

1485

NINA Rapport

Vannkvalitet, krepsdyr og fisk i tre reguleringsmagasiner i Mandalsvassdraget høsten 2017

Trygve Hesthagen & Bjørn Walseng



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig..

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

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

Vannkvalitet, krepsdyr og fisk i tre reguleringsmagasiner i Mandalsvassdraget høsten 2017

Trygve Hesthagen
Bjørn Walseng

Hesthagen, T. & Walseng, B. 2018. Vannkvalitet, krepsdyr og fisk i tre reguleringsmagasiner i Mandalsvassdraget høsten 2017. NINA Rapport 1485. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, Mai 2018

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3216-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Trygve Hesthagen

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Ingebrigt Uglem (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Agder Energi Vannkraft

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Aleksander Andersen

FORSIDEBILDE

Nåvatn ved terskel Loneskar og Svartevann høsten 2017. Foto:

Trygve Hesthagen

NØKKEWORD:

- Vest-Agder
- Åseral kommune
- Mandalsvassdraget
- Reguleringsmagasiner
- Aure
- Krepsdyr
- Vannkvalitet
- Etterundersøkelse

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen

Thormøhlensgate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Hesthagen, T. & Walseng, B. 2018. Undersøkelser av vannkvalitet, krepsdyr og fisk i tre regule-ringsmagasiner i Mandalsvassdraget høsten 2017. NINA Rapport 1485. Norsk institutt for naturforskning

Undersøkelsen ble foretatt i Nåvatn, Stegil og Storevatn, der hensikten var å (i) vurdere lokalitetenes økologiske tilstand, (ii) avgi bestandsstatus og alderssammensetning hos aure, (iii) dokumentere tilslaget av utsettingene og vurdere behovet for videre utsettinger og (iv) foreslå habitatforbedrende tiltak med tanke på å etablere eller forsterke sjølreproduserende aurebestander. Nåvatn, Storevatn og Stegil ble regulert i 1932, 1950 og 1966, med reguleringshøyder på henholdsvis 36,5, 8,0 og 6,0 m. Som kompensasjon for sviktende rekruttering ble det på 1960-tallet satt ut énsomrig aure i Stegil og Storevatn. Utsettingene av aure ble avsluttet i 1973 pga. manglende tilslag som følge av sur nedbør. I årene 1985-2001 ble det satt ut bekkerøye. På 2000-tallet ble det på nytt satt ut énsomrig aure i alle de tre magasinene. I Stegil har dette i seinere år omfattet 3500 individ hvert år, og i Storevatn 2000 individ annethvert år. I Nåvatn ble det satt ut 4500 individ i 2012-2015, 2300 individ i 2016, men ingen i 2017. All settefisk har vært fettfinneklippt. Vannkvalitet, krepsdyr og fisk har også vært undersøkt i seinere år, både i Nåvatn (2005 og 2011), Storevatn (2012) og Stegil (2012). Disse innsjøene ligger i et forsøringsutsatt område, og er fremdeles forsuret. I 2017 var pH og labilt (giftig) aluminium henholdsvis 4,90-5,46 og 10-23 µg/L i overflaten og i noen tilløpsbekker. De har lite mineraler med et innhold av kalsium på 0,12-0,23 mg/L. Bufferkapasiteten er også lav med -3,0 til -17,1 µekv/L i syrenøytraliserende kapasitet (ANC). Unntaket var innløpet og en tilløpsbekk til Storevatn med ANC på respektive 0,4 og 2,6 µekv/L. Vannkvaliteten har i liten grad bedret seg siden 2011/2012. Den økologiske tilstanden i planktonsamfunnene er *Dårlig/Moderat*. Nordiske oversiktsgarn (30 x 1,5 m) ble benyttet ved prøvefiske, og fangstutbyttet uttrykkes som antall individ pr. 100 m² garnareal pr. natt (Cpue). Alle de tre innsjøene har tynne til meget tynne aurebestander. I Nåvatn var det en klar bestandsøkning fra 2005 og fram til 2011 med Cpue på henholdsvis 1,0 og 3,8 individ. I 2017 var fangstutbyttet identisk med det i 2011. I 2017 var Nåvatn sterkt nedtappet pga. bygging av ny dam ved utløpet av Skjerkevatn (slått sammen med Nåvatn i 2018). I den sørlige delen av Nåvatn førte den lave vannstanden til utvasking av bunnsediment og svært blakkett vann. Dette hadde trolig en klar negativ effekt på fangstutbyttet i 2017. I Nåvatn var det en dominans av settefisk både i 2011 (58 %) og 2017 (52 %). I 2016 ble det påvist bra egenrekruttering i en tilløpsbekk i nord (Nils Kile, Agder Energi, pers. med.). Vi foreslår at utsettingene i Nåvatn begrenses til 1500 individ i de sørlige deler, inkludert Skjerkevatn. I nord er det bra egenrekruttering i minst én tilløpsbekk, slik at det etter hvert vil skje en ytterligere bestandsøkning i sjølve magasinet. I nord dominerer allerede villfisk, i motsetning til i sørlige deler. Stegil har en meget tynn aurebestand, men den har økt noe fra 2012 (Cpue=2,2) til 2017 (Cpue=3,2). I 2012 bestod fangsten kun av settefisk, mens det i 2017 ble tatt én villfisk (5 %). Auren i Stegil kan trolig gyte i et par små tilløpsbekker, men dette er i så fall svært begrenset. Fangstene ved fritidsfiske tyder på at fisken holder en god størrelse og kvalitet. For å sikre at dette opprettholdes, foreslår vi å redusere utsettingene fra 3500 til 2000 énsomrig individ pr. år. I Storevatn er det kun utsatt fisk, og fangstutbyttet var noe høyere i 2012 (Cpue=7,6) enn i 2017 (Cpue=5,0). Dette var trolig tilfeldig og skyldtes ikke en reell bestandsnedgang. Auren i Storevatn holder en meget god kvalitet og størrelse. For å sikre at dette blir opprettholdt, blir det foreslått å redusere utsettingene fra 2000 til 1200 individ annet hvert år. Det er trolig mulig å etablere gyteareal i tilløpsbekker både til Stegil og Storevatn.

Trygve Hesthagen, Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim. E-post: trygve.hesthagen@nina.no. Mobil: 99593389

Bjørn Walseng, Norsk institutt for naturforskning. Gaustadaléen 21, 0349 Oslo. E-post: bjorn.walseng@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Områdebeskrivelse	8
2.1 Beliggenhet og reguleringer	8
2.2 Fiskeutsetninger	10
3 Metoder	12
3.1 Vannkjemiske analyser	12
3.2 Krepsdyr	12
3.3 Garnfiske	12
3.4 Elfiske	13
4 Resultater	17
4.1 Vannkvalitet	17
4.2 Krepsdyr	19
4.2.1 Planktonsamfunnet	20
4.2.2 Littoralsamfunnet	22
4.2.3 DCA-ordinasjon	23
4.3 Fisk	24
4.3.1 Fangstutbyttet på garn	24
4.3.2 Alder, størrelse og vekst	25
4.3.3 Kondisjon og kjøttfarge	30
4.4 Økologisk tilstand basert på vannkvalitet, krepsdyr og fisk	34
5 Diskusjon	36
6 Referanser	39

Forord

Undersøkelsene av vannkvalitet, krepsdyr og fisk i Nåvatn, Storevatn og Stegil ble gjennomført høsten 2017 på oppdrag for regulanten i Mandalsvassdraget, Agder Energi Vannkraft (AEVK). Hovedhensikten med prosjektet var å gi en vurdering av den økologiske tilstanden i de tre magasinene, samt vurdere bestandsforholdene for å gi tilrådninger om kompensasjonstiltak i form av fiskeutsetninger og habitatforbedrende tiltak. Feltarbeidet ble utført av Trygve Hesthagen, sammen med Øyvind Haugland og Svein Haugland. Leidulf Fløystad (NINA) har aldersbestemt fisken, mens Randi Saksgård (NINA) har analysert mageprøvene. NINA takker AEVK for oppdraget.

Mai 2018

Trygve Hesthagen

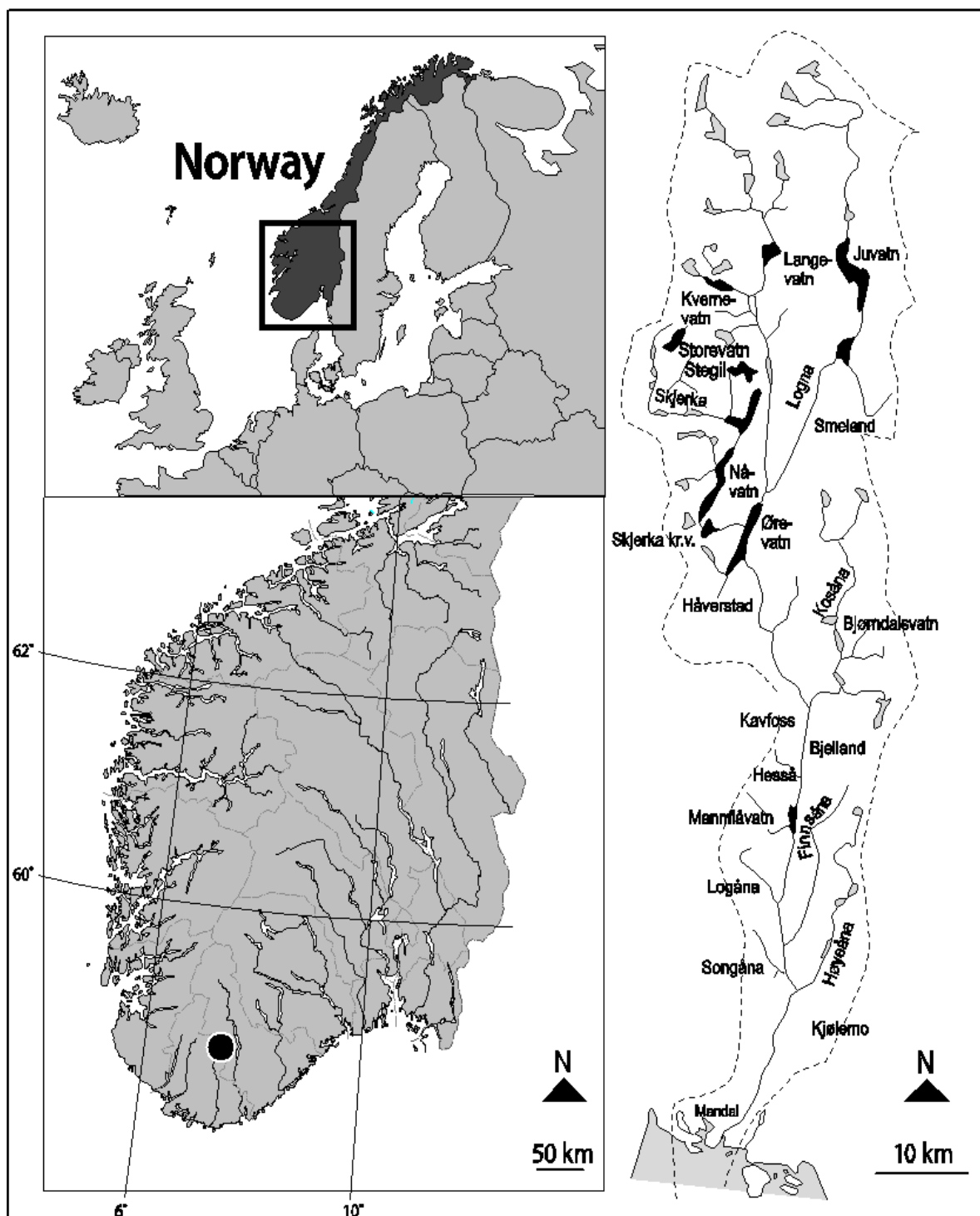
1 Innledning

I øvre deler av Mandalsvassdraget er det til sammen etablert ni reguleringsmagasiner; Juvatn, Lognavatn, Langevatn, Store Kvernevatn, Storevatn, Stegil, Nåvatn, Skjerkevatn (Hagedalsvatn) og Ørevatn (**figur 1**). Dette førte til at rekrutteringen hos aure ble skadet, både fordi deler av tilløpsbekkene ble neddemt og at utløpene ikke lenger ble tilgjengelige som gyteområder. I tillegg førte forsuringen til at de fleste aurebestandene i øvre deler av vassdraget ble utryddet på 1960/1970-tallet (Sevaldrud & Muniz 1980, Hesthagen & Østborg 2008). Disse tapene ble forsøkt kompensert ved utsetting av anleggsprodusert aure. Men etter hvert som forsuringen økte i omfang, forsvant også denne fisken (Møkkelgjerd & Gunnerød 1985). Mange av reguleringsmagasinene i øvre deler av Mandalsvassdraget ble derfor i en periode liggende helt fisketomme. På midten av 1980-tallet ble det satt i gang utsettinger av bekkerøye i mange regulerte innsjøer på Sørlandet (Møkkelgjerd & Gunnerød 1985). Den ga ofte gode gjengefangster fordi den er mindre følsom for surt vann enn vanlig brunaure (Dunson & Martin 1973, Muniz & Leivestad 1979). Etter 2005 har det imidlertid ikke vært tillatt å sette ut bekkerøye i norske vassdrag fordi den er en fremmed art (Hesthagen & Kleiven 2013, Hesthagen mfl. 2018).

I denne rapporten blir det foretatt en vurdering av fiskebestandene i tre av magasinene i vassdraget; Nåvatn, Storevatn og Stegil. Det første kjente prøvefiske i Nåvatn-magasinet og Skjerkevatn var i 1972, med et utbytte på henholdsvis null og én aure (Gunnerød mfl. 1981). Begge innsjøene var den gang kronisk sure, med 4,6 i pH. De pålagte fiskeutsettingene ble etter hvert trukket tilbake pga. manglende tilslag. Ifølge SNSF-prosjektet gikk aurebestanden i Nåvatn tapt på 1940-tallet (Sevaldrud & Muniz 1980). Men i 1954 ble det rapportert om en fangst på ca. 30 aure, så bestanden forsvant nok ikke før på slutten av 1950-tallet. Ved et nytt prøvefiske i 1992 ble det kun fanget bekkerøye både i Nåvatn og Skjerkevatn, med henholdsvis 32 og 37 individ (Saltveit 1994a). I 2002 ble det på nytt satt i gang utsettinger av vanlig brunaure med 5000 ettåringer. Dette var motivert ut fra at vannkvaliteten hadde bedret seg i løpet av de siste årene (Skjelkvåle mfl. 1998). Høsten 2005 ble det gjennomført et nytt prøvefiske i Nåvatn og Skjerkevatn (Hesthagen & Haugland 2006). Begge innsjøene hadde nå svært tynne bestander av bekkerøye og aure. Det var usikkert om auren rekrutterte i noen av tilløpsbekkene. Etter undersøkelsen i 2005 ble det satt i gang omfattende utsettinger av énsomrig aure med totalt 37 500 individ fram til og med 2011 (Hesthagen & Walseng 2012). Det året ble det gjennomført et nytt prøvefiske og utbyttet var omtrent fire ganger høyere enn seks år tidligere. En dominerende andel av bestanden bestod av settefisk (58 %).

Også Storevatn og Stegil ble prøvefisket i 1972, men uten at det ble fanget fisk (Gunnerød mfl. 1981). Det ble antatt at de stedegne aurebestandene gikk tapt i løpet av 1960-tallet. Begge innsjøene var også sterkt forsuret på det tidspunktet med 4,5-4,6 i pH. Utsettingene av bekkerøye gav også dårlig tilslag, for ved et prøvefiske i 1993 ble det bare fanget åtte individ (Saltveit 1994a). I Stegil og Storevatn startet utsettingene av aure i henholdsvis i 2007 og 2009, henholdsvis hvert og annet hvert år. Et prøvefiske i 2012 viste at bestandene i begge magasinene fortsatt var svært tynne (Hesthagen & Walseng 2013). Fangstene bestod kun av settefisk, og potensielle gytebekker ble vurdert som nærmest fraværende. Vannkvaliteten var fremdeles vurdert som dårlig mht. overlevelse hos fisk.

Hensikten med denne undersøkelsen er å (i) vurdere den økologiske tilstanden til hvert magasin basert på vannkjemi, krepsdyr og fisk, (ii) angi bestandsstatus og alderssammensetning hos fisk, (iii) dokumentere tilslaget av utsettingene og vurdere behovet for videre utsettinger, og (iv) foreslå habitatforbedrende tiltak med tanke på å styrke eller etablere sjøleproduserende aurebestander. Miljøtilstanden blir klassifisert på basis av vannkvalitet, forekomst av krepsdyrarter og fangstutbyttet av fisk ved prøvefiske (Sandlund mfl. 2015).



Figur 1. Kart over Mandalsvassdraget med lokaliseringen av de enkelte reguleringsmagasinene, i svart. Storevatn Stegil og Nåvatn er lokalisert i vestlige og midtre deler av vassdraget.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Beliggenhet og reguleringer

Storevatn, Stegil og Nåvatn ligger i nordvestlige og øvre deler av Mandalsvassdraget, i Åseral kommune, Agder fylke. Reguleringene av de tre magasinene er en del av utbyggingen av Skjerka kraftverk. Nåvatn ble regulert allerede på 1930-tallet, mens dammene til Storevatn og Stegil stod ferdig i henholdsvis 1950 og 1966. Begge innsjøene blir benyttet som magasiner for seinere overføring av vann til Nåvatn. Vann fra Storevatn renner mot nordøst og ned i et bekkeinntak på overføringen mellom Langevatn-magasinet og Nåvatn. Stegil blir tappet via ei luke i vestre dam. Dette skjer hovedsakelig i vinterhalvåret, spesielt i februar og mars. Resten av året er tappeluka normalt stengt. Utløpet ned til Langevatn nedenfor vestre dam har derfor svært lav vannføring fra ettervinteren og fram til høsten. Unntaket er perioder med flomvann. Fra Nåvatn ble vannet tidligere ført ned i Skjerkevatt, og derfra i tunnel ned til Skjerka Kraftverk ved Ørevatt. Videre går det i tunnel til Håverstad Kraftverk ved Mandalselva. I 2017 ble det bygget ny dam på utløpet av Skjerkevatt, og den gamle dammen mellom Nåvatn og Skjerkevann blir fjernet i løpet av 2018.

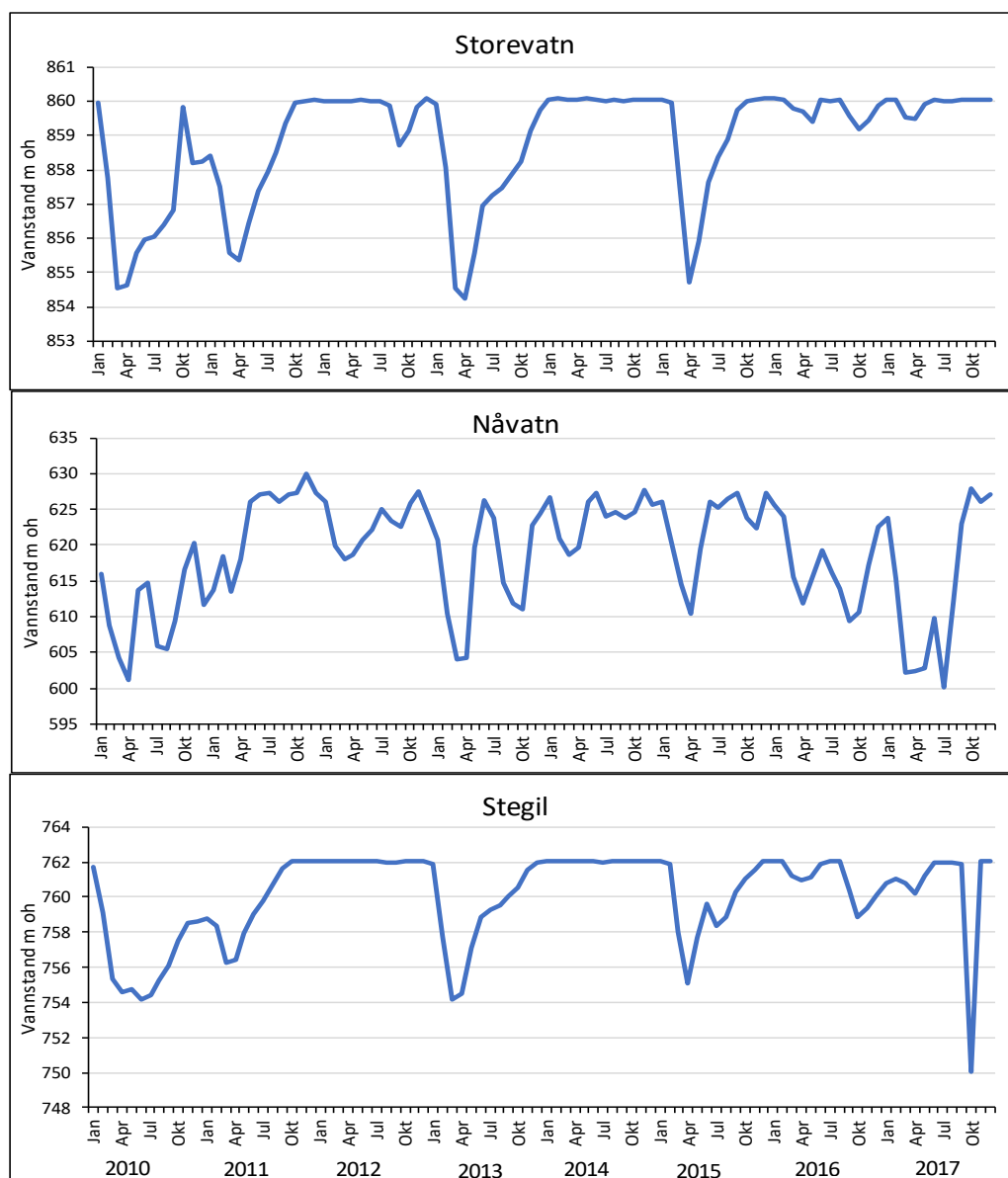
Nåvatn-magasinet er lokalisert i bjørkeregionen på 628 moh. og dekker et areal på 913 hektar (HRV) (**tabell 1**). Magasinet består av fire innsjøer: Åstølvatt og Svartevatt i nord (627 moh.), Sandvatt (606 moh.) og Nåvatn (606 moh.). Største målte dyp i nord (Svartevatt) er 38 m, mot 58 m i søre deler av magasinet. Nedbørfeltet er dominert av bjørkeskog, med noe innslag av rogn og furu i indre deler. Reguleringshøydene i Sandvatt og Nåvatn lengst sør er 36,5 meter. Det går vei til Nåvatn både til utløpet og til Svartevatt i nord. Siktedypet i Nåvatn i 2005 og 2011 var henholdsvis 3,0 og 3,5 meter (Hesthagen & Walseng 2012). Høsten 2017 var siktedypet i nord 2,5 meter, mens det i den sørlige delen bare var 0,70 meter. Det lave siktedypet her skyldes utvasking av bunnsediment fordi vannstanden måtte holdes på et lavt nivå under byggingen av den nye dammen på utløpet av Skjerkevatt (jf. **figur 2**).

Storevatn er lokalisert 860 moh. og dekker et areal på 208 hektar (HRV) (**tabell 1**). Nedbørfeltet er dominert av blokk, grasmark og lynghei. Det er noe innslag av vier og bjørkeskog, og med en del bregner i underskogen. Det er også en del innslag av bart fjell. Storevatn er en middels dyp innsjø, med enkelte dypere partier ned til 35 meter i vest. Lengst sør og nord varierer største dyp mellom henholdsvis 7-15 og 10-12 meter. Enkelte steder i vatnet er det noen øyer og skjær. Storevatn har en grønnlig blå vannfarge, med et siktedyp på 9,5-10,0 meter. Det er ingen bebyggelse i nedbørfeltet. Ved innløpet går ei høyspentlinje gjennom terrenget. Storevatn har ei reguleringshøyde på 6 meter, som i sin helhet består av oppdemming. Siden 2010 har det vært spesielt sterkt nedtapping våren 2010, 2013 og 2015 (**figur 2**).

Stegil er lokalisert i bjørkeregionen på 752 moh. og ved HVR er arealet 179 hektar (**tabell 1**). Største dyp er målt i vestre deler av magasinet med ca. 15 meter. Stegil har en brunlig gul vannfarge, og siktedypet både i 2012 og 2017 var 2,5 meter. Vannfargen og lite siktedyp skyldes at innsjøen er humuspåvirket. Stegil er regulert åtte meter med ei oppdemming på fire meter. Stegil har ikke vært tappet ned til LRV hvert år (**figur 2**). I en periode høsten 2017 ble det imidlertid tappet fire meter under LRV.

Tabell 1. Kartreferanse (ved utløp) og noen fysiske data for Storevatn Stegil og Nåvatn.

Type opplysning	Storevatn	Stegil	Nåvatn
Kartblad	1412-IV	1412-III	1412-III
UTM-ref., utløp	974 137	028 101	950-4015
Magasin-nummer	312	311	310
Vann-nummer	1184	1183	7657
Høyde HRV (moh.)	860	762	628
Høyde LRV (moh.)	854	754	591,5
Reguleringshøyde (m)	6,0	8,0	36,5
Areal ved HRV (ha)	208,39	178,89	913



Figur 2. Vannstanden i Storevatn, Nåvatn og Stegil i perioden januar 2010 til desember 2017. Det er benyttet forskjellig skala ved framstillingen av vannstandsendingene i Nåvatn sammenlignet med de to andre magasinene.

2.2 Fiskeutsettinger

Det er usikkert om det ble satt ut fisk i de første årene etter reguleringene av Skjerkevatn og Nåvatn (Møkkelgjerd & Gunnerød 1985). I 1962 inngikk Landbruksdepartementet og Vest-Agder Elverk en avtale om at renteavkastningen av avsatte fond skulle dekke utgiftene til fiskeutsettinger i Nåvatn, Stegil og Skjerkevatn. Utsettingene av vanlig aure kom trolig i gang samme år (Saltveit 1994a,b). I Storevatn, som ble regulert i 1966, ble det trolig satt ut fisk for første gang på slutten av 1960-tallet. Alle utsettinger i magasinene i Mandalsvassdraget ble foreløpig avsluttet i 1973 fordi settefisk hadde svært dårlig overlevelse pga. forsuring (jf. Gunnerød mfl. 1981). I 1985 ble det satt i gang utsettinger av bekkerøye med 1500 individ i Nåvatn og 1200 individ i Skjerkevatn. Disse utsettingene ble trolig opprettholdt fram til og med 2001 (Hesthagen & Walseng 2012). I 2002 ble det igjen satt i gang utsettinger av aure i Nåvatn med totalt 5000 ettårige individ. I de tre påfølgende årene var det imidlertid ingen utsettinger. Da de kom i gang igjen i 2006, ble det satt ut 5500 énsomrige aureunger. Dette tallet ble økt til 10 000 individ i 2007 og 2008 (**tabell 2**). I 2009 ble det imidlertid bare satt ut 2500 individ. I hvert år fra 2010 til 2015 ble det satt ut 4500-5000 énsomrige aureunger. I 2016 ble tallet redusert til 2300 individ, mens det i 2017 ikke ble satt ut fisk.

For Storevatn ble det trolig ikke utformet noe utsettingspålegg etter reguleringen på 1960-tallet (jf. Gunnerød mfl. 1981). I 1985 ble det gitt et pålegg om en årlig utsetting av 1500 énsomrig bekkerøye (Møkkelgjerd & Gunnerød 1985). I Stegil ble det satt ut 800 individ samme år. De angitte utsettingene av bekkerøye i de to magasinene ble opprettholdt fram til og med 2004. I 2007 ble det på nytt satt ut aure i Stegil med 1500 énsomrige individ (**tabell 2**). Det samme antallet ble også satt ut i 2008, mens det i seinere år har omfattet 2000-3500 individ. I Storevatn startet utsettingene av aure igjen i 2009, med 3000 individ både det året og i 2011. Siden har det vært satt ut 2000 individ annet hvert år, dvs. i 2013, 2015 og 2017.

Tabell 2. Utsettinger av énsomrig aure i Storevatn, Stegil og Nåvatn i perioden 2007-2017

År	Storevatn	Stegil	Nåvatn
2007	0	1500	10 000
2008	0	1500	10 000
2009	3000	2000	2500
2010	0	2000	4500
2011	3000	2000	5000
2012	0	2000	4500
2013	2000	3500	4500
2014	0	3500	4500
2015	2000	3500	4500
2016	0	3500	2300
2017	2000	3500	0

Settefisk til de regulerte innsjøene i Mandalsvassdraget ble produsert ved Finså klekkeri i Marnadal fram til 2013. Siden 2002 ble det benyttet stamfisk fra Sandvatn, lokalisert nedstrøms Juvatn-magasinet. Her var det årlig fangst av stamfisk med ruse og elektrisk fiskeapparat på innløpet. I Sandvatn har det også vært forsterkningsutsettinger. Settefisk ble imidlertid ekskludert som stamfisk. Den har vært fettfinneklippet, slik at det var mulig å skille den fra naturlig produsert fisk. Gytefisk fra Sandvatn blir transportert til Finså klekkeri hvor den ble strøket. Anlegget kunne imidlertid ikke bygge opp en egen stamfiskbeholdning pga. plassmangel. De måtte derfor fange et stort antall stamfisk hver høst for å få nok rogn til å kunne produsere all settefisk det var behov for.

I 2009 fikk Syrtveit Fiskeanlegg tillatelse av Fylkesmannen i Vest-Agder til å bygge opp en stamfiskebeholdning av Sandvatnaure (Nils Børge Kile, pers. med.) Det første innlegget av rogn fra

Sandvatn var høsten 2009, basert på rogn levert av Finså klekkeri. Denne årgangen ble strøket høsten 2013, da fisken altså var tre år gammel. Yngel fra dette partiet ble satt ut i reguleringsmagasiner i Åseral i 2014. Siden har Syrtveit Fiskeanlegg produsert all settefisk til disse lokalitetene. Stamfisk av 2010-årgangen ble brukt til produksjon av settefisk fram til og med utsettingene i 2017. Høsten 2017 var 2014-årgangen gytemoden, og de ble brukt som foreldrefisk til 2018-utsettet. Syrtveit Fiskeanlegg hentet inn stamfisk fra Sandvatn høsten 2013 og 2015. Fisken ble strøket i felt og satt tilbake i bekken. Ferdig befruktet rogn ble fraktet tilbake til Syrtveit Fiskeanlegg. Neste innhenting av rogn og melke vil skje høsten 2019. Den utsatte fisken i alle de regulerte innsjøene i Mandalsvassdraget har vært merket ved å fjerne fettfinnen. Størrelsen på den utsetningsklare énsomrige settefisken i Finså klekkeri låg vanligvis mellom 6-7 cm. Målinger i årene 2006-2008 viste gjennomsnittlige lengder på 6,4-6,7 cm (Hesthagen & Haugland 2009). Den énsomrige settefisken fra Syrtveit Fiskeanlegg har en tilsvarende størrelse (Nils Børge Kile, pers. med.). Utsettingene i reguleringsmagasinene i Åseral skjer vanligvis i første del av august.



Stegil ved dam i sørøst. Foto: Trygve Hesthagen.

3 Metoder

3.1 Vannkjemiske analyser

Det ble tatt vannprøver fra noen tilløpsbekker og i overflaten nær utløpene i hvert magasin. I Nåvatn ble overflateprøven tatt i nord pga. sterkt blakket vann i sør. Alle prøver ble analysert med hensyn til pH, ulike aluminiumsfraksjoner (Al), anioner og kationer slik at syrenøytraliserende kapasitet (ANC) kunne beregnes. ANC er definert som summen av basekationer [BC] ($\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}$) minus summen av sterke syrers anioner [SAA] ($\text{SO}_4 + \text{NO}_3 + \text{Cl}$). Det er foreslått å modifisere ANC hvor organiske syrer som permanent opptre som anioner i pH-området for naturlig vann ($\text{pH} > 4,5$) inngår sammen med de uorganiske sterksyreanionene (Lydersen mfl. 2004a, b). Parameteren blir beregnet på basis av to konstanter og innholdet av TOC (total organisk carbon): $[\text{BC}] - ([\text{SAA}] + (\frac{1}{3} * 10,2 * \text{TOC}))$. De ulike Al-fraksjonene inkluderer også den uorganiske og giftige fraksjonen (labilt Al). Vannprøvene ble analysert på Analysesenteret, Trondheim kommune.

3.2 Krepssdyr

Krepssdyr ble tatt med ei håv med maskevidde 90 μm , diameter 30 cm og dybde 57 cm. I de frie vannmassene ble det tatt to håvtrekk fra 20 m dyp og opp til overflaten. I litoralsonen ble prøvene tatt ved å kaste håva ut fra land og trekke den inn like over bunnen i et representativt habitat for lokaliteten. Individuelle krepssdyrprøver ble fraksjonert og minst 200 individ ble artsbestemt. Resten av prøven ble så gjennomgått for eventuelt å påvise sjeldne arter. Vannloppene (cladocerene) er bestemt ved hjelp av Smirnov (1971), Flössner (1972) og Herbst (1976), mens hoppekrepse (copepodene) er bestemt ved hjelp av Sars (1903, 1918), Rylov (1948) og Kiefer (1973, 1978). Unge stadier av hoppekrep (nauplier og små copepoditter) er ikke artsbestemt.

Krepssdyrmaterialet er analysert med Detrended Correspondence Analysis (DCA) (Hill 1979, 1980), med programmet CANOCO (ter Braak & Smilauer 1998). Ordinasjon er gjort på forekomst-/fravær-data sammen med ni vann i Vest-Agder som ble prøvetatt etter samme opplegg i 2005 (Hesthagen mfl. 2006). Disse vannene er behandlet passivt i et datasett som består av forsuredde lokaliteter (Bjørvatn og Kvernelandsvatn i Rorevassdraget), samt artslistene fra Sognevatn (minus tre survannstolerante arter). Disse er ment å representere en tilnærmet ikke forsuret situasjon. DCA arrangerer artslistene slik at de med lik artssammensetning blir liggende nær hverandre når resultatet plottes i et aksekors, mens artslistene med ulik artssammensetning blir liggende lengre fra hverandre i plottet. Da forskjeller i artssammensetning mellom lokaliteter gjenspeiler forskjeller i miljøet, vil aksene i plottet representere underliggende miljøvariabler. Sjøl i ikke-forsurede lokaliteter må man forvente å finne survannstolerante arter. Vi kan derfor ikke forvente at de undersøkte lokalitetene får en artssammensetning lik den vi har "konstruert" i DCA-analysen. Resultatet vil imidlertid fortelle oss i hvilken retning utviklingen går, samt forskjeller mellom de undersøkte lokalitetene.

3.3 Garnfiske

Prøvefiske ble gjennomført i perioden 31. juli til 2. august 2017. I Stegil, Storevatn og Nåvatn ble det benyttet henholdsvis 13, 16 og 16 Nordiske oversiktsgarn (bunngarn) fordelt på fem, fire og sju stasjoner (**tabell 3, figur 3 & 4**). I Nåvatn var innsatsen i 2005 og 2011 på 22 garn fordelt på ni stasjoner. I 2017 gjorde en svært lav vannstand det umulig å sette garn på alle de faste stasjonene i den sørlige delen. I nord ble de fire faste stasjonene benyttet. I sør ble det satt garn på tre stasjoner (5-7), og disse ble lagt til området utenfor Sokkleiva på østsiden av magasinet.

Hvert Nordisk oversiktsgarn er 30 m langt og 1,5 m dypt og har følgelig et areal på 45 m^2 . Garnet består av 12 segmenter med maskeviddene 5.0, 6.3, 8.0, 10.0, 12.5, 15.5, 19.5, 24.0, 29.0, 35.0,

43.0 og 55.0 mm (Appelberg mfl. 1995). Hver maskevidde er derved representert med et areal på 2,5 m x 1,5 m. Garna ble satt i fire standard dybdeintervaller: 0-3, 3-6, 6-12 og 12-20 meter. Utbyttet blir uttrykt som antall individ fanget pr. 100 m² garnareal pr. natt, eller ca. 12 timers fiske (Cpue). Temperaturen i overflatevannet ved garnsettingen i Storevatn, Nåvatn og Stegil var henholdsvis 11,9, 13,3 og 13,9 grader.

Bestandsstatus hos en aurebestand kan vurderes ut fra tettheten basert på fangstutbyttet ved prøvefiske med Jensen-serier, og vekstforholdene ut fra gjennomsnittlig lengde hos kjønnsmodne hunner (Ugedal mfl. 2005). Prøvefisket i Mandalsvassdraget ble altså foretatt med Nordiske oversiktsgarn. Ved en undersøkelse av tre innsjøer i Drivavassdraget i Sør-Trøndelag i 2014, ble begge garnseriene benyttet (Hesthagen mfl. 2015). Her ble det prøvefisket i juni og august fordelt på ulike deler av hver innsjø, totalt 18 datapunkt. Det ble funnet en signifikant sammenheng mellom fangstutbyttet på Jensen serier (JS) og Nordiske oversiktsgarn (NO) der kun fisk ≥ 15 cm inngår: $JS = 0,338 * NO + 3,25$ ($F_{1,17}=5,05$, $R^2=0,24$, $p=0,039$). Denne ligningen ble benyttet til å beregne forventet utbytte på Jensen-serier i de tre innsjøene i Mandalsvassdraget.

3.4 Elfiske

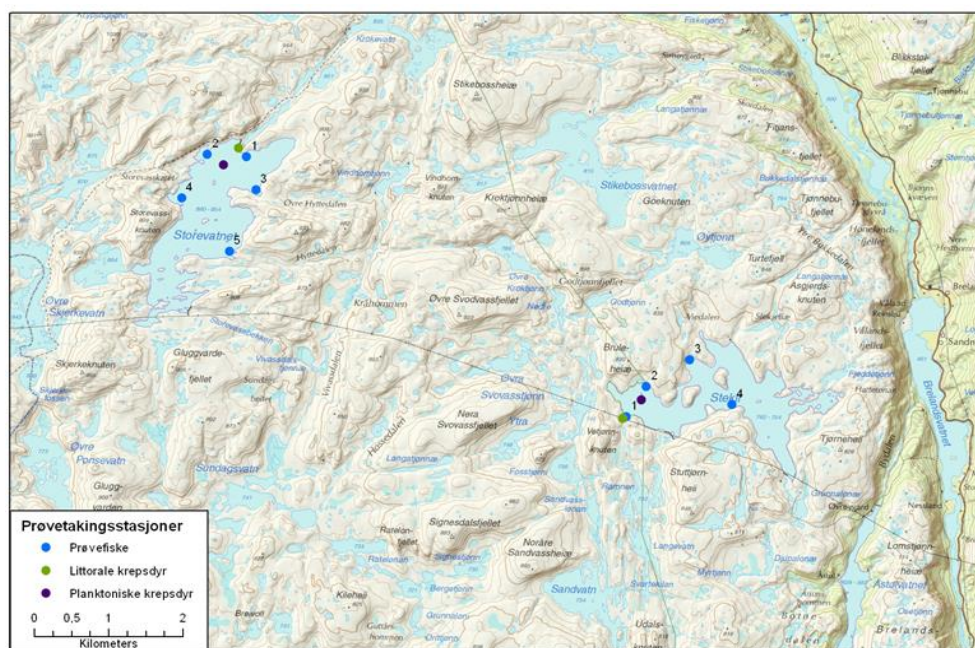
El-fiske ble foretatt med et bærbart elektrisk fiskeapparat av typen Paulsen, i Udalsånæ og Vettingånæ i nordenden av Nåvatn, i innløpet av Storevatn og i Sløkjelibekken ved Stegil. Hver lokalitet ble avfisket én gang.

Tabell 3. Fangstinnsatsen med Nordiske bunngarn på forskjellige stasjoner (St.) i Storevatn, Stegil og Nåvatn høsten 2017, fordelt på dypene 0-3, 3-6, 6-12 og 12-20 meter.

	Storevatn				Stegil				Nåvatn			
St.	0-3	3-6	6-12	12-20	0-3	3-6	6-12	12-20	0-3	3-6	6-12	12-20
1	1	1	1	1	1	1			1	1		
2	1	1	1		1	1	1	1	1	1		
3	1	1	1		1	1	1	1	1	1		
4	1	1	1		1	1	1		1	1		
5	1	1	1						1	1	1	
6									1	1	1	
7									1	1		
Tot	5	5	5	1	4	4	3	2	7	7	2	



Vannstand i nordre del av Nåvatn under feltarbeidet høsten 2017. Foto: Trygve Hesthagen.

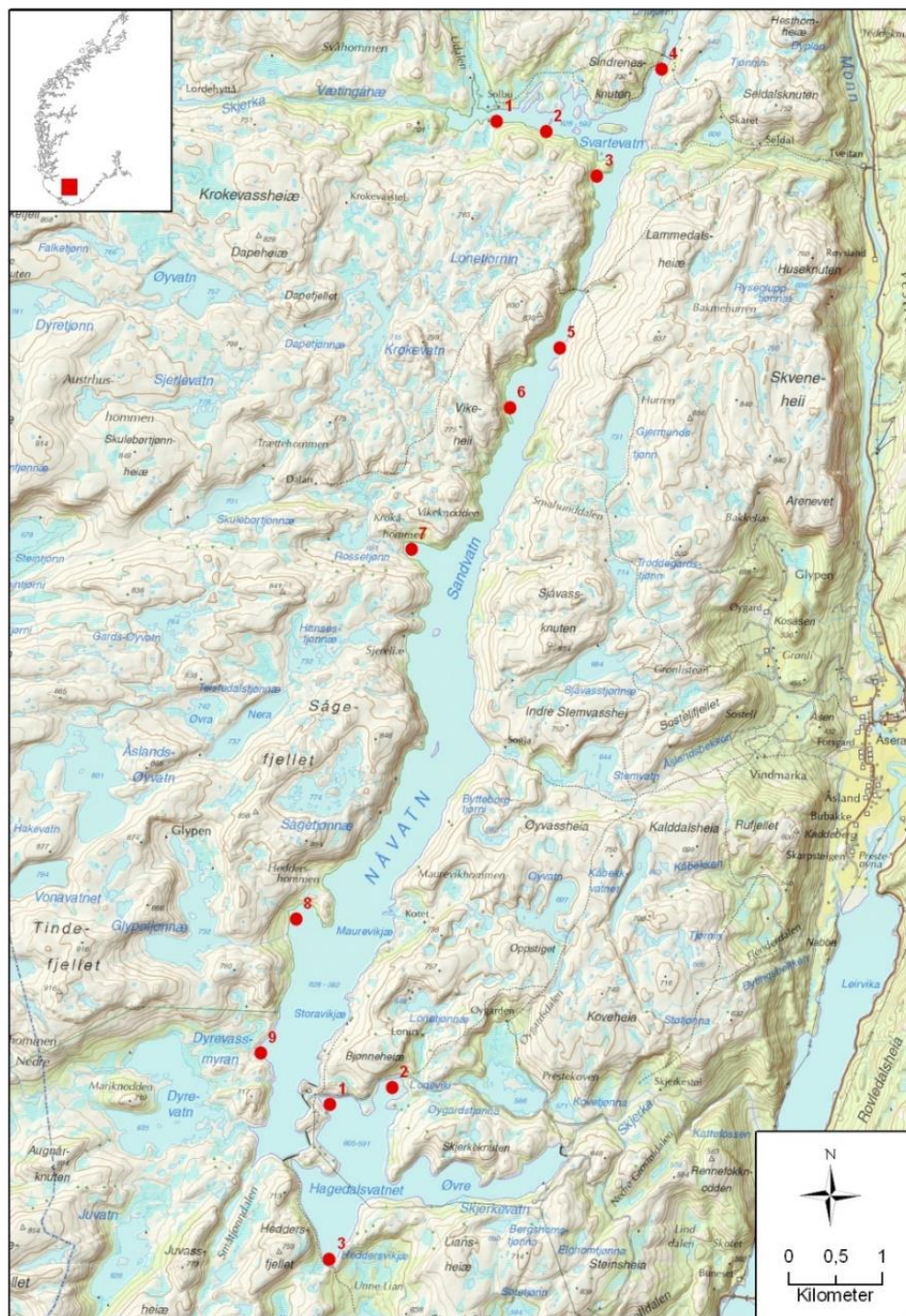


Figur 3. Kart med plassering av prøvfiskestasjoner i Storevatn (1-5) og Stegil (1-4), samt hvor de litorale og planktoniske krepsdyrprøvene ble tatt.

For hver fisk ble det registrert lengde (nærmeste mm), vekt (nærmeste gram), kjønn og modningsgrad. Til aldersbestemmelsen ble det tatt skjellprøver av all fisk, og ørestein (otolitter) fra et utvalg individ. Fiskens lengde ble tilbakeregnet ved å anta et lineært forhold mellom fiskens lengde og skjellradius. All fisk ble sjekket for om fettfinnen var fjernet, dvs. om fisken var vill eller utsatt. Det ble også notert om fisken hadde andre ytre tegn til oppdrett, som slitte eller deformerte finner.



Det var store utfordringer med utsett og transport av båt i søre del av Nåvatn under feltarbeidet i 2017. Foto: Trygve Hesthagen.



Figur 4. Kart med plassering av prøvefiskestasjonene i Nåvatn (1-9). Høsten 2017 ble ikke satt garn på de ordinære stasjonene 5-9 pga. lav vannstand. Det ble i stedet satt garn på tre stasjoner på østsida av magasinet (stasjon 5-7, jf. **tabell 3**) i området ved Sokkleiva. På kartet er også stasjonene 1-3 i Skjerkevatn vist (jf. Hesthagen & Walseng 2012).

4 Resultater

4.1 Vannkvalitet

I Nåvatn var Udalsånæ og Vætingånæ i vestenden av Svartevatn i nordlige deler betydelig forsuringspåvirket både i 2005 og 2011 med pH 4,99-5,21 og 15-29 µg/L giftig labilt Al (**tabell 4**). Tilsvarende verdier i sjølve magasinet (overflatevann) i de to årene var henholdsvis pH 5,63 vs. 5,20 og 10 vs. 21 µg/L labilt Al. Syrenøytraliserende kapasitet (ANC) beregnet ved å inkludere sterke syrer var lav i 2005 og 2011 med verdier fra +0,1 til -9,3 µekv/L. Unntaket var ANC på 9,0 µekv/L i overflatevannet i 2005. I noen lokaliteter hadde ANC utviklet seg i negativ retning fra 2005 til 2011. Det kan ha sammenheng med økt innhold av TOC som ble målt til 1,5-2,2 mg/L i 2005, mot 3,7-6,4 mg/L i 2011. Alkaliteten var lav i alle undersøkte lokaliteter til Nåvatn både i 2005 og 2011 med 0-9 µekv/L. Fram til 2017 har ikke vannkvaliteten bedret seg i noen særlig grad, med pH 5,03-5,18 og labilt Al 10-14 µg/L. Ett unntak var at alkaliteten i overflatevannet var relativt høy med 18 µekv/L. Nåvatn med tilløpselver har også lavt innhold av mineraler (ioner) med en ledningsevne og Ca-konsentrasjon på henholdsvis 12 µS/cm og 0,20-0,23 mg/L. Det er også næringsfattig med 3,2-5,0 µg/L total fosfor (Hesthagen & Walseng 2012).

Storevatn og Stegil er også fortsatt betydelig forsuringspåvirket med pH 5,37 og 5,18 i overflatevannet i 2017. Innholdet labilt Al er imidlertid ikke spesielt høyt med 23 µg/L i begge lokaliteter. ANC er fortsatt lav med -17,1 og -11,1 µekv/L i henholdsvis Storevatn og Stegil. Alkaliteten er i de to innsjøene var på 13 og 11 µekv/L (overflaten). Siktedypet var 2,5 m i Stegil og 9,5-10,0 m i Storevatn. Denne forskjellen gjenspeiler seg også i TOC-nivåene som var på henholdsvis 0,9 og 3,3 mg C/L. Tilsvarende var fargetallene henholdsvis <1 og 29 mg Pt/L. Storevassbekken og innløpet til Storevatn hadde en lignende vannkvalitet som sjølve magasinet, med pH 5,31 vs. 5,39 og 11 vs. 12 µg/L labilt Al. Sløkjelibekken ved Stegil, hadde en pH på 4,90 og 18 µg/L i labilt Al.



Udalsånæ renner ut i Svartevatn i nordlige deler av Nåvatn-magasinet. Vannstanden var relativt høy under feltarbeidet høsten 2017. Foto: Trygve Hesthagen.

Tabell 4. Vannkjemiske data fra Nåvatn i 2005, 2011 og 2017, og fra Stegil og Storevatn i 2012 og 2017. OF=overflate. Under Nåvatn står Udal for Udalsånæ og Væt for Vætingånæ. Ali=labilt aluminium.

År	Innsjø	Sted	FTU	mg Pt/L	µS/cm		µekv/L	Mg/L	µg/L	mg/L	µekv/L
			Turb	Farge	Ledn	pH	Alk	Ca	Ali	TOC	ANC
2005	Nåvatn	Væt			6,2	5,21	0	0,11	15	1,5	0,1
		Udal			12,4	4,99	0	0,25	29	2,2	-5,0
		OF			10,0	5,63	2	0,34	10	1,5	+9,0
2011	Nåvatn	Væt			11,0	5,00	1	0,17	20	6,3	-9,3
		Udal			10,0	5,10	6	0,24	23	6,4	-1,5
		OF			12,8	5,20	9	0,21	21	3,7	-5,9
2017	Nåvatn	Vet	1,0	66	12	5,03	8	0,20	12	6,3	-4,1
		Udal	1,3	58	12	5,07	8	0,23	14	5,7	-3,1
		OF	1,2	53	12	5,18	18	0,23	10	5,2	-3,0
2012	Stegil	Sløkje-libk				5,20		0,29	18		
		OF	1,7	27	13	4,99	0	0,19	34	2,8	-14,8
		Sløkje-libk	1,1	84	12	4,90	4	0,18	18	8,3	-8,6
2017	Stegil	OF	1,3	29	13	5,18	11	0,19	23	3,3	-11,1
		OF									
		OF									
2012	Storevt	Storvassbk				5,31		0,10	11		
		Innløp				5,39		0,11	12		
		OF	0,39	<1	11	5,17	5	0,12	17	0,6	-11,3
2017	Storevt	Storvassbk	0,65	50	9	5,39	20	0,27	14	6,1	+2,6
		Innløp	1,00	20	8	5,46	18	0,12	18	3,2	+0,4
		OF	0,29	1	12	5,37	13	0,13	23	0,9	-17,1



Innløpet til Storevatn. Mulig oppvandring av fisk på venstre side sett ovenfra. Foto: Trygve Hesthagen.

4.2 Krepssdyr

Det ble registrert til sammen 25 arter krepssdyr i de tre vannene fordelt på 17 vannlopper og åtte hoppekrepss (**tabell 5**). Stegil hadde det mest artsrike krepssdyrsamfunnet med 18 arter i 2012 (12 arter vannlopper og seks arter hoppekrepss) og 20 arter i 2017 (13 arter vannlopper og sju arter hoppekrepss). I Storevatn ble det funnet 18 arter i 2012 (12 arter vannlopper og seks arter hoppekrepss), mot 13 arter i 2017 (ni vannlopper og fire hoppekrepss). I Nåvatn var det motsatte tilfelle. Her ble det kun funnet åtte arter i 2011 (fem vannlopper og tre hoppekrepss), mot 15 arter i 2017 (ni vannlopper og seks hoppekrepss). Vannloppene gelékrepss *Holopedium gibberum*, snabelkrepss *Bosmina longispina*, klarvannskrepss *Alonopsis elongata* og vanlig kulekrepss *Chydorus sphaericus*, samt hoppekrepss spasmehops *Heterocope saliens*, ble funnet i alle litorale prøver. I ni kalkede vann i Agder i 2005, ble det funnet et gjennomsnitt på 20 arter pr. lokalitet (Hesthagen mfl. 2006), som altså er noe høyere enn i de tre regulerte innsjøene i Mandalsvassdraget høsten 2017.

Det er hittil registrert 66 planktonarter i Vest-Agder, 41 vannlopper og 25 hoppekrepss (Walseng & Halvorsen 1995 a,b, upubl.data). Ingen arter kan karakteriseres som sjeldne. Bolerkrepss *Latona setifera* (**bilde 1**) er den minst vanlige arten og ble funnet i 5 % av alle undersøkte lokaliteter i Vest-Agder. Sett fra siden, har den en oval kroppsfasong og er omtrent dobbelt så lang som bred. Det innerste leddet av den togrenete 2. antennen er meget kraftig bygget og gir inntrykk av å være en tredje gren. Bolerkrepss er en mikrofiltratør som lever i strandsonen. Den fins nord til og med Troms fylke og er vanlig helt opp til tregrensen, men er aldri funnet over 1000 moh. Den lever nær bunnen der den kan ligge stille i lenger perioder, og gjennom kontinuerlige bevegelser med antennegrenene virvler den små partikler inn under ryggskjoldet opp til munnen.

Den survannstolerante hoppekrepssarten myrvannshops *Diacyclops nanus* ble funnet i alle de tre lokalitetene, mens den survannstolerante vannloppen mosenebbkrepss *Alona rustica* bare ble funnet i Stegil og Storevatn. Sammen med vannloppen bruntvannshops *Acantholeberis curvirostris* er dette tre vanlig/dominante arter i sure lokaliteter på Sørlandet.



Bilde 1. Vannloppen bolerkrepss *Latona setifera*. Tegning av G.O. Sars. Norgeskartet til høyre viser utbredelsen til bolerkrepss.

4.2.1 Planktonsamfunnet

Snabelkreps *Bosmina longispina* var dominerende art i planktonet både i Stegil og Nåvatn og utgjorde respektive 41,2 og 93,8 % (**bilde 2**). Da Stegil ble undersøkt i 2012 var den fraværende i planktonet i de frie vannmassene til tross for at den ble påvist i litoralsonen. Dette ble betegnet som noe spesielt, da totalt fravær av snabelkreps i planktonet er sjeldent i sure lokaliteter på Sørlandet. Sett fra siden har den et tilnærmet rundt utseende der det 1. antenneparet fremstår som en fortsettelse av hodet. Arten er i hovedsak gjennomsiktig, men de som fins i strandsonen kan ha et islett av brunfarge. Snabelkreps ernærer seg som makrofiltreter og er den mest vanlige vannloppen i Norge. Den kan dominere både i de fri vannmasser og inne i strandsonen. Den er registrert i over 80 % av de undersøkte vannforekomstene i landet og er funnet så høyt som 1500 moh. Den er mer vanlig i sure, elektrolyttfattige vann enn alkaliske næringsrike vannforekomster. I små næringsrike pytter/dammer (<0.01 ha) er den funnet i 40 % av lokalitetene.

Gelékreps *Holopedium gibberum* dominerte i Storevatn med 54,7 % (**bilde 2**). I Stegil der den dominerte i 2012, var den også vanlig forekommende i 2017 (6,3 %). I Nåvatn ble den kun påvist i planktonet (0,1 %). Gelékrepser skiller seg fra alle andre krepsdyr ved at den har en rund gelatinkappe som omgir dyret. Ryggskjoldet er klemt sammen fra siden og dekker kun rugekammeret. Vanligvis er gelékreps gjennomsiktig, men når næringsforholdene er gode, kan ryggskjoldet få røde eller blå prikker. Arten er funnet i 62 % av alle undersøkte vann Norge, og det er kun snabelkreps som er vanligere. Den fins i hele landet fra havnivå og opp til høyfjellet. Gelékreps er mer sjelden i små dammer og pytter enn den er i større vann, og er vanligst når pH < 7,5 og ledningsevnen ikke er for høy (< 8 µS/cm). Arten er «kalkskyende» og er ikke funnet under sterkt alkaliske forhold (kalsium > 30 mg/L).

Langhalerovkreps *Bythotrephes longimanus* ble funnet i Storevatn (1,2 %) (**bilde 2**). Liksom rovkreps *Polyphemus pediculus* skiller den seg fra alle andre vannlopper med sitt store og karakteristiske øye som opptar det meste av hodet. Langhalerovkreps skiller seg imidlertid fra rovkrepser ved sin lange og meget karakteristiske hale som er mer enn 10 mm lang. G.O. Sars var den første som innså at halen var en forlengelse av selve kroppen og ikke en type vedheng. Sjølv om langhalerovkreps er tilnærmet gjennomsiktig kan den ha et islett av grå eller brun farge. Den er en pelagisk rovform som tidvis også kan påtreffes i strandsonen. Den er utbredt over hele landet og funnet i ca. 20 % av alle undersøkte innsjøer. Flest funn er gjort i mellomstore og store innsjøer (>10 ha) og så høyt som 1258 moh. Den er vanligst i middels elektrolyttrike lokaliteter og ved pH 5,0-7,0. Arten har kommet til Nord-Amerika med balastvann og har ført til uønskede endringer i dyreplankton- og fiskesamfunnene.



Bilde 2. Vannloppene gelékreps *Holopedium gibberum* (til venstre), snabelkreps *Bosmina longispina* og langhalerovkreps *Bythotrephes longimanus*. Tegninger av G.O. Sars.

Tabell 5. Prosent fordeling av planktoniske og litorale krepsdyr i Stegil, Storevatn og Nåvatn høsten 2017.

Lokalitet	Stegil	Stegil	Stegil	Storev.	Storev.	Storev.	Nåvatn	Nåvatn	Nåvatn
Dato	31.07.2017	31.07.2017	31.07.2017	01.08.2017	01.08.2017	01.08.2017	02.08.2017	02.08.2017	02.08.2017
prøvetype	plankt.	littoral	littoral	plankt.	littoral	littoral	plankt.	littoral	littoral
Vannlopper									
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liév.)T			0,1						
<i>Latona setifera</i> (O.F.M.)		1,1	0,1						
<i>Sida crystallina</i> (O.F.M.)		0,0							
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach	7,3	1,1	0,1	54,7	61,0	6,3	0,1	3,1	11,2
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F.M.)			0,1						
<i>Bosmina longispina</i> Leydig	41,2	9,0	11,3	0,2	4,8	1,5	93,8	68,2	15,9
<i>Acroperus harpae</i> (Baird)							0,1		
<i>Alona affinis</i> (Leydig)		3,0	4,3			0,0			0,9
<i>Alona guttata</i> Sars		1,1							
<i>Alona rustica</i> Scott		0,4				0,0			
<i>Alonella excisa</i> (Fischer)									17,8
<i>Alonella nana</i> (Baird)		1,9	1,1			1,0	0,1		0,9
<i>Alonopsis elongata</i> Sars		33,6	9,2		17,5	76,4		1,0	9,3
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F.M.)		2,3	2,7		1,2	5,8		0,1	5,6
<i>Rhynchotalona falcata</i> Sars		3,0			0,4	2,9			
<i>Polyphemus pediculus</i> (Leuck.)								17,8	9,8
<i>Bythotrephes longimanus</i> Leydig				0,2	1,2	+			
Hoppekreps									
<i>Eudiaptomus gracilis</i> Sars	21,9	2,3	0,5				0,1	6,1	17,8
<i>Heterocope saliens</i> (Lillj.)	1,7	35,4	69,5	7,0	0,4	0,5	0,3	1,5	6,5
cal naup	5,1			3,9	0,8				
cyclopoida									
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jur.)								0,1	
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fisch.)		0,8	1,1					0,5	1,4
<i>Cyclops scutifer</i> Sars	4,3			3,1	0,8	0,5	0,2	0,5	1,4
<i>Megacyclops viridis</i> (Jur.)	0,0	0,0							
<i>Acanthocyclops capillatus</i> Sars			0,1			+			
<i>Diacyclops nanus</i> (Sars)		0,4				0,5		0,5	
naup	18,5	4,5		31,0	12,0	4,4	5,1	0,5	
cyclopoditt indet									1,4
Trekk lengde (m)	20	25	25	20	25	25	20	25	25
Antall ind i prøven	4661	2652	1855	516	502	2054	874	982	214
Ant ind pr 1m ³	3298	1501	1050	365	284	1163	618	556	121
Antall vannlopper	2	11	9	3	6	9	4	5	8
Antall hoppekreps	4	6	5	3	3	5	3	6	4
Tota ant krepsdyr	6	17	14	6	9	14	7	11	12

Blant hoppekrepsene var spasmehops *Heterocope saliens* og vingehops *Cyclops scutifer* felles for planktonet i alle tre vann uten at noen av dem dominerte. Spasmehops er en av våre vanligste hoppekreps i gruppen Calanoida. Sjansen for å påtreffe dette kraftige og fargerike dyret avtar både mot nord og i retning svenskegrensa. Den trives best i litt sure, næringsfattige lokaliteter.

Vingehops er den vanligste pelagiske hoppekrepsen i Norge. Arten er moderat forsuringsfølsom og vanligst ved pH 5,0-7,5. Den er vår best undersøkte art, og viser en utrolig variasjon i livssyklus. Den kan ha ettårig livssyklus med eller uten diapause (hvilestadium) i sedimentet. I store høvfjellssjøer har den to- til treårig livssyklus. Den vanligste typen er trolig en kombinasjon av ett- og toårig livssyklus uten diapause. Vingehops fins langt opp i høvfjellet. Navnet har den fått på grunn av formen til de to siste brystsegmentene som har utseende til en vinge.

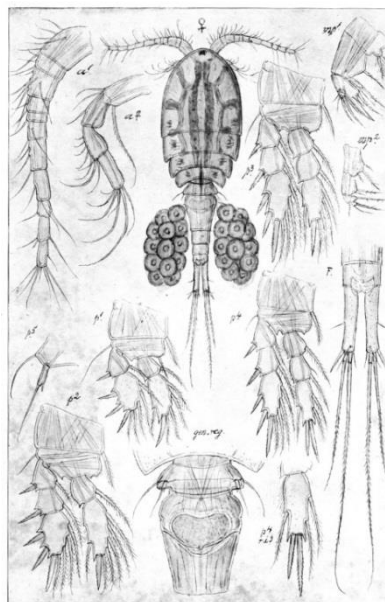
Calanoiden sørhops *Eudiaptomus gracilis* dominerte i Stegil (21,9 %). Denne manglet i Storevatn og ble kun funnet fåtallig i Nåvatn. Sørhops har sin hovedutbredelse i den sørlige landsdelen,

men fins også spredt i de to nordligste fylkene. Den trives best i lokaliteter under tregrensen, og fins like gjerne i sure humøse vann som i grunne næringsrike sjøer. Den er slank og den laterale delen av siste brystsegmentet ender i to spisser og er vanligvis gjennomsiktig og nærmest fargeløs. Noen ganger kan den ha et bredt bånd med sjokoladebrun farge som går på tvers av den bakre delen til brystsegmentet.

Med hensyn til tetthet ble det funnet nærmere 10 x flere dyr i Stegil enn i Storevatn, respektive 3300 og 530 individ/m³. Forrige gang de to vannene ble undersøkt (2012) var forholdet det motsatte. I Nåvatn ble det funnet 620 individ/m³. Disse tallene er usikre da de er basert på kvalitative prøver, og de representerer kun et øyeblikksbilde av situasjonen. De sier heller ingen ting om biomasse.

4.2.2 Littoralsamfunnet

I Nåvatn dominerte snabelkreps også i strandsonen. De planktoniske artene gelékreps og sørhops kunne også dominere, noe som indikerer en dårlig utviklet og ustabil strandsonen. Av mer typiske litorale former dominerte stripedvergkreps *Alonella excisa* og rovkreps *Polyphemus pediculus* i hver sin prøve (begge 17,8 %). Stripedvergkreps er en vanlig art som er moderat forsøringsfølsom. Arten er lett gjenkjennbar ved at ryggskjoldet består av polygoner som er tett besatt med langsgående striper. Rovkreps er en rovform som har et fryktingytende utseende. Den er en av våre vanligste vannlopper og er kjent som en tolerant art som kan forekomme i svært høye tettheter i strandsonen. Klarvannskreps *Alonopsis elongata* utgjorde 9,3 % i den ene litoralprøven fra Nåvatn (**bilde 3**). I Stegil og Storevatn kunne den være totalt dominerende og utgjorde respektive 33,6 og 76,4 % av alle individ. Klarvannskreps er en av de vanligste vannloppene i Norge og er registrert i 69 % av våre vannforekomster. Det er kun snabelkreps og vanlig kulekreps som er vanligere. Den er funnet fra havnivå og opp til 1500 moh. og er noe vanligere over enn under 500 moh. Arten er mer vanlig i innsjøer enn i pytter og dammer og er vanligst i elektrolyttfattige lokaliteter og sjelden i små næringsrike vannforekomster. I tillegg til disse artene ble vannloppene toporenebbkreps *Alona affinis*, kuledvergkreps *Alonella nana* og vanlig kulekreps *Chydorus sphaericus* funnet i alle tre vannene.



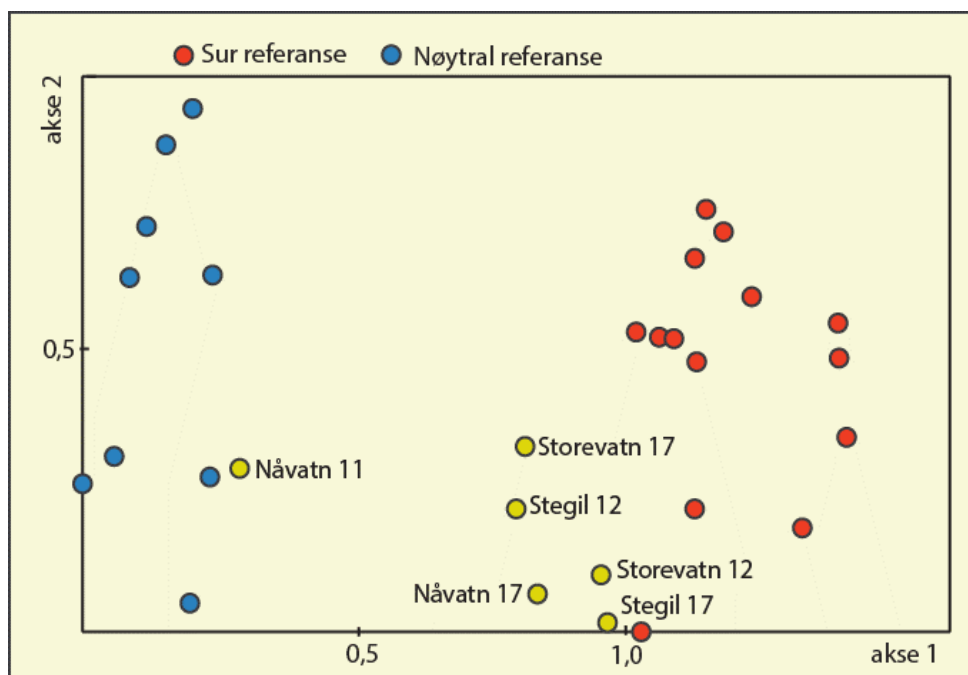
Bilde 3. Klarvannskreps *Acantholeberis curvirostris* (til venstre) og myrvannshops *Diacyclops nanus*. Tegninger av G.O. Sars.

Av hoppekreps ble spasmehops, vingehops og myrvannshops *Diacyclops nanus* funnet i alle vannene. De to førstnevnte artene er mer typisk for planktonet i de frie vannmassene, og forsterker inntrykket av en dårlig utviklet og ustabil strandsone. Myrvannshops er en svært tolerant art i forhold til forsurening, og er i denne sammenheng en viktig indikatorart som er vanlig i hele landet. Den er liten og har to lange bakkroppsvedheng der den laterale børsten sitter omtrent på midten.

4.2.3 DCA-ordinasjon

Forekomst/fravær-data fra Storevatn, Stegil og Nåvatn ble analysert passivt ved hjelp av en DCA-ordinasjon som besto av artslistene fra respektive forsurrede og ikke-forsurrede lokaliteter (jf. metodekapittelet) (**figur 5**). Nedveiling av sjeldne arter ble benyttet. Erfaring fra andre undersøkelser som inkluderer lokaliteter med et stort spenn i pH, er at DCA-analyser resulterer i ordinasjonsplott der variasjonen langs 1-aksen er sterkt korrelert med pH. Hvorvidt pH direkte eller indirekte påvirker artsinventaret, tar vi ikke stilling til.

Ordinasjonen viste at 41,8 % av variasjonen i materialet kunne forklares av de to første aksene. 1-aksen forklarte 34,3 % av variasjonen, mens 2-aksen bidro med ytterligere 7,5 %. Lengden til 1-aksen var 1,41, mens 2-aksen var 0.95 SD-enheter. Datapunktene fra 2017 ligger til høyre i figuren, dvs. nærmest de sure referanselokalitetene. Det vil si at artslistene fra 2017 har flest fellestrekk med disse. Dette skyldes en kombinasjon av at det ble påvist flere forsuringstolerante arter, mens forsuringfølsomme arter var mer eller mindre fraværende.



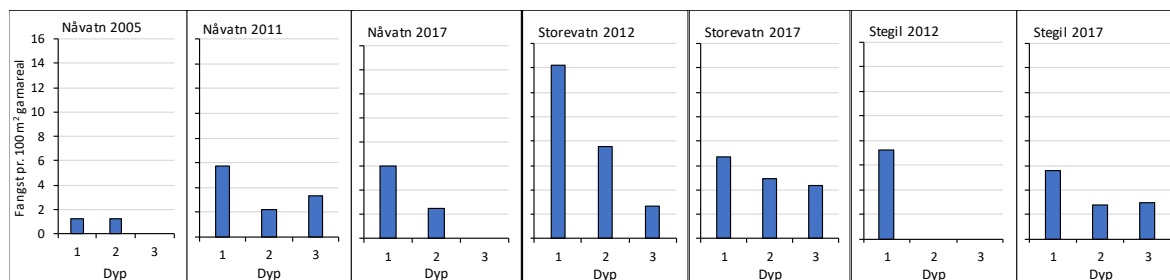
Figur 5. Passiv DCA-ordinasjon av krepsdyrfaunaen (forekomst/fravær) i Stegil og Storevatn i 2012 og 2017 og i Nåvatn i 2011 og 2017. De sure referanselokalitetene er angitt i rødt, de nøytrale i blått.

4.3 Fisk

4.3.1 Fangstutbyttet på garn

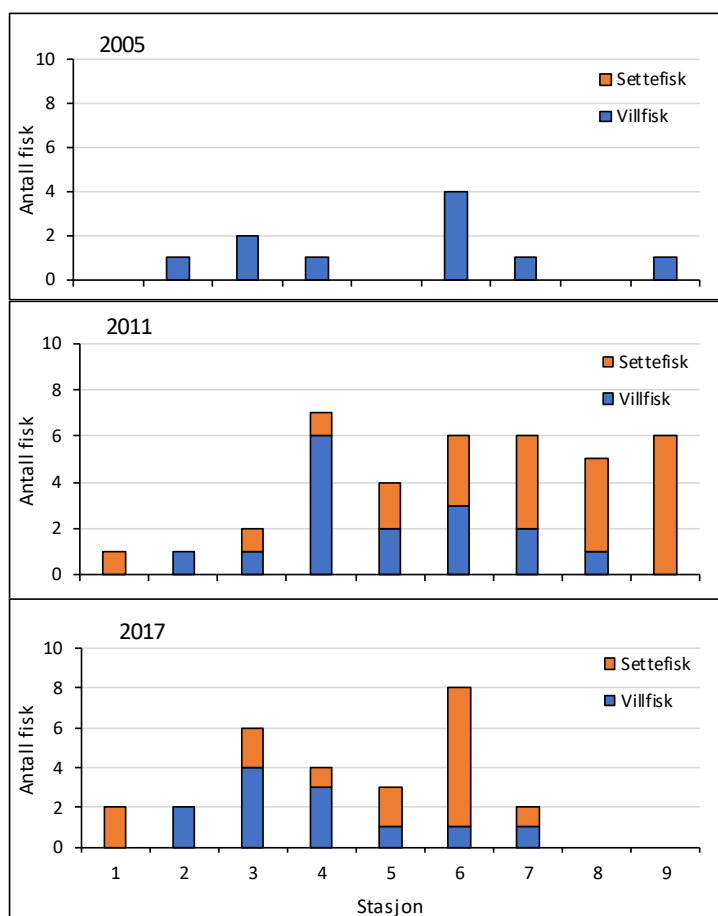
I Nåvatn ga prøvefisket i 2005 et utbytte uttrykt som antall fisk pr. 100 m² garnareal (Cpue) på 1,0 individ (n=10). I 2011 var fangsten nesten fire ganger høyere med Cpue=3,8 individ (n=38). I 2017 var utbyttet det samme som seks år tidligere (Cpue=3,8, n=27). Det ble altså da fisket med en noe lavere innsats enn i 2011. Den vertikale fordelingen viser klart størst utbytte i strandnære områder (0-3 m dyp) med Cpue=5,7 og 6,0 i henholdsvis 2011 og 2017 (**figur 6**). I 2011 var det også en del fisk på 3-6 og 6-12 m dyp, mens det i 2017 ikke ble tatt fisk på 6-12 m dyp. Mengden fisk har variert en god del i ulike deler av magasinet. I 2005 ble 40 % fanget på de fire stasjonene lengst nord, mens utbyttet på én enkelt stasjon var størst på stasjon 6. I 2011 utgjorde utbyttet på stasjonene 1-4 totalt 29 % av fangsten, og var desidert størst på stasjon 4. I 2011 fordelte fangstene på de øvrige stasjonene lengre sør (5-9) seg relativt likt. I 2011 var det et høyt innslag av villfisk på de fire stasjonene i nord med 73 %, mot bare 30 % på de fem stasjonene i nord (**figur 7**). I 2017 utgjorde utbyttet på stasjonene 1-4 totalt 52 % av fangsten. Her var innslaget av villfisk nå 64 %, mot 23 % på de tre stasjonene lengre sør. Det ble altså satt garn på to færre stasjoner 2017 (stasjon 8 og 9 gikk ut), og stasjonene 5-7 var heller ikke plasserte som tidligere (side 12). Nåvatn hadde i 2005 et innslag av merka fisk på anslagsvis 20-30 % (Hesthagen & Haugland 2006). I 2011 og 2017 var denne andelen henholdsvis 58 og 52 % (**figur 8**).

I Storevatn ga prøvefisket i 2012 en fangst (Cpue) på 7,6 individ (n=55). I 2017 var utbyttet med samme innsats 5,0 individ (n=36). Mengden fisk varierte også her en god del i ulike deler av magasinet. I 2012 ble det fanget flest individ på stasjon 1 ved utløpet og på stasjon 5 ved dam i vest, med henholdsvis 14 og 15 individer (53 %). I 2012 hadde stasjon 3 lavest utbytte (n=5), lokalisert i vika vest for innløpet. Stasjon 2 og 4 gav intermediære fangster, med henholdsvis 11 og 10 individ. I 2017 var det en helt annen fordeling mellom de enkelte stasjonene, med størst fangst på stasjon 2 og 5 (n=20) og 3 (n=8). På stasjon 1 ble det bare fanget tre individ, eller 8 % av totalen. I 2012 avtok utbyttet sterkt med økende dyp (**figur 6**). På 0-3 m dyp var Cpue 14,2 individ, mot 7,6 og 2,7 individ på henholdsvis 3-6 og 6-12 m dyp. I 2017 var utbyttet på 0-3 m dyp mye lavere enn i 2012 med Cpue=6,7 individ. Fangstene på 3-6 og 6-12 m dyp var relativt like med Cpue på henholdsvis 4,9 og 4,4 individ. Det ble ikke tatt fisk på 12-20 m dyp verken i 2012 eller i 2017. I Storevatn ble det kun fanget settefisk både i 2012 og 2017 (**figur 8**).

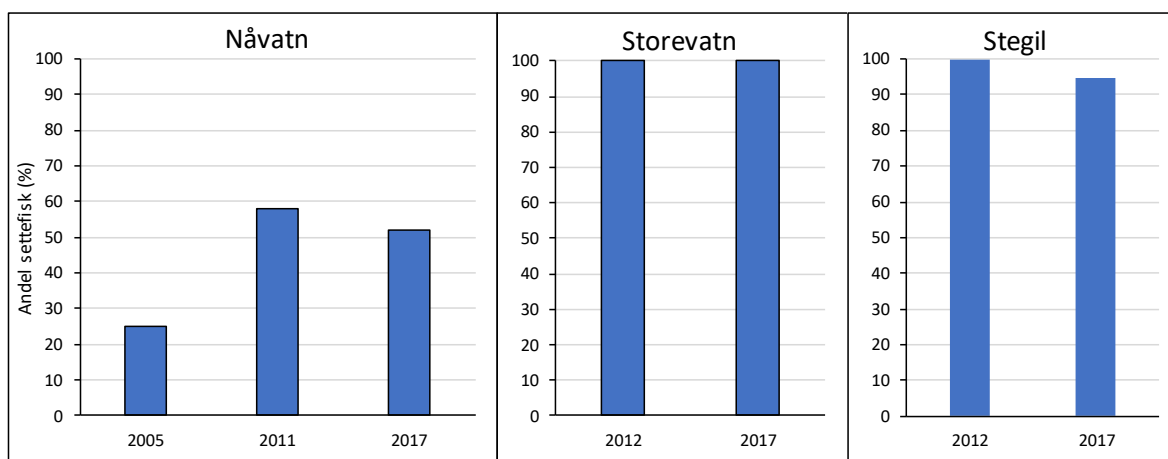


Figur 6. Garnfangstene av aure på ulike dyp av Nåvatn i 2005, 2011 og 2017, og i Storevatn og Stegil i 2012 og 2017. Utbyttet er uttrykt som antall individ pr. 100 m² garnareal (Cpue). Ulike dyp er angitt slik: 1=0-3 m, 2=3-6 m og 3=6-12 m.

I Stegil var fangstutbyttet i 2012 og 2017 på henholdsvis 13 og 19 individ. Det tilsvarer en Cpue på 2,2 og 3,2 individ. Det varierte en del i ulike deler av magasinet, men materialet er for lite til å gi noen god vurdering av den horisontale variasjonen. Vertikalfordelingen viser at det i 2012 kun ble fanget fisk på 0-3 m dyp (Cpue=7,2), mens det i 2017 ble tatt fisk både på 3-6 og 6-12 meter dyp. I Stegil ble det kun fanget settefisk i 2012, mens det i 2017 ble fanget en settefisk (**figur 8**).



Figur 7. Fangstutbytting av villfisk og settefisk på de enkelte stasjonene i Nåvatn ved prøvefisket i 2005, 2011 og 2017.



Figur 8. Andelen (%) settefisk i Nåvatn, Storevatn og Stegil i de enkelte årene. I 2005 var andelen i Nåvatn ca. 20-30 %, og i figuren er den satt til 25 %.

4.3.2. Alder, størrelse og vekst

I Nåvatn ble det i 2005 fanget fisk i aldersgruppene 2-6 år, samt ett individ på 8 år (**figur 9**). I 2011 var det innslag av både årsyngel (n=1, villfisk) og ettåringer (n=9 med 67 % villfisk). Alderen på de andre individene varierte mellom 2 og 5 år. Blant fireåringene var det en dominans av settefisk (69 %), mens begge individene på fem år var settefisk. I 2017 varierte alderen på fisken

i prøvefiskefangsten mellom ett og sju år. Blant de tre yngste aldersgruppene (1+ til 3+) domierte settefisk (65 %), mens det nesten bare villfisk (86 %) blant eldre individ. I 2017 hadde de seks største individene en variasjon i lengde og vekt på respektive 277-294 mm og 182-301 gram.

I Storevatn er aldersfordelingen i samsvar med utsettingene i 2009, 2011 og 2013 og 2015, med fisk i aldersgruppene 1+ og 3+ i 2012 og 2+ 4+ og 6+ i 2017 (**figur 9**). I 2017 var det ingen gjenfangster av fisk som ble satt ut i 2009. Andelen av de to aldersgruppene i 2012, dvs. 1+ og 3+, var henholdsvis 80 (n=44) og 20 % (n=11). Fisk i Storevatn er relativt storvokst, idet seks-årigene i 2017 hadde en gjennomsnittlig vekt på 567 gram. De fire største individene i denne aldersgruppen veide 490, 535, 773 og 1748 gram.

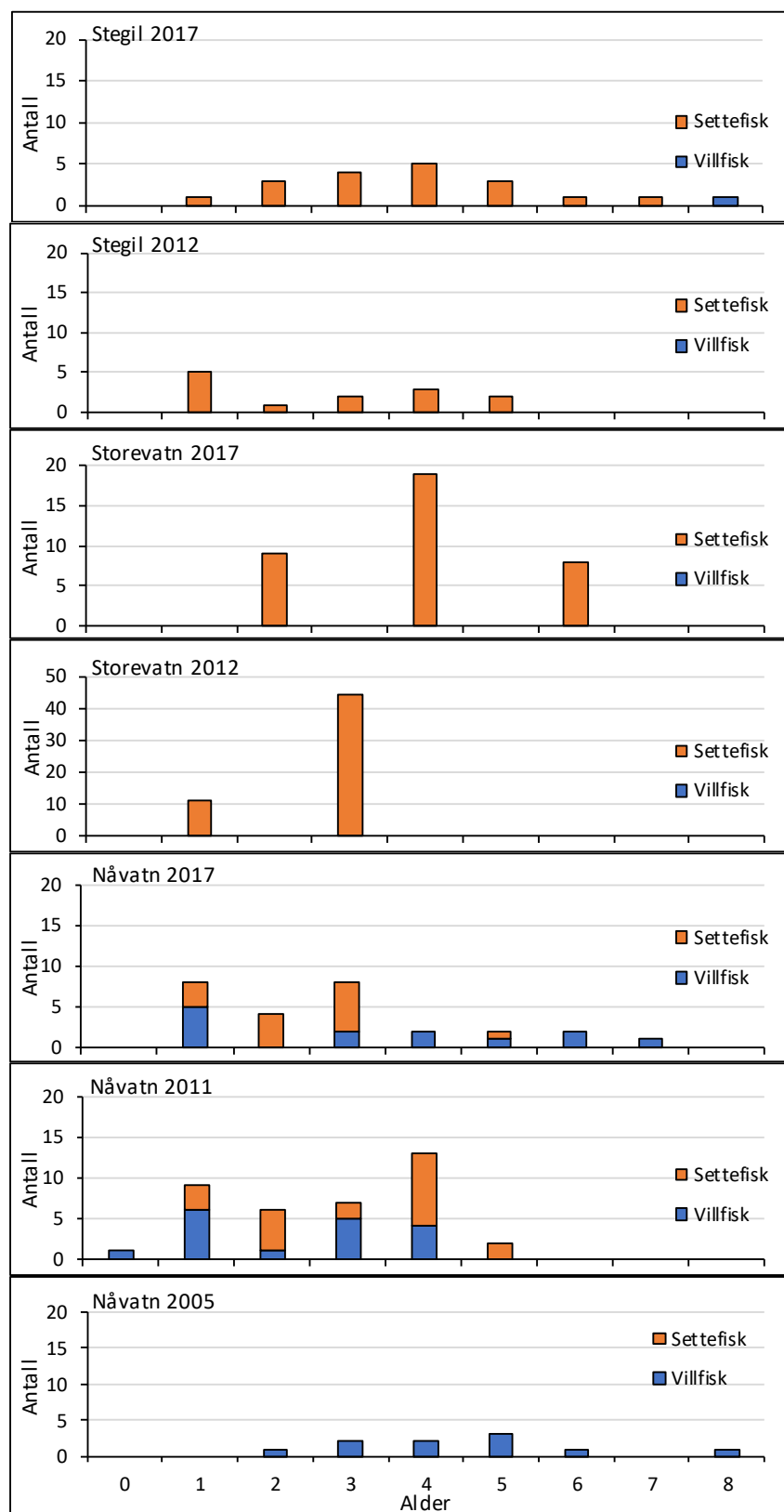
I Stegil har det altså vært årlige utsettinger siden 2007. I 2012 var det innslag av fisk i aldersgruppene 1+ til 5+ (kun settefisk). I 2017 fordelte settefisk seg på aldersgruppene 1+ til 7+. I tillegg ble det tatt én villfisk på åtte år. I 2017 hadde de seks største individene blant settefisk en variasjon i lengde og vekt på respektive 268-317 mm og 234-315 gram. Villfisk på åtte år var 403 mm lang og veide 553 gram.

Observerte lengde og vekt hos fisken i Nåvatn viser at settefisk generelt er mindre enn villfisk ved en gitt alder (**tabell 6**). Men det er få individ i hver aldersgruppe, slik at sammenligningen blir usikker. Det samme gjelder ved en sammenligning mellom bestandene.

Tilbakeberegnet lengde viser en del variasjoner mellom de enkelte innsjøene over tid (**tabell 7**). I Nåvatn har ikke lengden etter 3. leveår endret seg vesentlig fra 2011 til 2017, verken for villfisk (198 vs. 199 mm) eller settefisk (183 vs. 183 mm). Tilveksten hos auren i Storevatn har derimot gått tydelig tilbake fra 2012 og fram til 2017, med en oppnådd lengde etter 3. leveår på henholdsvis 223 mm og 177 mm. Det samme gjelder for fisken i Stegil, der tilsvarende lengde i 2012 og 2017 var på respektive 208 og 187 mm.



Fisken i Storevatn holdt fin kvalitet i 2017. Foto: Trygve Hesthagen.



Figur 9. Aldersfordelingen hos villfisk og settefisk i prøvafiskefangstene i Nåvatn i 2005, 2011 og 2017, og i Storevatn og Stegil i 2012 og 2017. I 2005 var det ikke mulig å skille mellom settefisk og villfisk i Nåvatn som her angitt som villfisk.

Tabell 6. Gjennomsnittlig lengde og vekt±standard avvik (XL±sd og XV±sd) hos villfisk og settefisk i ulike aldersgrupper fanget i Nåvatn, Storevatn og Stegil i 2011/2012 og 2017. n=antall fisk.

Innsjø	År	Stamme	Alder	XL±sd	XV±sd	n
Nåvatn	2011	Villfisk	1	128±11	22±6	6
			2	197±0	83±0	1
			3	227±18	126±29	5
			4	288±64	265±131	4
Nåvatn	2011	Settefisk	0	88±0	7±0	1
			1	155±12	42±9	3
			2	153±16	44±19	5
			3	244±5	171±13	2
			4	260±22	205±48	9
			5	243±11	175±20	2
Nåvatn	2017	Villfisk	1	101±12	11±4	5
			3	245±45	140±64	2
			4	242±13	136±4	2
			5	277±0	195±0	1
			6	277±00	206±34	2
			7	294±0	301±0	1
Nåvatn	2017	Settefisk	1	135±7	26±6	3
			2	177±9	61±12	4
			3	212±2	110±32	6
			5	283±0	281±0	1
Storevatn	2012	Settefisk	1	108±11	14±6	11
			3	255±35	255±108	44
Storevatn	2017	Settefisk	2	136±16	31±11	9
			4	232±36	190±86	19
			6	319±86	567±515	8
Stegil	2012	Settefisk	1	155±21	48±18	5
			2	234±0	163±0	1
			3	239±02	173±13	2
			4	266±26	258±93	3
			5	288±17	309±78	2
Stegil	2017	Villfisk	8	403±0	553±0	1
Stegil	2017	Settefisk	1	126±0	24±0	1
			2	168±12	57±13	3
			3	193±14	80±20	4
			4	265±28	217±71	5
			5	284±28	257±34	3
			6	262±0	221±0	1
			7	297±0	271±0	1

Tabell 7. Tilbakeberegna tilvekst i mm i 1. til 6. leveår \pm standard avvik hos villfisk (VF) og settefisk (SF) i Nåvatn (Nå), Storevatn (Stor) og Stegil (Steg) i 2011/2012 og 2017. n=antall fisk.

Lok	År	Type fisk	Alder	n	1. år	2. år	3. år	4. år	5. år	6. år
Nå	2011	VF	1	6	65 \pm 5					
			2	1	58 \pm 0	83 \pm 0				
			3	5	44 \pm 7	58 \pm 10	75 \pm 12			
			4	4	49 \pm 2	60 \pm 20	91 \pm 47	59 \pm 29		
			Tot	16	54 \pm 11	62 \pm 15	82 \pm 31	59 \pm 29		
Nå	2011	SF	1	3	81 \pm 3					
			2	5	53 \pm 8	52 \pm 7				
			3	2	79 \pm 2	89 \pm 4	57 \pm 12			
			4	9	59 \pm 8	52 \pm 11	71 \pm 11	58 \pm 18		
			5	2	54 \pm 2	46 \pm 0,6	57 \pm 0,2	52 \pm 11	22 \pm 0,7	
			Tot	21	62 \pm 13	55 \pm 15,6	66 \pm 11	56 \pm 11	22 \pm 0,7	
Nå	2017	VF	1	5	54 \pm 11					
			3	2	50 \pm 9	78 \pm 9	85 \pm 32			
			4	2	57 \pm 5	72 \pm 5	51 \pm 10	34 \pm 5		
			5	1	78 \pm 0	88 \pm 0	65 \pm 0	20 \pm 0	16 \pm 0	
			6	2	52 \pm 6	85 \pm 4	57 \pm 0,6	41 \pm 6	17 \pm 4	15 \pm 0,6
			Tot	12	55 \pm 10	80 \pm 8	64 \pm 20	34 \pm 10	17 \pm 3	15 \pm 0,6
Nå	2017	SF	1	3	75 \pm 9					
			2	4	81 \pm 0,1	53 \pm 11				
			3	6	77 \pm 4	56 \pm 5	52 \pm 13			
			5	1	76 \pm 0	47 \pm 0	50 \pm 0	50 \pm 0	45 \pm 0	
			Tot	14	77 \pm 5	54 \pm 7	52 \pm 12	50 \pm 0	45 \pm 0	
Stor	2012	SF	1	11	74 \pm 9					
			3	44	87 \pm 12	75 \pm 21	64 \pm 17			
			Tot	55	84 \pm 12	75 \pm 21	64 \pm 17			
Stor	2017	SF	2	9	63 \pm 6	49 \pm 13				
			4	19	63 \pm 9	57 \pm 17	50 \pm 10	43 \pm 12		
			6	8	76 \pm 15	65 \pm 22	64 \pm 32	45 \pm 15	32 \pm 7	24 \pm 10
			Tot	36	66 \pm 12	57 \pm 12	54 \pm 20	44 \pm 13	32 \pm 7	24 \pm 10
Steg	2012	SF	1	5	85 \pm 13					
			2	1	82 \pm 0	101 \pm 0				
			3	2	58 \pm 9	54 \pm 0,2	86 \pm 1			
			4	3	74 \pm 22	53 \pm 9	76 \pm 31	35 \pm 13		
			5	2	84 \pm 8	59 \pm 12	42 \pm 5	50 \pm 6	37 \pm 3	
			Tot	13	78 \pm 16	61 \pm 18	69 \pm 25	41 \pm 12	37 \pm 3	
Steg	2017	SF	1	1	75 \pm 0					
			2	3	74 \pm 6	60 \pm 8				
			3	4	69 \pm 6	47 \pm 9	50 \pm 11			
			4	5	76 \pm 10	69 \pm 12	57 \pm 5	42 \pm 15		
			5	3	75 \pm 6	60 \pm 7	56 \pm 16	47 \pm 10	34 \pm 26	
			6	1	70 \pm 0	67 \pm 0	45 \pm 0	48 \pm 0	13 \pm 0	8 \pm 0
			Tot	17	73 \pm 7	60 \pm 12	54 \pm 10	44 \pm 12	29 \pm 23	8 \pm 0

4.3.3. Kondisjon og kjøttfarge

Auren i Nåvatn hadde en meget høy kondisjonsfaktor (KF) både i 2005 og 2011, med gjennomsnittlige verdier på 1,31 og 1,34 (**tabell 8**). Kvaliteten hadde tapt seg noe fram til 2017, men den var fremdeles middels god (1,06). KF endrer seg relativt lite med fiskestørrelsen, bortsett fra hos noen større individ i 2017 (**figur 10**).

Auren i Storevatn hadde en meget høy kondisjonsfaktor både i 2012 og 2017 med gjennomsnittlige verdier på henholdsvis 1,35 og 1,36 (**tabell 8**). I 2012 var høyeste KF for et enkelt individ 1,72, og 18 individ (32,7 %) hadde en KF $\geq 1,50$. I 2017 var høyeste KF for et enkelt individ 1,78, og 11 individ (30,6 %) hadde en KF $\geq 1,50$. I 2012 hadde noen mindre individ (ettåringer) en KF under 1,00. Ellers økte den med økende lengde både i 2012 og 2017. Dette viser at aurebestanden i Storevatn har meget gode vekstforhold (**figur 10**).

Auren i Stegil hadde også en høy KF i 2012 med en gjennomsnittlig verdi på 1,26 (**tabell 8**). Som i Nåvatn hadde den avtatt noe fram til 2017, da snittverdien var 1,12. Det er en viss tendens til avtakende KF med økende lengde (**figur 10**).

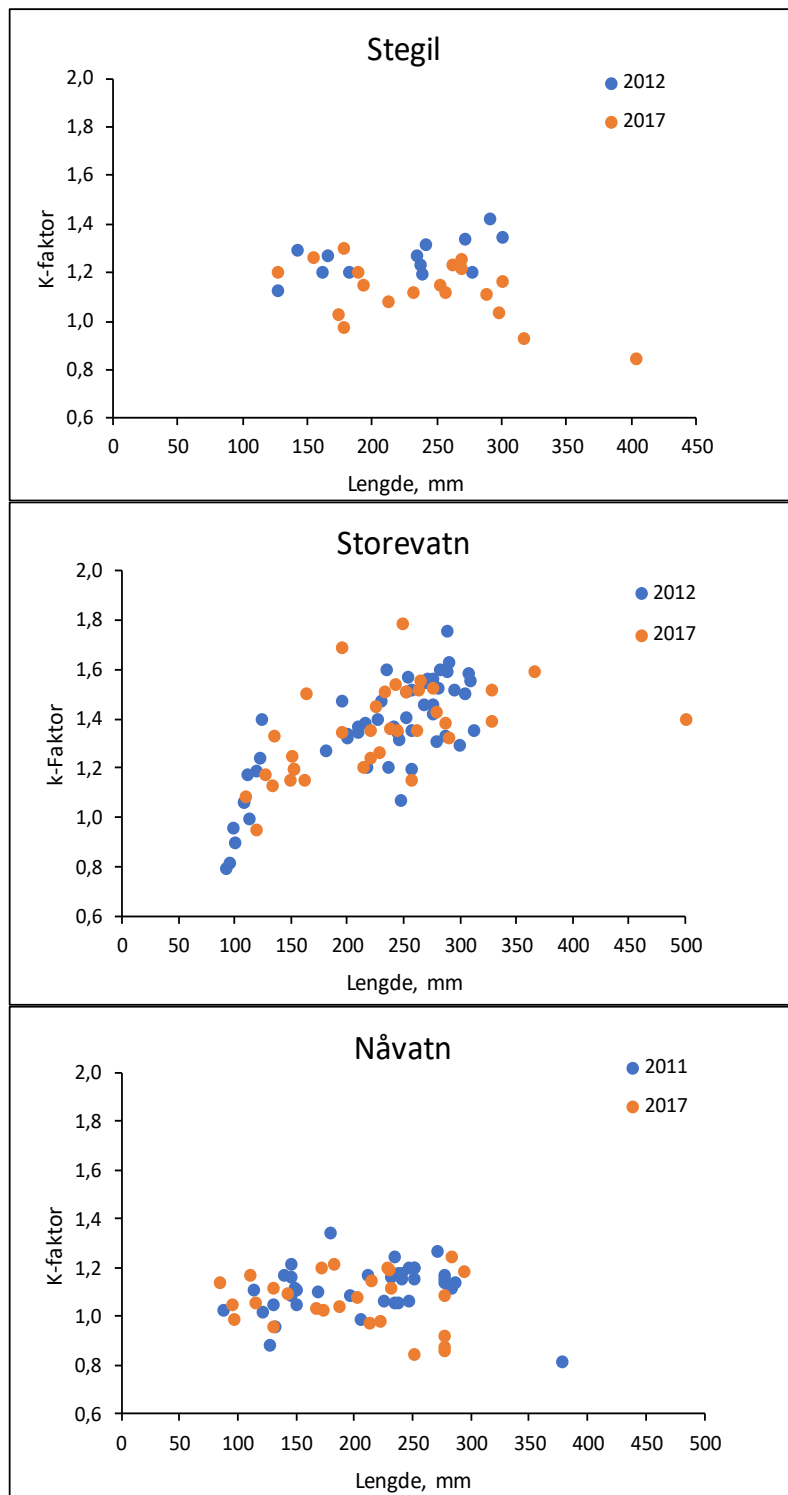
Tabell 8. Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor \pm standard avvik ($X \pm Sd$) hos auren i Nåvatn, Storevatn og Stegil i de enkelte år. n =antall fisk.

Innsjø	År	$X \pm Sd$	N
Nåvatn	2005	1,34 \pm 0,14	10
	2011	1,31 \pm 0,10	38
	2017	1,06 \pm 0,11	27
Storevatn	2012	1,35 \pm 0,14	55
	2017	1,36 \pm 0,14	36
Stegil	2012	1,26 \pm 0,08	13
	2017	1,12 \pm 0,12	19



Øyvind Haugland med to fine aure fra Storevatn høsten 2017. Foto: Trygve Hesthagen.

Kjøttfargen avhenger av fiskestørrelsen, så her blir kun individ over 20 cm vurdert. Fisken i Storevatn (n=23) hadde størst andel rød kjøttfarge med 83 %, mens tre individ var lys rød i kjøttet. I Stegil (n=12) hadde 33 % rød kjøttfarge, mens ytterligere 50 % var lys rød i kjøttet. I Nåvatn (n=14) hadde ingen fisk rød kjøttfarge, og fordelingen mellom individ med kvit og lys rød kjøttfarge var henholdsvis 71 og 29 %.



Figur 10. Kondisjonsfaktor (K-faktor) i forhold til lengde hos auren i Stegil, Storevatn og Nåvatn i 2011/2012 og 2017

4.3.4. Kjønnsmodning

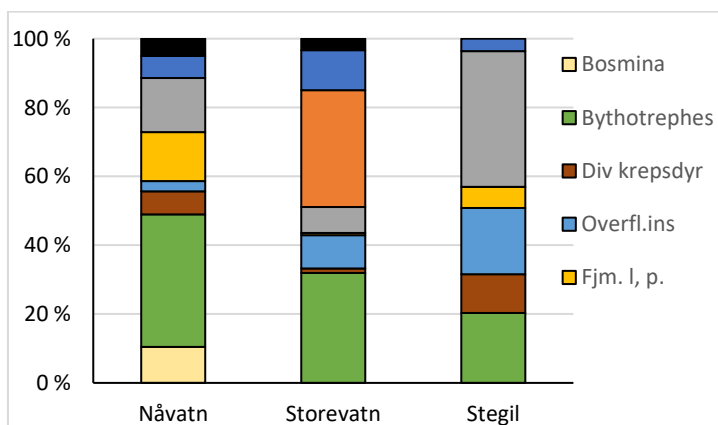
I denne presentasjonen er dataene for alle år slått sammen. Aurebestanden i Stegil har størst andel kjønnsmodne individ blant hannene med hele 90 %. Til sammenligning var den 66 % i Storevatn og 45 % i Nåvatn (**tabell 9**). Stegil hadde også høyest andel kjønnsmodne individ blant hunnene med 65 %. Tilsvarende andel var relativt lav både i Storevatn (23 %) og Nåvatn (31 %). Den gjennomsnittlige lengden blant gytemodne hunner var omtrent identisk i de tre magasinene (277-283 mm). De kjønnsmodne hannene var noe kortere med en variasjon i gjennomsnittlig lengde på 246-260 mm.

Tabell 9. Antall umodne og modne hanner og hunner hos aure som ble fanget ved prøvefiske i Stegil og Storevatn i 2012 og 2017 og i Nåvatn i 2005, 2011 og 2017. Gjennomsnittlig lengde for kjønnsmodne individ i hvert kjønn \pm standard avvik er også angitt ($XL \pm Sd$).

Innsjø	Kjønn	Umodne individ	Modne individ	$XL \pm Sd$
Nåvatn	Han	17	14	246 \pm 56
Nåvatn	Ho	36	16	283 \pm 59
Storevatn	Han	13	25	260 \pm 60
Storevatn	Ho	27	8	278 \pm 39
Stegil	Han	4	36	246 \pm 70
Stegil	Ho	8	15	277 \pm 15

4.3.5. Ernæring

Auren i de tre magasinene hadde noe forskjellig diett (**figur 11**). Langhalerovkreps (*Bythotrephes longimanus*) utgjorde en relativt stor del av næringen. Dette gjaldt spesielt i Storevatn og Nåvatn hvor dette krepsdyret utgjorde henholdsvis 32 og 38 volum-% av dietten. I Stegil utgjorde det 20 volum-% av næringsdyrene. I Nåvatn bestod dietten ellers av diverse insektlarver og pupper med totalt 36 volum-%. Det omfattet spesielt vårfluer og fjærmygg. I Nåvatn inngikk også andre dyreplanktonarter i dietten, spesielt *Bosmina* (10 volum-%), mens andre vannlopper utgjorde 7 volum-%. I Storevatn utgjorde klekkende vårfluelarver den største delen av dietten med 34 volum-%. Ellers var bidraget fra diverse insektlarver 20 volum-%, med vårfluelarver som største gruppe (8 volum-%). I Stegil var vårfluelarver den største næringsgruppa med 39 volum-%. Ellers utgjorde larver/pupper av insekter og diverse krepsdyr henholdsvis 10 og 11 volum-% av dietten. Auren i Stegil hadde også ernært seg i betydelig grad av overflateinsekter (19 volum-%). Bunndyr som snegler og muslinger ble ikke registrert i dietten hos fisken i noen av de tre magasinene.



Figur 11. Forekomsten av ulike næringsdyr i dietten hos auren i Nåvatn, Storevatn og Stegil høsten 2017.

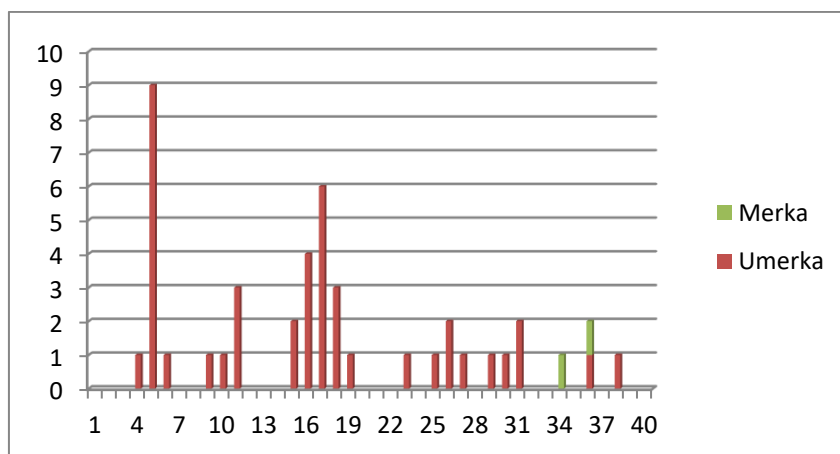
4.3.6. El-fiske

På innløpet til Storevatn ble det elfisket på ei ca. 100 meter lang strekning uten fangst av fisk. Innløpet er grunt og stilleflytende, slik at fisk som var til stede ville blitt fanget.

I Sløkjelibekken ved Stegili ble det elfisket på ei 190 meter lang strekning. Bredden varierer mellom 30-50 cm. Det ble fanget en villfisk på 163 mm (ikke merket). Nedre deler av bekken er sterkt mosegrodd og har relativt grovt substrat. Lengre opp går bekken gjennom et myrområde og terrenget flater ut. Her er det relativt dypt (30-60 cm) og bunnen er for det meste dekt av sand. Sløkjelibekken har lite egnet gytesubstrat og vurderes som en svært dårlig gytebekk.

Ved nordenden av Nåvatn ble det elfisket på to strekninger av Vætingånæ på henholdsvis 25 og 35 m. Avfisket areal var totalt 110 m². Elfisket foregikk langs bredden (3-4 m). Vanntemperaturen var 13,9 grader. Det ble ikke fanget fisk. I Udalsånæ ble det fisket på en stasjon på 30 x 3,5 m oppstrøms reguleringssonen (HRV). Heller ikke her ble det fanget fisk. I tillegg ble det fisket på noen steder nedstrøms HRV. Vanntemperaturen var 14,0 grader. Vannføringen var relativt høy under elfiske, slik at mulighetene for å fange spesielt årsyngel, var dårlig. På det tidspunktet hadde de trolig ei lengde på bare ca. fire cm.

Høsten 2016 ble det elfisket i noen tilløpselver til Juvan og Nåvatn i Mandalsvassdraget, av Agder Energi Vannkraft (Kile 2016). I Vætingånæ ble det påvist gode forekomster av årsyngel i slutten av august og godt med årsyngel og gytefisk i lona ved Væting i oktober (**figur 12**). To av gytefiskene var merket. Følgelig vandrer fiske fra Nåvatn opp i Vætingånæ for å gyte, og med vellykket rekruttering i flere påfølgende år. Lokaliteten består av flott elve- og loneparti med store sammenhengende gyte – og oppvekstområder. Det ble anslått at de eldste umerkete gytefiskene var minst seks år gamle, slik at det kan ha vært egenrekruttering i elva siden rundt 2010. Området der Vætingånæ munner ut i Nåvatn blir også vurdert som egnet for gyting. I Udalsånæ ble det i slutten av august kun fanget to eldre individ som begge var merket. I oktober bestod fangsten av åtte gytefisk hvorav de fleste var merket. Da ble det også fanget én ungfisk (ikke merket) som etter størrelsen var ett år gammel. Udalsånæ blir også karakterisert som en flott gytebekk med større gyte – og oppvekstområder.



Figur 12. Lengdefordelingen av merket og umerket aure (n=45) fanget ved elfiske i Vætingånæ den 30. august og 27. oktober 2016. (Etter Kile 2016).

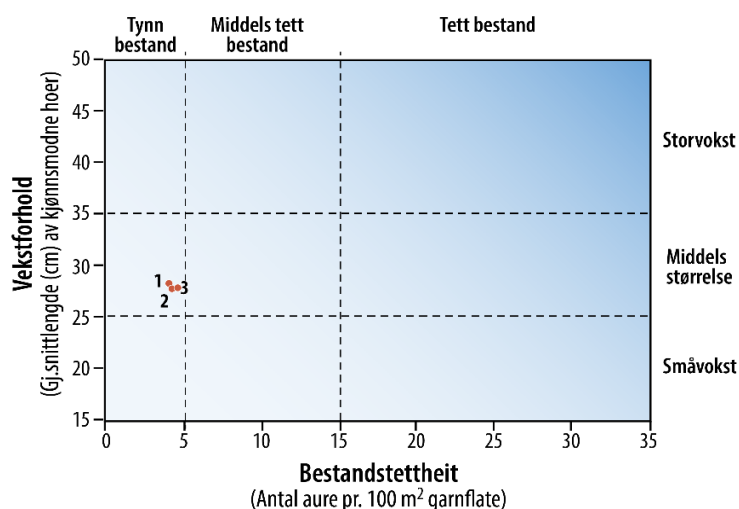


Vætingånæ er relativt strid og storsteinete i nedre deler. Foto: Trygve Hesthagen.

4.4 Økologisk tilstand basert på vannkvalitet, krepsdyr og fisk

Status hos en aurebestand kan altså vurderes ut fra relativ tetthet basert på fangstutbyttet ved et prøvefiske og vekstforholdene vurdert ut fra gjennomsnittlig lengde hos kjønnsmodne hunner (Ugedal mfl. 2005). Vi har regnet om fangstene på Nordiske oversiktsgarn til fangstene på Jensen-serier som benyttet av Ugedal mfl. (2005) (jf. Hesthagen mfl. 2015, **pkt. 3.3**). Dette gav følgende relative tettheter (Cpue): 4,1 for Nåvatn, 4,3 for Stegil og 4,7 for Storevatn. Gjennomsnittlig lengde hos kjønnsmodne hunner i de tre innsjøene var henholdsvis 283, 278 og 277 mm. Det er altså svært liten forskjell mellom de tre bestandene for begge parametrene, og de blir kategorisert som tynne med fisk av middels kroppsstørrelse (**figur 12**).

På basis av EUs vannforskrift kan miljøtilstanden en innsjø blant annet klassifiseres på basis av vannkvalitet, forekomst av dyreplanktonarter og fangstutbyttet av fisk ved et prøvefiske (Sandlund mfl. 2015). Klassegrenser for vannkvalitet blir vurdert etter innsjøtype, bestemt ut fra kalkinnhold basert på konsentrasjon av kalsium (Ca), og humusinnhold basert på TOC (total organic carbon). Både i Nåvatn, Storevatn og Stegil med tilløpsbekker er innholdet av Ca stort sett under 0,25 mg/L. Alle tre lokaliteter blir derfor klassifisert som svært kalkfattige. Storevatn har et TOC-innhold < 2 mg/L, og blir derfor klassifisert som svært klar. I Nåvatn og Stegil er TOC-innholdet på 2-5 mg/L, og blir derfor klassifisert som klar. I Nåvatn ble det i 2017 rett nok målt en TOC på 5,2 mg/L. Men dette var noe høyere enn vanlig pga. utvasking av sedimenter som følge av sterk nedtapping. I 2005 og 2011 hadde Nåvatn et innhold av TOC i overflatevannet på henholdsvis 1,5 og 3,7 mg/L.



Figur 12. Diagram for å vurdere bestandsstatus hos aure i Nåvatn (1), Storevatn (2) og Stegil (3) med hensyn til fangstutbyttet ved prøvefisket i 2017 og vekstforholdene basert på størrelsen hos kjønnsmodne hunner. Diagram etter Ugedal mfl. (2005).

Økologisk tilstand basert på vannkvalitet blir relatert til pH, uorganisk giftig Al (Ali) og ANC (**tabell 10**). Ut fra pH har alle de tre magasinene *Svært god* vannkvalitet. Men basert på Ali blir den bare vurdert som *God* i Nåvatn, og *Moderat* i Storevatn og Stegil. ANC tilsier derimot *Moderat* vannkvalitet i Nåvatn, og *Dårlig* vannkvalitet i Storevatn og Stegil. Verdier for Ali og ANC fra Storevatn og Stegil er litt dårligere enn den klassen som er angitt, basert på overflatemålingene (cf. **tabell 2**). Men noen tilløpsbekkene har bedre vannkvalitet, og vi velger derfor å inkludere disse. Forekomsten av ulike krepsdyr tilsier *Moderat* økologisk tilstand i Nåvatn, men *Dårlig* i Storevatn og Stegil. Ved vurdering av økologisk tilstand basert på fisk skal innslaget av settefisk trekkes fra fangstene. I Stegil og Storevatn utgjorde settefisken hele eller nær hele, og i Nåvatn store deler av fangsten med > 50 %. På dette grunnlaget må de tre vannene klassifiseres som sterkt modifiserte vannforekomster mht. forekomst av fisk.

Tabell 10. Fastsettelse av økologisk tilstand i Nåvatn, Storevatn og Stegil på basis av vannkvalitet (pH, Ali og ANC), krepsdyr og fisk. Tilstand for fisk er satt på grunnlag av lite oppvekstareal i forhold til innsjøareal.

Innsjø	Variabel	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Nåvatn	Vannkvalitet pH	X				
	Vannkvalitet Ali		X			
	Vannkvalitet ANC			X		
	Krepsdyr			X		
	Fisk			X	X	
Storevt	Vannkvalitet pH	X				
	Vannkvalitet Ali			X		
	Vannkvalitet ANC				X	
	Krepsdyr				X	
	Fisk					X
Stegil	Vannkvalitet pH	X				
	Vannkvalitet Ali			X		
	Vannkvalitet ANC				X	
	Krepsdyr				X	
	Fisk				X	

5 Diskusjon

Det ble foretatt en evaluering av den økologiske tilstanden i de tre magasinene basert på vannkvalitet (pH, labilt Al og syrenøytraliserende kapasitet -ANC), krepsdyr og tettheten av fisk (Cpue) ved prøvefiske med standard garn (jf. Sandlund mfl. 2015). Ut fra innholdet av kalsium blir alle de tre magasinene karakterisert som svært kalkfattige. Videre viser innholdet av total organisk carbon (TOC) at Storevatn er svært klar, mens Nåvatn og Stegil er klar. Ut fra disse vurderingene har alle på basis av pH *Svært god* vannkvalitet. Men dersom labilt Al og ANC blir lagt til grunn, blir tilstanden i Nåvatn karakterisert som *God/Moderat*, og i Storevatn og Stegil som *God/Dårlig*. I 2017 var pH og labilt Al henholdsvis 4,90-5,46 og 10-23 µg/L i overflaten og i noen tilløpsbekker. Alle de tre innsjøene har lite mineraler med et innhold av kalsium (Ca) på 0,12-0,23 mg/L. Bufferkapasiteten er også lav med -3,0 til -17,1 µekv/L i ANC. Unntaket var innløpet og én tilløpsbekk til Storevatn med ANC på respektive +0,4 og +2,6 µekv/L. Vannkvaliteten har i liten grad bedret seg fra 2011/2012 til 2017, og den må fortsatt karakteriseres som klart forsuret.

Forekomsten av ulike krepsdyr tilsier *Moderat* økologisk tilstand i Nåvatn, mot *Dårlig* økologisk tilstand Storevatn og Stegil. Analysen av de litorale og pelagiske krepsdyrsamfunnene viser følgelig at de tre lokalitetene fortsatt må karakteriseres som middels forsuret. Planktonsamfunnene har mange fellestrekk med andre forsuredde vann innen regionen (Walseng & Halvorsen 1996a,b). Nåvatn har en mindre diversitet (færre arter) enn Stegil og Storevatn, men alle de tre vannene bærer preg av at planktonsamfunnet i strandsonen er dårlig utviklet og ustabil.

Ut fra mengden fisk, basert på fangstutbyttet på Nordiske bunngarn, har alle de tre magasinene *Moderat* økologisk tilstand. Cpue varierte mellom 4,1-4,7 individ. Ettersom hele, eller store deler av fangsten bestod av settefisk kan imidlertid ikke fiskebestandens tilstand vurderes slik i henhold til vannforskriften. Etter denne vil fiskebestandens tilstand være *Dårlig*. Dersom man derimot vurderer status hos de tre aurebestandene ut fra Cpue og vekstforholdene basert på gjennomsnittlig lengde hos kjønnsmodne hunner (Ugedal mfl. 2005), blir de kategorisert som tynne med en middels kroppsstørrelse. Det var svært små forskjeller mellom de tre bestandene for begge parametrene.

I Nåvatn kom utsettingene av aure på nytt i gang i 2002, og ved prøvefisket tre år seinere ble det registrert en svært tynn fiskebestand. En ny undersøkelse i 2011 viste en betydelig bestandsøkning i løpet av de siste årene (Hesthagen & Walseng 2012). Bestanden var imidlertid fortsatt svært tynn med Cpue=3,8 individ. I 2017 var fangstutbyttet identisk med det i 2011. At det ikke ble tatt mer fisk sist høst til tross for økte utsettinger og større egenrekruttering (se under), kan ha sammenheng med at Nåvatn var sterkt nedtappet under prøvefisket. Dette skyldtes byggingen av ny dam ved utløpet av Skjerkevatn. Etter dette blir Nåvatn og Skjerkevatn ett sammenhengende magasin. Vannstanden i 2017 ble holdt på et nivå med mye bunnsediment, og ved bølgeslag ble dette ble vasket ut i vannmassene. I sør var siktedypet bare 0,7 meter, mot 2,5 meter i nordlige deler. Stasjon 1 og 2 i nord ligger i en kile, og her var vannstanden høsten 2017 spesielt lav. Dette kan ha gjort at fisken trakk ut i hovedmagasinet. Nedtappingen med sterkt blakket vann kan også ha ført til økt dødelighet i bestanden, og effekter på næringsgrunnlaget. Den vertikale fordelingen viste at det ikke ble tatt fisk på dyp under 0-3 meter. Dette kan også være et utslag av blakket vann.

Aurebestanden i Nåvatn hadde i 2011 en dominans av settefisk ved å utgjøre 58 % av fangsten. I 2017 hadde andelen settefisk avtatt da de utgjorde 52 % av fangsten. I Vætingånæ i nord ble det høsten 2016 påvist bra med gytefisk og egenrekruttering (Kile 2016). I Udalsånæ ble det imidlertid bare fanget én ungfisk (1+), i tillegg til noen få gytemodne individ. Prøvefisket i 2017 viste en dominans av egenrekruttert (65 %) fisk på stasjonene i den nordlige delen. I en garnfangst (n=6) i kilen utenfor Udalsånæ og Vætingånæ høsten 2016 var 83 % villfisk (Kile 2016). Gyting i selve magasinet i nord blir også vurdert som sannsynlig. De smaleste sundene i nord og sør for tidligere Åstølsvatnet har god strøm, som før reguleringen var gamle elveleier. Under en befarig i oktober 2016 ble det observert fin gytegrus i deler av disse områdene. Vi foreslår

at utsettingene i nord opphører fra og med 2018. Med vedvarende økt egenrekruttering i tilløpselver i denne delen av magasinet, er det sannsynlig at bestanden vil øke i årene framover.

Vannkvaliteten i Vætingånæ og Udalsånæ må fremdeles vurderes som marginal. Høsten 2017 ble pH, labilt Al og ANC målt til henholdsvis 5,0 vs. 5,07, 12 vs. 14 µg/L og - 4,1 vs. - 3,1 µekv/L. Vannkvaliteten har heller ikke bedret seg i noen særlig grad i disse to elvene siden 2005. Nå var vannføringen relativt høy da vannprøvene ble tatt i 2017, og dette kan ha påvirket resultatene i negativ retning. Slike lave ANC-verdier skal normalt resultere i effekter på den naturlige rekrutteringen hos aure (Hesthagen mfl. 2008). Vannprøver fra Udalsånæ og i Vætingånæ fra 30. august 2016 viste også dårlig vannkvalitet med pH-verdier på henholdsvis 4,73 og 4,78 (Kile 2016). I Udalsånæ ble det altså nesten ikke påvist aureunger høsten 2016. Forsuringen i Sør-Norge har avtatt klart i løpet av de siste 10-årene, men i seinere tid har utviklingen stoppet noe opp (Garmo mfl. 2014). Man kan derfor ikke utelukke at vannkvaliteten påvirker egenrekrutteringen hos aure i de to tilløpsbekkene til Nåvatn, spesielt i Udalsånæ.

I prøvefiskefangsten fra den sørlige delen av Nåvatn høsten 2017 var andelen villfisk bare 23 %. Det er følgelig liten eller manglende naturlig rekruttering i denne delen av magasinet. Det er likevel usikkert om det foregår gyting i Lonin i den nordøstlige delen av Skjerkevatn (Hesthagen & Walseng 2012). Egenrekrutteringen herfra er uansett svært begrenset. Dammen på utløpet av Nåvatn ble revet i april 2018, og Skjerkevatn er nå en del av dette magasinet. Her har det i seinere år vært årlige utsettinger av 2500 énsomrig aureunger. Det er i seinere år rapportert om bra utbytte ved garnfiske i sørlige deler av Nåvatn (Reidar Åsland, Bernt Elias Åsland, pers. med.). Derimot har kvaliteten på fisken tapt seg noe. Med økende rekruttering i nord vil også mer fisk etter hvert spre seg til de sørlige delene av magasinet. Det er derfor mulig at utsettingene i sør etter hver også kan fases ut. I de kommende fem årene foreslår vi en årlig utsetting på 1500 individ for Skjerkevatn og sørlige deler av Nåvatn samlet. Rundt Skjerkevatn vil nå en del areal bli satt under vann i forbindelse med den nye dammen, og dette kan skape et godt fiske i noen år. Fisken i Nåvatn bør settes ut på en strekning på ca. fire-fem km. Utsettingene må også sees på som kompensasjon for mulig økt dødelighet som følge av den sterke nedtappingen av magasinet i 2017.

I Storevatn har fortsatt en tynn aurebestand av kun utsatt fisk, basert på utsettinger siden 2009. Fangstutbyttet i 2017 var noe lavere enn i 2012, til tross for flere årganger med fisk. Dette var trolig tilfeldig og skyldtes ikke en reell bestandsnedgang. Fisken i Storevatn vokser godt og har uvanlig god kvalitet. Det forekommer også en del større fisk i bestanden, idet det største individet veide hele 1748 gram. Det er derfor svært sannsynlig at bestanden har en del fisk med tilsvarende størrelse. Det biologiske målet for reguleringsmagasinene i Mandalsvassdraget er å etablere reproduserende aurebestander med et høstbart overskudd av kvalitetsmessig god fisk (Anonym 2010). Det er derfor viktig å justere utsettingene etter hvert som tallet på aldersgrupper øker. Tilgangen på næring blir derfor redusert, og tilveksten vil avta. Vi forslår derfor at utsettingene blir redusert fra 2000 til 1200 énsomrige individ annet hvert år. Beskatningen må også tas i betraktning ved fastsettelsen av et utsettingspålegg. Fisket i Storevatn antas å være svært begrenset på grunn av vanskelig adkomst. Det er heller ikke båt tilgjengelig ved vatnet, og det blir derfor trolig ikke fisket med garn.

I Storevatn kan det være mulig å etablere en gytebestand i innløpet (Hesthagen & Walseng 2013). Hovedproblemet er at oppvandringsmulighetene er blokkert av stor stein og innslag av svaberg. Dette kan trolig løses med tiltak på vestsida av bekken, der det er en smal passasje fra før. Her må det fjernes noe stein, eventuelt bygges en enkel terskel. Innløpet har ei potensiell gytestrekning på minst 100 meter og en bredde på 0,5-4,0 meter. Flere mindre områder er ut fra substratet aktuelle gyteplasser. Innløpet har tilsynelatende bra vannføring, men det er relativt grunt med fare for bunnfrysing med 10-30 cm som dominerende dyp. Klimatiske forhold kan derfor i enkelte år påvirke rekrutteringen. Under feltarbeidet i 2017 ble det fjernet noe stein på vestsida av innløpet. Dette arbeidet bør videreføres, og det kan trolig gjøres med manuell kraft. En del av fisken som skal settes ut i 2019 bør slippes på innløpet, anslagsvis minst 300 individ. Dette vil trolig bidra til å prege fisken, slik at den vil vandre tilbake som kjønnsmodne individ.

Det bør også foretas en vurdering av mulighetene for å etablere gyteplasser i bekken i den sørøstlige delen av magasinet (jf. Hesthagen & Walseng 2013). Her må det eventuelt sprenges en passasje helt nederst for at fisken skal kunne vandre opp. Ellers renner bekken over en del svaberg og stor stein. Etter ca. 30 meter er det et vandringshinder. Bekken må tilføres noe gytesubstrat, og enkelte steder bør den også gjøres dypere. Det er for tidlig å vurdere om de to tilløpsbekkene har tilstrekkelig areal til at Storevatn blir fullrekruttert.

I Stegil kom utsettingene av énsomrig aure i gang igjen i 2007. Siden 2013 har det vært satt ut 3500 individ hvert år, som tilsvarer 19,6 fisk pr. hektar. I Storevatn har det til sammenligning bare vært satt ut 4,8 individ pr. hektar pr. år (9,6 individ annet hvert år). Fangstutbyttet i de to magasinene er likevel omtrent det samme. Følgelig har fisken i Stegil en betydelig høyere dødelighet enn i Storevatn. Reguleringshøyden i de to magasinene er omtrent den samme, med henholdsvis åtte og seks meter. Stegil har heller ikke større vannstandsvariasjoner eller nedtappingsregime enn Storevatn (jf. **figur 2**). Stegil er imidlertid relativt grunt med største dyp på ca. 15 meter. Reguleringen får derfor en mer negativt effekt ved at store areal blir tørrlagt når det blir nedtappet til LRV. De to magasinene ser ikke ut til å ha særlig forskjell vannkvalitet. Stegil har nok noe lavere pH, og det er også mer humuspåvirket med lavere siktedyp. Krepsdyrsamfunnene blir vurdert som sterkt skadet både i Stegil og Storevatn (jf. **tabell 10**). Men total sett har trolig Stegil en lavere produksjonsevne enn Storevatn. Dette til tross for at Stegil ligger ca. 100 meter lavere enn Storevatn, og har dermed høyere vanntemperatur. Men ut fra tilveksten og kvaliteten på fisken i Stegil, har den fortsatt et vekstpotensial. Fiske med stang og garn i seinere år tyder på at Stegil har en bra bestand av fisk i høstbare størrelse (Stig Alfred Eikeland, Lars Falkenberg, pers. med.). Det er ikke uvanlig å få fisk på 300-500 gram, og det blir også tatt individ på mellom en halv til én kilo. Det er viktig at både kvaliteten og størrelsen på fisken blir opprettholdt best mulig. Vi vil derfor anbefale at utsettingene blir redusert fra 3500 til 2000 individ pr. år. Beskatningen av fiskebestanden i Stegil må vurderes som beskjeden, og er også et viktig moment når utsettingspålegget skal fastsettes. I Stegil har fisken trolig tidligere vært satt ut i slutten av juni (eventuelt før 2014). Dette kan ha forårsaket relativt høy dødelighet i den første tiden etter utsettingen. Fisken blir nå satt ut i første del av august, og det vil slå positivt ut på overlevelsen. Egenrekrutteringen til bestanden i Stegil er foreløpig svært begrenset, for ved prøvefiske var bare én av 19 stykk villfisk (5%). Det synes å være begrensa muligheter for å etablere en god sjølekrutterende aurebestand i Stegil. Der kan foregå gyting i Sløkjelibekken ved Heimre Legå. Her ble det i 2017 fanget ett umerket individ på 163 mm. Det skal visstnok ha vært observert yngel i bekken ved Stekilshommen i den nordvestlige delen av Stegil i enten 2014 eller 2015. Denne bekken ble ikke elfisket høsten 2017. Det kan også ha vandret ned fisk fra høyereliggende innsjøer i nedbørfeltet. I Fjeddetjønne i sørøst kan det være en stedegen aurebestand (Lars Falkenberg, pers. med.). Sløkjelibekken er per i dag nærmest uegnet som gytebekk. For å oppnå naturlig rekruttering, må det til omfattende tiltak med å fjerne grov stein og eventuelt tilførsel av egnet gytesubstrat. Arealmessig har bekken heller ikke noe stort potensial mht. yngelproduksjon.

6 Referanser

- Anonym 2010. Handlingsplan for innlandsfisk i regulerte deler av Mandalsvassdraget 2011-2020. Fagrådet for innlandsfisk i Agder. Kristiansand. 22 s.
- Appelberg, M., Berger, H.M., Hesthagen, T., Kleiven, E., Kurkilahti, M., Raitaniemi, J. & Rask, M. 1995. Development and intercalibration of methods in Nordic freshwater fish monitoring. *Water Air Soil Pollution* 85: 401-406.
- Dunson, W.A. & Martin, R.R. 1973. Survival of brook trout in a bog-derived acidity gradient. *Ecology* 54: 1370-1376.
- Flössner, D. 1972. Krebstiere, Crustacea, Kiemen- und Blattfüsser, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. *Tierwelt Deutschl.* 60: 1-501.
- Garmo, Ø.A., Skjelkvåle, B.L., de Wit, H.A., Colombo, L., Curtis, C., Fölster, J., Hoffmann, A., Hruška, J., Høgåsen, T., Jeffries, D.S., Kelle, W.B., Krám, P., Majer V., Monteith, D.T., Paterson, A.M., Rogora, M., Rzychon, D., Steingruber, S., Stoddard, J.L., Vuorenmaa, J. & Worsztynowicz, A. 2014. Trends in surface water chemistry in acidified areas in Europe and North America from 1990 to 2008. *Water, Air and Soil Pollution* 225: 1-14.
- Gunnerød, T.B., Møkkelgjerd, P.I., Klemetsen, C.E., Hvidsten, N.A. & Garnås, E. 1981. Fiskebiologiske undersøkelser i regulerte vassdrag på Sørlandet 1972-1978. DVF-Reguleringsundersøkelsene, Rapport 4-1981. 206 s.
- Herbst, H.V. 1976. Blattfusskrebse (Phyllopoeden: Echte Blattfüsser und Wasser- flöhe). - Kosmos-Verlag Franckh, Stuttgart. 130 s.
- Hesthagen, T. & Haugland, S. 2006. Fiskebiologiske undersøkelser i Nåvatn-magasinet og Hagedalsvatn i Mandalsvassdraget høsten 2005. NINA Minirapport 160. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T., Walseng, B., Ugedal, O., Bongard, T., Ousdal, J.-O. & Saksgård, R. 2006. En biologisk inventering av ni kalkede innsjøer i Agder høsten 2006, med vekt på krepsdyr og fisk. NINA Rapport 216. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T. & Østborg, G. 2008. Endringer i areal med forsuretsskadede fiskebestander i norske innsjøer fra rundt 1990 til 2006. NINA Rapport 169. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T., Fiske, P. & Skjelkvåle, B.L. 2008. Critical limits for acid neutralizing capacity of brown trout (*Salmo trutta*) in Norwegian lakes differing in organic carbon concentrations. *Aquatic Ecol.* 42: 307-316.
- Hesthagen, T. & Haugland, S. 2009. Fiskebiologiske undersøkelser i Juvatn-magasinet og Sandvatn i Mandalsvassdraget høsten 2008. NINA Minirapport 259. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T. & Walseng, B. 2012. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Nåvatn og Skjerkevatt i Mandalsvassdraget høsten 2011 – Fisk og krepsdyr. NINA Rapport 804. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T. & Walseng, B. 2013. Ferskvannsbiologiske undersøkelser magasinene Storevatn og Stegil i Mandalsvassdraget høsten 2012. NINA Rapport 924. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T. & Kleiven, E. 2013. Reproduserende bestander av bekkerøye (*Salvelinus fontinalis*) i Norge pr. 2013. NINA Rapport 900. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T., Saksgård, R. & Sandlund, O.T. 2015. Fiskebiologiske undersøkelser i Dalsvatnet, Ångardsvatnet og Tovatna i Trollheimen, 2014. NINA Rapport 1172. Norsk institutt for naturforskning.
- Hesthagen, T., Bolstad, G.H. & Kleiven, E. 2018. Distribution of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) across Norwegian watersheds – is it an invasive species? *Fauna norvegica* 38:1-8.

- Kiefer, F. 1973. Ruderfusskrebse (Copepoden). - Kosmos-Verlag, Franckh, Stuttgart. 99 s.
- Kiefer, F. 1978. Freilebende Copepoda. - Side 1-343 i: Elster, H. J. & Ohle, W. (red.). Das Zooplankton der Binnengewässer 26.
- Kile, N.B. 2016. Årsrapport: Dokumentasjon av egenrekruttering i reguleringsmagasiner i Åseral 2016. Agder Energi Vannkraft AS. Syrtveit Fiskeanlegg. 4735 Evje.
- Lydersen, E., Larssen, T. & Fjeld, E. 2004a. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian lakes. *Sci. Total Environ.* 326: 63-69.
- Lydersen, E., Larssen, T. & Fjeld, E. 2004b. Betydningen av humus for forholdet mellom syrenøytraliseringskapasitet (ANC) og fiskestatus i norske innsjøer. pH-status 10 (nr.1-2004): 4-5.
- Muniz I.P. & Leivestad, H. 1979. Langtidseksponering av fisk til surt vann. SNSF prosjektet, Intern Rapport 44. 29 s.
- Møkkelgjerd, P.I. & Gunnerød, T.B. 1985. Utsetting av bekkerøye i regulerte vassdrag på Sørlandet. Rapport fra kontrollfiske i 1984. DVF Reguleringsundersøkelsene Rapport 10-1985. 53 s.
- Rylov, W.M. 1948. Freshwater Cyclopoida. Fauna USSR, Crustacea 3 (3). Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1963. 314 s.
- Saltveit, S.J. 1994a. Fiskebiologiske undersøkelser i forbindelse med nye Skjerka kraftverk i Vest-Agder. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, Rapp. 153. 55 s.
- Saltveit, S.J. 1994b. En vurdering av tiltak og fiskeutsettinger i reguleringsmagasinene Skjerkevatt, Nåvatt og Stegilsvatt, i Vest-Agder. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, Notat nr.1-1994.15 s.
- Sars, G.O. 1903. An account of the Crustacea of Norway. IV Copepoda, Calanoida. Bergen. 171s.
- Sars, G.O. 1918. An account of the Crustacea of Norway. VI Copepoda, Cyclopoida. Bergen. 225 s.
- Sevaldrud, I.H. & Muniz, I.P. 1980. Sure vatn og innlandsfiske i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1979. SNSF prosjektet, Intern Rapport 77/80. 95 s.
- Skjelkvåle, B.L., Wright, R.F. & Henriksen, A. 1998. Norwegian lakes show widespread recovery from acidification: results of national surveys of lakewater chemistry 1986-1997. *Hydrol. Earth Sys. Sci.* 2: 555-562.
- Smirnov, N.N. 1971. Chydoridae. Fauna USSR, Crustacea 1 (2). Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1974. 644 s.
- Sandlund O.T. (red.) 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02:2013. – revidert 2015. www.vannportalen.no
- ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. 1998. CANOCO reference manual and User's guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination, (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- Ugedal, O., Forseth, T. & Hesthagen, T. 2005. Garnfangster og størrelse på gytefisk som hjelpemiddel i karakterisering av aurebestander. NINA Rapport 73.
- Walseng, B. & Halvorsen, G. 1996a. Vannlopper. - Side 95-99 i: Aagaard, K. & Dolmen, D. (red.). Limnofauna norvegica, katalog over norsk ferskvannsfauna. Tapir, Trondheim.
- Walseng, B. & Halvorsen, G. 1996b. Hoppekreps. - Side 103-107 i: Aagaard, K. & Dolmen, D. (red.). Limnofauna norvegica, katalog over norsk ferskvannsfauna. Tapir, Trondheim.

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er ein uavhengig stiftelse som forskar på natur og samspelet natur–samfunn.

NINA vart etablert i 1988. Hovudkontoret er i Trondheim, med avdelingskontor i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driv NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskingsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.

NINA driv både med forskning og utgreiing, miljøovervaking, rådgjeving og evaluering. Instituttet har stor breidde i kompetanse og erfaring, med både naturvitarar og samfunnsvitarar i staben. Vi har kunnskap om artane, naturtypene, menneska sin bruk av naturen og korleis dei store drivkreftene i naturen verkar.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3216-6

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovudkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger