

# Fiskesamfunnet i Osensjøen, Trysil og Åmot kommuner, Hedmark

Status i 2013 og endringer siden 1970-åra

Odd Terje Sandlund, Arne N. Linløkken, Karl Øystein Gjelland, Stein I. Johnsen, Sigurd Rognerud, Jon Museth, John Gunnar Dokk, Øyvind Garmo, Bjørn Walseng



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

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

### **NINA Temahefte**

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

### **NINA Fakta**

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

### **Annen publisering**

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

# Fiskesamfunnet i Osensjøen, Trysil og Åmot kommuner, Hedmark

Status i 2013 og endringer siden 1970-åra

Odd Terje Sandlund  
Arne N. Linløkken  
Karl Øystein Gjelland  
Stein I. Johnsen  
Sigurd Rognerud  
Jon Museth  
John Gunnar Dokk  
Øyvind Garmo  
Bjørn Walseng



Høgskolen i Hedmark



Norsk institutt for vannforskning

**Norsk institutt for naturforskning**

Sandlund, O.T., Linløkken, A.N., Gjelland, K.Ø., Johnsen, S.I., Rognerud, S., Museth, J., Dokk, J.G., Garmo, Ø. & Walseng, B. 2014. Fiskesamfunnet i Osensjøen, Trysil og Åmot kommuner, Hedmark. Status i 2013 og endringer siden 1970-åra. - NINA Rapport 1046. 54 s.+vedlegg.

Trondheim, mai 2014

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2662-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

[Åpen]

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Odd Terje Sandlund

KVALITETSSIKRET AV

Trygve Hesthagen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Kjetil Hindar (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB)

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Torbjørn Østdahl, Trond Taugbøl

FORSIDEBILDE

Osensjøen fra Sørlistøa, august 2013. Foto: O.T. Sandlund

NØKKEWORD

Hedmark fylke, Åmot og Trysil kommuner

Fiskesamfunn

Sik

Lagesild

Zooplankton

Etterundersøkelse

Statusbeskrivelse

KEY WORDS

Hedmark County, Åmot & Trysil municipalities

Fish community

Whitefish

Vendace

Zooplankton

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Sluppen  
7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 73 80 14 00

**NINA Tromsø**

Framsenteret  
9296 Tromsø  
Telefon: 77 75 04 00

**NINA Lillehammer**

Fakkeltgården  
2624 Lillehammer  
Telefon: 73 80 14 00

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Sandlund, O.T., Linløkken, A.N., Gjelland, K.Ø., Johnsen, S.I., Rognerud, S., Museth, J., Dokk, J.G., Garmo, Ø. & Walseng, B. 2014. Fiskesamfunnet i Osensjøen, Trysil og Åmot kommuner, Hedmark. Status i 2013 og endringer siden 1970-åra. - NINA Rapport 1046. 54 s + vedlegg.

Målsetningen for undersøkelsene i Osensjøen i 2013 var å fastslå status for fiskebestandene mer enn 30 år etter åpningen av Osa kraftverk i 1981. Mer spesifikt skulle vi også vurdere mulige effekter av planlagte endringer i reguleringen, dvs. overføring av vann fra de øvre delene av Flisas nedbørfelt til sørenden av Osensjøen, og en ytterligere senking av LRV med enten 30, 60 eller 90 cm.

I denne undersøkelsen ble fiskesamfunnet i Osensjøen undersøkt med garnfiske, ekkolodd og elfiskebåt, samt bærbart elfiske-apparat i noen av tilløpselvene. Lagesild og sik var de dominerende fiskeartene, slik de har vært siden de første undersøkelsene i 1976. Begge artene ble introdusert til Osensjøen på 1890-tallet. De øvrige fiskeartene forekommer i relativt tynne bestander, og fanges hovedsakelig i strandsona. Bruk av el-fiskebåt i grunne områder langs land viste at ørekyt, abbor, lake, aure, mort og harr er vanligere i dette habitatet enn garnfisket kan indikere.

Forholdet mellom sik og lagesild i flytegarnfangstene har endret seg siden slutten 1990-tallet. Fram til da utgjorde de to artene ca. 50 % hver i garnserien med maskevidder 18-45 mm. I de senere år har andelen lagesild i fangstene økt jevnt, mens andelen sik i fangstene var redusert til ca. 10-30 % i 2013. Registreringene med ekkolodd tyder på at denne endringen skyldes at lagesildbestanden har blitt vesentlig mer tallrik, mens sikbestanden har holdt seg omtrent konstant. Sikbestanden synes likevel å ha vært preget av flere år med svak rekruttering både på 1980-, 90- og 2000-tallet. Endringen i mengden lagesild henger sammen med at gytemoden størrelse hos denne arten har sunket fra ca. 28,5 cm i 1998 til ca. 21 cm i 2013. Dette tilsvarer at gjennomsnittsvekta hos gytefisk har gått ned fra ca. 190 til ca. 70 g. Den umiddelbare årsaken til dette er at alder ved kjønnsmodning har gått ned fra 3-4 år på 1970- og 80-tallet til 2 år etter 2010. Lagesilda har også litt dårligere vekst i andre vekstsesong enn tidligere. I sikbestanden ser vi ingen slike tendenser i gytefiskens størrelse eller alder, den var omtrent like stor i 2013 som på 1970-tallet.

Nedgangen i lagesildas størrelse har stor innvirkning på fisket etter denne arten. Mens 26 og 29 mm garn fanget lagesild mest effektivt på 1980-tallet, var det i 2013 16 og 19 mm garn som var mest effektive. Sik fanges fremdeles mest effektivt i 29-39 mm garn, men det ser ut til at flytegarn har blitt mindre effektive, trolig fordi lagesilda i noen grad fortrenger siken fra de fri vannmassene. Infeksjonsgraden med gjeddemark i siken er relativt beskjeden. Ca. 47 % av fisken hadde ikke gjeddemark, mens 33 % hadde kun én cyste i muskulaturen.

Analyser av stabile karbon- og nitrogen-isotoper hos fiskeartene bekrefter at sik og lagesild til dels lever av de samme byttedyrene, men mens lagesilda er spesialisert på krepssdyrplankton tar siken i tillegg også bunndyr, både nær land og på dypere vann. Analyse av stabile nitrogen-isotoper hos aure tyder ikke på at innslaget av fisk i ernæringen har økt selv om lagesilda er blitt mindre, og dermed skulle være noe lettere tilgjengelig som bytte.

Slike endringer som vi har påvist i lagesildas livshistorie i Osensjøen henger vanligvis sammen med at større rekruttering og mer tallrik bestand fører til tidligere kjønnsmodning. En mer tallrik, men småvokst, lagesild fører til en tallmessig dominans over sik, uten at sikbestanden har endret seg så mye. Det er vanskelig å fastslå hvilke faktorer som kan være årsakene til endringen i rekrutteringen til lagesildbestanden. En tidlig kjønnsmodning forbindes gjerne med en opportunistisk livshistorietype, dvs. bestanden kan reagere raskere på endringer i miljøet. Det kan tenkes at økt variasjon i rekrutteringsmulighetene har gitt bedre muligheter for en mer opportunistisk livshistorie hos lagesild. På bakgrunn av konkurransen mellom sik og lagesild, kan et mulig bidrag være at svekket rekruttering til sikbestanden i noen år fører til større overlevelse hos årsunger av lagesild. En slik forrykket balanse kan så utvikle seg til et nytt stabilt forhold mellom

artene. Vi diskuterer hvorvidt endringene i reguleringen av innsjøen etter at Osa kraftverk ble satt i drift kan ha bidratt til endringene, uten at noen sikker konklusjon kan trekkes.

En vurdering av fiskebestandens tilstand i Osensjøen i forhold til kravene i vannforskriften (EUs Vanndirektiv) må ta utgangspunkt i hvordan tilstanden ville vært uten en regulering, som i dag er 6,6 m. En vurdering på generelt grunnlag sammenlignet med uregulerte innsjøer med en lignende fiskefauna tilsier at Osensjøen må klassifiseres som en sterkt modifisert vannforekomst.

Det foreligger planer om senking av LRV i Osensjøen med 30, 60 eller 90 cm. En analyse av bunnforholdene på to av sikens gyteplasser viser at dette trolig vil endre forholdene om vinteren i negativ retning med hensyn til sikrognas overlevelse. Det var en tendens til at årsklassestyrken hos sik var positiv korrelert med vannstanden i mars og april, dette kan være en indikasjon på at ytterligere senking vil ha negative konsekvenser for denne arten. En senking av LRV vil også være negativ for de fiskeartene som lever i strandsona i innsjøen, og den negative virkningen vil være større jo mer LRV senkes.

Overføring av vann fra Flisas nedbørfelt til Vesleosen og sørenden av Osensjøen vil bety en betydelig økt tilførsel av vann til denne delen av innsjøen, der de naturlige tilførselselvene er relativt små. Vannet i øvre del av Flisa er relativt surt, og dette vil påvirke miljøet i Vesleosen, men det vil trolig ikke ha noen stor betydning for miljøet i selve Osensjøen. Det nærmeste kritiske området er lagesildas gyteplasser i den sørlige delen av sjøen, men disse ligger ca. 2 km fra Vesleosen. Vannet fra øvre Flisa vil dermed neppe ha noen stor effekt på vannkvaliteten i denne delen av Osensjøen.

Odd Terje Sandlund, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685, 7485 Trondheim  
[ots@nina.no](mailto:ots@nina.no)

Arne N. Linløkken, Høgskolen i Hedmark, Campus Hamar, Holsetgt. 31, 2318 Hamar

Karl Øystein Gjelland, NINA, Framsenteret, 9296 Tromsø

Stein Ivar Johnsen, Jon Museth, John Gunnar Dokk, NINA, Fakkeltgården, 2624 Lillehammer

Sigurd Rognerud, Øyvind Garmo, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), 2312 Ottestad

Bjørn Walseng, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Forord</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Områdebeskrivelse</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Metoder og materiale</b> .....	<b>10</b>
3.1 Prøvefiske.....	10
3.2 Hydroakustikk (ekkolodd).....	10
3.3 Håndholdt elektrofiske i tilløpselver.....	12
3.4 Prøvetaking og analyse.....	13
3.4.1 Prøver.....	13
3.4.2 Analyse av alder og vekst.....	13
3.4.3 Gjeddemark i sik.....	13
3.4.4 Analyse av stabile karbon- og nitrogenisotoper.....	13
3.4.5 Prøver av dyreplankton.....	14
<b>4 Resultater – fiskebestanden i 2013</b> .....	<b>15</b>
4.1 Fiskesamfunn.....	15
4.1.1 Fangster ved prøvefiske.....	15
4.1.2 Hydroakustiske registreringer.....	16
4.2 Næringsnett.....	21
4.3 Bestandsstruktur hos lagesild.....	23
4.4 Bestandsstruktur hos sik.....	26
4.5 Andre fiskearter.....	28
4.5.1 Aure.....	28
4.5.2 Harr.....	29
4.5.3 Lake.....	30
4.5.4 Abbor.....	31
4.6 Utviklingstrekk i fiskebestanden.....	32
4.6.1 Endringer i pelagisk fiskebestand – basert på flytegarnfiske og ekkolodd.....	32
4.6.2 Utvikling i lagesildbestanden.....	32
4.6.3 Utvikling i sikbestanden.....	36
4.7 Dyreplankton.....	37
<b>5 Diskusjon</b> .....	<b>40</b>
5.1 Fiskesamfunnet.....	40
5.2 Næringsforhold mellom artene.....	40
5.3 Utviklingen i sik- og lagesildbestandene.....	41
5.4 Konsekvenser for det praktiske fisket.....	45
5.5 Fiskebestanden i Osensjøen i forhold til vannforskriften.....	45
<b>6 Mulige effekter av planlagte endringer i reguleringen av Osensjøen</b> .....	<b>47</b>
6.1 Overføring av Øvre Flisa.....	47
6.2 Senking av LRV.....	47
<b>7 Referanser</b> .....	<b>52</b>
<b>Vedlegg 1 Dybdekart</b> .....	<b>54</b>
<b>Vedlegg 2 Notat fra Ø Garmo, NIVA</b> .....	<b>55</b>
<b>Vedlegg 3 Vanntemperatur på sikens gyteplass ved Kråka, vinteren 2013-2014</b> .....	<b>58</b>
<b>Vedlegg 4 Oversikt over stasjoner fisket med bærbart el-fiskeapparat i innløpselver til Osensjøen i august 2013</b> .....	<b>59</b>

## Forord

Det foreligger nå planer for endringer i manøvreringen av den regulerte Osensjøen. Det er dessuten over 30 år siden Osa kraftverk ble satt i drift. På denne bakgrunn har Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) gitt NINA i oppdrag å foreta fiskeribiologiske undersøkelser i 2013-14 med sikte på å fastslå dagens status og å beskrive utviklingen siden de første undersøkelsene ble utført i 1976. På grunnlag av dette skal eventuelle effekter av en endret manøvrering vurderes. Som et tilleggsprosjekt fikk NIVA i oppdrag fra GLB å foreta fysisk-kjemiske målinger i Øvre Flisa og Vesleosen med sikte på en vurdering av de mulige effektene av overføring av vann til Osensjøen. Utvalgte resultater fra den vannkjemiske undersøkelsen er tatt inn i denne rapporten, og de fullstendige resultatene er gitt som vedlegg 2.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid med Høgskolen i Hedmark og Norsk institutt for vannforskning, og vi har også fått økonomisk støtte fra Osensjøen fiskefond. I forbindelse med feltarbeidet takker vi for praktisk hjelp fra Irene og Nils Myrene, Sara A. Kjærvik, Torfinn Lindem, Frode Næstad og Vera Sandlund. Vi takker også Norsk skogmuseum for at vi fikk bruke Sørlistøa som base for feltarbeidet. Randi Saksgård har aldersbestemt lagesildmaterialet og dobbeltsjekket de eldste fiskene i sikmaterialet. Anders Foldvik har hjulpet med GIS-baserte arealberegninger.

Våre kontaktpersoner hos oppdragsgiver GLB har vært Torbjørn Østdahl og Trond Taugbøl. Vi takker for oppdraget og for godt samarbeid i løpet av prosjektet.

Trondheim 20. mai 2014

Odd Terje Sandlund  
Prosjektleder



## 1 Innledning

I forbindelse med konsesjonssøknaden for Osa kraftverk ble det i 1976-78 gjennomført undersøkelser av fiskebestanden i Osensjøen, finansiert av regulanten (den gang Hedmark kraftverk) (Sandlund 1979). Disse undersøkelsene ble senere fulgt opp med innsamling av materiale av sik og lagesild fram til 1987 (Sandlund mfl. 1991). Fra 1986 til 1998 og i 2009-2011 ble den pelagiske fiskebestanden registrert med ekkolodd, og det ble gjennomført prøvefiske i flere av årene (Linløkken 1995, Linløkken & Sandlund 2003, Linløkken mfl. 2011).

På 1970-tallet var bestanden av lagesild i Osensjøen karakterisert av uvanlig storvokst fisk, og den var dominert av én enkelt årsklasse (1969) fra 1976 til 1987 (Sandlund mfl. 1991). En ny sterk årsklasse av lagesild oppsto i 1991, men senere prøvefiske tyder på at dette mønsteret med sjeldne og svært sterke årsklasser av lagesild ikke lenger er så framtreddende (Linløkken mfl. 2011). Sikbestanden var tidligere preget av enkelte sterke og svake årsklasser uten et fast mønster i variasjonen (Linløkken mfl. 2011).

Et svært tydelig mønster som ble dokumentert i 2010 var at den antallsmessige fordelingen mellom sik og lagesild i flytegarfnangstene har endret seg med tiden. Fram til 1993 bestod fangstene av bare en liten overvekt lagesild. I de senere årene har det vært en klar overvekt av lagesild (Linløkken mfl. 2011). Materialet som er samlet fram til 2010 tyder også på andre endringer, både at antall fisk i vannmassene har økt, og at kjønnsmoden lagesild er mindre i dag enn tidligere.

En målsetting med denne undersøkelsen er å vurdere om disse endringene kan være langsiktige effekter av Osa kraftverk, som ble satt i drift i 1981. Manøvreringen av Osensjøen som reguleringsmagasin ble ikke mye endret i 1981, men med unntak av minstevassføringa i Søre Osa ble vannuttaket fra magasinet flyttet fra Valmen, som var det naturlige utløpet fra innsjøen, til Gorkvika. Dette ble tidligere ansett som et viktig gyteområde for sik (Sandlund 1979, Linløkken mfl. 2011). Vi ønsket å skaffe grunnlag for en bedre forståelse av hvordan denne endringen eventuelt kan ha påvirket fiskebestanden i innsjøen.

Det foreligger også planer for to tiltak som vil innebære endringer i reguleringen av Osensjøen. For det første planlegges overføring av vann fra øvre del av Flisavassdraget til sørenden av sjøen. For det andre arbeides det med planer om å søke om senking av LRV med ytterligere 30, 60 eller 90 cm (dvs. til henholdsvis enten 430,92, 430,62 eller 430,32 moh.). Vi vil også vurdere hvilken effekt disse tiltakene kan forventes å få på fisk og miljø i Osensjøen.



*Sik og lagesild fra Osensjøen i september 2010. Foto: O.T. Sandlund*

## 2 Områdebeskrivelse

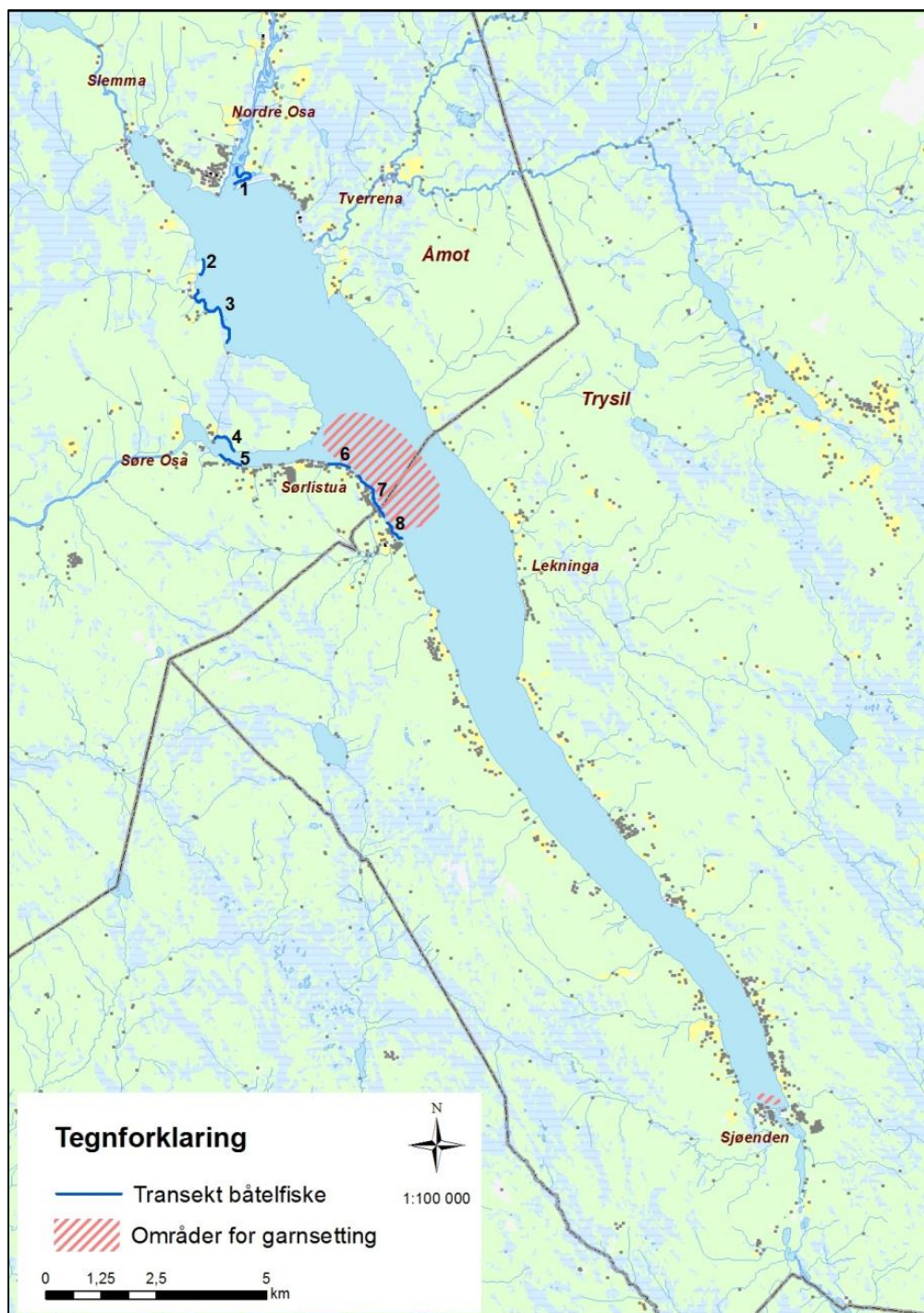
Osensjøen (normalvannstand 435,8 moh.) ligger i Trysil og Åmot kommuner i Hedmark, og drenerer naturlig til Glomma via Søre Osa og Rena elv (**figur 1**). Innsjøens areal er ca. 45 km<sup>2</sup>, gjennomsnittsdypet er 37 m og største målte dyp er 117 m (se dybdekart i **vedlegg 1**). Innsjøen er regulert, med maksimum forskjell mellom høyeste og laveste nivå på 6,6 m (LRV 431,22- HRV 437,82 moh.). De viktigste tilløpselvene er Slemma, Nordre Osa og Tverrena i nordenden av sjøen, Lekninga på østsida og Næringa og Grylla i sørenden av sjøen. Det er et antall mindre innsjøer i tilløpselvene. I Slemma ligger Nordre og Søndre Slemsjøen, mens Tverrena og Storerena drenerer Nordre og Søndre Ulvsjøen, med Baksjøen og Aursjøen øverst i vassdraget.

Osensjøens nedbørfelt dekker et areal på ca. 1190 km<sup>2</sup>, og det meste av dette er skogdekt med store myrområder. Nord i nedbørfeltet finnes noe snaufjell opp i ca. 1200 moh. Berggrunnen er for det meste næringsfattige bergarter, men det finnes noen mindre felt med mer kalkrik berggrunn, bl.a. i Tverrenas nedbørfelt og i Slemmdalen. Osensjøen tilføres mye humus fra nedbørfeltet, og siktedypet i sjøen er derfor forholdsvis lite. I 1978 ble det målt til 6,4 m i mai og 3,4 m i august, mens det i 2010 ble målt siktedyp på henholdsvis 3,0 og 2,5 m (Linløkken mfl. 2011). I august 2013 ble siktedypet målt til 2,7 m, med gulbrun vannfarge. Surhetsgraden (pH) i innsjøen ligger på omkring 6,5, dvs. svakt surt. Det er litt surere i sørenden av hovedbassenget i sjøen, særlig om våren, og det har vært målt pH på 5,1 i Næringa og 5,3 i Grylla i 1996 (Linløkken & Sandlund 2003, upubliserte data). I den grunne forlengelsen i sørenden av sjøen, Vesleosen, ble gjennomsnittlig pH i 2013 målt til 6,8 (se **vedlegg 2**).

Det er registrert ni fiskearter i Osensjøen. Disse er aure, harr, sik, lagesild, lake, gjedde, abbor, mort og ørekyt (også kalt gørsild). Av disse er sik og lagesild introdusert gjennom utsettinger i 1890-årene (Sandlund 1992). I tilløpsvassdragene er det aure i bekkene, og abbor, mort og gjedde i Slemsjøene og Ulvsjøene. I Slemma er det også harr, i Slemsjøene sik, og i Aursjøen øverst i Enavassdraget er det røye.



*Lagesild og sik i flytegarn, Osensjøen 1977. Foto: O.T. Sandlund.*



**Figur 1** Kart over Osensjøen med plassering av transekter for kjøring av el-fiskebåt (nummerert) og områder for garnsetting (skravering). Elver hvor det er gjennomført håndholdt elektrofiske (Slemma, Nordre Osa, Tverrena og Lekninga) er markert med navn. Tillatelse til bruk av kart gjennom Norge digitalt.



## 3 Metoder og materiale

### 3.1 Prøvefiske

Det ble gjennomført prøvegarnfiske i mai, august og november 2013. Utenfor Sørlistøa (**figur 1**) ble det fisket med flytegarn (6x25 m; maskevidder: 10, 12,5, 16, 19,5, 22,5, 26, 29, 35, 39, 45 og 52 mm) på 0-6 og 15-21 m dyp i mai og august. Bunngarnserier (1,5x25 m; maskevidder: 10, 12,5, 16, 2x21, 26, 29, 35, 39, 45, 52 mm) ble brukt i tre dybdesoner (0-10, 10-20 og >20 m dyp) ved Sørlistøa i mai og august, og på 0-10 m dyp i sørenden av sjøen i august. På sikens gyteplasser ved Kråka i november ble det fisket med 24, 29, 2x35 og 39 mm bunngarn. En oversikt over fangstene er gitt i **tabell 2**.

Det ble fisket med elektro-fiskebåt på to stasjoner (transekter) i strandsona av Osensjøen den 15.5.2013 og på åtte stasjoner den 21.-22.8.2013 (se **figur 1**). Med unntak av enkelte fisk som ble samlet inn til isotopanalyser, ble all fisk fanget ved el-fisket satt tilbake i innsjøen etter artsbestemmelse og lengdemåling. En nærmere beskrivelse av metode og tekniske spesifikasjoner av elektrofiskebåten finnes i Museth mfl. (2013).

Garnfangstene er framstilt som fangst per innsatsenhet (CPUE, catch per unit effort), antall fisk per 100 m<sup>2</sup> garnareal per natt.

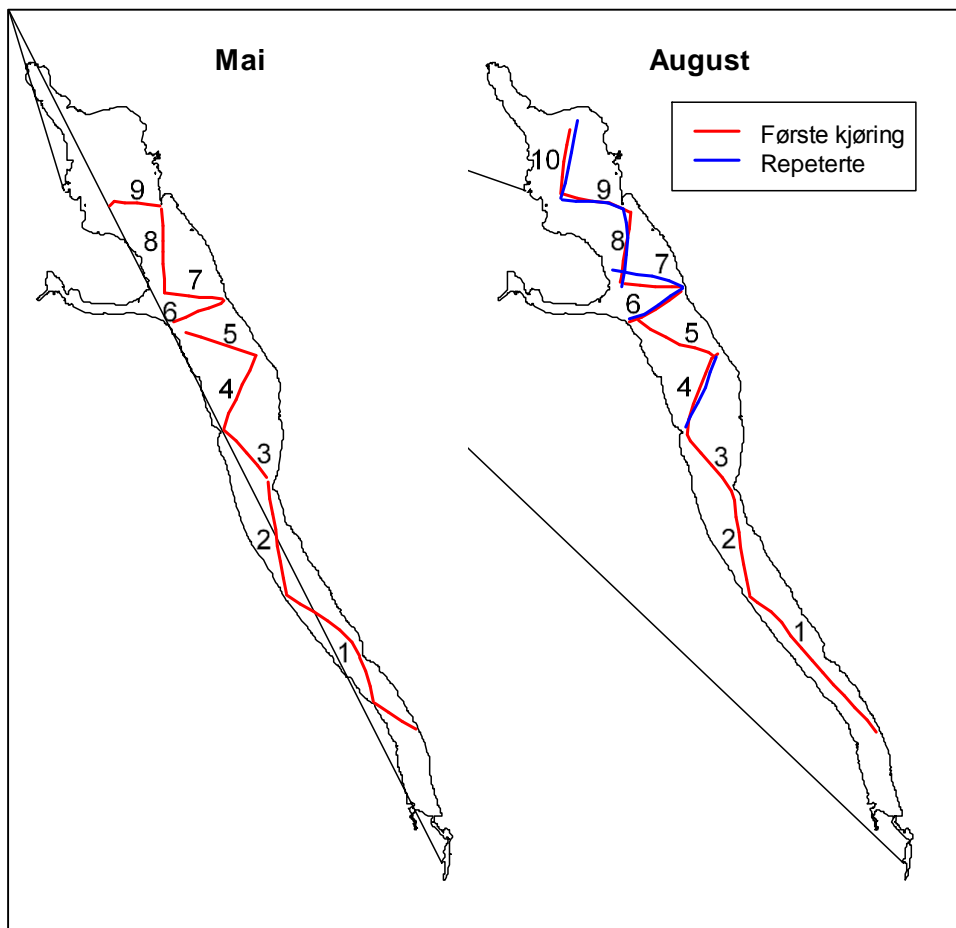
### 3.2 Hydroakustikk (ekkolodd)

Fiskesamfunnet ble undersøkt med et Simrad EY60 splitt-stråle ekkolodd, samt med et Simrad EY-M enkeltstråle-ekkolodd. Disse to ekkoloddene baserer seg begge på integrering av ekkoen energi innenfor ett eller flere dybdeintervall gitt av operatøren. Den integrerte ekkomengden er en kombinasjon av antall og størrelse av fisk i det undersøkte fiskesamfunnet, og for å kunne estimere fiskemengde må en derfor dividere integrert ekkoen energi på gjennomsnittlig ekkostyrke for enkeltfisk. EY-M og EY-60 kan begge klassifisere ekko fra enkeltfisk, men i tillegg til at fiskens størrelse påvirker styrken til ekkoet, vil et enkelt fiskeekko variere i styrke avhengig av fiskens plassering i stråletverrsnittet. Mens EY60 har en splittstrålesvinger som kan estimere fiskens posisjon i stråletverrsnittet og derfor kompensere ekkostyrken for strålens kalibrerte egenskaper i dette området, må EY-M estimere kompensering av ekkostyrke utfra en antatt statistisk fordeling av fisken i stråletverrsnittet. En annen viktig forskjell ligger i analysedelen; i etterprosesseringsen eller etterbehandlingen av EY60-data, er det anledning til å fjerne akustisk støy fra dataene gjennom interaktiv sletting av støy (Balk & Lindem 2011). Denne muligheten finnes ikke for EY-M data. EY60 representerer den typen vitenskapelige ekkolodd som har blitt standard for fiskemengdemåling senere år, mens EY-M er en tidligere generasjon av utstyr som det har blitt samlet inn data med i Osensjøen gjennom mange års undersøkelser siden 1986 (Linløkken 1995, Linløkken & Sandlund 2003, Linløkken mfl. 2011). Det er derfor av interesse for oss å undersøke hvor godt de to ekkolodda samsvarer i resultater.

Begge ekkolodda opererte på 70 kHz. EY60 var utstyrt med en ES70-11 splittstrålesvinger med sirkulær 11°<sub>-3dB</sub> åpningsvinkel rettet vertikalt nedover. I tillegg ble det benyttet en ES70-7c splittstrålesvinger med 7°<sub>-3dB</sub> åpningsvinkel rettet horisontalt. EY-M ble operert med en enkeltstrålesvinger med sirkulær 11°<sub>-3dB</sub> åpningsvinkel rettet vertikalt nedover. Den vertikalt rettede lydstrålen gir god informasjon om tetthet, størrelses- og dybdefordeling, mens den horisontalt rettede lydstrålen gir god informasjon om fisketettheter i vannlagene nært overflaten, der den vertikale lydstrålen har en «blindsoner». Sendestyrken som ble brukt var 300 W, med en pulslengde på 500 µs (600 µs for EY-M). Pingintervallet var 0,4-0,5 s.

EY60 med begge svingere ble kalibrert i Osensjøen både ved feltrunden i mai og i august, EY-M ble kalibrert ved feltrunden i mai. Det ble kjørt ekkoloddtransekter både dag og natt i begge perioder for å kunne sammenligne metodikken. For fullskala dekning av hele innsjøen ble det kjørt 10 transekter, med en total lengde på 30 km (**vedlegg 3**). Dette gir en dekningsgrad på 4,5 (dekningsgrad er definert som utseilt distanse dividert med kvadratroten av innsjøens areal). Dekningsgraden bør være over 2-4 (Aglen 1983; Guillard & Vergès 2007; Godlewska mfl. 2009). Fullskala innsjødekning ble kun gjennomført om dagen i mai og om natta i august, og kun med

EY60. I august ble også halvparten av transektene repetert en ekstra natt for å vurdere repeterbarheten i estimatene. Fordi EY-M og EY60 opererer på samme frekvens og ikke kan styres fra samme prosessor, vil de to ekkoloddene forstyrre hverandre dersom de kjøres samtidig. Ved sammenligning av de to ble derfor transektene kjørt først med det ene ekkoloddet, deretter med det andre tilbake langs den samme kursen. De to ekkoloddene ble sammenlignet på fire transekt i mai (tre på dagtid og ett om natta) og tre i august (to på dagtid og ett om natta) (**figur 2**).



**Figur 2** Transekt kjørt med ekkolodd i mai (dag) og august (natt). Transektnummerering viser til transektanalysene i resultatkapittelet.

Rådata ble lagret underveis, og analysert for fisketetthet og størrelsesfordeling i ettertid. Rådata fra EY60 ble etterprosessert med Sonar 5-programvare (Balk & Lindem 2011), EY-M data ble etterprosessert med programvaren Hadas (Lindem 1991). Ved etterprosesseringen av EY60-dataene, ble terskel for tilbakespredning ( $S_v$ ) satt til -66 dB, basert på Eckmann-terskling (Eckmann 1998; Balk & Lindem 2011). Terskel for målstyrken (TS, target strength) ble satt til -60 dB. Kriterier for enkelttekkodeteksjon ble satt 0,8 og 1,3 for henholdsvis minimum og maksimum ekkolengde, maksimum 3 dB en-veis stråletverrsnitt-kompensering (off-axis gain), maksimum 0,5° standardavvik i fasevinkel, og medium multi-topp filter (Balk & Lindem 2011).

Ekkostyrke blir målt som tilbakespredningsareal  $\sigma_{bs}$  [m<sup>2</sup>], men blir som regel presentert i logaritmisk domene som TS (target strength, dB re 1 m<sup>-1</sup>, vanligvis presentert som dB), der  $TS = 10 \cdot \log_{10}(\sigma_{bs})$  (MacLennan mfl. 2002). Der vi presenterer gjennomsnittlig TS er det lineært gjennomsnitt som er brukt, det vil si  $\overline{TS} = 10 \cdot \log_{10}(\overline{\sigma_{bs}})$ . Integrert ekkoennergi blir målt som tilbakespredningsareal per volum (m<sup>2</sup>m<sup>-3</sup>, eller m<sup>-1</sup>), kalt tilbakespredningskoeffisienten  $S_v$ . I det logaritmiske domenet er den kalt gjennomsnittlig tilbakespredningsstyrke  $S_v$  [dB re 1 m<sup>-1</sup>, vanligvis presentert som dB],  $S_v = 10 \log_{10}(\overline{S_v})$  (MacLennan mfl. 2002). Fisketetthet blir beregnet ved å dividere tilbakespredningskoeffisienten med gjennomsnittlig tilbakespredningsareal,  $s_v \cdot \overline{\sigma_{bs}}^{-1}$  (#

fisk  $\text{m}^{-3}$ , ofte multiplisert med 1000 til # fisk 1000  $\text{m}^{-3}$ ). Tetthetsberegninger basert på gjennomsnittlig tilbakespredningsareal regnet ut fra alle enkelttekkodeteksjoner (SED, single echo detections) innafor et område kalles TS/ $S_v$ -skalering (Bodholt 1990; Balk & Lindem 2011). Tetthetsberegningen kan også baseres på forventet gjennomsnittlig tilbakespredningsareal ut fra størrelsesfordeling i fangster og et kjent forhold mellom fiskens lengde og tilbakespredningsareal (fangst-basert metode), eller ved å dividere antall ekko på produktet av antall ping og strålens volum (ekkotelling).

I denne undersøkelsen ble tetthetsanalysene basert på TS/ $S_v$ -skalering for EY60-data med programmet Sonar5 (Balk & Lindem 2011), og ekkotelling i programmet HADAS for analysene av EY-M data (Lindem 1991). Begge disse metodene er uavhengig av funksjoner som beskriver forholdet mellom fiskens lengde og ekkostyrke. For EY-M ble dataene analysert slik at vi fikk ett tetthetsestimert for hvert transekt. EY60-dataene ble analysert i seksjoner á 500 m (ESDU, elementary sampling distance unit) som gir et økt antall uavhengige tetthetsmål. For de vertikale registreringene ble ekkobaserte analysene gjennomført separat for dybdeintervallene 3-10 m, 10-20 m, 20-40 m, og 40-100 m for å ta høyde for ulik tetthet ved ulike dyp (Simmonds & MacLennan 2005; Balk & Lindem 2011). Ekkointegreringen ble avsluttet 0,5 m over bunnen. Siden noen av analysesegmentene hadde et lite antall deteksjoner av enkelttekkodet og dermed større usikkerhet i gjennomsnittlig TS, ble gjennomsnittlig TS for hele transektet brukt i utregningen av fisketetthet i hver seksjon. For undersøkelsene i mai antok vi at tettheten i 0-3 m dybdeintervallet var lik tettheten i 3-10 m intervallet, og skalerte resultatene fra 3-10 m til å gjelde 0-10 m. For undersøkelsene i august brukte vi resultatene fra de horisontale registreringene til å representere tettheten i 0-3 m intervallet. Tettheten i hvert dybdeintervall blir presentert som arealtetthet (# fisk  $\text{ha}^{-1}$ ), og tettheten for hver ESDU ble estimert ved å summere arealtettheten over alle dybdeintervall innenfor ESDU-et. For å oppnå normalfordeling ble de ESDU-baserte tetthetsmålene log-transformert. Gjennomsnittlig tetthet med konfidensintervall ble derfor basert på tilbakeberegning av gjennomsnittsintervall og konfidensintervall i det logaritmiske domenet (geometrisk gjennomsnitt).

For å gi estimer av lengdefordeling uavhengig av garnfangster, brukte vi følgende funksjon (heretter kalt Lindem-Sandlund-funksjonen) for å beskrive forholdet mellom fiskens lengde og ekkostyrke (Lindem & Sandlund 1984):

$$TS = 19.72 \cdot \log_{10}(L_T) - 68.08$$

Sammenligning mellom TS og fiskelengde ble kun utført for de vertikale ekkomålingene, der fisken kan forventes å ha en noenlunde vinkelrett orientering i forhold til lydstrålen. Fiskens orientering har en sterk innvirkning på målstyrken (Simmonds & MacLennan 2005). Ved horisontal bruk av lydstrålen er fiskens orientering ukjent, og målstyrkemålinger fra horisontalt rettet ekkolodd kan derfor ikke brukes som et mål for fiskestørrelse. TS-fordelinga fra de vertikale undersøkelsene ble omgjort til lengdefordeling gjennom Lindem-Sandlund-funksjonen.

Estimer for biomasse ble oppnådd ved å multiplisere gjennomsnittlig fisketetthet med gjennomsnittsvekta for fisken i fangstene (korrigert for innsats).

Ekkolodd ble også brukt for en mer detaljert kartlegging av bunnforholdene i to områder med kjente sikgyteplasser, i Golvika og ved Kråka med sikte på å kunne vurdere effektene av en ytterligere senking av LRV. Resultatene av dette arbeidet er beskrevet i kapittel 3.8.2.2.

### 3.3 Håndholdt elektrofiske i tilløpselver

Det ble fisket med bærbart elektrisk fiskeapparat i tilløpselvene Slemma, Nordre Osa, Tverrena og Lekninga 20. og 22. august 2013 (**tabell 2, vedlegg 4**). Hensikten var å skaffe noe informasjon om tettheten av aure i elvene. I Nordre Osa og Tverrena ble det fisket på to stasjoner. Kun på den nedre stasjon i Nordre Osa ble det fanget så mange fisk på 100  $\text{m}^2$  areal at det ble gjennomført tre fiskeomganger.

## 3.4 Prøvetaking og analyse

### 3.4.1 Prøver

All fanget fisk ble lengdemålt til nærmeste millimeter og veid til nærmeste gram. I august ble det tatt skjell og øresteiner for aldersbestemmelse av sik, lagesild, ørret, harr, gjedde, abbor, lake og mort. Fisken ble åpnet i bukhalen og kjønn og modningsstadium ble bestemt. Det ble tatt prøver av mageinnholdet fra seks aure, ni lake, tre gjedde, sju harr, seks abbor og sju sik fanget i strandsona. I mai ble prøvetakingen begrenset til å måle lengde og vekt på fisken som ble fanget, med sikte på å skaffe grunnlagsinformasjon for de hydroakustiske registreringene. Det ble derfor ved denne feltrunden bare tatt biologiske prøver av fire laker, to ettårige sik og fire ettårige lagesild.

I august ble det tatt muskelprøver av et utvalg fisk til analyse av stabile karbon- ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) og nitrogen- ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) isotoper. Det ble også samlet inn prøver av zooplankton og bunndyr til slike analyser. Dette skjedde først i juli og i begynnelsen av august. Bunndyr ble samlet inn med bunnskrape i littoralsonen og på dypere vann (der det ble fanget fjørmygglarver), mens zooplankton ble samlet inn med planktonhåv (95  $\mu\text{m}$ ) fra sjiktet 0-20 m. Næringsdyrene ble fraktet levende til laboratoriet der de ble sortert i grupper/arter, tørket og klargjort til analyse.

### 3.4.2 Analyse av alder og vekst

Sik og lagesild ble aldersbestemt ved at øresteiner ble brent og delt på tvers, og antall vintersoner ble talt opp på tverrsnittet under et stereomikroskop. Alderen på lake, aure, harr og abbor ble også bestemt ved hjelp av øresteiner.

Fiskens vekst er delvis framstilt som gjennomsnittlig lengde for hver enkelt aldersgruppe i fangsten, såkalt empirisk vekst. Veksten til sik og lagesild er også, ved hjelp av von Bertalanffy's vekstlikning, framstilt som asymptotisk lengdevækst ( $L_{\infty}$ ), som er den teoretisk største gjennomsnittlige lengden fisken når (von Bertalanffy 1938, Allen 1966). Denne modellen beregner også vekstkoeffisienten ( $k$ ) som uttrykker hastigheten som fiskens vekst nærmer seg  $L_{\infty}$  med.  $L_{\infty}$  og  $k$  ble beregnet på basis av empirisk lengde ( $L_t$ ) ved gitt alder ( $A_t$ ):

$$L_t = L_{\infty} \cdot \left(1 - \left(\exp(-k \cdot A_t)\right)\right)$$

Parameterne ble beregnet ved hjelp av ikke-lineær regresjon i statistikkpakken SPSS versjon 21. I likningen er fiskens størrelse ved klekketidspunktet (lengde ved alder=0) satt til 12 mm for lagesild og 16 mm for sik (jf. Næsje mfl. 1986), mens alderen hos eldre fisk (0+, 1+, 2+ etc.) settes til henholdsvis 0,5, 1,5 og 2,5 år osv. Dette gjøres fordi prøvetakingen skjedde i august, og vekstsesongen er ikke over på dette tidspunktet.

### 3.4.3 Gjeddemark i sik

Grovhaket gjeddemark (*Triaenophorus robustus*) er en bendelorm som blir kjønnsmoden i tarmen til gjedde. For å fullføre livssyklusen må denne bendelormen gjennom mellomstadier i copepoder (hoppekreps) og sik. Sik får i seg gjeddemarken ved å spise infiserte copepoder. Gjeddemark er en vanlig parasitt som nesten alltid finnes der sik og gjedde sameksisterer. Infeksjonsgraden av gjeddemark i siken i Osensjøen har til dels vært svært høy og i noen grad gjort fisken lite tiltalende som mat for mennesker (Linløkken mfl. 2011). I denne undersøkelsen er all sik sjekket for gjeddemark gjennom tre vertikale kutt i fisken i henholdsvis nakke, i forkant av ryggfinne og i bakkant av ryggfinne. Dette gir ikke et absolutt tall for antall cyster i kjøttet til siken, men må betraktes som en relativ indeks.

### 3.4.4 Analyse av stabile karbon- og nitrogenisotoper

Det er analysert stabile karbon- og nitrogen-isotoper i muskelprøver fra fisk samt i prøver av zooplankton og av bunndyr fra strandsona (se **tabell 1**). Hensikten med analysene var å få et bilde av næringsnettet i Osensjøen. På fisk ble muskelprøver tatt ut bak ryggfinnen. Prøvene ble tørket ved 60 °C i to døgn og homogenisert. De videre analysene ble utført ved Institutt for energiteknikk (IFE), Kjeller. For bestemmelse av isotopene ble 1 mg prøvemateriale veid inn og overført til en 5 x 9 mm tinnkapsel som så ble lukket og plassert i en Carlo Erba NCS 2500 element-analysator.

Prøvene ble forbrent med O<sub>2</sub> og Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ved 1700 °C og NO<sub>x</sub> redusert til N<sub>2</sub> med Cu ved 650 °C. Forbrenningsproduktene ble separert i en poraplot Q kolonne og overført direkte til et Micromass Optima isotop massespektrometer for bestemmelse av δ<sup>13</sup>C og δ<sup>15</sup>N. Duplikater ble analysert rutinemessig for hver tiende prøve. Forholdet mellom stabile isotoper av karbon og nitrogen (<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C, <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N) rapporteres i promille, og det benyttes betegnelsen δ i henhold til følgende likning: δ<sup>13</sup>C eller δ<sup>15</sup>N (‰) = [( Rprøve / Rstandard) - 1 ] x 1000, der R representerer forholdet mellom tung og lett isotop (<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C eller <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N). Alle isotopverdiene refereres til primære standarder. For karbon er dette et marint karbonat, Pee Dee Belemitt (Craig 1953), og for nitrogen atmosfærisk luft (Mariotti 1983). Internasjonale standarder analyseres samtidig med prøvene for hver tiende prøve. δ<sup>15</sup>N-resultatene kontrolleres med analyser av IAEA-N-1 og IAEA-N-2 standarder. δ<sup>13</sup>C-resultatene kontrolleres med analyser av USGS-24 grafitt standard. IFEs verdier kontrolleres også mot en husstandard av aurefilet. Prøver av zooplankton og bunndyr er behandlet etter samme prosedyre.

Resultatene av SIA fremstilles gjerne i et biplott med δ<sup>13</sup>C-signaturen på x-aksen og δ<sup>15</sup>N signaturen langs y-aksen. Når det gjelder δ<sup>13</sup>C, er konsumenter i ferskvann (f.eks. fisk) bare marginalt anriket (0,2 ‰ per trofisk nivå) i forhold til det de spiser, mens forskjellen i δ<sup>15</sup>N er 3,4 ‰ per trofisk nivå. Derfor benyttes δ<sup>13</sup>C som en indikasjon på energikilden (type planter) som er det viktigste (indirekte) grunnlaget for fiskeproduksjonen, mens δ<sup>15</sup>N indikerer fiskens trofiske posisjon, og er følgelig godt egnet til for eksempel å evaluere andelen av fiskespisere i bestandene.

**Tabell 1** Oversikt over antall muskelprøver fra fisk analysert med hensyn på stabile isotoper av nitrogen og karbon, Osensjøen 2010 og 2013.

Fiskeart	# prøver 2010	# prøver 2013	Sum
Lagesild	16	22	38
Sik	25	7	32
Aure	2	12	14
Harr	1	12	13
Abbor	5	8	13
Gjedde	2	4	6
Mort	1	8	9
Lake	2	12	14
Ørekyt	-	4	4

### 3.4.5 Prøver av dyreplankton

Det ble tatt håvtrekk med 90 µm maskevidde etter dyreplankton i de frie vannmassene i strandsona 4. juli og 21. august 2013. De vertikale håvtrekke gikk fra ca. 20 dyp til overflata, mens flere håvtrekk i strandsona utgjorde til sammen 15 m horisontaltrekk ved hver prøvetaking. Prøvene er identifisert og talt opp av Bjørn Walseng, NINA.



## 4 Resultater – fiskebestanden i 2013

### 4.1 Fiskesamfunn

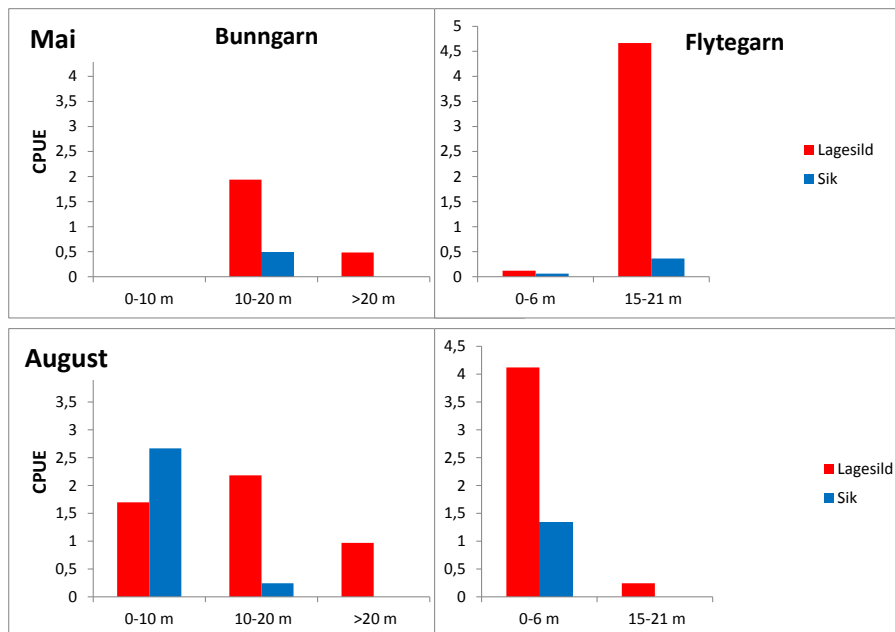
#### 4.1.1 Fangster ved prøvefisket

Ved prøvefisket i Osensjøen i mai, august og desember 2013 ble det i alt fanget 1082 fisk (**tabell 2**). Totalt sett var abbor og ørekyt de mest tallrike artene i fangstene, noe som skyldes at båt-elfiske i strandsona er en effektiv måte for å fange disse artene. Lagesild og sik var de mest tallrike artene i garnfisket. I mai var lagesild helt dominerende i garnfangstene, mens forholdet mellom sik og lagesild var mer jevnbyrdig i august.

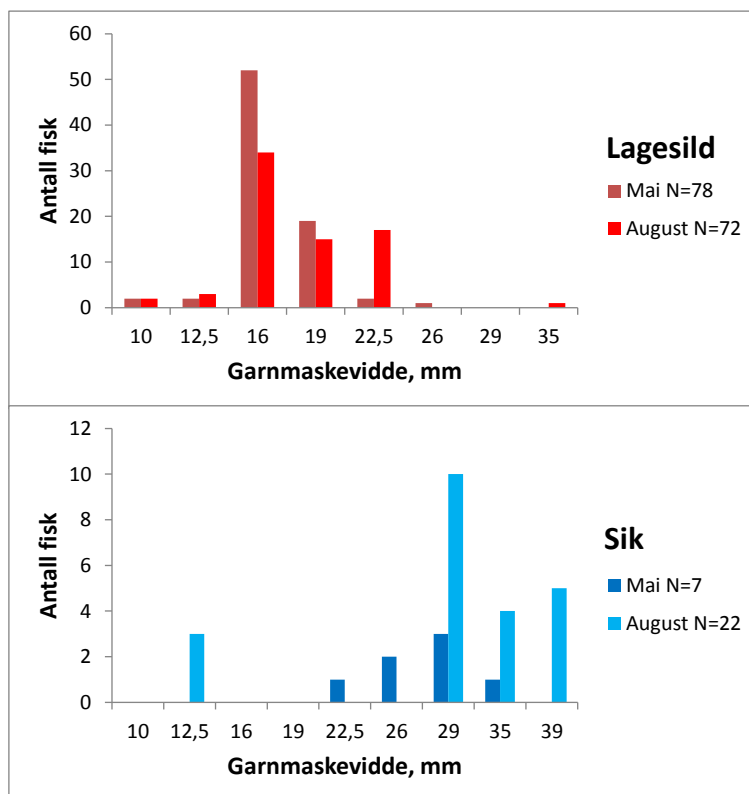
**Tabell 2** Fiskemateriale fanget ved prøvefiske med bunngarn, flytegarn og elektro-fiskebåt i Osensjøen, mai, august og desember 2013. For fisk fanget med elektro-fiskebåt er dag- og nattfangster slått sammen. \* gyteklar abbor og gjedde tatt i deltaområdet ved Nordre Osa sitt utløp i Osensjøen.

Måned	Metode	Sik	Lage- sild	Aure	Harr	Mort	Ørekyt	Abbor	Lake	Gjedde	Sum
Mai	Bunngarn	7	10	0	0	1	0	0	0	0	18
	Flytegarn	2	77	0	4	0	0	0	4	1	88
	El-fiskebåt	0	0	1	3	0	2	31*	0	3*	6
August	Bunngarn	14	8	0	0	8	0	9	4	2	45
	Flytegarn	54	79	3	1	0	0	2	4	2	145
	El-fiskebåt	1	1	8	25	32	218	336	47	3	671
El-fiske (august)	Lekninga	0	0	1	0	0	6	0	0	0	7
	Tverrena	0	0	21	0	0	11	0	0	0	32
	Nordre										
	Osa	0	0	31	0	0	3	0	0	0	34
	Slemma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Des- ember	Bunngarn	29	0	0	0	5	0	0	1	1	36
Sum		107	175	65	33	46	240	347	60	9	1082

Fordelingen av lagesild og sik i de ulike habitatene viste klare forskjeller mellom artene (**figur 3**). I mai var det gode fangster av lagesild i flytegarn på 15-21 m dyp. Noe lagesild ble også fanget i bunngarn på et tilsvarende dyp (10-20 m). Sikfangstene i mai var små. I august ble det fanget mer sik, men lagesild dominerte likevel fangstene. Fangsten av lagesild i flytegarn i august var på omtrent samme nivå som i mai. Men mens fisken var på 15-21 m i mai, var det aller meste av fisken på 0-6 m dyp i august. Det ble også fanget en del lagesild i bunngarna i alle tre dybdesoner ned til mer enn 20 m i august. Sikfangstene i august var vesentlig større enn i mai, og konsentrert til strandsona og nær overflata i de frie vannmassene. Fiske med flytegarn etter lagesild var i 2013 mest effektivt med maskevidda 16 mm, men også 19 og 22,5 mm fanget en del lagesild i august (**figur 4**). For sikens del var 29, 35 og 39 mm de mest effektive maskeviddene.



**Figur 3** Fordeling av fangsten av sik og lagesild i ulike dyp i bunngarn og flytegarn, mai og august 2013.



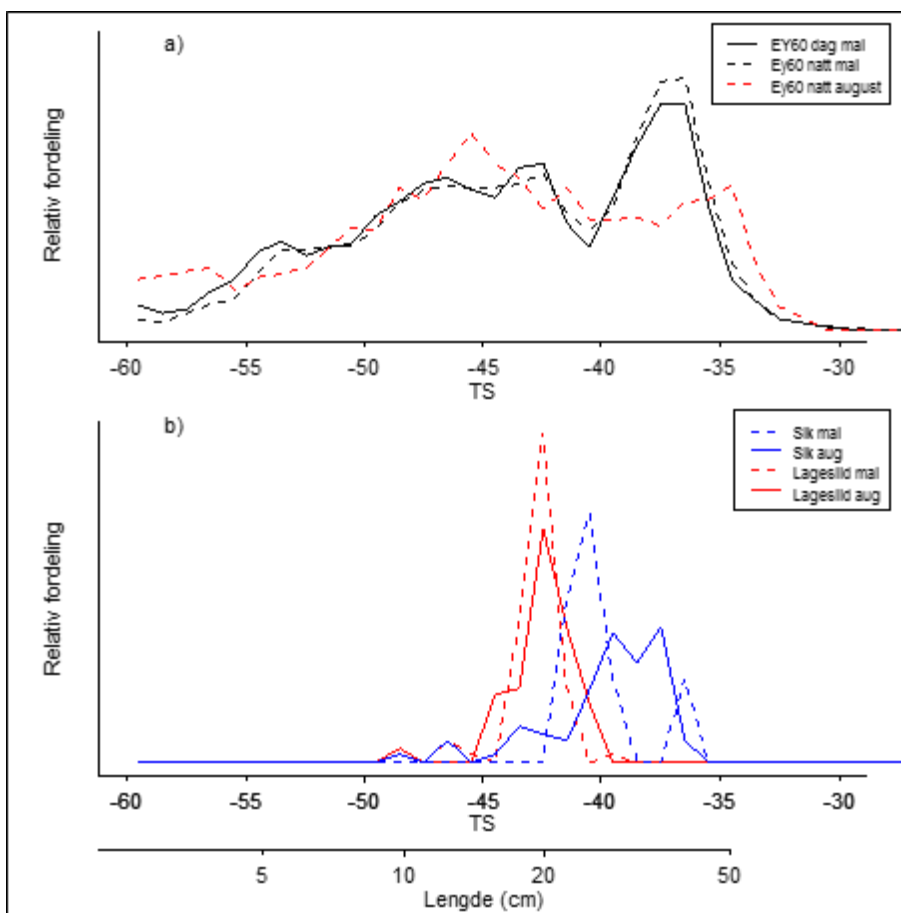
**Figur 4** Fordeling av fangsten av lagesild og sik i ulike maskevidder på flytegarn. N er antall fisk.

## 4.1.2 Hydroakustiske registreringer

### 4.1.2.1 Størrelsesfordeling

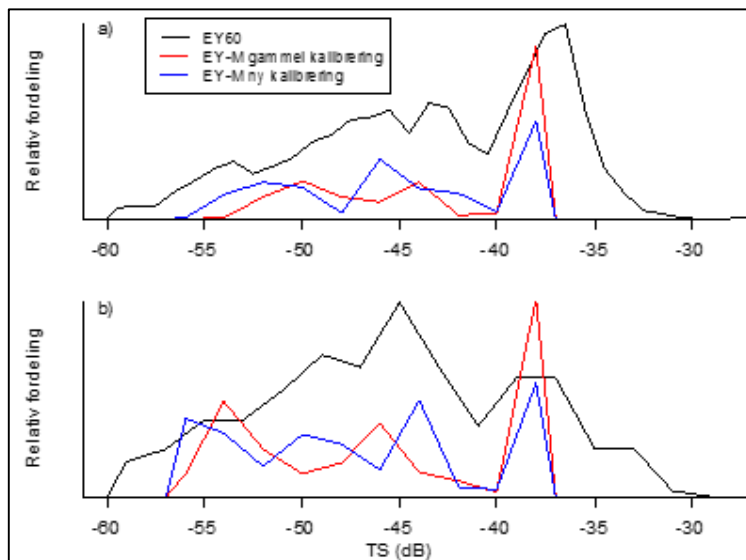
TS-fordelingen observert med EY60 var svært lik mellom dag og natt i mai (**figur 5a**), noe som tyder på god repeterbarhet med EY60 i estimering av størrelsesfordeling. I august var tyngden flyttet mot mindre fisk, i tråd med at det hadde skjedd rekruttering av ung fisk inn i bestanden (**figur 5a**). Både i mai og i august var det et skille i TS-fordeling rundt -41 dB, dette skillet antas å representere skillet mellom lagesild og stor (voksen) sik. Toppene i TS-fordeling observert med EY60 reflekterte tilsvarende topper lengdefordeling i fangstene, basert på omregning til TS ved hjelp av Lindem-Sandlund funksjonen (**figur 5b**). Det tyder på at Lindem-Sandlund funksjonen

gir en god tilnærming til forholdet mellom lengde og TS hos sik og lagesild. Ifølge denne funksjonen tilsvarer -41 dB en fiskelengde på 23,6 cm (Lindem & Sandlund 1984). I mai ble det med EY60 også observert en topp i TS-fordeling mellom -48 og -45 dB, som ifølge Lindem-Sandlund funksjonen tilsvarer fisk rundt 10-15 cm. I Osensjøen kan dette antas å svare til årsgammel sik og lagesild. Tyngdepunktet i denne toppen hadde i august flyttet seg til -45 dB, i tråd med sommersesongens vekst. I august kom det til syne en ny topp rundt -48 dB, som rimer bra med størrelsen på 0+-årsklassen (rundt 10 cm, se nedenfor).



**Figur 5** Det var godt samsvar i størrelsesfordeling hos pelagisk fisk mellom dag og natt i mai og mellom mai og august, slik det ble registrert med EY-60 ekkoloddet (a). TS-fordelingskurver fra ekkolodd har alltid en «hale» mot lave ekkostyrker, som skyldes svake ekko fra fisk med en bratt vinkel mot lydstrålen (f.eks. fra fisk som svømmer nedover). Topper i TS-fordeling estimert fra fangster (b) tilsvarte to toppe i TS-fordeling fra ekkoloddet (a), der den største toppen (-36 til -40 dB) tilsvarte stor sik, og en topp rundt -46 til -40 dB tilsvarte lagesild. TS-fordeling predikert fra garnfangster er basert på formelen  $TS = 19,7 \log(L) - 68$  (Lindem & Sandlund 1984).

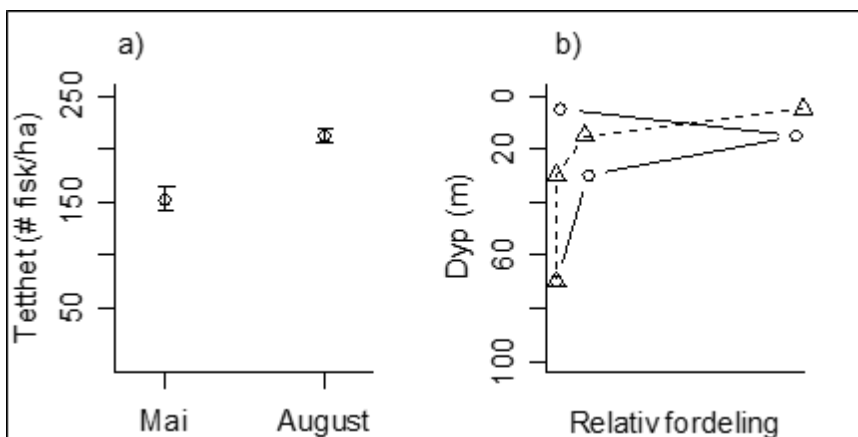
For de transektene som ble sammenlignet mellom EY60 og EY-M viste de to ekkoloddene to toppe i tilsvarende områder, en mellom -38 og -35 dB, og en mellom -45 til -42 dB (**figur 6**). Utover det viste EY-M særlig i august en betydelig tyngde mot lave ekko som ikke ble gjenspeilet i EY60-analysene. Dette antas i stor grad å skyldes manglende mulighet til å filtrere bort støy i etterprosessering av EY-M data.



**Figur 6** Sammenligning av ekkostyrke (TS)-fordeling observert med ekkoloddene EY-M og EY60 i mai (a) og august (b). Fordelingen fra EY 60 i denne figuren er basert på de samme transektene som ble kjørt med EY-M (tre på dag og ett på natt i mai, to på dag og ett på natt i august). For EY-M er enkelttekko dypere enn 20 m utelatt da disse i stor grad var små ekko og antakelig skyldtes støy.

#### 4.1.2.2 Fisketetthet

Gjennomsnittlig tetthet ble estimert til 149,1 fisk ha<sup>-1</sup> i mai og 212,2 fisk ha<sup>-1</sup> i august (**figur 7a**). Det tilsvarer en økning på 63,1 fisk ha<sup>-1</sup> (42 %), som antas å representere rekruttering av ungfisk. I mai var 37,1 % av ekkoregistreringene fisk med TS over -41 dB. Det tilsier en tetthet på 55,3 fisk ha<sup>-1</sup>, fordelt på henholdsvis 36,9 sik og 18,5 lagesild ha<sup>-1</sup> gitt artsfordeling tilsvarende 66,7 og 33,3 % for fisk > 23 cm i de pelagiske fangstene. Antar vi at ekkoregistreringer fra fisk med TS > -47 dB (ca. 12 cm) og < -41 dB (ca. 23 cm) i all hovedsak reflekterer ett år og eldre fisk som er mindre enn 23 cm, falt 40 % innenfor denne gruppa i mai. Det gir en tetthet på 59,6 mellomstor fisk ha<sup>-1</sup> i mai, fordelt på 56,2 lagesild og 3,4 sik ha<sup>-1</sup> basert på artsfordeling i fangstene. Alt dette er kjønnsmoden fisk (se kapittel 4.3 og 4.4).



**Figur 7** Tetthetsestimatet for august var noe høyere enn for mai (a), i tråd med rekruttering av en ny årsklasse. Feilgrensene viser 95 % konfidensintervall rundt geometrisk gjennomsnitt. Fisken stod hovedsakelig på 10-20 m dyp i mai, og på 0-10 m i august (b), og det var derfor viktig å inkludere fisketettheten nær overflaten i analysene.

I august utgjorde fisk med TS > -41 dB 32,0 % av registreringene, som tilsier en tetthet på 67,9 fisk ha<sup>-1</sup>. Sik utgjorde 73 % av fisk > 23 cm i garnfangstene i august, legger vi dette til grunn var det henholdsvis 49,6 sik ha<sup>-1</sup> og 18,4 lagesild ha<sup>-1</sup> i denne størrelsesgruppen. I august falt 32,9 % av ekkoregistreringene innenfor gruppa mellomstor fisk (12-23 cm). Det gir en tetthet i august på 69,8 fisk ha<sup>-1</sup>, fordelt på 65,8 lagesild ha<sup>-1</sup> og 3,99 sik ha<sup>-1</sup> basert på en lagesild-andel på 94,3 % i de pelagiske fangstene. For sik utgjør dette i all hovedsak 2-somrig (ettårig) fisk, for lagesild inngår flere årsklasser fra ettårig og eldre (se kapittel 4.3 og 4.4).

Gjennomsnittsvekt for sik og lagesild over 23 cm i augustfangstene var henholdsvis 246.9 og 85.4 g. Dette gir en gjennomsnittlig biomasse av stor sik og lagesild på henholdsvis 12,2 og 1,57 kg ha<sup>-1</sup>. Antar vi samme gjennomsnittsvekt for stor sik i mai (fangstene i mai var lave og betraktes som for usikkert mål), var biomassen av stor sik 9,35 kg ha<sup>-1</sup>. Gjennomsnittsvekten av lagesild > 23 cm i mai var 101 g, det gir 1,86 kg ha<sup>-1</sup>. Gjennomsnittsvekten for mellomstor lagesild og sik var henholdsvis 58,6 og 44,7 g, det gir en biomasse på respektive 3,84 og 0,18 kg ha<sup>-1</sup>.

Samla får vi da at lagesild i mai og august antallsmessig utgjorde henholdsvis 65,0 og 61,1 % av fisk > 12 cm i det pelagiske fiskesamfunnet, mens tilsvarende tall for sik var 35,0 og 38,9 % (se også **tabell 3**). Ser vi på biomasse utgjorde lagesild henholdsvis 35,7 og 37,6 % i henholdsvis mai og august, mens tilsvarende tall for sik var 64,3 og 62,4 %.

Fisk med TS < -47 dB anses i hovedsak å utgjøre årsgammel fisk i mai, mens den i august representerer årets rekruttering (0+). Denne gruppen utgjorde 22,9 og 35,1 % av registreringene i henholdsvis mai og august. Det gir en tetthet på 74,5 fisk ha<sup>-1</sup> i 0+-årsklassen i august. Økningen i tetthetsestimat fra mai til september var 63,1 fisk ha<sup>-1</sup>, altså i samme størrelsesorden. Fangstene i denne størrelsesgruppa var så små at vi ikke kan si noe sikkert om artsfordeling her.

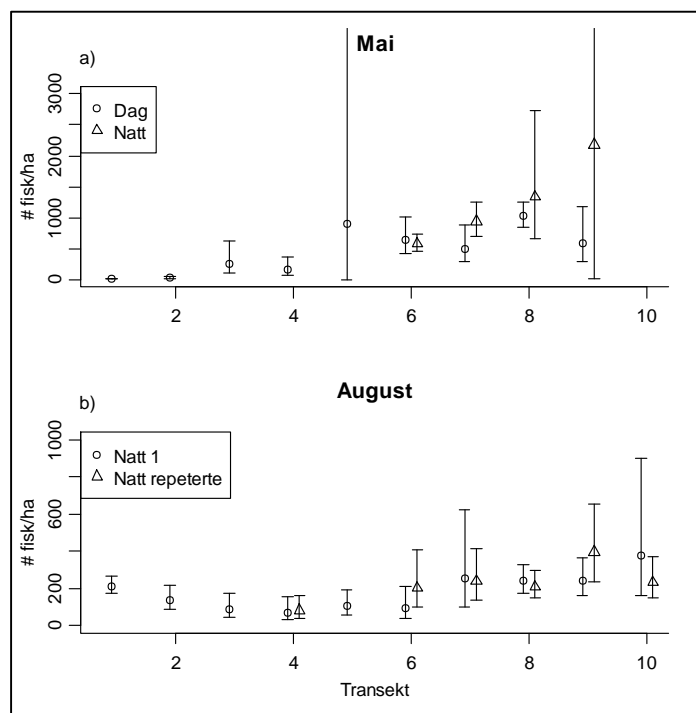
**Tabell 3** Oppsummering av pelagiske tettheter og biomasse av sik og lagesild i Osensjøen i 2013.

Undersøkelserunde	Sik > 12 cm	Lagesild > 12 cm	Sik + lagesild > 12 cm
Mai (# fisk/ha)	40.3	74.7	115
August (# fisk/ha)	53.5	84.2	138
Mai (kg/ha)	9.35	4.32	13.7
August (kg/ha)	12.4	5.42	17.8

#### 4.1.2.3 Repeterbarhet i estimater

Repetierbarheten i tetthetsestimater gjort med EY60 var god. For transekta som ble sammenligna mellom dag og natt i mai var konfidensintervallene alltid overlappende, men i noen tilfeller var konfidensintervallene vide (**figur 8**). Dette skyldes en kombinasjon av stor variasjon og relativt korte transekt med få ESDU. For transekter som ble repetert påfølgende natt i august var repetierbarheten veldig god, og konfidensintervallene trangere enn i mai. De mer konsistente resultatene i august har trolig sammenheng med en jevnere fordeling av fisk. Variasjonen var større

i mai, da hovedtyngden av fisken var samlet i nordre del av innsjøen (transekt 5-10, **figur 8a**). I august var tettheten jevnere fordelt mellom sør og nord, og variasjonen mindre (**figur 8b**).



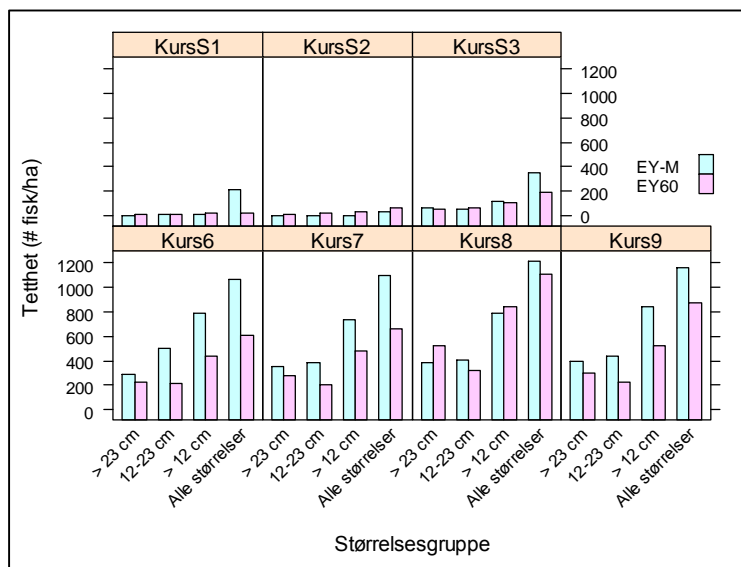
**Figur 8** Tetthetsestimater for hvert transekt fra de vertikale registreringene med EY60-ekkoloddet. I (a) sammenlignes tetthet mellom dag og natt i mai, i (b) sammenlignes repeterte estimater fra natt, der alle transekter først ble kjørt én natt, og deretter ble transekt 4 og 6-10 repetert påfølgende netter. Feilgrensene viser 95 % konfidensintervall rundt gjennomsnittet.



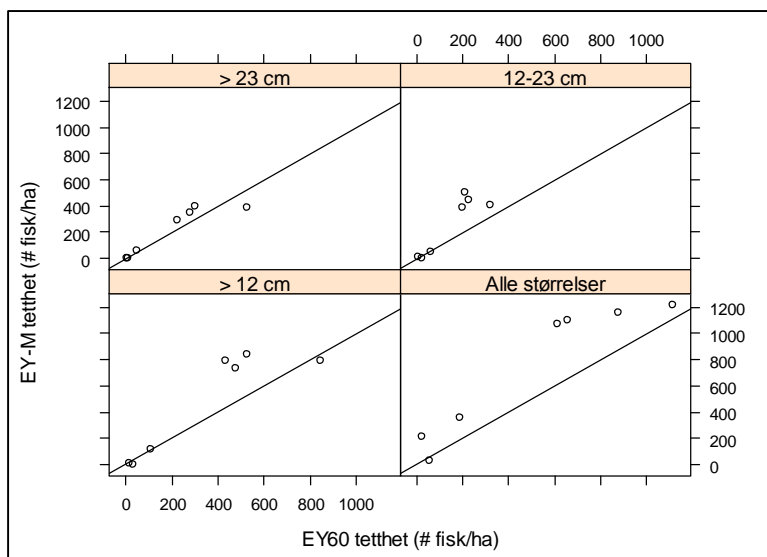
*Osensjøen: erosjon i reguleringssona i kraftig vind. August 1976. Foto: O.T. Sandlund.*

#### 4.1.2.4 Sammenligning i tetthetsestimater fra EY-M og EY60

I alt 7 transekter ble repetert med begge ekkolodd, 4 i mai (3 på dagen og 1 om natta) og 3 i august (2 på dagen og 1 om natta). Disse representerte en god gradient i tetthet av fisk (**figur 9** og **10**). Innenfor hvert transekt (kurs) var det relativt god overenstemmelse i tetthet for størrelsesgruppa stor sik ( $TS > -41$  dB) både i mai og august, mens det var økende grad av overestimering for EY-M relativt til EK60 når lagesildgruppa ( $-47 < TS < -41$  dB) og årets rekruttering ( $-56/-60 < TS < -47$  dB) ble inkludert i estimatene (**figur 10**). Overestimatene var til dels kraftige for EY-M når alle størrelsesgrupper ble tatt med (**figur 9, 10**), selv om det var brukt en lavere terskel i EY60 og den derfor registrerte ekko med lavere styrke enn EY-M (respektive -60 og -56 dB). Dette mønsteret så vi også på ekkostyrkefordelingen, og det henger trolig sammen med de begrensede mulighetene for støyrensing i EY-M og HADAS.



**Figur 9** Sammenligning av tettheter estimert med EY-M og EY60. Kursene S1-S3 ble kjørt i august, kursene 6-9 i mai. Størrelsesgruppen  $> 23$  cm ( $TS > -41$  dB) representerer stor fisk, hovedsakelig sik, størrelsesgruppen 12-23 cm (mellomstor fisk,  $-47 < TS < -41$  dB) antas i all hovedsak å representere lagesild  $\geq 1$  år (men noe 1 år gammel sik). Gruppen  $> 12$  cm ( $TS > -47$  dB) er stor og mellomstor fisk sammenslått, og gruppen «alle størrelsesgrupper» inkluderer alt over nedre analyseterskel ( $-56$  dB for EY-M og  $-60$  dB for EY60).

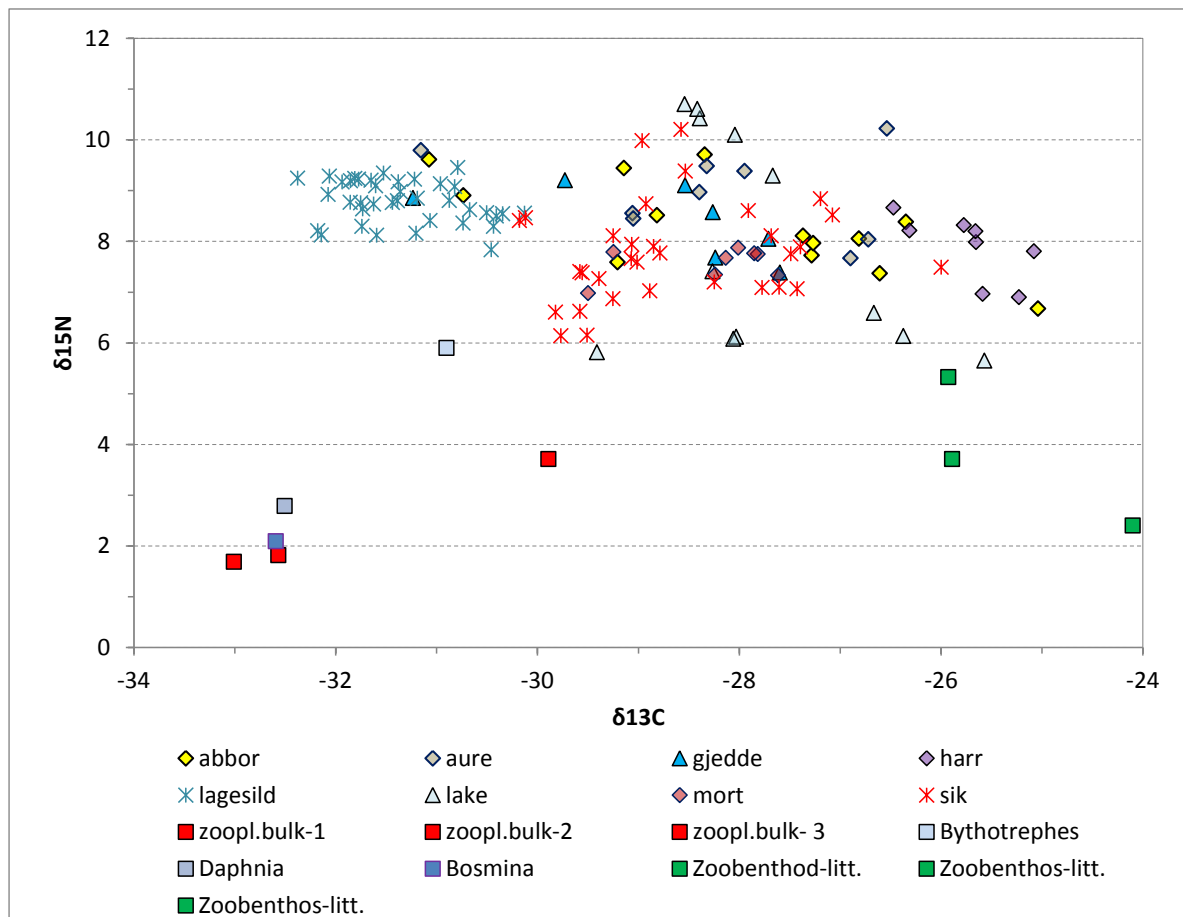


**Figur 10** Tetthetsestimater estimert med EY-M versus tetthetsestimater estimert med EY60. Svart linje indikerer enhetslinje, det vil si identisk estimat for begge ekkolodd. Det var en trend fra relativt godt samsvar for stor fisk ( $TS > -41$  dB) mot overestimering for lagesild ( $-47 < TS < -41$  dB) og kraftig overestimering for alle størrelsesgrupper ( $TS > -56$  dB EY-M og  $TS > -60$  dB EY60).

## 4.2 Næringsnett

Næringsnettet i Osensjøen er kartlagt ved analyse av stabile N og C-isotoper for de ulike fiskeartene og de viktigste næringsdyrene. Dette gir en indikasjon på hvor i innsjøen fisken henter sin næring, og hvilket trinn i næringskjeden den befinner seg på. Vurderingene i denne rapporten er sammenholdt med mageanalyser som ble utført av de samme artene i perioden 2010-2011 (Linløkken mfl. 2011). Der ble det påvist at lagesild i all hovedsak levde pelagisk og spiste fjærmygg-larver/pupper og overflateinsekter på vår/forsommer og dyreplankton (*Daphnia*, *Bosmina* og *Bythotrephes longimanus*) på ettersommeren og høsten, mens siken hadde en mer blandet diett av både bunndyr i strandsona og plankton i vannmassene.

Karbonkildene på landjorda (fra terrestriske planter) varierte lite og hadde signaturer nær  $\delta^{13}\text{C} - 27$  ‰, mens karbonkildene i vannmassene (dvs. fra planteplanktonet) var nær  $\delta^{13}\text{C} - 32$  ‰. Dette vises ved at fisk som lever av bunndyr i strandsona får relativt høye  $\delta^{13}\text{C}$ -signaturer, mens fisk som lever av dyreplankton får relativt lave  $\delta^{13}\text{C}$ -signaturer. På bakgrunn av dette ser vi at plankton var viktigere enn landinsektene som næringsdyr for lagesild (**figur 11**). Videre indikerer  $\delta^{15}\text{N}$  verdiene hos lagesild at rovformen, *Bythotrephes longimanus*, som lever av *Daphnia* spp., var en viktig matkilde da lagesild med de høyeste  $\delta^{15}\text{N}$  verdiene ligger to trofiske nivå (7 ‰) over signaturen for *Daphnia*. Spredningen i  $\delta^{15}\text{N}$  mellom 8 og 9,5 ‰ hos lagesild er nok i hovedsak en indikasjon på andelen *Bythotrephes* i dietten (jf. Linløkken mfl. 2011). Beiting på hoppekreps, som også delvis lever av andre dyreplanktonarter, kan også bidra til at lagesilda får en relativt høy  $\delta^{15}\text{N}$ -signatur.

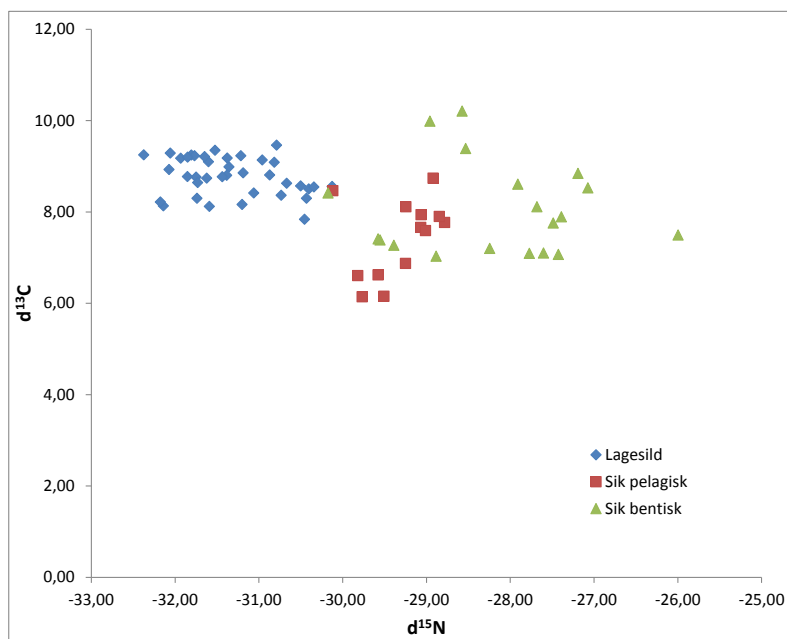


**Figur 11** Diagram (biplott) for stabile isotoper av karbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) og nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) i fisk og næringsdyr fra Osensjøen. Prøvene er samlet i august 2010 og 2013 (se **tabell 1**).

Karbon- og nitrogen-signaturene i sik indikerer et stort spenn i næringsvalg helt fra dyr som har levd av bunndyr i strandsona ( $\delta^{13}\text{C}$  fra  $-26$  ‰), via landinsekter ( $-27$  ‰) til dyreplankton ( $-32/-33$  ‰) (**figur 11**). Denne allsidigheten i næringsvalget slår også ut på sikens trofiske posisjon som spenner over et helt trofisk nivå ( $\delta^{15}\text{N}$  3,5 ‰). Sik som ble fanget i flytegarn i august hadde en  $\delta^{13}\text{C}$  signatur som lå mellom sik som var fanget i bunngarn og lagesild (**figur 12**).

Allsidighet i næringsvalget preget også abborbestanden som hadde både individer som hadde levd mest av akvatiske næringsdyr i strandområdene til de som hadde et innslag av terrestriske insekter og dyreplankton (**figur 11**). Med denne endringen i matkildene økte også den trofiske posisjonen til abbor, noe som kan bety at det var et økt innslag av fisk i dietten. Harr og aure hadde signaturer som indikerer at de begge hadde spist strandnære dyr og terrestriske insekter som tas på vannoverflata. Lake hadde den høyeste trofiske posisjonen av alle de undersøkte fiskeartene, noe som nok skyldes en betydelig andel fisk i dietten. Likevel var ikke  $\delta^{15}\text{N}$ -signaturen hos lake svært mye høyere enn hos f.eks. sik (**figur 11**). Dette henger trolig sammen med at de fleste lakene i dette materialet var små fisk, og dermed i stor grad trolig hadde levd av bunndyr.



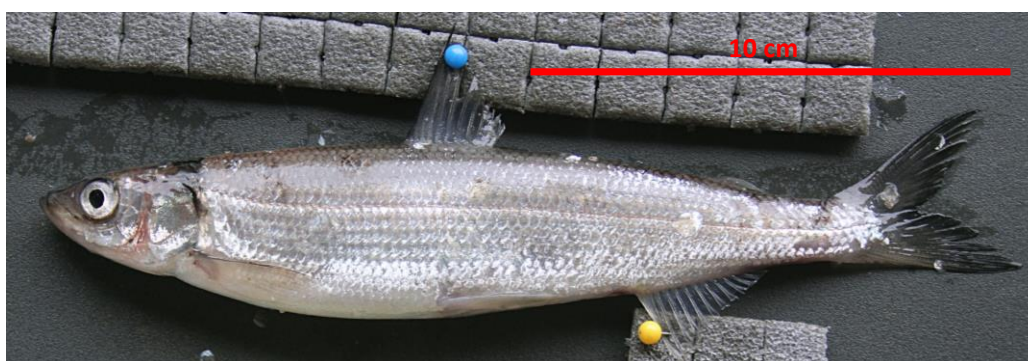


**Figur 12** Diagram (biplott) for stabile isotoper av karbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) og nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) i lagesild og sik fanget i flytegarn (pelagisk) og sik fanget i bunngarn (bentisk) i august 2010 og 2013 (se **tabell 1**).

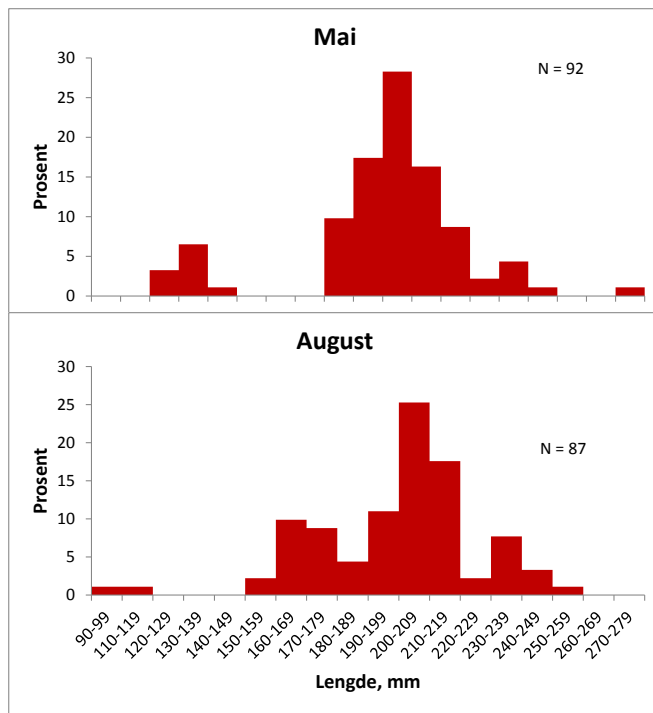
### 4.3 Bestandsstruktur hos lagesild

Lengdefordelingen til lagesild i garnfangstene i mai og august 2013 er vist i **figur 13**. I mai var det to lengdegrupper i fangstene. Fisk mellom 110 og 140 mm i mai er ettåringer, dvs. de ble klekt våren 2012, og tilhører dermed 2012-årsklassen. Gruppen med fisk over 170 mm i mai omfatter alle eldre fisk, dvs. de som er klekt våren 2011 og tidligere. Fisk under 120 mm i august representerer årets rekruttering (0-årsklassen), mens de mellom 150-180 mm omfatter ett-årig lagesild.

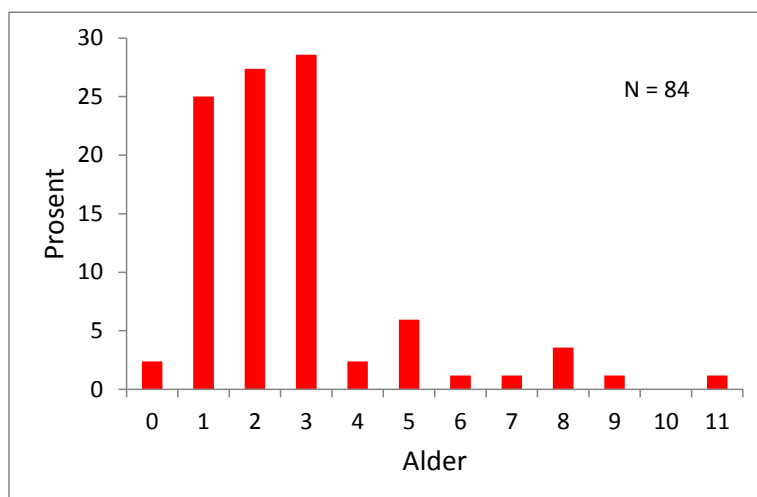
Alderssammensetningen i lagesildfangstene i august 2013 viser at bestanden var dominert av aldersgruppene 1-3, dvs. fisk som var klekt om våren i 2010, 2011 og 2012 (**figur 14**). Den eldste lagesilda i fangstene var 11 år (dvs. årsklasse 2002). Innslaget av årsunger (aldersgruppe 0) er ikke representativt, og også ett-åringene er trolig underrepresentert, da garn er lite effektive til fangst av så små fisk. Aldersfordelingen blant to-åringer og eldre fisk viser trolig et nokså riktig bilde av bestanden, da garn med maskevidder fra 16 mm og oppover er relativt effektive til fangst av lagesild fra 15-16 cm og oppover.



Lagesild, Osensjøen, august 2013. Foto: Sara A. Kjærvik



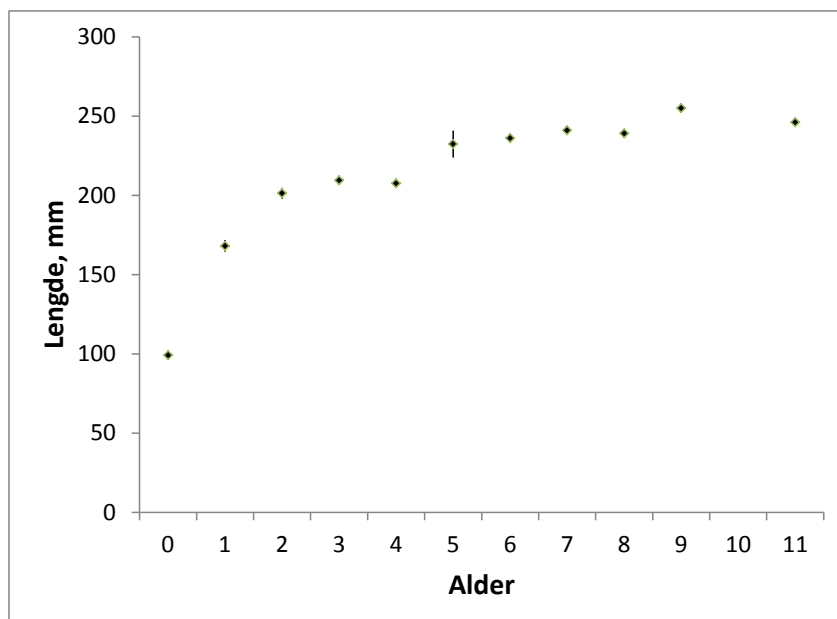
**Figur 13** Lengdefordeling hos lagesild i garnfangstene i Osensjøen i mai og august 2013. N er antall fisk.



**Figur 14** Aldersfordeling hos lagesild fanget i Osensjøen i august 2013. N er antall fisk.

Vekstkurven for lagesild basert på gjennomsnittslengder for hver enkelt aldersgruppe viser det typiske bildet for denne arten (**figur 15**), med rask vekst fram til kjønnsmodning og deretter nesten fullstendig stagnasjon i lengdevæksten. I dette materialet er det likevel verdt å legge merke til den signifikante forskjellen i lengde hos aldersgruppene 3-4 og 5-8 (henholdsvis  $209,3 \pm 2,5$  mm og  $235,6 \pm 4,4$  mm; gjennomsnitt  $\pm$  95 % konfidensintervall). Dette kan tyde på at årsklassene 2009 og 2010 (alder 3 og 4) har hatt dårligere vekst fram til kjønnsmodning enn årsklassene 2005-08 (alder 5-8).

Materialet av lagesild fra august 2013 tyder på at alle individ blir gytemodne som toåring, dvs. etter tredje sommer (**tabell 4**). Dette gjelder både hunn- og hannfisk. Dette samsvarer med at veksten stopper nesten fullstendig opp i fjerde vekstsesong, dvs. etter første gyting (jf. **figur 15**).



**Figur 15** Lengde ved alder (empirisk vekst) hos lagesild fanget i Osensjøen i august 2013. Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall.  $N = 84$ .

**Tabell 4** Andel kjønnsmodne individer i de ulike aldersgruppene av lagesild fanget i august 2013. Utviklingen er lik for hann- og hunnfisk, derfor er kjønnene slått sammen.

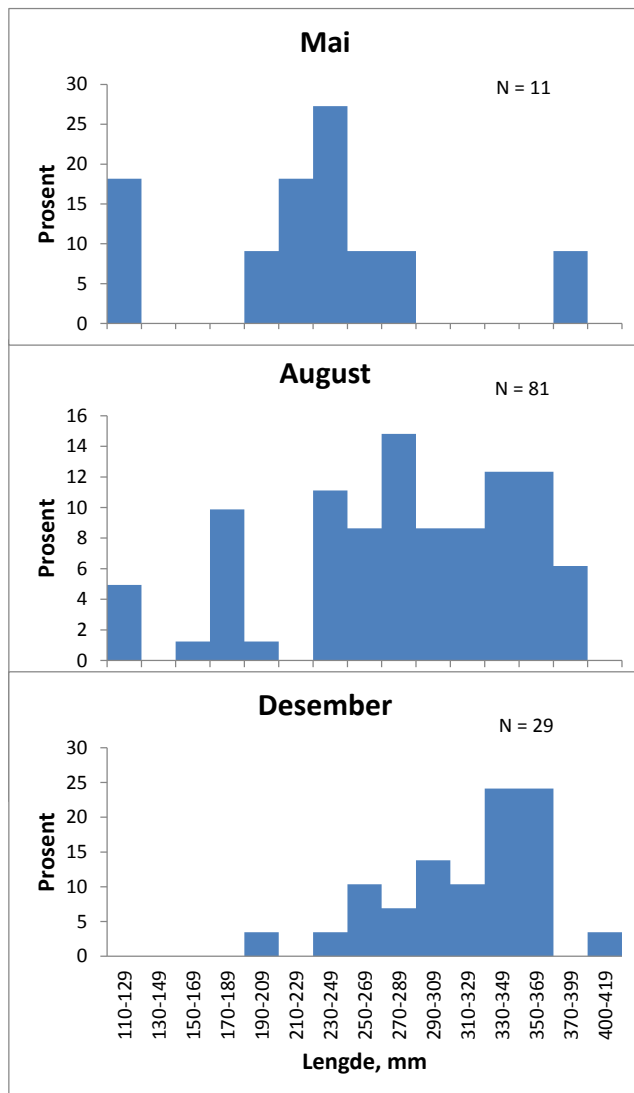
Alder	Umodne		Gytemodne	
	Antall	%	Antall	%
0	2	100	0	0
1	21	100	0	0
2	0	0	23	100
3	0	0	24	100
≥4	0	0	14	100



Lagesild i 16 mm garn, Osensjøen august 2013. Foto: O.T. Sandlund.

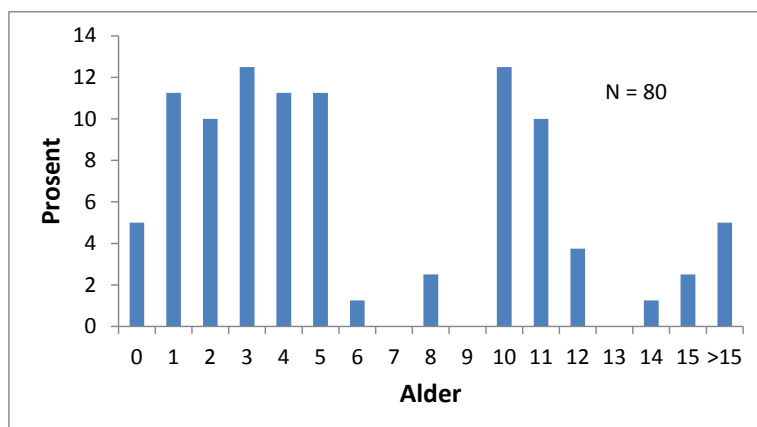
#### 4.4 Bestandsstruktur hos sik

Lengdefordelingen i garnfangstene av sik i mai og august 2013 er vist i **figur 16**. I august reflekterte de tre lengdegruppene i fordelingen henholdsvis årsyngel (under 130 mm), ettåringer (150-210 mm) og eldre fisk (over 230 mm). I mai var fangstene svært lave, sannsynligvis på grunn av liten svømmeaktivitet hos fisken. I fangstene fra gyteplassen ved Kråka i desember dominerte fisk mellom 25 og 37 cm.



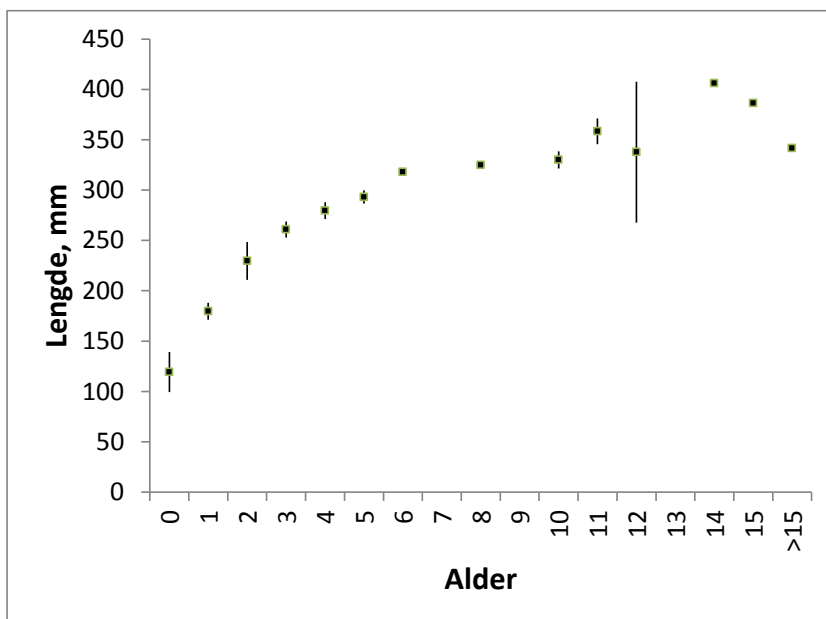
Aldersfordelingen i fangstene i august (**figur 17**) viser at sikbestanden består av svært mange aldersgrupper, den eldste registrerte fisken var 21 år, dvs. den var klekt i 1992. Aldersfordelingen reflekterer at det er tydelig variasjon i årsklassestyrke hos siken. Aldersgruppene 1-5, 10-12 og 15 synes å ha vært relativt tallrike. Dette tilsvarer henholdsvis årsklassene 2008-2012, 2001-2003 og 1998.

**Figur 16** Lengdefordeling hos sik i garnfangstene i Osensjøen i mai, august og desember 2013. N er antall fisk.



**Figur 17** Aldersfordeling hos sik fanget i Osensjøen i august 2013. N er antall fisk.

Vekstkurven basert på gjennomsnittlig lengde ved alder i sikfangstene fra 2013 (**figur 18**) viser at fisken nådde ca. 120 mm ( $119,3 \pm 95\%$  konfidensintervall: 20,0) etter én vekstsesong. Veksten avtar deretter langsomt, og 10-15 år gammel sik er mellom 300 og 400 mm. Variasjonen i lengde hos fisk eldre enn 10-11 år skyldes delvis at der er stor individuell variasjon i lengde innen samme aldersgruppe hos gammel fisk, og delvis at materialet innen hver aldersgruppe er lite. I sikmaterialet fra Osensjøen i 2013 var noen få hannfisk gytemodne etter fjerde sommer (aldersgruppe 3; **tabell 5**). Blant hannfisk i aldersgruppe 4 var et flertall gytemodne. Hunnfisken ble kjønnsmoden ett år senere, men i aldersgruppe 5 var alle fisk av begge kjønn gytefisk. Også hos sik reflekteres kjønnsmodningen i vekstforløpet, idet veksten flater ut fra fjerde vekstsesong (jf. **figur 18**).



**Figur 18** Lengde ved alder (empirisk vekst) hos sik fanget i Osensjøen i august 2013. Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall. Antall fisk,  $N = 80$ .

**Tabell 5** Andel kjønnsmodne individer i de ulike aldersgruppene av hann- og hunnfisk av sik fanget i Osensjøen i august 2013.

Alder	Hannfisk			Hunnfisk		
	Umodne	Modne	% Modne	Umodne	Modne	% Modne
0	2	0	0	2	0	0
1	8	0	0	1	0	0
2	5	0	0	3	0	0
3	6	1	14	3	0	0
4	2	4	67	2	1	33
5	0	6	100	0	3	100
6 og eldre	0	23	100	0	5	100

Registreringene av grovhaket gjeddemark hos sik fra Osensjøen viser at ca. 47 % av fisken ikke hadde gjeddemark, mens ca. 33 % hadde én cyste i muskulaturen (**tabell 6**). Totalt sett var bare ca. 12 % av fisken sterkt infisert, dvs. med 3 parasitter eller mer. Det var relativt liten forskjell i parasittbelastning hos fisk av ulik alder, selv om de to sterkest infiserte fiskene begge var ca. 20 år gamle, med henholdsvis 4 og 8 cyster.

**Tabell 6** Infeksjon av grovhaket gjeddemark hos sik fanget i Osensjøen, august 2013. Prevalens er andel fisk der parasitten ble påvist. # gm (antall gjeddemark) viser gjennomsnittlig antall parasitter påvist hos fisk som var infisert.

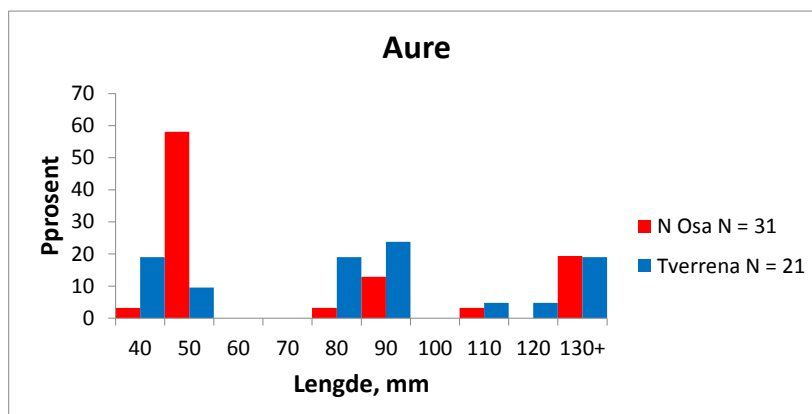
	N	Antall parasitter per fisk				Prevalens	# gm
		0	1	2	3++	%	
Alder 1-3	24	11	8	4	1	54,2	1,5
Alder 4-9	21	13	6	0	2	38,1	1,5
Alder 10-21	28	10	10	2	6	64,3	2,1
Total	73	34	24	6	9	53,4	1,8

## 4.5 Andre fiskearter

Det ble fanget et mindre antall fisk av andre arter, både i garnfisket og ved el-båtfisket i strandsona. Aure ble også fanget i noen av tilløpselvene. Her presenteres data for størrelse og vekst for aure, harr, lake og abbor.

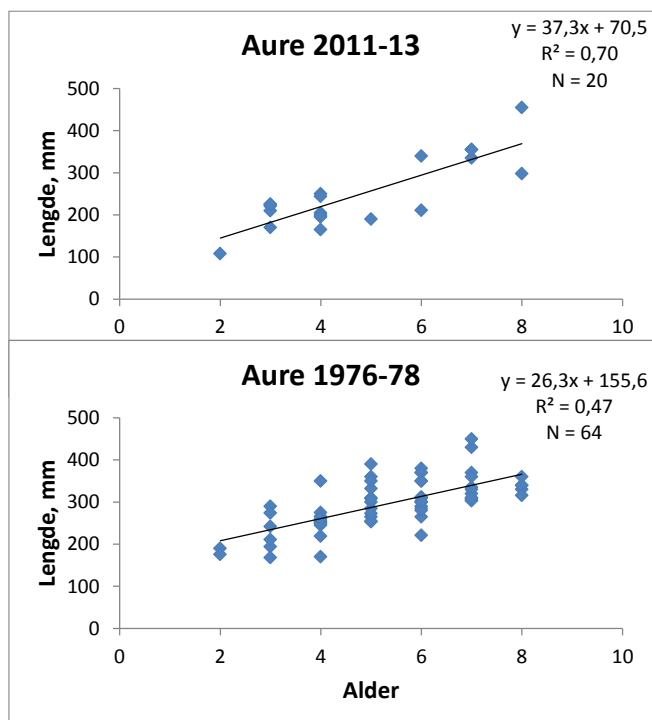
### 4.5.1 Aure

Fisket med elektrisk fiskeapparat i tilløpselvene viste lave tettheter i alle elvene. Lengdefordelingen i fangstene i Nordre Osa og Tverrena viser at årsyngelen er mellom 40 og 60 mm, mens ettårig fisk er mellom 80 og 100 mm (**figur 19**). Årsyngelen i Nordre Osa var noe større enn i Tverrena ( $L \pm SD$ :  $54,4 \pm 2,4$  mot  $50,3 \pm 4,2$  mm). Ettårig fisk var praktisk talt like store ( $92,6$  mot  $91,0$  mm) i de to elvene.



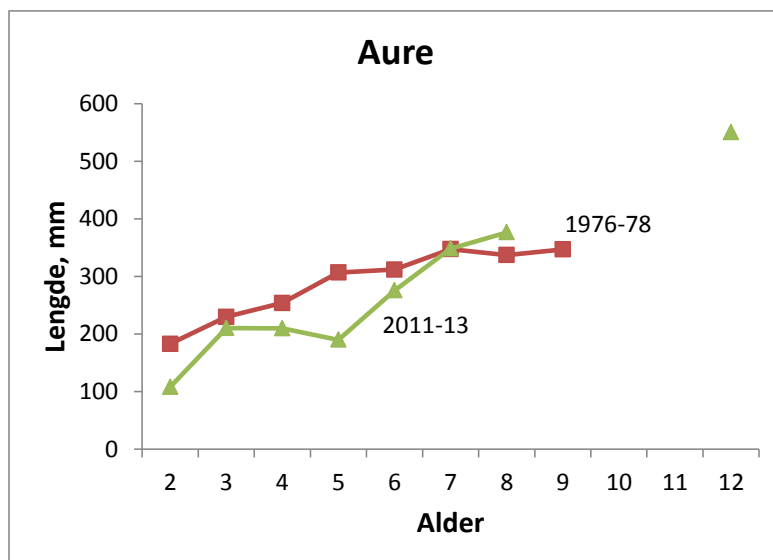
**Figur 19** Lengdefordeling av aure fanget i Nordre Osa og Tverrena 20.-22. august 2013. N er antall fisk. Prosent er regnet ut fra materialet fra hver lokalitet for seg.

På grunn av at det bare ble fanget et lite auremateriale i Osensjøen i 2013, er dette slått sammen med materialet fra 2011 (jf. Linløkken mfl. 2011) (**figur 20**). Forholdet mellom alder og lengde hos auren i Osensjøen i 2011-13 sammenlignet med tilsvarende data fra 1976-78 kan tyde på at veksten er bedre i de siste åra enn den var på 1970-tallet. Gjennomsnittlig årlig vekst i 2011-13 var 37,3 mm, i 1976-78 26,3 mm. Vurdert ut fra den største fisken fanget i elvene (**figur 19**) og størrelsen på auren fanget i Osensjøen (**figur 20**), ser det ut til at auren vandrer ut fra elvene ved 13–15 cm lengde.



**Figur 20** Lengde mot alder for aure i aldersgruppene 2-8 fanget i garn og med elfiskebåt i Osensjøen i august 2013, og med garn i 1976-78 (upubliserte data, og Sandlund & Næsje 1983). N er antall fisk.

Gjennomsnittlig lengde ved alder (**figur 21**) hos aure kan tyde på at veksten hos auren i 2011-13 er dårlig hos de yngste individene i innsjøen, men at den tar seg noe opp når fisken har nådd en lengde på ca. 25 cm. I 1976-78 synes veksten å ha vært noe jevnere. Det er imidlertid viktig å huske at materialet fra de siste årene er lite, slik at de beregnede gjennomsnittsverdiene er usikre.

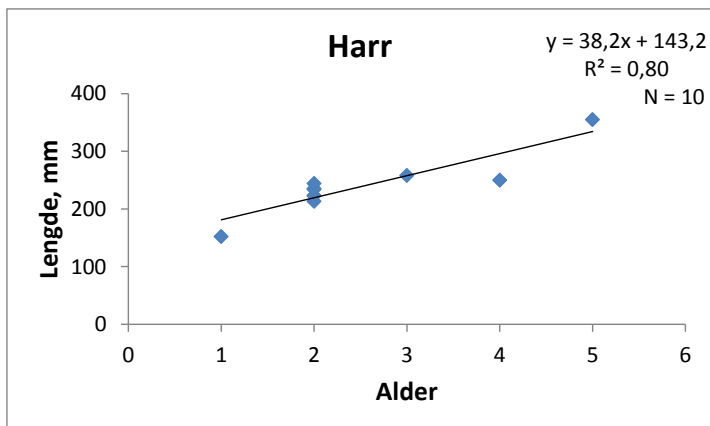


**Figur 21** Gjennomsnittlig lengde ved alder hos aure fanget i Osensjøen i 1976-78 (N=64) og 2011-13 (N=21).

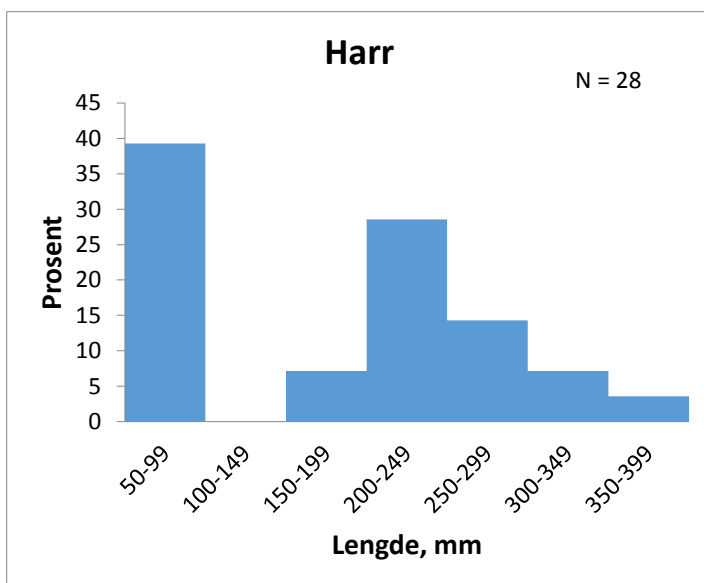
#### 4.5.2 Harr

Det ble fanget et lite antall harr ved garnfisket i august 2013. Veksten hos harr i Osensjøen var moderat, ca. 38 mm per år (**figur 22**). Lengdefordelingen i materialet av harr fanget med elfiskebåt viste at fisk med lengde mellom 50 og 99 mm (gjennomsnitt 73 mm, trolig årsyngel) og lengdegruppa 20-25 cm dominerte i bestanden (**figur 23**).





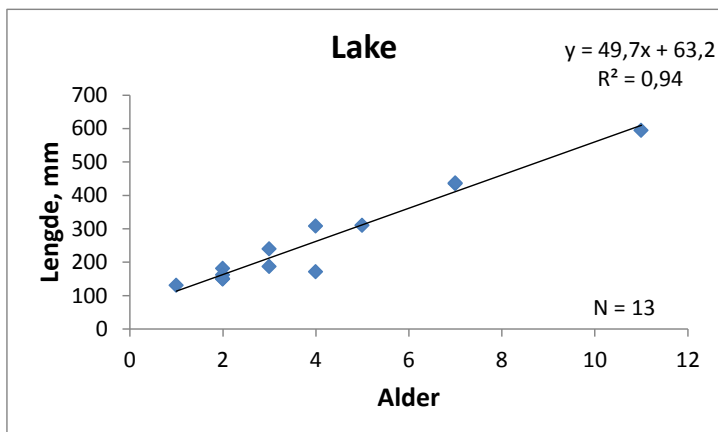
**Figur 22** Lengde mot alder for harr i aldersgruppene 1-5 fanget i garn i Osensjøen i august 2013. N er antall fisk.



**Figur 23** Lengdefordeling av harr fanget med elfiskebåt i strandsona i Osensjøen i august 2013. N er antall fisk.

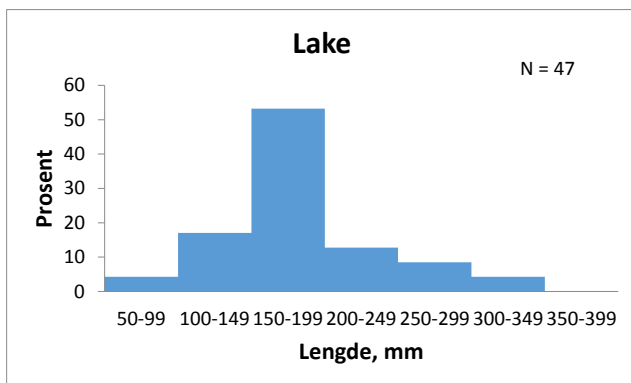
#### 4.5.3 Lake

Analysen av alder i et lite materiale av lake fra Osensjøen viser at veksten er nokså nær rettlinjet og ca. 5 cm i året (**figur 24**). Den største fisken i materialet var 11 år gammel, 59,5 cm lang og veide 1360 g. Fangsten av lake med elfiskebåt i strandsona var dominert av fisk mellom 15 og 20 cm (**figur 25**). Denne lengdefordelingen kan tyde på at laken skifter habitat i løpet av livet, og at de minste individene ikke i særlig grad oppholder seg på grunnere områder enn ca. 2 m, som er elfiskebåtenes største arbeidsdybde.



**Figur 24** Lengde mot alder for lake i aldersgruppene 1-11 fanget med garn i Osensjøen i august 2013. N er antall fisk.

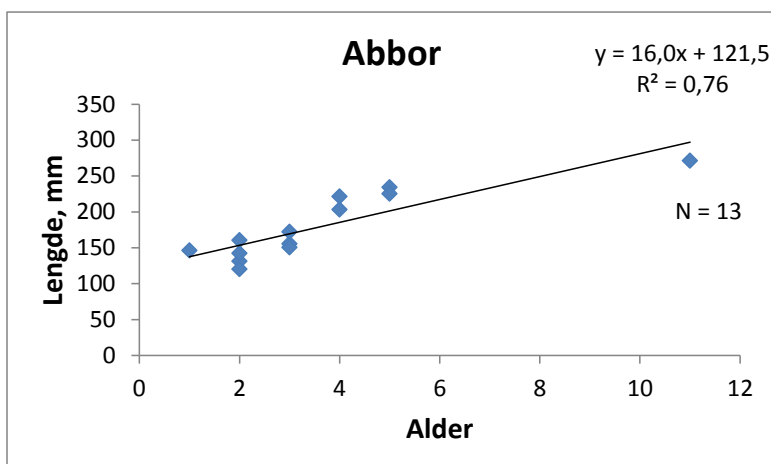




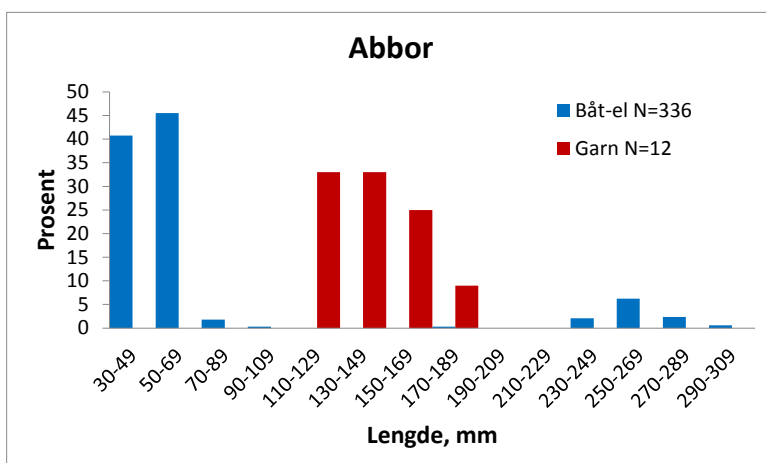
**Figur 25** Lengdefordeling av lake fanget med elfiskebåt i strandsona i Osensjøen i august 2013. N er antall fisk.

#### 4.5.4 Abbor

Analysen av alder i et lite materiale av abbor fanget med garn i Osensjøen viser at veksten er nokså nær rettlinjet, men bare ca. 1,6 cm i året (**figur 26**). Den største fisken i materialet var 11 år gammel, men bare 27,1 cm lang. Abbor var dominerende art i fangstene med elfiskebåt i strandsona (se **tabell 2**), med et stort antall ungfisk på mellom 3 og 7 cm (**figur 27**). Det ble også fanget noen større abbor i båtelfisket (mellom 23 og 31 cm), mens den størrelsen som dominerte i garnfangstene (11-21 cm) var fraværende. Dette tyder på at denne mellomstørrelsen av abbor går litt dypere i strandsona, og dermed ikke fanges ved elfisket.



**Figur 26** Lengde mot alder for abbor i aldersgruppene 1-11 fanget med garn i Osensjøen i august 2013. N er antall fisk.



**Figur 27** Lengdefordeling av abbor fanget med elfiskebåt og garn i strandsona i Osensjøen i august 2013. N er antall fisk. Prosent er regnet ut fra materialet fra hver fangstmetode for seg.

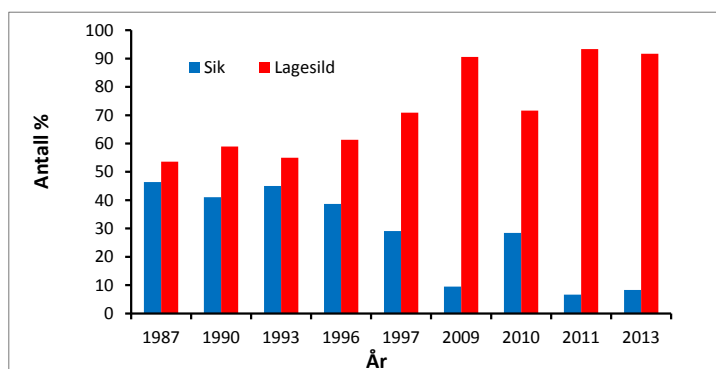


*Flytegarnefangst av sik og lagesild i Osensjøen, august 1976. Foto: O.T. Sandlund.*

## 4.6 Utviklingstrekk i fiskebestanden

### 4.6.1 Endringer i pelagisk fiskebestand – basert på flytegarnefiske og ekkolodd

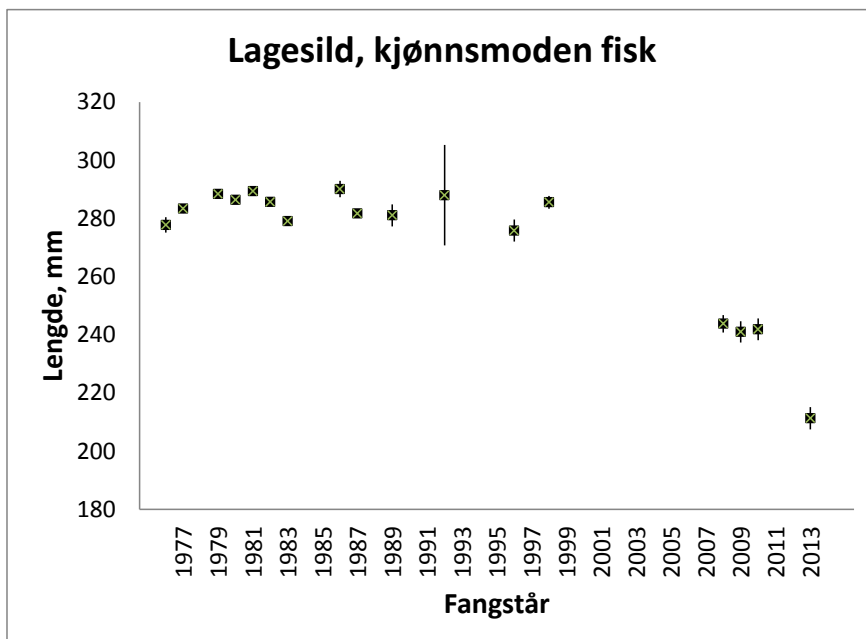
Det har vært en tydelig endring i forholdet mellom antall sik og lagesild i flytegarnefangster i Osensjøen i mai i perioden fra 1987 til 2013 (**figur 28**). I perioden 1987 til 1998 varierte tetthetsestimaterne for stor fisk (> 23 cm) i mai i Osensjøen mellom ca. 10-70 fisk ha<sup>-1</sup>. I perioden 2009-2012 var estimatene høyere, med mellom 60-150 fisk ha<sup>-1</sup> (jf. figur 2 i Linløkken mfl. 2011). Estimaterne på 55,4 og 67,9 stor fisk ha<sup>-1</sup> i henholdsvis mai og august 2013 føyer seg inn i mønsteret av høyere tettheter i de senere år.



**Figur 28** Prosentvis fordeling mellom sik og lagesild i fangstene med flytegarne i Osensjøen i mai, 1987-2013.

### 4.6.2 Utvikling i lagesildbestanden

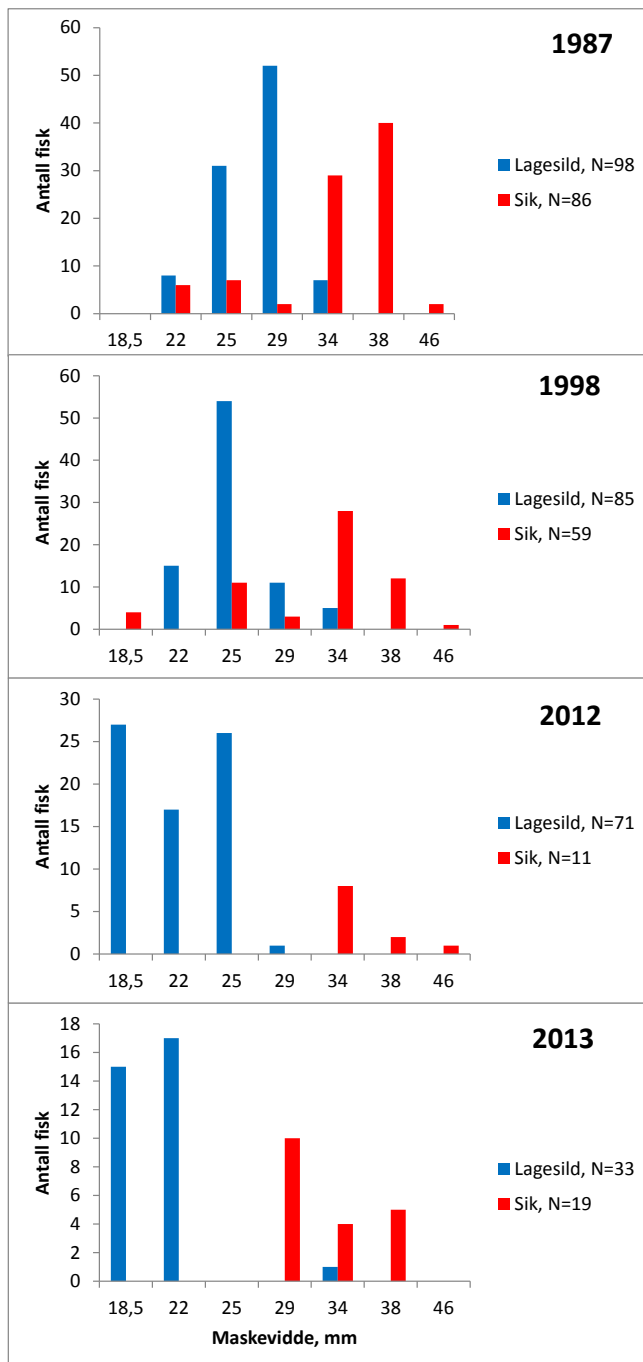
Utviklingen i lagesildbestanden i Osensjøen kan illustreres på flere måter. For de som er interessert i å fiske lagesild er den gytemodne delen av bestanden den viktigste. **Figur 29** viser gjennomsnittslengden til gytemodne fisk i prøvegarnefangstene fra 1976 til 2013. Fra 1976 til 1998 varierte denne nokså lite, mellom 276 og 290 mm, med et gjennomsnitt på 284 mm. Det var ingen signifikant endring i lengdene over denne perioden ( $P > 0,05$ ). I fangstene fra 2009-2010 hadde gjennomsnittslengden til gytemodne lagesild falt til 242 mm, mens den i 2013 hadde gått ytterligere ned til 211 mm. Forskjellene mellom disse lengdene er høyt signifikante (parvise t-tester,  $p < 0,001$ ).



**Figur 29** Gjennomsnittslengde for kjønnsmoden fisk i fangstene av lagesild i Osensjøen, 1976-2013. Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall.

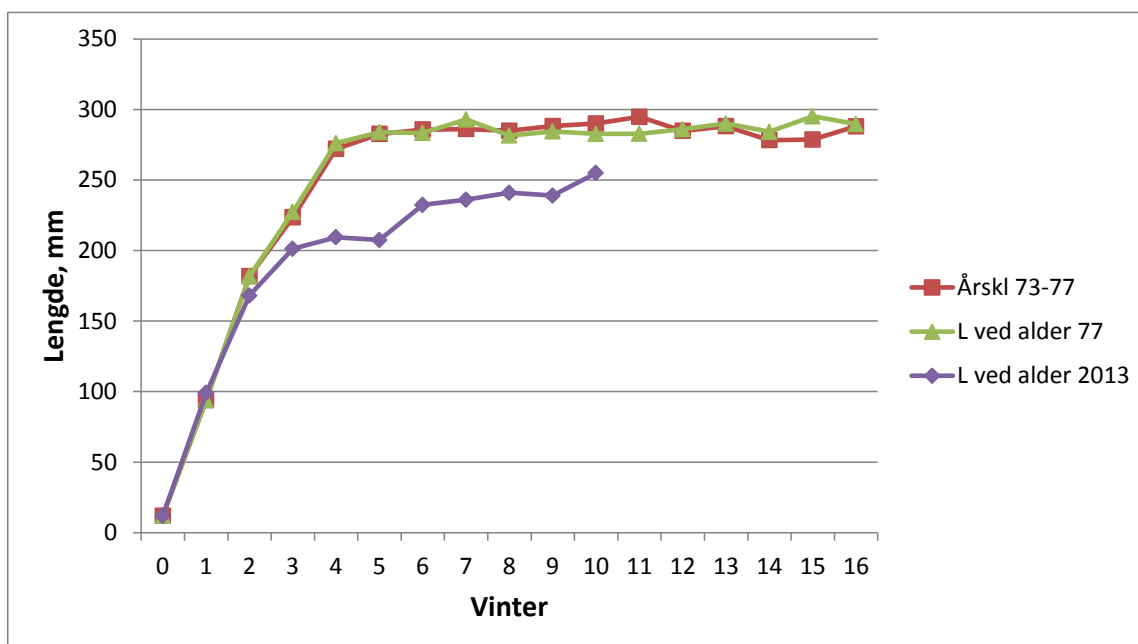
Denne endringen i gytefiskens størrelse hos lagesild har dramatiske effekter på det praktiske fisket. Fra 1987 og framover er det fisket med flytegarn med maskevidder mellom 18,5 (19) og 46 (45) mm (**figur 30**), slik at vi kan bedømme effektiviteten til garn innen dette utvalget. I 1987 var 29 mm maskevidde den mest effektive for å fange gytemoden lagesild i Osensjøen. Allerede i 1998 hadde 25 mm tatt over som den mest effektive maskevidda, men i 2012 var både 18,5 og 22 mm omtrent like effektive som 25 mm. I 2013 var det blant dette utvalget maskevidder bare 18,5 og 22 mm som fanget lagesild. Dette året var det imidlertid størst fangst av gytemoden lagesild i 16,5 mm flytegarn (se **figur 3**). Gjennom hele denne perioden fanget 29-38 (39) mm flytegarn mest sik.

En sammenligning av vekstkurvene for lagesild i 1970-årene og i 2013 reflekterer denne forskjellen i størrelsen hos gytemoden fisk (**figur 31**). I 1970-årene holdt vekstmønsteret seg svært stabilt, med rask vekst opp til fjerde vinter (dvs. i fire vekstsesonger) og en lengde på ca. 275 mm, deretter nesten fullstendig vekststagnasjon, med svært liten økning i lengde selv om mange fisk levde til en alder på 15-16 år eller mer. Den empiriske vekstkurven for materialet fra 2013 viser den store endringen i vekst som har skjedd hos lagesilda i Osensjøen. Lengden etter første vekstsesong er omtrent den samme som i 1977 (henholdsvis ca. 94 og 99 mm, men materialet er for lite til å teste forskjellen statistisk). Allerede andre sommer var veksten litt dårligere i 2013, slik at to-somrig fisk var 168 mm i 2013 mot 182 mm i 1977. Forskjellen øker etter tredje vekstsesong, 201 mot 227 mm. Deretter stagnerte veksten i 2013, i samband med at all fisken ble kjønnsmoden (jf. **tabell 3**). Man kan likevel legge merke til at den empiriske vekstkurven (gjennomsnittlig lengde ved alder) for 2013-materialet har en annen form enn det man så i 1970-årene. Vekstkurven har en knekk fra femte til sjette vinter. Dersom vi antar at lengdene for aldersgruppene 5-10 i materialet fra 2013 i **figur 31** representerer kjønnsmoden størrelse for sine årsklasser viser denne figuren at gytemoden lagesild klekt i 2004 var vel 25 cm, mens fisk klekt i perioden 2005-08 var mellom 23 og 24 cm. Kjønnsmoden fisk klekt i 2009 var derimot bare 207 mm lang. Nedgangen i kjønnsmoden størrelse fra vel 25 til ca. 21 cm har altså skjedd i løpet av seksårsperioden 2004-2009.



**Figur 30** Antall (N) lagesild og sik fanget i flytegarnmaskevidder fra 18.5 til 46 mm i 1987, 1998, 2012 og 2013. I 2013 var det størst fangst i 16,5 mm flytegarn (se **figur 3**), en maskevidde som ikke ble brukt i 1987, 1998 og 2012.

**Tabell 6** viser vekstparametrene fra van Bertalanffys vekstmodell for noen årsklasser (kohorter) av lagesild, der data over flere år gjør det mulig å beregne gjennomsnittslengde for samme årsklasse over flere aldersklasser. Vi ser at vekstkurver beregnet ut fra gjennomsnittslengder for de ulike aldersgruppene i ett års fangster og vekstkurver basert på å følge én årsklasse over flere år gir omtrent samme resultatet. Dette skyldes lagesildas vekstmønster, som er preget av rask vekst opp mot kjønnsmodning etterfulgt av nesten fullstendig vekststagnasjon. Dette gjelder likevel ikke for lagesilda i Osensjøen de siste 10-15 åra, da størrelsen på fisken ved første gyting har endret seg mye.

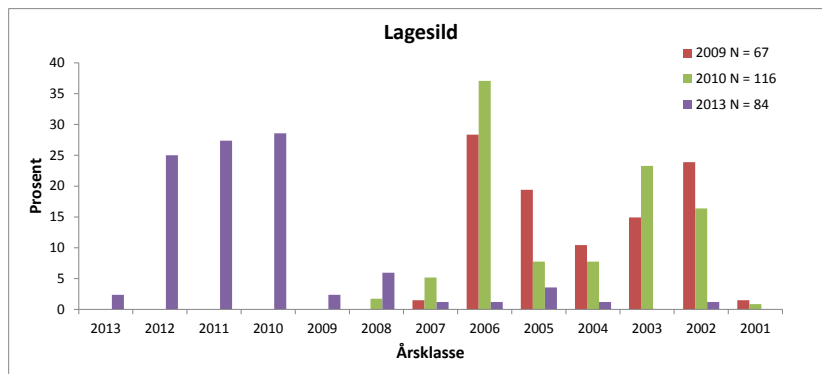


**Figur 31** Vekstkurver for lagesild i Osensjøen. 'Årskl 73-77' viser gjennomsnittlig lengde ved alder for årsklassene 1973-77, basert på garnfangstene i åra 1976-77, 1979-82 og 1987. 'L ved alder 77' og 'L ved alder 2013' viser gjennomsnittlig lengde for aldersgruppene 0-16 i fangstene i 1977, og aldersgruppene 0-10 i fangstene i 2013. For å kunne vise en fullstendig vekstkurve, er størrelsen ved klekking (vinter 0) satt til 12 mm (jf. Næsje mfl. 1986).

**Tabell 6** Maksimallengder ( $L_{\infty}$ ), vekstkoeffisient ( $k$ ) og initiell vekstkoeffisient ( $k \cdot L_{\infty}$ ) for utvalgte årsklasser (kohort) av lagesild beregnet med van Bertalanffys vekstmodell. Beregningen er basert på årsklassenes lengder ved alder, og størrelse ved klekking (alder 0) er satt til 12 mm (jf. Næsje mfl. 1986).

Årsklasse (kohort)	1973	1974	1975	1976	1977	2005	2006
Maksimallengde, mm ( $L_{\infty}$ )	289,9	290	288,8	286,8	290,3	246,1	244,1
± 95 % konfidensintervall	7,1	12,4	13,2	9,6	8,7	41,9	32,5
Vekstkoeffisient ( $k$ )	0,73	0,66	0,66	0,71	0,8	0,91	0,96
± 95 % konfidensintervall	0,21	0,18	0,21	0,13	0,16	1,97	0,01
Initiell vekstkoeffisient ( $k \cdot L_{\infty}$ )	211,6	191,4	190,6	203,6	232,2	224,0	234,3
± 95 % konfidensintervall	1,49	2,23	2,77	1,25	1,39	82,5	0,33

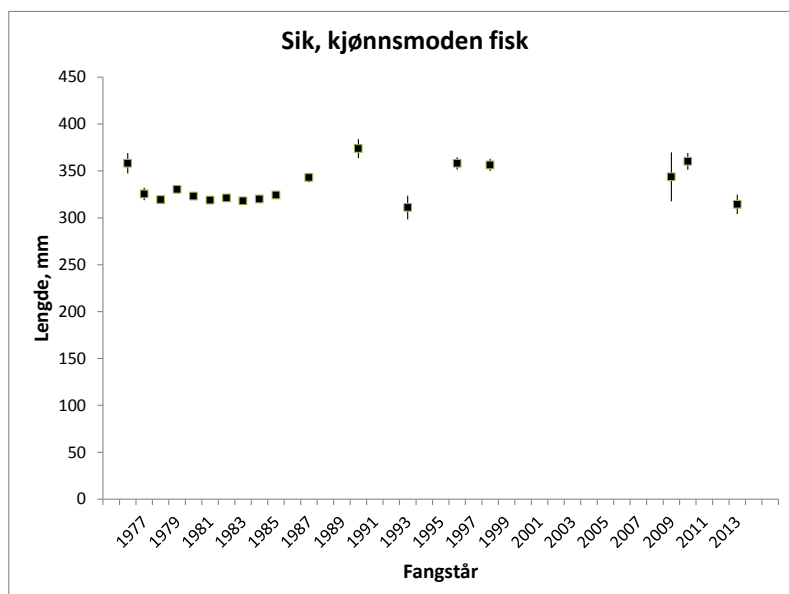
**Figur 32** viser hvordan årsklassene av lagesild mellom 2001 og 2013 er representert i prøvegarnfangstene i 2009, 2010 og 2013. Vi ser at det i 2009 og 2010 var de samme årsklassene som dominerte, dvs. fra 2002 til 2006. Hvis vi tar den årlige dødeligheten i betraktning, vil spesielt årsklassene 2002 og 2003 framstå som særlig sterke. I 2013 var disse årsklassene lite framtre-dende, mens fisk klekt i 2010, 2011 og 2012 dominerte fangsten. Her er det verdt å merke seg at i 2012-årsklassen var det bare umoden fisk, mens 2011-årsklassen var gytemoden og skulle gyte for første gang i oktober 2013 (jf. tabell 3).



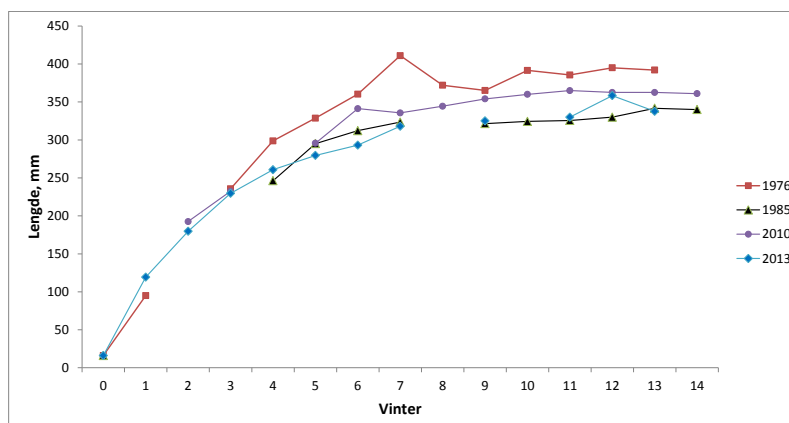
**Figur 32** Fordeling på års-klasser hos lagesild i fangstene i 2009, 2010 og 2013.

#### 4.6.3 Utvikling i sikbestanden

Gjennomsnittslengdene for kjønnsmoden sik har variert mellom 311 og 373 mm fra 1976 til 2013 (**figur 33**), men det var ingen vedvarende tendens til endring slik som hos lagesilda. Gjennomsnittslengden for gytemoden fisk for alle årene var 334 mm. **Figur 34** viser at veksten hos sik gjennom de tre første vekstsesongene (fram til tredje vinter) har vært relativt stabil, mens veksten hos eldre fisk ser ut til å ha variert mer. Det er imidlertid ingen tendens gjennom perioden. Mens årsklassene fra 1973 og tidligere (fra fjerde vinter og eldre i 1976) hadde hatt god vekst, var lengdene hos så gammel fisk fanget i både 1985 og 2013 gjennomgående mindre (mellom 34 og 93 mm). Beregnet maksimallengde for sik i fangstene viser en tilsvarende variasjon fra år til år (**tabell 7**).



**Figur 33** Gjennomsnittslengde for kjønnsmoden sik i fangstene i Osensjøen, 1976-2013. Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall.



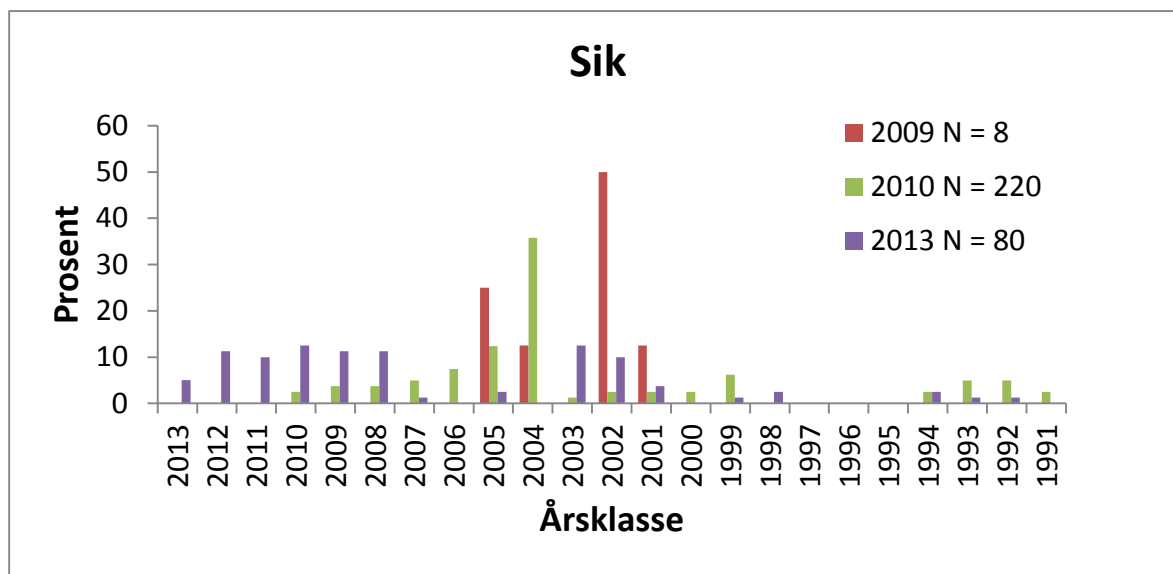
**Figur 34** Vekst hos sik basert på lengde for hver aldersgruppe fanget i Osensjøen i 1976, 1985, 2010 og 2013. Lengde ved klekketidspunkt (vinter 0) er satt til 16 mm (jf. Næsje mfl. 1986).



**Tabell 7** Maksimallengder ( $L_{\infty}$ ), vekstkoeffisient ( $k$ ) og initiell vekstkoeffisient ( $k \cdot L_{\infty}$ ) for sik beregnet med van Bertalanffys vekstmodell for sikfangstene fra utvalgte år mellom 1976 og 2013. Beregningen er basert på aldersgruppenes lengde ved alder, og størrelse ved klekking (alder 0) er satt til 16 mm (jf. Næsje mfl. 1986).

År	1976	1977	1985	1996	2010	2013
Maksimallengde, mm ( $L_{\infty}$ )	397,8	423,7	344,8	368,1	371,1	353,5
± 95 % konfidensintervall	16,5	29,1	15,4	9,9	14,9	25,5
Vekstkoeffisient ( $k$ )	0,41	0,27	0,39	0,53	0,41	0,41
± 95 % konfidensintervall	0,08	0,06	0,09	0,09	0,08	0,12
Initiell vekstkoeffisient ( $k \cdot L_{\infty}$ )	163,1	114,4	134,5	195,1	152,2	144,9
± 95 % konfidensintervall	1,3	1,7	1,4	0,9	1,2	3,1

Fangstene i 2009, 2010 og 2013 indikerte kraftig variasjon i årsklassestyrke hos siken i Osen-sjøen (**figur 35**). Både i 2010 og 2013 var årsklassene 1992-94 (dvs. 16-21 år gammel fisk) representert i fangstene. Årsklassene 2001-05 synes også å ha vært relativt tallrike. I fangstene fra 2013 var årsklassene 2008-2012 relativt likt representert. Dersom vi tar naturlig dødelighet med i beregningen, betyr dette at 2008-årsklassen var den mest tallrike av disse.



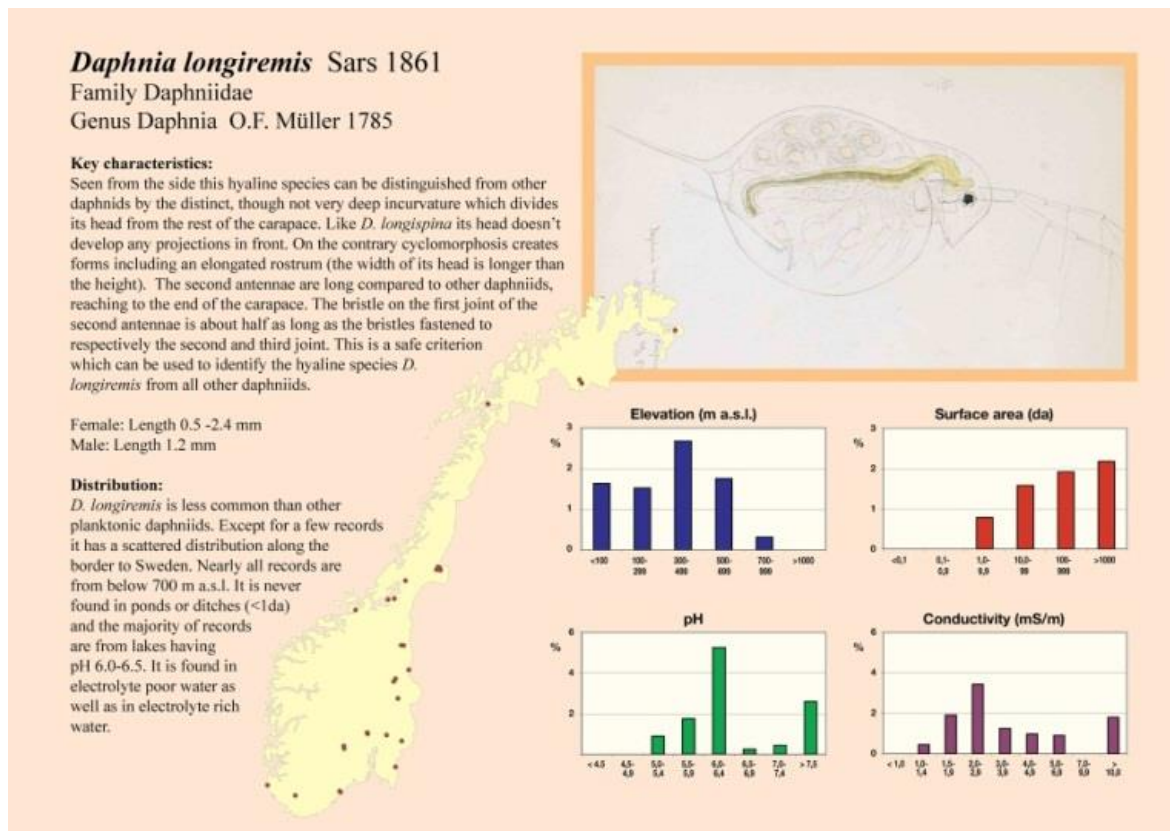
**Figur 35** Fordeling på årsklasser hos sik i fangstene i 2009, 2010 og 2013.

## 4.7 Dyreplankton

Planktonsamfunnet i Osensjøen kan karakteriseres som middels rikt eller rikt, med ni arter vannlopper og tre arter hoppekreps (**tabell 8**). I tillegg ble en planktonisk form, *Diaphanosoma brachyurum*, påvist i en prøve fra strandsona. Dersom vi sammenligner med hva som tidligere er registrert i NINAs planktondatabase (data fra Lien mfl. 1981), manglet *Limnospira frontosa* i 2013. Dette er en art som i de siste 100 år har ekspandert vestover og som vi hadde forventet å finne siden den er registrert tidligere. I tillegg er *D. brachyurum* påvist i planktonet tidligere i motsetning til hva som var tilfelle i 2013. Slekten *Daphnia* var representert med hele fire arter; *Daphnia cristata*, *D. galeata*, *D. longispina* og *D. longiremis*. Det er kun 11 innsjøer i Norge der det er funnet like mange *Daphnia*-arter, og aldri er det registrert flere. I to vann, Hoklingen (Reinertsen & Langeland 1981) og Søylandsvatn (Huitfeldt Kaas 1906), er det registrert samme

kombinasjon av *Daphnia*-arter som i Osensjøen. Sammenlignet med tidligere registreringer (Lien mfl. 1981), er *D. longiremis* ny art i 2013, da den var vanlig sammen med *D. cristata*. Trolig er imidlertid *D. longiremis* oversett tidligere, da den er typisk for de østlige deler av Norge (se faktaboks for denne arten nedenfor). Interessant er det at *Bosmina longirostris* ble påvist både i én av plankton- og i én av littoralprøvene. Denne arten kan forveksles med slektningen *B. longispina*, men er mindre og vanlig i innsjøer med sterk fiskepredasjon. De store predatorer *Lepidodora kindtii* og *Bythotrephes longimanus* forekom fåtallig. Det ble kun funnet ett individ av sistnevnte art i august.

*Faktaboks om vannloppearten Daphnia longiremis i Norge.*



Hoppekreps-samfunnet var i overenstemmelse med det som ble rapportert av Lien mfl. (1981), dvs. det bestod av de to calanoide hoppekrepsene *Arctodiaptomus laticeps* og *Heterocope appendiculata* samt den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer*. Sistnevnte er vår vanligste planktoniske hoppekreps og dominerte i prøvene fra Osensjøen.

De littorale prøvene var svært artsfattige og arts sammensetningen (blant annet funnet av *Rhyncotalona falcata*) indikerer at prøvene er tatt på en eksponert plass med lite vegetasjon. Det var total dominans av vår vanligste art, *Bosmina longispina*, i både juli og august. Totalt ble det registrert 22 arter i Osensjøen, 16 arter vannlopper og seks arter hoppekreps. De fleste artene var planktoniske. Dette er uvanlig da forholdet planktoniske / littorale krepsdyr pleier å være tilnærmet 1/3.



**Tabell 8** Dyreplankton registrert i de frie vannmassene (plankton) og i strandsona (littoral) i Osensjøen i 2013. Prosentvis fordeling av arter i hver prøve. + betyr forekomst i et lite antall.

Lokalitet prøve Dato	Osensjøen plankton 20.05.2013	Osensjøen plankton 04.07.2013	Osensjøen plankton 04.07.2013	Osensjøen plankton 13.08.2013	Osensjøen littoral 04.07.2013	Osensjøen littoral 13.08.2013
<b>Rotatoria</b>						
Kellicottia longispina (Kellicott)		70,3	80,0	9,1		
Conochilus unicornis/Rousselet/ hippocrepes (Schränk)	100,0	29,7	20,0			
Polyarthra dolichoptera (Idelson)				90,9		
Tot ant ind	1	3700	500	3300		
<b>Cladocera</b>						
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)T						+
Sida crystallina (O.F.M.)					0,7	+
Holopedium gibberum Zaddach		1,6	0,5	0,7	0,4	+
Daphnia cristata Sars	+	6,1	3,3	13,4	+	
Daphnia galeata Sars		0,4		+		
Daphnia longiremis Sars	+	4,1	1,6	+	+	0,5
Daphnia longispina (O.F.M.)		+	+			
Bosmina longirostris (O.F.M.)		0,4				+
Bosmina longispina Leydig	2,5	30,1	40,4	19,0	96,0	99,1
Ophryoxus gracilis Sars						+
Acroperus harpae (Baird)					+	
Alonopsis elongata Sars					+	
Rhynchotalona falcata Sars					0,7	
Polyphemus pediculus (Leuck.)					1,5	0,0
Bythotrephes longimanus Leydig				+		
Leptodora kindti Focke		+				
<b>Copepoda</b>						
Arctodiaptomus laticeps (Sars)		0,8	1,6	+		
Heterocope appendiculata Sars		0,8	+	2,9	+	+
cal naup	2,1					
Eucyclops macrurus (Sars)					+	
Eucyclops serrulatus (Fisch.)					+	
Cyclops scutifer Sars	17,2	48,4	49,7	13,4	+	0,5
Megacyclops gigas (Claus)					+	
Nauplier	78,2	7,3	2,7	50,5	0,7	
Naup. stor	0,0					
Stor Cyclops cop IV				+		
Tot ant ind	2853	24602	18302	15255	27509	43707
Trekklengde	20	20	20	20	15	15
Ant ind pr m <sup>3</sup>	2018	17406	12949	10793	25950	41230

## 5 Diskusjon

### 5.1 Fiskesamfunnet

Artsfordelingen i garnfangstene fra Osensjøen i 2013 har ikke endret seg mye over perioden fra de tidligste undersøkelsene i 1976 og fram til i dag (Sandlund 1979, Linløkken & Sandlund 2003). I bunngarnfangstene fra august 2013 var sik dominerende art, og lagesild, mort og abbor var godt representert, mens lake og gjedde var fåtallige. Verken ørekyt, aure eller harr ble fanget i dette begrensede bunngarnfisket, men disse artene var godt representert i fangstene med andre redskapstyper. Ved bunngarnfisket i 2013 ble det bare fisket på to stasjoner, ved Sørlistøa og i sørenden av sjøen, noe som også kan påvirke hvilke arter som ble fanget. Prøvefiske med bunn-garn på mange stasjoner rundt sjøen i august 1976, viste at fangstene av de ulike fiskeartene varierte fra sted til sted (Sandlund 1979). Det er verdt å merke seg at el-fiskebåten fanger effektivt de artene som er knyttet til strandsona, men at rekkevidden er begrenset til et dyp på ca. 2 m. Denne metoden er imidlertid svært nyttig og kostnadseffektiv når artsforekomst i strandsona skal kartlegges (Museth mfl. 2013).

### 5.2 Næringsforhold mellom artene

Næringsforholdet mellom artene ble kartlagt ved hjelp av stabil isotopanalyse (SIA) av karbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) og nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ). Karbonanalysene viser i hvilket habitat de plantene som danner grunnlaget for fiskens næring er produsert, mens nitrogenanalysene viser individenes trofiske nivå; om de er plantespisere (gjelder ingen av fiskeartene i Osensjøen, men derimot mange av næringsdyra til fisken), om de er sekundærkonsumenter, eller befinner seg høyere opp i næringskjeden.

Karbonanalysene viste at lagesilda hovedsakelig (85 %) hadde muskelmasse som var basert på zooplankton der karbonet var fiksert av planteplankton i de fri vannmasser, mens en mindre andel (ca. 15 %) kom fra terrestrisk karbon, antagelig som følge av at lagesilda hadde spist overflateinsekter tidlig på sesongen. Variasjonen i trofisk posisjon blant de analyserte individene av lagesild, som vises ved resultatene av nitrogenanalysene, var nær 1,5 ‰. Dette er relativt høyt for en zooplanktonspesialist, og skyldes antagelig et ulikt innslag i dietten hos ulike lagesildindivider av zooplankton-rovformen *B. longimanus* i forhold til *Daphnia* og *Bosmina*, som begge er plantespisere. *B. longimanus* er så bevegelig at den i svært liten grad fanges i planktonhåv, men den spises i betydelig grad av planktonspisende fisk. Hoppekreps (*Cyclops*) er omnivor, denne var tallrik i planktonprøvene, og innslag av denne i dietten vil også bidra til økning i nitrogensignaturen. I tillegg kan lagesild spise små fisk (Liso mfl. 2011), og det kan tenkes at lagesild beiter nyklekt årsyngel før den blir for stor. Dette vil også bidra til å heve nitrogenverdiene.

Sikens karbonsignaturer indikerte generelt en langt mindre andel karbon fiksert av planktonalger og en større dominans av karbon fiksert av landplanter og påvekststalger i strandsona. Trofisk posisjon hos sik varierte også over et helt trofisk nivå (3,5 ‰), noe som viser at enkelte individer hadde et stort innslag av sekundærkonsumenter i dietten (rovformer av insektlarver og zooplankton). Hvis vi sammenligner karbonsignaturen hos sik fanget i flytegarn med sik fanget i bunngarn, og med lagesilda, ser vi at flytegarnfanget sik befinner seg i en mellomstilling, og er tydelig forskjellig fra sik fanget i bunngarn. Dette tyder på at de individene av sik som ble fanget i de fri vannmassene hadde oppholdt seg der over tid, mens den fisken som ble fanget i bunngarn tilsvarende hadde oppholdt seg i de bunnære områdene.

Lakens diett inneholdt både næring fra strandnære områder ( $\delta^{13}\text{C} \approx -26$  ‰) og fra områder der planktonisk fiksert karbon dominerer ( $\delta^{13}\text{C} \approx -30$  ‰). Lake spiser ikke dyreplankton, men derimot bunndyr i dypområdene, som igjen lever av materiale som synker ned på bunnen fra vannmassene. Det var påfallende at lake, som ofte er fiskespiser, ikke hadde høyere trofisk posisjon målt ved nitrogenisotoper enn enkelte individer av sik. Det kan skyldes at laken i det analyserte materialet var småfallen.

Karbonanalysene av abbor antydte at denne arten hadde en svært variert diett, fra strandnære dyr som lever av påvekststalger til zooplankton i de frie vannmassene. Harren hadde derimot et

strandnært levesett, trolig basert på muslinger, snegl og andre strandnære dyr, og også overflateinsekter. Dette bekrefter det man vet om disse artenes næringsøkologi og habitatbruk. Ut fra isotopanalysene ser det ut til at den småfale auren i vårt materiale ikke hadde spist fisk. Mageanalyser av aure fanget i 1976-78 viste at ca. 30 % hadde fiskerester i magene (Sandlund & Næsje 1983). Dette vil ikke gi tydelig utslag i nitrogensignaturen før fisk blir viktig eller dominerende bytte. Det fanges også enkelte større aurer som trolig i hovedsak spiser fisk i Osensjøen, men vi hadde ikke tilgang på prøver til isotopanalyse av slik fisk.

### 5.3 Utviklingen i sik- og lagesildbestandene

Utviklingen i bestandene av de to dominerende fiskeartene i Osensjøen har vært svært forskjellig i løpet av perioden fra slutten av 1990-tallet og fram til i dag. For sikens vedkommende har endringene i vekstmønster og alder og størrelse ved kjønnsmodning vært små over hele perioden fra 1976 til 2013. Til tross for at siken gjennom hele perioden har produsert årsklasser med svært variabel styrke målt i antall fisk som når gytemoden alder, har gjennomsnittlig vekst og størrelse ved kjønnsmodning variert relativt lite. Dette er i samsvar med at gjennomsnittlig alder ved kjønnsmodning har endret seg lite hos siken. På 1970-tallet var noen få hanner og ingen hunner kjønnsmodne i aldersgruppe 3, og et flertall var modne i aldersgruppe 5 (Sandlund 1979). I vårt materiale fra 2013 var noen få hannfisk kjønnsmodne i aldersgruppe 3, mens all fisk var kjønnsmoden i aldersgruppe 5.

For lagesildas del er forholdet helt annerledes. Fram til slutten av 1990-tallet var deres vekst og størrelse og alder ved kjønnsmodning svært stabil til tross for variabel årsklassestyrke (Sandlund 1979, Sandlund mfl. 1991). Lagesilda i Osensjøen var i den perioden også en av de mest storvokste bestandene som er dokumentert i Skandinavia (Sandlund 1992, Sandlund & Næsje 2000). Omkring år 2000 begynte dette å endre seg. Dessverre har vi ikke materiale fra Osensjøen i åra 1999-2008, så vi kan ikke i detalj beskrive situasjonen da endringene tok til. Imidlertid gir materialet fra 1998, 2009, 2010 og 2013 grunnlag for å si at over en periode på mindre enn 14 år har gjennomsnittlig lengde for gytemoden lagesild gått ned fra 285 mm til 211 mm. Dette tilsvarer en reduksjon i vekt fra 187 til 71 g. Endringen i kjønnsmoden størrelse skyldes hovedsakelig at fisken blir kjønnsmoden ett år tidligere enn før. I 2013 var all lagesild gytemoden i aldersgruppe 2, dvs. den tredje høsten. I materialet fra 1970-tallet var bare noen få fisk kjønnsmodne i denne aldersgruppen, mens all fisk var gytemoden først i aldersgruppe 4, dvs. den femte høsten (Sandlund 1992).

Samtidig med denne endringen i bestandskarakterer hos lagesilda, har den antallsmessige balansen mellom sik og lagesild i Osensjøen endret seg dramatisk siden omkring tusenårsskiftet. Flytegarnefangstene i mai viser dette svært tydelig. Sik utgjorde ca. 50 % fram til midt på 1900-tallet (Linløkken & Sandlund 2003), mens det i 2013 ble fanget 92 % lagesild og 8 % sik. Nå viser analysene fra ekkoloddkjøringene at sikandelen i mai er høyere enn dette, men likevel må vi anta at den nedadgående trenden i andel sik i maifangstene viser en reell endring i balansen mellom artene. Samtidig var tettheten av fisk i de fri vannmasser høyere i 2009-11 enn på 1980- og 90-tallet (Linløkken mfl. 2011). Dette viser at lagesildbestanden har økt betydelig, mens sikbestanden sannsynligvis er relativt uendret. Sagt med andre ord: rekrutteringen til lagesildbestanden har økt betydelig, mens rekrutteringen til sikbestanden har holdt seg på omtrent samme nivå. Eventuelt kan det se ut til at sikbestanden har produsert flere relativt svake årsklasser på 1980- og 90-tallet (jf. **figur 36**). Rekrutteringen til både sik- og lagesildbestandene reguleres i stor grad gjennom fiskens overlevelse under klekking og gjennom første sommer. Hos lagesild er det vist at god overlevelse hos ungfisk fører til dårligere vekst og tidligere kjønnsmodning (Sandlund mfl. 2013a). Denne sammenhengen er ikke så tydelig hos sik.

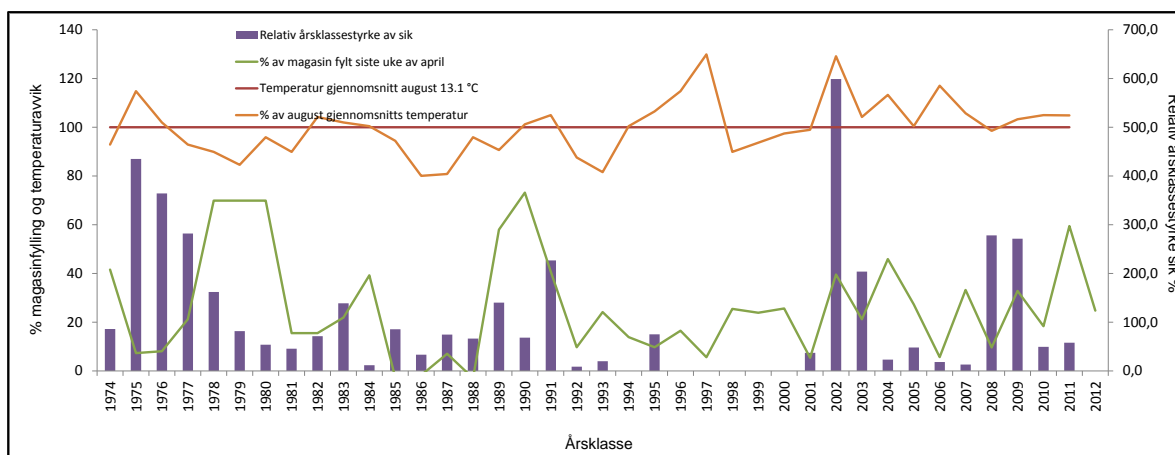
Både mageanalyser (Sandlund 1979, Linløkken & Sandlund 2003, Linløkken mfl. 2011) og analyse av stabile isotoper, viser at sik og lagesild i Osensjøen er næringskonkurrenter, særlig ved at de begge spiser krepsdyrplankton. Andre undersøkelser har vist at lagesilda er overlegen sik som planktonspiser (Sandlund mfl. 2013a).

Det vi har observert i Osensjøen i perioden fra ca. 1999 til 2013 er en forrykket balanse mellom to arter. Situasjonen var tidligere trolig at sikbestanden var tilstrekkelig stor, relativt til lagesildbestanden, til å holde rekrutteringen til lagesildbestanden nede. Resultatet var en storvokst og

sent kjønnsmoden bestand av lagesild. Dagens situasjon kan være en ny balanse, der lagesilda modner ung og har en høy bestandstetthet som holder dyreplanktonressursene nede og hindrer videre vekst etter kjønnsmodning. Dette fører til en småvekst og tidlig kjønnsmoden lagesild, en situasjon som det kan være vanskelig å komme ut av og som derfor antakelig vil vedvare.

I innsjøen Vaggatem i Pasvikvassdraget ble det påvist at invasjonen av lagesild på slutten av 1980-tallet førte til at den pelagiske og planktonspisende sikformen i innsjøen gikk sterkt tilbake (Amundsen mfl. 1999, Sandlund mfl. 2013a). Samtidig ble lagesilda svært tallrik og gikk kraftig ned i gytemoden størrelse (Bøhn mfl. 2004) og alder (Amundsen mfl. 2012). Denne prosessen skjedde i løpet av noen få år, og er et eksempel på at lagesild kan dominere over sik slik at sikbestanden går tilbake. I Osensjøen har sik og lagesild sameksistert i et tilsynelatende stabilt forhold i alle fall fra 1976 fram til omkring år 2000. Forholdene i perioden fra begge artene ble introdusert i innsjøen på 1890-tallet og fram til 1976 er ikke dokumentert. Men i forbindelse med undersøkelsene på 1970-tallet fikk vi ingen informasjon som kunne tyde på at denne balansen hadde gjennomgått slike endringer tidligere. Lokale fiskeres tradisjonelle bruk av 29 (og 31) mm garn i lagesildfisket kan tyde på at lagesilda i Osensjøen har vært storvekst siden bestanden bygde seg opp tidlig på 1900-tallet.

Det er mange faktorer som kan ligge bak en slik endring i forholdet mellom ulike fiskebestander. Spesielt vil endringer som påvirker overlevelsen hos rogn og yngel ha stor betydning. Rogna påvirkes blant annet av temperatur- og oksygenforhold i vannet, mens yngelen er avhengig av å finne godt med mat etter klekking, noe som også påvirkes av vanntemperaturen. I Osensjøen gyter artene på ulike dyp: mens siken for det meste gyter grunnere enn 10 m, gyter lagesilda på omkring 20 m dyp. Dette innebærer at rogn ligger over vinteren i ulike miljøer, og den nyklekte yngelen møter ulike forhold om våren.



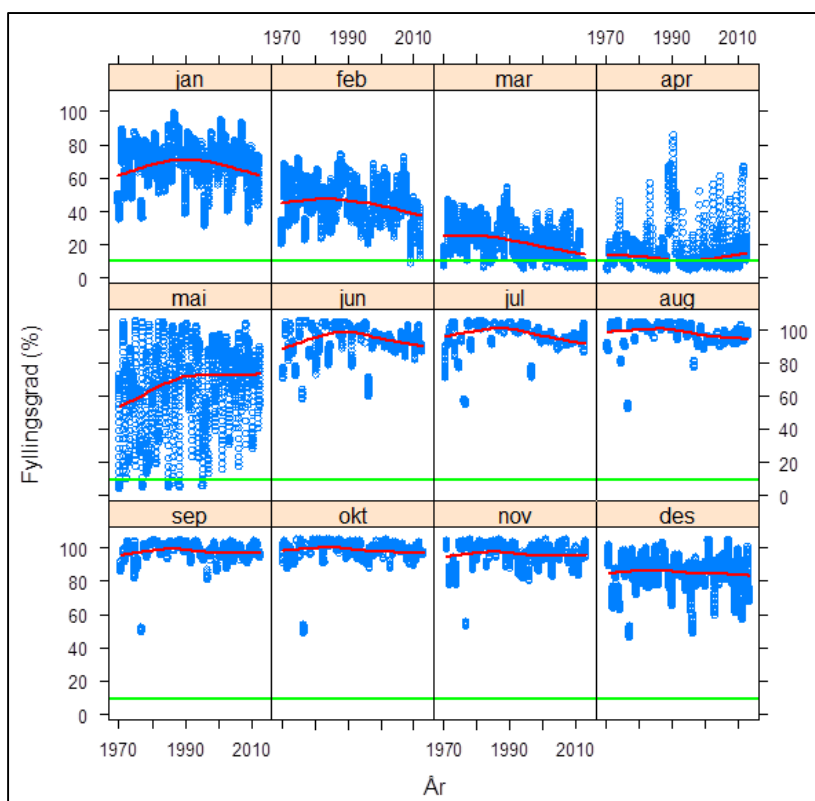
**Figur 36** Relativ årsklassestyrke av sik, prosent magasinfylling i siste uke av april og prosent avvik fra gjennomsnitts lufttemperatur i august for årene 1974–2011. Relativ årsklassestyrke er beregnet ut fra alderssammensetning i fangstene og en antatt øyeblikkelig dødelighet  $M_{p\bar{0},17}$  for voksne individ. På grunn av manglende data er sikens årsklassestyrke ikke beregnet for årene 1996–2000. Lufttemperatur er fra met.no for stasjon Haugedalen. Data for magasinfylling fra GLB.

En miljøfaktor som ventelig virker likt på de to artene er vanntemperaturen om sommeren. Günstige temperaturer gir høy produksjon av de næringsdyra som begge artene er avhengige av. Vi har ikke vanntemperaturdata over tid for Osensjøen, men temperaturen i overflatelagene i innsjøen vil i stor grad følge lufttemperaturen. Vi kan beregne en relativ årsklassestyrke for sik, da vi antar at dødeligheten hos voksne individ har holdt seg relativt konstant over tid. Hos lagesilda viser reduksjonen i antall årsklasser i hvert års fangster at dødeligheten hos voksen fisk har økt betydelig fra 1980-tallet fram til i dag (Linløkken mfl. 2011). Det er derfor vanskelig å beregne relativ årsklassestyrke. For sik gjaldt det at for hele serien fra 1974 til 2011 (unntatt årsklassene 1996–2000, der vi mangler data, jf. figur 36) viste en svak positiv sammenheng ( $R^2 = 0,21$ ,  $P =$

0,007) mellom relativ årsklassestyrke og lufttemperatur i august. I tiden før oppstart av Osa kraftverk (dvs. årsklassene 1974 – 1981) forklarte lufttemperaturen i juli-august 58 % av variasjonen ( $R^2 = 0,58$ ,  $P = 0,03$ ). For perioden etter dette var sammenhengen svakere (Linløkken mfl. i arbeid), og det ser ut til at vannstanden i sjøen om våren har betydning.

Ettersom siken gyter på grunt vann, er det rimelig å tenke seg at vannstandsvariasjonen som følge av reguleringa av innsjøen vil ha større innvirkning på sik enn på lagesild. Spesielt kan en tenke seg at lav vannstand nær opptil og under klekking kan skape dårlige forhold for rogn og nyklekt yngel. Etter at rognen er klekt og yngelen kan svømme, vil trolig de fysiske forholdene på gyteplassene ha mindre betydning.

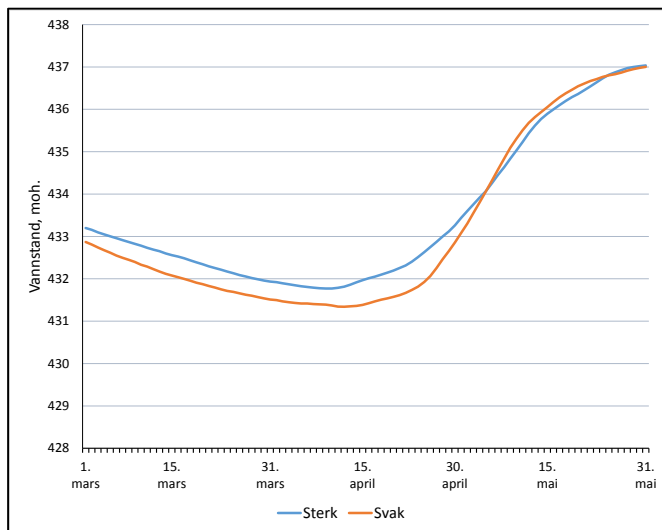
I 1981 ble Osa kraftverk satt i drift. Dette innebar ingen plutselige endringer i vannstandsvariasjonen i innsjøen. Imidlertid ble uttaket av vann fra innsjøen flyttet fra Valmen til Gorvika der tunellinntaket til Osa kraftverk er plassert. Dette har trolig ført til endrete strømningsforhold i overflatelagene i den nordlige delen av innsjøen, men det er vanskelig å se hvordan dette eventuelt kan ha påvirket fiskebestandene. Gorvika ble ved undersøkelsene i 1970-åra beskrevet som et viktig gyteområde for sik (Sandlund 1979). Det er derfor rimelig å tro at kraftverksinntaket og de endrete strømningsforholdene i dette området har hatt en negativ effekt på rekrutteringen til den delen av Osensjøens sikbestand som gyter her. En analyse av gjennomsnittlig vannstand per måned i perioden fra 1970 til 2010, viser en tydelig nedgang i månedene februar og mars, mens april og mai er preget av svært stor variasjon i vannstand fra år til år (**figur 37**). Dette medfører at laveste vannstand blir nådd tidligere på året. Det er rimelig å tro at dette kan påvirke miljøet på sikens gyteplasser.



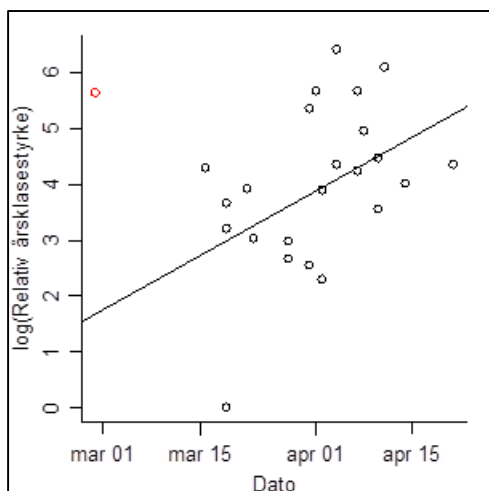
**Figur 37** Utviklingen i magasinfylingsgrad (dvs. vannstand) i Osensjøen for den enkelte måned i perioden 1970-2010. Fyllingsgrad 0 tilsvarer LRV og fyllingsgrad 100 tilsvarer HRV. Rød linje er trendlinja for hver måned, mens grønn linje viser 10 % magasinfyling (målt som vannstand).

På grunnlag av de beregnede relative årsklassestyrkene hos sik som er vist i **figur 36**, kan vi definere noen årsklasser av sik som sterke (relativ verdi >100), og noen som svake (relativ verdi <35). En sammenligning av gjennomsnittlig vannstand i Osensjøen fra 1. mars til 31. mai for de årene da det oppstod sterke eller svake årsklasser, viser at vannstanden har vært lavere i år med svake årsklasser (**figur 38**). Dette kan tyde på at det er en positiv sammenheng mellom vannstanden i mars og april og rekrutteringen til sikbestanden. Ser vi sikens relative årsklassestyrke i sammenheng med når på våren i klekkingsåret at vannstanden ble mindre enn 10 % av fyllingsgraden, ser vi at årsklassestyrken blir bedre jo senere på våren den laveste vannstanden

nås (**figur 39**). Tolkningen av dette er trolig at hvis laveste vannstand nås seint har sikrognå nådd å bli klekt, og yngelen kan svømme unna eventuell tørrlegging, isgang og bølgeslagserosjon i berørte områder.



**Figur 38** Gjennomsnittlig vannstand i Osensjøen i perioden 1. mars – 31. mai i år som ga opphav til henholdsvis sterke og svært svake årsklasser hos sik. Sterke årsklasser: 1975-78, 1983, 1989, 1991, 2002-03, 2008-09. Svært svake årsklasser: 1984, 1986, 1992-94, 2004, 2006-07 (jf. **figur 33**).



**Figur 39** Relativ årsklassestyrke hos sik i forhold til tida på våren når vannstanden når under 10 % av reguleringshøyden. Sammenhengen er signifikant (lineær regresjon,  $P=0,030$ ,  $R^2=0,17$ , svart regresjonslinje i figuren) når det ene uteliggende punktet (rødt) ekskluderes (residualdiagnostikk, uteliggende punkt blir forkastet på objektive kriterier, dvs. Cook's distance  $>0,5$ ).

Hvis reguleringen fra 1981 har hatt negativ virkning på rekruttering av sik, kan effekten ha virket ulikt på ulike gyteplasser. Vind og bølgeslag i den isfrie perioden gir erosjon fra reguleringssona og sedimentering av fint materiale på bunnen utenfor strandsona. Det er vist for eksempel i USA (Brown *et al.* 1993) og Sveits (Anneville *et al.* 2009) at vind og redusert islagt periode på innsjøer gir redusert rekruttering av sik, og det er forklart ved at økt sedimentering over eggene gir redusert overlevelse. Islagt periode i Osensjøen varierer, og det er tallrike gyteplasser, men den relative betydning av den enkelte gyteplassen i form av bidrag til bestanden er ikke kjent. Sannsynligvis vil vind og bølgeslag virke ulikt på de forskjellige gyteplassene, avhengig av deres eksponering. Den negative effekten av tunellinntaket vil åpenbart være begrenset til Golvika. I løpet av tida etter 1981 er det mulig at noen gyteplasser har fått større betydning, og dermed kompenserer for eventuell redusert produksjon av sikyngel i Golvika.

På bakgrunn av disse kompliserte betraktningene kan forholdene som bidrar til å avgjøre årlig rekruttering (dvs. årsklassestyrke) hos sik oppsummeres som følger. Lav regulert vannstand i mars og tidlig april virker negativt inn. Det virker derimot positivt dersom minste vannstand nås sent (dvs. i april), sannsynligvis fordi rognå da kan ha klekket før den blir tørrlagt eller før den blir påvirket av de fysiske påkjenningene i forbindelse med isgang. Når yngelen er fritt svømmende bidrar en varm sommer til større overlevelse det første året.

I Osensjøen har det vært flere relativt sterke årsklasser av sik etter 2000, og lokale fiskere melder om gode bunngarnfangster (Stein Erik Pettersen, pers. medd.). Våre relativt små flytegarfnangster av sik kan dermed også reflektere endret habitatvalg og større skille i habitatbruk mellom sik og lagesild. Eventuelle langsiktige virkninger av den nye reguleringen i 1981 på rekrutteringen til sikbestanden kan dermed synes å være kompensert. Sikens evne til langsiktig tilpasning til endrete miljøforhold ble for eksempel demonstrert i Aursunden da den innsjøen ble regulert på 1920-tallet (Johnsen mfl. 2012, Sandlund mfl. 2013b).

## 5.4 Konsekvenser for det praktiske fisket

Endringene i lagesildbestanden har hatt store konsekvenser for det praktiske fisket etter denne arten. Mens den mest effektive maskevidden for fiske etter lagesild i tiden fram til ca. år 2000 var 26-29 mm, er det i dag endret til å gjelde 16-18 mm maskevidde. Selve fisket er også mer arbeidskrevende for hver kilo med fisk som fanges, i og med at lagesildas gjennomsnittsvekt i dag er ca. 70 g, mot ca. 190 g før år 2000. Den reduserte størrelsen på fisken fører også til at behandling og utnyttelse av fangsten må endres. Det er ikke mulig å forutse hvordan utviklingen i denne lagesildbestanden blir i årene framover. Det kan tenkes at størrelsen fortsetter å falle, da det ikke er uvanlig at gytemoden lagesild er ned i 12-14 cm (Sandlund mfl. 2013a). Størrelsen kan også stabilisere seg på dagens nivå, dersom den balansen vi nå ser mellom sik og lagesild er en stabil situasjon. Endelig kan det tenkes at rekrutteringen til lagesildbestanden igjen reduseres og at størrelsen dermed øker. Slik ustabilitet i gytefiskens størrelse er vist i andre lagesildbestander, f.eks. i Pasvikvassdraget i Finnmark (Sandlund mfl. 2013a).

For fisket etter sik i Osensjøen har endringene siden år 2000 vesentlig betydd at flytegarnfiske nå gir dårligere resultater enn tidligere. Bunngarnfisket synes derimot å være relativt godt. I tillegg ser det ut til at infeksjonen av gjeddemark i siken er mindre enn tidligere. Dette kan være et resultat av at siken nå i mindre grad oppholder seg i de fri vannmasser og spiser krepsdyrplankton. Arter i planktongruppa hoppekreps er som kjent mellomvert for gjeddemark.

En hypotetisk konsekvens av lagesildas reduserte størrelse er at flere aure kan få muligheten til å bli fiskespisere. I andre innsjøer med sik og lagesild synes auren å være avhengig av tilgang på byttefisk med en størrelse på mellom 5 og 20 cm lengde (Sandlund & Næsje 2000). Spesielt er det viktig for aure som skal klare å slå over fra bunndyr til fisk, at den finner små byttefisk i de habitatene den selv oppholder seg, det vil si i strandsona og de øvre lagene i de frie vannmassene (Sandlund mfl. 1997). For aurefiskets del ville det derfor være en fordel om lagesildas størrelse fortsatt avtar. For aurebestanden i Osensjøen er det et viktig tiltak å sikre at fisk fra Søre Osa lett kan vandre opp i innsjøen, dvs. man må sikre at fisketrappa i Valmen har så god funksjonalitet som mulig. Aure fra Søre Osa vil trolig være større når den vandrer opp i innsjøen enn auren som kommer fra innløpselvene (Sandlund & Jonsson 2013), og dermed ha større muligheter til å slå over på fiskediett.

## 5.5 Fiskebestanden i Osensjøen i forhold til vannforskriften

Fiskebestanden er ett av kvalitetselementene som skal anvendes når innsjøenes økologiske status skal bestemmes («klassifiseres») i forhold til vannforskriften (EUs Vanddirektiv). Andre kvalitetselementer er planteplankton, vannvegetasjon og bunndyr (se Veileder 02:2013, [www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no)). Målsetningen er at alle vannforekomster (innsjøer og elver) skal oppnå minst «god økologisk tilstand» (GØT). Tilstanden skal i prinsippet bestemmes ut fra hvor langt dagens tilstand er fra en definert referansetilstand. Hvis det ikke er mulig å oppnå GØT, f. eks. fordi samfunnets behov for produksjon av klimavennlig elektrisk kraft må bli prioritert, vil vannforekomsten bli klassifisert som «sterkt modifisert vannforekomst» (SMVF). Målsetningen for forvaltningen av innsjøen blir da å oppnå det som kalles «godt økologisk potensial» (GØP, se Veileder 01:2014, [www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no)). I en innsjø som er regulert for kraftproduksjon vil reguleringshøyden være det inngrepet som bestemmer hvorvidt god økologisk tilstand kan oppnås. Mens livet ute i vannmassene ikke blir direkte påvirket av reguleringen, vil årlig tørlegging av strandsona føre til kraftig reduksjon av den biologiske produksjonen i innsjøens mest produktive miljø. Dette går ut over både vannvegetasjon, bunndyr og fisk.



Osensjøen er en regulert innsjø, og med en reguleringshøyde på 6,6 m er strandsona i stor grad utvasket, slik at næringsgrunnlaget for de fiskeartene som lever i strandsona er dårlig. Av de ni fiskeartene som forekommer i Osensjøen er seks definert som sårbare i forhold til innsjøregulering (aure, harr, abbor, mort, gjedde, ørekyt; se vedlegg til Veileder 02:2013 og Sandlund mfl. 2013c). I tillegg gyter siken i Osensjøen på grunt vann slik at den årlige rekrutteringen til bestanden synes å bli påvirket av manøvreringsregimet. De artene som trolig i mindre grad er direkte påvirket av reguleringen er lagesild og lake.

Vi har ingen dokumentasjon som viser hvordan referansetilstanden var i Osensjøen før reguleringen. Vi vet at det omkring år 1800 var en god røyebestand i sjøen, som beskrevet av presten A.C. Smith i 1784 (Nysæther 1977). Mot slutten av 1800-tallet forsvant røya av ukjente årsaker, og sik og lagesild ble satt ut i løpet av 1890-åra (Sandlund 1979, Sandlund mfl. 2013b). På grunn av at utsettingen skjedde før 1900 kan vi betrakte sik og lagesild som en del av referansetilstanden for fiskesamfunnet.

I Veileder 02:2013 («Klassifisering av miljøtilstand i vann») er det presentert flere parametere som kan anvendes for å klassifisere fiskebestanden i forhold til vannforskriften. En grunnleggende parameter er dominansforhold mellom fiskeartene i et standardisert prøvefiske. I dag er lagesild og sik absolutt dominerende arter i flytegarvfangstene, slik de har vært siden 1976. I bunngarvfangstene er også disse to artene blant de viktigste, noe som neppe ville vært tilfelle dersom sjøen hadde vært uregulert. I Sølensjøen, som er uregulert, og med en fiskefauna som ligner på Osensjøens (inkludert utsatt sik), var abbor og harr helt dominerende i bunngarvfangster i august (Sundet 2010). Dette ville trolig også vært situasjonen i Osensjøen dersom den ikke hadde vært regulert, og på generelt grunnlag kan vi gå ut fra at reguleringen på 6,6 m har ført til en kraftig tilbakegang for alle de fiskeartene som er mest avhengige av strandsona.

En av de foreslåtte støtteparametere som skal bidra i klassifiseringen av regulerte innsjøer er reguleringshøyde (se Veileder 02:2013: tabell 6-16). En reguleringshøyde (RH) på 6,6 m, slik som i Osensjøen, tilsier at fiskebestanden vil være i «moderat tilstand». Det gir bedre økologisk mening å vurdere reguleringshøyde i forhold til siktedyp, da siktedypet indikerer hvor langt ned i vannet det kan forgå primærproduksjon av betydning. Primærproduksjonen (planteproduksjonen) er grunnlaget for alt annet liv. En tommelfingerregel sier at det foregår primærproduksjon ned til ca. to ganger siktedypet. Målt i forhold til dette blir indeksverdien 1,2 (reguleringshøyden RH dividert på 2 x siktedypet SD, målt til 2,7 m i august 2013 blir  $6,6 / 2 \times 2,7 = 1,2$ ). Dette tilsier ifølge tabell 6.16 i Veileder 02:2013 «svært dårlig» tilstand.

Aurebestanden er svært tynn i Osensjøen; i august ble det ikke fanget noen aure i bunngarna, og også i fangstene med elfiskebåt utgjorde aure bare vel 1 % av fangsten i antall fisk. Sannsynligvis ville aurebestanden vært svært tallrik selv om Osensjøen var uregulert. Oppvekstratio (arealet med gyte- og oppvekstområder i bekker og elver i forhold til innsjøens areal, se Veileder 02:2013) for Osensjøen er svært lavt. Et anslag for tilgjengelig areal i tilløpsbekkene beregnet ut fra kart (Anders Foldvik, NINA) tilsier et oppvekstratio (OR) på omkring 3. Om vi tar med arealet i Søre Osa ned til sammenløpet med Østre Æra, blir OR = 3,4. I uregulert tilstand ville man på grunnlag av dette forvente en fangst (CPUE) på ca. 5 aure eller mindre per 100 m<sup>2</sup> bunngarn dersom aure hadde vært eneste eller dominerende fiskeart.

Det er derfor sannsynlig at fiskebestanden i Osensjøen i dag, i forhold til en referansesituasjon med uregulert innsjø, er i moderat til dårlig, eller til og med svært dårlig, tilstand. Innsjøen kan sannsynligvis ikke bringes opp i god tilstand uten en kraftig reduksjon av reguleringshøyden, og dermed et stort tap i kraftproduksjon. Ut fra fiskebestanden er derfor Osensjøen en sterkt modifisert vannforekomst (SMVF). Det er viktig å huske at dette da tilsier at alle rimelige tiltak skal settes inn for å sikre at innsjøen er i «godt økologisk potensiale» (se Veileder 01:2014, [www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no)).

## 6 Mulige effekter av planlagte endringer i reguleringen av Osensjøen

### 6.1 Overføring av Øvre Flisa

Vannmengden som etter planen vil bli overført fra Øvre Flisa til Osensjøen utgjør ca. 20 mill. m<sup>3</sup> per år. Tilsiget til den sørlige delen av Osensjøen (fra nedbørfeltene 002.JBB11 og 002.JBB12) er ca. 100 mill. m<sup>3</sup>. Det er anslått at de to største tilløpselvene i Osensjøens sørende, nemlig Grylla og Næringa, bidrar med 20-30 % av dette. Nedbørfeltene til Næringa og Grylla, og til Øvre Flisa (målt ved utløpet av Håsjøen), er beregnet til henholdsvis 20,3 km<sup>2</sup>, 14,0 km<sup>2</sup> og 37,9 km<sup>2</sup> (Anders Foldvik, NINA). Dersom vi antar omtrent samme avrenning per arealenhet fra de tre nedbørfeltene, betyr dette at overføringen fra Øvre Flisa vil gi sørenden av Osensjøen tilsig fra en tredje elv med noe større vannmengde enn de to naturlige elvene til sammen. Totalt gjennomsnittlig årlig tilsig til Osensjøen er beregnet til ca. 668 mill. m<sup>3</sup> for perioden 1961-1990, og vannet fra Øvre Flisa vil dermed bety ca. 3 % økning i gjennomstrømmingen i sjøen.

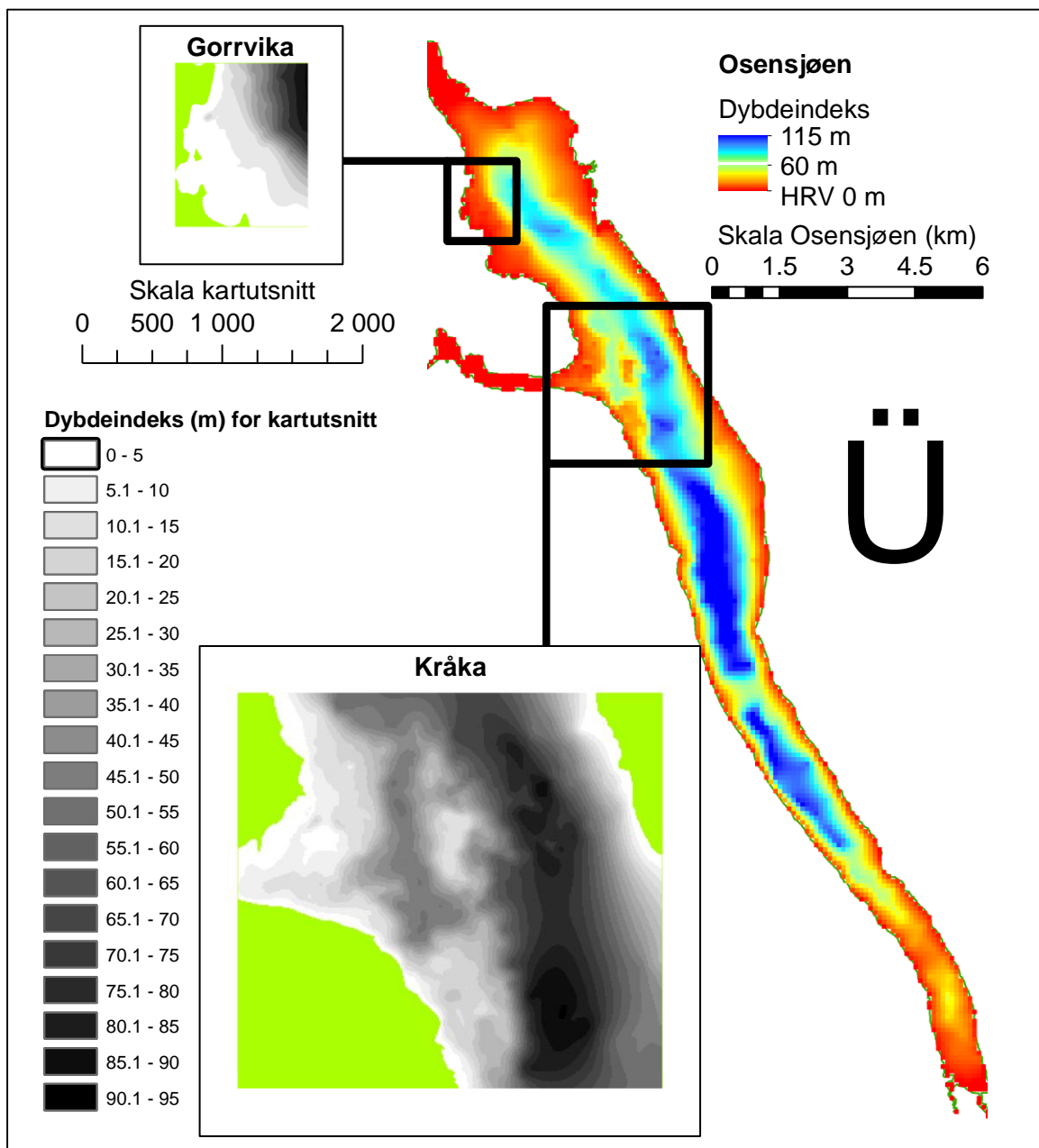
Vannkjemiske målinger utført i 1995 viste at vannkvaliteten i Øvre Flisa, Grylla og Næringa den gangen var omtrent den samme. I juni 1995 var pH i Øvre Flisa 4,9-5,5 og Håsjøen mellom 5,0 og 5,8, mens pH i Grylla og Næringa i mai samme år lå på henholdsvis 5,1 og 5,0. Målinger utført i Håsjøen i 2013 (se **vedlegg 2**) viste en gjennomsnittlig pH på 5,6, dvs. at det ser ut til å ha vært små endringer i perioden mellom 1995 og 2013. pH i Osensjøen er vesentlig høyere enn i de tre elvene. I 1995 ble pH i sørenden av Osensjøen målt til 6,3. Et større antall prøver fra 0-10 m dyp i Osensjøen i 1978 viste en variasjon i pH mellom 6,4 og 6,7 (Lien mfl. 1981). Målingene i Vesleosen og Håsjøen i 2013 viste en gjennomsnittlig pH på 6,8. Konsentrasjoner av de ionene det ble analysert på var dobbelt så høy i Vesleosen som i Håsjøen, med unntak av aluminium, der forholdet var motsatt. Vannets alkalinitet var fire ganger så høyt i Vesleosen som i Håsjøen. Vesleosen har et svært lite nedbørfelt og dermed liten gjennomstrømming under naturlige forhold. Det betyr at vannutskiftningen i denne avsnørte sørenden av Osensjøen er svært liten. Dette er årsaken til at pH og konsentrasjonen av ioner i vannet er høyere der enn i selve innsjøen.

Tilførselen av vannet fra Øvre Flisa til Osensjøen gjennom Vesleosen vil endre miljøet i denne delen av innsjøen, både ved at det blir svært mye større vanngjennomstrømming og ved endret vannkvalitet. Miljøet vil trolig bli noe mer likt det som i dag finnes i utløpet av Næringa. Det er usikkert hvordan dette vil påvirke fisken i Vesleosen. I den sørlige enden av Osensjøen, på et bunnplata på ca. 20 m dyp, ligger viktige gytearealer for lagesild. Det er tenkelig at tilførselen av det humusrike og noe surere vannet fra Øvre Flisa kan påvirke miljøet på denne gyteplassen. Det er imidlertid ca. 2 km fra Vesleosen til sørenden av dette gyteområdet, så omrøring og innblanding av det ekstra ellevannet med innsjøvannet vil trolig føre til bare marginale endringer i vannkjemien i dette området.

### 6.2 Senking av LRV

#### Kartlegging

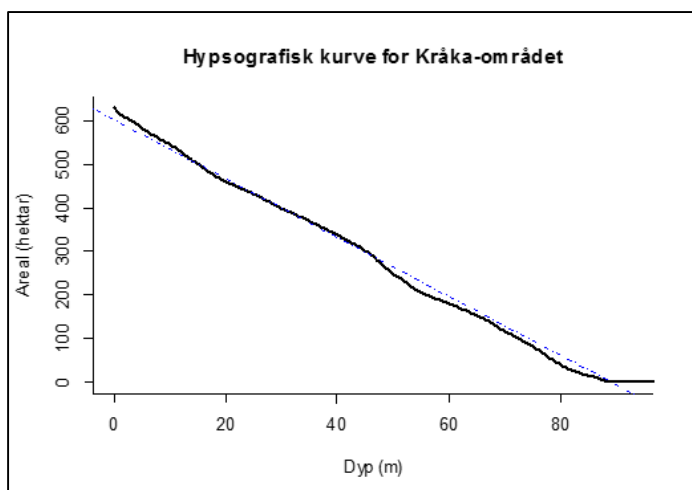
Bunnforholdene ble kartlagt med ekkolodd (EY60) i to områder som ble ansett som viktige gyteområder for sik ved kartleggingen i 1970-åra (Sandlund 1979). Det ene var rundt det grunne området Kråka nordøst for Sørlistøa og det andre var i Gorvika-området der inntaket til tappe-tunnelen nå er plassert (se **figur 40**). I disse områdene ble det kjørt tett med transekter for å skaffe dybde-data. Dybdemålene er ikke korrigert for HRV, men vannstanden ved registreringstidspunktet (20.-22. august 2013) var 437,33 – 437,35 moh., dvs. 47-49 cm under HRV. Arealreduksjon per meter vannstandssenking ble regnet ut fra hypsografiske kurver spesifikt utviklet for disse områdene. Arealene er beregnet ut fra projeksjon i planet, og de vil derfor faktisk være større enn dette dersom en tar hensyn til helningen ved utregning av arealet.



**Figur 40** Osensjøen med dybdekartutsnitt for Gorvika og Kråka.

#### Kråka

Den hypsografiske kurva for området ved Kråka viser at 1 m vanntandssenking vil tilsvare ca. 6,73 ha reduksjon i vanndekt areal ved LRV i forhold til dagens situasjon. Dette betyr at 0,6 m og 0,9 m senking av LRV gir henholdsvis ca. 4 ha eller ca. 6 ha reduksjon i vanndekt areal i området med gyteplasser for sik (**figur 41**).

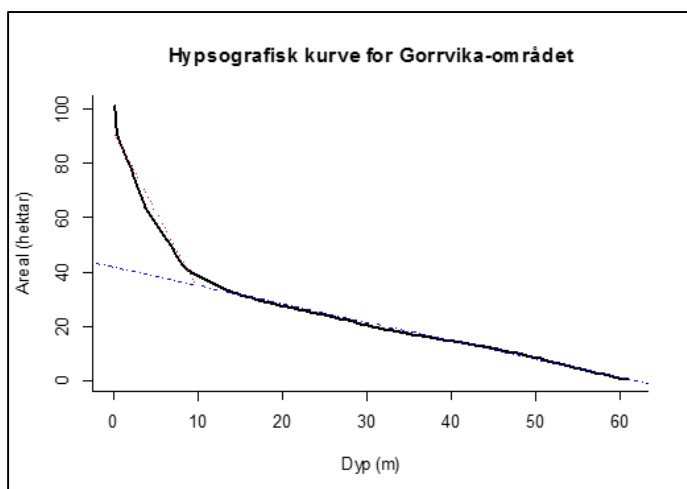


**Figur 41** Hypsografisk kurve for registrert område ved Kråka (jf. kartutsnitt i **figur 40**).

Gorvika

### Gorvika

I Gorvika hadde den hypsografiske kurva en kraftig knekk rundt 10 m dyp (**figur 42**). For områder grunnere enn 10 m minker vanndekt areal med om lag 5,75 ha per meter vanntandsenking (rød stiplet linje), dvs. nokså likt forholdene i Kråka-området. Dette tilsvarer for 0,6 m og 0,9 m senking i forhold til dagens LRV henholdsvis ca. 3,5 ha eller 5,2 ha redusert vanndekt areal for områder grunnere enn 10 m i forhold til HRV. For områder dypere enn 10 m ville vanndekt areal blitt redusert med ca. 0,7 ha per meter vannstandsening (blå stiplet linje).



**Figur 42** Hypsografisk kurve for registrert område ved Gorrvika (jf. kartutsnitt i **figur 40**).

### Vurderinger

Osensjøen er i dag regulert 6,6 m, mellom LRV = 431,22 og HRV = 437,82 moh. De tre alternativene som er nevnt for ytterligere senking, 0,3, 0,6 eller 0,9 m, vil eventuelt føre til at LRV blir enten 430,92 moh., 430,62 moh. eller 430,32 moh. Dette vil føre til en ytterligere utarming av strandsona i innsjøen. Med et årlig manøvreringsmønster tilsvarende det man har i dag, vil LRV nås om vinteren under isen. Utvasking av finsediment fra den utvidete reguleringssona vil dermed trolig gå langsomt, i motsetning til om LRV ble nådd i perioder med åpent vann og vind og bølgeslag. Tørrleggingen av et større areal i strandsona vil likevel ha effekter både på bunndyrproduksjonen og på eventuell rogn som er gytt i dette området. Ettersom alle fiskeartene i Osensjøen, med unntak av lagesilda og delvis siken og laken, tilbringer det meste av den isfrie perioden av året i strandsona vil dette ha negative konsekvenser. Med hensyn til fiskearter som gyter om høsten eller tidlig vinter, og som dermed kan ha rogn som eventuelt kan tørrlegges, gjelder dette bare sik, lake og lagesild. De kjente gyteplassene for lagesild ligger på omkring 20 m i

oktober (med vannstand i sjøen nær HRV). Lagesilda vil derfor neppe bli særlig påvirket av en senking av LRV slik planene nå foreligger. Lakens gyteforhold eller gyteplasser i Osensjøen er ikke kjent, men den gyter trolig om vinteren.

Den viktigste eller mest direkte negative effekten av en ytterligere senking av LRV vil trolig bli på sik. Basert på opplysninger fra lokale fiskere og eget prøvefiske ser det ut til at siken i Osensjøen gyter på grunt vann, vesentlig i sona grunner enn 10 m. Gytinga skjer i november/desember, det vil si ved relativt høy vannstand i sjøen. Dersom dagens konsesjon utnyttes fullt ut, vil rogn som gytes grunnere enn LRV bli tørrlagt i løpet av vinteren. Det kunne vært rimelig å tro at siken skulle ha endret atferd og gytt noe dypere, ettersom dagens reguleringsbetingelser med hensyn på reguleringshøyde har fungert siden 1928. Prøvefiske på sikens gytegrunner tyder likevel på at mye av gytingen ennå skjer grunnere enn 10 m.

En endret LRV vil imidlertid ha en negativ effekt på gytearealene til siken overalt i sjøen. Registreringer med ekkolodd i 2013 viser at en senking av LRV med 0,9 m vil tørrlegge ca. 5,8 ha sjøbunn i Gorvika og ca. 6 ha ved Kråka (innløpet til Valmen). På grunn av bunnprofilen i disse to områdene vil en senking av LRV på 0,6 m tørrlegge to tredjedeler så stort areal (dvs. ca. 4 ha), mens en senking med 0,3 m vil tørrlegge halvparten av dette igjen (dvs. ca. 2 ha). Samtidig vil dette ikke påvirke lagesildas gytearealer, som ligger på dypere vann. Vi må altså forvente at en senking av LRV vil favorisere lagesilda framfor siken. Dette kan føre til en ytterligere reduksjon i sikbestanden og en økning i lagesildbestanden, sannsynligvis parallelt med en fortsatt nedgang i lagesildas kjønnsmodne størrelse.

Auren i Osensjøen er fåtallig og har stort sett moderat vekst. Få fisk når opp i en størrelse som gjør at de kan gå over på fiskeføde. Dette skyldes den utvaskete reguleringssona som har et begrenset mattilbud for auren. Aurens gyteområder påvirkes ikke av reguleringen så lenge atkomsten til tilløpselvene om høsten er intakt. Det kan spekuleres i om nedgangen i lagesildas størrelse fører til at flere aure blir fiskespisende og får bedre vekst, men dette kan eventuelt bare påvises ved en oppfølgende overvåking av bestandene.

Harren lever også strandsona i innsjøen, og lider under det samme fattige næringstilbudet som auren. Harren er likevel noe bedre til å utnytte overflateinsekter, som i sommerhalvåret faller ned på vannflata fra vegetasjonen på land. Harren gyter også i tilløpsbekker og er avhengig av adgang til disse om våren.

Abbor og mort er også knyttet til strandsona og forekommer i tynne bestander i Osensjøen. Det samme gjelder gjedde. Alle disse tre artene forekommer i større tettheter i utløpsoset til elver som Nordre Osa og Næringa, og også i Valmen. Det samme gjelder den tynne bestanden av ørekyt i sjøen.

En senking av LRV vil ytterligere forverre situasjonen for alle artene som lever i strandsona i innsjøen.

Lake fanges også ofte i grunnere enn 10 m i Osensjøen, men denne arten er bedre tilpasset et liv på dypere vann enn de som er omtalt ovenfor. Den vil derfor neppe direkte påvirkes i særlig grad av en senking av LRV. Indirekte betyr likevel nedgang i andre artsbestander at rovfisken lake får dårligere tilgang på byttefisk.

En oppsummering av forventet effekt av en senking av LRV på de ulike fiskeartene er gitt i **tabell 9**. Det er viktig å huske at den eksisterende reguleringen har hatt kraftig negativ effekt på alle fiskeartene, med unntak av lagesild og lake. En ytterligere senkning av LRV vil forverre situasjonen for disse artene, spesielt i forhold til tilgang på næring. For siken vil en senking trolig også skade gyteforholdene. Jo større senking av LRV, jo større blir den negative effekten.

**Tabell 9** Oppsummerende tabell over effekten av senking av LRV i Osensjøen med 0,9 m, vurdert i forhold til dagens situasjon, dvs. en økning av reguleringshøyde fra 6,6 til 7,5 m.

Fiskeart	Stor effekt	Middels effekt	Liten effekt
Aure		x	
Sik	x		
Lagesild			x
Harr		x	
Lake			x
Abbor		x	
Mort		x	
Gjedde		x	
Ørekyt		x	

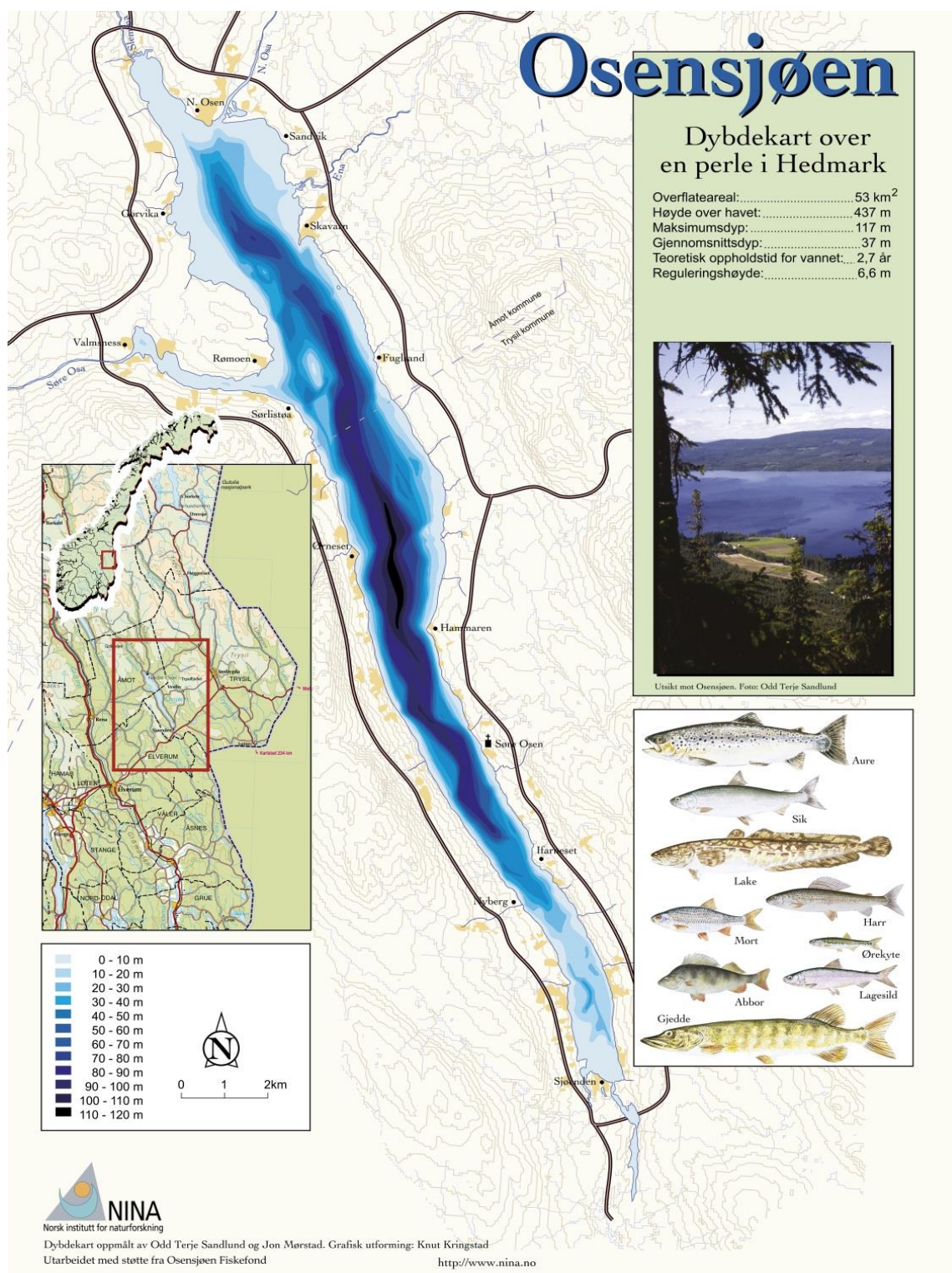
## 7 Referanser

- Aglen, A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. *FAO Fish Report* 300:293-298.
- Allen, K.R. 1966. A method for fitting growth curves of the von Bertalanffy type to observed data. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 23: 163-179.
- Amundsen, P.-A., Staldvik, F.J., Reshetnikov, Y.S., Kashulin, N., Lukin, A., Bøhn, T., Sandlund, O.T. & Popova, O.A. 1999. Invasion of vendace *Coregonus albula* in a subarctic watercourse. *Biological Conservation* 88: 405-413.
- Amundsen, P.-A., Salonen, Niva, E.T., Gjelland, K.Ø., Præbel, K., Sandlund, O.T., Knudsen, R. & Bøhn, T. 2012. Invader population speeds up life history during colonization. *Biological Invasions* 14: 1501-1513.
- Anneville, O., Souissi, S., Molinero, J. C. & Gerdeaux, D. (2009). Influences of human activity and climate on the stock-recruitment dynamics of whitefish, *Coregonus lavaretus*, in Lake Geneva. *Fisheries Management and Ecology* 16: 492-500.
- Balk, H. & Lindem, T. 2011. Sonar4 and Sonar5-Pro post processing systems, Operator manual version 6.0.2, 464 p. Lindem Data Acquisition, Humleveien 4b. 0870 Oslo Norway.
- Bodholt, H. (1990). Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements. *CM 1990/B: 11*, 10 s (mimeo).
- Bøhn, T., Sandlund, O.T., Amundsen, P.-A. & Primicerio, R. 2004. Rapidly changing life history during a fish invasion. *Oikos* 106: 138-150.
- Brown, R. W., Taylor, W. W. & Assel, R. A. 1993. Factors affecting the recruitment of lake whitefish in 2 areas of Northern Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research* 19: 418-428.
- Craig, H. 1953. The geochemistry of stable isotopes. *Geochim. Cosmochim. Acta* 3: 53-93.
- Eckmann, R. 1998. Allocation of echo integrator output to small larval insect (*Chaoborus* sp.) and medium-sized (juvenile fish) targets. *Fisheries Research* 35: 107-113.
- Godlewska, M., Dlugoszewski, B., Doroszycki, L. & Jozwik, A. 2009. The relationship between sampling intensity and sampling error-empirical results from acoustic surveys in Polish vendace lakes. *Fisheries Research* 96:17-22.
- Guillard, J. & Vergès, C. 2007. The repeatability of fish biomass and size distribution estimates obtained by hydroacoustic surveys using various sampling strategies and statistical analyses. *International Review of Hydrobiology* 92: 605-617.
- Huitfeldt Kaas, H. 1906. Planktonundersøgelser i norske vande. Nationaltrykkeriet, Christiania (Oslo).
- Johnsen, S.I., Sandlund, O.T., Dokk, J.G., Museth, J., Rognerud, S., Gjelland, K.Ø., Helland, I.P. & Westberg, T.S. 2012. Fiskesamfunnet i Aursunden, Røros kommune. NINA Rapport 864: 1-46 + vedlegg.
- Lien, L., Bakketun, Å., Bendiksen, E., Halvorsen, R., Kjellberg, G., Lindstrøm, E.-A., Mjelde, M., Sandlund, O.T., Tjomsland, T. & Aanes, K.J. 1981. Vurderinger av reguleringene i Osensjøen og Søre Osa. NIVA-rapport O-7708, 112 s.
- Lindem, T. 1991. Hydroacoustic data acquisition system HADAS. Instruction Manual. Lindem Data Acquisition, Lda, Oslo, Norway. 32 s.
- Lindem, T. & Sandlund, O.T. 1984. Ekkoloddregistrering av pelagiske fiskebestander i innsjøer. *Fauna* 37: 105-111.
- Linløkken, A. 1995. Monitoring pelagic whitefish and vendace in a hydroelectrical reservoir by hydroacoustics. *Regulated Rivers: Research and Management* 10: 315-328.
- Linløkken, A. N., Rognerud, S. & Sandlund, O. T. 2011. Fiskeundersøkelser i Osensjøen 2010 – 2011. Med tidstrender for sik og lagesild. NINA Rapport 737: 1-26.
- Linløkken, A. & Sandlund, O.T. 2003. Fisk og fiskerier i Osensjøen – et sammendrag av 25 års undersøkelser. NINA Oppdragsmelding 794: 1-18.
- MacLennan, D.N., Fernandes, P.G. & Dalen, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES J Mar Sci* 59:365-369
- Mariotti, A. 1983. Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural abundance <sup>15</sup>N measurements. *Nature* 303: 685-687.
- Museth, J., Johnsen, S. I., Kraabøl, M., Dokk, J. G. & Skurdal, J. 2013. Overvåking av fiske-samfunn i store vassdrag etter Vannforskriften. VANN nr. 2 (2013): 205-216.



- Nysæther, J. 1977. Fisket i Osensjøen. – S. 249-265 i Fossum, T. (red.) Årbok for Norsk skogbruksmuseum 1976-1977. Norsk Skogbruksmuseum, Elverum.
- Næsje, T.F., Jonsson, B. & Sandlund, O.T. 1986. Drift of cisco and whitefish alevins in a Norwegian river. Trans. Amer. Fish. Soc. 115: 89-93.
- Reinertsen, H. & Langeland, A. 1981. Kjemiske og biologiske undersøkelser i Leksdalsvatn og Hoklingen, Nord-Trøndelag sommeren 1980. Kgl. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Serie 1981-11.
- Sandlund, O.T. 1979. Sik og lågåsild i Osensjøen. Fiskeribiologiske undersøkelser i Osenområdet. Rapport nr. 6: 57 s.
- Sandlund, O.T. 1992. Differences in the ecology of two vendace, *Coregonus albula*, populations separated in 1895. Nordic J. Freshw. Res. 67: 52-60.
- Sandlund, O.T. 2012. Kvikksølvnivået i fisk i Håsjøen, Trysil, Hedmark. NINA Minirapport 421. 16 s.
- 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., Rustad-bakken, A. & Sandøy, S. 2013c. Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem. - Miljødirektoratet, Rapport M22-2013, 60 s.
- Sandlund, O.T., Gjelland, K.Ø., Bøhn, T., Knudsen, R. & Amundsen, P.-A. 2013a. Contrasting population and life history responses of a young morph-pair of European whitefish to the invasion of a specialised coregonid competitor, vendace. PLOS One 8(7): e68156. doi:10.1371/journal.pone.0068156.78
- Sandlund, O.T., Hesthagen, T. & Brabrand, Å. 2013b. Coregonid introductions in Norway: well-intended and successful, but destructive. Advances in Limnology 64: 341-358.
- Sandlund O.T. & Jonsson, B. 2013. Auren i Søre Osa og Østre Æra, Åmot kommune – 30 år etter driftsstart for Osa kraftverk. - NINA Rapport 1009. 21 s. + vedlegg.
- 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. 1983. Auren i Osensjøen. Prøvefiske og merkingsforsøk. Fiskeribiologiske undersøkelser i Osenområdet. Rapport nr. 11: 23 s.
- Sandlund, O.T. & Næsje, T.F. 2000. Komplekse, laksefiskdominerte fiskesamfunn på Østlandet. S. 109-129 i: R. Borgstrøm & L.P. Hansen (red.) Fisk i ferskvann. Landbruksforlaget, Oslo.
- Sandlund, O.T., Næsje, T.F., Forseth, T., Breistein J. & Saksgård R. 1997. Aure som predator. S. 14-20 i: A. Langeland & B. Jonsson (red.) NINAs Strategiske Instituttprogrammer 1991-95. Innsjøers produktivitet. Sluttrapport. NINA Temahefte 6.
- Simmonds, J. & MacLennan, D.N. 2005. Fisheries acoustics. Blackwell, London.
- Sundet, H.B. 2010. Habitatbruk, diet og individuell vekst hos røye (*Salvelinus alpinus*) og sik (*Coregonus lavaretus*) i Sølensjøen sterkt påvirket av beskatning. Masteroppgave, UMB, Ås.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. Human Biology 10: 181-213.

## Vedlegg 1 Dybdekart



## Vedlegg 2 Notat fra Ø Garmo, NIVA

Norsk institutt for vannforskning

### NOTAT

19. desember 2013

Til: Odd Terje Sandlund

Fra: Øyvind Garmo

J.-nr: 1922/13 (O.-nr 13178)

**Prosjekt: Undersøkelse av kjemisk vannkvalitet i Håsjøen og Vesle Ossjøen - Kort rapport**

### Material og metode

**Prøvetaking.** Det ble tatt fire vannprøver fra Håsjøen (Prøvetakingspunkt UTM 32: 662514, 6773710) og fire fra Vesle Ossjøen (Prøvetakingspunkt UTM 32: 661456, 6777720) mellom 27. mai og 21. oktober 2013. Prøver fra juli til oktober ble tatt av lokal person og sendt med over-natten-pakke til NIVAs laboratorium i Oslo.

**Analyser.** Analysemetoder og parametere er oppgitt i Tabell 1.

Tabell 1. Målte og beregnede parametere. Klammeparantes rundt komponent betyr konsentrasjon av komponenten i mikroekvivalenter per liter.

Kode	Variabelnavn	Enhet	Analysemetode	Analyseinstrument	Deteksjonsgrense
pH	pH		Potensiometri	Methrom Titrino E702 SM	-
Kond	Konduktivitet	mS/m 25C	Elektrometri	WTW LF 539 RS	0,2
Ca	Kalsium	mg/L	Ionekromatografi	Dionex DX 320 duo	0,02
Mg	Magnesium	mg/L	"	"	0,02
Na	Natrium	mg/L	"	"	0,02
K	Kalium	mg/L	"	"	0,02
Cl	Klorid	mg/L	"	"	0,03
SO4	Sulfat	mg/L	"	"	0,04
NO3-N	Nitrat	µg N/L	"	"	1
Alk	Alkalitet	mmol/L	Potensiometrisk titrering til pH = 4.5	Methrom Titrino E702 SM	0,01
TOC	Total organisk karbon	mg C/L	Oksidasjon til CO2 med UV/persulfat og måling med IR-detektor	Phoenix 8000	0,10
Al/R, Al/I	Reaktiv og ikke labil	µg/L	Automatisert fotometri	Skalar SAN Plus Autoanalysator	5
LA1	Labil Aluminium	µg/L		Beregnes ved differansen mellom Al/R og Al/I	
Tot-N	Total Nitrogen	µg N/L	Automatisert fotometri	S2O8 oksidasjon i autoklav Skalar SAN Plus Autoanalysator	10
Tot-P	Total fosfor	µg N/L	Automatisert fotometri	S2O8 oksidasjon i autoklav Skalar SAN	1

## Norsk institutt for vannforskning

Kode	Variabelnavn	Enhet	Analysemetode	Analyseinstrument	Deteksjonsgrense
				Plus Autoanalysator	
ANC	Syrenøytraliserende kapasitet	µekv/L	$[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] + [K^+] - [Cl^-] - [SO_4^{2-}] - [NO_3^-]$	Beregnet	
SO4*	Ikke-marin sulfat	µekv/L	$[SO_4^{2-}] - 0.103*[Cl^-]$	Beregnet	

**Modell.** En kjemisk likevektsmodell ble brukt til å beregne pH i ulike blandingsforhold av vann fra Håsjøen og Vesle Ossjøen (Sjøstedt m fl. 2010). Beregningene ble basert på gjennomsnittsverdier målt i de fire vannprøvene fra hver innsjø.

## Resultater

Resultatene viser at Håsjøen er betydelig mer humøs og derfor surere enn Vesle Ossjøen (Tabell 2). Dette gjelder særlig prøvene fra mai, juli og september, mens forskjellen var mindre i oktober. Konsentrasjonen av giftig aluminium var lav i alle prøvene. Vesle Ossjøen har relativt høy konsentrasjon av sulfat, men pH var tilnærmet nøytral. Konsentrasjonen av fosfor og nitrogen er moderat i begge innsjøer. Nitratkonsentrasjonen var lav i sommerprøvene, dvs i den biologiske vekstsesongen, men betydelig høyere etter høstsirkulasjonen, spesielt i Vesle Ossjøen.

Likevektsmodellen indikerer at en blanding av tre deler vann fra Håsjøen og én del vann fra Vesle Ossjøen fortsatt vil ha pH under 6,0 (Tabell 3).

## Vurdering

Det naturlige tilslaget til søre deler av Osensjøen (fra nedbørfeltene 002.JBB11 002.JBB12) er omtrent 100 millioner m<sup>3</sup> vann per år. De humøse sideelvene Næringa og Grylla som har innløp helt sør i Osensjøen, bidrar med 20-30 prosent av vannet. En overføring av 20 millioner m<sup>3</sup> fra øvre del av Flisavassdraget til Vesle Ossjøen vil derfor utgjøre et betydelig bidrag. Den vannkjemiske kvaliteten til blandinger av vann fra Håsjøen og Vesle Ossjøen indikerer at den foreslåtte reguleringen vil gjøre vannet i Vesle Ossjøen mer humøst og surt sammenlignet med i dag. Overføringen vil trolig også sette preg på vannet i søre deler av Osensjøen i form av økt humuskonsentrasjon og lavere pH. Hvor store deler av Osensjøen som blir berørt vil avhenge av strøm, blandingsforhold og reguleringsregime.

## Litteratur

Sjøstedt, C. S., Gustafsson, J. P., & Köhler, S. J. (2010). Chemical equilibrium modeling of organic acids, pH, aluminum, and iron in Swedish surface waters. *Environmental Science & Technology*, 44(22), 8587–8593. doi:10.1021/es102415r



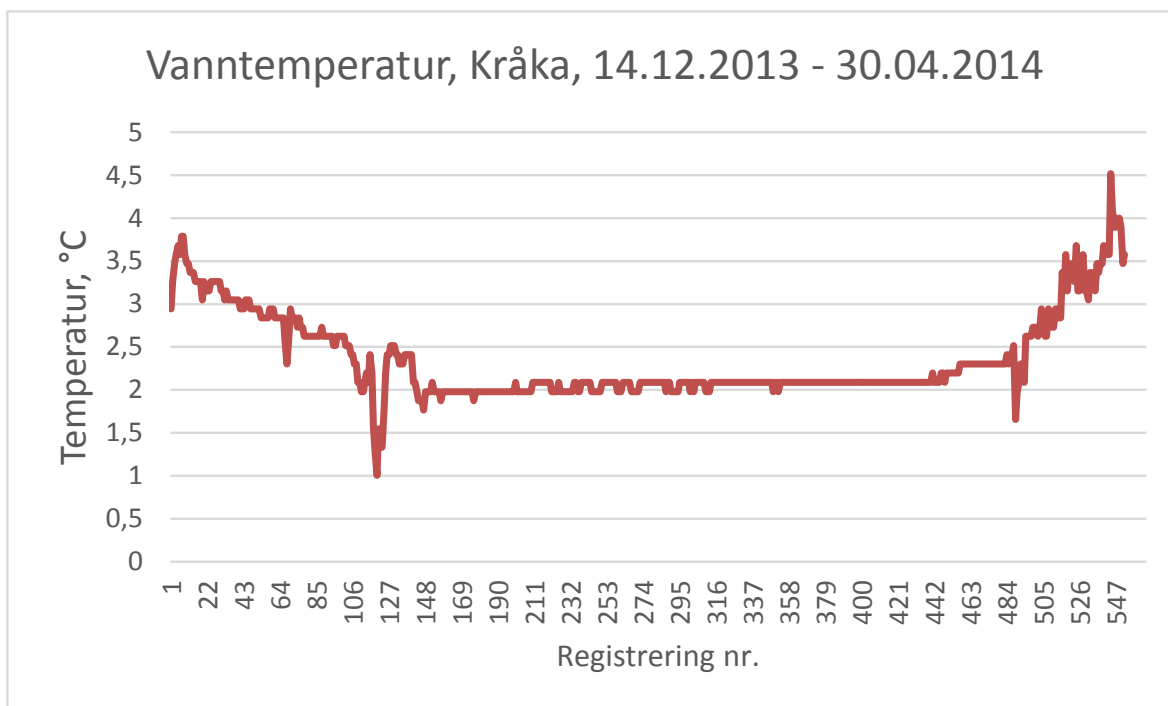
Norsk institutt for vannforskning

Tabell 2. Resultater fra analysene av alle prøver (se Tabell 1 for mer informasjon om de ulike variablene).

Lokalitet	Dato	KOND	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3-N	ALK-E	Al/R	Al/I	LAL	TOC	TOTN	TOTP	H+	ANC	SO4*
		mS/m		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l N	µEq/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l C	µg/l N	µg/l P	µEq/l	µEq/l	µEq/l
Håsjøen	27.05.2013	1.43	5.40	1.10	0.18	0.87	0.29	0.92	0.6	10	15	64	58	6	13.1	315	13	3.98	76	10
Håsjøen	09.07.2013	1.44	5.60	1.40	0.23	0.83	0.11	0.82	0.5	2	26	54	45	9	14.5	305	15	2.51	94	8
Håsjøen	02.09.2013	1.65	5.43	1.63	0.24	0.82	0.16	1.03	0.76	4	17	58	51	7	17.6	315	10	3.72	96	13
Håsjøen	21.10.2013	1.55	5.95	1.49	0.22	0.95	0.31	1.2	0.76	32	38	47	45	2	11.5	315	13	1.12	90	12
Håsjøen	Gjennomsnitt	1.52	5.6	1.41	0.22	0.87	0.22	0.99	0.66	12	24	56	50	6	14	313	13	3	89	11
Vesle Ossjøen	27.05.2013	2.75	6.79	2.4	0.42	2	0.46	2.96	1.38	4	103	34	29	5	6.4	255	10	0.16	141	20
Vesle Ossjøen	09.07.2013	2.84	6.86	2.42	0.43	1.65	0.41	2.23	1.47	2	107	26	19	7	6.5	225	10	0.14	145	24
Vesle Ossjøen	02.09.2013	2.36	6.71	2.47	0.39	1.37	0.42	1.72	1.61	13	98	23	18	5	6.6	275	10	0.19	143	29
Vesle Ossjøen	21.10.2013	2.99	6.81	3.08	0.48	1.8	0.47	2.27	1.96	115	139	19	14	5	4.9	275	7	0.15	170	34
Vesle Ossjøen	Gjennomsnitt	2.74	6.8	2.59	0.43	1.71	0.44	2.30	1.61	34	112	26	20	6	6	258	9	0.16	150	27

Tabell 3. Beregnede konsentrasjoner i ulike blandingsforhold av vann fra Håsjøen og Vesle Osen. pH i blandingen ble estimert med en kjemisk likevektsmodell.

Kjennetegn på vannkvaliteten																	
Lokalitet	Blandingsforhold		Estimert	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3-N	Al/R	Al/I	LAL	TOC	TOTN	TOTP
	Håsjøen/V. Ossjøen		pH														
					mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l N	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l C	µg/l N	µg/l P
Håsjøen/V. Ossjøen	1 til 0		5.43	5.55	1.41	0.22	0.87	0.22	0.99	0.66	12	56	50	6	14.2	313	13
Håsjøen/V. Ossjøen	3 til 1		5.88		1.70	0.27	1.08	0.27	1.32	0.89	17	48	42	6	12.2	299	12
Håsjøen/V. Ossjøen	2 til 2		6.24		2.00	0.32	1.29	0.33	1.64	1.13	23	41	35	6	10.1	285	11
Håsjøen/V. Ossjøen	1 til 3		6.53		2.30	0.38	1.50	0.38	1.97	1.37	28	33	27	6	8.1	271	10
Håsjøen/V. Ossjøen	0 til 1		6.77	6.79	2.59	0.43	1.71	0.44	2.30	1.61	34	26	20	6	6.1	258	9

**Vedlegg 3 Vanntemperatur på sikens gyteplass ved Kråka, vinteren 2013-2014**

#### Vedlegg 4 Oversikt over stasjoner fisket med bærbart el-fiskeapparat i innløpselver til Osensjøen i august 2013

Lokalitet	UTM	Dato	Areal	Led- nings- evne	Temp. °C	Aure	Øre- kyt	Anmerkninger
Tverena Øvre (Nedenfor bru)	653603 6802345	22.08.2013	100	20	9,3	2	2	70 % elvemose Stein 10-50 cm m. finsedimenter mellom
Tverena Øvre (Ovenfor bru)	653774 6802537	22.08.2013	100	20	9,3	15	0	70 % elvemose. 50- 50 berg og stein 10-50 cm m. sand mellom
Tverena Nedre 1	651092 6798727	22.08.2013	100	20	9,3	3	4	50 % elvemose. 5- 50 cm stein m. sand mellom
Tverena Nedre 2	651010 6798224	22.08.2013	100	20	9,3	1	4	15 % elvemose
Lekninga ovenfor bru	655200 6790485	22.08.2013	98	23	11,3	0	1	Glatt stryk 0-5% mosedekke. 5-40 cm substrat
Lekninga nedenfor bru	655161 6790477	22.08.2013	105	23	11,3	1	5	Glattstryk. 0-5% mosedekke. 2-60 cm substrat
N. Osa Øvre	643989 6814622	22.08.2013	100	9	11	5	0	Grov stein 40 cm Stryk 5 % mose
N. Osa Nedre 1	647239 6809361	20.08.2013	100x3	9	11	14	3	5-30cm stein (runde 1-2-3: 7, 5, 2)
N. Osa Nedre 2	643985 6814594	20.08.2013	100x3	9	11	12	0	5-30cm stein Stryk. (runde 1-2-3: 5, 4, 3)
Slemma 1	646033 6800883	20.08.2013	100x2	16	13,3	0	0	10-50cm stein. Noe humusfarga vatn
Slemma 2	645879 6801381	20.08.2013	100x2	16	13,3	0	0	Litt roligere vann- hast.









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

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

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

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-2662-2

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger