellom 5,6 og 19,3 fisk (**figur M3b**). Auren var også i størst tetthet i strandsona, med bare noen få individer dypere enn 12 m (CPUE = 0,2 fisk). Røyefangstene var derimot større på dypt vann enn i strandsona (CPUE hhv. 8,8 og 0,5 fisk).

I pelagialsona utgjorde aure 43 % og røye 57 % av fangsten i overflatetrekket (0-8 m), mens det kun ble fanget røye på dyptrekket (8-12 m dyp).



Figur M3

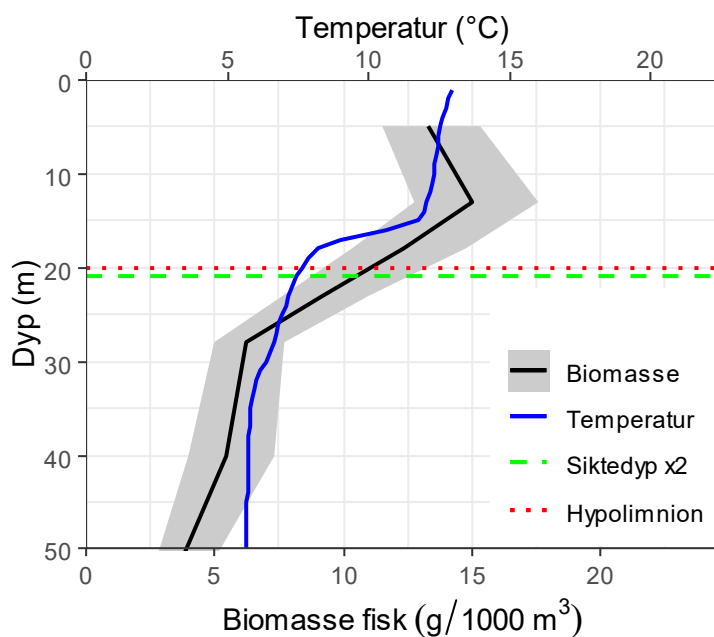
a) CPUE av aure og røye på de fire bunngarnstasjonene i Møsvatn, september 2018.

b) Fangst i litoralsona (0-12 m) og i profundalsona (>12 m), som gjennomsnitt for fire garnstasjoner i Møsvatn, september 2018.

CPUE = antall fisk per 100 m² garnareal og natt.

3.3.3 Ekkoloddregistreringer

Beregnet biomasse av fisk ut fra ekkoloddregistreringene i Møsvatn viser en tydelig topp i epilimnion (**figur M4**), både i tetthet og biomasse (**tabell M2**). Det meste av fisken stod dermed i eller over sprangsjiktet (**figur M4**). Tettheten av ettåringer og eldre aure og røye var høyere enn tettheten av årsyngel både i epi- og hypolimnion (**tabell M2**). Aure hadde høyere biomasse enn røye i epilimnion, men summerer vi begge sonene finner vi at biomassen av aure og røye var temmelig lik. Gjennomsnittsvekt i fangst og estimert fra ekkostyrke (TS) stemte godt overens i Møsvatn (**tabell M2**).



Figur M4. Vertikalprofil for fiskebiomasse og temperatur i Møsvatn. Gråskravert område viser gjennomsnittlig biomasse ± 1 standardfeil. Dypet for 2x siktedyp og for grensa definert som overgangen mellom epilimnion og hypolimnion i analysene er også indikert.

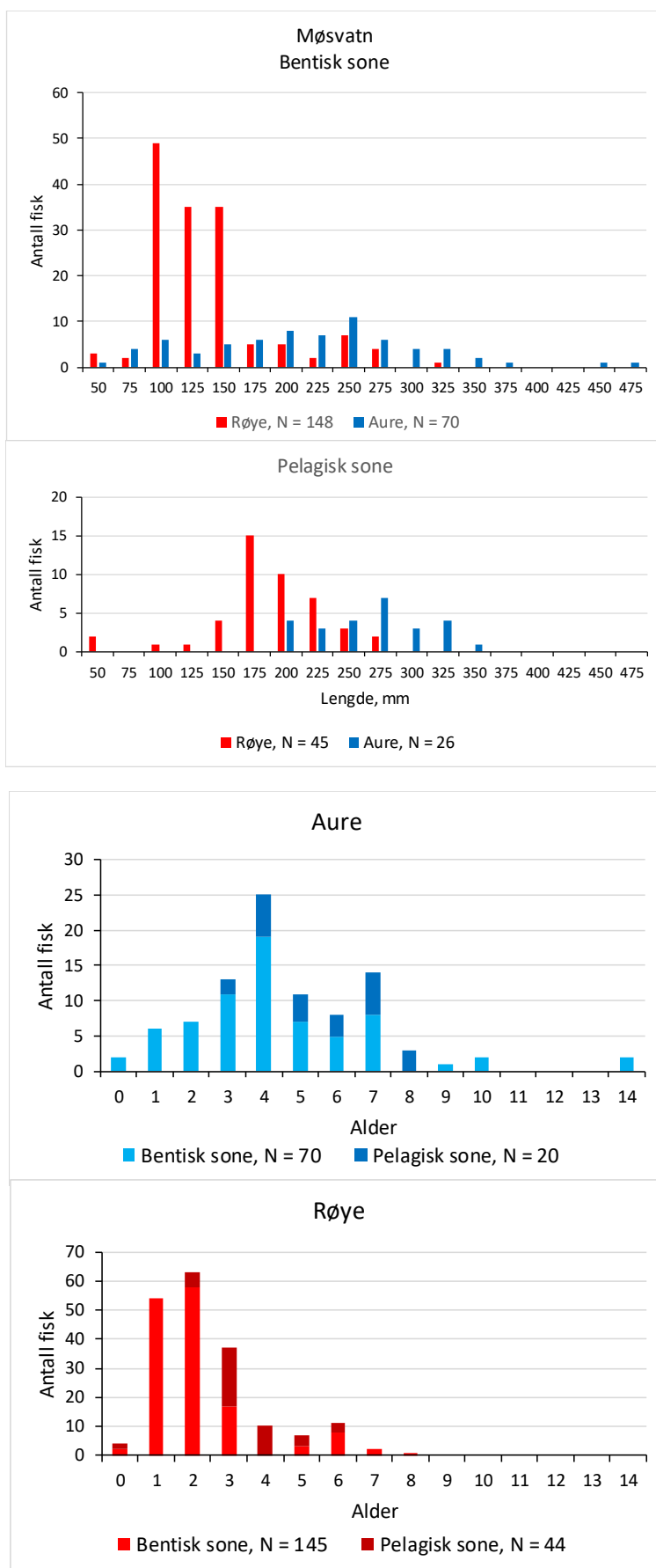
Tabell M2. Tetthet og biomasse av fisk i pelagialsona i Møsvatn beregnet ut fra ekkoloddregistreringer. Gjennomsnittsvektene i fangstene og estimert fra ekkostyrke (TS) er basert på fisk større enn om lag 67 mm (TS > -50 dB).

	Tetthet (# fisk / ha)			Biomasse (kg / ha)			Snittvekt (g)	
	Årsyngel	Ett år og eldre	95 % konfidens- og intervall eldre	Totalt	Aure	Røye	Fangst	TS
Epilimnion	7.7	15.3	11.4-19.9	2.34	1.48	0.86	154	153
Hypolimnion	4.7	8.6	4.0-17.7	0.56	0	0.56	66	65

3.3.4 Aure, røye og ørekyt

Både for røye og aure ble det tatt mest små fisk i den bentiske sona (**figur M5**). Bunngarnfangstene av røye var dominert av fisk mellom 100 og 175 mm. Den minste røya var 6,1 cm. I trålfangstene dominerte røye større enn 150 mm, og største fisk var 285 mm. Det var imidlertid også enkelte røyer ned til 50 mm i trålfangsten. I bunngarnfangstene var alle størrelsesgrupper av aure representert, fra 5,5 til 49 cm (**figur M5**). Størrelsesgruppene mellom 75 og 350 mm var mest tallrike. Trålfangsten av aure omfattet langt færre lengdegrupper, mellom 200 og 375 mm.

Størrelsesfordelingen til aure og røye i den bentiske og pelagiske sona gjenspeiles i aldersfordelingen (**figur M6**). Auren i den bentiske sona var fra aldersgruppe 0 år (årsyngel) til 14 år, med aldersgruppene 2-7 år som de mest tallrike. I pelagisk sone var auren mellom tre og åtte år gammel. Røya i bentisk sone var mellom 0 og 8 år gammel, med ett- og toåringer som mest tallrike. I pelagisk sone var de fleste røyene mellom 2 og 6 år gamle, men det ble også fanget én årsyngel i trålen.



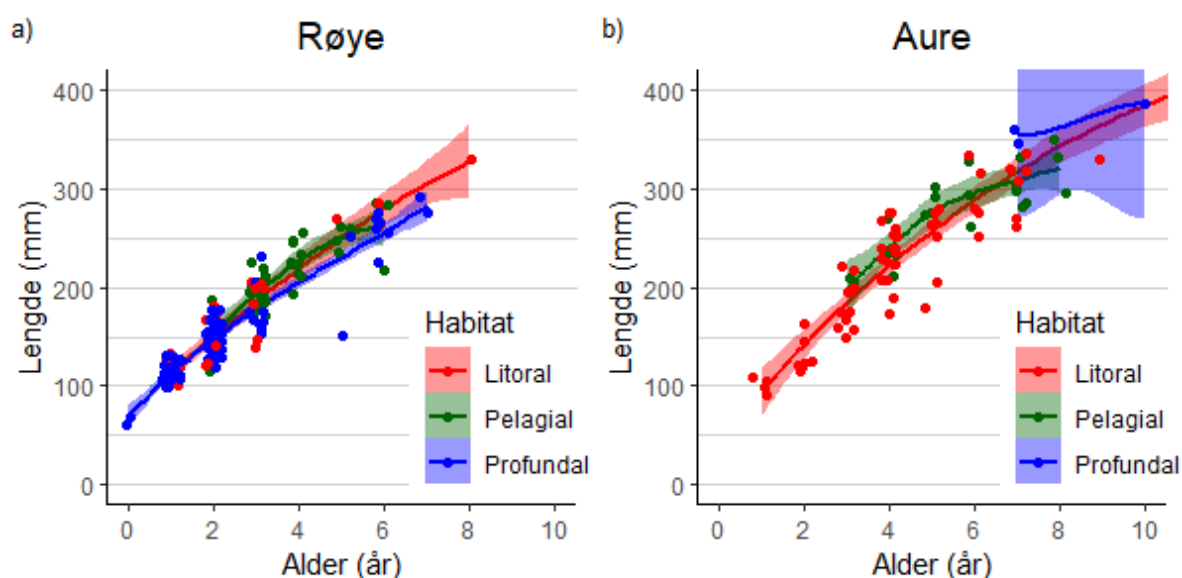
Figur M5. Lengdefordeling hos aure og røye i bunngarnfangster (bentisk sone) og i trålfangster (pelagisk sone) i Møsvatn, september 2018. N = antall fisk.

Figur M6. Aldersfordeling hos aure og røye i bunngarnfangster (bentisk sone) og i trålfangster (pelagisk sone) i Møsvatn, september 2018. N er antall fisk.

Røya i Møsvatn vokste ca. 40 mm per år fram til femårsalderen (det vil si etter seks vekstsesonger). Fem-åringer hos røya var i gjennomsnitt 254 mm (**figur M7a**). Hos eldre fisk avtok veksten, slik at seksårig fisk var i gjennomsnitt 262 mm. Det var svært få eldre røyer (tre sju- og åtteåringer). Det var ingen tegn til forskjellig vekst hos røye fanget i ulike habitat for tre år og yngre røye, mens det for eldre røye var en svak tendens til dårligere vekst hos røye fanget i profundalen.

Aurens vekst, målt som gjennomsnittlig lengde per aldersgruppe, var nesten identisk med røya fram til femårsalder, da auren var 260 mm (**figur M7b**). Veksten hos aure fortsatte imidlertid også hos eldre fisk, og sjuårig aure var i gjennomsnitt 312 mm. Enkelte eldre individer, som trolig var fiskepisende, nådde opp i nesten 500 mm. Vekst hos aure tilbakeberegnet fra skjell stemmer godt overens med gjennomsnittslengde ved en gitt alder (**figur M7c**), med en gjennomsnittlig lengde på 300 mm ved sjuårsalderen. Vi ser også at auren har vedvarende vekst opp til mer enn åtteårsalder. Disse observasjonene tyder på en relativt langsom vekst hos aure i Møsvatn, veldig lik veksten på 1990-tallet (Saltveit & Brabrand 2002). Den er imidlertid noe lavere enn i perioden 1998-2010 (Brabrand 2011), og særdeles mye lavere enn i 1915 (Huitfeldt-Kaas 1927). Vekstkurvene viser også store individuelle forskjeller i vekst og vekstforløp (**figur 7c**), men vi fant ingen klar forskjell i veksten mellom aure fanget i ulike habitat (**figur M7b**).

All ørekyt ble lengdemålt til mellom 48 til 99 mm, med median lengde 78 mm.

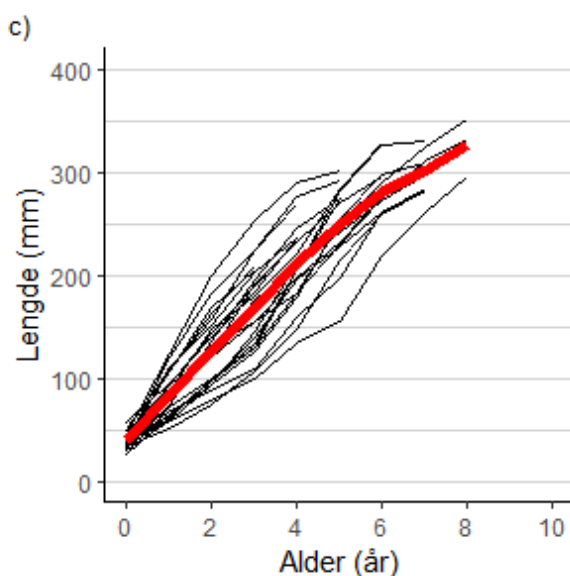


Figur M7.

a) Lengde ved alder hos røye fanget i bunngarn og trål i Møsvatn, september 2018. Kurver med skraverte usikkerhetsintervall viser vekstkurver estimert med loess lokalregresjon, farge indikerer habitatet fisken ble fanga i. $N = 187$.

b) Lengde ved alder hos aure fanget i bunngarn og trål i Møsvatn, september 2018. Kurver med skraverte usikkerhetsintervall viser vekstkurver estimert med loess lokalregresjon, farge indikerer habitatet fisken ble fanga i. $N = 94$.

c) Svarte kurver viser individuelle vekstkurver hos aure i Møsvatn, basert på tilbakeberegning fra skjell fra 24 trålfanga aure mellom 3 og 8 år gamle. Rød kurve viser gjennomsnittlig tilvekst.



3.3.5 Økologisk tilstand

Møsvatn er en middels dyp innsjø (maks dyp 68,5 m), med ca. 60 % av innsjøarealet grunnere enn 20 m. Innsjøen er hardt regulert (18,5 m), noe som fører til at relativt store arealer tørrlegges eller fryser inn når magasinet er regulert ned til LRV. Det finnes tre fiskearter i innsjøen: aure, røye og ørekyt. Ørekyt er introdusert. Røye utgjorde 41 %, ørekyt 40 % og aure 19 % av antallet fisk i bunngarnfangstene. Forholdet mellom røye og aure var altså 68 versus 32 %. I trålfangsten var det 63 % røye og 37 % aure. Ved et prøvefiske i 1997-1998 ble det fanget 60 % røye og 40 % aure (Brabrand & Saltveit 2002). I 1997-1998 ble det brukt flytegarn som fanget et lite antall fisk; flest aure. Det ble også gjort undersøkelser med ekkolodd i 1998, og konkludert med tettheter på 20-50 fisk/ha. Tetthetene i 2018 var også i denne størrelsesorden. I løpet av vel 20 år har det tilsynelatende skjedd ingen eller små endringer i forholdet mellom røye og aure i Møsvatn. For røye har det imidlertid vært observert nedgang i rekruttering på 2000-tallet (Brabrand 2011). Vi ser også betydelige variasjoner i vekst hos aure i ulike tidsperioder i Møsvatn.

I forhold til tilførsel av næringsalter (eutrofiering) viser WS-FBI-indeksen at fiskesamfunnet i Møsvatn er i *svært god* tilstand (**tabell M3**). Introduksjonen av ørekyt, som er vurdert til *svært høy risiko* (<https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018>), fører til at tilstandsklassen for fisk likevel ikke kan være bedre enn *god*. Den harde reguleringa, nesten to ganger siktedypet, gjør imidlertid at innsjøen er en *sterkt modifisert vannforekomst*.

Tabell M3. Estimert biomasse av pelagisk fisk i Møsvatn, samt nEQR basert på WS-FBI. Merk at årsyngel ikke er med i biomasseestimata.

A (km ²)	L (km)	D	Biomasse (kg/ha)		TBM (t)	WS-FBI	nEQR	Status
			Aure	Røye				
79,1	58,7	6,6	1,48	1,42	22,99	3,19	1,07	SG

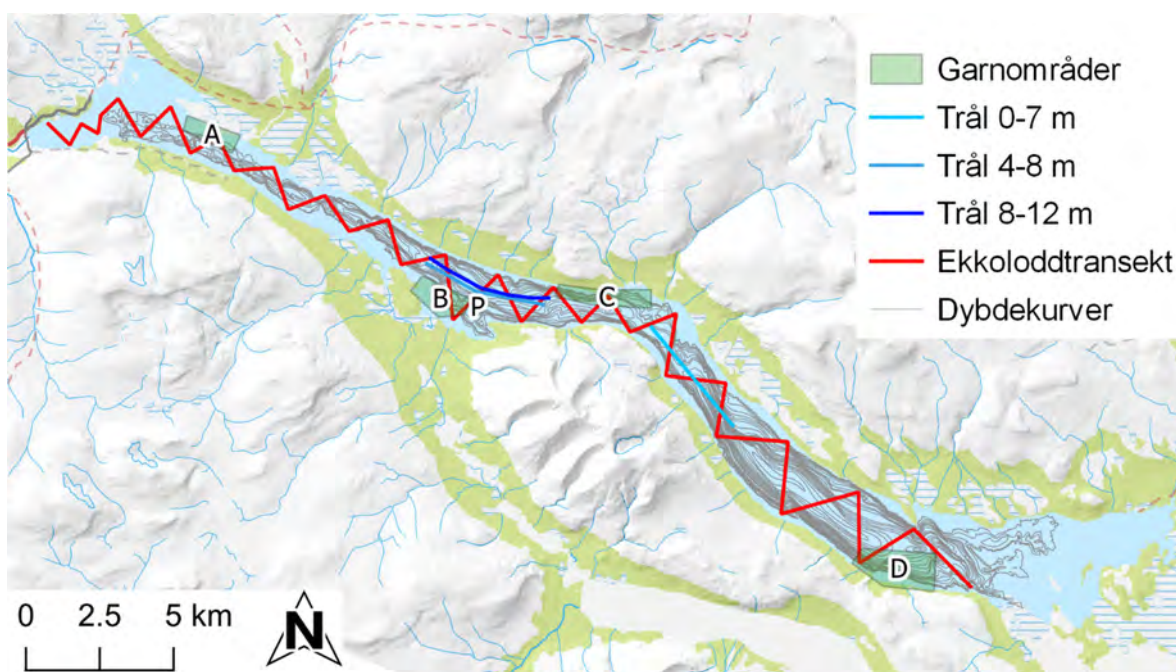


Fangst fra et tråltrekk på Møsvatn høsten 2018. Foto: Knut Andreas E. Bækkelie, NINA

3.4 Altevatnet

3.4.1 Feltarbeid

Fisket med nordiske bunngarn i Altevatnet ble gjennomført 27.-29. august 2018 på fire stasjoner (**figur A1**). Det ble fisket fra strandsona ned til ca. 13 m dyp med seks bunngarn på alle de fire stasjonene (A, B, C og D). På stasjonene B, C og D ble det i tillegg fisket med to lenker á tre bunngarn i profundalsona, dvs. fra 15 til 40 m dyp. Videre ble det på stasjon P (**figur A1**) fisket med én lenke med fire flytegarn på 0-6 m dyp, og én lenke med tre flytegarn på 10-16 m dyp. Flytegarna stod ute i to netter og én dag, altså 36 timer. Det er tatt hensyn til dette ved beregning av CPUE. Alle garna var av typen nordiske oversiktsgarn (sammensatt av 12 maskevidder med 5-55 mm i paneler på 2,5 m). Bunngarna var 1,5 m dype, mens flytegarna var 6 m dype. Trålfisket ble gjennomført i løpet av natta mellom 28. og 29. august 2018, med ett trekk (á 4,3 km) i 0-8 m dyp, ett trekk (4,2 km) i 4-8 m dyp (ikke fungerende, tråldørene hadde snurret seg rundt hverandre), og ett trekk (4,3 km) i 8-12 m dyp (**figur A1**). Ekkoloddregistreringene ble gjennomført i løpet av nettene mellom 26. og 28. august 2018, etter en sikksakk-kurs på 52 km, som tilsvarer en dekningsgrad på 5,8 (**figur A1**).



Figur A1. Plassering av fire bunngarnområder (A, B, C, D), tråltrekk og utkjørt kurs for ekkoloddregistrering i Altevatnet, august 2018. P er stasjon der det ble fisket med flytegarn på 0-6 og 10-16 m dyp.

3.4.2 Fangster og habitatbruk

Det finnes seks fiskearter i Altevatnet: aure, røye, lake, gjedde, abbor og ørekyt. Det er usikkert om ørekyt er introdusert, eventuelt sluppet eller satt ut etter å ha vært brukt som levende agn i aurefisket. Den ble observert av lokale fiskere på 1960-tallet, men ble første gang bekreftet under et prøvefiske i 2009 (Kanstad Hansen 2010). Den var også registrert i tilløpselva Gámasjohka ved elfiske i 1997 (Svenning mfl. 1998). Bestanden av gjedde og abbor ble kraftig redusert på grunn av reguleringa, og artene forekommer nå trolig bare i de grunne områdene helt øst i innsjøen (Svenning 1981). Under et garnfiske i 2015 ble det fanget i alt 34 abbor, hvorav 33 stk. sammen med to gjedder i østenden av Altevatnet, dvs. i området ved utløpet av Gámasjohka (Dahl-Hansen 2016). Det ble ikke fanget abbor og gjedde under prøvefisket i 2018, noe som trolig skyldes at det ikke ble satt garn i den østligste delen av innsjøen for å unngå beskatning av aure nært Oustoeelva.

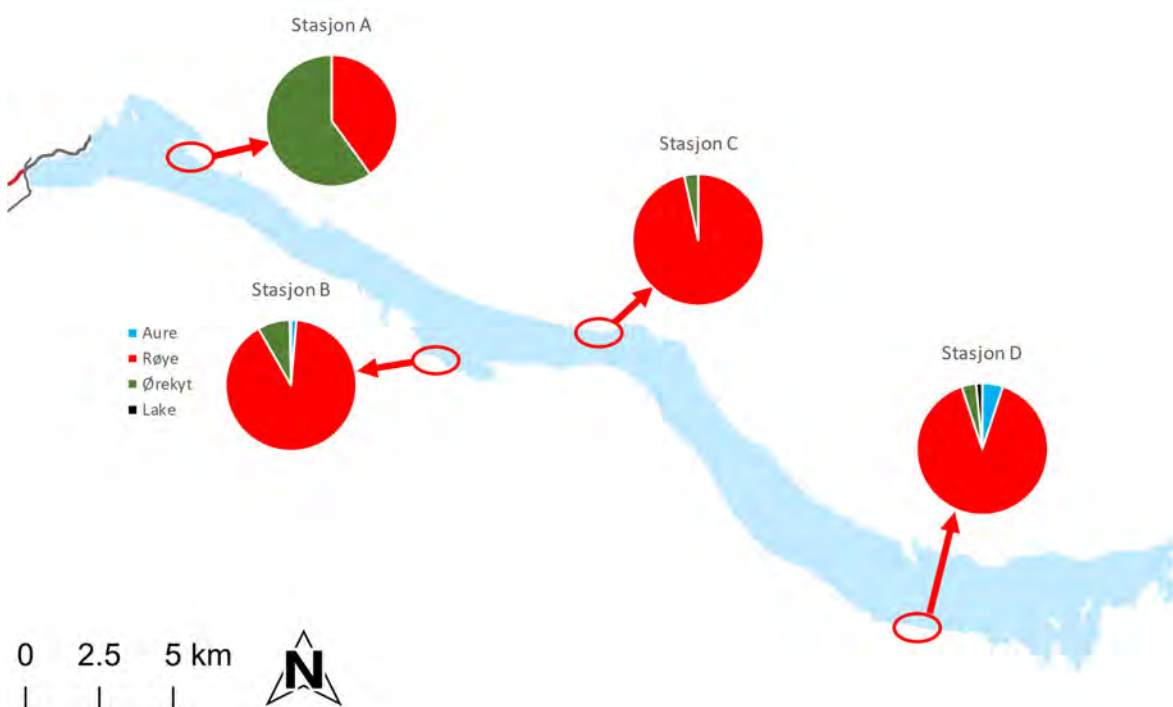
Det ble fanget totalt 393 fisk i Altevatnet, hvorav 344 røye, 36 ørekyt, 8 aure og 5 lake. I bunngarnfisket ble det fanget 320 røye, 8 aure, 36 ørekyt og 5 lake, i alt 369 fisk (**tabell A1**). På flytegarna ble det fanget 21 røye, derav 11 røye på 0-6 m dyp og 10 røye på 10-16 m dyp. I trålen ble det fanget 3 røye (én fisk i 0-8 m dyp, to fisk i 20-28 m dyp). Tråltrekket på 4-8 m dyp ble mislykket fordi tråldørene hengte seg i hverandre, og det ble ikke fanget fisk på dette trekket. Det ble også fanget 16 røye på standardgarn til miljøgiftanalyser. Disse er ikke inkludert i denne rapporten.

Røya dominerte stort i alle områder og habitater, bortsett fra i litoralfangstene i område A, der det ble fanget 14 røye og 21 ørekyt (**tabell A1, figur A2**). De fleste aurene (7 av totalt 8) ble fanget på stasjon D. Alle aurene ble fanget i litoralsonen. De fem lakene ble fanget på stasjon B (N=2) og D (N=3).

Tabell A1. Fangstoppsummering for prøvefisket i Altevatnet, august 2018. Se også **figur A2**.

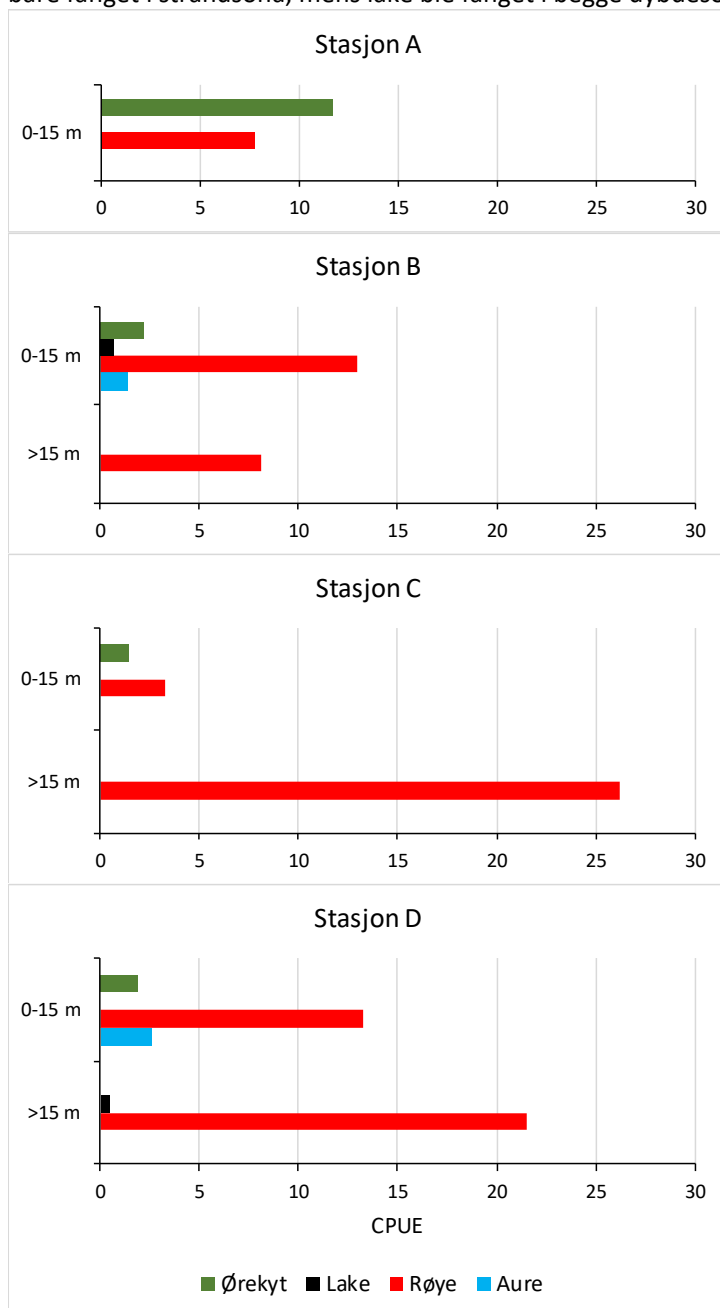
Art	Bunngarnstasjon					CPUE	Flytegarn			Total fangst
	A	B	C	D	Sum		Trål	Flytegarn	CPUE	
Røye	14	68	115	123	320	14,5	3	21	0,56	344
Aure	0	1	0	7	8	0,4	0	0	0	8
Ørekyt	21	6	4	5	36	1,6	0	0	0	36
Lake	0	2	0	3	5	0,2	0	0	0	5
Sum	35	77	119	138	369	16,7	3	21	0,56	393
CPUE	19,4*	11,4	17,6	20,4						

*På stasjon A ble det bare fisket på grunt vann.



Figur A2. Artssammensetning i garnfangstene i bentisk sone (nordisk bunngarn) på fire stasjoner (A-D) i Altevatnet, august 2018. Merk at det på stasjon A bare ble fisket i strandsona (<15 m dypt). Fangst per innsats (CPUE) på de fire stasjonene er vist i **figur A3**.

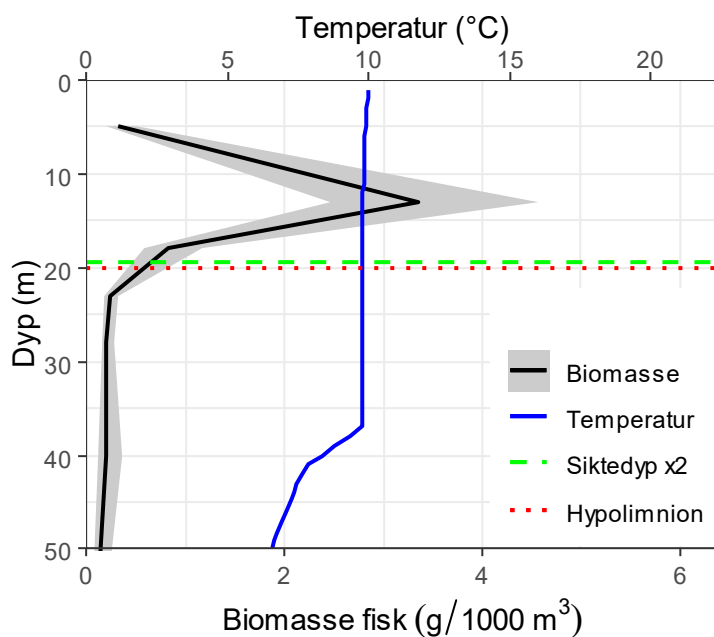
Fordelingen av artene i dypet varierte mellom stasjonene. På stasjon C og D var fangsten av røye størst på dyp >15 m (**figur A3**), mens det på stasjon B var størst røyefangst i strandsona. Ørekyt og aure ble bare fanget i strandsona, mens lake ble fanget i begge dybdesoner.



Figur A3. CPUE (antall fisk per 100 m² garnareal og natt) av røye, aure, ørekyt og lake på de fire bunngarnstasjonene i Altevåttet, august 2018. I tillegg ble det fanget 21 røyer på pelagiske garn, tilsvarende CPUE på 0,5 og 0,6 røye på henholdsvis 0-6 m og 10-16 m dyp.

3.4.3 Ekkoloddregistreringer

Beregnet biomasse av fisk ut fra ekkoloddregistreringene i Altevåttet viser en tydelig topp i epilimnion (**figur A4**), både i tetthet og biomasse (**tabell M2**). Det meste av fisken stod dermed over sprangsjiktet (**figur A4**), som riktignok var veldig dypt, nede på 35-40 m. Pelagisk tetthet i Altevåttet var svært lav. I og med at det i flytegarn og trål kun ble fanget røye, går vi ut fra at ekkoloddregistreringene representerte røye. Tettheten av ettåringer og eldre røye var lavere enn tettheten av årsyngel både i epi- og hypolimnion (**tabell A2**). Gjennomsnittsvekt i fangst og estimert fra ekkostyrke (TS) stemte rimelig godt overens i epilimnion i Altevåttet (**tabell A2**), mens vi på grunn av manglende fangst ikke hadde sammenligningsgrunnlag for hypolimnion.



Figur A4. Vertikalprofil for fiskebiomasse og temperatur i Altevatnet. Gråskravert område viser gjennomsnittlig biomasse ± 1 standardfeil. Dypet for 2x siktedyp og for grensa definert som overgangen mellom epilimnion og hypolimnion i analysene er også indikert.

Tabell A2. Tetthet og biomasse av fisk i pelagialsona i Altevatnet beregnet ut fra ekkoloddregistreringer. Gjennomsnittsvektene i fangstene og estimert fra ekkostyrke (TS) er basert på fisk større enn om lag 67 mm (TS > -50 dB).

	Tetthet (# fisk / ha)			Biomasse (kg / ha)	Snittvekt (g)	
	Årsyngel	Ett år og eldre	95 % konfidens- og intervall eldre		Røye	Fangst
Epilimnion	3,3	1,3	0,7-2,1	0,14	136	112
Hypolimnion	8,6	2,1	0,6-7,0	0,05	-	23

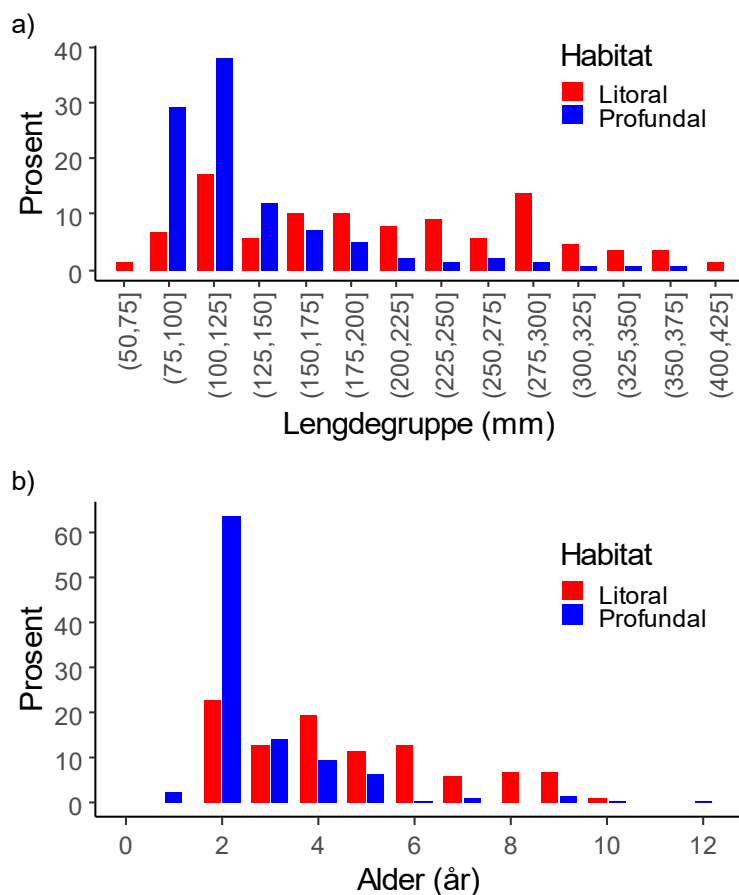
3.4.4 Røyebestanden

Røya som ble fanget i bunngarn i Altevatnet var mellom 76 og 443 mm (**figur A5a**). Fisk fanget i litoralsona (grunnere enn 15 m) var vesentlig større (snittlengde/-vekt = 222 mm og 205 g) enn fisk fanget i profundalen (snittlengde/-vekt = 140 mm og 41 g). Lengdedata for 58 røyer gikk tapt i et datauhell, men alderslesing av otolithene fra disse individene viste samme fordeling som resterende fisk fanget i profundalen. Vi antar derfor at den totale lengdefordelingen ikke ble påvirket av tapet. I litoral- og profundalfangstene var henholdsvis 57 og 11 % av røyene over 200 mm. Røyene som ble fanget i flytegarnera var fra 111 til 362 mm, og med snittlengde/-vekt på 212 mm og 137 g. De tre røyene fanget under trålfisket var alle omkring 240 mm.

Aldersfordelingen hos røya fanget i strandsona og på dypt vann viser et tilsvarende mønster (**figur A5b**). Snittalderen hos røye fanget i profundalsona var bare 2,8 år, med sterk dominans av toåringer (64 %). Hos røye fanget i litoralsona var snittalderen 4,6 år og bare 23 % av fiskene tilhørte toårsklassen. Røye fanget på flytegarner var fra 2 til 11 år, der snittalderen var 4,8 år og 18 % tilhørte toårsklassen.

Røyas vekst var jevn fram til en gjennomsnittlig lengde på ca. 300 mm ved sjuårsalderen (**figur A6**). Deretter stagnerte veksten; gjennomsnittlig lengde hos åtte- og niåringer var også rundt 300 mm. Den største fisken i materialet var en hannfisk på 414 mm, mens den eldste fisken var en 12-årig hunn på 328 mm. Veksten synes noe bedre i litoralen enn i profundalen, men profundalt fanga røye synes ikke å ha vekststagnasjon ved 100-150 mm lengde, slik vi ville forvente for en egen småvekst profundalform.

I åra 2002 til 2006 ble det tatt ut over en million røyer i Altevatn, og brukt som settefisk i Villmarksfisks produksjon av innlandsrøye i et landbasert anlegg ved Setermoen. Registreringen av snittvekter var relativt unøyaktig, men det antas at uttaket tilsvarte ca. 30-40 tonn. Basert på undersøkelser i Altevatn i 2002 (Kanstad-Hansen & Svenning 2008) og i 2009 (Kanstad-Hansen 2010) ble det påvist signifikant økt vekst hos røye eldre enn tre år fra 2002 til 2009. Det må antas at dette skyldes redusert tetthet i røyebe-standen på grunn av teinefisket 2002-2006. Lengde ved alder hos røye fanget i 2018 (denne undersøkelsen) og 2015 (Dahl-Hansen 2016) er stort sett i samsvar med undersøkelsen fra 2009. Sammenlignet med undersøkelsen i 1981 (Svenning 1981), har innslaget av stor røye (> 25 cm) økt kraftig i Altevatnet. Kvaliteten på røya, dvs. både kondisjonsfaktor og andel fisk med rød kjøttfarge har også økt, samt at antall cyster av måsemakk i innvollene har avtatt.



Figur A5

a) Lengdefordeling hos røye fanget i strandsona (litoral, 0-15 m) og på dypere vann (profundalt, >15 m) i Altevatnet, august 2018. N = antall lendemålt fisk. (Lengdedata gikk tapt for 58 røye fanget i profundalsona, men disse fiskene kunne aldersbestemmes og alder er inkludert i aldersfordelingen under. $N_{litoral} = 88$, $N_{profundal} = 155$.

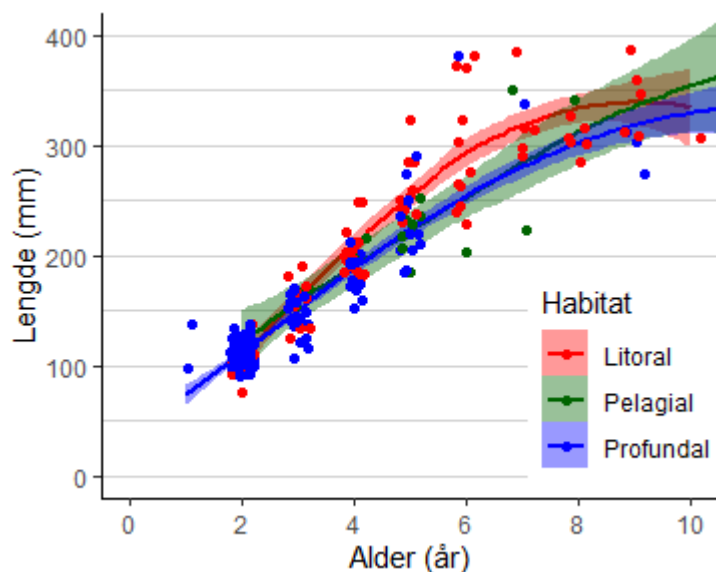
b) Aldersfordeling hos røye fanget i strandsona (litoral, 0-15 m) og på dypere vann (profundalt, >15 m) i Altevatnet, august 2018. $N_{litoral} = 87$, $N_{profundal} = 206$.

3.4.5 Andre fiskearter

Ørekyta som ble fanget i Altevatnet var mellom 53 og 83 mm, med medianlengde på 68 mm. Aure var mellom 181 og 501 mm, 65 g og 2,1 kg. To uskada større aure på anslagsvis 1,0 og 2,5 kg fanga på stasjon D (inkludert i **tabell A1**) ble gjenutsatt for å beskytte gytebestanden av aure. Som ved tidligere prøvafiske ble aure hovedsakelig fanget i indre del av Altevatnet (Svenning 1981, Kanstad-Hansen 2010, Dahl-Hansen 2016). Lakene i fangsten var 22-23 cm og veide 60-70 g.

3.4.6 Økologisk tilstand

Altevatnet har et største dyp på 111 m og er regulert 16,2 m. En stor andel av innsjøen (ca. 73 %) er grunnere enn 20 m. Det innebærer at når vannstanden er på LRV vil store områder være tørrlagt eller



Figur A6. Lengde ved alder for hunn- og hannfisk av røye fanget i Altevattnet, august 2018. Datapunktene er svakt forskjøvet i x-retning for bedre å vise alle punkter. Kurvene med skravering viser vekstkurver med feilmargen basert på loess-lokalregresjon, farge angir habitatet fisken ble fanga i.

innfryst. Det er uklart om ørekyt er introdusert i innsjøen, men den ble påvist av lokale fiskere på 1960-tallet. Bestanden av gjedde og abbor er kraftig redusert på grunn av reguleringa, og forekommer trolig bare i de grunne områdene øst i innsjøen (Svenning 1981, Dahl-Hansen 2016). Sammenlignet med prøvefisket i 2002 og 2009 (Kanstad-Hassen 2010) på de fem vestligste garnstasjonene og i 2015 for de samme stasjonene (Dahl-Hansen 2016), synes det å være svært små endringer i artsfordelingen i bunn-garnfangstene, med en nedgang i andelen lake, en økning i andelen røye og aure, og en stabil andel ørekyt (Kanstad Hansen 2010). CPUE i bunn-garn var i samme størrelsesorden i 2018 (14,5) som i 2002 (16,6) og 2009 (12,8), mens den var vesentlig lavere i 2015 (8,7). For aure var CPUE i bunn-garnfangstene svært lik i 2009, 2015 og 2018, mens den var mye lavere for lake og abbor i 2018. Pelagisk CPUE (flyte-garn) var svært mye lavere enn i 2015 og i 2002-2003 (Kanstad-Hansen & Svenning 2008, Dahl-Hansen 2016). Sammen med lave trålfangster og lavere tetthet på ekkoloddet i 2018 (15,3 røye/ha) enn i 2003 (40-60 røye/ha, Kanstad-Hansen & Svenning 2008), er dette klare indikasjoner på at den reelle tettheten av pelagisk røye har gått tilbake siden 2002. Lengdefordelinga for røye over 100 mm var noenlunde like i 2001, 2009, 2015 og 2018 (Kanstad-Hansen 2010, Dahl-Hansen 2016), fisk under 100 mm ble i liten grad fanga i 2002 og 2009 siden det ikke ble fisket med maskevidder < 10 mm. Fiskesamfunnet i Altevattnet synes dermed å være i en relativt stabil tilstand, men med redusert pelagisk tetthet. Fiskesamfunnet har åpenbart gått gjennom relativt store endringer etter 1960 når den kraftige reguleringa var gjennomført, blant annet ved at abbor og gjedde nesten er borte fra innsjøens hovedbasseng. Fangstene av aure har også gått kraftig tilbake sammenlignet med tilstanden før og like etter reguleringa. Hvorvidt ørekyt finnes naturlig i Altevattnet er usikkert, den finnes også flere steder i Barduvassdraget og i Målselvdassdraget, og i noen innsjøer i Kiruna i Tornevassdraget. Den potensielle introduksjonen av ørekyt kan ytterligere ha redusert tilstanden for fiskesamfunnet. WS-FBI-indeksen viser at Altevattnet i forhold til eutrofiering er i *svært god* tilstand (**tabell A3**). På grunn av den kraftige reguleringen er Altevattnet en *sterkt modifisert vannforekomst*. Artsdatabanken har vurdert den økologiske effekten av introdusert ørekyt til *svært høy risiko*, slik at tilstanden ikke kan settes til bedre enn *god*.

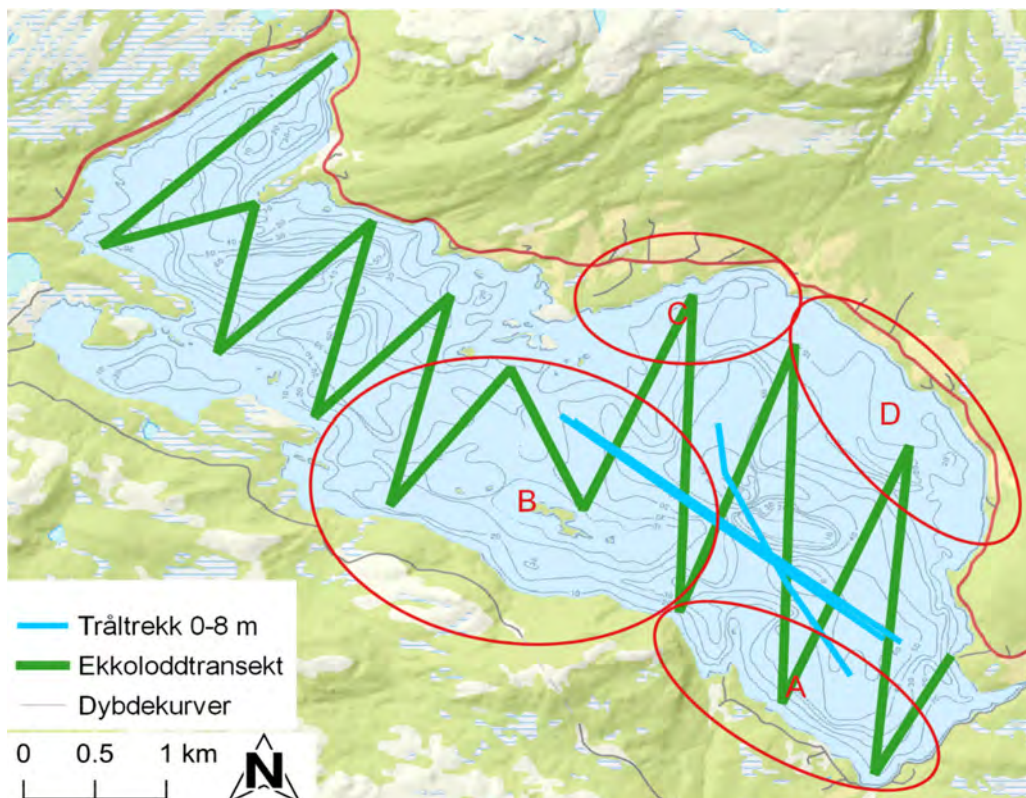
Tabell A3. Estimert biomasse av pelagisk fisk i Altevattnet, samt nEQR basert på WS-FBI. Merk at årsyngel ikke er med i biomasseestimata.

A (km ²)	L (km)	D	Biomasse (kg/ha)		WS-FBI	nEQR	Status
			Røye	TBM (t)			
79,7	51,9	5,8	0,19	1,54	6,41	1,78	SG

3.5 Takvatnet

3.5.1 Feltarbeid

Fisket med nordiske bunngarn i Takvatnet ble gjennomført 7.-9. august 2018 på fire stasjoner (**figur T1**). Det ble fisket med nordiske bunngarn fra strandsona ned til ca. 40 m dyp. Trålfisket ble gjennomført i løpet av natta mellom 16. og 17. august 2018, med tre trekk (henholdsvis 2,1, 2,7 og 2,8 km) i 0-8 m dyp (**figur T1**). Ekkoloddregistreringene ble gjennomført i løpet av natta mellom 15. og 16. august 2018, etter en sikksakk-kurs på 27,1 km (**figur T1**). Det tilsvarer en dekningsgrad på 6,2.



Figur T1. Plassering av fire bunngarnstasjoner (A, B, C, D), områder for tråltrekk og utkjørt kurs for ekkoloddregistrering i Takvatnet, august 2018.

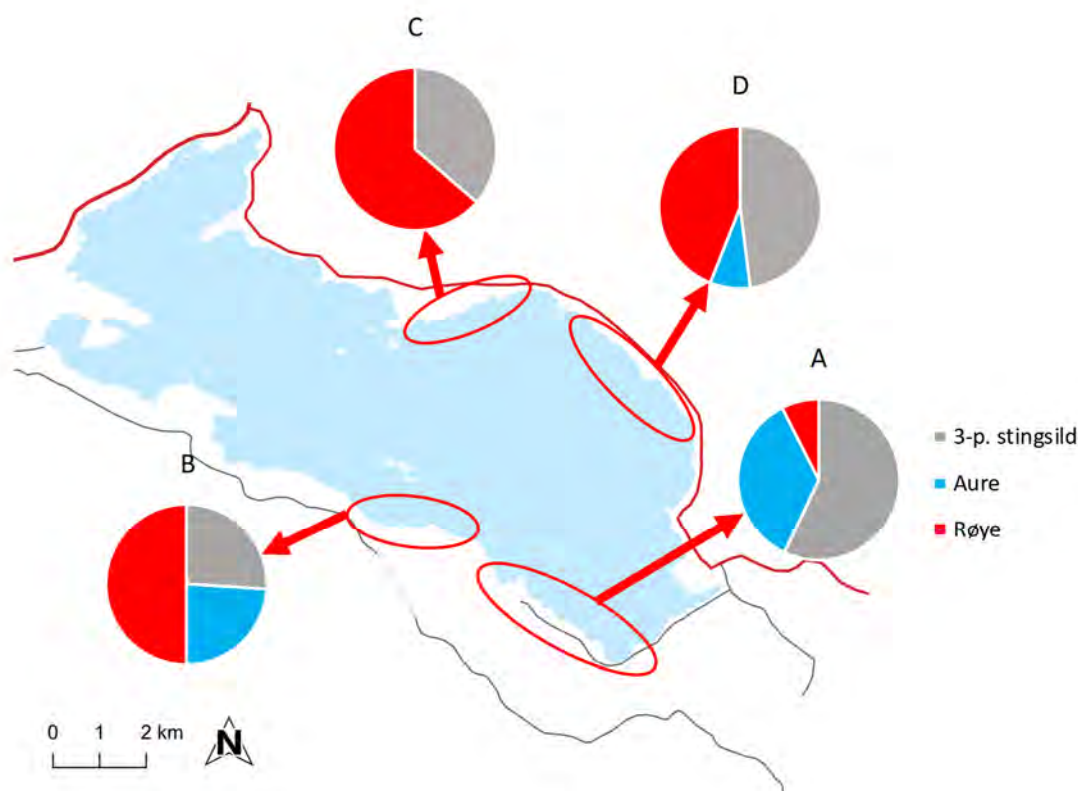
3.5.2 Fangster og habitatbruk

I bunngarnfisket i Takvatnet ble det fanget tre arter: 79 røye, 52 aure og 106 trepigga stingsild, til sammen 237 fisk (**tabell T1**). I trålen ble det ikke fanget fisk. I Takvatnet er både røye og trepigga stingsild introduserte arter. Auren kan være genetisk påvirket av et stort utsettingsprogram med Tunhovdaure på et tidspunkt da den naturlige forekommende aurebestanden var på et svært lavt nivå (Svenning 1989), men dette har ikke vært undersøkt.

Trepigga stingsild utgjorde mellom 26 og 57 % av antall fisk i fangstene på de fire stasjonene. Forholdet mellom røye og aure varierte imidlertid langt mer. Mens det på stasjon A var 4,8 aure for hver røye, var det på stasjon C ingen aure men 35 røye. Fangst per innsats (CPUE) av aure og røye samlet varierte mellom 7,9 og 3,3 fisk (på henholdsvis stasjon A og B), gjennomsnittlig var den 5,1.

Tabell T1. Samlet fangst ved prøvefiske i Takvatnet, august 2018. Stasjonenes plassering er vist på **figur T1**.

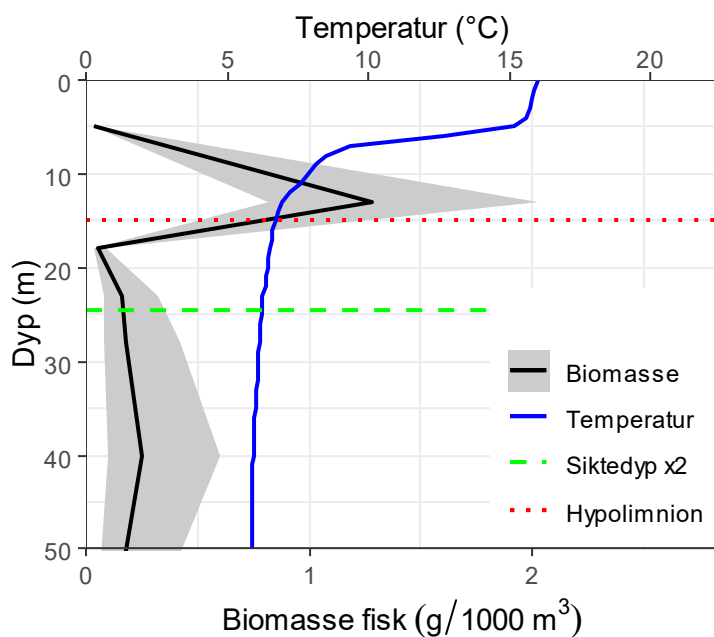
Stasjon	A	B	C	D	Sum	CPUE
Røye	8	25	35	11	79	3,1
Aure	38	12	0	2	52	2,0
Trepigga stingsild	61	13	20	12	106	4,1
Sum	107	50	55	25	237	
CPUE	18,3	4,4	9,4	9,3	9,2	



Figur T2. Artssammensetning i garnfangstene i bentisk sone (nordisk bunngarn) på fire stasjoner (A-D) i Takvatnet, august 2018.

3.5.3 Ekkoloddregistreringer

Beregnet biomasse av fisk ut fra ekkoloddregistreringene i Takvatnet viser en tydelig topp i epilimnion (**figur T3**), både i tetthet og biomasse (**tabell T2**). Det var imidlertid stor forskjell i mellom dybden for sprangsjiktet (5-8 m) og dybden for 2 x siktedyp (25 m). Vi definerte overgangen mellom epi- og hypolimnion ved 15 m. Det pelagiske fiskesamfunnet var dominert av årsyngel og/eller stingsild i Takvatnet, vi antar at en stor del av dette kan være stingsild. Tetthetene av ettårig og eldre røye var veldig lave, noe som kan være med å forklare at vi ikke fikk fangst i trålen. Gjennomsnittsvekt av ettårig og eldre røye i pelagialsona ble estimert til 30 og 20 g i henholdsvis epi- og hypolimnion basert på ekkostyrkefordeling, som tilsier at den pelagiske røya var småvokst. De lave tetthetene av pelagisk røye i Takvatnet er også reflektert av fravær eller lave fangster av røye i fiske med pelagiske garn i senere år (pers. medd. professor Per-Arne Amundsen, UiT Norges arktiske universitet).



Figur T3. Vertikalprofil for fiskebiomasse og temperatur i Takvatnet. Gråkravert område viser gjennomsnittlig biomasse ± 1 standardfeil. Dypet for 2x siktedyp og for grensa definert som overgangen mellom epilimnion og hypolimnion i analysene er også indikert.

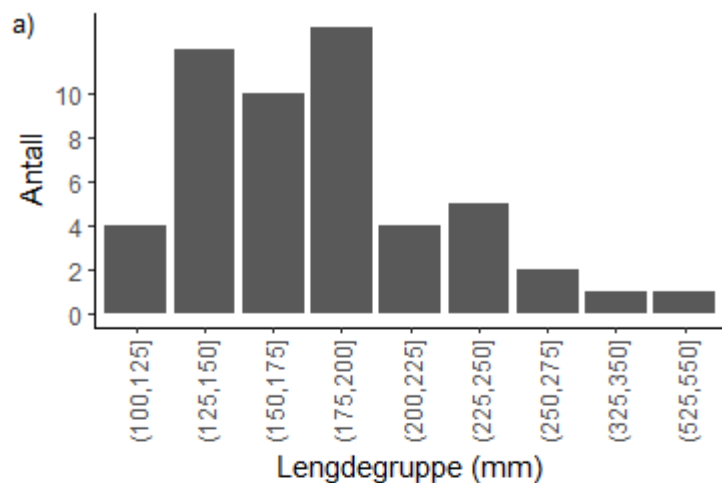
Tabell T2. Tetthet og biomasse av fisk i pelagialsona i Takvatnet beregnet ut fra ekkoloddregistreringer. Gjennomsnittsvektene i fangstene og estimert fra ekkostyrke (TS) er basert på fisk større enn om lag 67 mm (TS > -50 dB).

	Tetthet (# fisk / ha)			Biomasse (kg / ha)	Snittvekt (g)	
	Årsyngel/ stingsild	Ett år og eldre	95 % konfidens- intervall eldre		Røye	Fangst
Epilimnion	21,2	2,5	1,3-4,3	0,07	-	30
Hypolimnion	6,9	2,3	0,3-12	0,05	-	20

3.5.4 Aurebestanden

Lengdefordelingen i materialet av aure fra Takvatnet viser at de aller fleste fiskene var mindre enn 250 mm (**figur T4a**), og at det bare var noen enkelte individer større enn 300 mm. Den minste auren i fangsten var 103 mm og 2 år gammel. De to fiskene som var større enn 300 mm var begge hunnfisk, henholdsvis 338 mm/378 g (5 år) og 536 mm/1313 g (9 år).

Aldersfordelingen i materialet av aure (**figur T4b**) reflekterer størrelsesfordelingen, i det 92 % av fisken var i aldersgruppene 2-4 år. Individuell lengde ved alder hos auren viser at det er stor variasjon i veksten hos denne arten (**figur T4c**). Blant fireåringene varierte lengdene mellom 151 og 233 mm, med gjennomsnitt 194 mm. De tre femåringene var mellom 225 og 323 mm. Dette tyder på god vekst, men dominansen av unge årsklasser kan tyde på at det er høy dødelighet på grunn av stor fiskepress på større aure i Takvatnet.

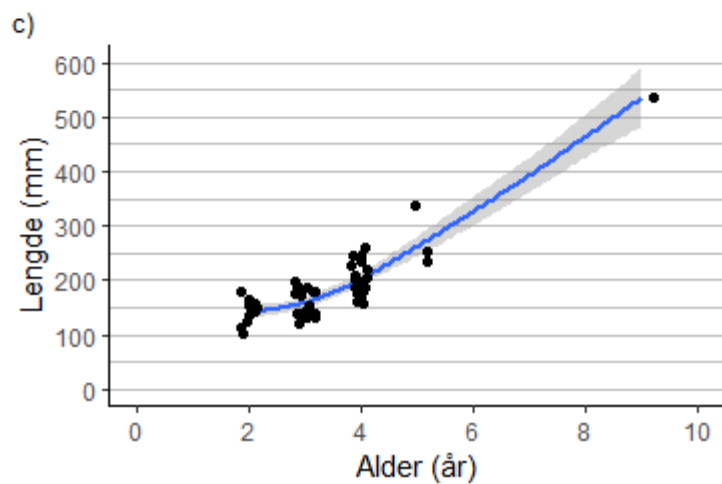
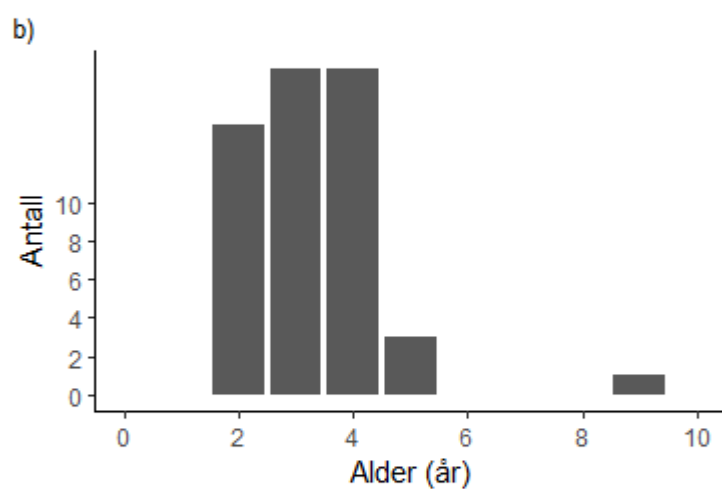


Figur T4 Aurefangster fra bunn-garn i Takvatnet, august 2018. Lengdemål er naturlig lengde.

a) Lengdefordeling

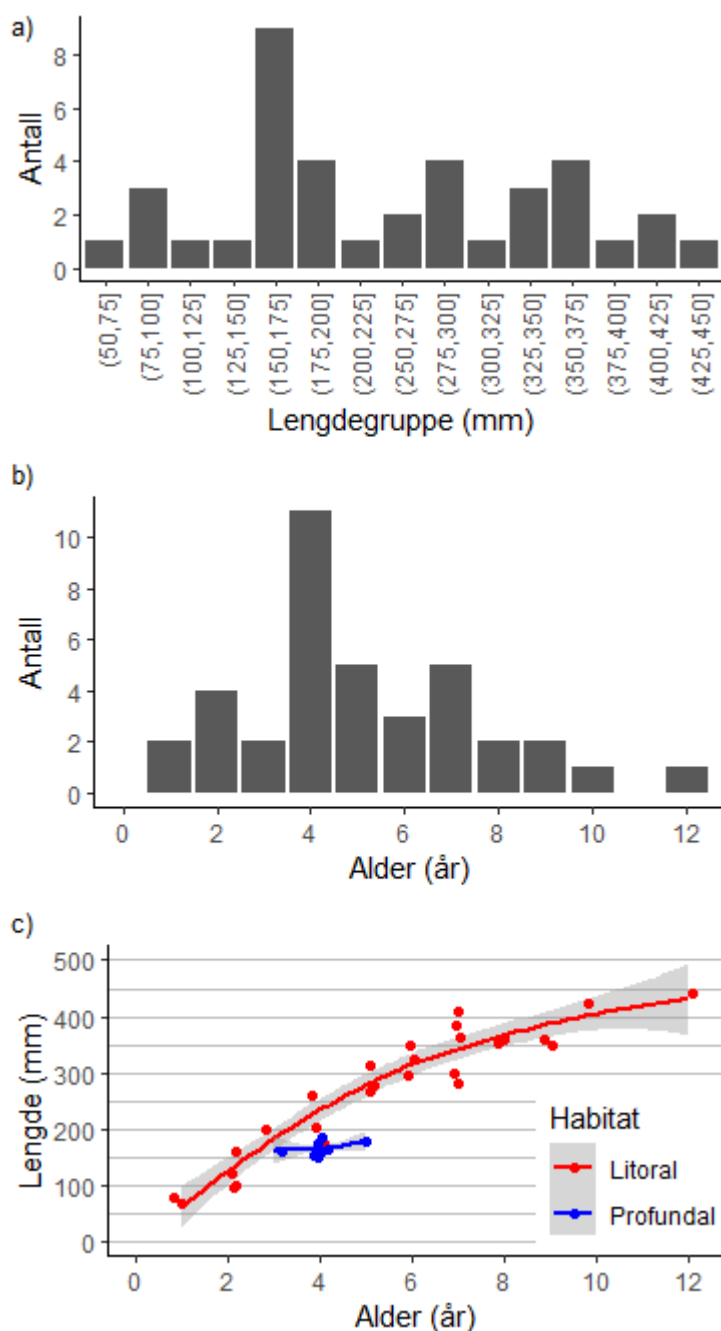
b) Aldersfordeling

c) Lengde ved alder (vekst). Kurvene viser trendlinje basert på loess lokalregresjon, skravering viser feilmargin.



3.5.5 Røyebestanden

Lengden til røya i bunngarnfangstene fra Takvatnet varierte mellom 63 og 412 mm (**figur T5a**), med de mest tallrike lengdegruppene omkring 150, 250 og over 300 mm. I dette materialet var det fisk fra 1 til 12 år gamle individ (**figur T5b**), med 4 år gammel fisk som den mest tallrike aldersklassen. Røya hadde jevnt god vekst, og nådde lengder omkring 350 mm ved sjuårsalderen (**figur T5c**). Røye fanget i profundalsona hadde markert dårligere vekst og mindre aldersspredning enn røye fanga i litoralsona (**figur 5c**).



Figur T5. Røyefangster fra bunngarn i Takvatnet, august 2018. Lengdemål er naturlig lengde.

a) Lengdefordeling

b) Aldersfordeling

c) Lengde ved alder (vekst). Kurvene viser trendlinje basert på loess lokalregresjon, skravering viser feilmargen. Datapunktene er svakt forskjøvet i x-retning for bedre å vise alle punkter. Datapunktene er svakt forskjøvet i x-retning for bedre å vise alle punkter.

3.5.6 Økologisk tilstand

Fiskesamfunnet i Takvatnet består av tre arter: aure, røye og trepigga stingsild. Både røye og trepigga stingsild er introdusert, henholdsvis i 1930 og i 1950 (Svenning 1989). I tillegg kommer at den opprinnelige aurebestanden, en storvokst aure med det lokale navnet «gulbuk», kan være delvis eller helt erstattet av utsatt aure av Tunhovdstammen (Svenning 1989, Rune Knudsen, pers. medd.).

Norges arktiske universitet (UiT) har siden 1984 i samarbeid med lokale organisasjoner drevet et omfattende utfiskings- og forskningsprogram i denne innsjøen. Dette har endret fiskesamfunnet radikalt, fra total dominans av røye i strandnære bunngarnfangster før 1985 til 40-50 % aure i slike fangster etter 2004 (Knudsen mfl. 2008). Denne forskningen har vist at det er mulig, i noen typer fiskesamfunn, å få til varige tilstandsendringer ved å sette inn hensiktsmessige tiltak (Persson mfl. 2007). Referansetilstanden for fiskesamfunnet i Takvatnet er en tilstand med bare aure, og da trolig en aurebestand som var svært forskjellig fra dagens bestand. Det er dermed ingen praktiske gjennomførbare tiltak som kan gjenskape en referansetilstand med bare aure, langt mindre også en aurebestand som er genetisk lik den naturlige bestanden.

I forhold til eutrofiering (tilførsel av næringssalter) viser WS-FBI-indeksen at fiskebestanden i Takvatnet er i *svært god* tilstand (**tabell T3**). Tatt i betraktning at to av de tre fiskeartene er introdusert, og at disse artene er dominerende i fiskesamfunnet, kan likevel ikke tilstanden være bedre enn *god*, selv om verken trepigga stingsild eller røye er vurdert i Artsdatabankens siste fremmedartsliste (Fremmedartlista 2018, Artsdatabanken).

Tabell T3. Estimert biomasse av pelagisk fisk i Takvatnet, samt nEQR basert på WS-FBI. Merk at årsyngel ikke er med i biomasseestimata.

A (km ²)	L (km)	D	Biomasse (kg/ha)		WS-FBI	nEQR	Status
			Røye	TBM (t)			
15,2	27,1	6,9	0,12	0,18	6,77	1,86	SG



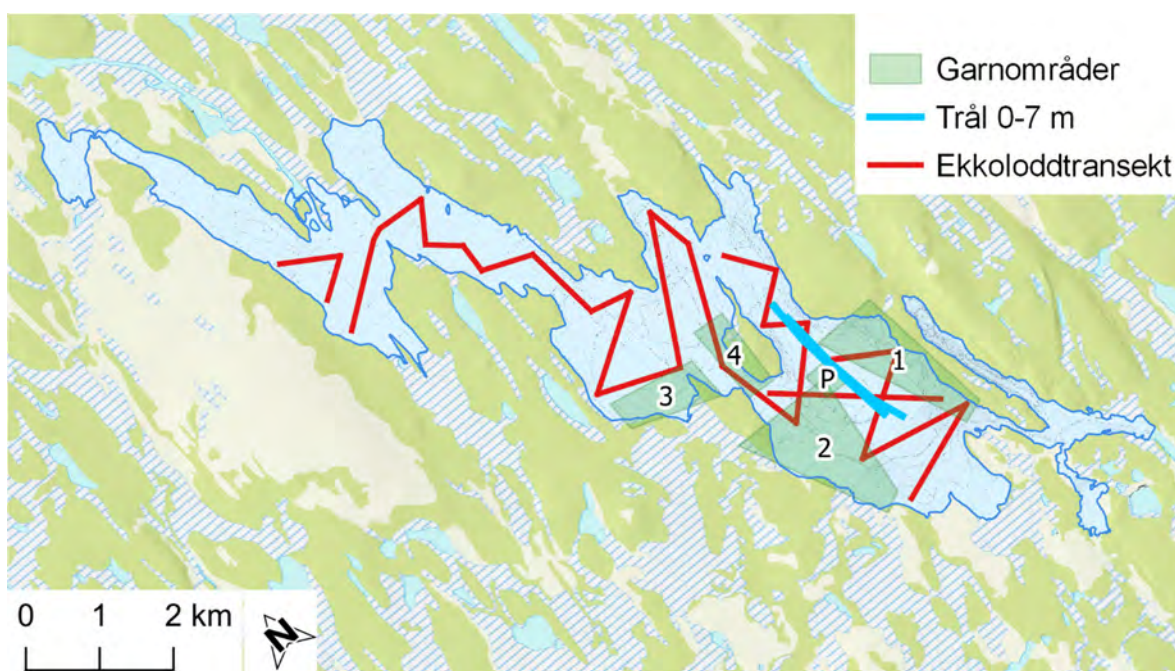
Oppankring ved universitetets feltstasjon på Takvatnet. Foto: Karl Ø. Gjelland, NINA.

3.6 Stuorajávri

3.6.1 Feltarbeid

Fisket med nordiske bunn garn i Stuorajávri ble gjennomført 28.-30. august 2018 på fire stasjoner (**figur S1**). Det ble fisket fra strandsona ned til ca. 30 m dyp på stasjon 1 og 2, mens det på stasjon 3 og 4 bare ble fisket i strandsona (litoralsona). Trålfisket ble gjennomført i løpet av natta mellom 23. og 24. august 2018, med to trekk i 0-8 m dyp (**figur S1**). Det ble også fisket med flytegarn i 0-6 m dyp. Flytegarne var UiTs oversiktsgarn, 6 m dype og 40 m lange med åtte maskevidder fra 10 mm til 45 mm. Fangstene fra flytegarne vil bli sammenlignet med fangstene i trålen.

Ekkoloddregistreringene ble gjennomført i løpet av natta mellom 24. og 25. august 2018, etter en sikk-sakk-kurs på 23,7 km, som tilsvarer en dekningsgrad på 7,0 (**figur S1**).



Figur S1. Kart over Stuorajávri med garnstasjoner (1-4, flytegarn ved P), tråltrekk (blå linjer) og utkjørt kurser med ekkolodd (røde linjer).

3.6.2 Fangster og habitatbruk

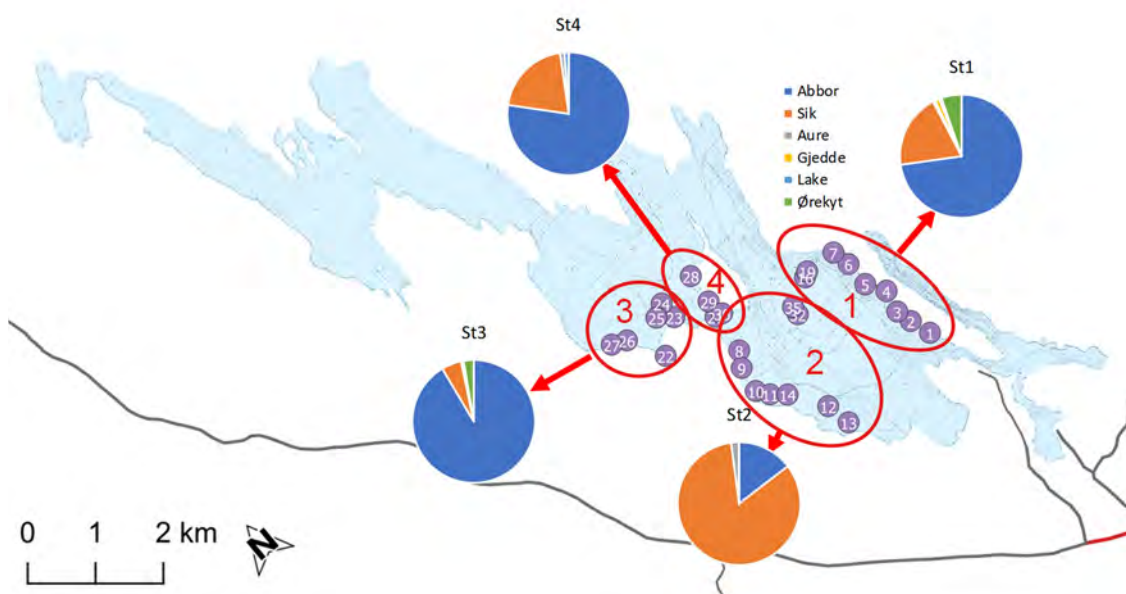
I bunn garnfisket i Stuorajávri ble det fanga 465 fisk av seks arter, med abbor (72,5 %) og sik (21,3 %) som antallsmessig dominerende (**figur S2**). I tillegg ble det fanga aure, gjedde, lake og ørekyt. I pelagialsona ble det kun fanga sik, henholdsvis 39 og 308 i flytegarne og trål.

Fangstene varierte mellom de fire stasjonene (**tabell S1**). På stasjon 1 og 2 ble det fisket både i litoral- (0-6 m) og profundalsona (>12 m), med identisk garninnsats på de to stasjonene. Likevel var fangsten mer enn tre ganger så stor på stasjon 1 som på stasjon 2, og dette skyldes at abbor var nesten fraværende på stasjon 2, mens den var i svært sterk dominans på de andre bunn garnstasjonene. På stasjon 3 og 4 der det bare ble fisket i litoralsona var også fangstene ulike, og nesten dobbelt så store på stasjon 3 som på stasjon 4. Abbor var dominerende i fangsten på alle stasjonene unntatt stasjon 2, der sik var dominerende. På flytegarne ble det fanget utelukkende sik, med CPUE veldig lik gjennomsnittet for sik på bunn garnstasjonene.

Tabell S1. Samlet fangst ved prøvefisket i Stuorajávri, august 2018. Stasjonenes plassering er vist på **figur S1**. Bunn garn på stasjon 1-4, flytegarn (flyt) ble satt nær området for tråling (**Figur S1**).

Art	St1	St2	St3	St4	Sum	CPUE	Flyt	CPUE_flyt	Trål	Sum
Sik	33	40	8	18	99	6,0	39	5,9*	308	446
Aure	1	1	0	1	3	0,2				
Abbor	123	7	139	68	337	11,3				
Gjedde	2	0	1	0	3	0,1				
Lake	1	0	0	1	2	0,1				
Ørekyt	9	0	4	0	13	0,8				
Sum	176	48	154	87	465					
CPUE	30,1	8,2	57,0	48,3	28,7					

*CPUE for flytegarne er justert ved å øke garnarealet tilsvarende som om det hadde hatt maskeviddene 5, 6, og 8 mm som de nordiske bunn- og flytegarne har.

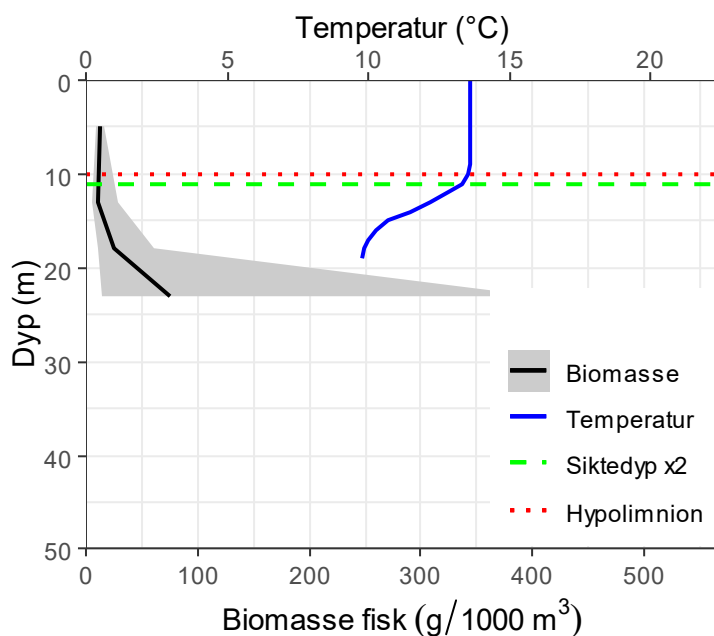


Figur S2. Artssammensetning i garnfangstene i bentisk sone (nordisk bunn garn) på fire stasjoner (1-4) i Stuorajávri, august 2018. Merk at det ikke ble fisket profundt (dypere enn 12 m) på stasjon 3 og 4.

3.6.3 Ekkoloddregistreringer

Beregnet biomasse av fisk ut fra ekkoloddregistreringene i Stuorajávri viser en tydelig topp under sprangsjiktet, dvs. overgangen mellom overflatelaget (epilimnion) og dyplaget (hypolimnion) definert ut fra vertikalprofilen for vanntemperatur (**figur S3**). Tetthet og biomasse var imidlertid lave (**tabell S2**). Det er imidlertid flere forhold som gjør oss usikre på hvor godt ekkoloddundersøkelsene i Stuorajávri i 2018 reflekterer det pelagiske fiskesamfunnet. 1) Trålfangstene i overflata (0-7 m) var gode, henholdsvis 243

og 64 sik på to tråltrekk á 2,1 og 2 km. Stuorajávri var for grunn til å sette dypere trål. Disse fangstene gir volumtettheter på henholdsvis 2,08 og 0,56 sik per 1000 m³ tråla vannvolum. Tar vi dette som representativt for 0-10 m dyp vil det gi biomasseestimerer på henholdsvis 43,6 og 11,7 kg/ha estimert fra tråling. Til sammenligning lå volumtetthetene for trålfangstene i epilimnion og i sprangsjiktet i Krøderen mellom 0,14 og 2,1 sik per 1000 m³ tråla vannvolum. Trålfangstene i Stuorajávri var altså i samme størrelsesorden som i Krøderen, likevel var både tetthet og biomasse estimert med ekkolodd svært mye lavere i Stuorajávri enn i Krøderen. 2) Gjennomsnittsvekt estimert i fangst var mye høyere enn gjennomsnittsvekt estimert fra ekkostyrke (TS) i epilimnion, dette kan tyde på at observert ekkostyrke var mindre enn forventet for fiskestørrelsen i innsjøen. Dette er vanlig for fisk som er nær båten og dykker unna. 3) en stor del av enkelttekkodeteksjonene i epilimnion ble klassifisert som årsyngel, dette kan henge sammen med forrige punkt. Disse tre faktorene kan alle potensielt forklares med at siken stod svært nær overflaten i undersøkelsernatten, et fenomen som av og til observeres ved klarvær og fullmåneskinn og ingen vind. Under slike forhold er beiteforholdene på dyreplankton best nær overflata, fordi fisken bedre skjelner byttedyrene her i månelysset. Slik fordeling av fisken vil gi lavere tettheter av flere grunner, delvis fordi ekkointegreringen vår starter først fra 4 m dyp, delvis fordi fisken unnavikelsesadferd får den til å svømme til siden (blir ikke observert) eller at den dykker (får lavere ekkostyrke) (Simmonds & MacLennan 2005). Vi kunne imidlertid se en del fiskeekko nært svingeren (1-2 m, eller ned til 3 m dyp) som ikke ble med i integreringa på grunn av nær-problematikken, og som støtter vår tolkning av resultatene. Videre er Stuorajávri svært grunn, enn større andel av fisken vil dermed være nær båten og potensielt vise unnavikelsesadferd. Dette er forhold som bør følges opp ved senere overvåking i Stuorajávri og andre innsjøer. Det lave estimatet for totalbestanden av pelagisk sik i Stuorajávri står også i kontrast til de høye biomasseuttakene som har vært gjort gjennom tidligere uttynningsfiskeprosjekter i Stuorajávri. Vi konkluderer derfor med at biomasseestimatene for pelagisk sik i Stuorajávri i 2018 er kraftig underestimert, og at tetthet og biomasse trolig var mer i størrelsesorden med Krøderen.



Figur S3. Vertikalprofil for fiskebiomasse og temperatur i Stuorajávri. Gråkravert område viser gjennomsnittlig biomasse \pm 1 standardfeil. Dypet for 2x siktedyp og for grensa definert som overgangen mellom epilimnion og hypolimnion i analysene er også indikert.

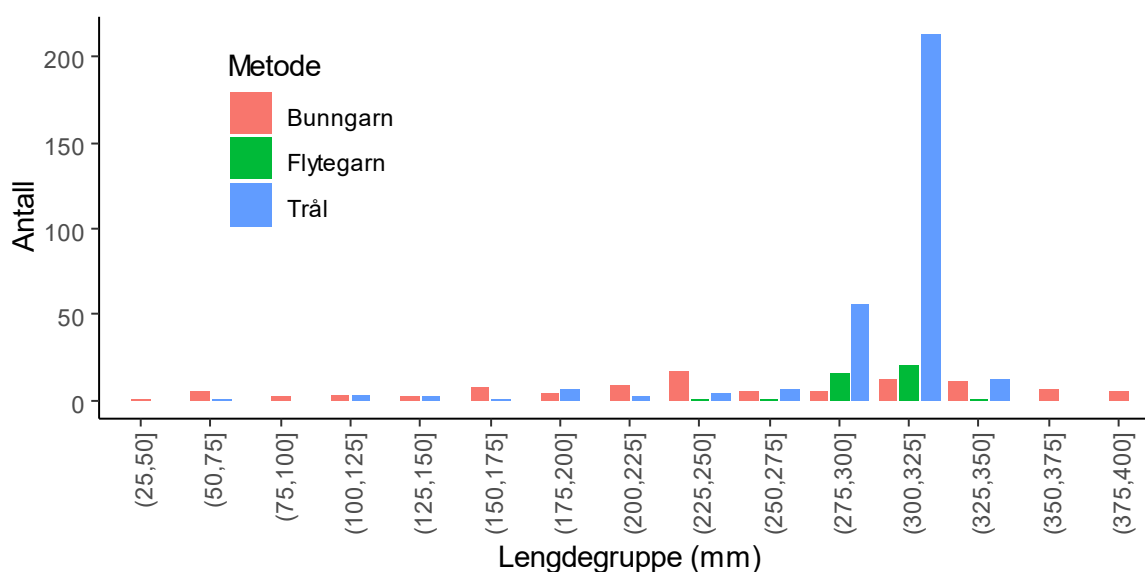
Tabell S2. Tetthet og biomasse av fisk i pelagialsona i Stuorajávri beregnet ut fra ekkoloddregistreringer. Gjennomsnittsvektene i fangstene og estimert fra ekkostyrke (TS) er basert på fisk større enn om lag 67 mm (TS > -50 dB).

	Tetthet (# fisk / ha)			Biomasse (kg / ha)	Snittvekt (g)	
	Årsyngel	Ett år og eldre	95 % konfidens-intervall eldre		Sik	Fangst
Epilimnion	50,1	12,8	7,5-20,3	0,92	210,7	71
Hypolimnion	0,4	5,0	0,3-33	0,59	-	118

3.6.4 Sikbestanden

Siken i Stuorajávri utnytter alle de tre hovedhabitatene i innsjøen, strandsona, profundalsona og pelagialsona. Det ble på 1980-tallet vist at sikbestanden i Stuorajávri består av to ulike økologiske former; bunnvik som er relativt storvokst og med få gjellestaver (kalt «sparsely-rakered», SR) og småvokst pelagisk sik (kalt «densely-rakered», DR) (Amundsen 1988, Siwertsson mfl. 2012). Senere er det også påvist en tredje småvokst bunnlevende form kalt «small sparsely-rakered», SSR (Præbel mfl. 2013). Ut fra utseende ble en del av fangsten i denne undersøkelsen bestemt til enten SR- eller DR-formen. SSR-formen kan bare skiller ved en mer detaljert undersøkelse. Av 99 sik fanget i bunngarn var 39 SR og 60 DR. Tilsvarende klassifisering av 39 fisk fanget i flytegarn viste at 38 var DR og 1 var SR.

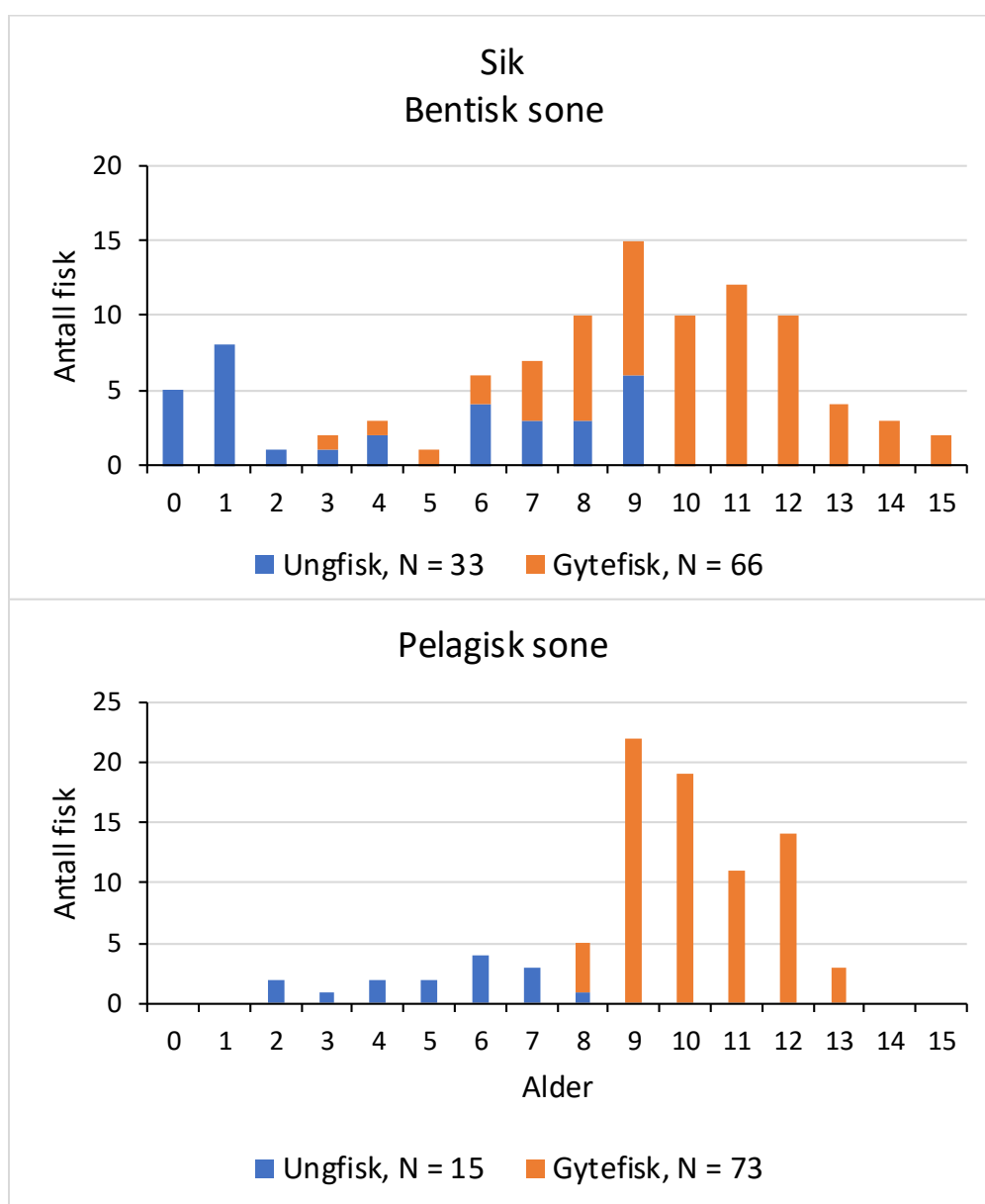
I bunngarnfangstene variet sikens lengde fra 48 til 388 mm (**figur S4**), med en topp mellom 200 og 250 mm (22 % av fangsten), og en topp mellom 300 og 350 mm (43 % av fangsten). Trålen fanget sik mellom 73 og 336 mm. I trålfangstene dominerte fisk mellom 275 og 325 mm, og utgjorde ca. 87 % av fangsten. Flytegarnfangstene var også dominert av fisk mellom 275 og 325 mm, og fanget fisk mellom 245 og 329 mm.



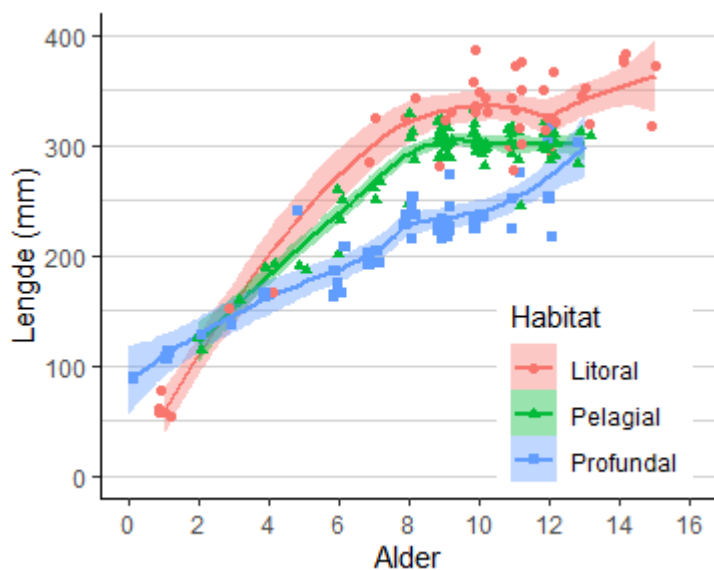
Figur S4. Lengdefordeling av sik i bunngarn (bentisk sone), flytegarn og trål (pelagisk sone) i Stuorajávri, august 2018.

Bunnarnfangstene av sik i Stuorajávri omfattet 16 aldersgrupper, fra 0 år (års-yngel) til 15 år (**figur S5**). De mest tallrike aldersklassene var 9 – 12 år, men det var også relativt mange fisk i aldersklasse 0 og 1. Gytemoden fisk var fra 3 til 15 år, men også gjeldfisk opp til niårsalderen. I trålfangstene var færre aldersgrupper representert, fra 2 til 13 år, også her var ni- til tolvåringer de mest tallrike. I materialet fanget i den pelagiske sone var det gjeldfisk opp til åtteårsalder, og gytefisk fra 8 år og eldre.

Forekomsten av flere økologiske former av sik viste seg også i den store variasjonen i forholdet mellom alder og lengde hos siken fra Stuorajávri (**figur S6**). Fra sju- til tolvårsalderen var det mellom 10 og 14,4 cm forskjell på lengden til største og minste fisk innen hver aldersgruppe. I disse aldersgruppene er det også forskjell på hvilke fiskestørrelse som utnyttet de tre hovedhabitatene. I strandsona var gjennomsnittlig lengde \pm standardavvik 282 ± 110 mm, på dypt vann 212 ± 49 mm, og i de åpne vannmassene 299 ± 34 mm.



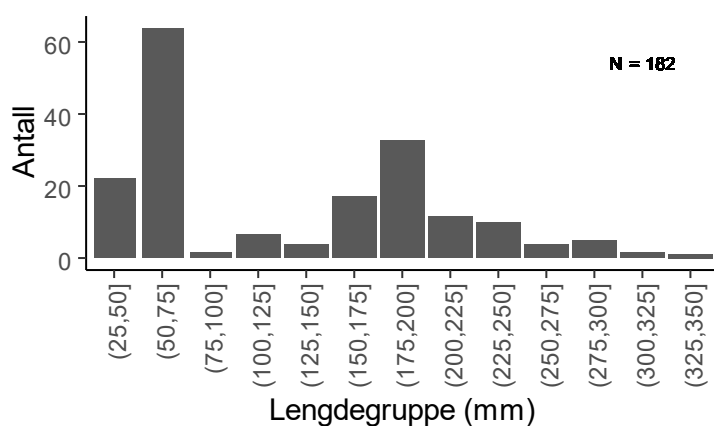
Figur S5. Aldersfordeling og gytemodning hos sik fanget i bentisk sone (bunnarn) og pelagisk sone (flytegarv og trål) i Stuorajávri, august 2018. N = antall fisk.



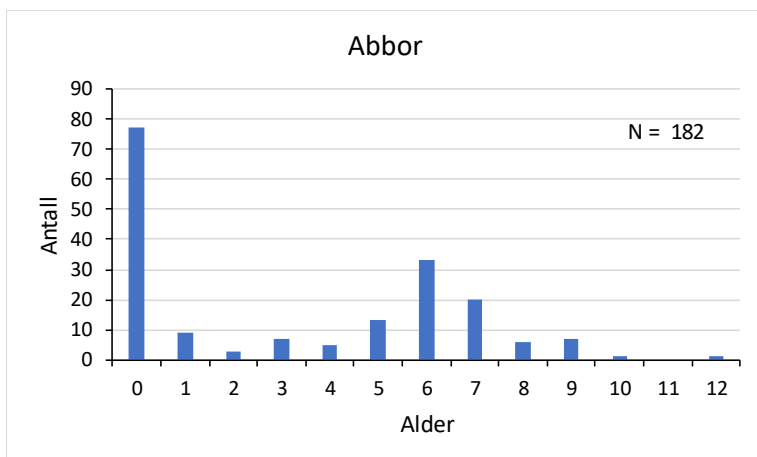
Figur S6. Fiskelengde ved ulik alder for sik fra Stuorajávri, august 2018. Det er skilt på fisk fanget i strandsona (litoral), på dypt vann (profundal) og i de åpne vannmassene (pelagisk). Datapunktene er svakt forskjøvet i x-retning for bedre å vise alle punkter. Kurvene med skravering viser vekstkurver med feilmargen basert på loess-lokalregresjon.

3.6.5 Abborbestanden

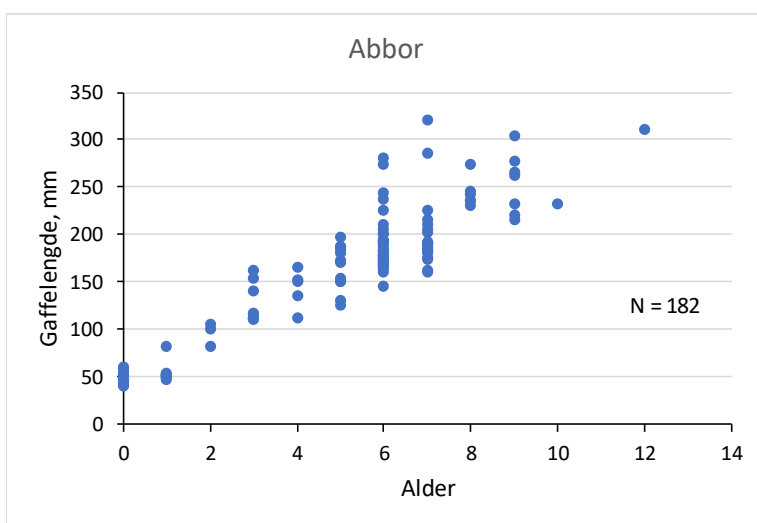
Det er en tallrik abborbestand i Stuorajávri, men arten er stort sett begrenset til strandsona i innsjøen. I bunngarnfangstene varierte fiskelengdene fra 4,1 til 32,1 cm, og det var to lengdegrupper som var spesielt tallrike; mellom 4 cm og 7,5 cm og mellom 15 og 25 cm (**figur S7**). Lengdefordelingen reflekteres i aldersfordelingen (**figur S8**), der årsyngel (alder 0) og fem-, seks- og sjuåringer var tallrike. Framstillingen av individuell lengde ved alder (**figur S9**) viser stor variasjon i lengde innen hver aldersgruppe. Seksårig fisk var f.eks. mellom 14,6 og 28,1 cm, mens sjuårig fisk var mellom 16 og 32,1 cm. Noen få abbor hadde nådd lengder over 30 cm.



Figur S7. Lengdefordeling hos abbor fra Stuorajávri, august 2018. N = antall fisk.



Figur S8. Aldersfordeling hos abbor fra Stuorajávri, august 2018. N = antall fisk.



Figur S9. Lengde ved alder for abbor fra Stuorajávri, august 2018. N = antall fisk.

3.6.6 Andre arter

Utenom sik og abbor var ørekyt den mest tallrike fiskearten i fangstene i Stuorajávri. Det ble fanget 13 ørekyt mellom 53 og 81 mm, med en medianlengde på 69 mm. Det ble også fanget tre aure; én gytemoden hann på 307 mm og 306 g, én gytemoden hunn på 385 mm og 641 g, og en hunn gjeldfisk på 320 mm og 395 g. To gjedder i fangsten var hhv. 405 mm og 467 g, og 685 mm og 1932 g, den tredje ble sluppet fri. To laker var henholdsvis 210 cm og 47 g, og 402 mm og 605 g.

3.6.7 Økologisk tilstand

Stuorajávri er en grunn uregulert innsjø (maks. dyp 30 m). Fiskefaunaen er dominert av abbor og sik. Abbor utgjorde 72,5 % og sik 21,3 % av bunngarnfangstene, mens 100 % av pelagialfangstene var sik. Det er tre økologisk og genetisk ulike former av sik i Stuorajávri (Præbel mfl. 2013). Fiskebestanden i denne innsjøen har tidligere vært grundig undersøkt, spesielt i forbindelse med et forsøk på utfisking av sikbestanden med sikte på å skape en fiskekvalitet som kunne utnyttes kommersielt (Amundsen 1988, Amundsen & Kristoffersen 1990). Dette forsøket ble ikke fulgt opp med vedvarende fiske på sikbestanden, som derfor har returnert til den strukturen og kvaliteten (sterk parasittering) den hadde før forsøket (Amundsen mfl. 2002). Det ser imidlertid ut til at artssammensetningen i bunngarnfangstene har endret seg mye. Dessverre har ikke rapportering fra tidligere prøvefiske i Stuorajávri fokusert på artssammensetning og

dominansforhold i fangstene. Vi har derfor ikke data til å beregne NEFI-indeksen. Data fra prøvefiske i noen enkeltår siden 1981 viser imidlertid følgende forhold mellom de to mest tallrike artene, abbor og sik, i bunngarnfangster. I 1981 var det 88 % sik og 4 % abbor; i 1984 40 % sik og 41 % abbor; i 2009 62 % sik og 32 % abbor, mens det altså ved prøvefiske i FIST-prosjektet i 2018 var 21 % sik og 73 % abbor i bunngarnfangstene. Dette kan indikere at abbor har gått fra å være *vanlig* til *dominerende* i fangstene, og at sik kan ha gått fra å være *dominerende* til *vanlig*. Tendensen til at abbor har blitt mer vanlig eller dominerende i fiskesamfunnene i løpet av de siste tiåra, er observert i mange andre norske innsjøer, men data fra slike tidsserier er ennå ikke systematisert. Det er godt dokumentert at abbor er mer fangbar enn mange andre arter i garn, fordi den har en høyere kroppsform og mange pigger som hekter seg i maskene (Prchalova mfl. 2008, Jurvelius mfl. 2011). Likevel reflekterer disse endringene en virkelig tendens, selv om de faktiske forholdet mellom artene trolig er forskjellig fra det som framkommer av garnfangstene.

WS-FBI-indeksen viser at fiskebestanden i Stuorajávri er i *svært god* tilstand i forhold til eutrofiering (tilførsel av næringsstoffer) (**tabell S3**). Dette er ikke overraskende, da Stuorajávri er en innsjø med lite næringsalttilførsel og lite menneskelig påvirkning.

Tabell S3. Estimert biomasse av pelagisk fisk i Stuorajávri, samt nEQR basert på WS-FBI. Merk at årsyngelen ikke er med i biomasseestimata.

A (km ²)	L (km)	D	Biomasse (kg/ha)		WS-FBI	nEQR	Status
			Sik	TBM (t)			
21,0	23,7	5,2	1,50	3,16	3,98	1,24	SG



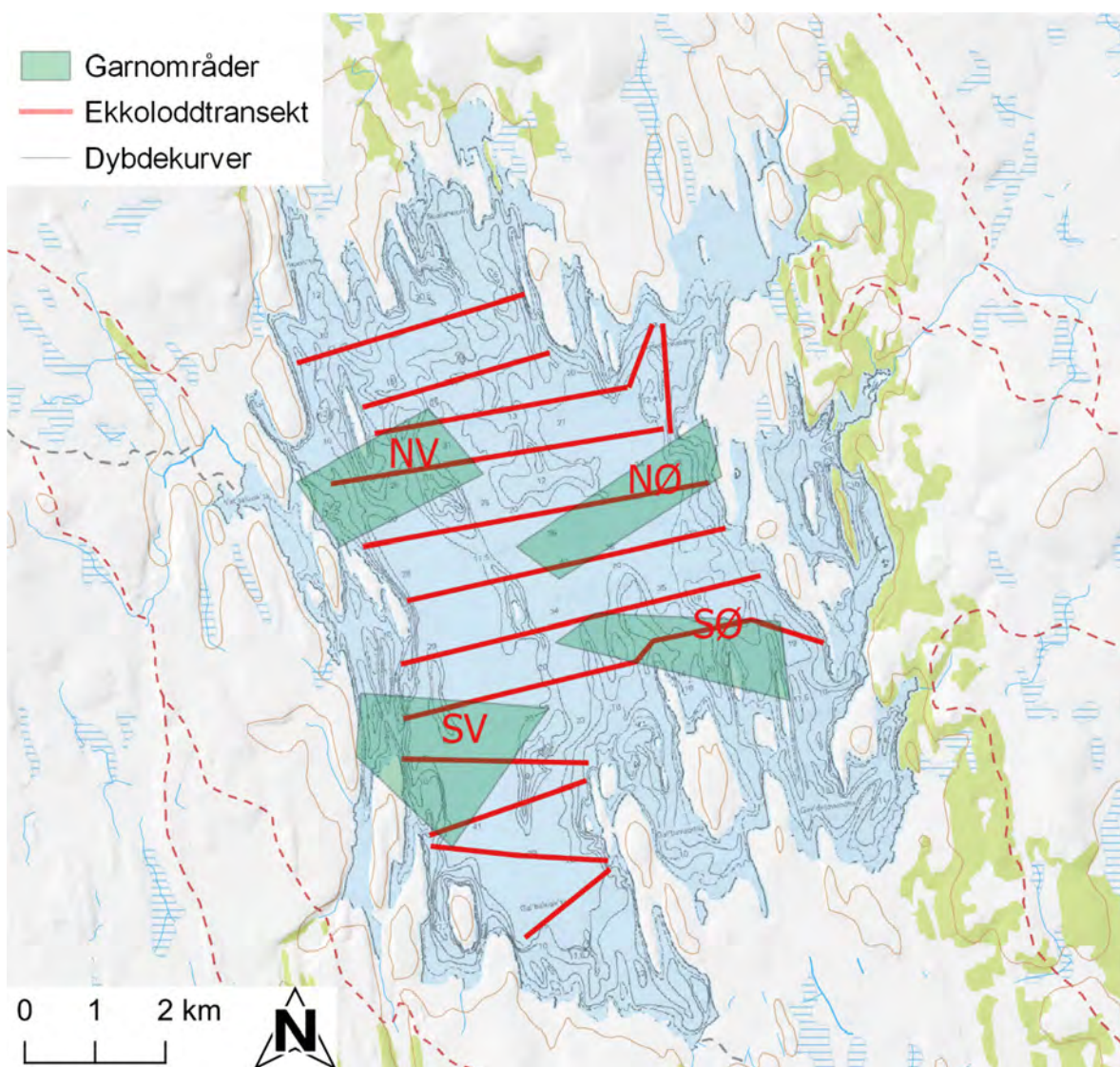
Klargjøring av båt på Stuorajavri. Foto: Knut Andreas E. Bækkelie, NINA.

3.7 lešjávri

3.7.1 Feltarbeid

Fisket med nordiske bunngarn i lešjávri ble gjennomført 19.-23. august 2018 på fire stasjoner fra strandsona ned til ca. 40 m dyp (**figur Ij1**). På grunn av at innsjøen er vanskelig tilgjengelig ble det ikke fisket med trål, men med nordiske flytegar (oversiktsgarn med samme maskeviddesammensetning som nordiske bunngarn) på 0-6 m på tre stasjoner (P1-P3, **figur Ij2**). På flytegarstasjonene P1 og P3 ble det satt 4 flytegar i 0-6 m dybdeintervallet, og 3 garn i 10-16 m dybdeintervallet. På flytegarstasjon P2 ble det satt henholdsvis 3 og 1 garn i disse dybdeintervallene.

Ekkoloddregistreringene ble gjennomført i løpet av nettene mellom 19. og 21. august 2018. Fordi lešjávri er en vid innsjø, ble det valgt å kjøre parallelle transekt. Undersøkte ekkoloddtransekt utgjorde totalt 48,2 km, som tilsvarer en dekningsgrad på 5,8 (**figur Ij1**).



Figur Ij1. lešjávri med prøvefiskestasjoner (garnområder) og ekkoloddtransekt.

3.7.2 Fangster og habitatbruk

I bunngarnfisket i lešjávri ble det fanget 230 fisk av åtte arter, med røye (47 %) og ørekyt (33 %) som antallsmessig dominerende (**tabell lj1**). Harr og aure utgjorde hhv. ca. 9 og 6 %. I tillegg ble det fanget gjedde, lake og både tre- og nipigga stingsild. I flytegarna ble det fanget ni røye og én aure.

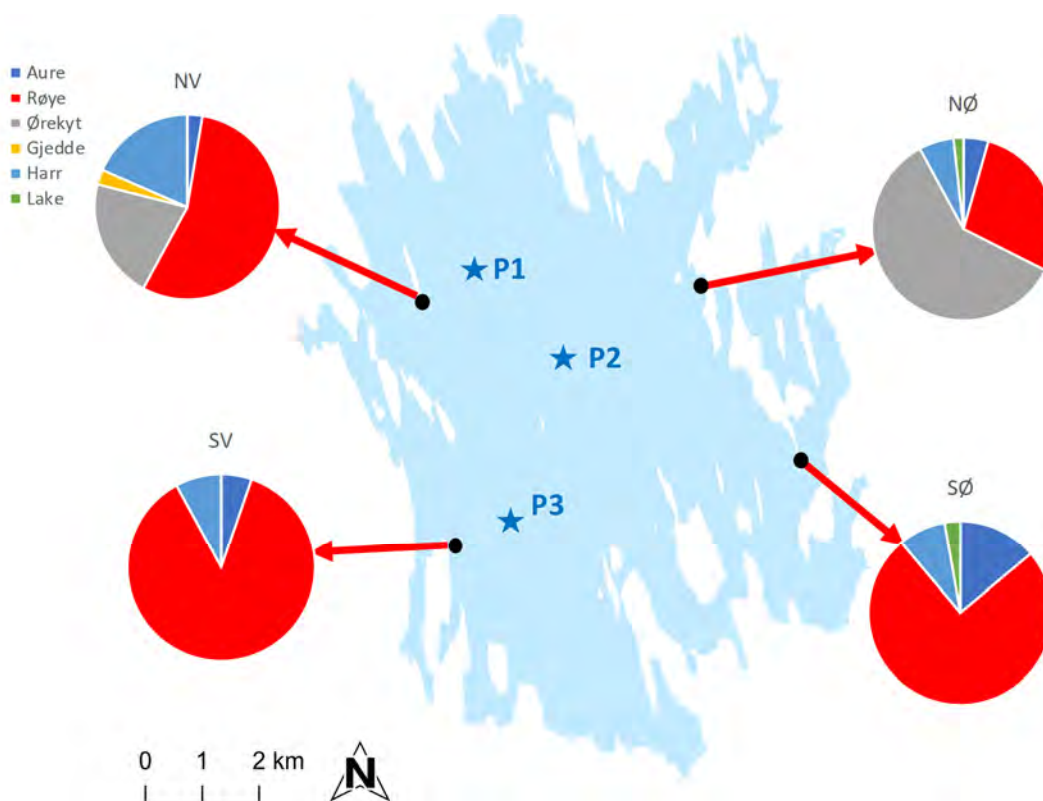
Fangstene varierte mellom de fire stasjonene, både med hensyn til artssammensetning og fangst per garninnsats (**figur lj1, tabell lj1**). Spesielt var det stor variasjon i fangsten av ørekyt, der det ble fanget 68 fisk på stasjon NØ og ingen fisk på stasjonene SV og SØ. Fangstene av røye og harr varierte noe mindre mellom bunngarnstasjonene (**figur lj3**).

Tabell lj1. Fangster i nordisk oversikts bunngarn på fire stasjoner og i nordisk flytegar (pelagisk) på tre stasjoner, i lešjávri august 2018.

Art	NV	NØ	SV	SØ	Sum	CPUE	Pelagisk	Pel. CPUE	Sum
Aure	1	5	2	5	13	0,5	1	0,03	14
Røye	21	32	33	27	113	4,2	9	0,28	122
Gjedde	1	0	0	0	1	0,04			
Ørekyt	8	68	0	0	76	2,8			
Harr	7	7	3	3	20	0,7			
Lake	0	2	0	1	3	0,1			
Trepigga stingsild	0	1	1	0	2	0,1			
Nipigga stingsild	0	0	2	0	2	0,1			
Sum	38	115	41	36	230		10		240
CPUE	5,3	16,1	6,5	5,3	8,4			0,31	

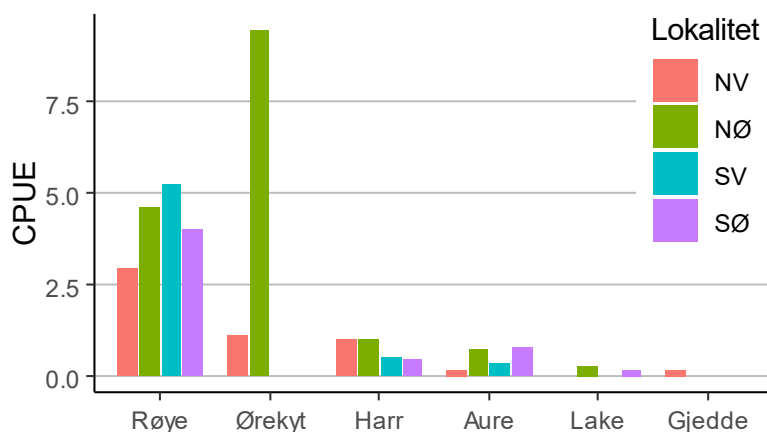


Klar for å sette garn på lešjávri. Fra venstre. Antti Eloranta, Oskar Pettersen og Trond Johnsen. Foto: Karl Ø. Gjelland, NINA.

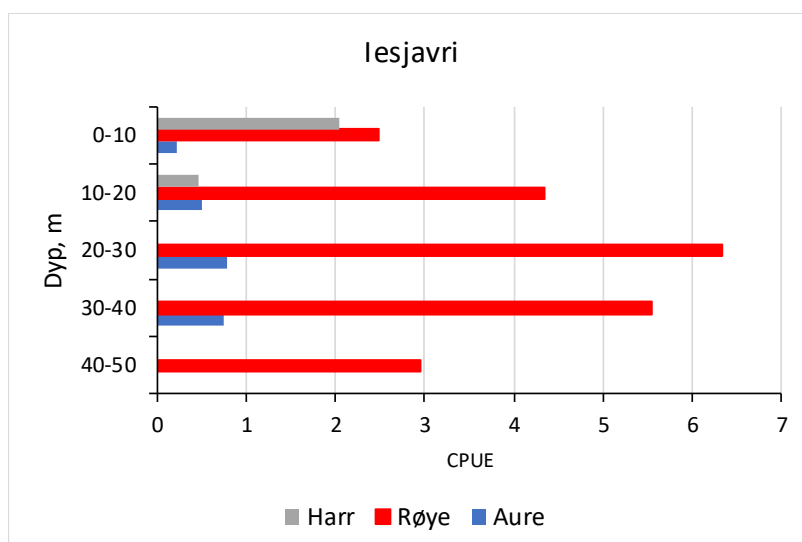


Figur Ij2. Artssammensetning i fangstene i bentisk sone (nordisk bunn garn) på fire stasjoner i lešjávri, august 2018. Trepigga og nipigga stingsild (begge $N = 2$) er utelatt fra figuren. Fangstene i pelagisk sone (P1 – P3) (nordisk flyte garn) var til sammen ni røyer og én aure (P1: 2 røye; P2: 6 røye; P3: 1 røye, 1 aure).

De tre laksefiskene røye, aure og harr fordelte seg omtrent som forventet i dypet langs bunnen (**figur Ij4**). Mens harr var begrenset til relativt grunt vann, fantes aure ned til mer enn 30 m, og røye ble fanget ned til innsjøens dypeste punkt. Det var størst fangst av røye på 20-30 m dyp. De fiskeartene som var fåtallige eller sjeldne i fangstene var: ørekyt, fem lengdemålte individer, 61-92 mm, median lengde 72 mm; to nipigga stingsild, 56 og 58 mm; tre lake, 267, 287 og 518 mm; og ei gjedde, 134 mm.



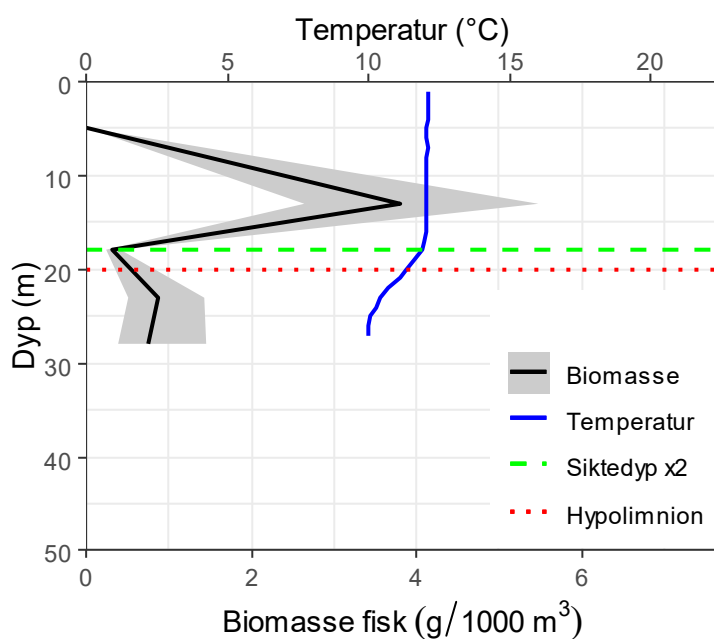
Figur Ij3. Fangst (CPUE) av fem fiskearter ved prøvefiske i lešjávri, august 2018.



Figur Ij4. Fordeling av tre laksefiskarter fanget i bunngarn i dybdesoner ned til 50 m på fire stasjoner i lešjavri, august 2018. Gjedde, lake og ørekyt ble bare fanget i 0-10 m dyp.

3.7.3 Ekkoloddregistreringer

Beregnet biomasse av fisk ut fra ekkoloddregistreringene i lešjavri viser en tydelig topp i epilimnion (**figur Ij5**), både i tetthet og biomasse (**tabell Ij2**). Det meste av fisken stod dermed over sprangsjiktet. Tetthetene var imidlertid svært lave, og totalt dominert av årsyngel og/eller stingsild både i epi- og hypolimnion (**figur Ij5, tabell Ij2**). I og med at det ble fanget ni røye og kun én aure i flytegarna, går vi ut fra at ekkoloddregistreringene i hovedsak representerte røye for fisk større enn årsyngel. Gjennomsnittsvekt i fangst var lavere enn estimert fra ekkostyrke (TS) i epilimnion i lešjavri (**tabell Ij2**), men fangstene var lave og vi vet at garnfangster selekterer for større fisk.



Figur Ij5. Vertikalprofil for fiskebiomasse og temperatur i lešjavri. Gråskravert område viser gjennomsnittlig biomasse ± 1 standardfeil. Dypet for 2x siktedyp og for grensa definert som overgangen mellom epilimnion og hypolimnion i analysene er også indikert.

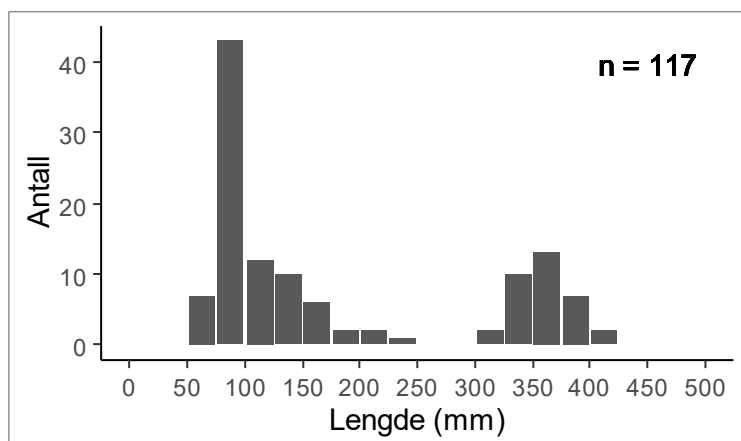
Tabell Ij2. Tetthet og biomasse av fisk i pelagialsona i lešjávri beregnet ut fra ekkoloddregistreringer. Gjennomsnittsvektene i fangstene og estimert fra ekkostyrke (TS) er basert på fisk større enn om lag 67 mm (TS > -50 dB).

	Tetthet (# fisk / ha)			Biomasse (kg / ha)			Snittvekt (g)	
	Årsyngel/ stingsild	Ett år og eldre	95 % konfidens- intervall eldre	Totalt	Aure	Røye	Fangst	TS
Epilimnion	74,3	0,9	0,5-1,4	0,17	0,03	0,14	376	194
Hypolimnion	23,7	0,8	0,2-2,9	0,02	0	0,02	-	29

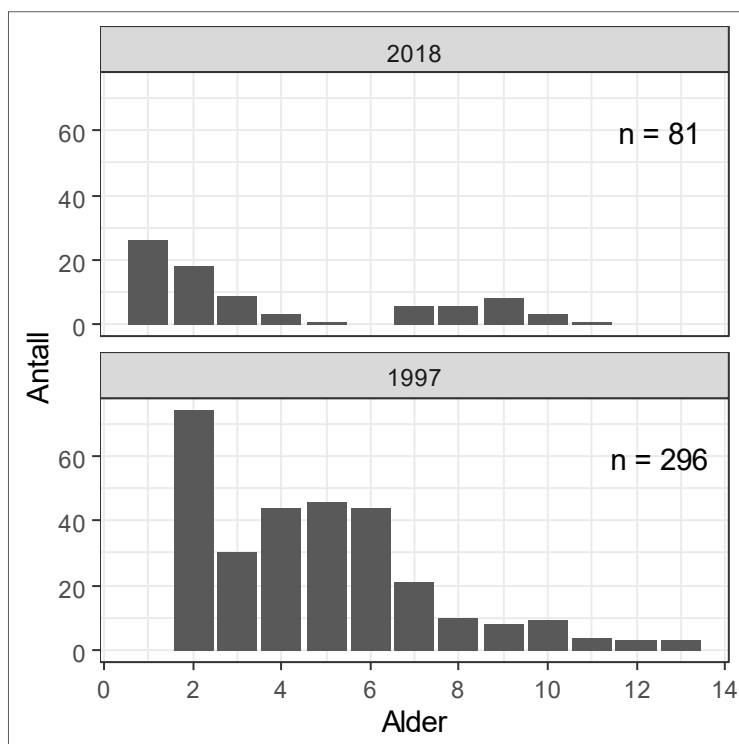
3.7.4 Røyebestanden

Røya i garnfangstene i lešjávri var mellom 55 og 457 mm, med mange fisk mellom 75 og 175 mm og mellom 325 og 400 mm, og mer eller mindre fravær av fisk mellom 200 og 300 mm (**figur Ij6**). Lengdefordelingen reflekteres i aldersfordelingen, der seksårig fisk mangler og det er få 4- og 5-åringer (**figur Ij7**). Det ser altså ut til å ha vært svært svak rekruttering til røyebestanden i lešjávri i 2012-2014. Plott av lengde mot alder viser at røya har jevn vekst fram til sjuårsalderen og en lengde på ca. 35 cm (**figur Ij8**). Deretter stagnerer veksten, og gjennomsnittlig lengde hos 7, 8 og 9 år gammel fisk i materialet fra 2018 var henholdsvis 343, 368 og 359 mm. Gjennomsnitt for 7-9 år gammel fisk var 356 mm. Stagnasjonen i vekst faller sammen med kjønnsmodningen til fisken. I vårt materiale var yngste gytemodne fisk sju år gammel hos begge kjønn, men blant gytefisk var den minste hunnen større enn den minste hannen, henholdsvis 343 mm og 307 mm.

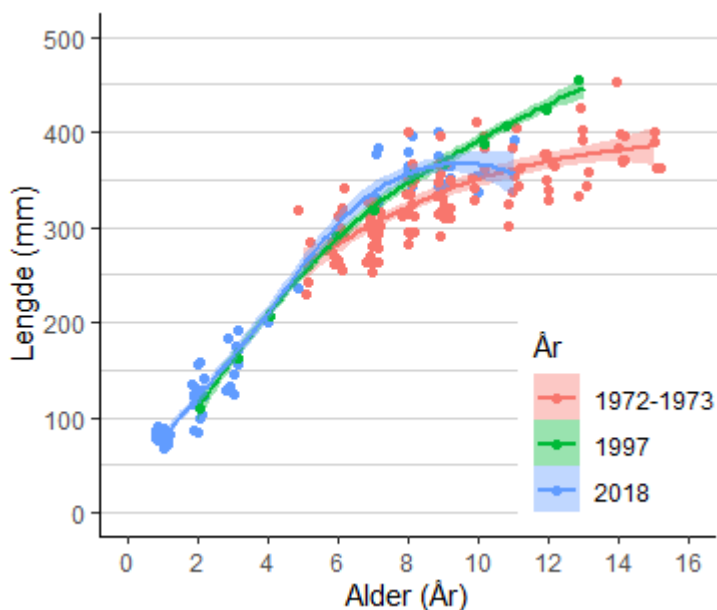
Veksten hos femårig og yngre røye fra lešjávri synes svært like mellom 1997 og 2018 (**figur Ij8**, Nilsen 1998), men disse årsklassene var for små til å bli fanget med garna brukt i 1972-1973. Hos røye i aldersklassene 5-10 år synes veksten bedre ved undersøkelsene i 2018 og 1997 enn ved rundene med prøvefiske i 1972-1973 (**figur Ij8**, Aandahl 1974, Nilsen 1998), og en tendens til bedre vekst i 2018 enn i 1997. I 1997 viste alderssammensetningen i røyefangstene ingen klare tegn på variabel rekruttering, selv om antallet to-årig fisk var større enn man kunne forvente. Noe bedre vekst i 2018 kan trolig forklares med noe høyere sommertemperaturer i 2018 og forutgående somre, sammenlignet med 1997 og 1972-1973, en forskjell i gjennomsnittstemperatur på rundt 1 °C (**Vedlegg 9**). Det er også mulig at de svake 2012-2014-årsklassene har gitt redusert konkurranse om mat. Røye som var sju, åtte og ni år i 2018 var henholdsvis ett, to og tre år gammel i 2012. Disse kan ha nytt godt av lav rekruttering av røye i 2012-2014. Årsaken til den sviktende rekrutteringen til røyebestanden i disse årene er imidlertid ukjent. Vi har sammenlignet sommertemperaturer i åra før og etter, uten å finne en klar sammenheng (**Vedlegg 9**). Det vi imidlertid observerte, var at det i 2012-2014 var et dypere snødekke i området i starten av mai enn i åra før og etter. Dette vil medføre senere våroppblomstring i innsjøen. Hvorvidt den svake røyerekutteringen i disse åra skyldes dette, kan vi likevel ikke si noe sikkert om. I en overvåkningssammenheng er det interessant å vite om slike fenomener er vanlige, og i tilfelle hva som framkaller de.



Figur Ij6. Lengdefordeling av røye i garnfangster i lešjávri, august 2018. n er antall fisk.



Figur Ij7. Aldersfordeling hos røye i garnfangster i lešjávri i august 2018, samt i august-september 1997. n er antall alderslest røye. Data fra 1997 er avlest fra Nilsen (1998). Minste maskevidde var 5 mm i 2018 og 10 mm i 1997.

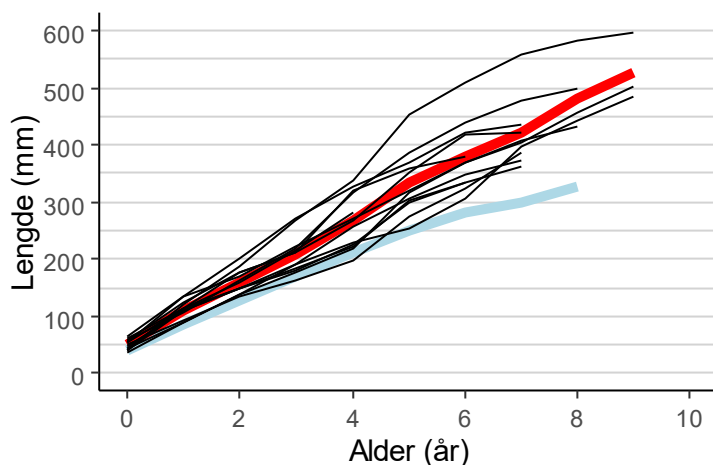


Figur Ij8. Datapunkter som viser lengde ved alder for røye i lešjávri, fra prøvefiskene i 1972-1973, 1997 og 2018. Data for 1972-1973 er avlest fra Aandahl (1974) og data for 1997 fra Nilsen (1998). For 1997-materialet har vi gjennomsnittspunkter, ikke individdata. Datapunktene er svakt forskjøvet i x-retning for bedre å vise alle punkter. Datapunktene er svakt forskjøvet i x-retning for bedre å vise alle punkter. Kurvene med skravering viser vekstkurver med feilmargen basert på loess-lokalregresjon. Minste maskevidde var 21 mm i 1972-1973, 10 mm i 1997, og 5 mm i 2018.

3.7.5 Aurebestanden

Det ble fanga 14 aure i prøvefisket i lešjávri i 2018. Med unntak av én fisk, som var 28,3 cm, var alle fiskene større enn 30 cm (31,3-59,5 cm). Dette tyder på at auren i lešjávri slår over på fiskediett, noe som bekreftes av at ett av individene i fangsten hadde rester av en røye i magen. Auren i fangstene fra 2018 var jevnt over større enn i prøvefisket i 1997, da ingen fisk var større enn 32 cm (Nilsen 1998).

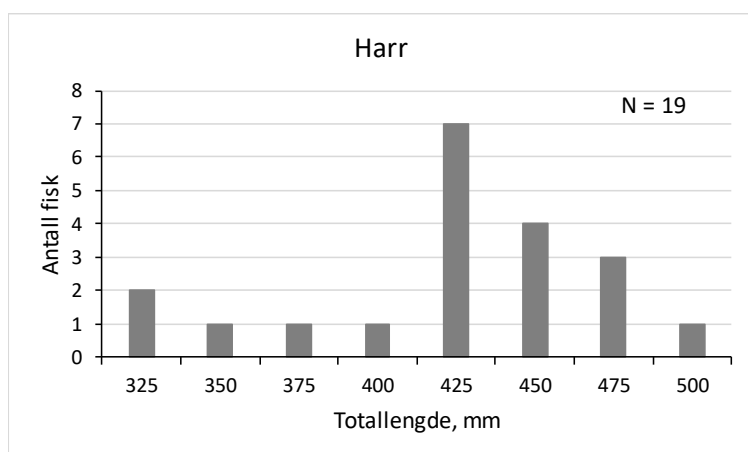
Tilbakeberegning av vekst basert på skjellprøver fra auren fra lešjávri tyder på en rimelig god og relativt lineær vekst fram til niårsalderen og en lengde på 50 cm, dvs. en årlig tilvekst på ca. 6 cm (**figur Ij9**). Tilbakeberegnet lengde er i overensstemmelse med den gjennomsnittslengden som kan beregnes for aldersgrupper der materialet inneholder et rimelig antall fisk. For aldersgruppe 7 år, med fem fisk, var gjennomsnittslengden 39,5 cm. Tilbakeberegning til åttende vekstsesong, altså 7 år gammel fisk, gav en lengde på 42,2 cm. Vi ser også at individuell vekst hos aure i lešjávri var vesentlig bedre enn hos aure i Møsvatn, ved at alle individ hadde like god eller bedre vekst enn gjennomsnittet for aure i Møsvatn (**figur Ij9**).



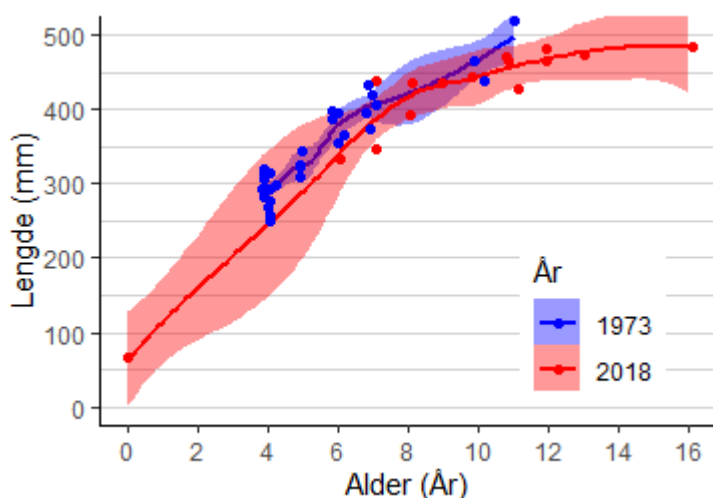
Figur Ij9. Individuelle vekstkurver (svarte kurver) hos aure fra lešjávri, basert på tilbakeberegning fra skjell fra 13 fisk i aldersgruppe 4 – 9 år. Rød kurve viser gjennomsnittet for de individuelle vekstkurvene, mens lyseblå kurve viser gjennomsnittlig vekstkurve for aure fra Møsvatn

3.7.6 Harrbestanden

Det var i alt 20 harr i bunngarnfangstene i lešjávri i august 2018. Med unntak av én årsyngel på 6,5 cm var disse mellom 33,3 og 48,5 cm (**figur Ij10**) og mellom 6 og 16 år gamle (**figur Ij11**). Individuell lengde ved alder hos harren viser at fisken når vel 33 cm som seksåringer, og at den har jevn, men avtakende vekst fram til 16-årsalderen og nesten 50 cm lengde. Det er ingen indikasjoner på at harr vokste bedre i 2018 enn i 1972-1973, heller er det en tendens til det motsatte (**figur Ij11**). Lengde ved alder for harr i 1997 er ikke oppgitt i Nilsen (1998), utover at det er vist til at harr hadde bedre vekst enn røye. Lengdefordelingen i materialet av harr fra prøvefisket i 1997 (Nilsen 1998) omfatter flere lengdegrupper enn materialet fra 2018, bl.a. mange fisk mellom 20 og 30 cm. Dette kan delvis skyldes en større garninnsats i 1997. Harr yngre enn 4 år er derimot generelt fraværende i fangstene i alle år, dette fordi den vokser opp i tilløpselvene heller enn i innsjøen.



Figur Ij10. Lengdefordeling av harr i garnfangster i lešjávri, august 2018. N = antall fisk. Merk at det også var én årsyngel på 65 mm i fangsten. Denne er utelatt fra figuren.

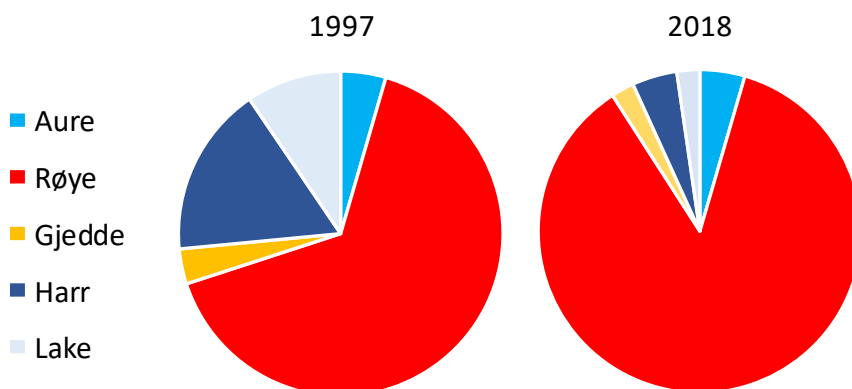


Figur Ij11. Lengde ved alder for harr fra lešjávri, august 2018 og september 1973 (data avlest fra Aandahl 1974). Datapunktene er svakt forskjøvet i x-retning for bedre å vise alle punkter. Kurvene med skravering viser vekstkurver med feilmarginal basert på loess-lokalregresjon. Minste maskevidde var 21 mm i 1972-1973 og 5 mm i 2018.

3.7.7 Økologisk tilstand

Prøvefisket i lešjávri i 1972-1973 (Aandahl 1974) ble gjennomført med standardgarn med maskevidder fra 21 til 52 mm (såkalt Jensen-serie), og fangstsammensetningen fra prøvefisket i 1972 og 1973 kan derfor i liten grad sammenlignes med fangstsammensetningen i 2018. Det ble også gjennomført et prøvefiske med bunn-garn og flyte-garn i 1978, men da kun med 29 og 35 mm garn (Bjerknes 1978). Videre ble det ved dette prøvefisket oppsøkt kjente gode fiskeplasser, som trolig forklarer en vesentlig høyere CPUE på disse maskeviddene i 1978 enn i 1972-1973 og 1997. Det er i noen grad mulig å sammenligne resultatene fra 2018 med prøvefisket i 1997 (Nilsen 1998). Fisket i 1997 ble gjennomført med ulike bunn-garn, både serier av enkeltgarn (maskevidder 22-36 mm) og oversiktsgarn (maskevidder 10-45 mm) (Nilsen 1998). Fisket var begrenset til strandsona. Artsfordelingen i fangstene i 1997 sammenlignet med fangstene på 0-20 m dyp i 2018 viser at andelen røye hadde økt fra 66 % til 86 % (**figur Ij12**). For røye var det også mulig å korrigere for ulik innsats med ulike maskevidder i 1997-fangstene, og en slik korleksjon viste at andelen røye utgjorde 76 % i 1997-fangstene standardisert til oversiktsgarninnsats. Til sammenligning var andelen røye i 1972-fangstene 71 % (Aandahl 1974). En sammenligning av gjennomsnittlig CPUE på maskevidder 21 mm og større i 1972 og i 1997 (begge undersøkelser i juli) viser en gjennomsnittlig CPUE for røye på henholdsvis 6,5 og 7,3. I 1997 var gjennomsnittlig CPUE for alle maskevidder 16,3 for røye, mens den var kun 4,2 i 2018. Fangsten ble ikke sortert på ulike maskevidder i 2018, men antar vi at fangstene på 5, 6, 8 og 55 mm var neglisjerbare, kan vi oppjustere CPUE for røye i 2018 til omtrent 6,3 for sammenligning med oversiktsgarna som ble brukt i 1997. Garnfisket ble gjennomført i juli i 1997 og i slutten av august i 2018, og høyere vanntemperatur og med det aktivitet har trolig bidratt til høyere CPUE i 1997. Om noe av det lavere fangstutbyttet (CPUE) fra undersøkelsen i 1997 enn i 2018 skyldes en faktisk reduksjon i tetthet, er derfor vanskelig å si.

Vi finner altså både lignende artssammensetning og tetthet ved undersøkelsene i 1972 og 1997, og har dermed ingen indikasjon på større endringer i denne perioden. Dersom vi betrakter situasjonen i 1997 som en referansetilstand, kan vi benytte NEFI-indeksen for å beskrive eventuelle endringer i fiskesamfunnet over denne perioden på 21 år (**tabell Ij3**). NEFI-indeksen baseres på dominansforhold mellom fiskeartene i fangstene (Sandlund mfl. 2013, Veileder 2:2018). For lešjávri ser vi at til tross for at det er en økt andel røye i fangstene, er det fremdeles slik at røye er dominerende art (>25 % av fangsten), mens de fire andre artene er vanlige (1-25 % av fangsten) (**tabell Ij3**). Dette gir en NEFI-verdi på 1,0, som tilsvarer *svært god* tilstand. WS-FBI-indeksen viser også at lešjávri er i *svært god* tilstand i forhold til eutrofiering (**tabell Ij4**). Det er sannsynligvis slik at vi kan anse at fiskesamfunnet i lešjávri er i noe nær referansetilstand. Dette betyr også at et fiskesamfunn gjerne kan ha svært god tilstand selv om de enkelte artsbestandene framviser variabel rekruttering. I lešjávri er det ingen kjente påvirkningsfaktorer, bortsett fra et lett til moderat fiske. Forholdet mellom artene i 1972-1973 var svært likt de i 1997, og den høyre andelen røye i fangstene i 2018 skyldes iallfall til dels en høyere andel av små maskevidder i garna som ble benyttet sammenlignet med tidligere undersøkelser.



Figur Ij12. Fordeling av de fem vanligste fiskeartene i bunn-garnfangster i strandsona (0-20 m) i lešjávri i 1997 og 2018. Figuren for 1997 er omtegnet etter Nilsen (1998). Korleksjon for ulik maskevidde-innsats viste en røyeandel på 76 % i 1997-fangstene.

Tabell Ij3. Beregning av NEFI-indeksen for fiskebestanden i lešjávri i 2018 sammenlignet med 1997, som da defineres som referansetilstand (Nilsen 1998). For røye gav korrigering for ulik innsats med ulike maskevidder en andel på 76 %. Det er ikke tilstrekkelige data i rapporten til å gjøre tilsvarende korrigering for de andre artene.

	Røye	Harr	Aure	Lake	Gjedde	
1997 %-andel	66 (76)	17	5	10	4	
Vekting	1	0,75	0,75	0,75	0,75	RT = 4
2018 %-andel	86	4,5	4,5	2,3	2,3	
Endringsgrad	0	0	0	0	0	EG = 0
NEFI (indeksverdi)						(RT-EG)/RT = 1,0

Vi har derimot registrert en annen endring hos fisken i lešjávri. Det er nemlig tydelige indikasjoner på bedre vekst hos både røye og harr i 2018 enn i 1972-1973, og auren i fangstene var også større i 2018. Hos røya har det i tillegg vært variabel rekruttering siden år 2000, med én svært svak eller helt fraværende årsklasse i 2012 (fra gyting i 2011). Også 2013- og 2014-årsklassene synes å være svake. Hos røya kan det derfor være en sammenheng mellom svekket rekruttering (som fører til lavere tetthet av fisk) og bedre vekst. En annen faktor som kan påvirke fiskens vekst er temperaturen. Vi har ingen tidsserie med vanntemperaturer fra lešjávri, men lufttemperaturen målt ved Čoavddatmohkki målestasjon gir en indikasjon på forholdene ved innsjøen fra 1960 til i dag (**vedlegg 9**). Lufttemperaturen i vekstsesongen (juni-september) var ca. 1-1,5 grader lavere på 1990-tallet enn etter 2010.

Tabell Ij4. Estimert biomasse av pelagisk fisk i lešjávri, samt nEQR basert på WS-FBI. Merk at årsyngel ikke er med i biomasseestimata.

A (km ²)	L (km)	D	Biomasse (kg/ha)			WS-FBI	nEQR	Status
			Aure	Røye	TBM (t)			
68,2	48,2	5,8	0,03	0,17	1,33	6,39	1,78	SG



Tønner med røye og gjedde fanget i lešjavri den 15. mai 1949. Foto Magnus Berg/Nasjonallbiblioteket.

4 Diskusjon

4.1 Fiskefauna og miljø

De sju innsjøene som ble undersøkt i FIST-prosjektet i 2018 dekker en svært stor del av den variasjonen vi har av fiskesamfunn og innsjøtyper blant de store innsjøene våre. Innsjøenes beliggenhet strekker seg også over omtrent ti breddegrader, fra Møsvatn på 59,86 °N til lešjávri på 69,67 °N. Fiskefaunaen varierer også, fra 20 arter i Mjøsa til tre arter i Møsvatn og Takvatnet. Innsjøbassengenes størrelse varierer fra Norges største innsjø, Mjøsa, med et areal på 369,5 km² og største dyp på 453 m, til Stuorajávri med et største dyp på 30 m, og Takvatnet med et areal på 15,2 km².

Fiskefaunaen i innsjøene er skapt av to prosesser. For det første har vi innvandringshistorien til artene etter siste istid, og for det andre har vi menneskenes spredning av fiskearter. Spesielt har spredningen av de såkalt 'regionalt fremmede' artene endret det opprinnelige mønsteret (jf. <https://www.artsdata-banken.no/fremmedearter>). Mjøsas artsrike fiskefauna skyldes innsjøens beliggenhet i lavlandet på Østlandet, i den delen av landet som ble nådd av mange fiskearter etter istida. Flere av de østlige artene kom også til Finnmark etter istida, og finnes nå f.eks. i lešjávri. De østlige innvandrerne hadde en lengre vei å vandre, inkludert å krysse vannskiller, for å nå Krøderen og Stuorajávri. Disse innsjøene har derfor færre fiskearter enn henholdsvis Mjøsa og lešjávri. I både Krøderen og Stuorajávri finnes likevel sik og abbor, som begge er østlige innvandrere. I begge innsjøer finnes i dag ellers gjedde, som også er en østlig innvandrer, men forekomsten av denne arten i Krøderen skyldes at den ble satt ut i vassdraget på 1990-tallet.

Introduksjonen av gjedde i Krøderen har i stor grad påvirket aurebestanden, som har gått kraftig tilbake etter at gjedda kom. Fiskearter som er introdusert i løpet av de siste 50-100 åra preger også flere av de andre innsjøene. Takvatnet har bare tre fiskearter, men både røye og trepigga stingsild er introdusert etter 1930 (Svenning 1989). I en periode da den naturlige forekommende auren, kalt «gulbuk», var svært fåtallig, ble det gjennomført en omfattende utsetting («forsterkningsutsetting») av Tunhovdaure. Det er ikke kjent hvilken effekt dette har hatt på auren i Takvatnet og om den opprinnelige stammen er erstattet av Tunhovdaure, eller av en hybrid mellom gulbuk og Tunhovd. Ytterligere forvirring bringes til dette temaet av at det er blitt hevdet at auren ble båret til Takvatnet for over 500 år siden (Svenning 1989). Ørekyt er introdusert i nyere tid i Møsvatn, og kanskje også i Altevatnet. I innsjøene i Finnmark er ørekyta trolig naturlig forekommende (Hesthagen & Østborg 2004). Det er også sannsynlig at arter som aure, røye og lake i mange tilfelle kan være introdusert for hundrevis av år siden (Huitfeldt-Kaas 1918, Hesthagen & Kleiven 2016).

Fire av de sju innsjøene som ble undersøkt i 2018 er regulert for vannkraftproduksjon, med reguleringshøyder mellom 2,6 m (Krøderen) og 18,5 m (Møsvatn). Også Altevatnet er hardt regulert (16,2 m). Den store reguleringshøyden Møsvatn og Altevatnet har imidlertid gitt svært forskjellig utslag for fiskesamfunnet; mens det er god rekruttering av aure i flere tilløpselver til Møsvatn og gode fangster av aure i innsjøen, er rekruttering av aure i Altevatnet svært liten og begrensa til Oustoelva og områda aust i vatnet. Før reguleringa av Altevatnet var det god aurefangster i vatnet. Artssammensetninga i fiskesamfunnet i Altevatnet framstår derfor som mye mer påverka av den sterke reguleringa enn i Møsvatn. Kompensasjonsutsetninger av aure i Møsvatn synes i liten grad å ha bidratt til forekomsten av aure i fangstene (Saltveit og Brabrand 2002).

Alle innsjøene som inngår i fiskeundersøkelsene i 2018 har lave konsentrasjoner av næringssalter. Middelverdiene for fosfor (Tot-P) varierte mellom 2 og 5 µg/L, mens nitrogenverdiene (Tot-N) var mellom 75 og 463 µg/L (henholdsvis Altevatnet og Mjøsa) (Lyche Solheim mfl. 2019). Næringssaltnivåene i Mjøsa har gått ned som en følge av Mjøsaksjonen på 1970-1980-tallet, men i samme periode har sommertemperaturen i vannet gått opp. Begge disse faktorene har trolig påvirket fiskesamfunnet i Mjøsa, men fiskeundersøkelser underveis har vært manglende eller alt for begrenset til å si noe om hvordan endringene har skjedd.

4.2 Vurdering av metodikk

Undersøkelsene i 2018 har skjedd med standardisert fiske med bunngarn av typen nordisk oversiktsgarn og pelagisk partrål. På grunn av innsjøens størrelse ble antall bunngarnstasjoner i Mjøsa økt fra fire til seks. En standard innsats med 15 garnnetter per stasjon på fire stasjoner betyr en samlet innsats på 60 garnnetter. Dette ble altså økt til 90 garnnetter i Mjøsa. I de seks innsjøene der innsatsen var 60 garnnetter ble det fanget mellom 116 fisk (Takvatnet) og 643 fisk (Krøderen). Korrigert for det økte innsatsen ville fangsten på 60 garnnetter i Mjøsa vært 1014 fisk. Dette kan sammenlignes med at en noe redusert innsats på fire stasjoner i Øyeren fanget 1202 fisk (Gjelland mfl. 2018). I de andre innsjøene som ble undersøkt med en tilsvarende garninnsats i 2017 var fangstene på bunngarn mellom 204 og 599 fisk.

I innsjøer med lave tettheter og relativt få fiskearter synes derfor en garninnsats på 60 garnnetter å fange et tilstrekkelig antall fisk til å tillate en nærmere analyse av de viktigste fiskeartene. I de artsrike og mer næringsrike innsjøene blir det et dilemma at fangstene blir så store at det å plukke fisk ut av garna og ta vare på fangsten (prøvetaking osv.) blir svært tidkrevende. I de største innsjøene vil det likevel ofte være nødvendig å utvide antall prøvefiskestasjoner for å dekke ulike deler av innsjøen. For å få et brukbart materiale av en viktig art som sik, kan det i noen tilfeller bli store mengder lett fangbare arter som hork og/eller abbor i fangstene. Det vil imidlertid aldri være mulig å fange alle arter i de artsrike innsjøene, da flere av de sjeldne artene har habitatvalg som gjør dem vanskelige eller praktisk og økonomisk umulige å fange i et overvåkingsfiske.



Niøye er en art som trolig er vanligere enn det kan synes som i mange norske innsjøer. Den er tynn og sitter sjelden i garn, og fanges helst sammen med annen fisk i trålen. Foto: K-Ø. Gjelland

I 2018 ble det gjennomført tråling i pelagisk sone i seks av de sju innsjøene. Unntaket var lešjávri, som ligger så uveisomt til at det ikke er praktisk eller økonomisk mulig å frakte inn det nødvendige båtutstyret. I lešjávri ble det derfor fisket med nordisk oversikts flytegarn. Fangstene i trålen varierte mye mellom innsjøene. I innsjøene med sik som dominerende art i de åpne vannmassene var det gode fangster både i Finnmark (Stuorajávri, 308 fisk) og i Buskerud (Krøderen, 247 fisk). Det same gjaldt i Mjøsa, der krøkle er dominerende pelagisk art. I innsjøene med røye og/eller aure som dominerende art varierte fangstene fra null fisk (Takvatnet) til 71 fisk (Møsvatn). Det er ingen tvil om at garnfangster gir et svært skeivt bilde av artssammensetninger i innsjøer med krøkle. Fangster med flytegarn fanger også i liten grad småfisk, som i større grad fanges med trål, slik vi så i Stuorajávri. Men det er lite hensiktsmessig med trålinnsats dersom fangstene nærmest uteblir, slik som i Takvatnet og Altevatnet. Fangstene i både flytegarn og trål har sammenheng med de faktiske tettheter av fisk, og trolig kan tettheter estimert med ekkolodd gi en god pekepinn på forventet fangst i trålen. Det er behov for en samlet analyse av samtlige innsjøer som er undersøkt i FIST-programmet for å få en bedre forståelse av hvilke faktorer som påvirker tettheten og fordelingen av fisk i pelagisk sone og dermed fangstene av fisk i trålen.

Undersøkelsene i 2018 har gitt gode indikasjoner på at ekkoloddet kan brukes for å vurdere størrelses-sammensetning i det pelagiske fiskesamfunnet. Der det var gode trålfangster og gode ekkolodddata, fant vi et rimelig godt samsvar mellom gjennomsnittsvekt estimert med ekkolodd og gjennomsnittsvekt observert i trålfangstene. Det betyr at dersom de ulike artene i stor grad har ulike størrelser, som for eksempel i Mjøsa, kan ekkolodddata være svært verdifulle for å estimere andelen av de ulike fiskearter i fiskesamfunnet. Likevel kan det være utfordrende å vurdere andelen lagesild, som har noe overlapp med krøkle i nedre del av lagesildas størrelsesspekter, og med sik i øvre del av dette spekteret. I innsjøer med pelagisk røye og aure vil disse ofte i stor grad overlape i størrelse, og det vil være vanskelig å bruke ekkolodddata til å gi gode indikasjoner på artsfordelingen. Fangster av fisk vil videre være nødvendig for å vurdere fiskens vekst, som er en av de viktigste responsene til endringer i klima, tetthet, næringsforhold og stressfaktorer. Fangster fra trål og bunn garn bør derfor fortsatt ha en viktig rolle sammen med ekkoloddundersøkelser i overvåkingen av fiskesamfunn i store norske innsjøer. Ellers bør en stor innsats med flytegarn vurderes der den pelagiske fisketettheten er så lav at tråling forventes å gi ingen eller svært liten fangst.

Ved vurdering av økologisk tilstand skal det tas hensyn til introduserte arter. Dette fører til en forringelse av tilstanden dersom den introduserte arten er en høyrisikoart, eller dersom det kan vises til store endringer i økosystemet/fiskesamfunnet som en konsekvens av introduksjonen. Det kan også være et behov for verktøy for å evaluere utvikling i fiskesamfunn etter slike hendelser; når er en introdusert art «naturalisert», og når skal en referansetilstand baseres på dette? Og er det ønskelig med slike omdefineringer av referansetilstand? Årstallene 1800 (Artsdatabanken) og 1900 (brukt i klassifiseringsveilederen (Veileder 2:2018) for når en introdusert art skal betraktes som en naturlig hjemmehørende art synes noe tilfeldig. På lang sikt er det viktig å ta opp spørsmålet om slike definisjoner skal være dynamiske, basert på objektive kriterier knyttet til karakteristikker ved introduksjonsart, fiskesamfunn og økosystem.

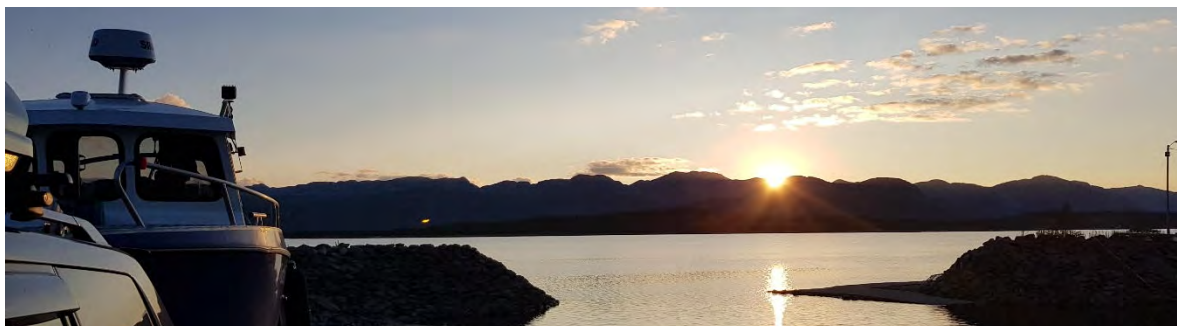
5 Oppsummering og konklusjoner - klassifisering

5.1 Økologisk tilstand

Det er et mangelfullt med data fra tidligere undersøkelser av fisk i de fleste innsjøene som ble undersøkt i ØKOSTOR/FIST i 2018. I de tilfeller der det finnes prøvefiskedata fra 30-50 år tilbake, er sammenligning utfordrende fordi maskeviddeinnsatsen var så forskjellig fra dagens standard. Derfor er det bare WS-FBI-indeksen som gjennomgående kan anvendes for å tilstandsklassifisere fiskebestandene i alle innsjøene (**tabell 5**). Denne indeksen viser tilstand i forhold til eutrofiering som påvirkningstype, og det er derfor som ventet at både Møsvatn og alle de fire innsjøene i Nord-Norge får *svært god* tilstand. Det er noe mer overraskende at Krøderen og Mjøsa også får *svært god* tilstand, selv om nEQR-verdien for disse innsjøene ligger nærmere grensen mellom *svært god* og *god* tilstand enn for de andre innsjøene. WS-FBI påvirkes av hvordan vi definerer grensen mellom epi- og hypolimnion, slik vi så i Øyeren i 2017 (Lyche-Solheim mfl. 2018, Gjelland mfl. 2019). Men vi har ikke sett nærmere på hvordan alternativ fastsetting av grensen mellom epi- og hypolimnion ville påvirket resultatene i denne undersøkelsen. Vi måtte modifisere formelen for utregning av indeksen noe, men dette ser ut til å ha liten betydning i innsjøer hvor WS-FBI ligger nær klassifiseringsgrensene. Det endret heller ikke klassifisering i forhold til ved buk av den originale formelen der den kunne brukes. Videre utvikling og sensitivitetstesting av WS-FBI bør være et eget arbeid.

For to av innsjøene, Krøderen og lešjávri, foreligger det imidlertid tidligere prøvefiskedata som gjør det mulig å vurdere endringer over tid ved hjelp av NEFI-indeksen. For lešjávri gir denne indeksen også *svært god* tilstand dersom vi bruker resultatene fra et prøvefiske i 1997 som en referansetilstand. For Krøderen gir derimot NEFI-indeksen *moderat* tilstand, på grensen mot *god*. Den viktigste endringen i prøvegarnfangstene i denne innsjøen er at auren har gått fra å være vanlig før gjedda kom inn, til å være sjelden i fangstene i de seinere åra. Fiskeindeksen %bestandsnedgang gir imidlertid *dårlig* tilstand. Ettersom endringene høyst sannsynlig skyldes at gjedde er introdusert ved menneskets hjelp, vil tilstanden for fiske-samfunnet i Krøderen bli *dårlig* (jf. Direktoratgruppen vanndirektivet 2018).

Det er en tydelig forskjell på biomassen av fisk i de åpne vannmassene i disse innsjøene (**tabell 6**). Altevattnet, Takvatnet og lešjávri har ekstremt lave biomasser av fisk (< 0,2 kg/ha), Møsvatn og Stuorajávri har noe høyere, men fremdeles lave biomasser (<3 kg/ha), mens Mjøsa og Krøderen har en fiskebiomasse på hhv. 15 og 18 kg/ha. Forholdene under feltarbeidet i den grunne Stuorajávri (uvanlig stille og klart vær) kan ha ført til at fisken i større grad en vanlig svømte svært nær overflata, slik at de i høy grad unngikk ekkoloddstrålen og dermed ikke ble registrert. Biomassetetthet i volumet av tråla vannmasser indikerte tettheter i størrelsesorden 12-44 fisk/ha i Stuorajávri, basert på trålfangsten. Bruken av ekkolodd ved spesielle forhold i grunne innsjøer kan derfor trolig gi vesentlig underestimering av tetthet og biomasse. På bakgrunn av fangstene samt de spesielle forholdene ved registrering, antar vi at estimatene for fiskebiomasse basert på ekkolodd i Stuorajávri er for lave. De relativt høye verdiene for Mjøsa og Krøderen skyldes trolig at produktiviteten er høyere i disse innsjøene (jf. Lyche Solheim mfl. 2019). Mjøsa har dessuten en mer artsrik fiskefauna, med tre fiskearter som i hovedsak lever i de åpne vannmassene, noe som også bidrar til høy biomasse.



Klar for båtutsetting på Møsvatn ved solnedgang. Foto: Knut Andreas E. Bækkelie, NINA.

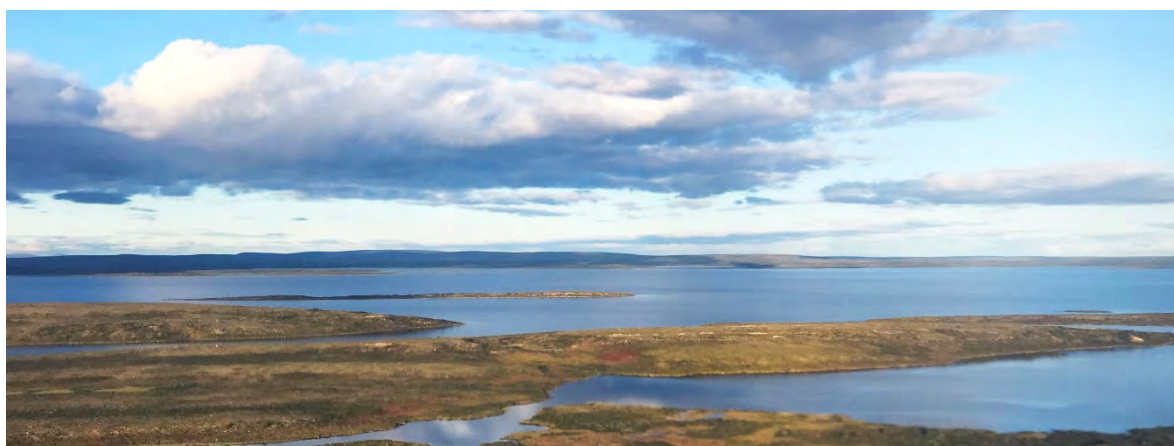
Tabell 5. Oppsummering av klassifisering på grunnlag av fisk i store innsjøer undersøkt i 2018 angitt som normalisert EQR (nEQR). Klassifiseringen er gjort på grunnlag av WS-FBI, modifisert formel for å unngå negative verdier ved lave tettheter (se metodekapittel). Datagrunnlaget for å anvende de øvrige indekserne (NEFI og %bestandsnedgang) var utilstrekkelig i de fleste innsjøer. SG = Svært god (blå), G = God (grønn), M = Moderat (gul), D = Dårlig (oransje), SD = Svært dårlig (rød) tilstand. WS-FBI-verdier er basert på modifisert formel (verdi for opprinnelig formel gitt i parentes). Med 2 som grenseverdi mellom god og svært god tilstand ser vi at ingen innsjøer med positiv WS-FBI-indeks for opprinnelig formel endrer klassifisering med modifisert formel.

Innsjø	Epi/hypo (m)	WS-FBI ²				NEFI			%bestandsnedgang			Samlet tilstand fisk Tilstandsklasse
		Verdi	(oppr.)	EQR	nEQR	Verdi	EQR	nEQR	Verdi	EQR	nEQR	
Mjøsa	20	2,27	(2,24)	0,78	0,86							SG
Krøderen	15	2,27	(2,18)	0,78	0,86	0,80	0,80	0,60	66,1	0,36	0,36	D
Møsvatn	15	3,19	(3,42)	1,10	1,00							SG ¹
Altevatnet	20	6,41	(-10,56)	2,21	1,00							SG ¹
Takvatnet	15	6,77	(-5,99)	2,34	1,00							SG ¹
Stuorajávri	10	3,98	(5,04)	1,37	1,00							SG
Iešjávri	20	6,39	(-10,73)	2,20	1,00	1	1	1				SG

¹ Nedgradert én tilstandsklasse gå grunn av introduserte høyrisikoarter.

Tabell 6. Oppsummeringstabell for artsdominans og tettheter. Stingsild kan være en viktig pelagisk art i Iešjávri på grunn av svært høy andel av liten fisk i ekkoregistreringene, men vi har ikke fangster som gir belegg for dette.

Innsjø	Dominerende pelagiske fiskerarter	Tetthet (#fisk ett år og eldre)		Biomasse (kg/ha)	Bunngarn CPUE
Mjøsa	Krøkle + Lagesild + Sik	2855		15,43	37,6
Krøderen	Sik	327		17,93	23,4
Møsvatn	Røye + Aure	23,9		2,9	13,4
Altevatnet	Røye	3,4		0,19	15,8
Takvatnet	Røye	4,8		0,12	5,0
Stuorajávri	Sik	17,8		1,51	20,9
Iešjávri	Røye	1,7		0,19	8,5



Nordre del av Iešjávri. Foto: Karl Øystein Gjelland, NINA.

6 Referanser

- Aandahl, A. 1974. NVE, Statskraftverkene: Alta-prosjektet. Fiskeribiologiske forundersøkelser 1972 og 1973: del 1: innlandsfisket. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk.
- Aass, P. 1972. Age determination and year-class fluctuations of cisco, *Coregonus albula* L., in the Mjøsa hydroelectric reservoir, Norway. Report Institute of Freshwater Research, Drottningholm 52: 5-22.
- Aglen, A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. S. 293-298 i: O. Nakken & S.C. Vennema (red.) Fisheries Acoustics Symposium, vol. 300, FAO Fish. Rep.
- Amundsen, P.-A. 1988. Habitat and food segregation of two sympatric populations of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s. l.) in Stuarajávri, northern Norway. Nord. J. Freshw. Res. 64: 67-73.
- Amundsen, P.-A. & Kristoffersen, R. 1990. Infection of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) by *Triaenophorus crassus* Forel (Cestoda: Pseudophyllidea) — a case study in parasite control. Can. J. Zool. 68: 1187-1192.
- Amundsen, P.-A., Kristoffersen, R., Knudsen, R. & Klemetsen, A. 2002. Long-term effects of a stock depletion programme: the rise and fall of a rehabilitated whitefish population. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 57: 577-588.
- Artsdatabanken 2020. Fremmedartslista 2018. <https://artsdatabanken.no/fremmedartslista2018>.
- Balk et al. 2019. Sonar4 and Sonar5-Pro post processing systems, Operator manual version 606.15, 489p. CageEye A/S
- Bjerknes, V. & Solbakke, R. 1978. Næringsfiske i indre Finnmark : resultater av forsøksfiske i lesjavre sommeren 1978.
- Brabrand, Å. & Saltveit, S. J. 2002. Fiskeribiologiske etterundersøkelser i Møsvatn i forbindelse med fornyet konsesjon. Universitetets naturhistoriske museer og botaniske hage, Rapp. Lab. Ferskvøkol. Innlandsfiske, Oslo, 210, 22s.
- Brabrand, Å. 2007. Fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske – Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport 250, 39 s.
- Brabrand, Å. 2009. Tetthet av ørretunger i tilløpselver til Krøderen og i Hallingdalselva. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske – Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport 267, 15 s.
- Brabrand, Å. 2011. Rekrutteringssvikt hos røye i Møsvatn, Telemark. Mulige årsaker. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport nr. 14, 1-29.
- Brabrand, Å., Pavels, H. & Saltveit, S.J. 2014. Del 1: Tetthet av ørretunger i tilløpselver til Krøderen. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, rapport 39: 1-29.
- Dahl, K. 1917. Studier og forsøk over ørret og ørretvand. Centraltrykkeriet, Kristiania.
- Dahl- Hansen, G.A.P. 2016. Fiskeribiologiske undersøkelser i Altevatn og Ousto 2015. Akvaplan-niva rapport 7752-01. 31 s.
- Dervo, B.K., Skurdal, J., Sandlund, O.T. & Museth, J. 2017. Mjøsens fisker og fiskerier gjennom 100 år. Tidsskriftet Utmark nr 2-2017, 13 s. <http://hdl.handle.net/11250/246974>
- Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018. Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. <http://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/veiledere-direktorats-gruppa/Klassifisering-av-miljøtilstand-i-vann-02-2018.pdf>
- 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: 2436-2448.
- Enerud, J. & Garnås, E. 1990. Fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen. Flå og Krødsherad kommuner. Fylkesmannen i Buskerud. Miljøvern avdelingen. Rapport nr. 14-1990, 33 s.
- Finstad, A.G., Forseth, T., Jonsson, B., Bellier, E., Hesthagen, T., Jensen, A.J., Hessen, D. & Foldvik, A. 2011. Competitive exclusion along climate gradients: energy efficiency influences the distribution of two salmonid fishes. Global Change Biology 17: 1703-1711.
- Gjelland, K.Ø., Rustadbakken, A., Haugen, T.O. & Sandlund, O.T. 2013. Forsøk med trål og ekkolodd i Mjøsa, 2012. NINA Rapport 927. Norsk institutt for naturforskning.

- Gjelland, K.Ø., Sandlund, O.T., Andersen, O., Bremset, G., Bækkelie, K.A.E., Davidsen, J.G., Eloranta, A., Pettersen, O., Rønning, L., Rustadbakken, A., Saksgård, L., Saksgård, R. & Sjursen, A.D. 2017. Metodeutvikling: overvåking av fisk i store innsjøer (FIST) i 2016. NINA Rapport 1573. Norsk institutt for naturforskning.
- Gjelland, K.Ø., Sandlund, O.T., Postler, C., Bækkelie, K.A., Eloranta, A., Pettersen, O., Solberg, I. & Saksgård, R. 2018. Overvåking av fisk i store innsjøer (FIST) i 2017. NINA Rapport 1644. Norsk institutt for naturforskning.
- Gregersen, F. 2009. Gytebekkene og elvene i Mjøsa. Fylkesmannen i Oppland. Miljøvernavdelingen. Rapport 6/2009.
- Hamrin, S.F. 1986. Vertical distribution and habitat partitioning between different size classes of vendace, *Coregonus albula*, in thermally stratified lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 43: 1617-1625.
- Hesthagen, T. & Østborg, G.M. 2004. Utbredelse av ferskvannsfisk, naturlige fiskesamfunn og fiske-tomme vatn i Troms og Finnmark. NINA oppdragsmelding 805. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 2012. Gjedde, sørv og suter: status, vektorer og tiltak mot uønsket spredning. NINA Rapport 669. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T. & Kleiven, E. 2016. Auren I Jotunheimen – når vart han innført, og kor kom han frå? S. 37-53 i: A. Mjærum & E. Utvik Hammer (red.) Fjellfiske i fortiden. Årtusener med svømmende rikdom. Kulturhistorisk museum og Portal forlag, Kristiansand.
- 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.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1917. Mjøsas fisker og fiskerier. Det Kgl. Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1916 nr. 2.
- Huitfeldt-Kaas H. 1918. Ferskvannsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge med et tillæg om krebsen. Centraltrykkeriet. Kristiania. 106 s.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1927. Studier over aldersforholde og veksttyper hos norske ferskvannsfisker. Nationaltrykkeriet. 358 s.
- Hvidsten, N.A. & Gunnerød, T.B. 1978. Fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen i Hallingdalselva. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk. Reguleringsundersøkelsene. Rapport nr. 6-1978, 31 s.
- Johnsen, S.I., Museth, J. & Dokk, J.G. 2014. Vurdering av Åkersvika som funksjonsområde for fisk - Effekter av vegbygging og foreslåtte miljøtiltak. NINA Rapport 1074. Norsk institutt for naturforskning.
- Jurvelius J, Kolari I, Leskelä A. Quality and status of fish stocks in lakes: gillnetting, seining, trawling and hydroacoustics as sampling methods Hydrobiologia. 2011. pp. 29–36.
- Kanstad-Hansen, Ø. & Svenning, M.-A. 2008. Fiskebiologisk status i Altevatn og vurdering av kultiveringsalternativer.
- Kanstad-Hanssen, Ø. 2010. Utviklingen i fiskebestandene i Altevatn i perioden 2002-2009. Bedre fiske i regulerte vassdrag i Troms, rapport 01-2010, 21 s.
- Kjellberg, G. & O.T. Sandlund 1983. Næringsrelasjoner i Mjøsas pelagiske økosystem. DVF Mjøsundersøkelsen. DVF-Mjøsundersøkelsen. Rapport 6: 61 pp.
- Kjellberg, G. 2004. Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Samlerapport for 2001 og 2002. NIVA-rapport 4816-2004. 166 s.
- Knudsen, R., Amundsen, P.-A., Jobling, M. & Klemetsen, A. 2008. Differences in pyloric caeca morphology between Arctic charr *Salvelinus alpinus* ecotypes: adaptation to trophic specialization or parasite-induced phenotypic modifications? Journal of Fish Biology 73: 275–287. DOI:10.1111/j.1095-8649.2008.01934.x
- Kraabøl, M., Museth, J. & Johnsen, S.I. 2009. Fangststatistikk og bestandsvurderinger av mjøsørret med hovedvekt på kultiveringen av hunderørret. NINA Rapport 485. Norsk institutt for naturforskning.
- Lindem, T. 1978. Registrering av fisk i Mjøsa ved hjelp av hydroakustisk utstyr. Rapport, Fysisk institutt, Univ. i Oslo. 18 s.
- 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.

- Linløkken, 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
- Linløkken, A.N. & Sandlund, O.T. 2015. Recruitment of sympatric vendace (*Coregonus albula*) and whitefish (*C. lavaretus*) is affected by different environmental factors. *Ecology of Freshwater Fish* 25: 652–663. <http://dx.doi.org/10.1111/eff.12243>
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Edvardsen H., Bækkelie, K.A.E., Edvardsen H., 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 M-587 (NIVA-rapport 7070-2016), 151 s.
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Bækkelie, K.A.E., Edvardsen H., Fosholt Moe, T., Jensen, T.C., Mjelde, M., Persson, J., Sandlund, O.T., Skjelbred, B. & Walseng, B. 2017. ØKOSTOR: Økosystemovervåking av store innsjøer 2016. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand iht vannforskriften. Miljødirektoratet Rapport M-815 (NIVA-rapport 7182-2017), 197 s.
- Lyche Solheim, A., Løvik, J.E., Stuen, O.H., Thrane, J.-E., Eriksen, T.E., Kile, M.R. & Skjelbred, B. 2018. Miljøtilstanden i Mjøsa med tilløpselver 2017. NIVA Rapport 7255-2018. Norsk institutt for vannforskning.
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Bækkelie, K.A.E., Dokk, J.G., Edvardsen H., Fosholt Moe, T., Gjelland, K.Ø., Hobæk, A., Håvardstun, J., Jensen, T.C., Mjelde, M., Persson, J., Sandlund, O.T., Skjelbred, B. & Walseng, B. 2018. ØKOSTOR 2017: Basisovervåking av store innsjøer. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften. Miljødirektoratet Rapport M-1086, NIVA-rapport 7287-2018, 193 s.
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Bækkelie, K.A.E., Dahl-Hansen, G., Demars, B., Dokk, J.G., Gjelland, K.Ø., Hammenstig, D., Jensen, T.C., Mjelde, M., Persson, J., Sandlund, O.T., Skjelbred, B., Solhaug Jenssen, M.T., Walseng, B. 2019. ØKOSTOR 2018: Basisovervåking av store innsjøer. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften. Miljødirektoratet M-1464, (NIVA-rapport 7414-2019), 177 s.
- Løvik, J.E., Bækker, T. & Romstad, R. 2010. Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport/datarapport for 2009. NIVA-rapport 5974-2010. Norsk institutt for vannforskning.
- Menezes, R., Borchsenius, F., Svenning, J.-C., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Landkildehus, F. & Jepsen, 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
- Nilsen, P. 1998. Iešjávri – selve innsjøen. En fiskeribiologisk undersøkelse. Finnmarksforskning FIFO. Rapport R-1998-04. 48 s
- Næsje, T.F., Jonsson, B., Klyve, L. & Sandlund, O.T. 1987. Food and growth of age-0 smelts, *Osmerus eperlanus*, in a Norwegian fjord lake. *J. Fish Biol.* 30: 119–126.
- 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
- Developments in Fisheries Acoustics: A Symposium held in Seattle, 22–26 June 1987. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions*. 1990.
- Persson, L., Amundsen, P.-A., De Roos, A.M., Klemetsen, A., Knudsen, R. & Primicerio, R. 2007. Culling prey promotes predator recovery—alternative states in a whole-lake experiment. *Science* 316: 1743–1746. DOI: 10.1126/science.1141412.
- Pethon, P. 1998. Aschehougs store fiskebok. 4. utg. Aschehoug, Oslo.
- Prchalova, M., J. Kubecka, M. Riha, R. Litvin, M. Cech, J. Frouzova, M. Hladik, E. Hohaurova, J. Peterka & M. Vasek, 2008. Overestimation of percid fishes (Percidae) in gillnet sampling. *Fisheries Research* 91: 79–87.

- Præbel, K., Gjelland, K.Ø., Salonen, E. & Amundsen, P.-A. 2013. Ecological speciation in postglacial European whitefish: Rapid adaptive radiations into the litoral, pelagic and profundal lake habitats. *Ecol. Evol.* 3: 4970–4986. doi: 10.1002/ece3.867
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Sandlund, O.T., Hagen, H., Klyve, L. & Næsje, T.F. 1980. Prøvegarnfiske i Mjøsa 1978-1979. DVF-Mjøsundersøkelsen. Rapport 1: 48 pp.
- Sandlund, O.T., T.F. Næsje, H. Hagen & L. Klyve 1981a. Lagesilda i Mjøsa. Alderssammensetning, vekst og ernæring. DVF-Mjøsundersøkelsen. Rapport 3: 58 pp.
- Sandlund, O.T., L. Klyve, H. Hagen & T.F. Næsje 1981b. Krøkla i Mjøsa. Alderssammensetning, vekst og ernæring. DVF-Mjøsundersøkelsen. Rapport 2: 70 pp.
- Sandlund, O.T., Næsje, T.F., Klyve, L. & Hagen, H. 1981c. Siken i Mjøsa. Alderssammensetning, vekst og ernæring. DVF-Mjøsundersøkelsen. Rapport 5: 54 pp.
- Sandlund, O.T., O. Nashoug, G. Norheim, R. Høie & G. Kjellberg 1981d. Kvikksølv i fisk og evertebrater i Mjøsa og noen sjøer i Mjøsområdet, 1979-80. DVF-Mjøsundersøkelsen. Rapport 4: 54 pp.
- Sandlund, O.T., Næsje, T.F., Klyve, L. & Lindem, T. 1985a. The vertical distribution of fish species in Lake Mjøsa, Norway, as shown by gill net catches and echo sounder. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 62: 136-149.
- Sandlund, O.T., L. Klyve & T.F. Næsje 1985b. Vekst, habitat og ernæring hos lake *Lota lota* i Mjøsa. *Fauna* 38: 37-43.
- Sandlund, O.T., Jonsson, B., Næsje, T.F. & Aass, P. 1991. Year-class fluctuations in vendace, *Coregonus albula* (Linnaeus): Who's got the upper hand in intraspecific competition? - *J. Fish Biol.* 38: 873-885.
- Sandlund, O.T., Næsje, T.F. & Lindem, T. 1992a. Ekkoloddregistrering av pelagisk fiskebestand i Mjøsa 1990-91. NINA Oppdragsmelding 138. Norsk institutt for naturforskning.
- Sandlund, O.T. 1992b. Differences in the ecology of two vendace, *Coregonus albula*, populations separated in 1895. *Nordic J. Freshw. Res.* 67: 52-60.
- Sandlund, O.T. & Hesthagen, T. 2011. Fish diversity in Norwegian lakes: conserving species poor systems. – S. 7-20 i: M. Jankun, G. Furghala-Selezniow, M. Wozniak & A.M. Wisniewska (red.) *Water biodiversity assessment and protection*. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland.
- 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. & Hesthagen, T. 2013. Tiltaksrettet overvåking av spredning og introduksjon av ferskvannsfisk. (Monitoring of spreading av alien freshwater fish.) - NINA Rapport 908. 23 s.
- 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. Norsk institutt for naturforskning.
- 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. Norsk institutt for naturforskning.
- Sandlund, O.T., Grøndahl, F.A., Kjellberg, G. & Næsje, T.F. 2017. Variabel livshistorie hos krøkle (*Osmerus eperlanus*) i Mjøsa og Randsfjorden. VANN 01-2017: 81-92.
- 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.
- Siwertsson, A., Knudsen, R., Kahilainen, K. K., Præbel, K., Primicerio, R. & Amundsen, P.-A. 2010. Sympatric diversification as influenced by ecological opportunity and historical contingency in a young species lineage of whitefish. *Evolutionary Ecology Research* 12: 929–947.
- Smalås, A., Amundsen, P.A. & Knudsen, R. 2013. Contrasting life history strategies of sympatric Arctic charr morphs, *Salvelinus alpinus*. *Journal of Ichthyology* 53: 856-866.

- Svenning, M.-A. 1981. Fiskebiologiske undersøkelser i Altevatn 1981. Rapport fiskerikonsulenten i Troms, 67 s.
- Svenning, M.-A. 1989. Fiskehistoria om Takvatnet. Ottar 3-89: 8-18.
- Svenning, M.-A. 1998. Økologisk og genetisk status hos ørretbestanden i Gámasjohka. NINA Oppdragsmelding nr 532. Norsk institutt for naturforskning.
- Tammi, J. 2003. Gillnet-based fish monitoring in large lakes – test fishing in key habitats. Karjalan tutkimuslaitoksen raportteja 2003:3, s. 92-95.
- Taugbøl, T. 1995. Operasjon Mjøsørret - Sluttrapport. Fylkesmannen i Oppland. Miljøvernnavdelingen Rapport 9 – 1995. 51 s.
- Thorstad, E.B., Finstad, A.G., Jensen, A.J., Museth, J., Næsje, T.F. & Saksgard, L.M. 2007. To what extent does ethanol and freezing preservation cause shrinkage of juvenile Atlantic salmon and European minnow? *Fisheries Management and Ecology* 14: 295-298.
- Tormodsgard, L. 2014. Kartlegging av fiskesamfunnet i Krøderen og nedre del av Hallingdalselva ved bruk av elfiskebåt, 2014. NaturPartner Rapport NP 5-2014.
- Vadeboncoeur, Y., Vander Zanden, M.J. & Lodge, D.M. 2002. Putting the lake back together: reintegrating benthic pathways into lake food web models. *BioScience* 52: 44–54. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0044:PTLBTR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0044:PTLBTR]2.0.CO;2)

Oversikt over vedlegg

Vedlegg 1 Dybdekart Mjøsa

Vedlegg 2 Dybdekart Krøderen

Vedlegg 3 Dybdekart Møsvatn

Vedlegg 4 Dybdekart Altevatnet

Vedlegg 5 Dybdekart Takvatnet

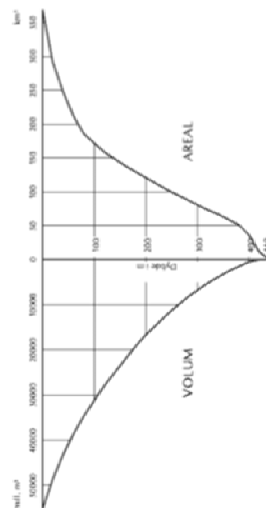
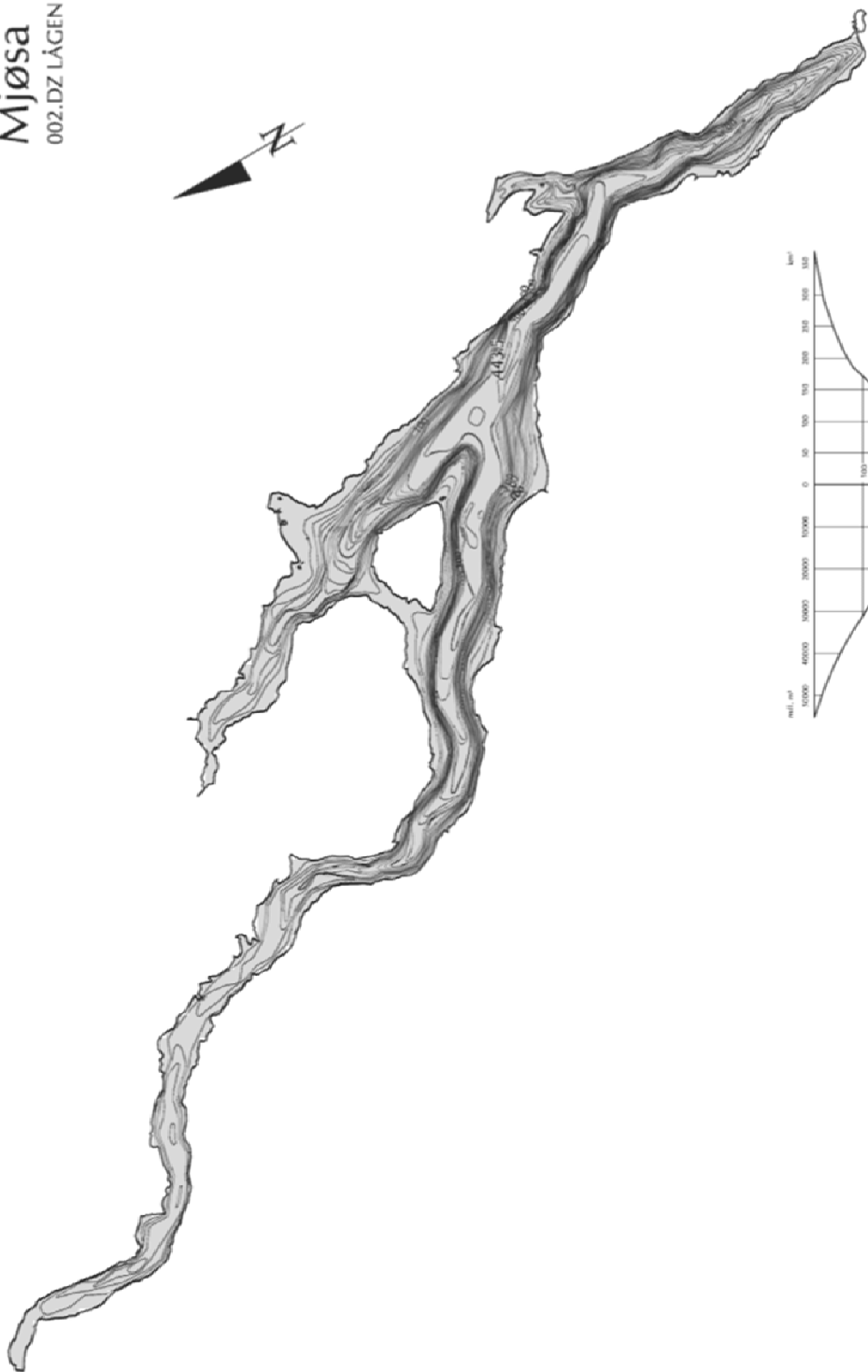
Vedlegg 6 Dybdekart Iešjávri

Vedlegg 7 Bemanningsoversikt, feltarbeid FIST 2018

Vedlegg 8 Vertikalprofiler av temperatur i august og september

Vedlegg 1 Dybdekart Mjøsa

Mjøsa
002.DZ LÅGEN

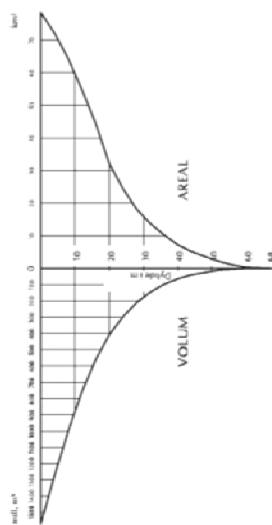


0 10 km
Målestokk: 1:250000
(Kartformat A3)

Vannstand fra N:250-kart: 123 moh.
Oppmålt i 1900
Ekvidistanse 20 m

Vedlegg 3 Dybdekart Møsvatn

Møsvatn
016.Z SKIENSVASSDRAGET

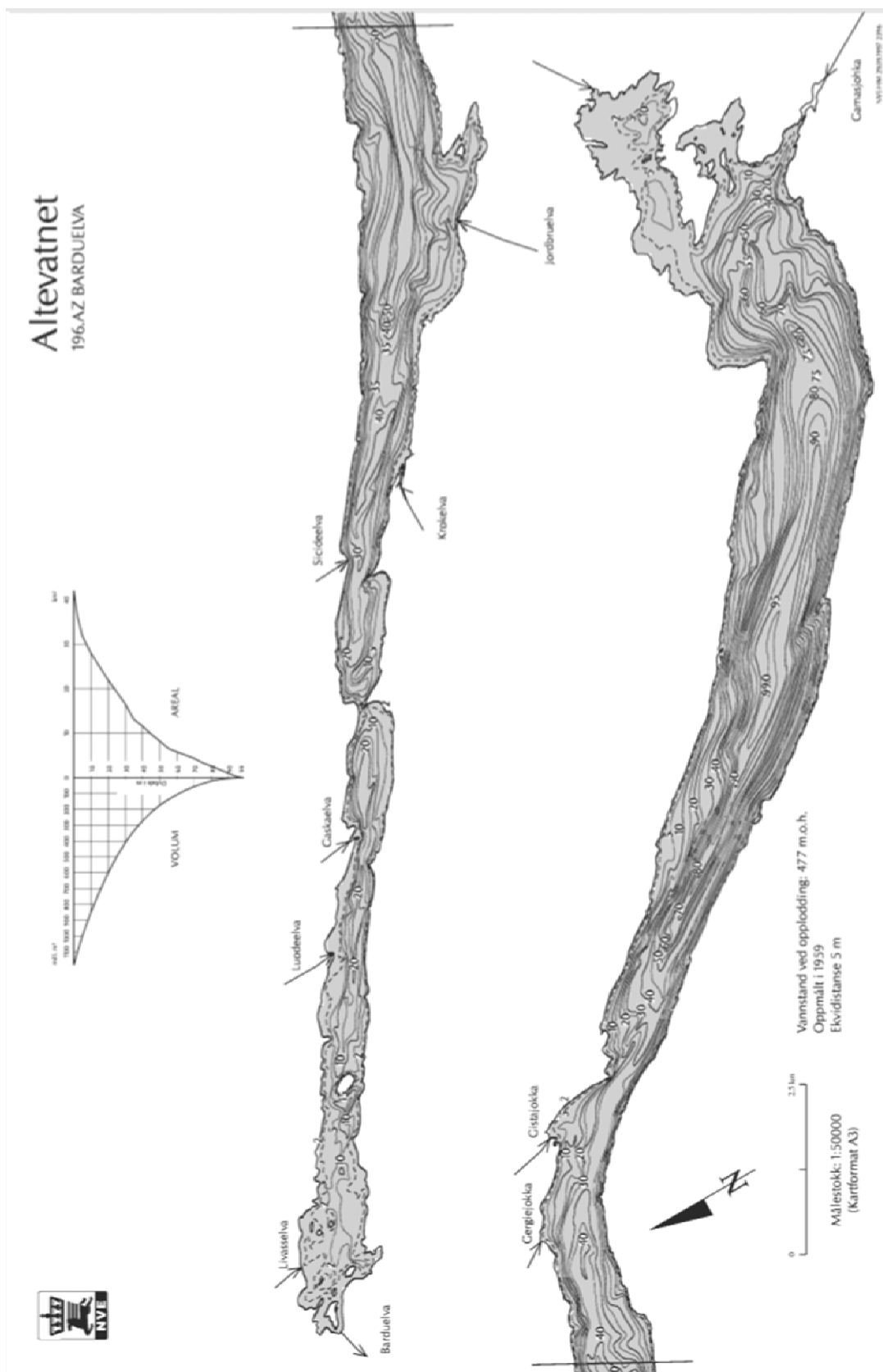


0 5 km

Vannstand fra N250-kart: 919 moh.
Oppmålt i 2001
Ekvidistanse 4 m

Målestokk: 1:100000
(Kartformat A3)

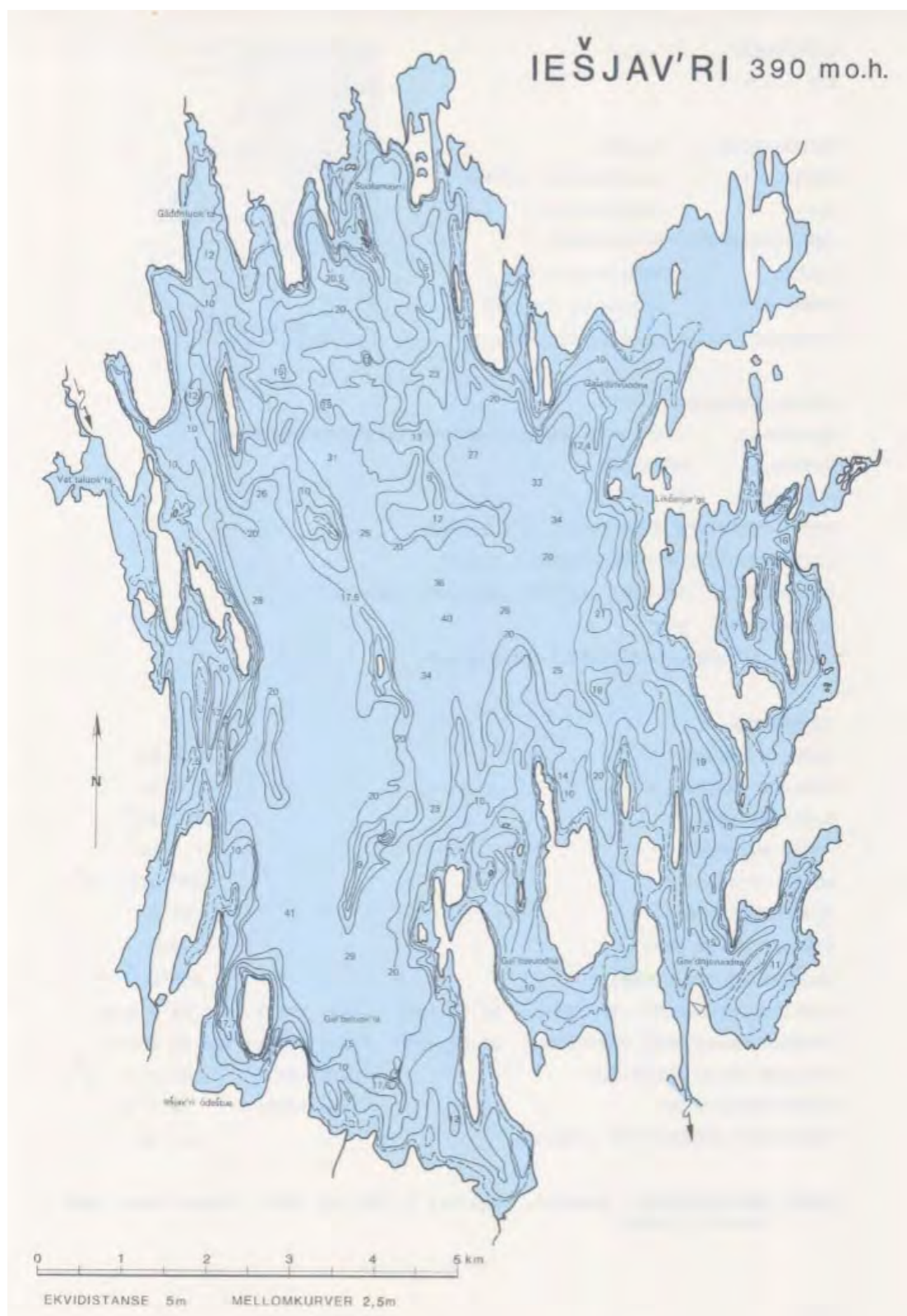
Vedlegg 4 Dybdekart Altevatnet (før oppdemming)



Vedlegg 5 Dybdekart Takvatnet



Vedlegg 6 Dybdekart Iešjavri



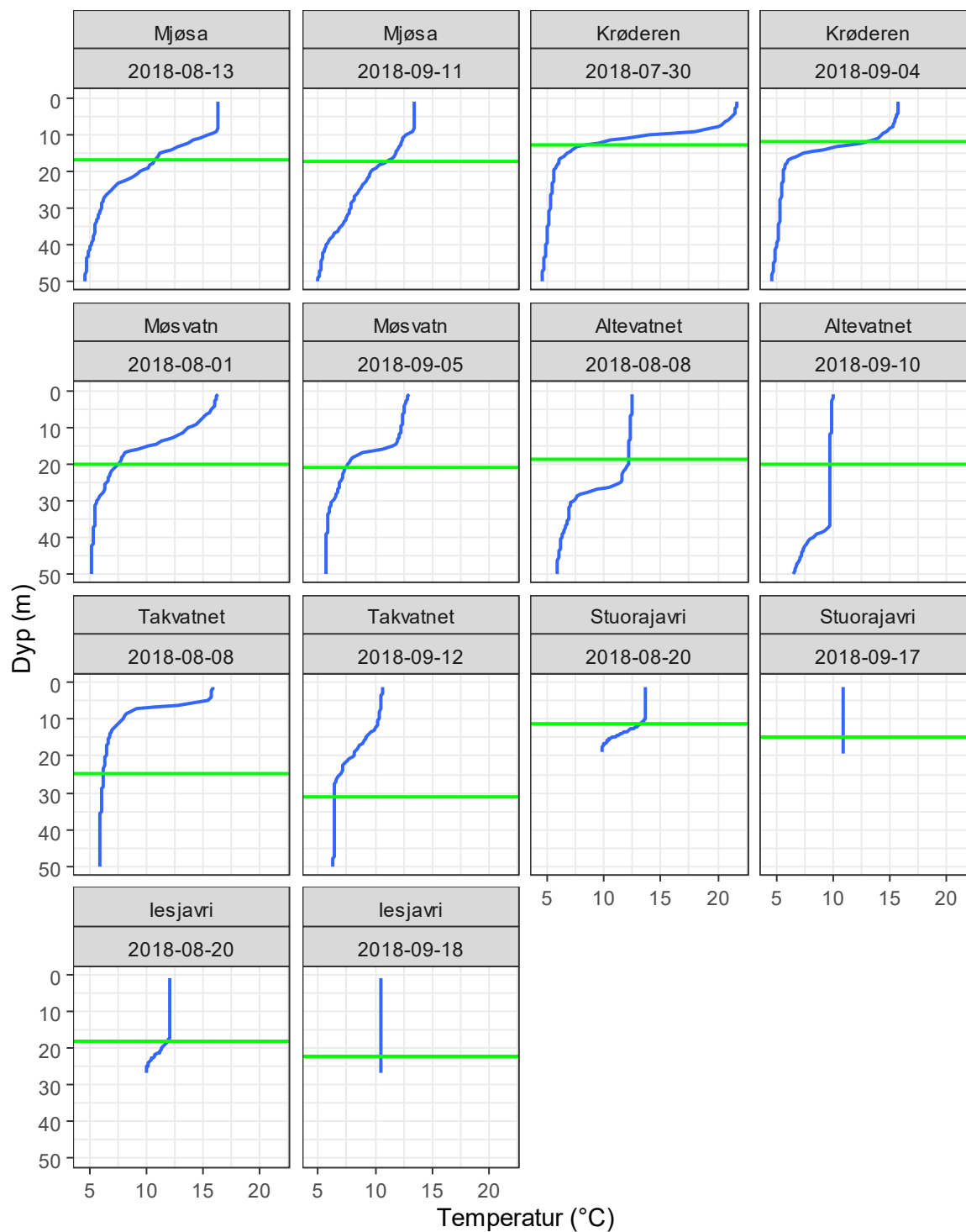
Vedlegg 7 Bemanningsoversikt, feltarbeid FIST 2018

Innsjø	Garnfiske	Tråling		Ekkolodd
Iesjavri	Antti Eloranta Oskar N. Pettersen Trond Johnsen Knut Andreas Bækkelie Karl Øystein Gjelland	Erstattet med flytegarv.		Karl Øystein Gjelland Knut Andreas Bækkelie
	SNO: Rune Somby Erland Søgård Ken Gøran Uglebakken			
Stuorajávri	UiT – Norges arktiske universitet v/ Per-Arne Amundsen	Knut Andreas Bækkelie Antti Eloranta Oskar N. Pettersen		Oskar Pettersen Knut Andreas Bækkelie
		SNO: Rune Somby		
Takvatnet	UiT – Norges arktiske universitet v/ Per-Arne Amundsen	Karl Øystein Gjelland Antti Eloranta Knut Andreas Bækkelie		Karl Øystein Gjelland Antti Eloranta Knut Andreas Bækkelie
		SNO: Torbjørn Berglund Jon Ove Scheie		
Altevatnet	Martin-A. Svenning André Frainer Runar Kjær Trond Johnsen	Antti Eloranta Oskar N. Pettersen Trond Johnsen		Oskar N. Pettersen Antti Eloranta
		SNO: Torbjørn Berglund Per-Åke Heimdal		
Mjøsa	John Gunnar Dokk Oddgeir Andersen Odd Terje Sandlund Frode Næstad (INN) Elfiskebåt: Jon Museth John Gunnar Dokk Frode Næstad (INN)	Knut Andreas Bækkelie Oskar N. Pettersen Karl Øystein Gjelland		Knut Andreas Bækkelie Oskar Pettersen

		SNO: Finn Bjormyr Johan Danielsen Jan Huseklepp Wilberg		
Krøderen	NHM-LFI: Åge Brabrand Eivind Schartum Henning Pavels	Knut Andreas Bækkelie Antti Eloranta Oskar N. Pettersen		Knut Andreas Bækkelie Antti Eloranta Oskar
		SNO: Lars Tore Ruud		
Møsvatn	NHM-LFI: Åge Brabrand Eivind Schartum Henning Pavels	Knut Andreas Bækkelie Oskar N. Pettersen		Knut Andreas Bækkelie Oskar Pettersen
		SNO: Lars Tore Ruud Gry Liljefors		

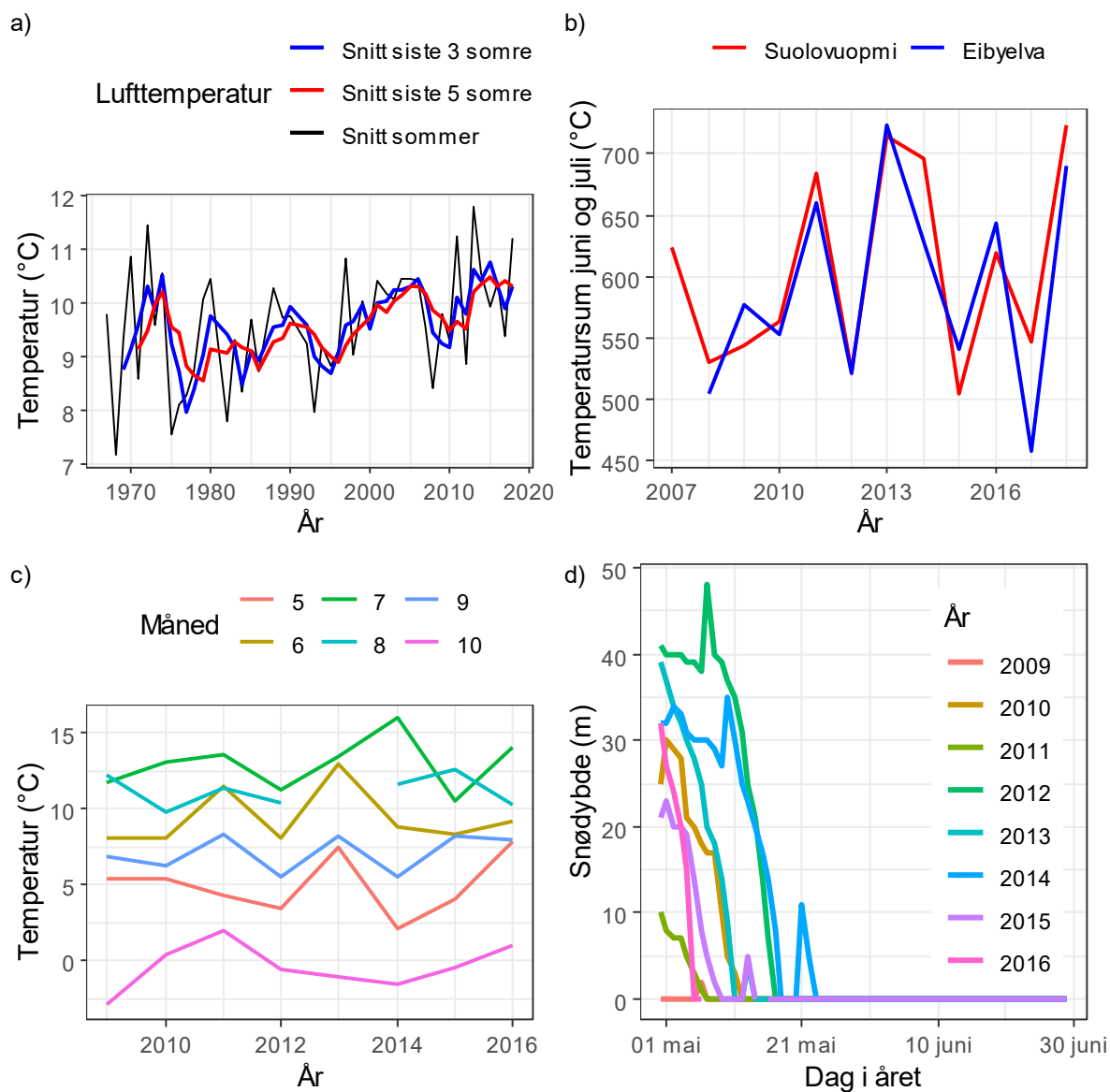
Vedlegg 8 Temperaturprofiler og siktedyp

Vedlegg 8. Temperaturprofiler (blå kurver) og 2 x siktedyp (horisontale grønne linjer) fra august og september, undersøkt i Økoston-programmet (Lyche-Solheim mfl 2019). I Mjøsa var det tre stasjoner, her er målingene fra Skreia vist.



Vedlegg 9 Temperaturutvikling lešjávri

Vedlegg 9. a) Gjennomsnittlig lufttemperatur for månedene juni-september for værstasjonen ved Čuovddatmohkki, ca 30 km fra lešjávri, i perioden 1967-2018. **b)** sammenligning av vanntemperatursum ved Suolovuopmi og lufttemperatursum ved Suolovuopmi for juni og juli i perioden 2007-2018 viser godt sammenfall, og tilsier at luttemperatur gir en god indikasjon på vanntemperatur, **c)** månedlig gjennomsnittstemperatur i luft ved Čuovddatmohkki for månedene mai-oktober i perioden 2011-2016, **d)** snødybde ved Čuovddatmohkki i perioden 1. mai- 1. juli i periodene 2009-2016. Data er hentet fra met.no.



Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på Ims i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4504-3

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 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