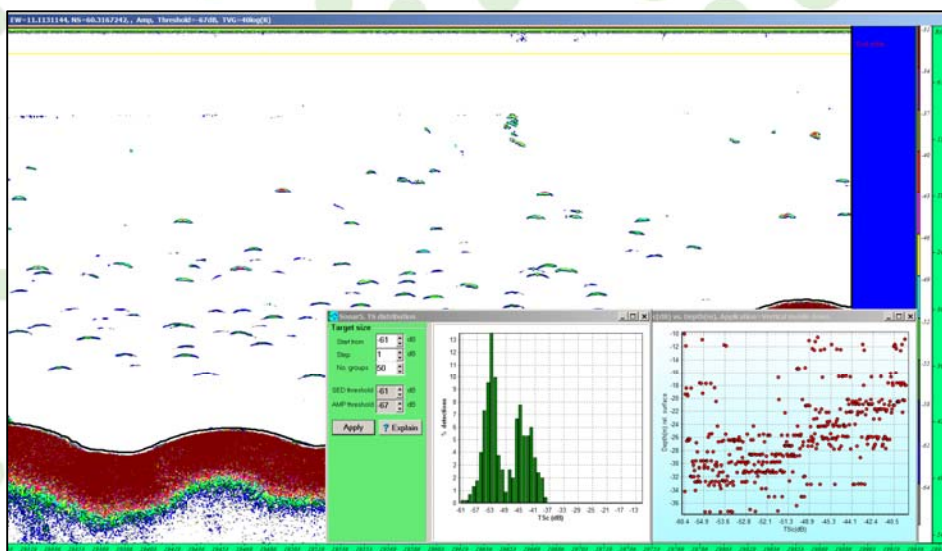


Klassifisering av økologisk tilstand av Hurdalssjøen med fisk som kvalitetselement

Åge Brabrand, Jon Museth, Jon Gunnar Dokk,
Atle Rustadbakken, Henning Pavels og Svein Jakob Saltveit



Denne rapportserien utgis av:

Naturhistorisk museum
Postboks 1172 Blindern
0318 Oslo

www.nhm.uio.no

Forfattere:

Åge Brabrand, Jon Museth, Jon Gunnar Dokk, Atle Rustadbakken,
Henning Pavels og Svein jakob Saltveit

Publiseringsform:

Elektronisk (pdf)

Sitering:

Brabrand, Å., Museth, J., Dokk, J.G., Rustadbakken, A., Pavels, H. og Saltveit, S. J. 2017.
Klassifisering av økologisk tilstand av Hurdalssjøen med fisk som kvalitetselement. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport nr. 65, 61 s.

Naturhistorisk museums rapportserie:

<http://www.nhm.uio.no/forskning/publikasjoner/rapporter/>

LFI rapporter fra 1970 til 2010 finnes på:

<http://www.nhm.uio.no/forskning/publikasjoner/lfi-rapporter/>

<http://www.nhm.uio.no/forskning/grupper/lfi/index.html>

Forsidebilde: Typisk ekkogram fra Hurdalssjøen.



Klassifisering av økologisk tilstand av Hurdalssjøen med fisk som kvalitetselement

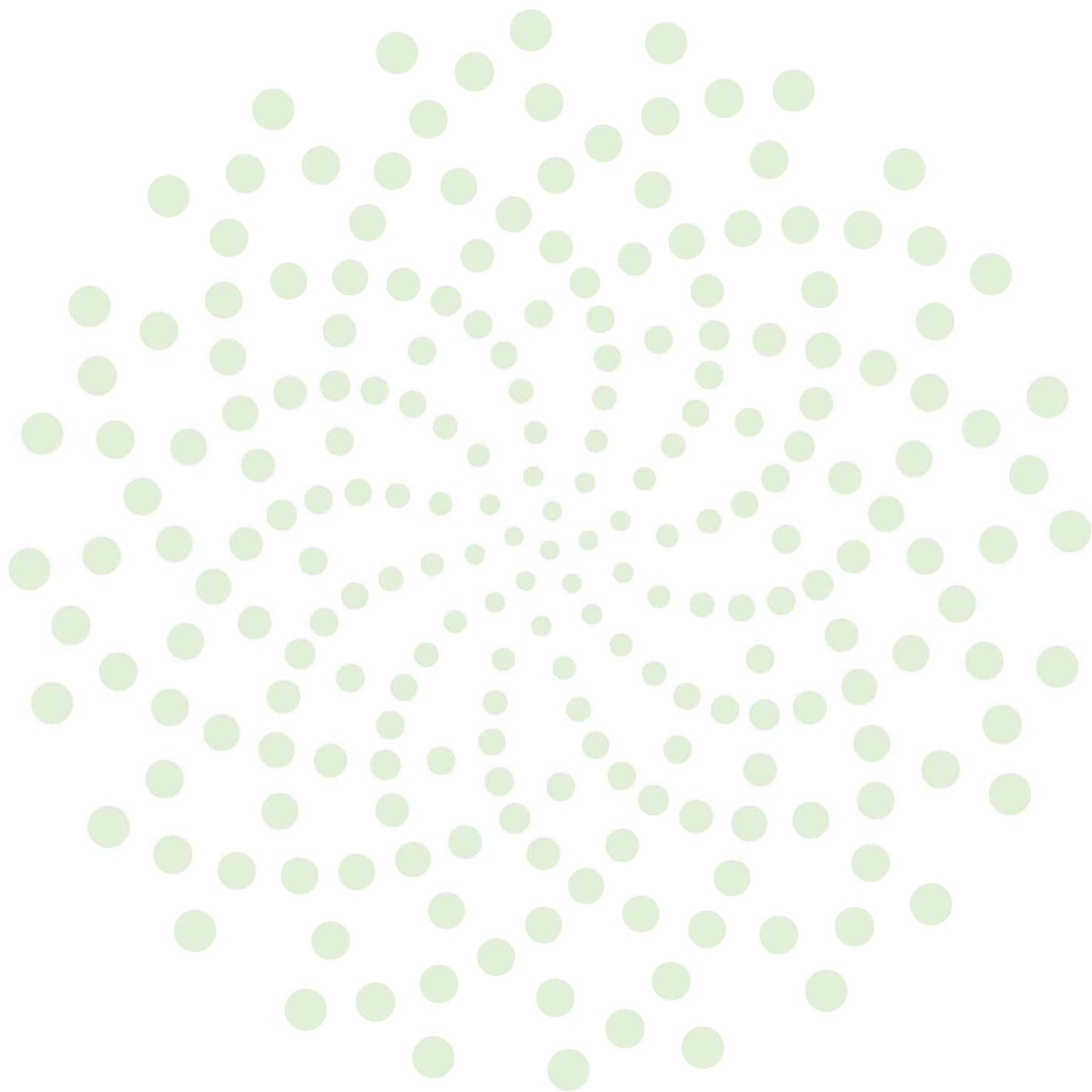
Brabrand¹, Å., Museth², J., Dokk², J.G., Rustadbakken³, A.,
Pavels¹, H. og Saltveit¹, S. J.

¹Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Boks 1172 Blindern, 0318 Oslo

²Norsk institutt for naturforskning, avd. Lillehammer, Fakkelgården, 2624 Lillehammer

³Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet, Fakultet for Miljøvitenskap og Naturforvaltning,
Postboks 5003 NMBU, 1432 Ås





Antall sider og bilag:		Tittel	
61		Klassifisering av økologisk tilstand av Hurdalssjøen med fisk som kvalitetselement	
		Forfatter(e)/ enhet: Åge Brabrand, NHM Jon Museth, NINA Jon Gunnar Dokk, NINA Atle Rustadbakken, NMBU Henning Pavels, NHM Svein Jakob Saltveit, NHM	
Rapportnummer:	Gradering:	Prosjektleder:	Prosjektnummer:
65	Åpen	Åge Brabrand	280225
ISSN:	Dato:	Oppdragsgiver(e):	
1891-8050	20.6.2017	Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma (HUVO)	
ISBN:		Oppdragsgiversref.:	
978-82-7970-086-9		Helge B. Pedersen	



Sammendrag:

Det er foretatt en økologisk tilstandsklassifisering av fiskebestanden i Hurdalssjøen i henhold til vanndirektivet. Dette skal omfatte artssammensetning, mengde og bestandsstruktur. Feltarbeidet for undersøkelsen ble gjennomført i august 2016, og omfattet garnfiske i strandnære og pelagiske områder, bruk av el.fiskebåt og hydroakustikk. I tillegg ble det supplert med lokalt innsamlet materiale av sik i november. Tilstandsklassifiseringen er basert på norsk i endringsindeks for fisk (NEFI), beslutningstre, båtelfiske, vekstmønster hos sik og siksild i 1912 og 2016 og en fiskefaglig vurdering. Hurdalssjøen er et reguleringsmagasin fra 1800-tallet med en reguleringshøyde på 3,6 m fra 1905.

- 10 av de 14 fiskeartene som er angitt av Huitfeldt-Kaas (1918) ble funnet i 2016. Av disse 14 var to arter (harr og laue) sannsynlig heller ikke til stede i 1918, og to arter (ørekyte og røye) finnes i dag høyere opp i nedbørfeltet. Begge disse to artene er konkurransesvake og vil i flerartssamfunn, sannsynligvis også i naturtilstanden ha ytterst små bestander. Det er ingen indikasjoner på at fiskesamfunnets artssammensetning har endret seg siden 1918.
- Garnfiske i pelagiske områder viste et forventet fiskesamfunn med dominans av sik (sik, siksild) og krøkle, med innslag av abbor, mort og ørret. Norsk endringsindeks viser ingen endringer for perioden 1977/79 til 2016, dvs. en periode på 37-39 år.
- Elektrisk båtelfiske og garnfiske i strandsonen påviste mort, gjedde, hork, abbor, lake, steinsmett, ørret og niøye.
- Lengdefordelingen i garnfangstene og ved elektrisk båtelfiske påviste også forekomst av små individer fisk av alle arter. Det er ingen indikasjoner på at noen arter har rekrutteringssvikt. Lengdefordelingen i garnfangstene og ved båt el.fiske angir forekomst av små individer fisk for alle bestander. Det er ingen indikasjoner på at noen arter har rekrutteringssvikt, men årsklassestyrke hos siksild kan sannsynligvis enkelte år påvirkes av vannstanden i Hurdalssjøen.
- Beregnet n-EQR for WS-FBI (Weighted Stratified Index) var 0,60 som veid snitt for alle transekter, noe som er «god» økologisk status, men på grenseverdien mellom «god» og «moderat». I sentrale pelagiske områder beregnes n-EQR til 0,87 og «svært god» status.
- Vekstmønster hos sik og siksild, alder ved kjønnsmodning og vekststagnasjon i materiale fra 1912 og 2016 er svært likt og gir ingen indikasjoner på vesentlige endringer for fisk i pelagiske områder.
- Rekruttering hos ørret i innløpselver som er tilgjengelig for oppvandring fra Hurdalssjøen bør angis som en risiko for fiskebestanden i Hurdalssjøen.



Forord

Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma (Huvo) har ansvaret for å foreta en klassifisering av Hurdalssjøen i henhold til vannforskriften og skal også være en pådriver for at målene i EUs vanndirektiv nås. I den forbindelse ble Naturhistorisk museum ved Universitetet i Oslo sammen med Norsk institutt for Naturforskning og stipendiat Atle Rustadbakken våren 2016 tildelt oppdraget for å klassifisere fisk som kvalitetselement.

Oppdraget er et samarbeidsprosjekt mellom Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) og Huvo, der også Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Akershus fylkeskommune, og Vannregionmyndigheten for Glomma er aktive samarbeidspartnere. Huvo koordinerer oppdraget. Utgangspunktet for prosjektet er at det ikke foreligger et tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag for å fastsette økologisk tilstandsklasse for Hurdalssjøen.

Hurdalssjøen reguleres i dag med en differanse mellom HRV og LRV på 3,6 meter. De økologiske effektene av dette er ikke godt undersøkt. På grunn av Hurdalssjøens størrelse, morfologi og artsrikdom på fisk er denne innsjøen spesielt krevende å klassifisere etter vannforskriftens kriterier og prinsipper, slik kriteriene foreløpig er definert. I tillegg til fisk er det i 2016 foretatt en klassifisering av makrofyter. Oppdraget på fisk skal kunne gå inn som del av grunnlaget for en senere samlet klassifisering.

Den foreliggende klassifiseringsveilederen (02:2013 – revidert 2015) er benyttet så langt det er mulig. Der dette ikke er tilstrekkelig er annet veiledningsmateriell benyttet, spesielt Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem, M22-2013.

I 2015 og 2016 har et konsortium bestående av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo (NHM-UiO), Høgskolen i Hedmark (HiHm) og Norsk institutt for naturforskning (NINA) gjennomført utprøving av metoder for overvåking av fiskebestander i store innsjøer, med fokus på den pelagiske delen av innsjøøkosystemet. Undersøkelsen i Hurdalssjøen har holdt nær kontakt med konsortiet, og prosjektleder Odd Terje Sandlund takkes for gode råd underveis. Glommen og Laagens brukseierforening takkes for viktige vurderinger av vannstanden i Hurdalssjøen. Lokalt har Trond Hammeren, Haaken Eric Mathiesen, Jon Dal og Olaf Knai gitt verdifull informasjon om fiske. Helge B. Pedersen (HUVO) takkes for lokal administrasjon av prosjektet og for å ha formidlet kontakt med en rekke lokalkjente personer. Alle takkes for viktige bidrag.

Oslo 20.6.2017


Åge Brabrand



Innhold

1	INNLEDNING	11
2	TIDLIGERE UNDERSØKELSER PÅ FISK	12
3	HURDALSSJØEN	13
3.1.	FISKEARTER	14
3.2.	INNØPSELVER	15
3.3.	REGULERINGER	16
3.4.	VANNSTAND I HURDALSSJØEN	17
3.5.	BESKATNING	19
4	REFERANSETILSTAND	20
5	METODIKK	20
5.1.	GARN	21
5.2.	TEMPERATUR	22
5.3.	EKKOLODD	23
5.3.1.	<i>Programvare og analysestandarder.....</i>	<i>23</i>
5.3.2.	<i>Hydroakustisk registrering og analyser.....</i>	<i>23</i>
5.3.3.	<i>Forholdet mellom lengde og ekkostyrke</i>	<i>25</i>
5.3.4.	<i>Vannforskriften og økologisk tilstand basert på hydroakustikk.....</i>	<i>25</i>
5.4.	BÅTELFISKE	26
6	RESULTATER	29
6.1.	TEMPERATUR	29
6.2.	FISKEARTER I HURDALSSJØEN.....	29
6.3.	GARNFANGSTER.....	30
6.3.1.	<i>Pelagisk sone</i>	<i>30</i>
6.3.2.	<i>Profundalsona</i>	<i>33</i>
6.3.3.	<i>Littoral sone.....</i>	<i>34</i>
6.4.	NORSK ENDRINGSINDEKS FOR FISK, NEFI	36
6.5.	VEKSTMØNSTER HOS SIK I 1912 OG 2016	39
6.6.	BÅTELFISKE	43
6.7.	HYDROAKUSTIKK	46
6.8.	ØKOLOGISK TILSTAND BASERT PÅ WS-FBI INDEKSEN	51
7	DISKUSJON	52
7.1.	PÅVIRKNING	53
7.2.	REGULERING	54
7.3.	LITTORALT FISKESAMFUNN	55
7.4.	PELAGISK FISKESAMFUNN.....	56
7.4.1.	<i>Norsk endringsindeks for fisk, NEFI</i>	<i>56</i>
7.4.1.	<i>Vekstmønster hos sik og siksild</i>	<i>56</i>
7.4.2.	<i>WS-FBI indeksen</i>	<i>57</i>
7.5.	ØRRET OG RISIKO	57
7.6.	KLASSIFISERING.....	58
8	LITTERATUR	59

1 Innledning

Hurdalssjøen har en betydelig størrelse (32,3 km²), har en sentral beliggenhet i østlandsområdet og har et artsrikt fiskesamfunn. I arbeidet med vannforskriften skal alle vassdrag vurderes i forhold til påvirkninger og miljøtilstand. Hurdalsvassdraget inngår i Vannområdet Hurdalsvassdraget/ Vormå, der det i 2014 ble utarbeidet en tiltaksanalyse. Det er her satt opp miljømål for hver vannforekomst i vannområdet, og det er også vurdert om kunnskapsgrunnlaget er «godt nok» eller ikke.

Hurdalssjøen inngår i kategorien «store sjøer», som er en av de vanntypene som skal inngå i basisovervåkingen under vannforskriften. Overvåkingen av denne innsjøtypen ble igangsatt i 2015 gjennom overvåkingsprosjektet ØKOSTOR (Lyche Solheim mfl. 2016), og som dekker alle kvalitetselementer og støtteparametere unntatt fisk, fordi metodikk for klassifisering av fisk som kvalitetselement ikke er ferdig utviklet (Sandlund mfl. 2013, veileder 2013).

Store innsjøer i Norge domineres av en stor pelagisk sone, en littoral sone langs land og en profundalsone på dypt vann. Den biologiske produksjonen i de pelagiske områdene er knyttet til planktoniske organismer og planktonetende fisk som kan utnytte krepsdyr, ofte med predatorarter som storørret eller andre predatorarter som kan utnytte småfisk som bytte. Produksjon av næringsdyr for fisk i strandnære områder er mer variert og består av bunndyr (insekter, snegl, krepsdyr m.fl.) og halvplanktoniske krepsdyr. I profundalsonen er det gjerne få grupper næringsdyr til stede, men de kan forekomme i høye tettheter.

De tre habitatene har i prinsippet forskjellig fiskesamfunn selv om flere arter finnes flere steder, og de responderer også forskjellig på menneskelig påvirkning. I vannforskriften skal følgende tre hovedparametere danne grunnlag for klassifisering av fisk som kvalitetselement:

- Artssammensetning
- Mengde (i biomasse eller relative mål)
- Bestandsstruktur (alder eller lengdefordeling) hos de viktigste artene

En oversikt over hvilke arter som forekommer, krever prøvefiske i alle de tre viktigste habitatene i innsjøen, både littoral-, profundal- og pelagialsona (Tammi 2003, Schmieder 2004, Holmgren mfl. 2010, Sandlund mfl. 2013). Det gjelder ikke minst for Hurdalssjøen med sin artrikdom, og med to morfer sik (sik og siksild). For Hurdalssjøen er det valgt å følge anbefalinger for fisk i store sjøer gitt i Sandlund m.fl. (2016), med innsamling i alle tre habitater, ved bruk av hydroakustikk, el.fiskebåt (se Menezes mfl. 2013) og garn i de tre habitatene.

I klassifiseringsarbeidet med Hurdalssjøen er det av Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma (Huvo) ønsket fokus på regulering som påvirkningsfaktor. Reguleringen av de største innløpselvene og av selve Hurdalssjøen er av gammel dato, og det har vært vanskelig å dokumentere naturtilstanden mht. vannstandsvariasjon og avrenningsmønster (GLB 2016). Trusselbildet er imidlertid sammensatt, men primært knyttet til følgende forhold (nå og i fremtiden):

- Vannstandsvariasjon, pr. idag 3,6 m reguleringshøyde
- Eutrofiering
- Avrenning fra menneskelig aktivitet i nedbørfeltet (partikler, endret avrenningsmønster fra innløpselver)
- Forsuring i deler av nedbørfeltet
- Endring av strandsone og terrestriske nærområder
- Rekruttering hos elvegytende arter
- Beskatning/utsetting
- Utsetting av nye arter

2. Tidligere undersøkelser på fisk

De tidligere fiskeundersøkelsene i Hurdalssjøen har stort sett konsentrert innsatsen om de vanligste fiskeartene, og har hatt spesielt fokus på ørret og storørret og i mindre grad behandlet alle fiskeartene. Den første omfattende undersøkelsen ble foretatt i 1977-79 av Kildal og Skurdal (1982), som inkluderte en beskrivelse av fiskesamfunnet i både pelagiske og littorale områder. I de pelagiske områdene dominerte siksild (størrelse 16-24 cm) og krøkle, mens større sik (>30 cm) hadde beskjeden forekomst. De to sikformene er tidligere beskrevet av Huitfeldt-Kaas (1927) som angir at de gyter på forskjellig tid og sted, noe som antyder at de er genetisk adskilte morfer. I strandsonen var det dominans av abbor, mort og gjedde, men sik/siksild ble også påvist i strandsonen. I dette prøvefiske ble det bare fanget to ørret. Undersøkelsen har en god beskrivelse av anvendt innsamlingsmetodikk, og den vil være et verdifullt bidrag for å beskrive fiskesamfunnet slik det var i 1977-79. I tillegg inneholder undersøkelsen en del intervjuer med grunneiere om fiske og deres inntrykk av bestandene.

Brabrand m.fl. (1990) foretok en vurdering av storørrestammen i Hurdalssjøen, Vormo og Glomma i Akershus basert på litteratur og upubliserte merkeforsøk som tidligere var gjennomført av Per Aass. Det pelagiske fiskesamfunnet ble undersøkt ved kvantitativ hydroakustikk av Linløkken (1991), som konkluderte med at det var lav tetthet av fisk større enn ca 25 cm, og at det var dominans av småfisk (mindre enn ca 10 cm), sannsynligvis av siksild og krøkle.

I 1990/1992 ble det foretatt et prøvefiske i Hurdalssjøen i regi av Akershus Jeger- og fiskerforbund (Wilberg 1995), med vekt på kartlegging av forholdene for Hurdalsørret. Prøvefiske ble gjennomført med flytegarn og bunngarn, samt ekkoloddregistreringer og noe elektrofiske på utvalgte innløpsbekker. Vekstmønsteret hos storørret viste et typisk vekstomslag ved lengde ca 22 cm og med sannsynlig utvandring fra elv til innsjø ved alder 3-5 år og med 3 år som dominerende utvandringssalder. Undersøkelsen antydte at siksild er viktigste byttefisk for storørret, mens betydningen av krøkle var usikker. Det ble påvist dominans av abbor, mort og gjedde med mindre innslag av lake, ørret og sik.

I august 1993 gjennomførte Hurdalssjøen Utmarkslag et prøvefiske med definert bunngarnserie, og resultatene er gitt som primærdata (Hurdalssjøen Utmarkslag 1993). Det ble påvist dominans av abbor og mort, samt en del sik.

Utmarksavdelingen Akershus og Østfold (1994) har gjennomført registreringer av ungfisk på flere innløpselver og bekker. I regi av Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma ble det i 2014 og 2016 gjennomført elektrofiske i en rekke mindre bekker som drenerte til Hurdalssjøen, enten direkte eller til tilstøtende elver med utløp i Hurdalssjøen (Pedersen m. fl. 2015, 2017). Undersøkelsen viste bestand av ørret i mange av disse bekkene, men der enkelte bekker burde følges videre pga. fortsatt mulig forsuring.

Tabell 2.1. Referanse til tidligere undersøkelser på fisk i Hurdalssjøen, året for gjennomføring og tema i stikkords form.

Referanse	År	Tema-stikkord
Huitfeldt-Kaas (1927)	1912	Sik og siksild, aldersfordeling
Kildal og Skurdal (1982)	1977-79	Prøvefiske Hurdalssjøen
Brabrand m.fl. (1990)	1990	Hurdalssjøen, Vormå, Glomma, merkeforsøk P. Aass
Linløkken (1991)	1990	Hydroakustikk
Wilberg (1995)	1990-1992	Prøvefiske Hurdalssjøen elektrofiske
Hurdalssjøen Utmarkslag (1993)	1993	Prøvefiske Hurdalssjøen
Utmarksavdelingen Akershus og Østfold (1994)	1994	Elektrofiske innløpsbekker
Pedersen m. fl. 2015, 2017	2014-2016	Elektrofiske tilløpselver
Brabrand m. fl. 2009, 2016	1997-2016	Elektrofiske tilløpselver
Pedersen m.fl. 2017	2016	Elektrofiske småbekker Hurdalssjøen vest og øst

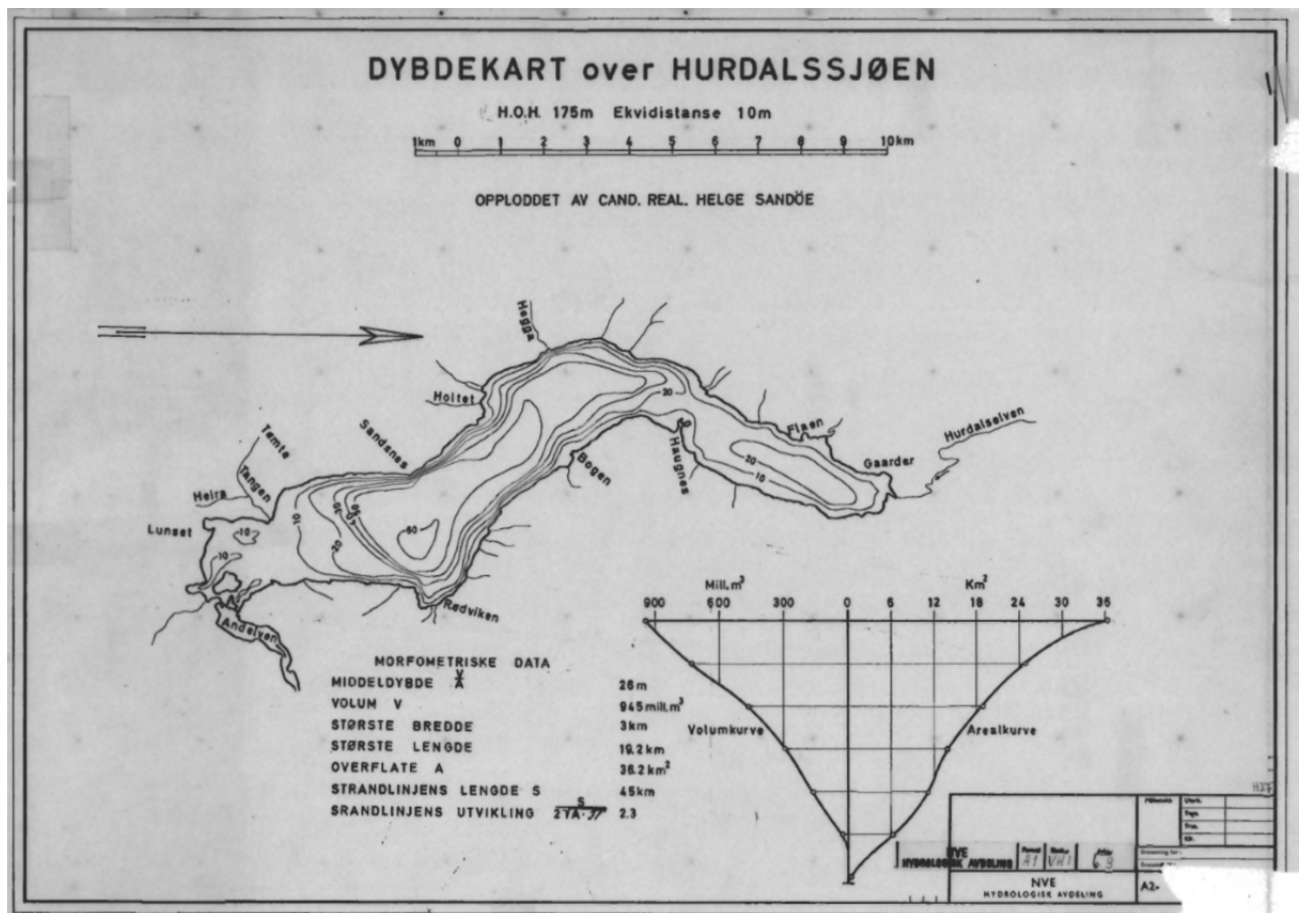
Etter initiativ fra Hurdal Jeger- og Fiskeforening, fiskeforvalter i Akershus (daværende Kato Lunder) og Glommens og Laagens Brukseierforening ble det høsten 1997 startet en årlig overvåking av fiskebestanden i den delen av Hurdalsvassdraget som er tilgjengelig for oppvandring av ørret fra Hurdalssjøen, samt i Gjødingleva og Hegga (Brabrand m. fl. 2009, 2016). På grunnlag av tetthetsberegningene i disse årlige undersøkelsene ble det foretatt en klassifisering av økologisk tilstand iht. gjeldende veileder (2013), og økologisk tilstand for hovedstrengen i Hurdalsvassdraget (Høverelva-Hurdalselva) viser i store trekk «svært god» og «god» tilstand for fisk i vassdragets øvre deler, mens tilstanden etter 2008 er dominert av «svært dårlig» og «dårlig» økologisk tilstand. Dette settes i forbindelse med lave tettheter av årsunger. Flere storørrestammer med liknende levetilstand er i DN (2/1997) klassifisert som utryddet eller med usikker storørretforekomst. Det er derfor viktig å følge bestandsutviklingen til denne typen storørrestammer.

3. Hurdalssjøen

Innsjøarealet er på 32,3 km², og innsjøen er delt i to bassenger, et nordlig med maksimaldyp på ca 25 m og et sydlig basseng med største dyp på ca 59 m. Innsjøen karakteriseres som næringsfattig.

3.1. Fiskearter

Innsjøen har et betydelig antall fiskearter (se Tabell 1). Mange arter tilhører et typisk sør-øst norsk fiskesamfunn, selv om en del sentrale arter i karpefiskfamilien ikke finnes i Hurdalssjøen. Ingen av de tidligere gjennomførte undersøkelser har hatt som målsetting å kartlegge det totale fiskesamfunnet eller karakterisere forekomsten av alle fiskeartene. Kildal og Skurdal (1982) har benyttet Huitfeldt-Kaas (1918) i sin artsoversikt, sannsynligvis også Jensen (1968). Det er imidlertid en viss uoverensstemmelse mellom Huitfeldt-Kaas (1918) og Jensen (1968) når det gjelder fiskearter som er angitt å være tilstede.



Figur 3.1. Dybdekart over Hurdalssjøen slik det foreligger som oppmålt kart i NVE fra 1949.

Laue er ført opp som forekommende art av Huitfeldt-Kaas (1918) og harr, lagesild og brasme av Jensen (1968). Det er sannsynlig at disse artene ikke forekommer eller har forekommet i Hurdalssjøen, og at de derfor feilaktig er oppført av Huitfeldt-Kaas og Jensen. Med unntak av harr er ingen av disse artene følsomme for de miljøendringene som er aktuelle, verken for Hurdalssjøen og for innløpselvene (hydromorfologiske endringer), og de er alle, harr inkludert, lette å påvise og de burde være kjente arter for allmenheten i området. Når disse artene ikke er påvist på noen av de brukte redskapstypene i 1977/79 (Kildal og Skurdal (1982), i 1990-92 (Akershus jeger- og fisk 1995), i 1993 (Hurdalssjøen Utmarkslag 1993) eller i den

nå gjennomførte undersøkelsen i 2016, så forsterker det inntrykket av at de ikke finnes i Hurdalssjøen.

Av innførte arter i Hurdalssjøen nevner Huitfeldt-Kaas (1918) karuss. Karuss er heller ikke påvist ved noen av de tidligere undersøkelsene, noe som indikerer svært beskjeden, eller mer sannsynlig, at den finnes i dammer med avrenning til Hurdalssjøen. I vanndirektivet regnes arter som introduserte dersom de er satt ut etter år 1900, men som naturlige dersom de er satt ut tidligere enn 1900.

Tabell 3.1. Fiskearter som er angitt å være tilstede i Hurdalssjøen. *Angitt som innført fiskeart (Huitfeldt-Kaas 1918) og påviste fiskearter i 2016.

Art	Huitfeldt-Kaas 1918	Jensen 1968	Kildal og Skurdal 1982	Prøvefiske- el.fiskebåt 2016
Ørret	+	+	+	+
Ørekyt	+	+	+	-
Steinsmett	+	+	+	+
Niøye	+	+	+	+
Lake	+	+	+	+
Gjedde	+	+	+	+
Abbor	+	+	+	+
Mort	+	+	+	+
Sik	+	+	+	+
Røye	+	+	+	-
Krøkle	+	-	+	+
Hork	+	-	+	+
Harr	-	+	-	-
Lagesild	-	+	-	-
Brasme	-	+	-	-
Laue	+	-	-	-
Karuss*	+			-

3.2. Innløpselver

Hurdalssjøen drenerer store barskogsområder og får sin vanntilførsel hovedsakelig gjennom tre elver; Hurdalselva, Gjødingelva og Hegga. Alle er regulert gjennom dam i de respektive ovenforliggende innsjøer. I tillegg er det en rekke mindre bekker som drenerer skogsområder både på vest- og østsiden av Hurdalssjøen. Flere av disse har periodevis svært lav vannføring og vandringsstrekning for fisk fra Hurdalssjøen er for flere av bekkene begrenset til noen hundre meter.

Flere av tilløpselvene og bekkene er preget av surt vann. Det gjelder også de vestlige delene av nedbørfeltet til Hurdalselva og deler av nedbørfeltet til Hegga og Gjødingelva. Her gjennomføres det regelmessig kalking, og et større antall lokaliteter inngår i overvåkingsprogrammet for vannkvalitet i Akershus (Fylkesmannen i Oslo og Akershus).

Det er to fisketrapper i Hurdalselva slik at ørret kan vandre forbi Hurdal verk og også forbi Mølla og opp til nedstrøms Rognlifossen. Trappa ved Hurdal verk ble bygget på 1960 tallet. Selve dammen ble bygget en gang på slutten av 1800-tallet og fram til 1960 tallet stengte dammen for videre oppvandring. Trappa ved mølla ble bygget langt seinere, på begynnelsen av 1990-tallet. Det er ikke noe som tilsier at det ved Hurdal verk eller ved Mølla er naturlige vandringshindre, og det er sannsynlig at strekningen for gyting- og oppvekst i naturtilstanden gikk opp til Rognlifossen. Trappene har derfor sannsynligvis ført til at strekningen for gyting og oppvekst er tilbake til nær naturtilstanden (Brabrand et al. 2016).

I Gjødinglelva kan ørret fra Hurdalssjøen vandre opp til Raudfossen, en strekning på ca 3,2 km (Egge 1994). Denne fossen regnes som et naturlig vandringshinder. Hegga har en tilgjengelig strekning for ørret fra Hurdalssjøen som er betydelig mindre, bare ca 300 m, før fisken møter en naturlig skrent rett nedenfor riksveien.

3.3. Reguleringer

Hurdalssjøen og Andeelva er regulert og vannet utnyttes i fem kraftverk før samløp med Vormå. Høydeforskjellen mellom Hurdalssjøen og Vormå er totalt på ca 53 m, og den største fossen utnyttes i Bøhnsdalen kraftverk som utnytter en fallhøyde på 19 m. Flere fiskearter i Andeelva som ikke finnes i Hurdalssjøen viser naturlige vandringshindre fra gammelt av mellom Andeelva og Hurdalssjøen.

Etter Stortingets vedtak 18. Juni 1986 er Hurdalsvassdraget gitt vern mot kraftutbygging i ”Verneplan for vassdrag”. Det er her presisert at vernet gjelder Hurdalssjøens tilløpselver. En gjennomgang av praktiseringen av reguleringene er gitt i brev fra Glommens og Laagens Brukseierforening (5. juli 1996, ref. R-AMO/10.032), se også egen avtale mellom Hafslund ASA og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB-arkiv 167). En gjennomgang av reguleringen slik den har vært praktisert og forslag til manøvreringsreglement er også gitt i Rørslett (1998).

Reguleringsrettigheten av Hurdalssjøen var inntil 1993 eid av Mathiesen–Eidsvold Værk. Reguleringen er på 3,6 m, med HRV på kote 176,29 og LRV på kote 172,69 (Statens kartverk), og den har vært konsesjonsfri. Fallrettighetene og manøvreringen av Hurdalssjøen ble i 1993 overtatt av Hafslund Energi. Avtalen her mellom Mathiesen – Eidsvold Værk (MEV) angir at kraftverkene skal operere dammen etter de regler/instrukser som foreligger eller følges pr. 30. april 1993. Det skal bl.a. tas hensyn til jakt, fiske og friluftsliv.

I år 2000 ble det inngått en ny avtale mellom Hafslund ASA og Glommens og Laagens Brukseierforening om overtagelse av reguleringsrettigheter og forpliktelser i Hurdalssjøen. I henhold til denne avtalen overtok GLB fra 1. Januar 2001 det fulle ansvar for bruk, drift og vedlikehold av Sagdammen (utløp Hurdal i Andeelva) og retten til å regulere Hurdalssjøens vannstand og tappingen til Andeelva.

Hafslund ASA beholder fortsatt retten til å *regulere* vannstand og vannføring gjennom 6 dammer i vassdragene ovenfor Hurdalssjøen, mens *eiendomsretten* til disse dammene fortsatt

tilhører Mathiesen–Eidsvold Værk. Det gjelder Øyangen, Skrukkelisjøen, Høversjøen, Hersjøen, Svartungen og Steinsjøen.

I instruks fra MEV til damvokterne siteres følgende (se brev fra GLB til NVE):
”Målet er å regulere vannføringen for en rasjonell utnytting av kraftverkene i Andeelva. Så langt det er mulig skal reguleringene dempe virkningene av skadeflom”.

Manøvreringspraksis har vært å tappe ned innsjøene ovenfor Hurdalssjøen før vinteren, og at dammene ble stengt i «vinterstilling» like før det blir kuldegrader. Hensikten med nedtappingen har vært å ha magasinkapasitet for smeltevannet påfølgende vår, men også at «vinterstillingen» skulle gi en viss vannføring om vinteren bl.a. for å sikre overlevelse av rogn og fiskeunger.

Dette er dagens gjeldende manøvrering. Konsekvensen av dette er imidlertid at vannføringen er relativt høy utover høsten og fram til kulda setter inn, men at den påfølgende vintervannføringen blir lav. Kuldegrader i nedbør-feltet gjør selvsagt at avrenningen til innsjøene blir lav, og avrenningen fra restfeltet nedenfor dammene blir da også lav. Perioder med regn og mildvær endrer ikke dette hovedmønsteret.

Etter at innsjøene er fulle etter vårflommen er vannføringen i elvene inn i Hurdalssjøen bestemt av ordinært tilsig og overløp over de gamle fløtningsdammene. Sommervannføringen er derfor i «vanlige år» lik naturtilstanden.

Det foreligger ikke målte vannføringer i Hurdalselva, men GLB beregnet høsten 2015 vannføringen inn til Hurdalssjøen, basert på arealavrenningen fra nedbørfeltet (spesifikk arealavrenning og nedbørfeltets totalareal). Dette vil langt på vei gi et godt inntrykk av vannføringen, men vil kunne avvike i perioder med oppfylling og spesielt i periodene ved nedtapping (forhøyet vannføring) og perioder etter nedtapping og stenging av dam i utløp av ovenforliggende innsjøer (like før vinterperioden). Avviket vil være størst i slike perioder og rett nedenfor dammene.

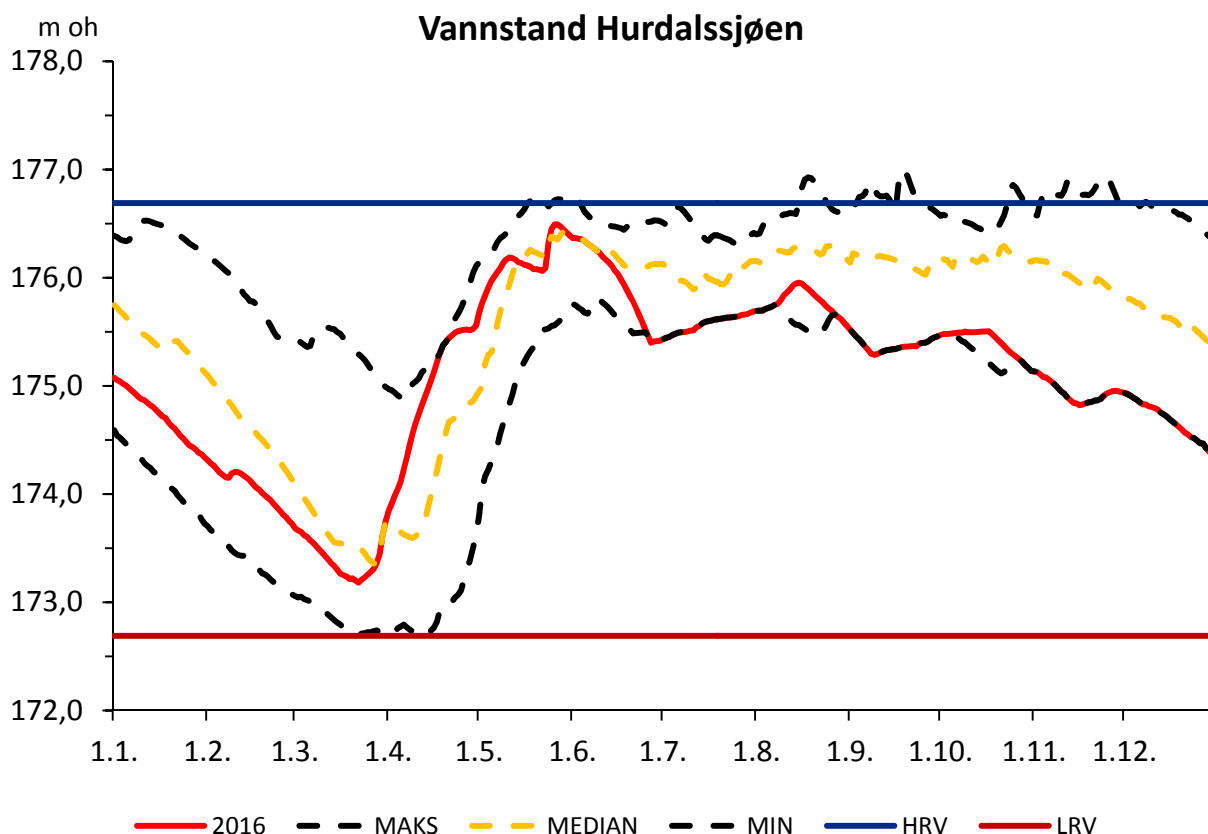
3.4. Vannstand i Hurdalssjøen

Vannstanden i Hurdalssjøen blir i all hovedsak holdt av dammen ved Moelven Eidsvold Værk i Andelva (Sagdammen). Det er imidlertid falltap mellom selve Hurdalssjøen og Sagdammen, særlig ved lav vannstand i Hurdalssjøen. De offisielle målingene av vannstanden i Hurdalssjøen foregår derfor i dag ved et målepunkt som ligger i overgangen mellom Hurdalssjøen og Andelva, og ikke ved selve Sagdammen.

Reguleringen av Hurdalssjøen er svært gammel og går helt tilbake til 1800-tallet eller tidligere. Det er kjent at reguleringsdammen ble bygd om til steindam i 1881 og at reguleringshøyden på 3,0 m i den forbindelsen ble avmerket av sorenskriveren. I 1905 ble reguleringsretten bekreftet samt at det ble gitt ekspropriasjonstillatelse til en tilleggssenking på 0,6 m, slik at total reguleringshøyde for Hurdalssjøen etter dette ble på 3,6 m.

Det er ut fra alderen på reguleringen vanskelig å komme med betraktninger rundt hvordan vannstanden i Hurdalssjøen har vært under uregulerte forhold (naturtilstand). GLB kan imidlertid gi opplysninger om hvordan variasjonen i vannstanden har vært fra rundt 1900 og fram til i dag. I GLBs forslag til manøvreringsreglement fra 1996 ble Hurdalssjøens normalvannstand referert til å tilsvare Sagdammens terskelnivå (kote 175,64). I rapporten "Konsekvensutredninger i samband med forslag til nytt manøvreringsreglement for Hurdalssjøen" (utarbeidet på oppdrag fra Romerike vannbruksplanutvalg/Akershus Fylkeskommune i 1998) argumenteres det for at innsjøens nullnivå bør baseres på årlig medianvannstand og at denne er 30 cm lavere enn det nullnivået GLB opererer med. Uavhengig av hva som er korrekt nullpunkt, oppfattes manøvreringen hovedsakelig som en senking fordi LRV ligger lengere unna 0-nivået (eller årsmedian for reguleringen) enn det HRV gjør. Ut fra dette er senkingshøyden målt i meter større enn hevingshøyden og reguleringen er slik sett hovedsakelig en senking.

Vannstandsstatistikken viser at Hurdalssjøen i perioden 1900-1960 ble tappet ned til nivåer mer enn 1 m under LRV og at den årlige variasjonsbredden i vannstanden var på inntil 6 m. De siste 10-årene har variasjonsbredden maksimalt vært i overkant av 4 m, og sjøen har ikke blitt tappet ned lavere enn til LRV.



Figur 3.2. Vannstand i Hurdalssjøen i 2016 vist sammen med median, maksimum og minimumsverdier for perioden 2006-2016. Kilde GLB).

Nedtapping av Hurdalssjøen gjennom vinteren gjøres med en målsetting om å nå ned til LRV ved slutten av tappeperioden på vinteren slik at magasinet kan utnyttes fullt ut. Vannstandsstatistikken for Hurdalssjøen viser imidlertid at en sjelden når helt ned til LRV før vårtilsiget inntreffer og vannstanden begynner å stige. Dette skyldes en kombinasjon av lav slukeevne på kraftverkene i Andelva, noe som gir langsom nedtapping hvis en skal unngå tapping forbi kraftverkene, og til en viss grad også trenden med tidligere snøsmelting og tilsigsøkning.

HRV overskrides normalt i vårflommen fordi tilsiget fra snøsmelting og nedbør periodevis er høyere enn tappingen etter flomtappekurven som gjelder for Sagdammen.

Simuleringer foretatt av GLB viser at gitt dagens tappekapasitet, så ville vannstanden gjennomgående vært lavere uten regulering, spesielt på sommeren. Det har sannsynligvis historisk blitt gjort betydelige endringer i avløpskapasiteten fra Hurdalssjøen gjennom kanalisering og senkning i øvre del av Andelva ned mot Sagdammen. Simuleringene sier imidlertid lite om hvordan vannstanden i Hurdalssjøen varierte over året før den i det hele tatt ble regulert (dvs. tilbake på 1800-tallet eller tidligere).

3.5. Beskatning

Spredt historisk informasjon over fiske i Hurdalssjøen viser at det i tidligere tider var et omfattende husholdfiske, mye knyttet til sik og spesielt siksild på gyteplassene høst og senhøstes (lokale opplysninger). Det ble fisket med garn og stedsnavn som Vadragnet på nordsiden av Bergsøya mer enn antyder bruk av vad fra gammelt av. Garnfiske etter siksild foregikk seint på høsten og på grunt vann flere steder rundt Hurdalssjøen. Lokalkjente personer bekrefter også oppgang av siksild i de nedre deler av Hurdalselva. I Oslo og Akershus Jordskifterett 25.10.2000 ble det gitt opplysninger om fisket i Hurdalssjøen opp gjennom tidene. Alt tyder imidlertid på at omfanget av det tidligere husholdfiske etter sik og siksild er betydelig redusert, fra i størrelsesorden «en del tonn» i tidligere tiden og i løpet av 1970-80 tallet til «få hundre eller til noen titalls» kilo (pers. meddelser, lokalkjente personer).

Fisket i hele Hurdalssjøen administreres idag av Hurdalssjøen Fiskeadministrasjon. Fiske i Oslo og Akershus er regulert gjennom fiskeforskriften 1990-08-06 nr. 697: Forskrift for innlandsfiske, Oslo og Akershus, mens fiskeregler spesielt for Hurdalssjøen er fastsatt av Hurdalssjøen Fiskeadministrasjon med hjemmel i Lov av 15.5.1992 nr. 47 om laksefisk og innlandsfisk, samt rettskraftig dom i Oslo og Akershus Jordskifterett 25.10.2000. Dommen angir fritt midtparti for allmenheten, mens grunneier har fiskerett mot egen eiendom. Fiskereglene trådte i kraft etter gyldig årsmøtevedtak 13.4.2005 i Hurdalssjøen Fiskeadministrasjon.

Alt fiske med garn i Hurdalssjøen er forbudt fra 15. september til 31. oktober. Det er satt et minstemål på ørret på 30 cm i innsjøen. I tilløpselvene er alt fiske forbudt i oktober måned og minstemålet for ørret er 25 cm.

I Kildal og Skurdal (1982) er det foretatt en kartlegging av fiske og fangst blant grunneiere. Det ble der konkludert med at fiske etter siksild på høsten var det viktigste, den gang med

garn (21 mm) på gyteplassene syd i sjøen i november-desember og med et totalkvantum på «flere hundre kilo». I nord ble det fisket etter sik, men fangstene her var mindre. Det ble også tatt en del abbor, lake og gjedde.

Det foregår i dag sportsfiske i Hurdalssjøen, spesielt etter ørret, gjedde og abbor. Dette fiske er lite kartlagt. Hurdalssjøen har en attraktiv storørretbestand, og det rapporteres årlig om fangst av større (flere kilo) ørret. Omfanget og den totale beskatningen av ørret er ikke kjent.

4. Referansetilstand

Det foreligger ikke datasett for fisk fra naturtilstanden eller for perioden før regulering i form av prøvefiske eller fangststatistikk. Avviket mellom dagens situasjon og forventet naturtilstand må derfor baseres på en faglig vurdering.

Garnfangster fra 1977/79 (Kildal og Skurdal 1982) kan benyttes for å beregne norsk endringsindeks for fisk i perioden 1977/79 og fram til 2016. Her er indikatorartene sik, abbor, krøkle, mort og ørret benyttet. Referansetilstanden er tallfestet på grunnlag av materiale fra 1977/79 og norsk endringsindeks for fisk (NEFI) er benyttet for å bestemme endringer i fiskesamfunnet for perioden 1977/79 og 2016.

Det foreligger vekstdata fra 1912 på sik og siksild i Huitfeldt-Kaas (1927), og data her er benyttet i en sammenlikning med dagens vekstmønster som en indikator på endringer for perioden 1912-2016.

5. Metodikk

Benyttet metodikk for å klassifisere økologisk tilstand for fisk i Hurdalssjøen er lagt nær opp til det som er benyttet i 2015 og 2016 i prosjektet «store sjøer» i regi av MD (Miljødirektoratet).

Det er foretatt feltinnsamling med bruk av bunngarn, flytegarn, elfiskebåt og ekkolodd. Metodikk i de angitte habitatene er gitt i Tabell 5.1.

Tabell 5.1. Metodikk benyttet ved fiskeundersøkelsen i Hurdalssjøen i 2016.

Metode	Littoral	Pelagisk	Profundal
Bunngarn, nordisk	X		X
Flytegarn, nordisk		X	
Jensen bunngarn	X		
Jensen flytegarn*		X	
El.fiskebåt	X		
Ekkolodd		X	X

*Modifisert

5.1. Garn

Standard nordiske prøvegarn (NS-EN 14757) er sydd sammen av 12 garnpaneler med maskevidder fra 5 til 45 mm. Hvert enkelt garnpanel er 2,5 m langt og er enten 1,5 m høyt (i bunngarn) eller 6 m høyt (i flytegarn). Til tross for at moderne fiskegarn kan fange fisk ned til under 10 cm's lengde har garnfiske sine begrensninger fordi garn er selektive, dvs. en gitt maskevidde fanger mer effektivt noen størrelser og arter av fisk enn andre.

Garnfiske ble utført i august 2016 i to perioder, en før og en etter den hydroakustiske innsamlingen.

Det ble i perioden 17.8.-19.8.2016 fisket med flytegarn (nordiske miljøgarn), med 2 ordinære flytegarn og med bunngarn (nordiske miljøgarn og Jensen) i nordlig og sydlig basseng (Figur 5.1). Det ble på grunnlag av de hydroakustiske resultatene og lave garnfangster besluttet å øke garninnsatsen. Det ble derfor 30.-31.8.2016 benyttet ordinære flytegarn (6 x 25 m) i sydlig basseng i to dybdesjikt, 5-11 m og 13-19 m.

Nordlig basseng:

- Flytegarn (6 x 30 m) nordiske miljøgarn, to i lenke 1-7 m og to i lenke 13-19 m
- Flytegarn (6 x 25 m), ett med hver av maskeviddene 26 og 35 mm
- Bunngarn nordiske miljøgarn profundalt, 1 stk.
- Bunngarn nordiske miljøgarn littoralt, 3 stk.
- En Jensen bunngarnserie littoralt

Sydlig basseng

- Flytegarn (6 x 30 m) nordiske miljøgarn, to i lenke 1-7 m og to i lenke 13-19 m
- Flytegarn (6 x 25 m), ett med hver av maskeviddene 26 og 35 mm
- Bunngarn nordiske miljøgarn profundalt, 1 stk.
- Bunngarn nordiske miljøgarn littoralt, 3 stk.
- En Jensen bunngarnserie littoralt
- Flytegarn (6 x 25 m) i to dybdesjikt: 5-11 m og 13-19 m, med maskeviddene: 10, 16, 19.5, 22.5, 26, 29, 35 og 39 mm.

All fisk fra garnfiske ble artsbestemt og lengdemålt. Det ble tatt skjell og otolitter av et utvalg sik og siksild for tilbakeberegning av vekst og sammenlikning med materiale fra 1912 (Huitfeldt-Kaas 1927). For siksild ble det tatt prøver av materialet samlet inn under prøvofiske i august 2016, mens det for sik ble tatt prøver av fisk samlet inn under lokal fangst av sik i gytetida i november 2016.

Teknisk ble garnfiske gjennomført etter planen, men det var små fangster både ved fiske 17.-19.8 og 30.-31.8.



Figur 5.1. Plassering av pelagiske garn (flytegarn og miljøgarn fg), profundale garn (miljøgarn bg) og littorale garn (miljøgarn bg og bunngarn) i nordlig og sydlig basseng i Hurdalssjøen i august 2016.

5.2. Temperatur

I sydlig og nordlig dypbasseng ble det natt til 25.8.2016 foretatt temperaturmålinger med et integrert termometer med 0,2 graders oppløsning i en 2000 ml Hydro-Bios Ruttner vannhenter fra overflate til bunn. Siktedypet 17.8.2016 ble bestemt til 7,0 m.

5.3. Ekkolodd

Til innsamling av ekkoloddata har vi benyttet et vitenskapelig ekkolodd. Dette består av transceiver (sender/mottaker), transducer (svinger), GPS og PC for å visualisere og lagre rådata. Svingeren ble montert på en brakett som kunne senkes fra overflatestilling under transport ned til ca 70 cm under vannoverflata under registrering. Ekkoloddet var av type SIMRAD EY60 og opererte på frekvensen 70 kHz. Svingeren var av type SIMRAD ES70-11 rettet vertikalt ned fra båten. Dette er en splittstrålesvinger med sirkulær 11°-3dB åpningsvinkel.

5.3.1. Programvare og analysestandarder

Til visualisering og lagring av ekkoloddata om bord i båten benyttet vi ekkoloddprodusentens egen programvare SIMRAD ER60. Til etterbehandling og analyser benyttet vi programmet Sonar5 Pro (S5) fra Lindem Data Acquisition (Balk & Lindem 2006, Balk 2014) samt statistikkpakke R (R Core Team 2014). Vi har behandlet dataene i tråd med standard prosedyre utarbeidet for De Store Sjøer (Parker-Stetter mfl. 2009), og norsk standard (NS-EN 15910:2014) for kartlegging av fiskebestander med hydroakustiske metoder (CEN 2014). Gjennom etterprosessering har vi utført bunndeteksjon, støyfjerning samt satt terskel mellom støy og biologi før vi beregnet volumtettheter (antall fisk per volumenhet, m³, vann), arealtettheter (antall fisk per ha), biomasser (antall kg fisk per ha) og størrelsesfordelinger av fisken (enten som TS (dB), eller som kroppslengder (cm)). Alle ekkoloddata er geolokaliserte.

5.3.2. Hydroakustisk registrering og analyser

Ekkoloddregistreringen ble gjennomført etter mørkets frambrudd, med transekter i et sikkakk-mønster med en dekningsgrad på 5,4. Dette antas å gi et godt statistisk grunnlag for tetthetsberegningene (Aglen 1983). Dekningsgrad = $L/\sqrt{A}$, der L er seilt distanse og A er innsjøens areal. Sendestyrken som ble brukt var på 320 W. Pingintervallet var 0,2 s og pulslengde 256 µs. Båtens hastighet under ekkoregistrering lå omkring 2 m/s (1,9 knop). Rådata ble lagret underveis (Balk 2014).

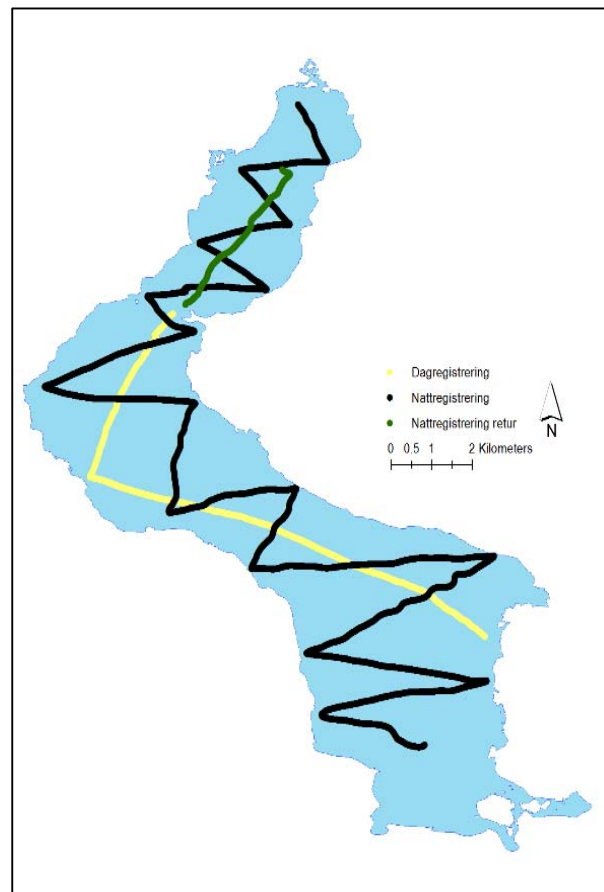
I etterprosesseringen av ekkoloddataene satte vi følgende kriterier for enkeltekkodeteksjon:

- Minimum og maksimum ekkolengde relativt til pulslengde 0,8 og 1,3 hhv.
- Maksimum 3 dB en-veis stråletverrsnitt-kompensering (off-axis gain)
- Maksimum 0,3° standardavvik i fasevinkel
- Medium multippeltopp filter
- Nedre terskel for enkeltekko (TS, target strength) ble satt til en målstyrke på -59 dB, basert frekvensfordelingen av enkeltekko og forventet målstyrke for 0+ krøkle utfra publiserte TS-lengdeforhold for krøkle (Rudstam mfl. 2003, Peltonen mfl. 2006).
- Nedre terskel for volumtilbakespredningsstyrke (Sv) ble satt til TS-terskel + 6 dB.

Den integrerte ekkomengden er en kombinasjon av antall og størrelse av fisken i det undersøkte vannvolumet. For å kunne estimere fiskemengde eller -tetthet (antall per volum- eller arealenhet), må en derfor dividere gjennomsnittlig integrert ekkoennergi (MVBC, mean volume backscattering coefficient) med gjennomsnittlig tilbakespredningsareal for enkeltfisk (σ_{bs}). Vi brukte her enkeltekkodeteksjoner som mål på ekkostyrke hos observert fisk. Denne

metoden er uavhengig av funksjoner som beskriver forholdet mellom fiskens lengde og ekkostyrke. De vertikale ekkoregistreringene ble analysert i 6 dybdeintervall (0-4 m (basert på oppskalering av 3-4 m), 4-11 m, 11-25 m og > 25 m). Disse representerte lagdelingen av fisk, slik vi kunne tolke ekkoloddataene. Vi beregnet MVBC innenfor hvert dybdeintervall for ESDU (elementary sampling distance unit) på 500 m. ESDU'er langs samme transekt ble slått sammen ved beregning av gjennomsnittsverdi for TS.

Ekkointegreringen ble avsluttet 0,3 m over bunnen for å unngå bunnekk og derved også fisk som stod svært nær bunnen i analysene. Videre ble data fra lagene 0-4 m og 4-11 m slått sammen under kategorien «Epi». Tilsvarende ble data fra lagene 11-25 og >25 m slått sammen under kategorien «Hypo» for beregning av verdier som skal inn i WS_{FBI} -indeksen presentert under.



Figur 5.2. Transekter kjørt under ekkolodding i Hurdalssjøen 24.-25.aug. 2016.

Tettheten i hvert dybdeintervall ble beregnet som $\# \text{ fisk m}^{-3}$. Gjennomsnittlig tetthet og variansmål ble estimert med GLM (Generalized Linear Model), med en antakelse om quasi-poisson fordeling. Denne antakelsen hadde sterk støtte i residualplott fra modellresultatene. Tettheten av 0+ krøkle ble beregnet som andelen av enkelttekkodeteksjoner med $TS < -53 \text{ dB}$. For større fisk ble artsfordelingen i tetthet satt lik artsfordelingen i fangstene. Tettheten av

artene ble så integrert over alle dybdeintervall innenfor hver ESU og representert som # fisk ha^{-1} . Gjennomsnittlig arealtetthet med tilhørende konfidensintervall ble så beregnet, igjen med en antakelse om quasipoisson fordeling med støtte i residualplott. Oppskalering til totalmengde ble gjort ved å multiplisere gjennomsnittlig arealtetthet med innsjøens totale pelagiale areal (jf. **tabell 4**). Estimering av biomasse for artene ble gjort ved å multiplisere mengden med gjennomsnittlig vekt for arten i fangstene.

5.3.3. Forholdet mellom lengde og ekkostyrke

Generelt blir forholdet mellom ekkostyrke (dB) og fiskelengde (cm) estimert ved lineær regresjon, med fiskelengde på base10-logaritmisk skala (ekkestyrke er pr definisjon også på logaritmisk skala). I Norge har modellparametere ($TS = 20\log_{10}(L) - 68$) fra Lindem (1982) sine undersøkelser i stor grad vært brukt, selv om det ikke har vært gjennomført studier for å verifisere parameterne i denne modellen. I undersøkelsene presentert i denne rapporten var det stor størrelsesoverlapp mellom krøkle og sik i fangstene og det var disse artene som dominerte i den pelagiske fiskebestanden. Observasjonene gjort med ekkolodd viste en totoppet størrelsesfordeling der særlig det søndre bassenget hadde tydelige topper omkring hhv. -52 og -43 dB, noe som tilsvarer lengder på hhv. 6,5 og 18 cm jmf likningen til Lindem (1982) over. Den første størrelsesgruppa i ekkolodddataene representerer trolig rekrutter av krøkle og sik i sjøen. Disse er nok i liten eller ingen grad representert i garnfangstene. Den andre størrelsesgruppa i ekkodataene ser ut til å samsvare med hovedmengden av siksild og krøkle i fangstene som lå mellom 10 og 22 cm. Dette gjorde at vi ikke kunne benytte oss av miksdistribusjon-modellering for å definere topper til de underforliggende fordelinger slik vi gjør der de dominerende artene danner distinkte og identifiserbare størrelsesfordelinger i fangstene. Pga stort størrelsesoverlapp måtte vi behandle krøkle og sik som én og samme gruppe ved sammenlikning av fangst- og ekkodata. Vi brukte derfor andelsmessig fordeling i fangstene til å beregne bidraget fra hver av disse i den største av de to identifiserte underfordelingene i ekkodataene. Dette forutsetter at fangstdataene er representative. For den yngste og minste størrelsesgruppa i ekkodataene har vi samme fordeling mellom krøkle og sik som for størrelsesgruppa 10-22 cm.

5.3.4. Vannforskriften og økologisk tilstand basert på hydroakustikk

Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet har i veileder (02:2013) beskrevet indeksen WS-FBI (Weighted Stratified Fish Biomass Index) som er utviklet for å beskrive eutrofiering i innsjøer basert på ekkolodddata (jf. Klassifiseringsveilederen, Direktoratetsgruppa 2013). Grunnlaget er at fiskebiomassen i pelagiske områder øker ved økende eutrofiering, men at økningen i de øvre vannlagene er større enn i de dypere liggende vannlagene. To variabler inngår i indeksen: total biomassetetthet i epilimnion (BM_{Epi}) og total biomassetetthet i hypolimnion (BM_{Hypo}), der begge måles som ha^{-1} . Ut fra disse kan total biomassetetthet regnes ut som $BM_{Epi} + BM_{Hypo}$. WS-FBI regnes ut som:

$$WS_{FBI} = 7 \overline{BM}_{Tot} + \frac{R_{Hypo}}{\max(R_{Hypo})} \quad (1)$$

hvor

$$R_{Hypo} = \frac{\log(BM_{Hypo} + 1)}{\log(BM_{Epi} + 1)} \quad (2)$$

og

$$\widehat{BM}_{Tot} = \frac{\min(\log(BM_{Tot})) + 1}{\log(BM_{Tot}) + 1} \quad (3)$$

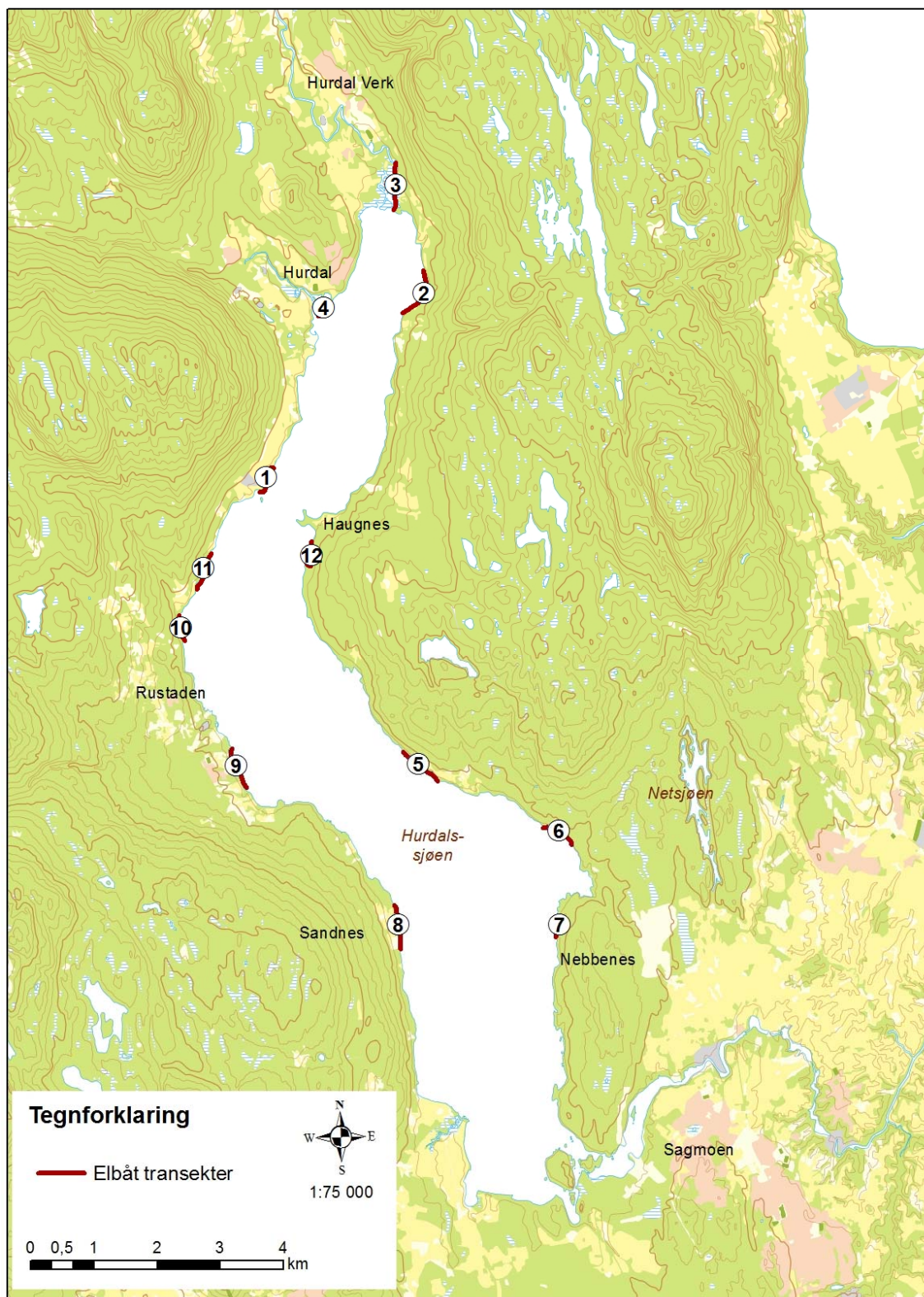
og der verdiene for konstantene $\min(\log(BM_{Tot}))$ og $\max(R_{Hypo})$ er satt som angitt i Sandlund mfl. (2013) ($\min(\log(BM_{Tot})) = -0,015$ og $\max(R_{Hypo}) = 5.53$).

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

5.4. Båtelviske

Det ble benyttet en 18 fot stor spesialbygget båt av aluminium (Smith-Root EH18). Foran baugen på båten er det plassert to anoder med stålvaier festet til justerbare svingarmer på hver side. Under det elektriske fisket fungerer båtenes skrog samt vaier som henger fra baugen av båten som katode. Når strømmen slås på oppstår et elektrisk felt rundt hver anode som til dels overlapper avhengig av vinklingen på svingarmene. Strømmen sendes ut via en 7,5 kW generator (Kohler Marin Generator) pulsator. Strømfeltet har en maksimal horisontal og vertikal rekkevidde på henholdsvis ca. 5 og 3 meter, men dette vil variere noe fra lokalitet til lokalitet pga. forskjeller i ledningsevnen. Det er mulig å variere mellom pulserende likestrøm (DC) og vekselstrøm (AC). Av dyrevelferdsmessige grunner benyttet vi alltid pulserende likestrøm. Spenningen kan justeres opp til 1000 V og pulsfrekvensen kan justeres fra 7,5 til 120 hertz etter vannets ledningsevne og etter hvilke fiskegrupper som er hovedfokus for undersøkelsene. Dette sikrer at den akutte dødeligheten til fisk fanget under båtelfiske er lav ($< 1\%$). I Hurdalssjøen lå utgangseffekten, etter riktig justering i forhold til vannkvaliteten, i intervallet 1.5 - 2.5 A (avleses og justeres kontinuerlig av båtfører). Fiskene som ble svimeslått under elektrofisket ble håvet opp av to personer som sto bak sikringsrekkverk i baugen på båten. Det ble benyttet langskaftete håver med maskevidde på 15 mm. Fisket ble gjennomført ved at båten ble manøvrert langs land, der den ene håveren dekket strandlinjen og den andre området utenfor. Fanget fisk ble overført direkte til en stor oppbevaringstank med kontinuerlig vanngjennomstrømming. Fisken ble etter artsbestemmelse og lengdemåling satt tilbake i Hurdalssjøen i det området der den ble fanget.

Antall sekunder som elfiskeaggregatet (model Smith-Root Electrofisher 7.5 GPP) var i drift ble registrert for hver forsøksstrekning. Start og stopp for hvert transekt ble registrert på GPS. Når avfisket areal beregnes har vi forutsatt at det fiskes effektivt over en bredde på 3,5 m.



Figur 5.3. Geografisk plassering av transekter (1-12) som ble undersøkt med elfiskebåt i Hurdalssjøen den 16. august 2016.

Elfiskebåt ble benyttet på til sammen 12 stasjoner i strandnære områder fordelt på nordlig og sydlig basseng og gjennomført 16.8.2016 (dagtid) under gode forhold (Figur 5.3). Habitatet på de ulike stasjonene ble klassifisert i felt og delt inn i følgende klasser: 1) Bart fjell og blokk, 2) bløtbunn med vegetasjon, 3) sand, 4) stein < 0.5 m dyp og grovt substrat > 0.5 m dyp og 5) stein < 0.5 m dyp og sand > 0.5 m dyp. I tabell 5.2 er opplysninger om de ulike stasjonene gitt, og i den videre resultatframstillingen er fangster i hver habitatklasse, ikke stasjon, framstilt.

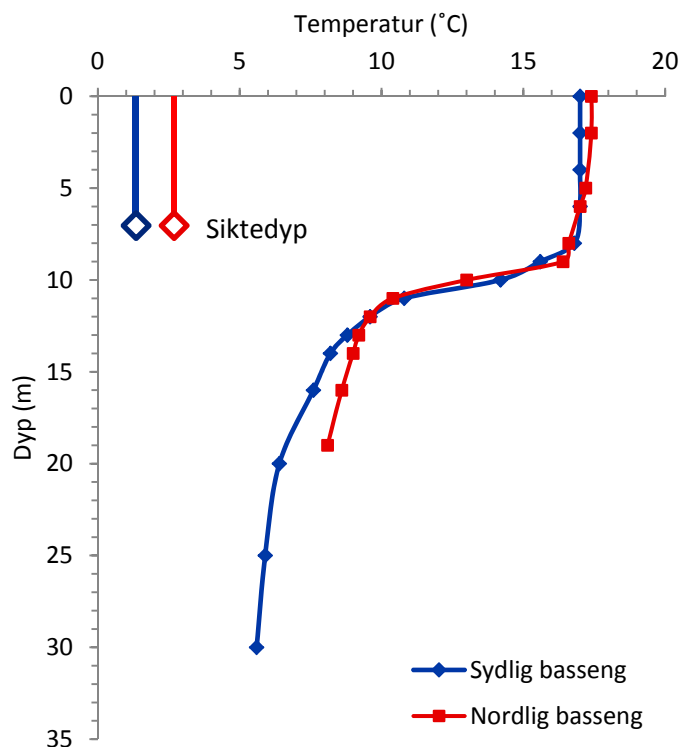
Tabell 5.2. Oversikt over ulike stasjoner fiske med elfiskebåt i Hurdalssjøen den 16. august 2016.

St	WP start (32V)	WP stopp (32V)	Areal (m ²)	Tid (s)	Habitat	Ant. Ind.	Ant. arter
1	0612421 6695925	0612333 6695596	1820	942	Stein < 0.5 m, sand > 0.5 m	19	4
2	0612272 6695524	0614560 6698417	2345	714	Stein < 0.5 m, sand > 0.5 m	35	4
3	0614388 6700513	0614379 6700179	1715	571	Stein < 0.5 m, sand > 0.5 m	27	4
4	0613353 6698449	0613213 6698335	1190	365	Bløtbunn m/ veg.	54	2
5	0614493 6691467	0614847 6691175	2030	820	Stein < 0.5 m og grovt substrat > 0.5 m	53	3
6	0616742 6690271	0617159 6690061	2240	852	Stein < 0.5 m og grovt substrat > 0.5 m	57	4
7	0616948 6688591	0616949 6688398	700	321	Bart fjell og blokk	4	2
8	0614463 6688469	0614396 6688918	1666	828	Stein < 0.5 m og sand > 0.5 m	88	6
9	0612084 6690826	0611960 6690996	1330	342	Sand	0	0
10	0610995 6693360	0610960 6693611	1103	415	Bart fjell og blokk	74	2
11	0611311 6694139	0611468 6694586	2380	799	Stein < 0.5 m og grovt substrat > 0.5 m	87	5
12	0613017 6694431	0613109 6694700	1621	685	Stein < 0.5 m og sand > 0.5 m	52	2

6. Resultater

6.1. Temperatur

Temperaturprofilene i Hurdalssjøen viser ingen vesentlig forskjell mellom nordlig og sydlig basseng (Figur 6.1), med ca 17 °C i epilimnion og med et tydelig sprangsjikt på 9-11 m's dyp, og med en temperatur i hypolimnion ned mot 5-6 °C på 30 m's dyp i det dypere sydlige bassenget og ned mot ca 8 °C på 19 m's dyp i det nordlige bassenget. Siktedypet ble målt til 7 m i begge bassengene.



Figur 6.1. Siktedyp (åpne symboler) ble målt med secciskive 17.8.2016 i nordlig og sydlig basseng i Hurdalssjøen. Temperaturprofiler (lukkede symboler med linje) ble målt med Ruttner vannhenter 24.8.2016.

6.2. Fiskearter i Hurdalssjøen

Det ble til sammen påvist 10 fiskearter i selve Hurdalssjøen i 2016, enten påvist på garn (flytegarn, bunngarn) eller ved bruk av el.fiskebåt, se Tabell 3.1. Utover de 10 artene påvist i 2016 er ørekyte og røye til stede høyere oppe i nedbørfeltet, og må av denne grunn anses som mulig forekommende i selve Hurdalssjøen. Ørekyt er vanlig forekommende art i Hurdalselva, men er konkurransesvak og blir ofte fraværende i de nedre deler av nedbørfeltene der det er mange fiskearter til stede. For røye vil det være et liknende forhold, med næringskonkurranse i

pelagiske områder fra sik/siksild og krøkle, og predasjon fra hork og lake i profundale områder, områder som eller anses som refugier for røyerekutter i mer artsfattige sjøer. Fravær av røye og ørekyte i fangstene i 2016 kan derfor ikke føre til at forekomsten anses som endret eller tapt. Karuss er angitt å være introdusert art i Hurdalssjøen før år 1900, og ifb. med vanndirektivet regnes den da som «naturlig forekommende». Karuss ble ikke påvist i 2016, verken på garn eller ved el.fiskebåt, men kan av denne grunn heller ikke ansees som tapt.

Tabell 6.1. Fiskearter som er angitt å være tilstede i Hurdalssjøen og de påvist på garn eller elfiskebåt i 2016. * angitt som utsatt av Huitfeldt-Kaas (1918).

Art	Huitfeldt-Kaas 1918	Kildal og Skurdal 1982	Prøvefiske 2016
Ørret	+	+	+
Ørekyt	+	+	-
Steinsmett	+	+	+
Niøye	+	+	+
Lake	+	+	+
Gjedde	+	+	+
Abbor	+	+	+
Mort	+	+	+
Sik	+	+	+
Røye	+	+	-
Krøkle	+	+	+
Hork	+	+	+
Harr	-	-	-
Lagesild	-	-	-
Brasme	-	-	-
Laue	+	-	-
Karuss*	+	-	-

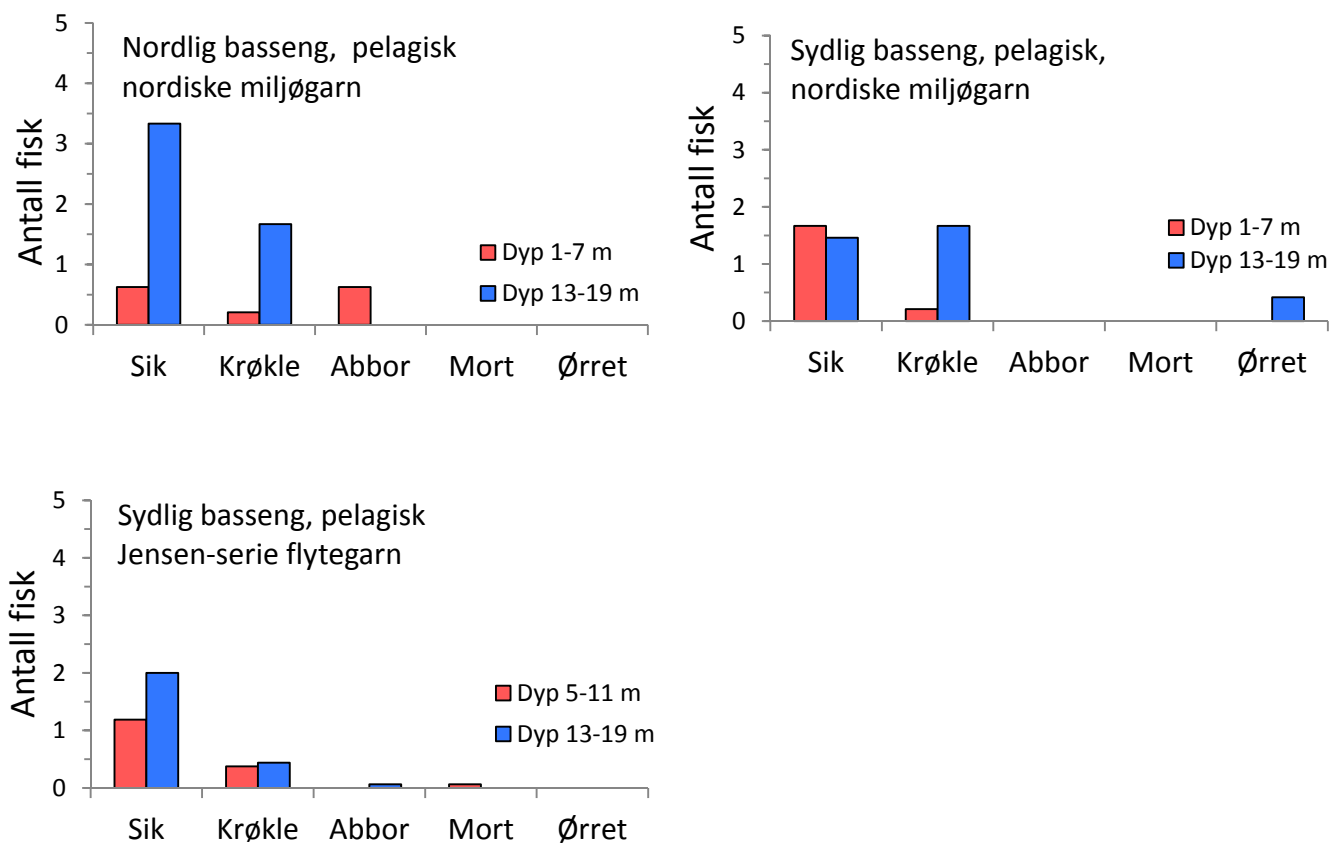
6.3. Garnfangster

6.3.1. Pelagisk sone

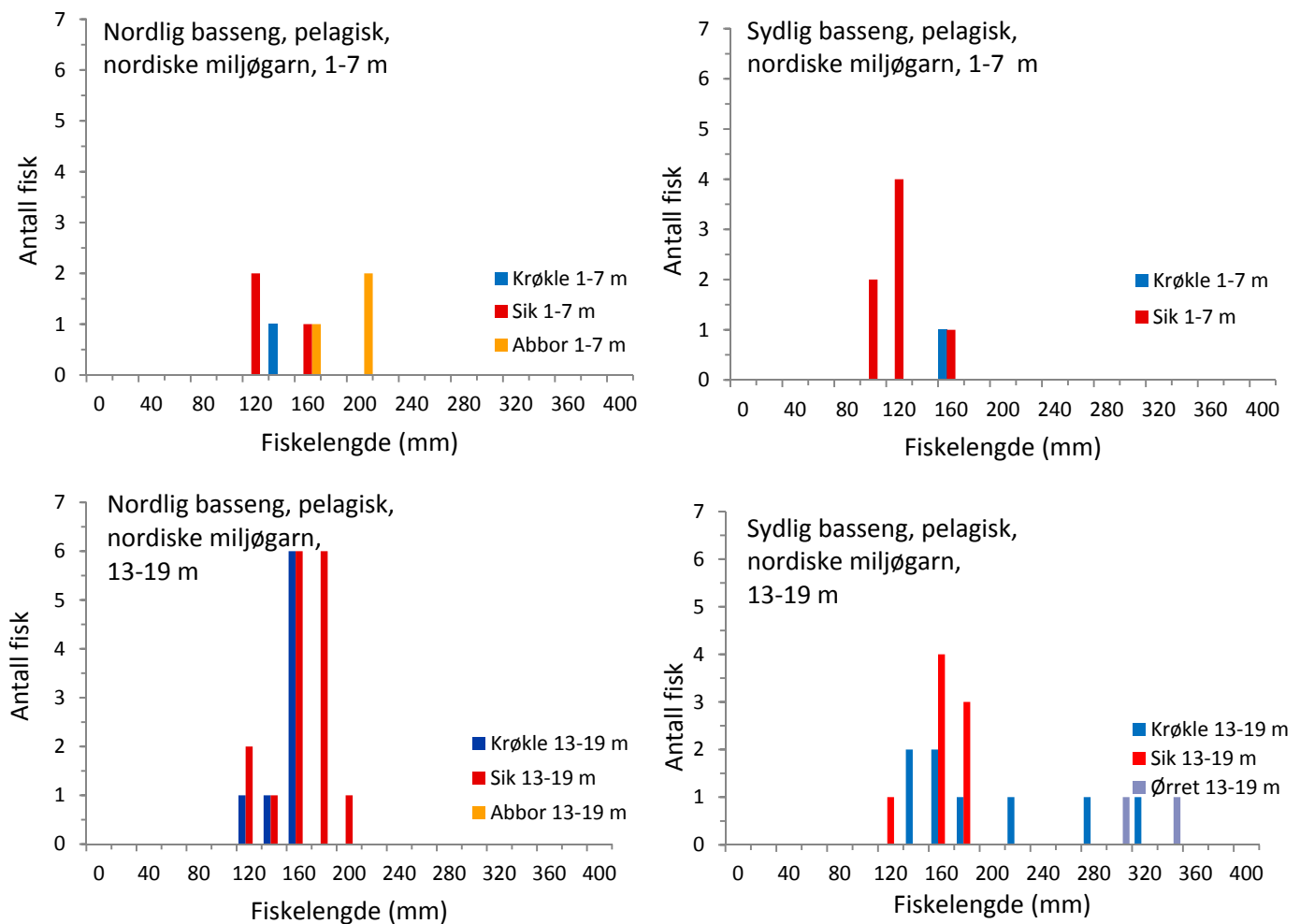
I nordlig basseng var sik og krøkle de eneste artene som ble påvist i dybdesjiktet 13-19 m, og sik dominerte (Figur 6.2). I dybdesjiktet 1-7 m ble sik, krøkle og abbor påvist, og antallet sik og krøkle var betydelig lavere enn i 13-19 m's sjiktet. Det kan ikke angis forskjeller i CPUE (antall fisk pr. 100 m² garnflate og time) mellom nordlig og sydlig basseng i fangster på nordisk miljøgarn. Lengdefordelingen (Figur 6.3) viser at både krøkle og sik besto av fisk med størrelse 12 cm til ca 20 cm, og siken besto her av siksild.

I likhet med nordlig basseng, så dominerte også sik og krøkle fangstene på nordisk serie i det sydlige bassenget, og bare 2 ørret ble påvist i tillegg til sik og krøkle på denne redskapstypen (Figur 6.2).

Siken besto utelukkende av siksild fra 100-176 mm, mens krøkla var til stede i lengdeintervallet 141-306 mm (Figur 6.3). Krøkle i Hurdalssjøen må angis å bli stor, og større enn det som er vanlig. De to ørretene var de eneste påvist på garn overhode, og var henholdsvis 282 og 329 mm lange.

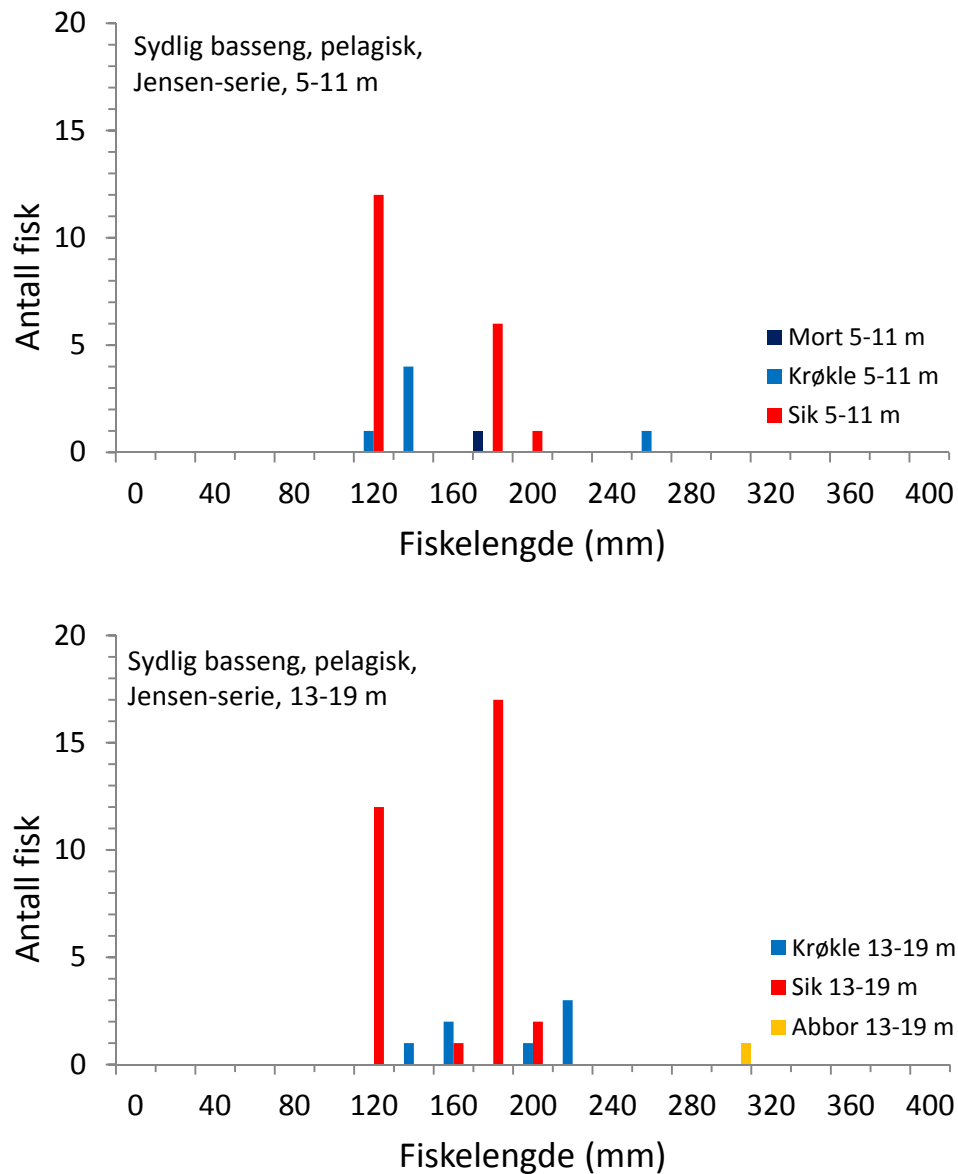


Figur 6.2. Antall fisk (pr. 100 m² garnflate og time) på nordiske miljøgarn og modifisert Jensen garnserie i to dybdesjikt i pelagisk sone i Hurdalssjøen i august 2016.



Figur 6.3. Lengdefordeling av fangster tatt på nordiske miljøgarn i to dybdesjikt i pelagisk sone i nordlig dypbasseng (*venstre*) og i sydlig basseng (*høyre*) i Hurdalssjøen i august 2016.

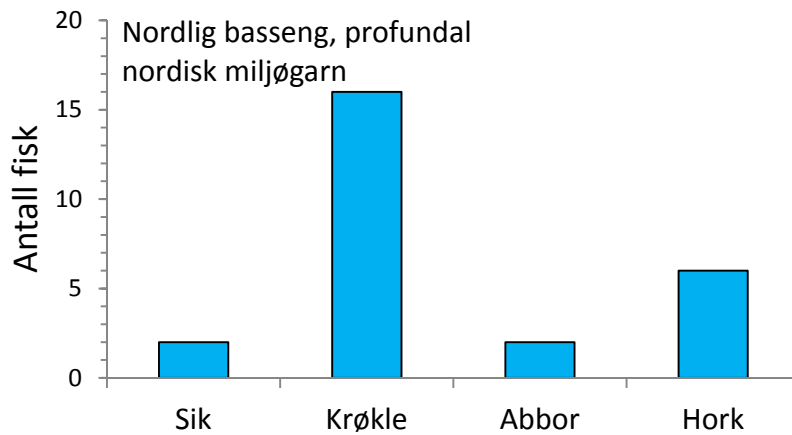
På modifisert Jensenserie flytegarn i sydlig basseng dominerte sik og krøkle i de to undersøkte dybdesjiktene 5-11 m og 13-19 m, med abbor og mort påvist i ytterst sparsomt antall (Figur 6.2). Lengdefordelingen viste at sik også her utelukkende besto av siksild (Figur 6.4) (lengdeintervall: 106-189 mm), og til dels overlappende med krøkle (lengdeintervall: 110-245 mm).



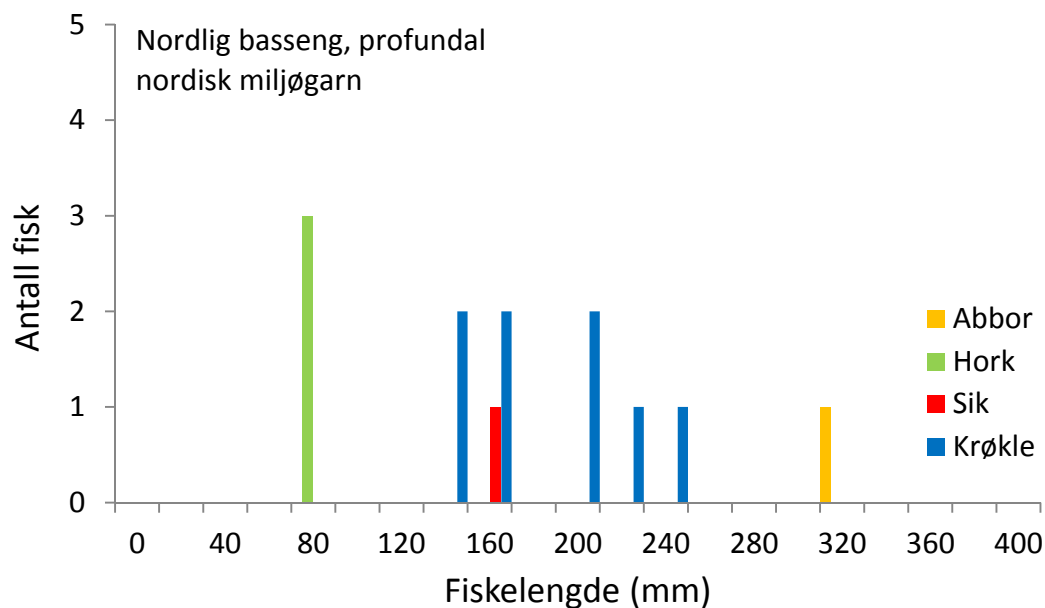
Figur 6.4. Lengdefordeling av fangster tatt på modifisert Jensen flytegarn i to dybdesjikt i pelagisk sone i sydlig dypbasseng i Hurdalssjøen i august 2016.

6.3.2. Profundalsona

I profundalssona i sydlig basseng på ca 40 m's dyp ble det ikke tatt fisk på nordisk miljøgarnserie. I profundalsona i nordlig basseng på ca 20 m's dyp ble det påvist sik, krøkle, abbor og hork, med dominans av krøkle (Figur 6.5). Lengdefordelingen viser at all hork var mellom 61 og 71 mm, mens krøkle var i lengdeintervallet 137-231 mm (Figur 6.6).



Figur 6.5. Antall fisk (pr. 100 m² garnflate og time) på nordiske miljøgarn i profundalssonen i nordlig dypbasseng i Hurdalssjøen i august 2016.

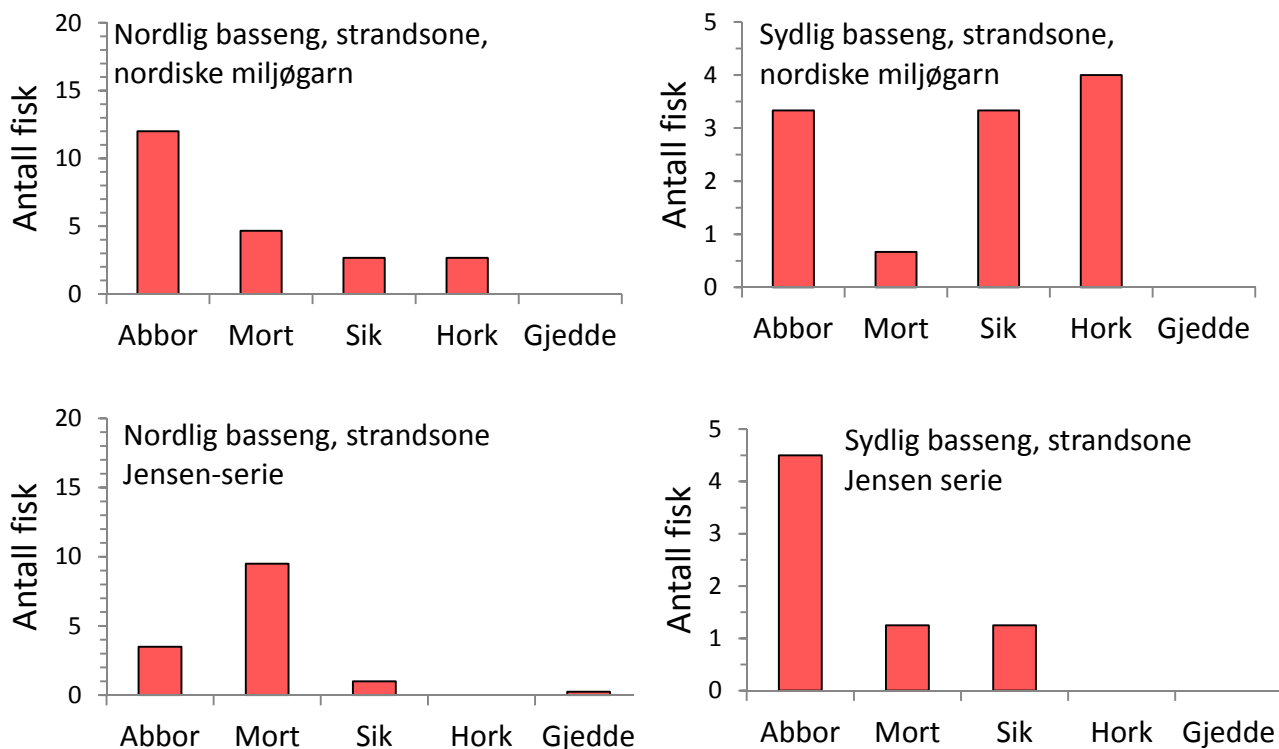


Figur 6.6. Lengdefordeling av fangster tatt på nordiske miljøgarn i profundalssonen i nordlig dypbasseng i Hurdalssjøen i august 2016.

6.3.3. Littoral sone

I strandsonen ble det påvist til sammen 5 arter på garn, hvorav abbor, mort, sik og hork på nordiske miljøgarn, mens abbor, mort, sik og gjedde ble påvist på Jensen-serien, der fravær av hork kan forklares med lav fangbarhet på de maskeviddene som inngår i Jensen-serien (Figur

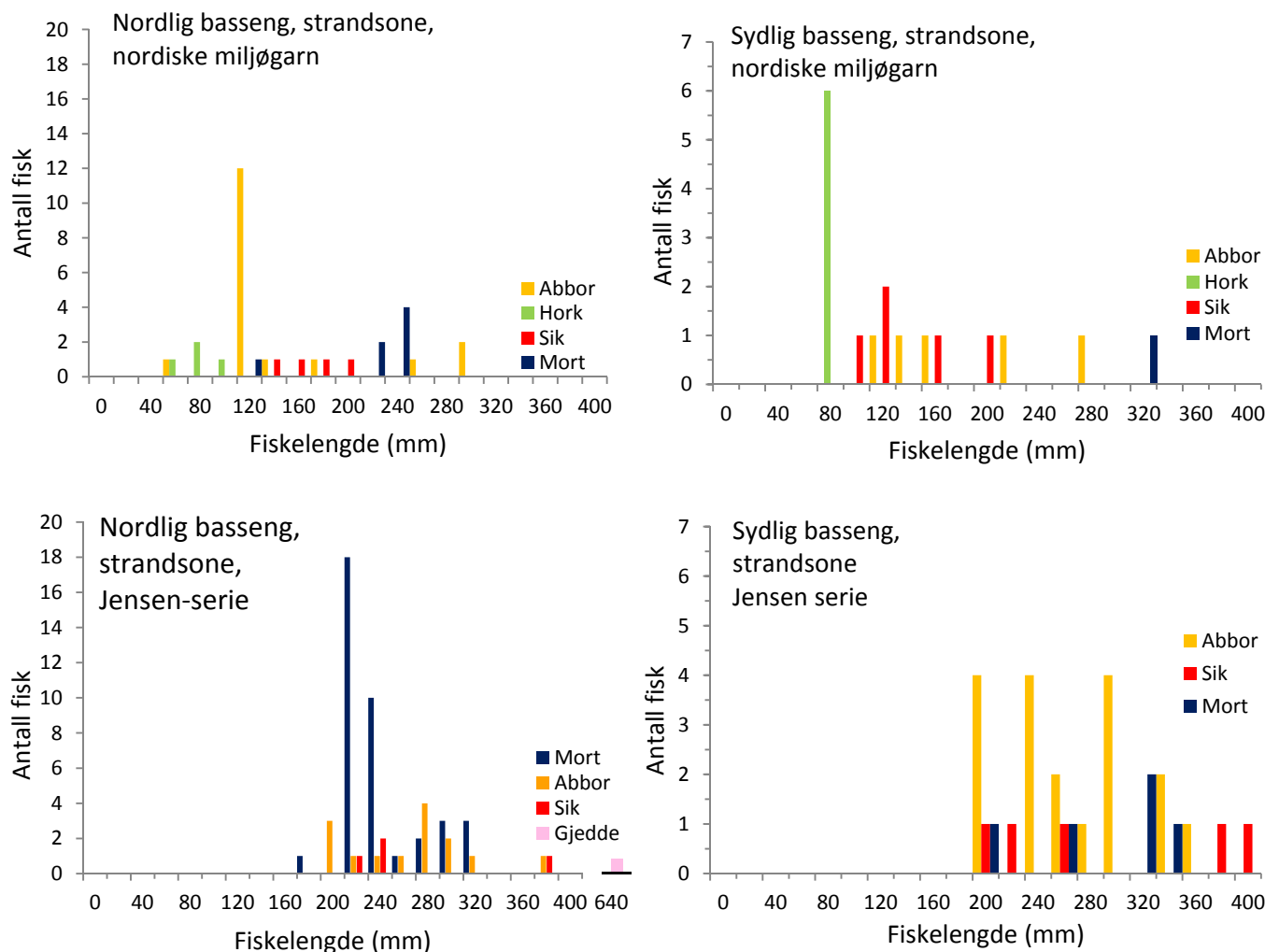
6.7). CPUE (antall fisk pr. 100 m² garnflate og time) var betydelig høyere i nordlig basseng sammenliknet med sydlig basseng både på nordiske miljøgarn og på Jensen-serien.



Figur 6.7. Antall fisk (pr. 100 m² garnflate og time) i strandsonen på nordiske miljøgarn (**over**) og på Jensen-serie (**under**) i nordlig og sydlig dypbasseng i Hurdalssjøen august 2016.

Lengdefordelingen viser at det ble til dels tatt relativt stor mort, 20-25 cm, med enkelte individer på ca 30 cm, på både nordisk og Jensen (Figur 6.8). I likhet med pelagisk sone, ble det påvist hork og småabbor under 10 cm på nordisk serie, mens dette ikke ble påvist på Jensenserien.

All sik ble karakterisert som siksild, tilstede med lengdeintervallet 96-189 mm. Hork var til stede i lengdeintervallet 69-76 mm.



Figur 6.8. Lengdefordeling av totalfangsten tatt i strandsonen på nordisk miljøgarnserie (**over**) og Jensen bunngarnserie (**under**) i nordlig og sydlig dypbasseng i Hurdalssjøen august 2016.

6.4. Norsk endringsindeks for fisk, NEFI

På grunnlag av garnfangster i 1977-79 med flytegarn og bunngarn (Skurdal og Kildal 1982) og det gjennomførte garnfiske i 2016 er det foretatt en beregning av endringsindeksen slik den er beskrevet i Veileder 02:2013. Fiskesamfunnets referansetilstand er beregnet med utgangspunkt i fangstene fra 1977-79, og endringsindeksen baserer seg på forskjeller i fangstene mellom 1977-79 og 2016.

Grunnlaget for beregningene er basert på tre dominansklasser; dominant (D), vanlig (V) og sjelden (S), og i hvilken grad det inntreffer endringer i dominans over tid. I veilederen er det

anbefalt å basere beregningene på fem arter selvom artsantallet er større, og at ut-valget av arter baserer seg på de mest tallrike artene og dessuten bør også sensitive arter velges.

I formelen for referansetilstanden (RT) vektes de tre kategoriene dominante (D), vanlige (V) og sjeldne (S) arter med verdiene $WD = 1,0$, $WV = 0,75$ og $WS = 0,50$. Referansetilstanden for en vannforekomst er summen av disse verdiene for alle fiskearter, multiplisert med antall arter i hver kategori:

$$RT = N_D \times WD + N_V \times WV + N_S \times WS$$

der N_D , N_V og N_S er antall dominante, vanlige og sjeldne arter.

Dagens tilstand for fiskesamfunnet i en vannforekomst skal vurderes i forhold til referansetilstanden.

Den generelle ligningen for Norsk endringsindeks for fisk (NEFI) er:

$$NEFI = (RT - EG)/RT$$

RT er referansetilstanden og EG er endringsgraden som består av to ledd:

$EG = A_t + A_r$, der A_t er tapte arter og A_r er reduserte arter i forhold til dominansklasse.

Den generelle ligningen for endringsgraden basert på tapte eller reduserte bestander er da:

$$EG = [N_D \times WD + N_V \times WV + N_S \times WS] + [N_{DV} \times W_{rDV} + N_{VS} \times W_{rVS} + N_{DS} \times W_{rDS}]$$

der N_D , N_V og N_S er antall dominante, vanlige og sjeldne arter som er tapt (jf. ligningen), og N_{DV} er antall arter som endrer status fra dominant til vanlig, N_{VS} er antall arter som endrer status fra vanlig til sjelden, N_{DS} antall arter som endrer status fra dominant til sjelden, og N_{rD} og N_{rV} er antall henholdsvis dominante og vanlige arter som har dokumentert nedgang over tid med minst 40 %.

I beregningen for Hurdalssjøen er følgende arter valgt, med angitte dominansforhold i 1977-79 for littorale og pelagiske områder:

Tabell 6.2. Dominansklassifisering av garnfangster i 1977-79 i Hurdalssjøen.

	<i>Littoralt</i>	<i>Pelagisk</i>
Abbor	D (27%)	V (12%)
Mort	D (66%)	S (<1%)
Sik	V (5%)	D (55%)
Krøkle	S (<1%)	D (32%)
Ørret	S (<1%)	S (<1%)

I garnfangstene fra 1977-79 er mort og ørret ikke påvist i pelagiske områder, og heller ikke krøkle i littorale områder. Ørret ble ikke påvist i littorale områder i 2016. Til tross for dette er de satt opp med dominansklasse «sjelden» fordi ørret ble påvist i strandnære områder i 2016 vha. elfiskebåt, og verken mort eller krøkle har henholdsvis pelagiske eller littorale områder som sine primære habitater. Det vil derfor være urimelig å angi disse som «tapte» arter i formelen, og de er derfor angitt som «sjeldne» i de angitte habitatene.

Tabell 6.3. Dominansklassifisering av garnfangster for arter i 2016 som inngår i beregning av norsk endringsindeks i Hurdalssjøen.

	Littoralt	Pelagisk
Abbor	D (43%)	V (4%)
Mort	D (29%)	S (<1%)
Sik	V (15%)	D (69%)
Krøkle	S (<1%)	D (25%)
Ørret	S (<1)	V (2%)

Tabell 6.4. Beregning av referansetilstand (RT) basert på fangster i 1977/79, endringsgrad (EG=tapte + reduserte) og norsk endringsindeks for fisk (NEFI). Pelagiske og littorale områder er holdt separat, og beregningene er basert på 5 arter: Abbor, mort, sik, krøkle, ørret.

	Ant. «D»	Faktor	Ant. «V»	Faktor	Ant. «S»	faktor	Ref.tilst.	
RT-Referanse littoralt 1979:	2	1	1	0,75	2	0,5	3,75	
RT-Referanse pelagisk 1977:	2	1	1	0,75	2	0,5	3,75	
Tapte arter littoralt 1979-2016	0	1	0	0,75	0	0,5	0	
Tapte arter pelagisk 1977-2016	0	1	0	0,75	0	0,5	0	
Endring littoralt 1979-2016	0	0,4	0	0,5	0	0,6	0	
Endring pelagisk 1977-2016	0	0,4	0	0,5	0	0,6	0	
EG= tapte+reduserte Littoralt 1979-2016								0
EG= tapte+reduserte Pelagisk 1977-2016								0
NEFI-1979-2016 littoralt = (3,75-0)/3,75								1,00
NEFI-1977-2016 pelagisk = (3,75-0)/3,75								1,00

Tabell 6.5. Norsk endringsindeks for fisk der garnfangster med flytegarn og bunngarn i 1977/79 er benyttet som referansetilstand og beregnet med utgangspunkt i garnfangster med bunngarn og flytegarn i 2016. Basert på abbor, mort, sik, krøkle og ørret.

Økologisk tilstand	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Fiskeindeks (NEFI)-grenseverdier	1,0-0,95	$\geq 0,95-0,80$	$\geq 0,80-0,50$	$\geq 0,50-0,25$	$\geq 0,25$
Hurdalssjøen 1977/79-2016 Littoralzone	1,0				
Hurdalssjøen 1977/79-2016 pelagisk sone	1,0				

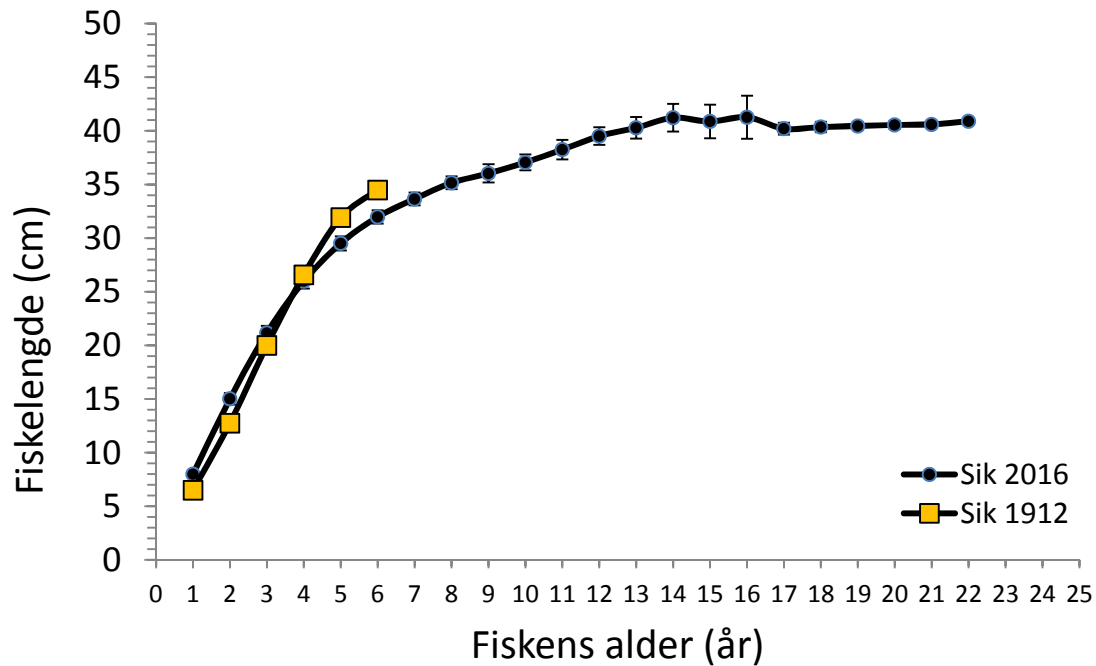
Hurdalssjøen basert på norsk endringsindeks for fisk for perioden 1977-79 til 2016 vil derfor bli klassifisert som «svært god», dvs. ingen endring for perioden 1977/79 til 2016. Her må det presiseres at reguleringen har vært praktisert tilnærmet konstant i lang tid også før referansetilstanden (1977/79), og at eventuelle endringer i så fall måtte være forårsaket av andre forhold (eutrofi, beskatning).

Dersom beslutningstreet beskrevet i veileder 2013 legges til grunn, vil de avgjørende punktene være som for endringsindeksen; å bedømme hvorvidt artssammensetning, dominansforhold, bestandsstruktur og mengde (tetthet) er som forventet ut fra en antatt naturtilstand. Garnfangstene i 1977/79 og 2016 dokumenterer forekomst og det relative mengdeforholdet mellom de artene som er fanget på garn. Sammen med båt.fiske er det ikke grunnlag for å hevde at noen av fiskeartene er tapt eller at dominansforholdene i de undersøkte habitatene er endret (vesentlig) i perioden mellom 1977/79 og 2016. Den største utfordringen vil være å vurdere endringer i mengden (CPUE) eller tettheten av fisk i forhold til naturtilstanden, dvs. før regulering av Hurdalssjøen og endringer av innløpselvene, men heller ikke i forhold til naturtilstanden er det grunnlag for å hevde at arter er tapt.

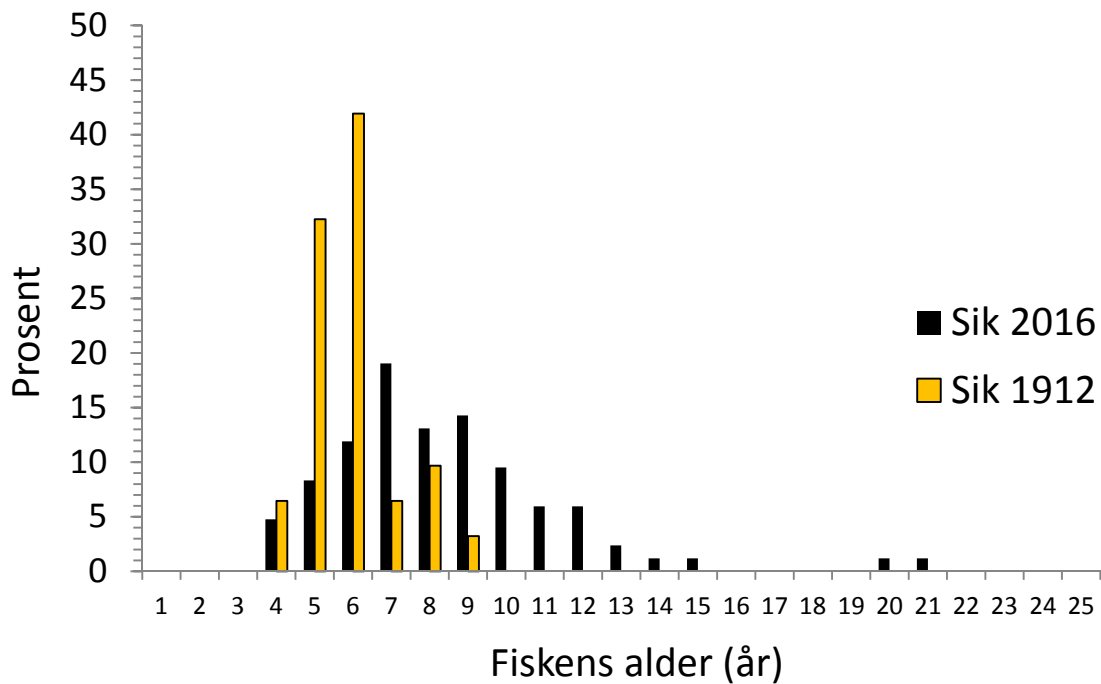
6.5. Vekstmønster hos sik i 1912 og 2016

Huitfeldt-Kaas (1927) omtaler sik (storsik) og siksild i Hurdalssjøen som to sikformer som gyter på hvert sitt sted og har forskjellig gytetidspunkt, og som dessuten har ulik alder ved kjønnsmodning. Materialet er samlet inn i november-desember 1912, og alder, lengde og tilbakeberegnet vekst hos sik og siksild fra 1912 er sammenliknet med det samlet inn i 2016, dvs. 114 år senere. Det må presiseres at Huitfeldt-Kaas kun benyttet skjell ved aldersbestemmelse, noe som i praksis ikke vil gi korrekt alder hos fisk som har nådd høy alder og vekststagnasjon. For materialet i 2016 er både otolitter og skjell benyttet, noe som gjør at riktig alder kan avgjøres også hos gammel fisk.

I Figur 6.9 er tilbakeberegnet vekst hos storsik fra 2016 vist sammen med tilbakeberegnet vekst fra 1912. I de første årene fram til 4-5 års alder er veksten nærmest identisk. At materiale fra 1912 her ikke viser fisk med høyere alder enn 6 år henger sammen med hans bruk av skjell og at Huitfeldt-Kaas har valgt å tilbakeberegne veksten for et relativt lite antall



Figur 6.9. Tilbakeberegnet lengde hos sik fra Hurdalssjøen samlet inn i november-desember 1912 (n=6) av Huitfeldt-Kaas (1927) og lokal innsamling i gytetida i november 2016 (n=84).

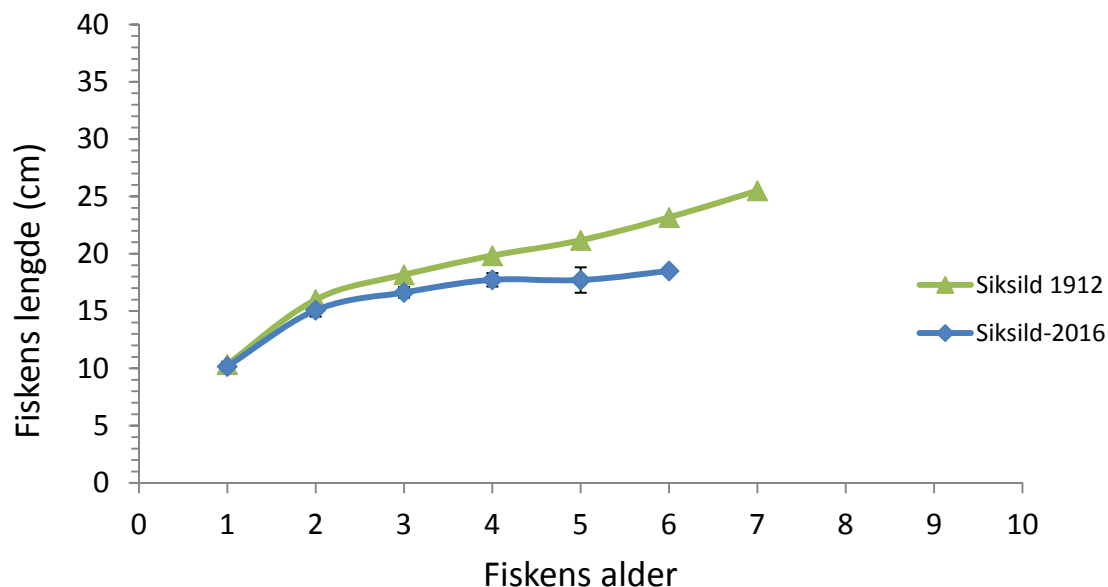


Figur 6.10. Prosentvis aldersfordeling hos sik fra Hurdalssjøen samlet inn i november-desember 1912 (n=31) av Huitfeldt-Kaas (1927) og lokal innsamling i gytetida i november 2016 (n=84).

fisk. Materialet fra 2016 viser klar vekststagnasjon fra 6-7 års alder, noe som er typisk for sikbestander som beskattes lite. Det er sannsynlig at dette også var situasjonen i 1912. Huitfeldt-Kaas angir at hovedfangsten av stor sik i Hurdalssjøen består av 5-6 år gammel fisk etterfulgt av redusert vekt, og at sik kan nå en størrelse på «iallfall» 40 cm. Tatt i betraktning at han angir 5-6 år som typisk fangstaldre og med lengde ca 40 cm, så tyder det på at bestandsforholdene også for eldre sik den gang ikke var mye forskjellig fra det som er dagens situasjon, der sik eldre enn 9-10 år er ca 40 cm (34-44 cm).

Huitfeldt-Kaas (1927) aldersbestemte til sammen 31 storsik, og hans prosentvise aldersfordeling er vist i Figur 6.10 sammen med aldersbestemt materiale fra 2016. Med skjell som benyttet metode er det forventet fravær av eldre fisk i materialet i 1912, og han finner ikke sik eldre enn 9 år. I 2016 var eldste fisk 21 år, men det meste av materialet lå lavere enn 10-12 år. Dersom materiale eldre enn 10 år fra 2016 utelates fra materiale vil fordelingen bli relativt lik den fra 1912.

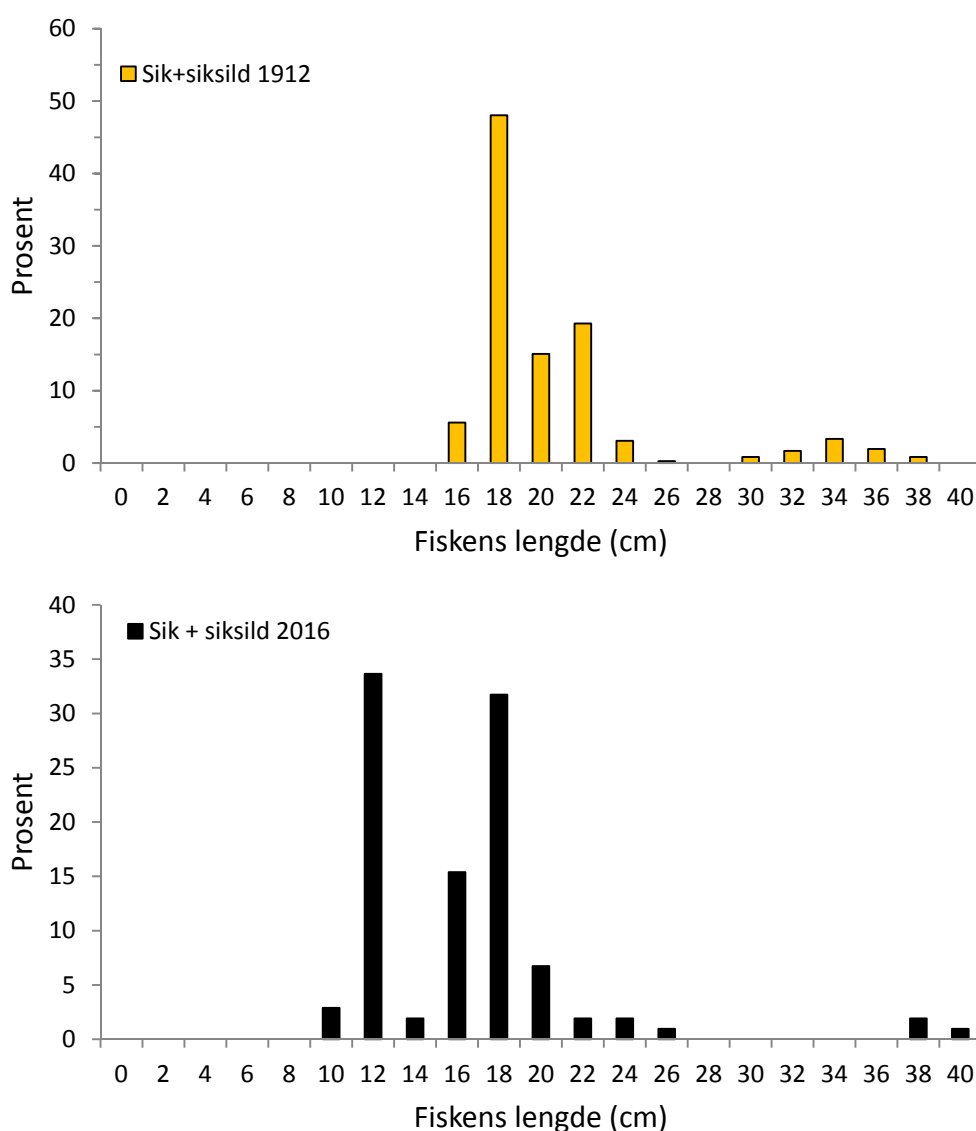
Tilbakeberegnet vekst hos siksild fra 1912 og 2016 er vist i Figur 6.11, og viser tilnærmet samme vekstforløp de to første årene. Siksild oppnår kjønnsmodning allerede etter 3-4 somre i materialet fra 2016, som er nær det samme som angitt av Huitfeldt-Kaas (1927). Han oppgir at siksild i fangstene er 17-20 cm, og sjelden mer enn 24 cm. Lengdefordelingen av all sik i Huitfeldt-Kaas' materiale av sik fra 1912 (dvs. sik og siksild) og sik (sik og siksild) fra 2016 er vist i Figur 6.12. Mens materialet fra 1912 besto av fangster fra november-desember og trolig fra fiske i gytetida, er materialet fra 2016 samlet inn i august under prøvefiske med flere maskevidder og vil derved inkludere fangst av mindre fisk. Ser vi på materialet større enn 15 cm er det i 1912 dominans av siksild på 18-22 cm i 1912 og 16-20 cm i 2016.



Figur 6.11. Tilbakeberegnet lengde hos siksild fra Hurdalssjøen samlet inn i november-desember 1912 (n=3) av Huitfeldt-Kaas (1927) og under prøvefiske i 2016 (n=26).

Det må nevnes at i fangstene fra 2016 ble det av 52 aldersbestemte siksild ikke funnet aldersgruppe 1+ i det hele tatt. Dette er fisk som skulle vært klekket våren 2015. Hvorvidt dette skyldes ytre fysiske forhold ifb. med gyting høst 2014 og eggutvikling fram til klekking våren 2015 eller om det er et uttrykk for naturlig bestandsvariasjon er ikke mulig å angi.

For både siksild og sik kan det tyde på at vanlig størrelse ved fangst er noe redusert. Redusert vekst hos siksild og antydning til tidligere vekststagnasjon hos sik kan henge sammen med betydelig redusert beskatning i det tidligere husholdfiske, der opptaket av siksild tidligere trolig lå i størrelsesorden «tonn», mens det nå kun tas helt ubetydelige fangster (lokalt pers. meddelelse). Samme utvikling har skjedd for sik. Dårligere vekst og mindre lengde ved fangst kan forklares med lavere beskatning.



Figur 6.12. Prosentvis lengdefordeling hos sik og siksild fra Hurdalssjøen samlet inn i november-desember 1912 av Huitfeldt-Kaas (1927) (sik+siksild, $n = 358$) og sik og siksild tatt under prøvefiske i august 2016 (sik+siksild, $n=104$).

6.6. Båtelviske

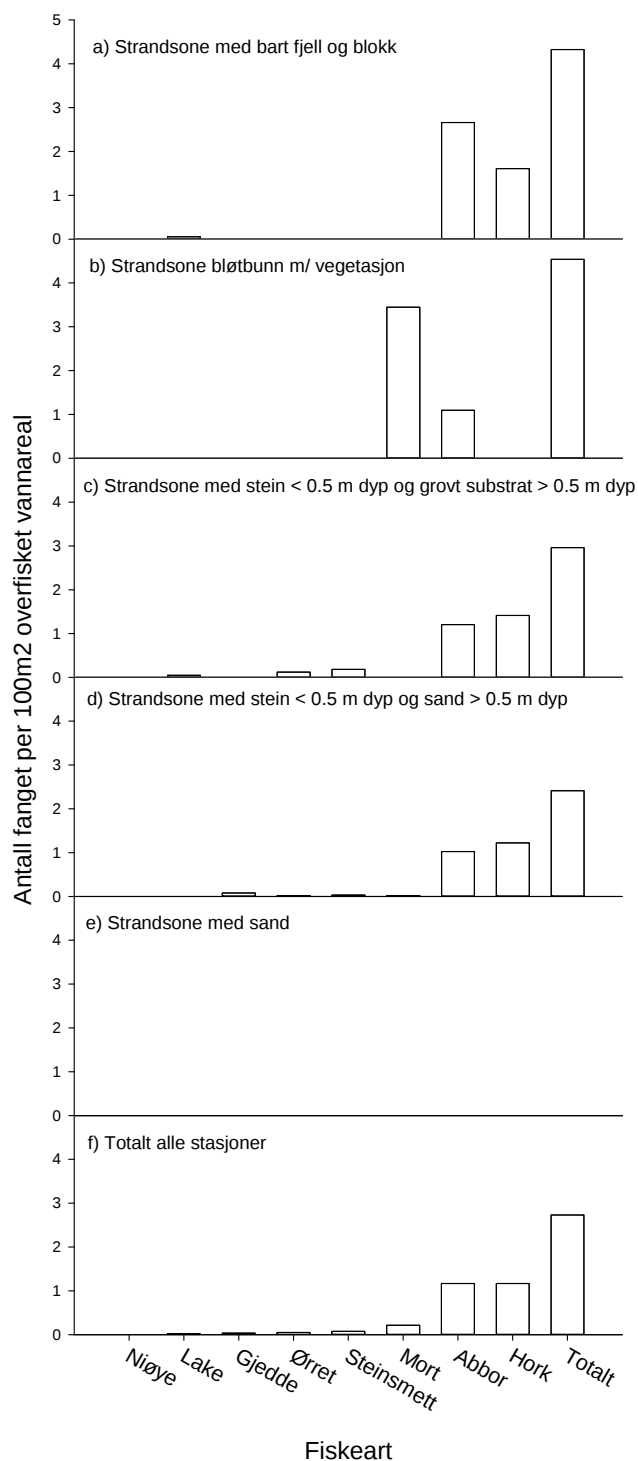
Under båtelvisket den 16. august 2016 ble det totalt fanget 550 fisk i løpet av 128 minutters effektiv fisketid. Dette gir i gjennomsnitt 4,3 fisk per minutt effektiv fisketid. Totalt overfisket areal er beregnet (lengde 5 354 m x bredde 3,5 m) til 20 139 m² og dette gir en fangst på 2,73 fisk per 100 m² overfisket areal. Abbor og hork var dominerende arter i fangsten, og det ble fanget 235 individer av begge arter. I tillegg ble det fanget 43 mort, 15 steinsmett, 10 ørret, 7 gjedde, 4 lake og 1 niøye. Det ble imidlertid registrert stor variasjon i antall fisk av ulike arter mellom de ulike stasjonene og habitatklassene. I Figur 6.13 er fangstene av ulike arter fordelt på de ulike habitatklassene framstilt som antall fanget per 100 m² overfisket vannareal.

De høyeste registrerte tetthetene av fisk ble registrert i habitatklassene «bart fjell og blokk» og «bløtbunn med vegetasjon» hhv. 4,3 og 4,5 fisk fanget per 100 m², se Figur 6.13. I habitatklasse «bart fjell og blokk» var abbor og hork dominerende fiskearter med hhv. 2,7 og 1,6 fisk fanget per 100 m². Det ble kun fanget én niøye i tillegg her. I habitatklasse «bløtbunn med vegetasjon» var mort dominerende art med 3,4 per 100 m². Her ble det fanget 1,9 abbor per 100 m², men ingen hork eller andre arter ble registrert i denne habitattypen. I habitatklassene strandsone med «stein < 0,5 m dyp og grovt substrat > 0,5 m dyp» og «stein < 0,5 m dyp og sand > 0,5 m dyp» var totalfangstene noe lavere, hhv. 3,0 og 2,4 per 100 m², men her ble det påvist flest arter. Det ble fanget 5 fiskearter i habitatklassen med stein < 0,5 m dyp og 6 fiskearter på habitattypen med sand < 0,5 m dyp (Figur 6.13).

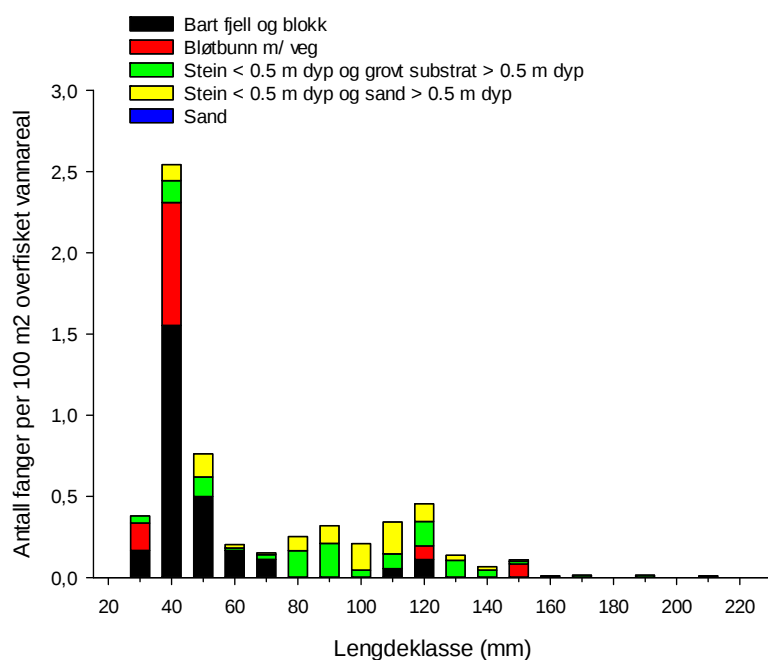
Det ble fanget abbor i lengdeintervallet 30 – 217 mm, og det var en tydelig topp i lengdefordelingen rundt 40-50 mm (Figur 6.14), noe som trolig er 0+. Tettheten av 0+ var spesielt høy i habitatklasse «bart fjell og blokk» og «bløtbunn med vegetasjon», men utover det ser det ut til at alle størrelsesklasser ble påvist i alle habitatklassene (med unntak av «sand» hvor det ikke ble fanget fisk).

Det ble fanget hork i lengdeintervallet 30 -120 mm, og det var en tydelig topp i lengdefordelingen rundt 70-80 mm (Figur 6.15). Hork ble ikke fanget i habitatklassene «bløtbunn med vegetasjon» eller «sand», men utover det ser det ut til at de fleste lengdeklassene var representert i de andre habitatene.

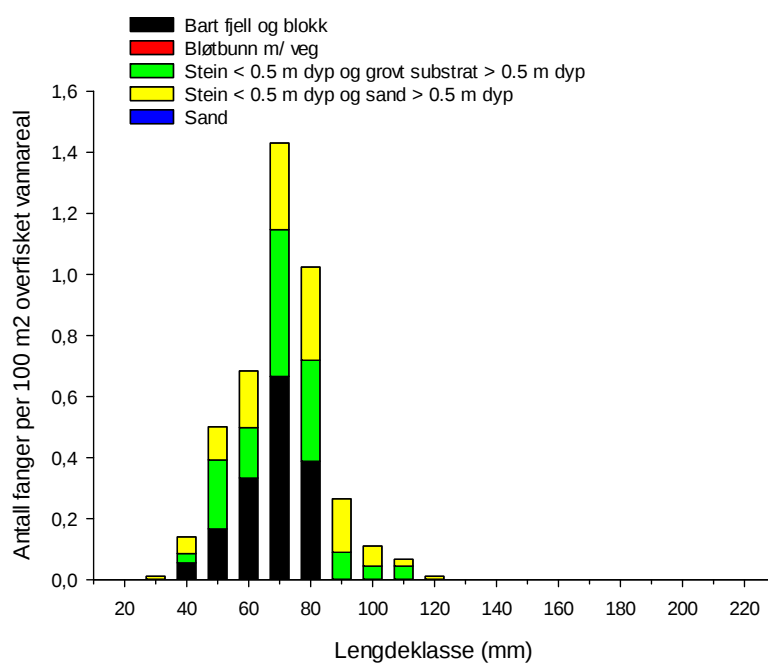
Av de øvrige artene ble det fanget mort i lengdeintervallet 110-220 mm (alle med unntak av to ble fanget på bløtbunn med vegetasjon), lake i lengdeintervallet 160-240 mm, gjedde i lengdeintervallet 110-480 mm, steinsmett i lengdeintervallet 40-80 mm (samtlige fanget i habitatklassene med stein < 0,5 m). Ørret ble også fanget (samtlige i habitatklassene med stein < 0,5 m) i lengdeintervallet 120-220 mm, og de ble fanget langt fra utløp av innløpsbekker.



Figur 6.13. Antall fisk fanget per 100 m² overfisket vannareal med elfiskebåt i ulike habitattyper i strandsona i Hurdalssjøen, 16. august 2016.



Figur 6.14. Lengdefordeling til abbor fanget i ulike habitatklasser i Hurdalssjøen under båtelfiske 16. august 2016.

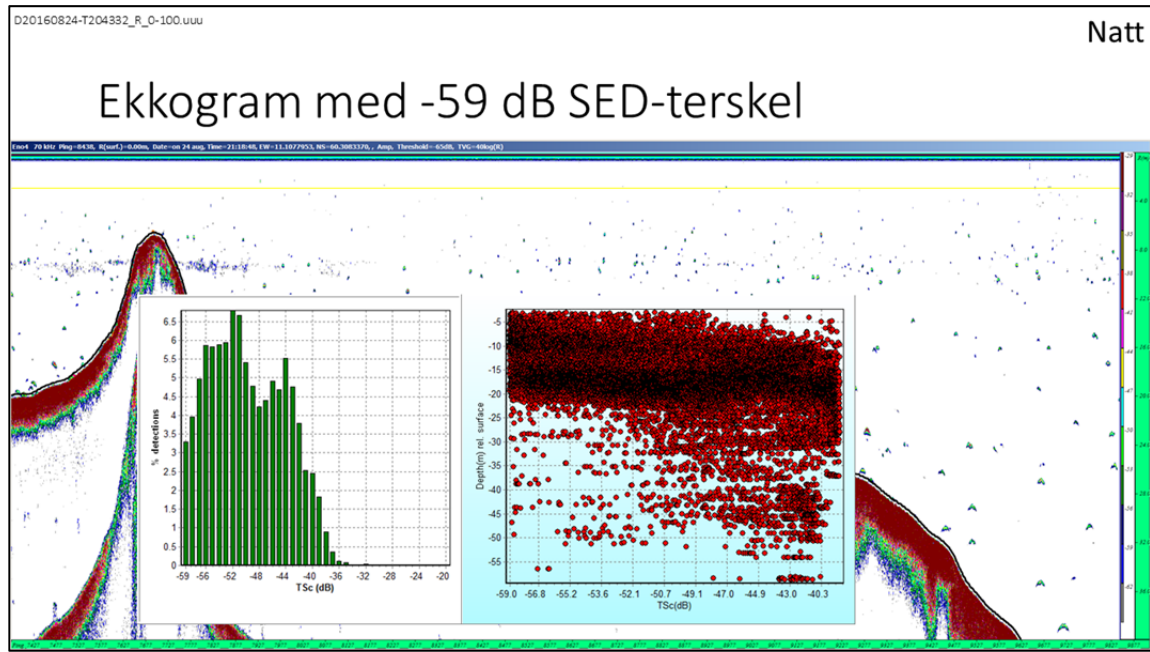


Figur 6.15. Lengdefordeling til hork fanget i ulike habitatklasser i Hurdalssjøen under båtelfiske 16. august 2016.

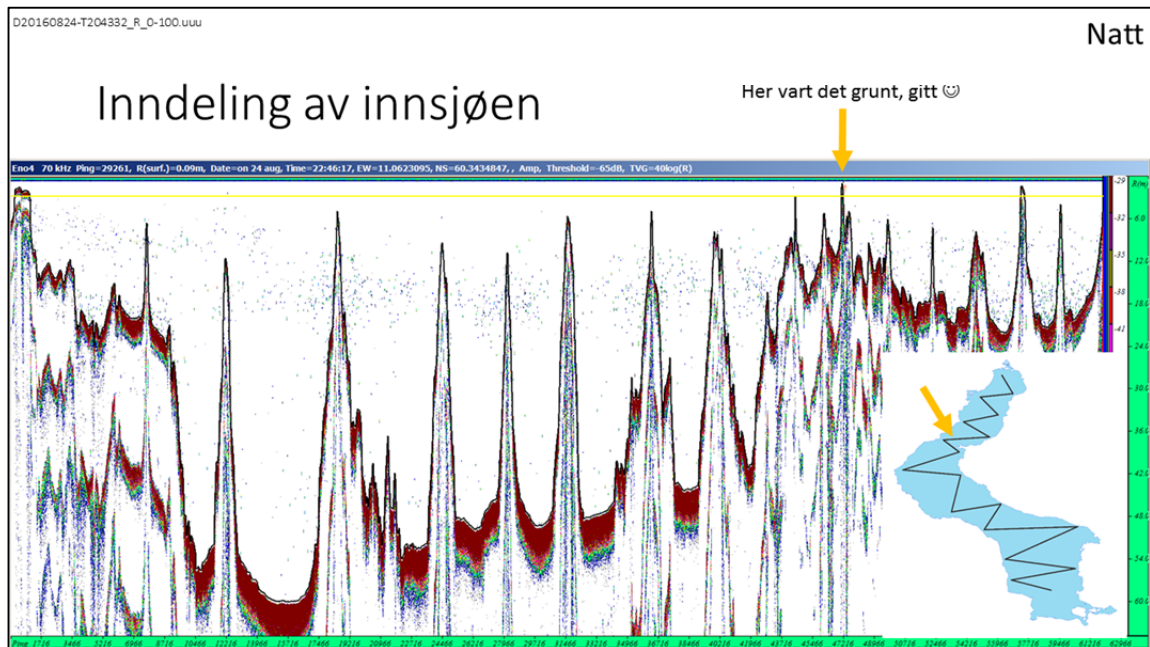
6.7. Hydroakustikk

Fisken i Hurdalssjøen fordelte seg vertikalt gjennom hele vannsøykla, men hovedmengden var på dyp ned til 20-25 m (Figur 6.16 a). I horisontalretningen var fisken relativt jevnt fordelt,

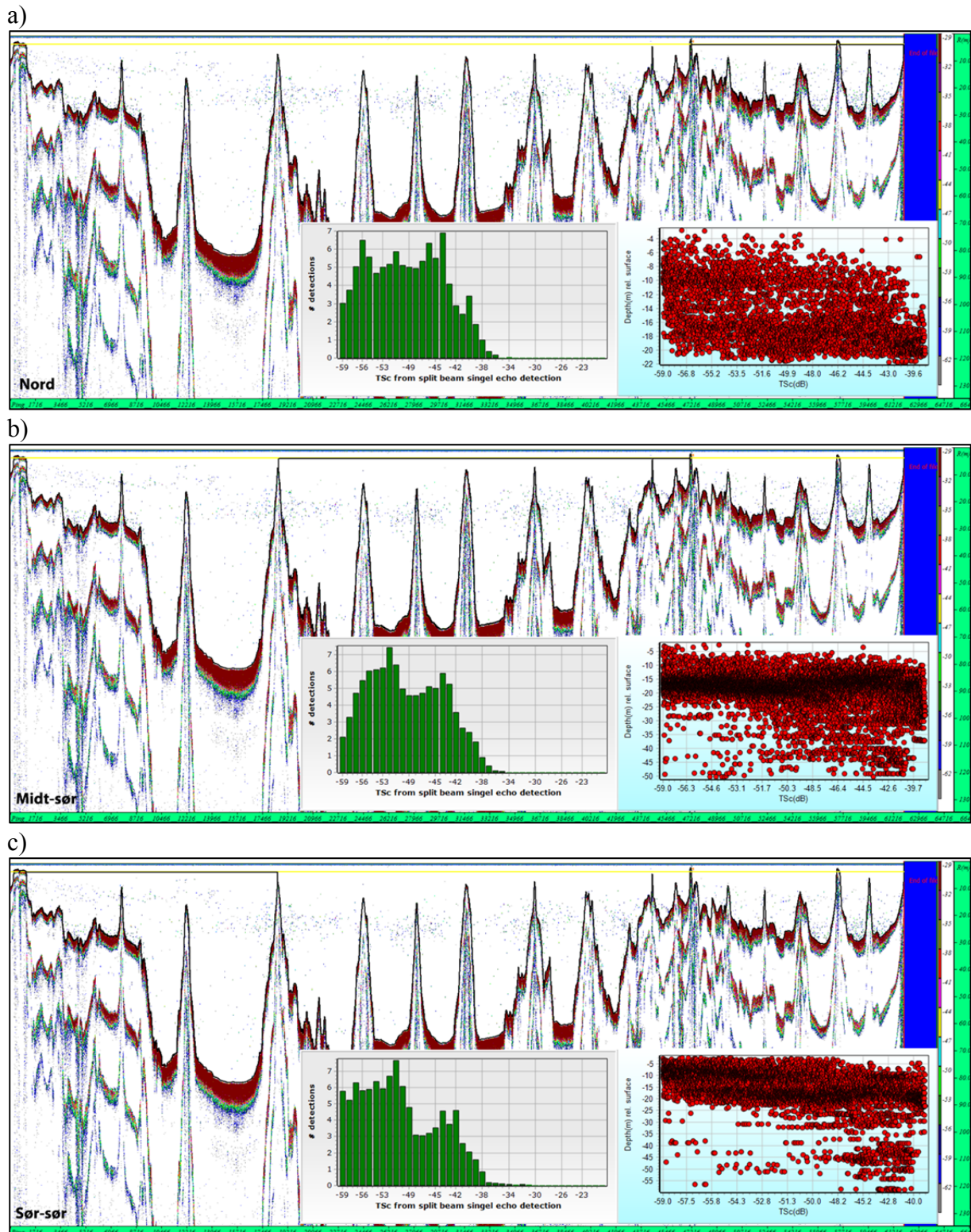
a)



b)



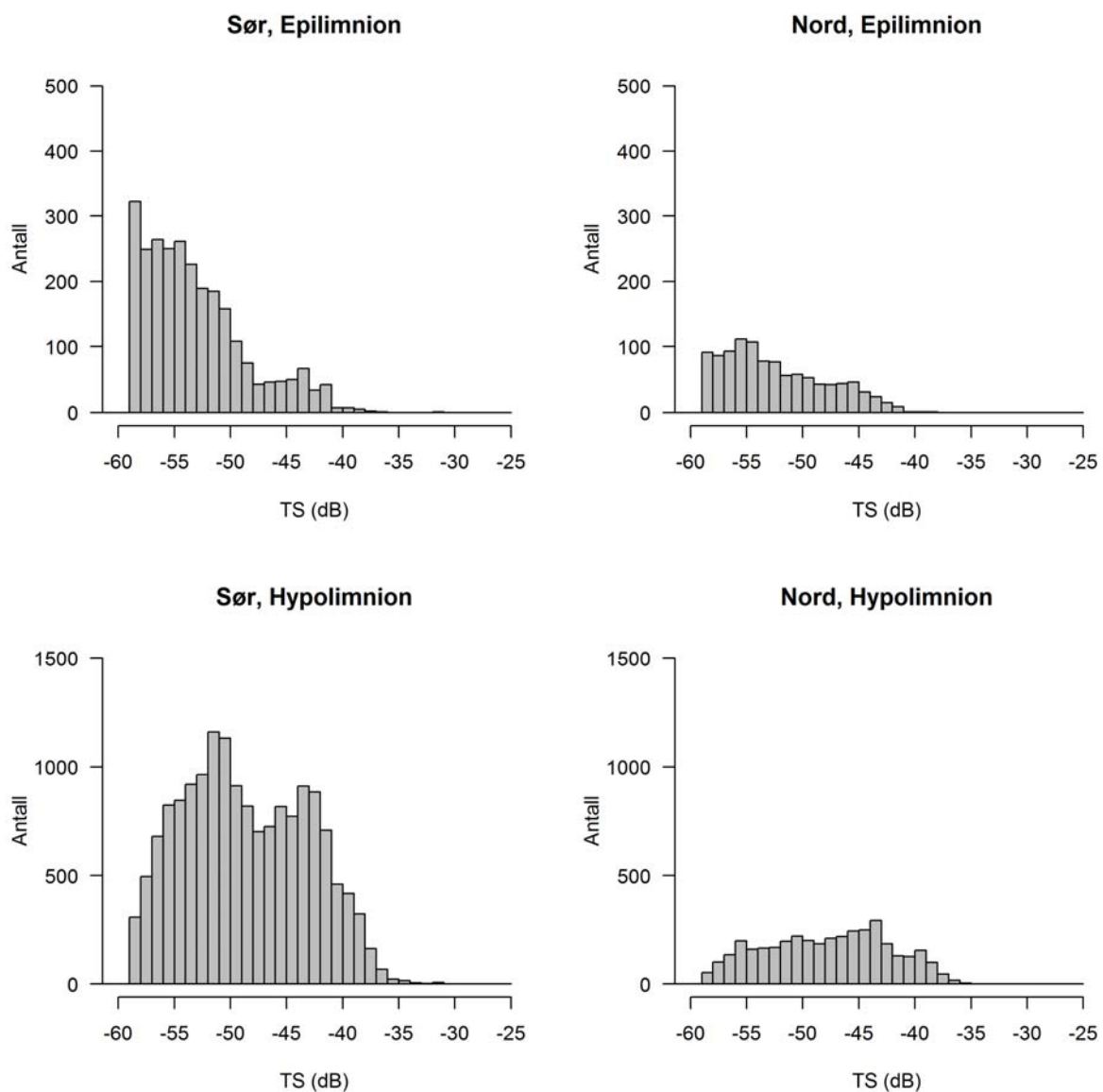
Figur 6.16 a,b. Typiske ekkogram fra nattregistreringen inkludert plott av ekkostyrkefordelingen (TS) og ekkostyrke mot fiskedyp (innfelt) øverst (a) og inndeling av innsjøseksjonene nederst (b).



Figur 6.17 a,b,c.. Fisken fordelte seg over hele innsjøen (a, nord; b, midt-sør og c, sør-sør), men det var en markant økning i forekomst av småfisk høyt i vannet ned mot Hurdalssjøens utosområde (c, sør-sør).

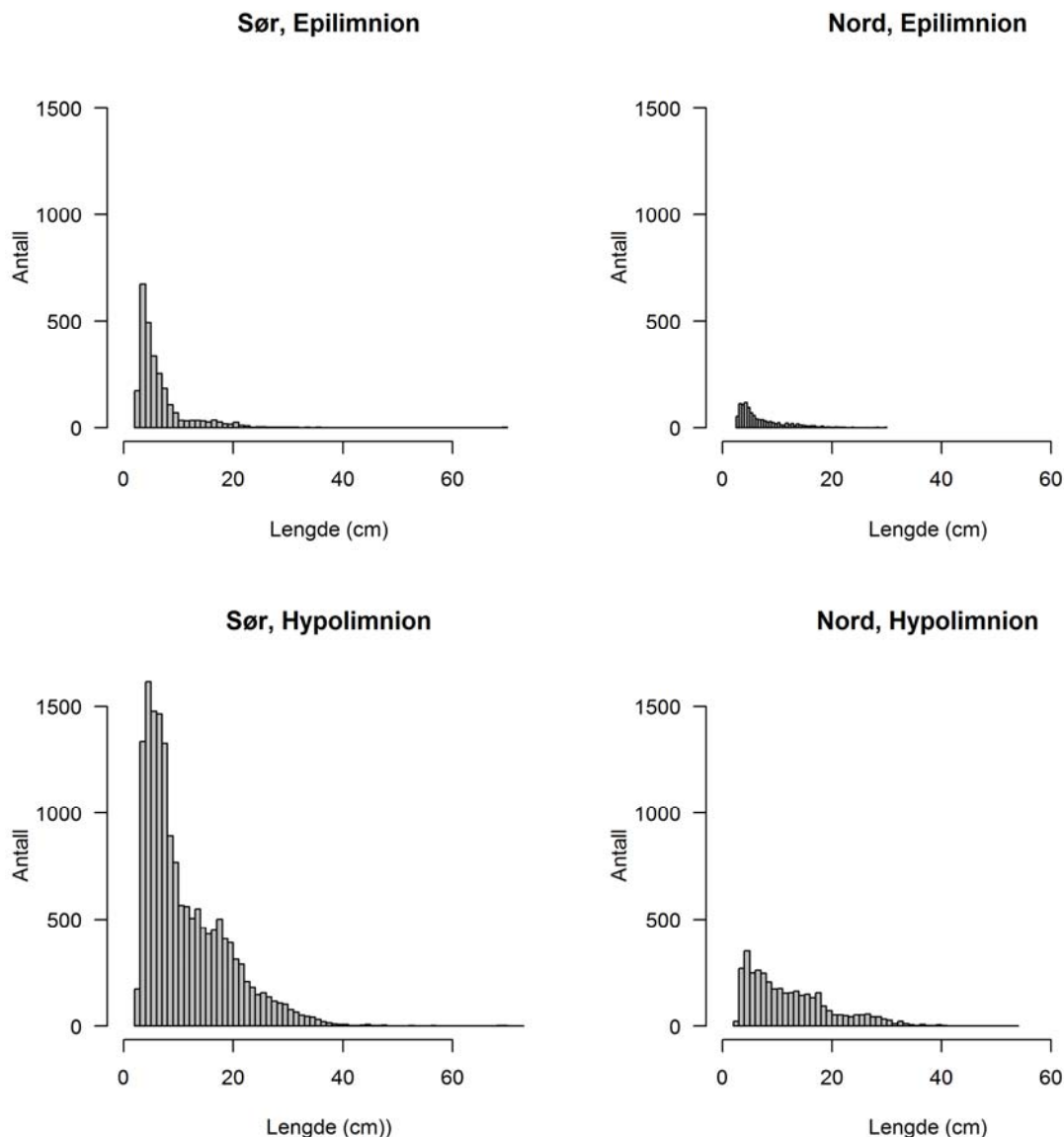
men ved å sammenlikne fordelingen av enkelttekko mellom området lengst sør mot midtre og nordre del av Hurdalssjøen var det en tendens til at det var mer småfisk høyt i vannet i den søndre delen av innsjøen enn i de andre områdene (Figur 6.16 a,b og 6.17 a-c).

Ekkostyrke- (TS-)fordelingen i registreringene i Hurdalssjøen varierte mellom -59 og -31 dB med et aritmetisk gjennomsnitt på -49 dB. Jmf. sammenhengen mellom ekkostyrke og fiskelengde til Lindem (1982) tilsvarer dette fisk fra 3 til 72 cm med en gjennomsnittslengde på 11 cm. Det sto mye fisk i alle størrelser omkring sprangsjiktet på 11 m dyp. Dypere enn 20-25 meter var noe overvekt av stor fisk (TS mellom -50 og -40 dB).



Figur 6.18. Fordeling av ekkosignalstyrke i vannlaget over og under sprangsjiktet i nordlig og sydlig del av Hurdalssjøen.

Omregnet til lengder basert på Lindem (1982) så blir lengdefordelingen som vist i Figur 6.19. Av plottene i Figur 6.18 ser vi at det er småfisken som dominerer fiskebildet i epilimnion. Dette er trolig årets rekrutter av sik og krøkle. I hypolimnion viser ekkostyrkefordelingen en totoppet form i sør der den første toppen trolig representerer normalkrøkle mens den andre representerer kannibalkrøkle og sik. Det nordre bassenget er både grunt og lite i forhold til sør. Vi antar derfor at fiskesammensetningen presentert under er noe preget av det.



Figur 6.19. Lengdefordeling av fisk over og under sprangsjiktet nord og syd i Hurdalssjøen, beregnet på grunnlag av ekkosignalsstyrke og Lindem (1982).

Basert på fangstfordelingene fra prøvefisket med flytegarn i det søndre bassenget, var andelen krøkle, sik og andre arter hhv. 21, 76 og 3 % i epilimnion og tilsvarende 26, 69 og 5 % i hypolimnion. I det nordre bassenget var andelen krøkle, sik og andre arter hhv. 14, 43 og 43

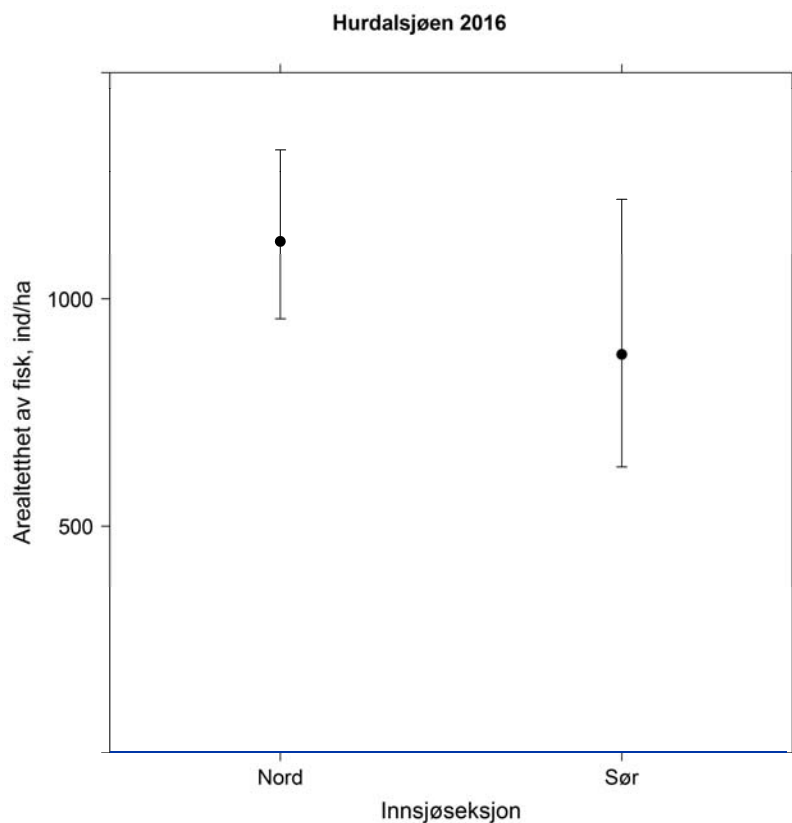
% i epilimnion mens den var 33, 67 og 0 % i hypolimnion. Den totale andelen disse artene utgjorde i fangstdataene uavhengig av dyp eller innsjøområde ble således 25 % krøkle, 69 % sik og 6 % andre arter. Videre kan vi trekke ut at 37 % av fisken i sør uavhengig av art benyttet epilimnion, mens 63 % benyttet hypolimnion. I nord benyttet 23 % av fisken seg av epilimnion, mens 77 % benyttet seg av hypolimnion. Alle de registrerte artene overlappet såpass mye i størrelser at såkalte miksfordelingsanalyser for å si noe om de artsbaserte underpopulasjonsbidragene ikke er aktuelle å bruke på dette datasettet.

Beregningene over forutsetter at prøvefisket fanget et representativt utvalg av de arter som bruker det undersøkte vannvolumet. Fangsttallene er videre benyttet til å beregne fisketettheter basert på ekkoloddmålingene som bl.a. gir et kvantitativt mål på antall fisk per overflateareal. Den ordinære siken i Hurdalssjøen ble registrert med en snittvekt på 447 g mens siksilda ble målt til 22,2 g. Videre ble det lagt til grunn at fordelingen mellom disse i de pelagiske vannmassene var 5 % ordinær sik mot 95 % siksild. Siken utgjorde 69 % av de totale fangstene under prøvefisket. Krøkla (standardkrøkle og kannibalkrøkle samlet) hadde en gjennomsnittsvikt på 29,5 g mens andre arter ble vurdert å ha en gjennomsnittsvikt på 150 g. Krøkle utgjorde videre 25 % av fangstene mens andre arter utgjorde 6 %.

Tabell 6.6. Estimerte tettheter (med nedre og øvre 95 % konfidensgrenser, KI) og biomasse av sik, krøkle og andre arter i Hurdalssjøen 2016. Tallene er baserte på målinger inndelt i 500 m lange segmenter langs en siksakkrute som dekker store deler av innsjøen.

Innsjø-seksjon	Tetthet (fisk/ha)			Biomasse (kg/ha)
	Gjennom-snitt	Nedre 95 % KI	Øvre 95 % KI	
1 - SørSør	2.202	1.058	3.346	96,6
2 - SørMidt	623	496	750	28,1
3 - Nord	877	693	1.061	61,1
Gruppe				
Krøkle	269			13,3
Sik	737			36,4
Andre arter	61			3,0
Sum	1.067			52,7

Tettheten (95 % C.I.) av fisk om vi deler innsjøen inn i to hoveddeler var 1 127 (956-1.329) fisk/ha i sør og 877 (630-1.219) fisk/ha i nord (Figur 6.20).



Figur 6.20. Beregnet tetthet av fisk (middelerdi med 95 % konfidensintervall) i to seksjoner av de åpne vannmassene i Hurdalssjøen 24.-25.aug. 2016. Gjennomsnittlig tetthet og variansmål er beregnet med GLM, med en antakelse om quasipoisson fordeling.

6.8. Økologisk tilstand basert på WS-FBI indeksen

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

Selv om fisken ikke nødvendigvis er fordelt vertikalt etter temperatur (jf. Figur 6.1) har vi her foretatt et skille i et øvre og i et nedre sjikt, basert temperaturprofilene. I Tabell 6.7 er angitt dyp for sprangsjikt (termoklin) og beregnet biomasse i de to dybdesjiktene epilimnion og hypolimnion.

Tabell 6.7. Beregnet biomasse (kg ha^{-1}) i epilimnion og hypolimnion basert på ekkointegrering i Hurdalssjøen i 2016. Termoklin er basert på den største endringen i temperatur per dybdemeter i vertikale temperaturprofiler målt ved feltarbeidstidspunktet (jf. Lyche Solheim mfl. 2016).

Innsjøseksjon	Termoklin (m)	Biomasse epilimnion	Biomasse hypolimnion	Biomasse total
SørSør	11	86,6	10,0	96,6
SørMidt	11	4,9	23,1	28,1
Nord	11	48,9	12,2	61,1
Samlet	11	35,0	17,3	52,7

De beregnede verdiene av WS-FBI indeksen (Tabell 6.8) viser at det pelagiske fiskesamfunnet i Hurdalssjøen får status på grenseverdien mellom «moderat» og «god», men på «god» side når et veid snitt for størrelsen på de tre innsjødelene legges til grunn. For øvrig er det stor variasjon i biomasse langs transektene, noe som vil gi varierende økologisk status. Den søndre delen i sydlig basseng skilte seg ut med høy beregnet fiskebiomasse, noe som gir en n-EQR verdi på 0,44 og «moderat» økologisk status. Også nordlig basseng hadde høy fiskebiomasse og «moderat» økologisk status, mens det sentrale og største midtpartiet i sydlig basseng får en beregnet n-EQR verdi på 0,87 og derved «svært god» økologisk status.

Tabell 6.8. Beregnet WS-FBI indeks for 3 områder i Hurdalssjøen (sørsør, sørmidt og nord), basert på biomasse fisk i epi- og hypolimnion beregnet med hydroakustikk i august 2016.

Innsjøseksjon	WS-FBI	EQR	normEQR	Status
SørSør	1,3	0,45	0,44	M
SørMidt	2,3	0,79	0,87	SG
Nord	1,4	0,48	0,52	M
Samlet	1,5	0,52	0,60	G

7. Diskusjon

Klassifiseringen av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften skal gjøres på grunnlag av i hvilken grad den økologiske tilstanden vi registrerer i dag avviker fra den forventede referansetilstanden (naturtilstanden), og hvorvidt dette avviket skyldes menneskelig påvirkning (Veileder 2009, 2013). Fisk som kvalitetselement skal vurderes ut fra:

- **Artssammensetning og dominans.** Her vurderes hvorvidt fiskesamfunnets artssammensetning er endret (dominans) og om arter er blitt borte.
- **Forekomst.** Her vurderes mengden fisk, og tetthet eller biomasse benyttes, eller relative mål (fangst pr. innsats).
- **Aldersfordeling.** Her vurderes andel liten fisk, dvs. rekrutteringen. Lengdefordeling kan benyttes.

Vi har sjelden empiriske data som viser hvordan tilstanden i vassdragene var før menneskenes aktivitet fikk noen stor betydning. Definisjon av referansetilstanden er dermed en utfordring som krever en pragmatisk tilnærming. I tillegg er det ikke utviklet gode dose-respons kurver for å vise eventuelle sammenhenger mellom ulike parametere for fiskesamfunnet og ulike menneskeskapte miljøendringer som antas å påvirke fiskesamfunnet. Dette gjelder både i Norge og i resten av Europa. I klassifiseringen vil det derfor være avgjørende å kunne dokumentere eller ha gode faglige forventinger til hvordan fiskesamfunnet har vært i naturtilstanden. Et hjelpemiddel er her tilstanden i antatt lite eller ikke påvirkte lokaliteter i innsjøer i samme geografiske området og med et tilnærmet likt fiskesamfunn.

Fravær av objektive data (garnfangster, fangstjournaler) og data som kan sammenliknes direkte med prøvefiske i nyere tid finnes heller ikke fra Hurdalssjøen. Det finnes imidlertid et prøvefiskemateriale fra 1977-79 som er benyttet for å beregne norsk endringsindeks for fisk. Sik er en dominerende fiskeart i de pelagiske områdene ved alt gjennomført prøvefiske i Hurdalssjøens pelagiske områder (Kildal og Skurdal 1982, Hurdalssjøen Utmarkslag 1993, Wilberg 1995 og i foreliggende undersøkelse). I tillegg foreligger det data på vekst fra 1912 (Huitfeldt-Kaas 1927). For å belyse eventuelle endringer i perioden 1912 til 2016 er det foretatt en sammenlikning av lengdefordeling og vekstmønster hos sik og siksild på materiale samlet inn i de to tidsperiodene. Det må presiseres at Hurdalssjøen er et gammelt reguleringsmagasin med reguleringshøyde på 3,6 m allerede fra 1905, slik at verken prøvefiske i 1977/79 eller materiale fra 1912 representerer uregulert tilstand.

7.1. Påvirkning

De faktorene som kan utøve press på fiskesamfunnet i Hurdalssjøen kan være endringer knyttet til tilløpselver/bekker. Dette vil gjelde for de artene som i deler av livssyklus er avhengig av å oppholde seg på rennende vann, f.eks. ørret.

- reguleringer (vannføring, vandringshinder)
- endringer av habitat
- endring av vannkvalitet

I selve Hurdalssjøen kan endringer i fiskesamfunnet forårsakes av:

- vannkvalitet
- regulering av vannstanden
- utsetting av nye fiskearter
- beskatning

Når det gjelder utsetting av nye arter er det i Veileder (2013) angitt at arter satt ut før 1900 regnes som en del av det naturlige fiskesamfunnet, mens de som er satt ut senere regnes som menneskelig påvirkning. Beskatning regnes ikke som påvirkning så lenge den kan karakteriseres som «bærekraftig».

7.2. Regulering

I Veileder (2013) er det angitt at forholdet mellom reguleringshøyde og siktedyp er en viktig hydrofysisk støtteparameter. Med en reguleringshøyde på 3,6 m og siktedyp målt til 7 m (august 2016) er denne beregnet til 0,26 for Hurdalssjøen, noe som gir tilstandsklasse «god».

Tabell 7.1 Indikative klassegrenser for påvirkningsfaktoren innsjøregulering for fisk som kvalitetselement, dvs. reguleringshøyde (HRV minus LRV), og forholdet mellom reguleringshøyde (RH) og siktedyp (SD). Reguleringshøyde Hurdalssjøen = 3,6 m og siktedyp i august 2016=7,0 m.

Belastningsgrad	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
RH= HRV-LRV	<1 m	1-5 m	5-8 m	8-12	>12 m
RH/2SD	<0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	>0,8
RH/2SD Hurdal		0,26			

Når det gjelder virkning på fisk av vannstandsvariasjon i selve Hurdalssjøen, så vil denne knytte seg til tørlegging av strandsonen ved senking fra normal sommervannstand, dvs. sen høst og vinter fram til snøsmelting og oppfylling på våren. Det dominerende habitatet langs land er preget av grov stein og blokk, med stedvis innslag av fastfjell. I innløpsområdet i nord er det relativt grunt med finere løsmasser nær land. I syd er det også store grunne områder (Tangen/Tangenvika) med fravær av grov stein som substrat i strandsonen, og med tilførsel av sand og fine løsmasser fra Hona. Vannstandsamplituden i naturtilstanden er som tidligere angitt vanskelig å vurdere, men i perioder med lite nedbør (vinter og i tørre perioder om sommeren) antas vannstanden i Hurdalssjøen å ha vært lav, men hvor lav er avhengig av Sagdammen og hvilke endringer som er gjort i utløpsområdet.

Båtel.fiske i august 2016 langs land viste at fisk i strandsonen i all hovedsak oppholdt seg der det var gode skjulmuligheter, mens det ikke ble funnet fisk der strandsonen besto av sand og lite skjul. Betydningen av skjul vises også ved at det ble påvist lite fisk på finere substrat på litt dypere vann utenfor sonen med grov stein. Senking fører til at sonen med skjul blir tørrlagt og den er derved ikke tilgjengelig for småfisk. Fisk må derfor trekke ut på dypere vann og blir da mer eksponert for predasjon. Erfaringen fra Øyeren er at de fleste littorale fiskeartene forlater gruntvannsområdene sent på høsten (Brabrand 2002), noe som er en sannsynlig tilpasning til at lavlandssjøer ofte får lav vannstand om vinteren pga. lite tilsig. Det er kjent fra andre undersøkelser at de fleste arter trekker unna strandsonen vinterstid pga. lav temperatur og fare for innefrysing, og at de da holder seg på dypere vann der det er høyere temperatur (Winfield 2004).

Når det gjelder fisk i Hurdalssjøen vil det være avgjørende å vite hvor sonen (ved hvilken kotehøyde) med grovt substrat lå i naturtilstanden, siden bølgeerosjon, isskuring og vannstandsvariasjon vil vaske ut fine løsmasser og la grove masser ligge igjen i bredden. Sagdammen i Andeelva bidrar til å holde en noe høyere sommervannstand i dag sammenliknet med uregulert tilstand. Gitt at sonen med grov stein i uregulert tilstand lå nær det som den gang var «normal» sommervannstand, så ville en naturlig senkning på 0,5-1,0 m pga. lite tilsig være nok til å tørlegge denne sonen. De uregulerte forholdene er vanskelig å vurdere, men fra GLB ansees det som sannsynlig med en naturlig senkning i vannstanden

vinterstid på 0,5-1,0 m, noe som sannsynligvis tørkla strandsonen med grov stein også den gang.

7.3. Littoralt fiskesamfunn

Bortsett fra ørret som gyter på rennende vann om høsten og lake som til dels er innsjøgyter i desember-januar, er alle de påviste artene under båtelfiske vårgytere på grunt, og til dels svært grunt vann. Gjedde kan gyte allerede i slutten av april eller i begynnelsen av mai, etter at disse gruntvannsområdene har nådd en temperatur på 6-10 °C. Gjedde vandrer da inn over disse oversvømmede områdene, og optimalt gytesubstrat er oversvømmet vegetasjon. Gress og starr er foretrukket, men også annet gytesubstrat benyttes. Høy vannstand i selve gyteperioden, og stabil høy vannstand i eggutviklingsperioden (få uker) og tiden etterpå assosieres vanligvis med gytesuksess eller sterke årsklasser hos gjedde (Inskip 1982, Gravel og Dube 1980).

Studier og modellforsøk viser imidlertid at arealet av optimalt gytehabitat hos gjedde ikke trenger å være stort før et område blir «mettet» med rekrutter (Minns et al. 1996). Det skal derfor små gytearealer til før det er andre faktorer som er begrensende, og mye tyder på at overlevelsen første sommer mer enn arealet av selve gyteområdet avgjør bestandstettheten av gjedde. Klekking av gjedderogn skjer etter 10-20 døgn avhengig av temperaturen, og vannstanden i Hurdalssjøen vil da i slutten av mai og juni ha nådd flomvannstanden. Skjulmuligheter vil da være tilgjengelig på svært grunt vann og fordi vegetasjonssamfunnene da er etablert. Lite tyder på at praktisert vannstandsvariasjon i Hurdalssjøen gir redusert gjeddebestand.

De fiskeartene som ble funnet ved båtelfiske var abbor, mort, hork, lake, ørret og gjedde. Småørret (<10 cm) ble som forventet ikke påvist, fordi ørret i all hovedsak vil oppholde seg på innløpselvene i 2-3 år før utvandring til Hurdalssjøen og med overgang til fiskeføde. De ørretene som ble påvist i strandsonen var i lengdeintervallet 12-22 cm og vil relativt nylig ha utvandret fra innløpselver. De forventes relativt raskt å slå over på fiskediett og opptre mer pelagisk og derved uavhengig av strandsonen. De øvrige artene tatt under båtelfiske trekker med stor sannsynlighet ut på dypere vann utover høsten, og lengdefordelingen av mort, lake, abbor, og gjedde viser dominans av liten (dvs. ung) fisk. Dagens senkning vurderes å ha liten virkning på det littorale fiskesamfunnet i form av dødelighet pga. predasjon. Denne vurderingen baserer seg på forventet fangst både ved båtelfiske og på de strandnære garnfangstene (artssammensetning og lengdefordeling).

Et viktig element er at det har nesten ikke vært endringer i vegetasjonssamfunnene i perioden 1927 til 2016 (Mjelde 2017), noe som sannsynliggjør at det littorale fiskesamfunnet har hatt nær samme vilkår i samme periode.

Utover de typisk strandnære fiskeartene påvist ved båtelfiske, er det opplyst av lokalkjente personer at det tidligere siksildfiske i gytetida foregikk på til dels svært grunt vann i november-desember. Rogn hos siksild blir liggende på bunnen og rognutviklingen skjer gjennom vinteren og fram til klekking tidlig på våren (trolig april). Det kan derfor tenkes at

senkning som inntreffer etter gyting hos siksild kan medføre tørlegging av rogn som legges grunt og at dette kan virke begrensende på rekrutteringen. Det må her nevnes at i fangstene fra 2016 ble det av 52 aldersbestemte siksild ikke funnet 1+ i det hele tatt. Dette er fisk som skulle vært klekket våren 2015. Hvorvidt dette skyldes ytre fysiske forhold ifb. med gyting høst 2014 og eggutvikling fram til klekking eller om det er et uttrykk for naturlig bestandsvariasjon er ikke mulig å angi. Men det var høy vannstand i Hurdalssjøen like før gyteperioden høsten 2014 (november og første del av desember), med etterfølgende senkning vinteren 2015. Det kan derfor være en forklaring på en svak årsklasse 2015.

Det er ikke kjent om siksild også legger egg på dypere vann, men det er sannsynlig. Det opplyses også lokalt at siksild i tillegg til å gyte i strandsonen også gyter i de nedre deler av Hurdalselva. Mye tyder på at bestanden av siksild er mer næringsbegrenset enn rekrutteringsbegrenset, siden noe redusert vekst og mindre størrelse ved fangst i 2016 sammenliknet med 1912 kan forklares med lavere beskatning. Men i tillegg kan også reguleringen enkelte år kan innvirke på årsklassestyrken.

7.4. Pelagisk fiskesamfunn

7.4.1. Norsk endringsindeks for fisk, NEFI

Norsk endringsindeks for fisk er beregnet på grunnlag av pelagiske og littorale garnfangster basert på innsamling i 1977-79 (Skurdal og Kildal 1982) og 2016, der referansetilstanden er beregnet med utgangspunkt i fangstene fra 1977-79. For både pelagiske og littorale områder gir norsk endringsindeks for fisk for perioden 1977-79 til 2016 en klassifisering til tilstandsklasse «svært god». Dette betyr at fiskesamfunnet slik det karakteriseres i endringsindeksen ikke har endret seg i perioden 1977-79 og til 2016. Dette er da heller ikke å forvente siden det ikke er gjort vesentlige reguleringsinngrep eller andre ting som har endret forholdene for fisk i denne perioden.

7.4.1. Vekstmønster hos sik og siksild

Det er ikke grunnlag for å angi at vekstmønster eller alder ved kjønnsmodning verken hos sik eller siksild har endret seg fra 1912 til 2016, basert på Huitfeldt-Kaas (1927) og foreliggende undersøkelse. Tatt i betraktning at Huitfeldt-Kaas bare benyttet skjell i aldersbestemmelse er det heller ikke sannsynlig at aldersfordelingen hos sik har endret seg vesentlig i samme periode. Lengdefordelingen hos siksild antyder at vanlig fangststørrelse er lavere i 2016 sammenliknet med 1912, og at også maksimalstørrelsen hos siksild er noe redusert. Det foreligger ikke oversikter over beskatning av verken sik eller siksild i Hurdalssjøen, men en redusert størrelse hos siksild (evnt. også hos sik) kan henge sammen med lavere beskatning, uten at det kan fastslås for bestandene i Hurdalssjøen. Både hos sik og lagesild (som har en livssyklus som likner mye på siksilda i Hurdalssjøen) er det vist sammenheng mellom bestandsstørrelse og populasjonsparametre (Aass 1972, Svärdson 1976, Vøllestad 1983, Brabrand m.fl. 2000), og beskatning kan her endre bestandene. Det må imidlertid konkluderes med at bestandene mht. tilbakeberegnet vekst, alder ved kjønnsmodning og alder/lengde ved vekststagnasjon både hos sik og siksild er svært lik i materialet fra 1912 og 2016.

7.4.2. WS-FBI indeksen

Variasjonen i beregnet fisketetthet mellom de ulike innsjødelene gir utfordringer når økologisk status skal beskrives ved hjelp av WS-FBI indeksen. Noe av utfordringen ligger i at mange fiskearter er til stede, at fangbarheten på redskap er forskjellig og også at det er forskjellig habitat i de ulike deler av innsjøen. Både nordre basseng og sydlig del av sydlig basseng har grunne nærområder med god vegetasjonsutvikling, og her kan spesielt littorale fiskearter (mort og abbor) foreta horisontale vandringer gjennom døgnet og oppholde seg i pelagiske områder om natta (Bohl 1980, Brabrand et al. 1990). Tetthet og biomasse kan i slike områder bli høye, spesielt i epilimnion, fordi dette primært er varmtvannsarter sammenliknet med sik og krøkle. Lave verdier for økologisk status i slike deler av Hurdalssjøen bør derfor ikke utløse for mye oppmerksomhet. Det er også et metodespørsmål om hvor godt WS-FBI indeksen treffer når lavlandssjøer med mange fiskearter skal klassifiseres, og hvor flere inngår både i littorale og pelagiske områder av innsjøen. På den annen side er det klart at fiskesamfunn i innsjøer i lavlandet (høy sommertemperatur) med enkelte store grunne områder og mange fiskearter raskt vil kunne respondere på tilførsel av næringssalter i form av økt biomasse hos mort, hork og abbor.

I Hurdalssjøen er WS-FBI indeksen i 2016 beregnet til 1,5 og n-EQR til 0,60 som samlet snitt for alle transektene, se Tabell 6.8, og vil være på grenseverdien mellom «moderat» og «god» økologisk status, men n-EQR for det sentrale midtpartiet er beregnet til 0,87 og «svært god» økologisk status. Fiskesamfunnet må derfor sies å vise liten eller ingen respons på eutrofi, noe som heller ikke er forventet basert på innsjøen trofiske tilstand. Dette forsterker inntrykket av et relativt upåvirket fiskesamfunn mht. eutrofi, spesielt når de sentrale pelagiske områdene av Hurdalssjøen får «svært god» økologisk status. I Tabell 7.2 er også vist WS-FBI verdier for flere større innsjøer på Østlandet der alle har sik og krøkle som dominerende fiskesamfunn i pelagiske områder. Av disse er det bare Eikeren og Hurdalssjøen som har tilstandsklasse «god», mens de øvrige er klassifisert som «svært god».

Tabell 7.2. WS-FBI indeks og n-EQR for pelagiske områder i Hurdalssjøen basert på hydroakustikk i august 2016 og tre andre store sjøer.

Innsjø	WS-FBI	N-EQR	Status
Randsfjorden	2,3	0,87	SG
Tyrifjorden	2,9	1,00	SG
Eikern	1,8	0,71	G
Hurdalssjøen	1,5	0,60	G

7.5. Ørret og risiko

Ørretbestanden i Hurdalssjøen er klassifisert som en storørretbestand og gitt status som «sårbar» (Dervo et al. 1996). Bestanden benytter innløpselver og bekker til gyting og oppvekst de første 2-3 årene før utvandring til Hurdalssjøen (Brabrand m.fl. 2009). For ørret vil endring i bestanden i Hurdalssjøen derfor både kunne være et resultat av forhold på innløpselver og i Hurdalssjøen.

Hurdalssjøen har en rekke mindre innløpsbekker der mange har påviste bestander av ørret (Pedersen mfl. 2015, 2017), også i de nedre deler som har fri vandring fra Hurdalssjøen. Tre større innløpselver, Hegga, Gjødingelva og Hurdalsvassdraget, har alle inngått i et overvåkingsprogram i perioden 1997-2016 (Brabrand m.fl. 2009, 2016).

Mye tyder på at bestanden av ørret i Hurdalssjøen er beskjeden, til tross for byttfisk som krøkle, siksild og sik. Prøvefiske i 2016 påviste ytterst få ørret, og tidligere prøvefiske har enten ikke påvist ørret eller bare i svært lite antall (Kildal & Skurdal 1982, Hurdalssjøen utmarkslag 1993, Utmarksavdelingen i Akershus og Østfold 1994, Wilberg 1995). Det bør i den videre forvaltning fokuseres på beskatning av storørret og forhold som sikrer rekruttering.

Økologisk tilstand for fisk i hovedstrengen i Hurdalsvassdraget (Høverelva-Hurdalselva) viser i store trekk «svært god» og «god» tilstand i vassdragets øvre deler, mens tilstanden i de nedre deler etter 2008/2009 er dominert av «svært dårlig» og «dårlig» tilstand. Disse vurderingene er basert på tetthet av ørret beregnet ved elektrofiske og hvilken tetthet som kan forventes ut fra en enkel habitatklassifisering (veileder 2013). Årsaken til nedgang i økologiske tilstand i nedre del av Hurdalsvassdraget er ikke godt klarlagt (Brabrand 2016), men rekruttering av ørret i Hurdalsvassdraget, og derved til Hurdalssjøen må sees på som en risiko for fiskesamfunnet i Hurdalssjøen.

7.6. Klassifisering

Økologisk tilstand for fisk i Hurdalssjøen må klassifiseres som «god» til «svært god». Dette er basert på norsk i endringsindeks for fisk (garnfangster), beslutningstre, båtelfiske i littorale områder, hydroakustikk, vekstmønster hos sik og siksild og fiskefaglig vurdering (veileder 2013). Norsk endringsindeks vil omfatte perioden fra 1977/79 til 2016 (Kildal og Skurdal 1982), noe som vil kun omfatte endringer for en periode på 37-39 år. Siden Hurdalssjøen er et gammelt reguleringsmagasin (fra 1800-tallet) og at innløpselvene fra gammelt av også er endret pga. fløtning, vil en mer pragmatisk tilnærming i form av trusselbilde og forventet fiskesamfunn være nødvendig. Følgende vurderinger er gjort:

- 10 av de 14 fiskeartene som er angitt av Huitfeldt-Kaas (1918) ble funnet i 2016. Av disse var to arter (harr og laue) sannsynlig heller ikke til stede i 1918, og to arter (ørekyte og røye) finnes i dag høyere opp i nedbørfeltet. Begge disse to er konkurransesvake i flerartssamfunn og hadde sannsynligvis også i naturtilstanden ytterst små bestander.
- Garnfiske i pelagiske områder viste et forventet fiskesamfunn med dominans av sik (sik, siksild) og krøkle.
- Båtelfiske og garnfiske i strandsonen påviste mort, gjedde, hork, abbor, lake, steinsmett, ørret og niøye.
- Lengdefordelingen i garnfangstene og ved båt el.fiske angir forekomst av små individer fisk for alle bestander. Det er ingen indikasjoner på at noen arter har rekrutteringssvikt, men årsklassestyrke hos siksild kan sannsynligvis enkelte år påvirkes av vannstanden i Hurdalssjøen.

- Hydroakustiske undersøkelser angir rimelige tettheter av fisk i pelagiske områder ut fra innsjøen trofiske tilstand (oligotrof og kalkfattig).
- Beregnet n-EQR for WS-FBI (Weighted Stratified Index) var 0,60 som veid snitt for alle transekter, noe som gir «god» økologisk status, men på grenseverdien mellom «god» og «moderat». I sentrale pelagiske områder beregnes n-EQR til 0,87 og «svært god» status.
- Vekstmønster hos sik og siksild, alder ved kjønnsmodning og vekststagnasjon i materiale fra 1912 og 2016 er svært likt og gir ingen indikasjoner på vesentlige endringer for fisk i pelagiske områder.
- Rekruttering hos ørret i innløpselver som er tilgjengelig for oppvandring fra Hurdalssjøen bør angis som en risiko for fiskebestanden i Hurdalssjøen.

8. Litteratur

- Aglen A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. Pages 293--298 in Nakken O, Venema SC, eds. Fisheries Acoustics Symposium, vol. 300. Bergen, Norway: FAO Fish. Rep.
- Balk H. 2014. Sonar4 and Sonar5-Pro post processing systems: Lindem Data Acquisition A/S.
- Bohl, E. 1980. Diel pattern of pelagic distribution and feeding in planktivorous fish. *Oecologia* 44, 368-375.
- Brabrand, Å., Saltveit, S.J. og Aass, P. 1990. En vurdering av storørrestammene i Hurdalssjøen og Vorma/Glomma i Akershus. Rapp. Lab. Ferskv.Økol. Innlandsfiske, Universitetet i Oslo, 119, 19 s.
- Brabrand, Å., Faafeng, B.A. and Nilssen, J.P. 1990. Relative importance of phosphorous supply to phytoplankton production: fish excretion versus external loading. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47, 364-372
- Brabrand, Å. 2009. Tetthet av ungfisk i Hurdalselva, Gjødingelva og Hegga i 1997-2008. Rapp. Lab. Ferskv.Økol. Innlandsfiske, Universitetet i Oslo, 270, 37 s.
- Brabrand, Å., Enderlein, O. og Aass, P. 2000. Praktiske vurderinger i forbindelse med kvalitetsforbedring av lagesildbestander. Lab. Ferskv.Økol. Innlandsfiske, Universitetet i Oslo. Rapport nr. 195, 15 s
- Brabrand, Å., Bremnes, T., Pavels, H. og Saltveit, S. J. 2016. Tetthet av ungfisk i Hurdalselva, Gjødingelva og Hegga i 1997-2015. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport nr. 48, 41 s.
- Dervo, B., Taugbøl, T. og Skurdal, J. 1996. Storørret i Norge. Status, trusler og erfaringer med dagens forvaltning. Østlandsforskning, Rapport 10/1996, 78 s + vedlegg
- Direktoratet for naturforvaltning, 1997. Forslag til forvaltningsplan for storørret, Utredning for DN, 1997, 2. 41 s.
- Egge, O.K. 1994. Aktuelle gyte-elver og bekker. Dagens tilstand. Forslag til tiltak. Hurdalssjøen Utmarkslag. Foreløpig rapport.

- Glommens og Laagens Brukseierforening 1996. Hurdalssjøen mfl. – Manøvreringsreglement. Brev til Norges vassdrags- og energiverk. 5.juli 1996. NVE's-ref.: 2773/793/V/fofo/fofo, GLB's ref.: R-AMO/10.032. 5 s. + vedlegg. Hurdalssjøen Utmarkslag, 1993. Rapport om prøvefiske i Hurdalssjøen, Intern rapport.
- Holmgren, K., Kinnerbäck, A., Olin, M., Hesthagen, T., Kelly, F., Rask, M. & Saksgård, R. 2010. Intercalibration of fish assessments of ecological status in Northern lakes – results from a pilot study. (In English with Swedish summary). Fiskeriverket Informerar, 2010:1, 37 p.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1918. Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge med et tillæg om krebsen. Centraltrykkeriet, Kristiania, 106s + vedlegg.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1927. Studier over aldersforholde og veksttyper hos norske ferskvannsfisker. Nationaltrykkeriet, Oslo, 246 s + vedlegg.
- Hurdalssjøen Utmarkslag. 1993. 1. Rapport om prøvefiske i Hurdalssjøen. 2. Rapport om stamfiske m/el.apparat i Hurdalssjøens tilløpselver. Rapport 7 s.
- Jensen, K.W. 1968. Sportsfiskernes leksikon, Gyldendal norsk Forlag A/S, Oslo.
- Kildal, T. og Skurdal, J. 1982. Fiskeribiologiske undersøkelser i Hurdalssjøen 1977-79. Fiskerikonsulentene i øst-Norge, rapport nr. 17, 35 s.
- Lindholm, M. 2015. Tilstandsklassifisering av vannforekomster i Vannområde. Hurdalsvassdraget/Vorma 2011, 2012 og 2014. NIVA-rapport 6814-2015, 53 s
- Linløkken, A. 1995. Monitoring pelagic whitefish (*Coregonus lavaretus*) and vendace (*Coregonus albula*) in a hydroelectric reservoir using hydroacoustics. Regulated Rivers: Research & Management 10: 315–328. DOI: 10.1002/rrr.3450100224
- Lyche Solheim, A., Schartau, A.K., Bongard, T., Edvardsen H., Eikland Bækkeli, K.A., Jensen, T.C., Mjelde, M., Persson, J., Rustadbakken, A., Sandlund, O.T. & Skjelbred, B. 2016. ØKOSTOR: Økosystemovervåking av store innsjøer 2015. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand iht vannforskriften. Miljødirektoratet, NIVA-rapport 7070-2016, 151 s
- Menezes, R., Borchsenius, F., Svenning, J.-C., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Landkildehus, F. & Jeppesen, E. 2013. Variation in fish community structure, richness, and diversity in 56 Danish lakes with contrasting depth, size, and trophic state: does the method matter? Hydrobiologia 710: 47-59. DOI 10.1007/s10750-012-1025-0
- Mjelde, M. 2016. Vannvegetasjon i Hurdalssjøen. Økologisk tilstand 2016. Norsk institutt for vannforskning, rapp. Nr. Xxx, 19 s
- Pedersen, H.B., Dervo, L., Nordli, S., Fodstad, T., Skjølås, Å.M., Engødegård, A., Åkerstrøm, A., Løkenlien Sørby, T., Nilsen, L., Winger, A.C., Olstad, E., Bergem, K.H., Ulsaker, A. og Dønnum, B.O. 2015. Supplerende kartlegging av fiskestatus i bekker og mindre elver i Hurdalsvassdraget/Vorma. Vannområdeutvalget i Hurdalsvassdraget/Vorma, Notat nr. 1/2015, 59 s.
- Pedersen, H.B., Dervo, L., Nordli, S., Fodstad, T., Skjølås, Å.M., Engødegård, A., Åkerstrøm, A., Sørby, T.L., Nilsen, L., Winger, A.C., Olstad, E. og Dønnum, B.O. 2017. Supplerende kartlegging av fiskestatus i bekker og mindre elver i Hurdalsvassdraget/Vorma i 2016. Vannområdeutvalget i Hurdalsvassdraget/Vorma. 1/2017, 51 s

- Rørslett, B. 1998. Konsekvensvurderinger I samband med forslag til manøvreringsreglement for Hurdalssjøen. Norsk institutt for vannforskning. Rapport O-97244, 35 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., Rustadbakken, A. & Sandøy, S. 2013. Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem. Miljødirektoratet, Rapport M22-2013, 60 s.
- Sandlund, O.T. (red.), Brabrand, Å., Gjelland, K.Ø., Høitomt, L.E., Linløkken, A.N., Olstad, K., Pettersen, O. & Rustadbakken, A. 2016. Overvåking av fiskebestander i store innsjøer. Metodeutprøving og anbefalinger. - NINA Rapport 1274. 64 s. + vedlegg
- Schmieder, K. 2004. European lake shores in danger concepts for a sustainable development. *Limnologica*, 34, 3-14
- Sandlund, O.T. (Red.), Bergan, M.A., Brabrand, Å., Diserud, O.H., Fjeldstad, H.P., Gausen, D., Halleraker, J.H., Haugen, T., Hegge, O., Helland, I.P., Hesthagen, T., Nøst, T., Pulg, U., Rustadbakken, A. & Sandøy, S. 2013. Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem. Miljødirektoratet, Rapport M22-2013, 60 s.
- Svårdson, G. 1976. Översikt över laboratoriets verksamhet med plan för år 1976. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 38p.
- Tammi, J. 2003. Gillnet-based fish monitoring in large lakes – test fishing in key habitats. *Karjalan tutkimuslaitoksen raportteja* 2003:3, s. 92-95.
- Veileder 01:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 128 s + vedlegg.
- Veileder 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Rapport 02:2013, 254 s
- Vøllestad, A. 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i Haldenvassdraget. Haldenvassdragets Vassdragsforbund, rapport nr. 2, 55 s.
- Winfield, I.J. 2004. Fish in the littoral zone: ecology, threats and management. *Limnologica*, 34, 124-131
- Wilberg, J.H. 1995. Fiskeribiologiske undersøkelser i Hurdalssjøen i 1990 - 1992. Rapport fra Akershus Jeger - og fiskerforbund, 23 s.
- Aass, P. 1972. Age detemination and year class fluctuations of ciscoe (*Coregonus albula*) in the Mjøsa hydroelectric reservoir, Norway. Rep. Inst. Freshwat. Drottningholm 52, 4-21