

1582

NINA Rapport

Overvåking av elvemusling i Oгна, Rogaland

Tiltaksovervåking kalking 2017–2018

Bjørn Mejdell Larsen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Overvåking av elvemusling i Oгна, Rogaland

Tiltaksovervåking kalking 2017–2018

Bjørn Mejdell Larsen

Larsen, B.M. 2018. Overvåking av elvemusling i Ognå, Rogaland.
Tiltaksmonitoring kalking 2017–2018. NINA Rapport 1582. Norsk
institutt for naturforskning.

Trondheim, november 2018

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3321-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsleder Ingebrigt Uglem (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

M-1182 | 2018

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Kjetil Lønborg Jensen

FORSIDEBILDE

Ognå ved Rabali (stasjon 5) © Bjørn Mejdell Larsen

NØKKEWORD

Ognå, Rogaland – elvemusling – overvåking – utbredelse – tetthet
– lengde – muslinglarver – vertsfisk

KEY WORDS

River Ognå, Rogaland county – freshwater pearl mussel –
monitoring – distribution – density – length – mussel larvae – host
fish

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

Larsen, B.M. 2018. Overvåking av elvemusling i Ogna, Rogaland. Tiltaksovervåking kalking 2017–2018. NINA Rapport 1582. Norsk institutt for naturforskning.

Elvemusling har forsvunnet fra mange av de store laksevassdragene på Sør-Vestlandet, og det var også antatt at elvemuslingen i Ogna var utdødd på 1980-tallet på grunn av forsuring. Senere ble den imidlertid gjenfunnet, og etter en kartlegging av restbestanden i 1997–1999 har bestanden blitt overvåket hvert tredje år fram til 2011, og på nytt igjen i 2017–2018. Laksestammen i Ogna var også truet, og det var årlig meldinger om fiskedød på 1980-tallet. Fra 1991 er vassdraget derfor kalket med en kombinasjon av innsjøkalking og dosererkalking.

Det har uten tvil vært en positiv utvikling i bestanden av elvemusling i Ogna i forbindelse med disse kalkingstiltakene i vassdraget. Det har vært en reetablering av muslinger i løpet av perioden 1991–2018 på hele strekningen mellom Ualand og Rabalia der det tidligere bare var store og gamle muslinger. I tillegg har det kommet tilbake muslinger både ovenfor og nedenfor kraftstasjonen ved Hetland. I 2008 ble det for første gang påvist vellykket rekruttering ovenfor Øvrabøvatnet, og i 2011 også helt ned mot Hylland bru. Muslinger spres til nye lokaliteter i Ogna hovedsakelig festet til gjellene på laksunger i vassdraget. Det ble i 2018 observert laksunger med muslinglarver på gjellene nedenfor utløpet av Krågevatn i et område der det foreløpig ikke er påvist levende muslinger.

Det er i dag påvist elvemusling i Ogna fra utløpet av Krågevatnet til Hylland bru nedstrøms Hetland kraftstasjon. Dette utgjør en strekning på om lag 7,0 km når vi utelater Øvrabøvatnet. Historiske opplysninger tyder imidlertid på at elvemusling var utbredt i hele den lakseførende strekningen i vassdraget tidligere – en strekning på mer enn 30 km.

På stasjoner med elvemusling varierte antallet mellom 0,02 og 1,57 individ pr. minutt observasjonstid på fritellingene i 2018. Det var en reduksjon i antall muslinger på en av stasjonene fra 2011 til 2018, men en kraftig økning i antall muslinger på en annen stasjon bidro til at den gjennomsnittlige tettheten på fritellingene likevel ble opprettholdt. Det har vært en økning fra 0,10 individ pr. minutt i 1999 til 0,55 individ pr. minutt i 2018. Som i 2011 ble det også funnet levende elvemusling på alle de fem transektene som undersøkes i Ogna. Det har vært en økning i gjennomsnittlig tetthet fra 0,09 individ pr. m² i 1999 til 0,14–0,16 individ pr. m² i 2005–2018 for de fem transektene.

Skallengden til levende elvemusling varierte fra 36 til 159 mm i juni 2018. De fleste muslingene var mellom 105 og 125 mm lange, men det var i tillegg en høy andel muslinger i lengdegruppen 55–70 mm. Da muslingene vokser godt i Ogna, er det antatt at 10 og 20 år gamle har en skallengde på henholdsvis 60 og 100 mm. I 2018 var om lag 8 % av individene 10 år eller yngre. Andelen unge muslinger som har kommet opp i reproduktiv alder har økt de siste årene, og det er vist at graviditetsfrekvensen var høyere hos de unge muslingene sammenlignet med de eldre individene.

Laks er eneste vertsfisk for elvemuslingens larver i Ogna («laksemusling»). Selv om antall muslinglarver på laksungene vil variere mellom år, er det nå en større andel av laksungene som er infestert med et stadig høyere antall muslinglarver enn tidligere. En god laksebestand er derfor en forutsetning for å opprettholde en god muslingbestand i elva. Gjennomsnittlig tetthet av årsyngel (0+) og ettårige eller eldre laksunger (≥1+) har vært henholdsvis 40–90 og 10–30 individ pr. 100 m² om høsten i de fleste av årene etter kalking. Mangel på vertsfisk er derfor ikke lenger begrensende for en vellykket rekruttering hos elvemusling i Ogna.

Varierende årsklassestyrke hos elvemusling kan være forårsaket av mange faktorer, bl.a. forskjeller i påslag av muslinglarver på laksungenes gjeller og overlevelse av de unge muslingene i de første leveårene. Forsuring og eutrofiering er viktig i denne sammenhengen og dårlig vannkvalitet har antagelig vært den viktigste årsaken til tap av musling i Ogna. Manglende kunnskap om elvemuslingens tålegrenser for ulike vannkjemiske parametere og hvordan disse virker i kombinasjon, gjør at det er usikkert hva som vil være det beste vannkvalitetsmålet for elvemusling i Ogna. Inntil videre er det foreslått å heve pH slik at pH ikke i noen del av året skal være lavere enn 6,4. Samtidig må mengden labilt aluminium reduseres slik at verdiene ikke overstiger 10 µg/l og konsentrasjonen av kalsium kan med fordel være opp mot 2,5 mg/l.

Bjørn Mejdell Larsen, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim; bjorn.larsen@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Område	8
2.1 Kalkingstiltak	8
2.2 Vannføring	9
2.3 Vannkvalitet	11
2.4 Bunndyr	14
2.5 Fisk	14
3 Metoder	16
4 Resultater	18
4.1 Muslinglarver på gjellene til laks	18
4.2 Elvemusling	20
4.2.1 Utbredelse	20
4.2.2 Tetthet	20
4.2.3 Populasjonsstørrelse	23
4.2.4 Gravestudier	23
4.2.5 Lengdefordeling	24
4.2.6 Vekst	25
4.2.7 Alderssammensetning og rekruttering	25
5 Oppsummering og diskusjon	28
6 Referanser	39
7 Vedlegg	43
Vedlegg 1. Forekomst av muslinglarver på laks i Oga	43
Vedlegg 2. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Oga	44
Vedlegg 3. Kriterier og poengklasser for bedømmelse av levedyktighet	45

Forord

Miljødirektoratet har det sentrale forvaltningsansvaret for kalkingsvirksomheten i Norge. Den overordnede målsettingen for perioden 2016–2021 er å sikre eller gjenskape minimum god økologisk tilstand med hensyn til forsuring. Elvemusling har forsvunnet fra mange av de store laksevassdragene på Sør-Vestlandet, og de gjenværende bestandene er regnet som truede eller sårbare. I Ognå var det antatt at elvemuslingen var utdødd på 1980-tallet på grunn av forsuring. Men i forbindelse med igangsatte kalkingstiltak og overvåking av ungfiskbestanden i vassdraget ble arten gjenfunnet.

I handlingsplanen for elvemusling er målet på lang sikt å få livskraftige populasjoner av elvemusling i hele Norge. Alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes og sikres en tilfredsstillende rekruttering, og alle vassdrag med elvemusling skal ha god økologisk tilstand. Det skal føre til at elvemuslingen blir livskraftig og kan fjernes fra den norske rødlista.

Tiltaksovervåking i kalkede vassdrag inngår som ett av tiltakene i handlingsplanen for elvemusling. Formålet skal være å dokumentere tilstanden, og beskrive de positive og negative endringene som skjer. Norsk institutt for naturforskning (NINA) gjennomførte en kartlegging av utbredelsen og forekomsten av elvemusling i Ognå i 1997–1999. Dette dannet grunnlaget for et overvåkingsprogram med undersøkelser hvert tredje år i perioden 2002–2011.

I 2017, seks år siden siste overvåkingsrunde, fikk NINA oppdraget med å følge opp arbeidet i Ognå med nye undersøkelser av elvemusling og fisk. Overvåking og tiltak for å bevare populasjonene av elvemusling som finnes i de forsursrammede vassdragene i Agder og Rogaland er en prioritert oppgave. Undersøkelsene er i sin helhet finansiert av Miljødirektoratet, og vår kontaktperson, Kjetil Lønborg Jensen, takkes for et godt samarbeid.

Vi vil samtidig takke alle som lokalt har vist interesse og engasjement for vårt arbeid med elvemuslingen i Ognå.

Trondheim, november 2018

Bjørn Mejdell Larsen
Prosjektleder

1 Innledning

Forsuring har ført til betydelig reduksjon i biologisk mangfold i Norge (Direktoratet for naturforvaltning 1995). Elvemusling fantes tidligere i gode bestander i mange forsuringsutsatte vassdrag (f.eks. Storelva, Mandalselva, Tovdalselva, Lygna og Audna). Dolmen & Kleiven (2004) konkluderte med at en tilbakegang i bestandene av elvemusling på Sør- og Vestlandet med stor grad av sannsynlighet skyldtes forsuring av vassdragene. Den største nedgangen fant sted i Aust- og Vest-Agder der arten ble borte fra 87 % av lokalitetene (Magerøy & Larsen 2018) mens den i Rogaland forsvant fra 43 % av lokalitetene (Dolmen & Kleiven 2004).



Elvemuslingen står delvis nedgravd i substratet godt forankret i grusen ved hjelp av en muskuløs fot. En voksen musling filtrerer om lag 50 liter vann i løpet av et døgn, og en stor muslingbestand er et viktig bidrag til å opprettholde en god vannkvalitet også for andre bunndyr og fisk i vassdraget. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Forsuring påvirker elvemuslingen negativt ved at den enten kan skade muslingen direkte gjennom aluminiumsforgiftning eller gjennom negativ kalsiumbalanse som fører til tæring på skallet. Unge muslinger er mest sensitive. I tillegg kan forsuring føre til skade på fiskebestandene, og man regner med at 25 laksestammer ble utryddet på grunn av sur nedbør (Hesthagen & Hansen 1991). Dette påvirker elvemuslingen negativt ved at den er avhengig av laks eller ørret i et obligatorisk stadium som muslingens larver må ha på gjellene til fisk (Larsen 2005). En bestand av «laksemusling» kan bare overleve på lang sikt i vassdrag som samtidig har en god bestand av laks, og tilsvarende er en bestand av «ørretmusling» avhengig av ørret. Nå finnes det i tillegg en rekke andre faktorer som kan virke negativt på overlevelse og rekruttering hos elvemusling, f.eks. høy tilførsel av næringsstoff (eutrofiering), vassdragsreguleringer (endringer i vannføring/vanntemperatur), erosjon fra land- og skogbruksområder, kanalisering, bekkelukking, snauhogst, drenering av myrer og annen utmark, graving og byggeaktiviteter med høyt partikkelutslipp, avrenning fra veier, giftutslipp og klimavariasjoner (Larsen 1997; 2017; 2018). Tidligere var også plukking av muslinger og perlefiske en alvorlig trussel bl.a. i Ognå.

Selv om elvemusling fortsatt finnes utbredt i hele landet, er inntrykket at bestandene er tynnet ut, at rekrutteringen er nedsatt, og at gjenværende bestander mange steder er splittet opp (Larsen 2005). Elvemusling ble av den grunn totalfredet mot all fangst fra 1. januar 1993. Elvemusling hadde i 2015 fortsatt status som «sårbar» (VU) på listen over truede dyrearter i Norge (Henriksen & Hilmo 2015) slik det også var i 2010 (Kålås 2010).

Konvensjonen om biologisk mangfold pålegger Norge forpliktelser i forhold til overvåking av rødlistearter. Forvaltningen har et særlig ansvar for internasjonalt truede arter. Totalbestanden av elvemusling i Norge ble i 2010 estimert til 143 millioner individer (Larsen 2010). En revidert og oppdatert oversikt over forekomsten av elvemusling i Europa tilsier at Norge har 40 % av antall muslinger og nær en firedel av antall populasjoner finnes i Norge (Larsen 2018). Dette gjør elvemusling til en ansvarsart for Norge. For at arten skal bevares må vi ha en god overvåking av tilstanden, og nødvendige tiltak må settes inn for å styrke og verne truede lokaliteter.

Fordelen med å kunne anvende elvemusling som et ledd i naturovervåkingen er artens høye krav til vannkvalitet og habitat. Spesielt interessant er det at elvemuslingen kan oppnå en imponerende høy levealder (250–300 år). Selv om rekrutteringen har vært helt fraværende i mange år vil bestander av elvemusling kunne ta seg opp igjen så sant årsaken til bestandsnedgangen blir fjernet.

I handlingsplanene for elvemusling (Direktoratet for naturforvaltning 2006, Larsen 2018) er målet for arbeidet med forvaltning av arten i et langsiktig perspektiv at den skal finnes i livskraftige populasjoner i hele Norge. Alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes og sikres en tilfredsstillende rekruttering, og alle vassdrag med elvemusling skal ha god økologisk tilstand. Det skal føre til at elvemuslingen blir «livskraftig» (LC) og kan fjernes fra den norske rødlista. En bestand av elvemusling som opprettholder naturlig rekruttering vil være det synlige beviset på god vannkvalitet. Dette sikrer elvemuslingen på lang sikt, og opprettholder samtidig tilstedeværelsen av mange andre sårbare arter.

Ogna er nevnt som en god muslingelv i forbindelse med perlefiske allerede på 1700-tallet. De spredte observasjonene av elvemusling som foreligger fra 1900-tallet tyder på at arten har vært vanlig utbredt i hele vassdraget tidligere. Observasjonene omfattet Hylland, Ualand og Øvrabøvatnet i nedre del og Eikeland, Steinsland og Langvatnet i øvre del, og dekket dermed hele den lakseførende strekningen av elva. Ledje (1996a; 1996b) gjennomførte i 1995 en spørreundersøkelse vedrørende tidligere og nåværende lokaliteter med elvemusling i Rogaland supplert med feltundersøkelser i de fleste lokalitetene. Den siste kjente observasjonen av elvemusling i Ogna var fra 1988 da ett individ ble funnet nedenfor Ualand (E. R. Håland pers. medd.). Ved undersøkelser i dette området i 1995 ble det ikke påvist levende individ eller skall (Ledje 1996b). E. R. Håland undersøkte imidlertid området på nytt i 1996, og det ene kjente individet var fortsatt til stede.

I sammenheng med årlige fiskeundersøkelser i Ogna på 1990-tallet ble det også samlet inn gjelleprøver til histologiske analyser (Kvellestad & Larsen 1999). I dette materialet ble det funnet muslinglarver på gjellene til en laksunge fanget i august 1994. En ny undersøkelse i vassdraget i 1997 konkluderte med at elvemusling fantes i lite antall fra Øvrabøvatnet og ned til utløpet av Hetland kraftstasjon; en strekning på 4–5 km (Larsen & Brørs 1998). Det ble supplert med nye undersøkelser i 1998 (Larsen 1999) og 1999 (Larsen & Hårsaker 2000). Dette dannet grunnlaget for en overvåking av elvemusling med undersøkelser hvert tredje år, og nye kartlegginger ble gjennomført i 2002 (Larsen & Berger 2003), 2005 (Larsen mfl. 2006), 2008 (Larsen 2009) og 2011 (Larsen mfl. 2012).

Det ble gjennomført en ny overvåking av tilstanden i 2017–2018 etter samme opplegg som tidligere år. Foreliggende rapport gjengir resultatene av disse undersøkelsene.

2 Område

Områdebeskrivelsen er med små endringer gjengitt fra Miljødirektoratet (2018). En beskrivelse av vassdraget finnes også hos bl.a. Larsen mfl. (1992) og Larsen & Brørs (1998).

Vassdragsnummer:	027.6Z
Fylke, kommune:	Rogaland fylke. Hå og Bjerkreim kommuner
Areal, nedbørfelt:	101 km ² (derav Ognå 79 km ² og Helgåvassdraget 22 km ²)
Regulering:	17,4 km ² av Helgåvassdraget i nordøst er overført gjennom Hetland kraftstasjon ca. tre kilometer fra utløpet i sjøen ved Ognå
Spesifikk avrenning:	55,3 l/s/km ² (NVE-Atlas)
Middelvannføring:	5,6 m ³ /s ved utløpet til sjø (NVE-Atlas)
Lakseførende strekning:	Ca. 30 km. Vandringshinder mellom Laksessvela og Ognavatnet

Hovedvassdraget har utspring i heiområdene ved Laksessvelafjellet (536 moh.) og Svartaknuten (498 moh.) ca. 23 km fra sjøen (**figur 1**). I Ognadalen danner elva tre mindre innsjøer. Årlig nedbørmengde er ca. 2000 mm. På grunn av relativt små innsjøer med liten magasinkapasitet i nedslagsfeltet vil vannføringen i hovedelva variere med nedbørmengden. Området ligger i sin helhet innenfor Egersund-feltets anortositt-bergarter. Det som finnes av løsmasser er vasket vekk fra de høyere liggende områder og ned i senkningene (Abrahamsen mfl. 1972). Vegetasjonen utgjøres stort sett av lite kravfulle arter. I høydene dominerer torv- og lyngmark. Lenger nede øker kulturpreget, og i Ognadalen samt fra Hetland og ned til utløpet preges nærområdet av intensivt jordbruk. Nedbørsfeltet til Ognå består av 6,0 % dyrket mark, 3,0 % myr, 6,1 % innsjø, 11,9 % skog, 53,6 % snaufjell og bare 0,2 % urban bebyggelse (data fra nevina.nve.no).

2.1 Kalkingstiltak

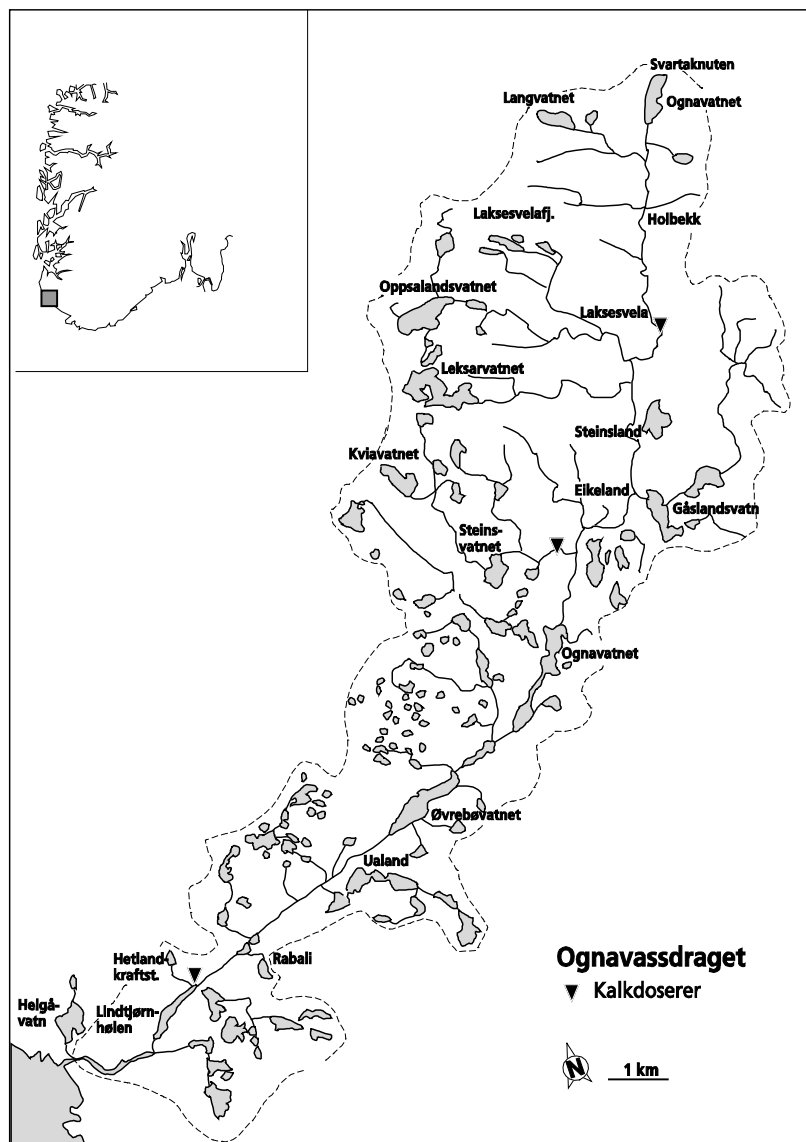
Bakgrunn for tiltak:	Laksestammen var truet; årlige meldinger om fiskedød på 1980-tallet (Sivertsen 1989, Larsen mfl. 1992)
Tiltaksplan:	Kalkingsplan fra Enge & Nordland (1989) med senere justeringer
Biologisk mål:	Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuretsfølsomme vannorganismer
Vannkvalitets mål:	Lakseførende strekning: 15/2–31/3: pH 6,2, 1/4–31/5: pH 6,4, 1/6–14/2: pH 6,0
Kalkingsstrategi:	En kombinasjon av innsjøkalking (fire innsjøer: Øvre Ognavatn, Langavatn, Oppsalandsvatn og Leksarvatn) og dosererkalking. Kalket fra 1991. En hoveddoserer ved Hetland kraftstasjon som kalker vann som passerer kraftverket. Doseringen styres automatisk etter vannføringen i vassdraget. En mindre doserer er plassert ved Eikeland for å kalke bidrag fra sideløp. Tidligere var det også en doserer ved Laksessvela, men denne har etter gradvis nedtrapping fra 2002, ikke vært i bruk siden 2007

Mengde kalk som er tilført Ognavassdraget har gått kraftig ned på begynnelsen av 2000-tallet (bl.a. Saksgård & Schartau 2011). Dosereren ved Laksessvela, som i perioden 1999–2006 doserte ut mellom 14 og 29 % av den totale kalkmengden i Ognavassdraget, er gradvis tatt ut av drift fra 2002. Fra og med 2008 er det ikke dosert kalk fra denne dosereren. Av dosererne er det alltid tilført størst mengde kalk fra Hetland, og andelen har økt. I 2011–2016 ble 76–88 % av det

totale kalkforbruket i vassdraget benyttet for å avsyre vannet som kom gjennom kraftstasjonen (**tabell 1**).

Tabell 1. Kalkforbruk (tonn CaCO_3) i Ogna siden 2011. Data fra Fylkesmannen i Rogaland. Fra Miljødirektoratet (2018).

År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Dosererkalking	144	89	147	105	102	131	159
Innsjøkalking (fire innsjøer)	27	28	21	19	19	21	21
Sum kalkforbruk	171	117	167	125	121	152	180

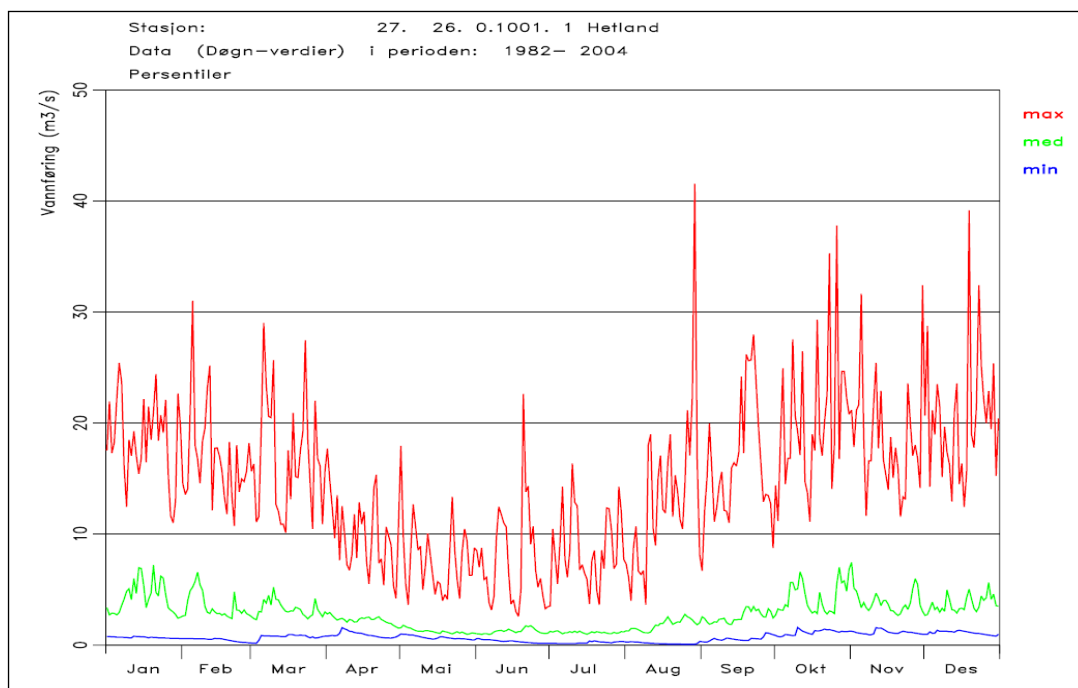


Figur 1. Ognavassdraget med nedbørfelt.

2.2 Vannføring

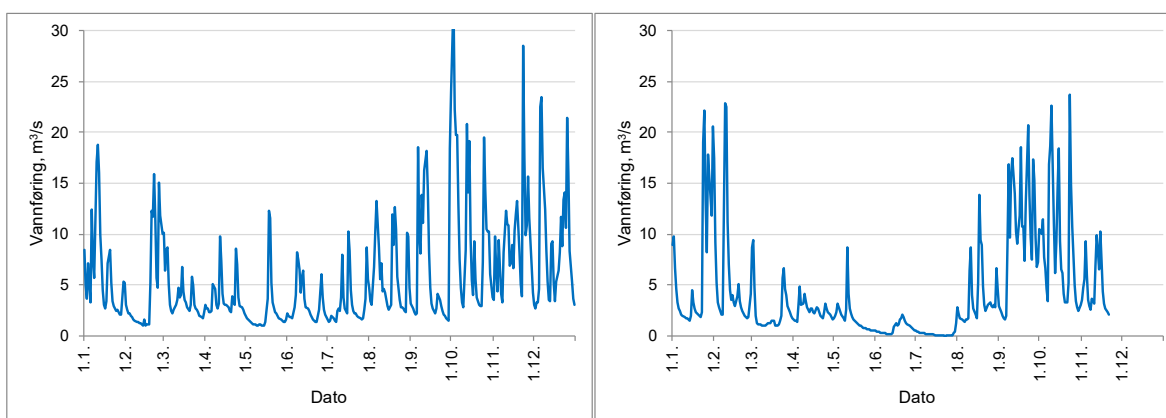
Vannføringen i Ogna er nedbøravhengig, og varierer betydelig gjennom året. Midlere årsavløp (1961–1990) for Ogna ved utløpet til sjø er $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (Holmqvist 2005). Midlere døgnmiddel for

flom er 28 m³/s ved Hetland for perioden 1982–2004 (Holmqvist 2005). Fem- og tiårsflommer har døgnmiddelverdier på henholdsvis 34 og 39 m³/s. Det er imidlertid stor usikkerhet ved flomverdiene i Ogna. Den største flommen i vassdraget etter 1982 var 29. august 1997 da døgnmiddelverdien var 42 m³/s (**figur 2**).



Figur 2. Karakteristiske vannføringer ved vannmerke 27.26 Hetland for perioden 1982–2004. Øverste kurve (max) viser største observerte vannføring og nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring. Mediankurven er den vannføringen med like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne. Fra Holmqvist (2005).

Vannføringen i Ogna er som regel lavest i månedene mai, juni og juli (jf. sommeren 2018, **figur 3**), mens flommer som regel forekommer om høsten og vinteren. Vannføringen var mer enn 30 m³/s i begynnelsen av oktober 2017 (**figur 3**). I 2017 var det bare én dag med døgnmiddel mindre enn 1,0 m³/s. I 2018 derimot var det i deler av mai, juni og hele juli svært lav vannføring og til sammen 63 dager hadde en døgnmiddel-verdi mindre enn 1,0 m³/s i løpet av året. Laveste døgnmiddel ble registrert 23. juli (0,069 m³/s).

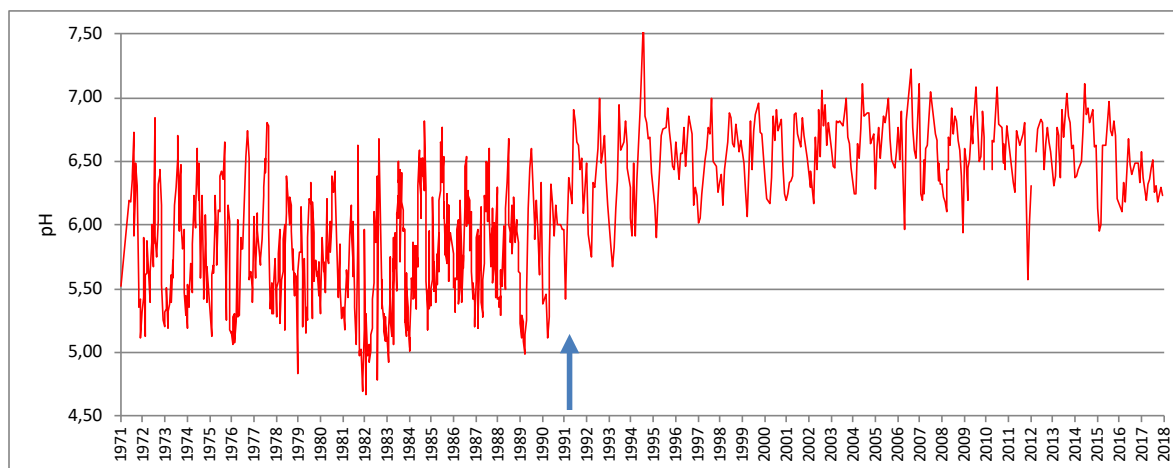


Figur 3. Vannføring i Ogna (døgnmiddel) ved Hetland i 2017 (til venstre) og 2018 (til høyre). Data fra NVE.

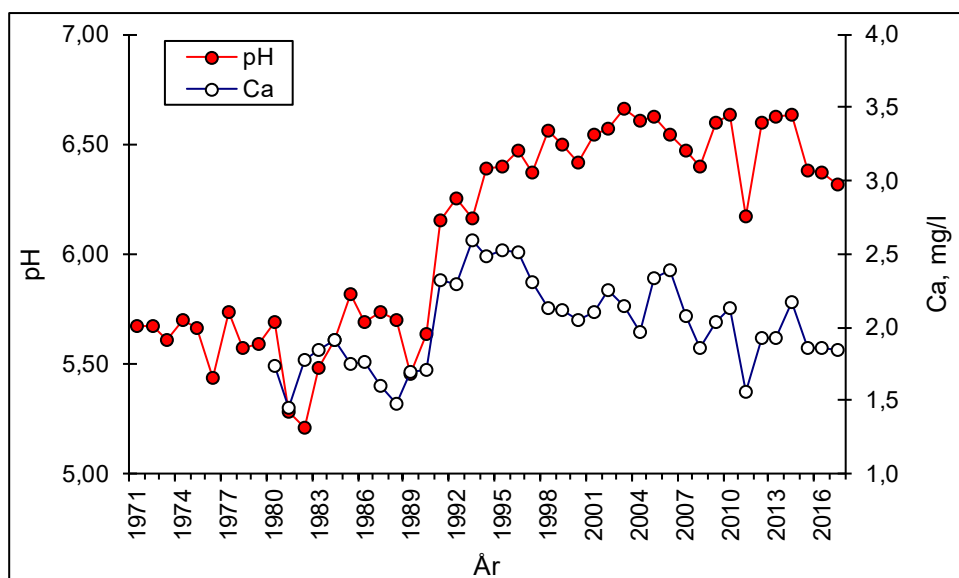
2.3 Vannkvalitet

Ogna ble i 1971 inkludert i DN/NINAs program for vannkjemisk overvåking av norske vassdrag («Elveserien»), og ble fra 1991 videreført som en del av kalkingsovervåkingen.

Vannkvaliteten i Ogna varierte før kalking (1971–1990) fra moderat til sterkt sur om vinteren (pH <5,5) til pH over 6,0 om sommeren i hovedvassdraget like ovenfor Hetland kraftstasjon (**figur 4**). Gjennomsnittsverdien for pH gjennom året var 5,4–5,8 med unntak av 1981 og 1982 da pH var henholdsvis 5,28 og 5,21 (**figur 5**). Vinteren 1981/82 var elva surere enn i de andre årene. Ved de fleste målinger var pH <5,1, og minimumsverdien 4,67 (**figur 4**) ble målt under en periode med snøsmelting.



Figur 4. Langtidsserie (1971–2017) for pH på stasjon ovenfor samløp med Hetland kraftverk i Ogna, Rogaland. Pil angir tidspunkt for når permanent kalking av vassdraget kom i gang. Omarbeidet fra Hellen (2018).



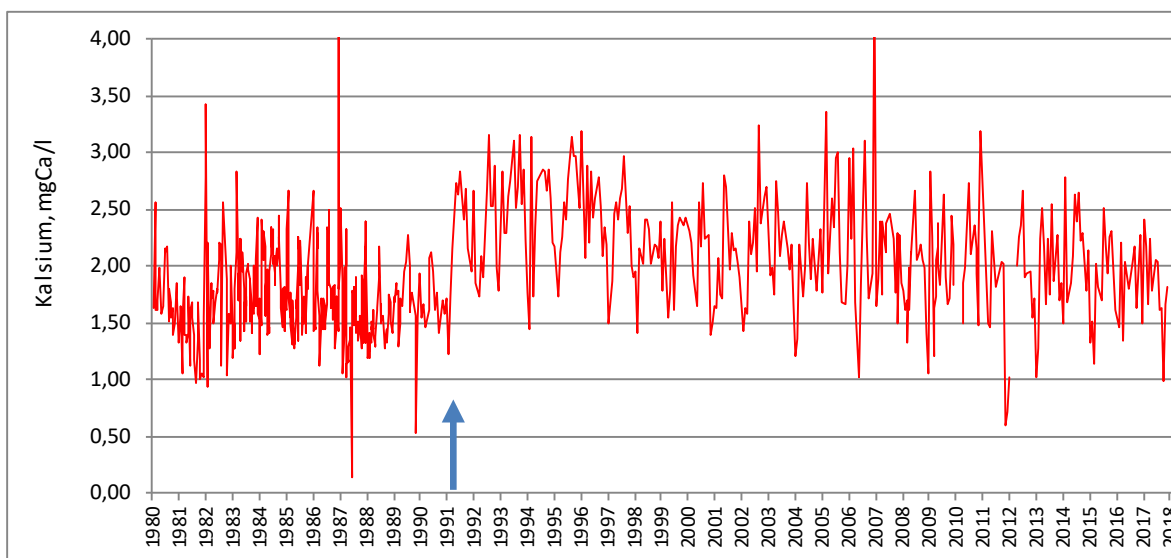
Figur 5. Årsgjennomsnitt for pH og kalsium i Ogna ovenfor samløp Hetland kraftverk i 1971–2017. Data fra tiltaksovervåkingens årsrapporter.

Helgåvassdraget som overføres til Ogna gjennom Hetland kraftstasjon var tidligere kronisk surt med gjennomsnittlig pH gjennom året mellom 4,7 og 4,8 i 1982–1990 (Larsen mfl. 1992). Dette ga seg utslag for elvestrekningen nedstrøms kraftverket (Lindtjørnhølen) der gjennomsnittlig pH

lå mellom 4,9 og 5,1 i 1982–1990. Helgåvassdraget hadde også periodevis svært høye verdier med labilt aluminium (Skogheim mfl. 1984). Gjennomsnittlig verdi for totalt syreaktivt aluminium i Ogna ovenfor Hetland kraftstasjon var 105 µg/l for perioden 1988–1990, mens tilsvarende verdi ved utløpet av kraftstasjonen var 264 µg/l (Larsen mfl. 1992).

Det har vært en markert endring i vannkvaliteten i Ogna etter at kalkingen startet i 1991. På lokaliteten i hovedvassdraget ovenfor Hetland økte årsgjennomsnittet for pH til 6,15 i 1991, og fra 1994 har årsgjennomsnittet ligget nær 6,4 eller høyere (**figur 5**). Etter 1995 ble det ikke registrert pH-verdier under 6,0 på denne lokaliteten før det i mai 2006 ble målt pH = 5,96 (**figur 4**). Senere er det målt pH-verdier under 6,0 også i desember 2008 (pH = 5,94), i november 2011 (pH = 5,57) og februar 2015 (pH = 5,95). Lav pH i november 2011 hang sannsynligvis sammen med en sjøsaltepisode med forhøyede verdier av Cl og Na (Saksgård & Schartau 2012). Generelt synes vannkvaliteten å være tilfredsstillende med hensyn til de krav som stilles for at fisk skal kunne leve og reproducere i elva (bl.a. Saksgård & Schartau 2012), men det er mer usikkert hvordan endringene i vannkvalitet virker inn på elvemusling.

På lokaliteten i hovedvassdraget ovenfor Hetland ble det registrert en økning i kalsiuminnholdet etter kalkingen i 1991 (**figur 6**). Årsgjennomsnittet var før kalking 1,5–2,0 mg/l. Det stabiliserte seg mellom 2,3 og 2,6 mg/l de første årene etter kalking (1991–1997, **figur 5**). Fra 1998 gikk imidlertid kalsiuminnholdet noe ned. Med unntak av 2005 og 2006 da årsgjennomsnittet var 2,3–2,4 mg/l har årsgjennomsnittet vist en nedadgående tendens i perioden 1998–2017. Mengden kalsium er dessuten gjennomgående lavere om vinteren enn om sommeren. I 2017 varierte kalsiumkonsentrasjonen i løpet av året mellom 1,0 og 2,4 mg/l med et årsgjennomsnitt nær 1,8 mg/l.



Figur 6. Langtidsserie (1980–2017) for kalsium (Ca) på stasjonen ovenfor samløp med Hetland kraftverk i Ogna, Rogaland. Pil angir tidspunkt for når permanent kalking av vassdraget kom i gang. Data fra tiltaksovervåkingens årsrapporter.

I perioden 1997–2010 var det sjelden episoder med mer enn 10 µg/l labilt aluminium (LAI) i Ogna ovenfor Hetland, og den gjennomsnittlige konsentrasjonen av LAI var i nærheten av 5 µg/l. Etter 2010 derimot har slike episoder forekommet nesten årlig og årsgjennomsnittet har økt til mellom 6 og 12 µg/l. Høyest målte konsentrasjon av giftig aluminium var henholdsvis 14, 21 og 16 µg/l i 2015, 2016 og 2017. Til dels svært høye konsentrasjoner av giftig aluminium i november og desember 2011 (henholdsvis 18 og 45 µg/l) kunne skyldes sjøsaltepisoder det året (Saksgård & Schartau 2012). Verdier større enn 20 µg/l klassifiserer vannforekomsten til å ha dårlig økologisk tilstand og verdier større enn 40 µg/l gir svært dårlig økologisk tilstand i lakseførende vassdrag (Direktoratgruppen vanndirektivet 2018).

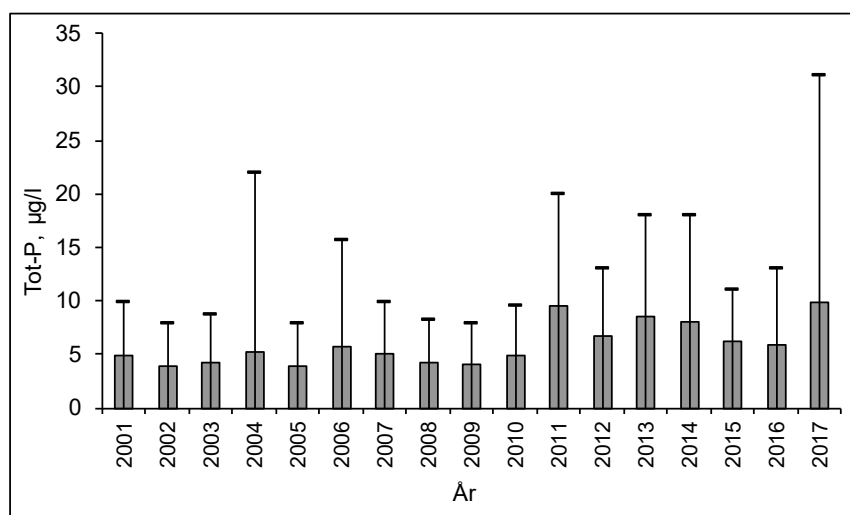
Periodevis høye konsentrasjoner av giftig aluminium ved Lindtjørnhølen henger fortsatt sammen med periodevis dårlig avsyring av vannet fra Helgåvassdraget (Saksgård & Schartau 2012). Ved Lindtjørnhølen er likevel konsentrasjonen av aluminium mye lavere nå enn den var før kalkingen startet.

Innholdet av organisk karbon (TOC) viser at Ogna er lite til moderat humuspåvirket (**tabell 2**). Ved Lindtjørnhølen varierte TOC mellom 1,5 og 7,0 mg C/l i 2017 (**tabell 2**).

Tabell 2. Årsgjennomsnitt og minimum- og maksimumsverdier for ledningsevne (Kond, mS/m), pH, kalsium (Ca, mg/l), alkalitet (Alk, $\mu\text{ekv/l}$), nitrat (NO_3 , $\mu\text{g/l}$), total fosfor (Tot-P, $\mu\text{g/l}$), total aluminium (Tot-Al), uorganisk aluminium (Um-Al) og total organisk karbon (TOC, mgC/l) på tre stasjoner i Ogna i 2017. Data fra Hellen (2018).

Stasjon		Kond mS/m	pH	Ca mg/l	Alk $\mu\text{ekv/l}$	NO_3 $\mu\text{g/l}$	Tot-P $\mu\text{g/l}$	Tot-Al $\mu\text{g/l}$	L-Al $\mu\text{g/l}$	TOC mgC/l
Laksesvela	Gj.snitt	6,0	6,26	2,14	0,100	1100	16	30	11	2,7
	Min	-	5,99	0,76	-	-	-	18	4	-
	Maks	-	6,66	4,42	-	-	-	58	21	-
	N	1	34	36	1	1	1	17	17	1
Ovenfor Hetland kraftverk	Gj.snitt	-	6,34	1,84	-	-	-	32	10	-
	Min	-	6,18	0,99	-	-	-	21	3	-
	Maks	-	6,57	2,41	-	-	-	47	16	-
	N	-	12	12	-	-	-	12	12	-
Lindtjørnhølen	Gj.snitt	4,8	6,34	1,53	0,088	505	10	29	10	3,2
	Min	2,8	6,08	1,01	0,064	280	2	16	3	1,5
	Maks	6,7	6,82	2,32	0,126	710	31	47	18	7,0
	N	12	37	37	12	12	12	18	18	12

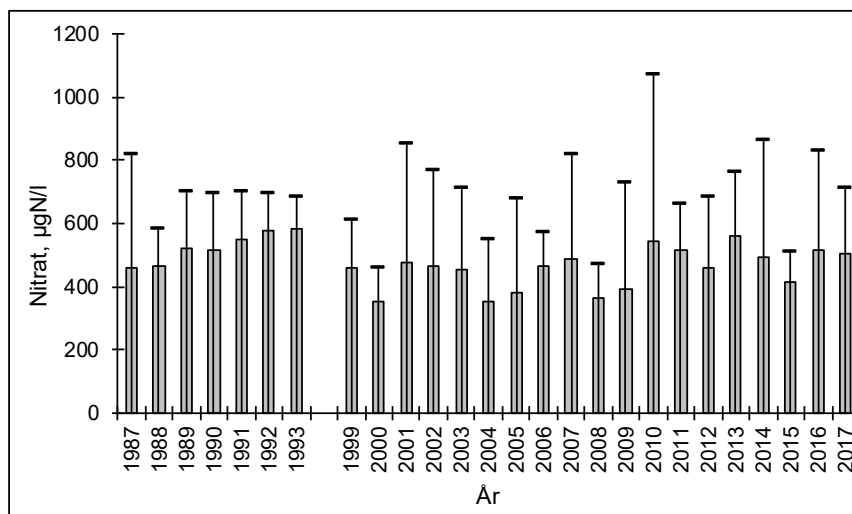
Målinger av fosfor (Tot-P) og nitrogen indikerer at vassdraget er moderat næringsbelastet (Saksgård & Schartau 2012). Årsgjennomsnittet for Tot-P varierte mellom 5,2 og 6,8 $\mu\text{g/l}$ ovenfor Hetland kraftverk i 2001–2005. Ved Lindtjørnhølen har det vært en svak økning i mengde fosfor i perioden 2001–2017 (**figur 7**). Årsgjennomsnittet i perioden har variert mellom 3,9 og 9,8 $\mu\text{g/l}$, og i 2017 var høyeste målte verdi av total fosfor 31 $\mu\text{g/l}$ (**figur 7**).



Figur 7. Årsgjennomsnitt (søylor) og maksimumsverdier for total fosfor (Tot-P, $\mu\text{g/l}$) ved Lindtjørnhølen for 2001–2017.

Nitrat-innholdet i Ogna varierer mellom år og lokalitet, men det har vært spesielt høyt i området Laksesvela–Steinsland. Her var årsgjennomsnittet 883–1082 $\mu\text{g/l}$ i årene 1991–1993 og 1999–2005 med maksimumsverdier helt opp mot 3000 $\mu\text{g/l}$ i 1992 (Larsen & Brørs 1998). Ovenfor Hetland kraftverk var årsgjennomsnittet redusert til 416–611 $\mu\text{g/l}$. Ved Lindtjørnhølen var innholdet av nitrat nær det samme eller noe redusert sammenlignet med strekningen ovenfor

samløpet med Hetland kraftverk (**figur 8**). I de siste åtte årene (2010–2017) var årsgjennomsnittet gjennomgående høyere sammenlignet med perioden 1999–2009. Mengden nitrat varierte i 2017 mellom 280 og 710 µg/l med et årsgjennomsnitt på 505 µg/l (**tabell 2**).



Figur 8. Årsgjennomsnitt (søylor) og maksimumsverdier for nitrat (NO_3 , µg/l) ved Lindtjørnhølen for 1987–1993 og 1999–2017.

2.4 Bunndyr

Det har vært gjennomført regelmessig prøvetaking av bunnfaunaen i Ogna siden 1983. Artsdiversiteten har vist en signifikant økende tendens i perioden etter at kalkingen startet vinteren 1991. Totalt ble det i 2010, 2012 og 2014 registrert henholdsvis 10, 11 og 11 døgnfluearter, 12, 12 og 12 steinfluearter og 22, 28 og 23 arter/slekter av vårfluer i bunnprøvene fra Ogna (18 stasjoner; Fjellheim 2011, Fjellheim mfl. 2013; 2015). I 2016 ble det bare registrert 7 døgnfluearter, 8 steinfluearter og 18 arter/slekter av vårfluer i bunnprøvene, men stasjonsantallet var redusert (12 stasjoner; Hellen 2017). Det ble registrert henholdsvis 27, 28 og 28 taksa som var sensitive overfor forsurening i 2010, 2012 og 2014, men bare 13 høsten 2016.

Artsdiversiteten, målt som EPT (samlet antall arter/grupper av døgnfluer, steinfluer og vårfluer) har vist en signifikant økende tendens i årene etter 1991. Døgnfluefaunaen i Ogna er den rikeste som er registrert i kalkete vassdrag på Sør- og Vestlandet. Det ble i 2010, 2012 og 2014 registrert fire arter ferskvannssnegl i vassdraget, men bare én i 2016. Småmuslinger (*Pisidium* sp.) ble registrert på fire av de åtte kalkede lokalitetene og på 3–6 av de ti referanselokalitetene i 2010, 2012 og 2014 (Fjellheim 2011, Fjellheim mfl. 2013; 2015). I 2016 ble det registrert småmuslinger på fire av de seks kalkede lokalitetene, men ikke på noen av referanselokalitetene (Hellen 2017). Elvemusling er aldri anmerket i forbindelse med bunndyrundersøkelsene i Ogna.

Forsuringsindeksen i den kalkete delen av Ogna er blitt betydelig bedre etter at kalkingen startet. Verdien 1 viser et bunndyrssamfunn som ikke er forsuret, mens verdien 0 viser et sterkt skadet samfunn. I 2010 var den beregnede forsuringsindeksen 1,00 både vår og høst (Fjellheim 2011). Høsten 2016 var forsuringsindeksen fortsatt høy for de kalkede lokalitetene (0,92) (Hellen 2017).

2.5 Fisk

Fiskebestandene i Ogna utgjøres av laks, ørret og sjøørret, ål, skrubbe og trepigget stingsild (Larsen mfl. 1992). Ogna har en lakseførende strekning på omlag 30 km, og laks og sjøørret kan passere opp mot Ognavatnet ovenfor Laksesvela.

Det kom årlig meldinger om fiskedød i Ogna på 1980-tallet (Larsen mfl. 1992), og laksebestanden ble vurdert som truet (Sivertsen 1989). Det ble gjennomført ungfiskundersøkelser i Ogna i årene

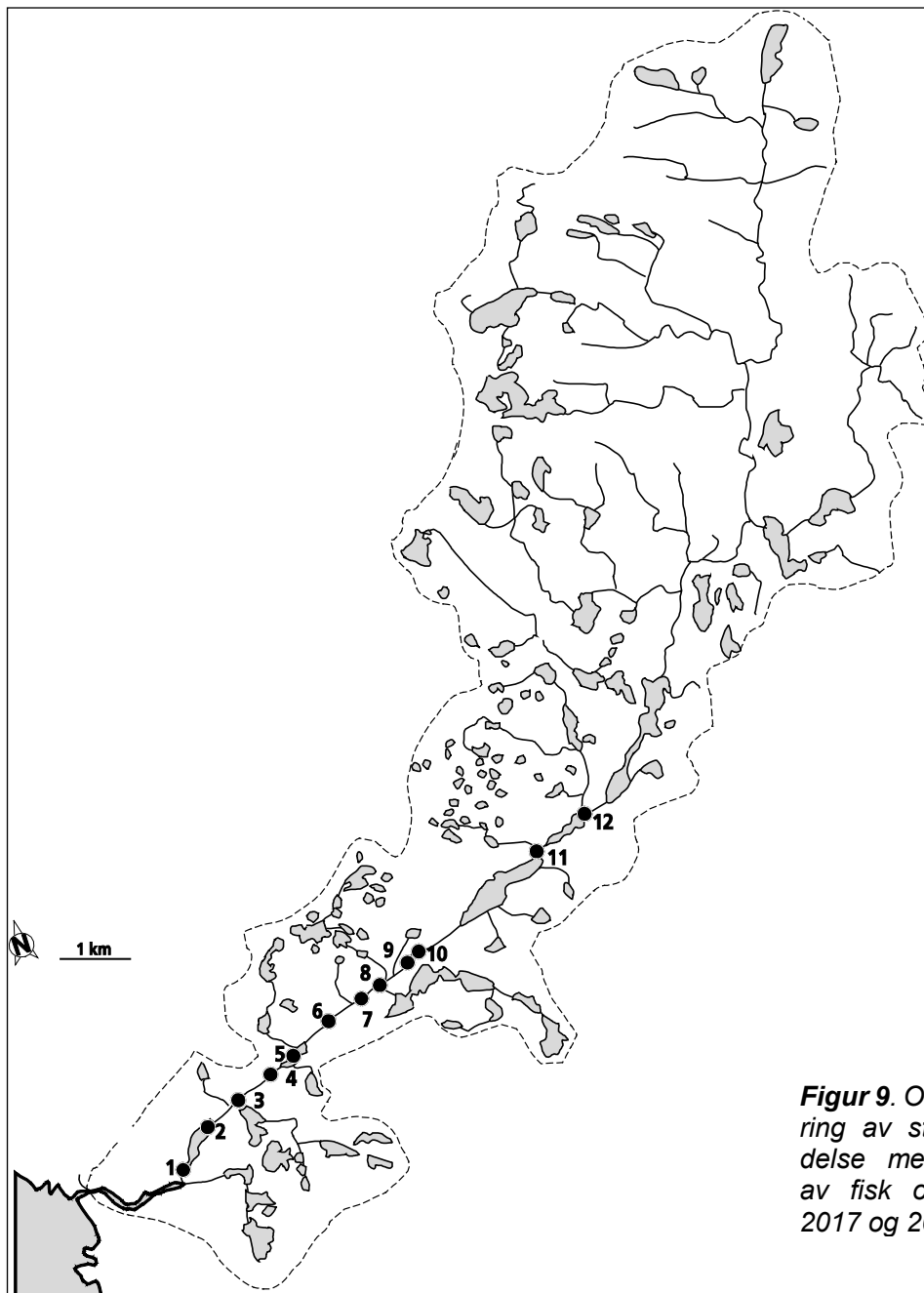
1983–1988 i forbindelse med overvåking av sur nedbør (Larsen mfl. 1992). Senere (1991) ble denne overvåkingen tatt opp igjen i forbindelse med kalkingstiltakene (Larsen 1993), og det gjennomføres fortsatt ungfiskundersøkelser på åtte av de opprinnelige stasjonene (jf. Kambestad 2017).

Tettheten av laksyngel var før kalking <20 individ pr. 100 m^2 (Larsen mfl. 1992). Etter kalking skjedde det en markert forandring fra 1994. Tettheten av laksyngel var 44–91 individ pr. 100 m^2 i 1994–2006. Deretter var det en reduksjon i antall laksyngel, og bare 20–30 individ pr. 100 m^2 ble notert i vassdraget i 2007–2010 (Saltveit mfl. 2011). I de siste årene har yngeltettheten variert svært mye, fra 105 individ pr. 100 m^2 i 2013 (Saksgård & Larsen 2014) til 24 individ pr. 100 m^2 i 2016 (Kambestad 2017). Det var en økning i tettheten av eldre laksunger fra ca. 10 individ pr. 100 m^2 i 1991–1994 til om lag 20 individ utover på 2000-tallet (se Kambestad 2017).

Det har vært en nedgang i tettheten av ørretyngel etter kalking. Før kalking var tettheten 10–30 individ pr. 100 m^2 , mens tettheten etter 1991 har vært <10 individ i alle år (se Kambestad 2017). Tettheten av eldre ørretunger har vært lav hele tiden, men det er likevel en tendens til at også den har gått noe tilbake når laksen kom tilbake etter kalking.

3 Metoder

Feltarbeidet i Ogna ble startet med fiskeundersøkelser 30. april–2. mai 2017 på moderat lav og synkende vannføring (1,6–2,1 m³/s). Bestandsundersøkelsene på elvemusling var planlagt til august 2017, men vedvarende høy vannføring hele høsten (se **figur 3**) gjorde at dette arbeidet måtte utsettes til 2018. Feltarbeidet ble i stedet gjennomført 6.–9. juni 2018 på svært lav vannføring (0,2–0,3 m³/s).



Figur 9. Ogna med lokalisering av stasjoner i forbindelse med undersøkelser av fisk og elvemusling i 2017 og 2018.

For å undersøke infeksjonen av muslinglarver på gjellene til laks ble det samlet inn fisk med elektrisk fiskeapparat på 12 stasjoner våren 2017 (stasjon 1–12, **figur 9**). Det ble tatt vare på 14–24 ettårige laksunger (1+) og 6–13 to- eller treårige laksunger (2+/3+) fra hver stasjon. Dette utgjorde til sammen 210 ettårige og 132 to- og treårige laksunger. Ørret forekom i lite antall, og det

ble ikke tatt vare på noen av disse i 2017. Fisk som ble tatt vare på, ble fiksert på 4 % formaldehyd uten nærmere undersøkelser i felt. Gjellene ble senere undersøkt med hensyn til forekomst av muslinglarver under stereolupe på laboratoriet. Gjellene på begge sider av fisken ble dissekert ut, og muslinglarvene ble talt opp på alle gjellebuene. Resultatene er presentert ved bruk av termene prevalens (prosentandel infiserte fisk av totalantallet fisk undersøkt), abundans (gjennomsnittlig antall muslinglarver på all fisk undersøkt, dvs. snitt av både infiserte og uinfiserte fisk) og infeksjonsintensitet (gjennomsnittlig antall muslinglarver på infisert fisk).

Skallengde ble målt på alle muslinglarver som satt på gjellene til laksunger med mindre enn 20 larver på de åtte gjellebuene til sammen. Til sammen ble det dissekert ut 334 muslinglarver for lengdemåling. Disse ble målt under stereolupe til nærmeste 0,01 mm. Gjellene til 11 laksunger som hadde mer enn 20 muslinglarver til sammen, ble tatt vare på (fiksert på 4 % formaldehyd) som referansemateriale til senere bruk.

Utbredelse og tetthet av elvemusling er gjennomført ved direkte observasjon (bruk av vannkikkert) og telling av synlige individ (Larsen & Hartvigsen 1999). Tolv stasjoner ble undersøkt for elvemusling i juni 2018 ved vading i elveløpet (stasjon 1–12, **figur 9**). Det var mulig å vade hele tverrsnittet av elva på alle stasjonene, og det ble gjennomført 3–5 tidsbegrensede tellinger av 15 minutters varighet på hver stasjon («fritelling»). Det ble skilt mellom tomme skall (døde dyr) og levende individ. I tillegg ble tettheten av elvemusling undersøkt på fem av de 12 stasjonene innenfor transekter/arealer som var mellom 160 og 246 m². Transektene ble delt opp i mindre «tellestriper» ved hjelp av kjettinger (jf. Larsen mfl. 2000). På stasjon 9 og 10 ble også områder under større steiner undersøkt for å avdekke muslinger som ikke var direkte observerbare.

Det ble samlet inn levende elvemusling for lengdemåling. På grunn av den lave tettheten av muslinger er det tidligere (med unntak av 2011) valgt å måle alle muslinger som ble observert innenfor transektene og ved «fritellingene». I 2011 ble alle muslinger målt bare i tilknytning til stasjonene 1–4 og 7–12. På stasjon 5 ble lengden målt på de 100 «første» (av totalt 160 muslinger) fra tre av de fire fritellingene. På stasjon 6 ble lengden målt på de 50 «første» (av totalt 83 muslinger) fra to av de fire fritellingene samt alle muslinger på transektet. I 2018 ble det på nytt valgt å måle lengden av alle muslinger som ble observert innenfor transektene (148 individer) og ved «fritellingene» (391 individer). I tillegg ble det også lengdemålt et tilfeldig utvalg av individer innenfor fritellingsområdene som ikke ble registrert under selve tellingene (148 individer). Til sammen ble det dermed samlet inn 705 elvemusling for lengdemåling i juni 2018. Disse ble målt med skyvelære til nærmeste 0,1 mm før de ble lagt tilbake i substratet.

Etter larvestadiet på fiskens gjeller lever elvemuslingen fullstendig nedgravd i substratet til de oppnår en lengde på minst 10–25 mm. Andelen nedgravde muslinger avtar med alderen, men selv når muslingene er 30–60 mm lange vil fortsatt bare 25–50 % av individene være synlige (Degerman mfl. 2009, Larsen 2017). Selv de voksne muslingene kan i perioder leve nedgravd i substratet. For å finne de minste muslingene er det derfor nødvendig å grave i substratet. Det ble undersøkt tre mindre arealer på henholdsvis 1,1, 1,2 og 1,4 m² på stasjon 5 (to arealer) og 6. Alle synlige individ ble plukket opp, steiner ble deretter flyttet unna, og det ble gravd forsiktig i den øverste delen av substratet for å avdekke eventuelle nedgravde muslinger.

I tillegg til levende muslinger ble også alle tomme muslingskall plukket opp og lengdemålt på vanlig måte til nærmeste 0,1 mm. Til sammen ble det samlet inn 15 skall fra stasjon 1–10 hvorav bare ti av dem var målbare.

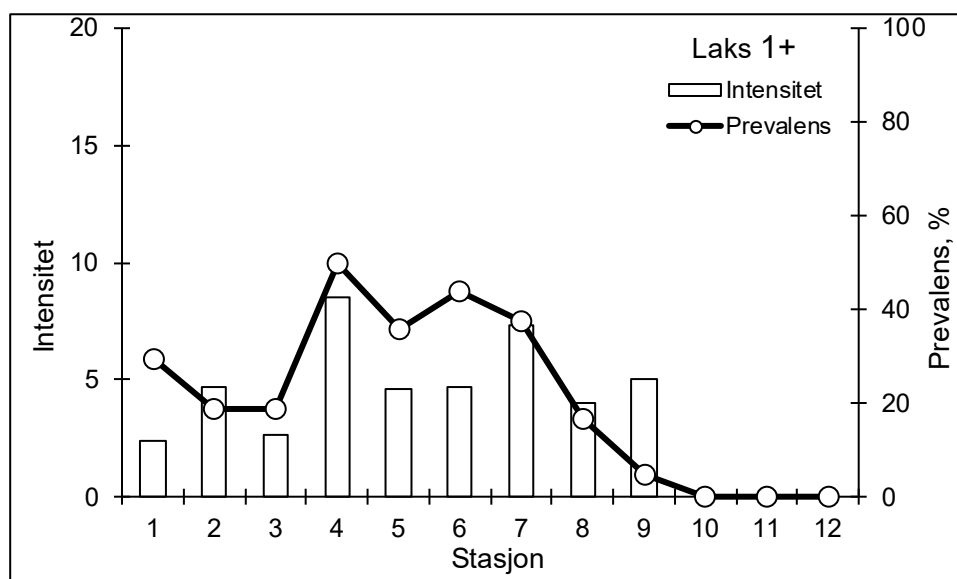
Hos unge individ er tilvekstringene i skallet tilstrekkelig definert slik at man kan skille dem fra hverandre (Ziuganov mfl. 1994). Alder kan derfor bestemmes ved direkte telling av antall vintersoner i skallet; definert som mørke ringer mellom to lyse sommersoner. Aldersbestemmelse ble foretatt på 57 muslinger fra Ognå i 1997–2008. Av disse ble 11 levende muslinger og ett skall undersøkt og målt under stereolupe. De øvrige ble bare undersøkt i felt og satt tilbake etter måltaking. Bare fem nye individ ble undersøkt i felt i 2018. Disse supplerer vekstkurven publisert av Larsen (2009), som igjen er benyttet for aldersbestemmelse av unge individ. For individ som ble aldersbestemt ble lengden av hver vintersone (= årringsdiameter) målt til nærmeste 0,1 mm.

Graviditetsfrekvensen ble ikke undersøkt i 2018. Undersøkelsene ble gjort så tidlig som i juni som erfaringsmessig er for tidlig for eventuell påvisning av muslinglarver i gjellene (graviditet).

4 Resultater

4.1 Muslinglarver på gjellene til laks

Det ble funnet muslinglarver på ettårige laksunger på ni av de 12 stasjonene som ble undersøkt i månedsskiftet april/mai 2017 (**figur 10**). Det manglet muslinglarver på de to stasjonene ovenfor Øvrabøvatnet, og den øverste stasjonen ved Ualand. Det var en reduksjon i prevalens i 2017 sammenlignet med 2011, men den var fortsatt noe høyere enn tidligere år (**tabell 3**). Prevalensen varierte mellom 5 og 50 % på stasjonene der laksunger med muslinglarver ble funnet (**figur 10**, **vedlegg 1**), og i gjennomsnitt hadde om lag hver femte ettårige laksunge (21 %) muslinglarver på gjellene.



Figur 10. Forekomst av muslinglarver på gjellene til ettårige (1+) laksunger i Ognå i månedsskiftet april/mai 2017 presentert som intensitet (gjennomsnittlig antall muslinglarver per infisert laks) og prevalens (prosentandel av undersøkte laksunger som er infisert). Se **vedlegg 1**.

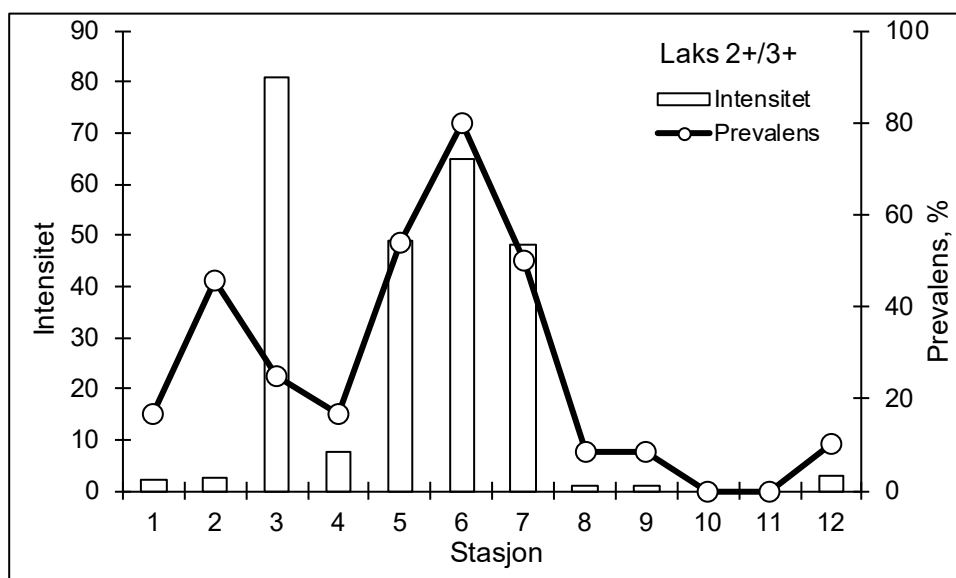
Tabell 3. Forekomst av muslinglarver på gjellene til ungfisk av laks i Ognå i 1999–2017 (stasjon 1–12). Infeksjonen av muslinglarver er presentert som prevalens (prosentandel av undersøkt fisk som er infisert), abundans (gjennomsnittlig antall muslinglarver på all fisk undersøkt) og intensitet (gjennomsnittlig antall muslinglarver per infisert fisk). N = antall fisk undersøkt; Maks = maksimum antall muslinglarver på enkeltfisk; SD = standardavvik.

Alder	År	Prevalens		Abundans		Intensitet	
		N	%	Gj.snitt ± SD	Gj.snitt ± SD	Maks	
1+	1999	232	9,5	0,9 ± 5,0	9,5 ± 13,6	65	
	2002	197	13,7	0,7 ± 3,6	5,1 ± 8,6	38	
	2005	199	17,1	0,6 ± 4,2	3,7 ± 9,7	58	
	2008	209	14,8	1,0 ± 5,4	6,6 ± 12,9	57	
	2011	216	46,3	3,6 ± 8,2	7,7 ± 10,7	74	
	2017	210	21,0	1,1 ± 3,6	5,5 ± 6,3	37	
≥2+	1999	52	7,7	0,3 ± 1,3	4,5 ± 2,4	7	
	2002	119	13,4	1,7 ± 10,0	12,7 ± 25,1	90	
	2005	120	35,8	3,1 ± 8,9	8,6 ± 13,2	57	
	2008	129	13,2	0,9 ± 4,2	7,2 ± 9,5	35	
	2011	139	45,3	18,1 ± 42,9	39,9 ± 56,7	244	
	2017	132	25,0	9,7 ± 41,8	38,8 ± 77,4	341	

Infeksjonsintensiteten på de ettårige laksungene var relativt lav, men ikke vesentlig forskjellig fra tidligere år (**tabell 3**). Intensiteten varierte mellom 2 og 9 individ i gjennomsnitt på stasjonene der laksunger med muslinglarver ble funnet (**figur 10**). Gjennomsnittet for alle stasjonene var 6 muslinglarver pr. infisert laksunge (**tabell 3**). Høyeste antall på en enkelt fisk var 37 muslinglarver.

Det ble funnet muslinglarver på to- og treårige laksunger på ti av de 12 stasjonene som ble undersøkt i månedsskiftet april/mai 2017 (**figur 11**). Det var bare en av de to stasjonene ovenfor Øvrabøvatnet (stasjon 11) og en av stasjonene ved Ualand (stasjon 10) som manglet muslinglarver på gjellene til de to- og treårige laksungene. Gjennomsnittlig prevalens var 25 % (**tabell 3**). Dette var en reduksjon i prevalens sammenlignet med 2011, men innenfor det som har vært tidligere år.

Gjennomsnittlig infeksjonsintensitet for de to- og treårige laksungene var den samme i 2011 og 2017, og betydelig høyere sammenlignet med de foregående årene (**tabell 3**). Abundansen derimot var noe lavere i 2017 enn i 2011 på grunn av lavere prevalens. Det ble talt opp 39 muslinglarver pr. infisert laksunge i gjennomsnitt i 2017 (**tabell 3**). Det var høyest intensitet på stasjon 3 og 6 med henholdsvis 81 og 65 muslinglarver (**figur 11**). Høyeste antall på en enkelt fisk var 341 muslinglarver.



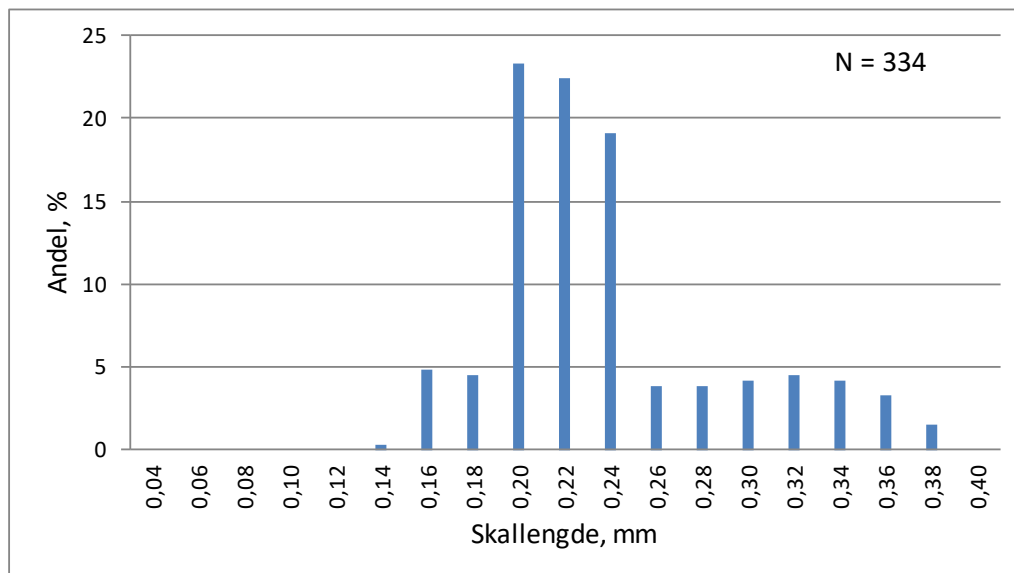
Figur 11. Forekomst av muslinglarver på gjellene til to- og treårige (2+/3+) laksunger i Ognå i månedsskiftet april/mai 2017 presentert som intensitet (gjennomsnittlig antall muslinglarver per infisert laks) og prevalens (prosentandel av undersøkte laksunger som er infisert). Se **vedlegg 1**.

Det er ikke påvist muslinglarver på ørret i noen del av vassdraget i 1999–2008 (N = 150) (se Larsen mfl. 2012). Det ble derfor ikke undersøkt ørretunger i 2011 og 2017. Tidligere resultat tyder imidlertid på at ørret ikke fungerer som vert for muslinglarvene i den anadrome delen av Ognå, og at bestanden av elvemusling kan karakteriseres som «laksemusling».

Muslinglarvene starter å vokse like etter at de fester seg til gjellene på laksungene (normalt i løpet av august), men veksten avtar når vanntemperaturen avtar og stopper helt opp om vinteren. Den største tilveksten skjer om våren/sommeren i tiden like før larven slipper seg av fra fisken. Størrelsen av muslinglarvene på fiskeungene vil variere mellom år og mellom vassdrag avhengig av når de fester seg til fisken om høsten. Muslinglarver som slippes ut i vannet tidlig på høsten vil derfor kunne være større enn muslinglarver som slippes ut på et senere tidspunkt.

Størrelsen av muslinglarvene på laksunger i Ognå ble undersøkt i månedsskiftet april/mai 2017. Det var stor variasjon i størrelsen på muslinglarvene (0,14–0,39 mm, **figur 12**), og lengdefordelingen hadde en antydning til to atskilte toppe. Det var flest muslinglarver som hadde en skallengde mellom 0,20 og 0,24 mm. Gjennomsnittlig lengde av muslinglarvene var 0,24 mm (SD = 0,06; N = 334).

Små og store larver kunne sitte om hverandre på gjellene, men det var en tendens til at andelen store muslinglarver økte oppover i vassdraget, og på stasjon 12 ble det bare funnet store larver på laksungene. I månedsskiftet april/mai var imidlertid enkelte muslinglarver allerede så store at de kan ha begynt å slippe seg av fra fisken. Dette kan være noe av forklaringen på lavere prevalens og infeksjonsintensitet i øvre del (stasjon 8–10) sammenlignet med midtre og nedre del av vassdraget (se **figur 10** og **11**).



Figur 12. Lengdefordeling av muslinglarver funnet på laksunger i Ognå i månedsskiftet april/mai 2017.

4.2 Elvemusling

4.2.1 Utbredelse

Det ble funnet levende elvemusling på 11 av de 12 undersøkte stasjonene i 2018 (stasjon 1–11, **figur 13** og **14**). Dette var det samme som i 2011, men i tillegg ble det i 2017 påvist muslinglarver på gjellene til en treårig laksunge på stasjon 12 nedenfor utløpet av Krågevatn. Det er det bare gjort to ganger tidligere (1997 og 1998) (Larsen & Brørs 1998, Larsen 1999). Det kan derfor fortsatt stå noen få individer ved utløpet av Krågevatn som ikke er påvist. Det er tidligere undersøkt ytterligere seks stasjoner i øvre del av vassdraget (ovenfor Krågevatn/Ognavatn) uten å påvise muslinger (Larsen & Brørs 1998).

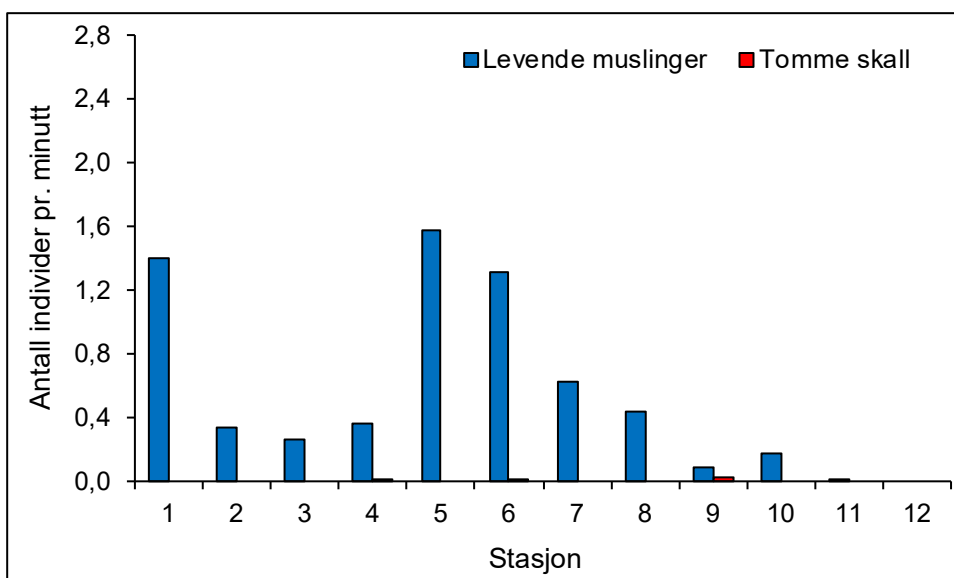
Elvemusling finnes mer eller mindre sammenhengende på hele strekningen fra utløpet av Krågevatnet ved Gravdal til Hylland bru nedstrøms Hetland kraftstasjon. Dette utgjør en strekning på om lag 7,0 km når vi utelater Øvrabøvatnet. Dette er en reduksjon i forhold til den opprinnelige utbredelsen som elvemusling hadde i Ognå (Larsen & Brørs 1998), men det har vært en økning i utbredelsen nedenfor Hetland (ca. 1,2 km) etter kalking, og muslingene har i dag en mer sammenhengende utbredelse på strekningen mellom Hetland og Ualand enn det som var situasjonen før kalking.

4.2.2 Tetthet

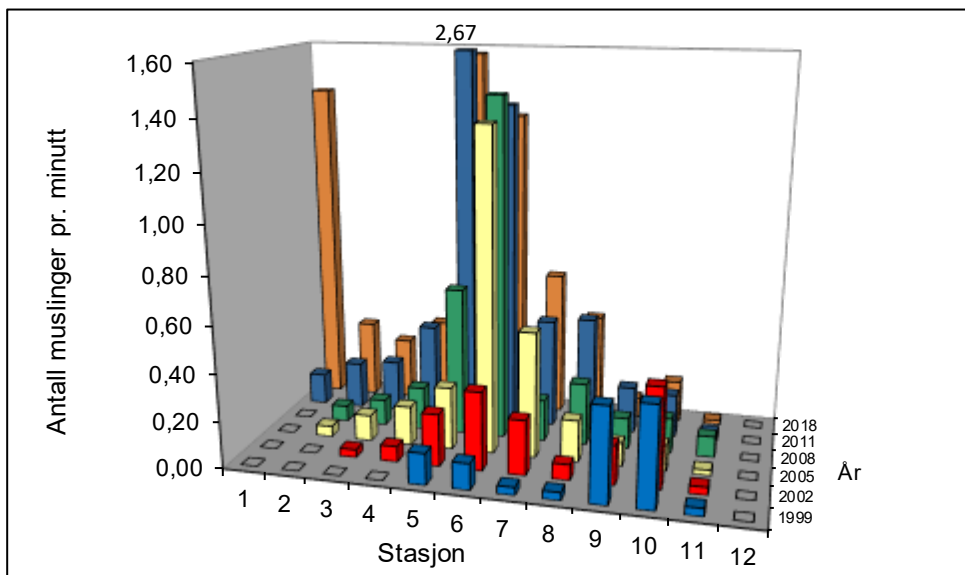
Tidsbegrensede tellinger («fritellinger») ble gjennomført på 12 stasjoner i Ognå i 2018. På stasjoner med elvemusling varierte antallet mellom 0,02 og 1,57 individ pr. minutt observasjonstid (**figur 13**, **vedlegg 2**). Det var størst tetthet på stasjon 5. Antall synlige muslinger økte betydelig på stasjon 5 allerede i 2011, og selv om antallet gikk noe ned, var tettheten fortsatt høy i 2018. På grunn av den

gode rekrutteringen på 1990-tallet er det nå vesentlig høyere tetthet av muslinger ved Rabali (stasjon 5–6) enn ved Ualand (stasjon 9–10) der tettheten av muslinger var størst tidligere (**figur 14**). Selv om antallet av de gamle, «opprinnelige» muslingene har avtatt ved Ualand, holder de fortsatt stand. Størst endring i tetthet var det likevel ved Hylland bru (stasjon 1) i 2018. Tettheten økte fra 0,13 individ pr. minutt søketid i 2011 til 1,40 individ i 2018. Det vil si at det i 2011 tok sju og et halvt minutt mellom hver gang det ble observert en musling, mens det i 2018 ble observert ett nytt individ med mindre enn 45 sekunders mellomrom.

Tomme skall ble bare funnet i lite antall på tre av stasjonene i juni 2018 (**figur 13, vedlegg 2**), tilsvarende en tetthet på 0,01 individ pr. min. søketid.



Figur 13. Relativ tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Ognå basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall muslinger pr. minutt) i juni 2018. Jf. **vedlegg 2**.



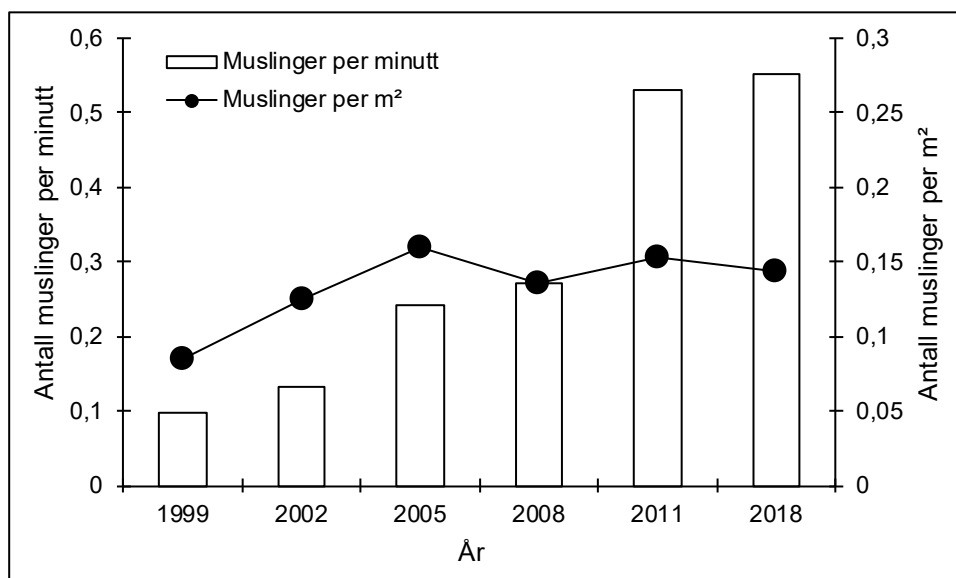
Figur 14. Relativ tetthet av levende elvemusling i Ognå basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall muslinger pr. minutt) i 1999–2018.

I 2018 fantes det muslinger yngre enn 28 år («kalkgenerasjonen») i hele vassdraget mellom Krågevatn og Hylland. På seks av stasjonene (stasjon 1, 2, 3, 6, 7 og 11) var det bare «unge» muslinger (vokst opp i vassdraget etter 1991; se **figur 21F**). I 1999 ble det ikke påvist unge individer på fritellingene i det hele tatt. Antall unge individ har senere økt betydelig spesielt i området mellom Rabalia og Ualand (stasjon 5–8), men fra 2018 også ved Hylland (stasjon 1). I 2002 utgjorde tettheten av de unge individene 47 % av den gjennomsnittlige tettheten av muslinger på fritellingene. Dette har senere økt til 84–93 % i 2005–2011 og til 97 % i 2018.

I første halvdel av 1990-tallet økte antall unge muslinger betydelig. Men det tok noen år før de ble store nok til å bli oppdaget med vannkikkert på elvebunnen, ettersom de lever helt eller delvis nedgravd i substratet de første leveårene. Etter hvert som muslingene vokste seg større ble en stadig større andel synlige på elvebunnen. Antall individ pr. minutt søketid økte til mer enn det dobbelte i 2005 og 2008 sammenlignet med 1999, og det var en ytterligere økning i tetthet i 2011 som holdt seg stabil eller økte svakt fram til 2018 (**tabell 4**, **figur 15**). Det var stor variasjon i tetthet mellom de ulike stasjonene, og i 2011 kom økningen i tetthet hovedsakelig av en markert økning i antall muslinger på stasjon 5. I 2018 var tettheten på stasjon 5 lavere, men tettheten på stasjon 1 økte derimot betydelig. Dette ga en økning i gjennomsnittlig tetthet på fritellingene fra 0,27 individ pr. minutt i 2008 til 0,53 individ i 2011 og 0,55 individ i 2018 (**tabell 4**, **figur 15**).

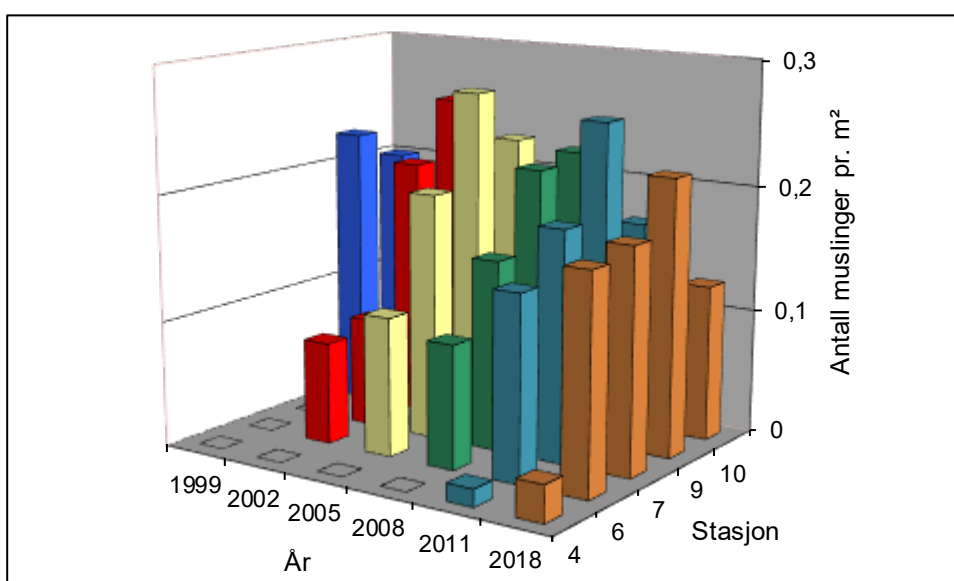
Tabell 4. Gjennomsnittlig antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på 12 stasjoner i Ogna i 1999–2018 basert på tidsbegrensede tellinger (fritelling). Relativ tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. minutt (levende dyr: N/min og tomme skall: NS/min).

År	Tid, min	N	NS	N/min	NS/min
1999	390	43	18	0,10 ± 0,15	0,05 ± 0,08
2002	390	57	10	0,13 ± 0,14	0,03 ± 0,07
2005	540	135	7	0,24 ± 0,38	0,01 ± 0,03
2008	570	161	9	0,27 ± 0,41	0,01 ± 0,03
2011	630	359	4	0,53 ± 0,77	0,01 ± 0,01
2018	630	391	3	0,55 ± 0,56	0,01 ± 0,01



Figur 15. Utviklingen i tetthet av elvemusling i Ogna i perioden 1999–2018. Dataene er basert på telling av muslinger i fem transekter (angitt som antall muslinger per m²) og tidsbegrensede tellinger («fritelling») som angir relativ tetthet på 12 stasjoner angitt som antall muslinger per minutt.

I 1999 var det levende musling bare på to av de fem transektene i Oгна, men allerede i 2002 ble det funnet muslinger på fire av transektene (**figur 16, vedlegg 2**). Likevel var det først i 2011 at det ble funnet levende elvemusling på alle de fem transektene. Dette ble opprettholdt i 2018. Høyest tetthet ble funnet på stasjon 9 med 0,22 individ pr. m². Antall muslinger på stasjon 9 og 10 består hovedsakelig av eldre individ, og de står ofte godt gjemt under steiner og i hulrom i det grove substratet. Flytting av steiner og søk under steiner og i hulrom avdekket muslinger som ikke var synlige også i 2018, og det kan være noe tilfeldig hvor mange muslinger som gjenfinnes fra år til år. Tettheten kan derfor variere mellom år uten at dette er en reell endring, men mer et uttrykk for metodiske problemer med å finne alle muslingene. Erfaring har derfor vist at det er vanskelig å få gjennomført gode tellinger på stasjon 9 og 10, men at forholdene er mer oversiktlige og kontrollerbare på de tre andre transektene. På stasjon 6 var det ingen muslinger i 1999, og fra 2002 har tettheten økt fra 0,08 individ pr. m² til 0,17 individ pr. m² i 2018. På stasjon 7 var det en økning i tetthet fra 2002 til 2005, men mindre endringer etter det. Tettheten var henholdsvis 0,17 og 0,18 individ pr. m² på stasjon 6 og 7 i 2018. Det har vært en økning i gjennomsnittlig tetthet fra 0,09 individ pr. m² i 1999 til 0,14–0,16 individ pr. m² i 2005–2018 for de fem transektene (**figur 15**).



Figur 16. Tetthet av levende elvemusling i Ognа basert på tellinger i transekter (oppgitt som antall muslinger pr. m²) i 1999–2018.

4.2.3 Populasjonsstørrelse

Totalt elveareal i Ognа fra utløp Krågevatnet til utløpet i sjøen er beregnet til ca. 170 000 m² basert på en elvestrekning på 8,5 km og en gjennomsnittlig bredde på 20 m. Elvemusling finnes i dag på 5,8 km av denne elvestrekningen (116 000 m²). Med utgangspunkt i en gjennomsnittlig beregnet tetthet på 0,55 individ pr. minutt (tilsvarer ~0,1–0,2 muslinger pr. m²) på «fritellingene» og 0,14 muslinger pr. m² på transektet gir det et estimat på mellom 11600 og 23200 elvemusling. Dette er sannsynligvis en overestimering. Tettheten av muslinger er bare stedvis høy (f. eks. stasjon 1 og 5–6), og deler av elvestrekningen er helt uten muslinger. Et realistisk estimat vil nok ligge noe nærmere ti tusen individ.

4.2.4 Gravestudier

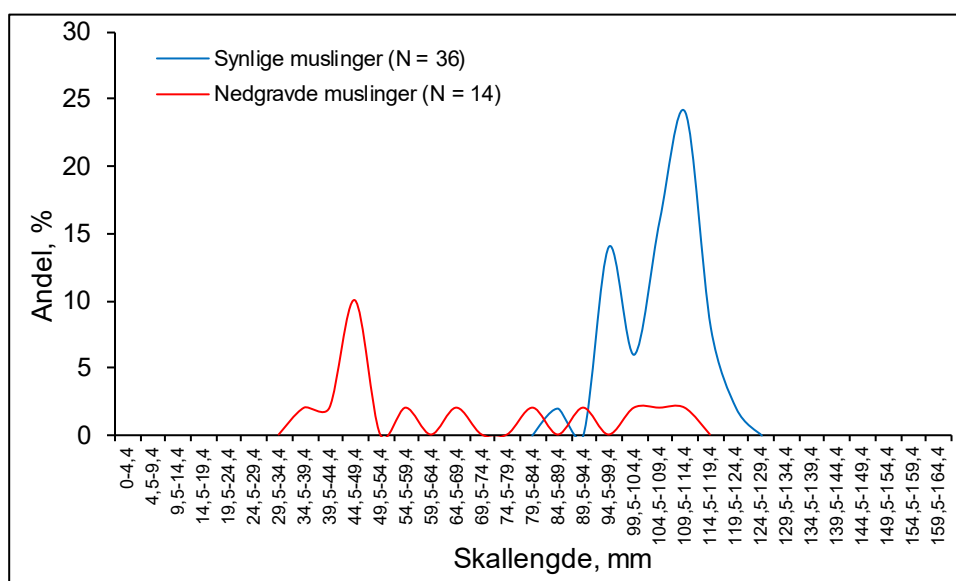
Generelt gjelder det at alle estimat som baserer seg på telling av synlige individ blir for lave. Enkelte elvemusling vil til enhver tid være helt eller nær fullstendig nedgravd i substratet (Degerman mfl. 2009, Larsen 2017). En undersøkelse av elvemusling i flere norske vassdrag viste at i gjennomsnitt ble om lag en firedel av muslingene funnet nedgravd eller gjemt under steiner

(Larsen 2017). Andelen av nedgravde individ var større jo større andelen av små muslinger var i vassdragene (jf. Young mfl. 2001).

Det ble gravd på tre flater på to stasjoner i Ogna i juni 2018 i arealer som ble vurdert som gode oppvekstområder for unge muslinger. På to av områdene var tettheten av synlige muslinger relativt god, mens på det tredje var det ingen synlige muslinger i det hele tatt. Graving i substratet avdekket nedgravde muslinger på to av flatene (**tabell 5**). Det var stor variasjon i andelen nedgravde muslinger og i forekomsten av muslinger <50 mm. I gjennomsnitt ble 72 % av muslingene oppdaget ved direkte observasjon. Alle muslinger som var <50 mm ble i tillegg funnet nedgravd i substratet (**figur 17**). Skallengden til muslingene som ble funnet i graveflatene varierte fra 38 til 124 mm med en gjennomsnittslengde på 96 mm (SD = 24; N = 50). Ingen muslinger mindre enn 85 mm ble funnet synlige i substratet.

Tabell 5. Antall synlige elvemusling og andel nedgravde individ funnet på tre flater på to stasjoner i Ogna i juni 2018. Se **figur 9** for beliggenhet av stasjonene.

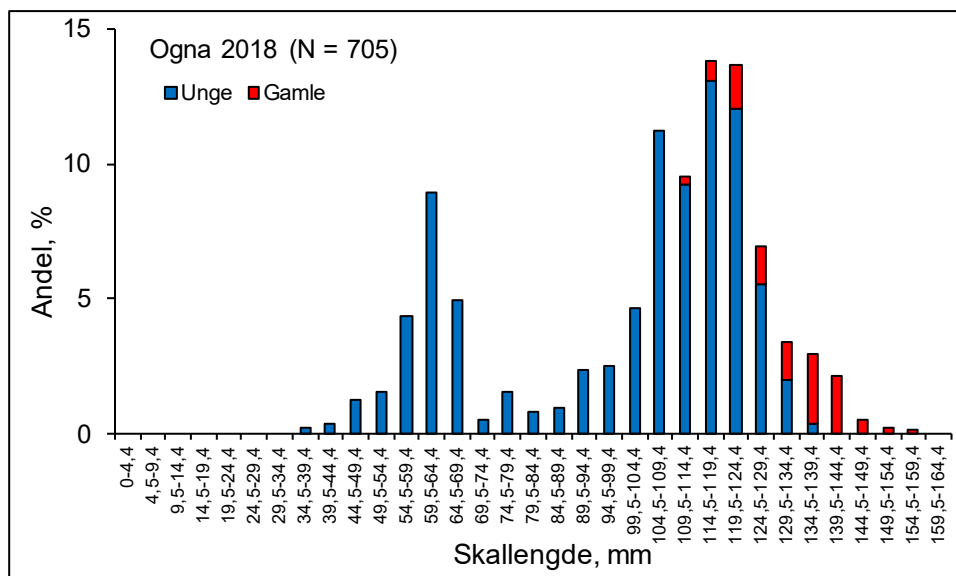
Stasjon	Areal, m ²	Antall synlige muslinger	Antall nedgravde muslinger	Antall muslinger <50 mm	Andel nedgravde muslinger, %
5.1	1,2	13	11	7	45,8
5.2	1,1	23	3	0	11,5
6	1,4	0	0	0	0
5-7	3,7	36	14	7	28,0



Figur 17. Andelen levende elvemusling som ble funnet nedgravd sammenlignet med andelen som var synlig på elvebunnen på to graveflater på stasjon 5 i Ogna i juni 2018.

4.2.5 Lengdefordeling

Skallengden til levende elvemusling som ble observert i transektene og i områdene med fritelling varierte fra 36 til 159 mm i juni 2018 (**figur 18**). Det var 14 muslinger (2 %) som var mindre enn 50 mm lange. De fleste muslingene var mellom 105 og 125 mm lange, men det var også en høy andel muslinger i lengdegruppen 55–70 mm (**figur 18**). Gjennomsnittslengden var 103 mm (SD = 26; N = 705). De unge muslingene har hatt en meget god tilvekst, og disse muslingene overlapper nå i lengde med de gamle, «opprinnelige» muslingene i Ogna (**figur 18**).



Figur 18. Lengdefordeling av levende elvemusling fra Ognå i juni 2018 fordelt på unge og gamle muslinger. Unge muslinger («kalkgenerasjonen») er yngre enn 28 år mens de gamle, «opprinnelige» muslingene sannsynligvis er minst 40–50 år gamle og noen også betydelig eldre enn det.

Det ble bare funnet 15 tomme skall i Ognå i juni 2018 (2,1 % av alle individer som ble registrert under fritellingene og ved tellinger i transektene). Ni av skallene ble funnet på stasjon 9 og 10. Ti av de tomme skallene var gamle, eroderte skall eller skallrester som ble avdekket i forbindelse med graving under steiner – muslinger som hadde dødd for mange år siden. Bare ett ferskt skall ble funnet. Dette var knust og åpnet av mennesker, sannsynligvis i forbindelse med bading i elva. De tomme skallene som kunne lengdemåles i 2018 varierte i lengde fra 61 til 148 mm med et gjennomsnitt på 111 mm (SD = 24; N = 10). Bare fire av skallene tilhørte «kalkgenerasjonen»; årsklassene som har vokst opp i vassdraget etter 1991.

4.2.6 Vekst

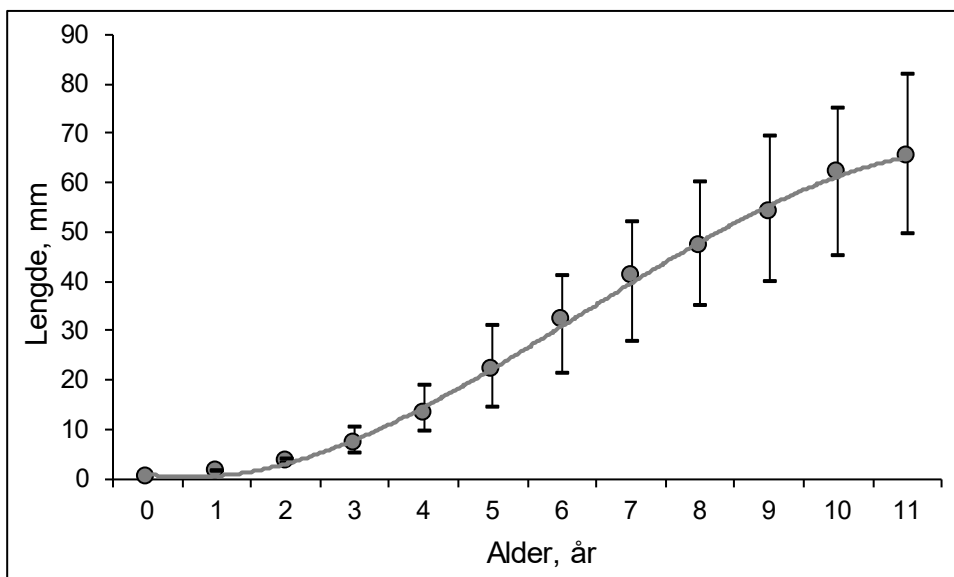
Det er ikke foretatt noen aldersbestemmelse av eldre elvemusling fra Ognå. En vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos elvemusling opp til tiårsalder er imidlertid utarbeidet med bakgrunn i 57 muslinger som ble samlet inn i 1997-2008 (Larsen 2009) og supplert med fem nye individer fra 2018 (**figur 19**). Den umbonale delen av skallet der de første vintersonene avsettes, blir tidlig erodert hos elvemusling. På eldre muslinger vil vi derfor ikke lenger se disse vintersonene, og det kan være vanskelig å vite nøyaktig hvor mange vintersoner som skal legges til det antall som blir observert.

Muslingene som har vokst opp i Ognå etter at kalkingen startet har hatt svært god vekst, og årlig tilvekst hos enkelte muslinger i enkelte år har vært 10–12 mm på det meste. Gjennomsnittlig tilvekst fra muslingene var fem år til de ble ti år var 6–10 mm (**figur 20**). Gjennomsnittlig lengde for fem år gamle muslinger var 22 mm (**figur 19**). Det var store individuelle vekstforskjeller som ga stor grad av overlap i skallengde når muslingene ble eldre enn 4–5 år. Når muslingene var 10 år var de mellom 45 og 75 mm, og gjennomsnittlig lengde var 62 mm (**figur 19**).

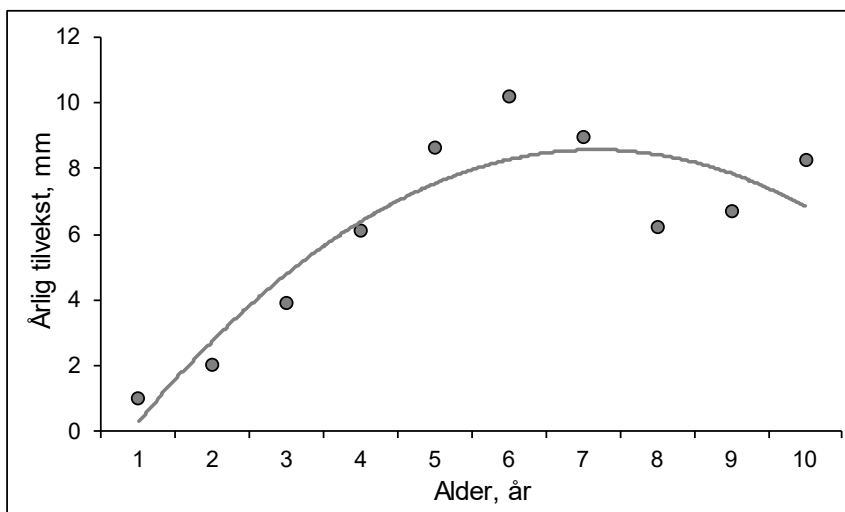
4.2.7 Alderssammensetning og rekruttering

I lengdefordelingen for 2018 var den minste muslingen 36 mm lang, og sannsynligvis seks år gammel. Et stort antall muslinger var 55–70 mm lange i 2018. Disse kan tilhøre flere årsklasser, men hovedvekten av individer var 60–65 mm lange, og sannsynligvis 10(11) år gamle. Ti år gamle muslinger tilhører 2008-årsklassen, som framstår som et år (av flere?) der

oppvekstforholdene har vært svært gode. Derimot var det lavere antall enn forventet i lengdegruppene mellom 70 og 90(100) mm. Dette tilsvarer om lag 12–17(20) år gamle muslinger tilhørende årsklassene (1998)2001–2006.



Figur 19. Vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos aldersbestemte elvemusling i Ognå fram til 11-års alder. Figuren viser også minste og største lengde av vintersoner hos musling som er aldersbestemt til gitt alder. Oppdatert fra Larsen (2009).



Figur 20. Årlig tilvekst hos elvemusling i Ognå fram til tiårsalder. Oppdatert fra Larsen (2009).

Tidspunktet for graviditet og gyting ble ikke undersøkt i 2018. Tidligere er det imidlertid observert muslinglarver på gjellene til laks allerede i første halvdel av august i enkelte år, mens muslingene fortsatt hadde larver i gjellene (= «gravide» muslinger) på samme tidspunkt i andre år. I 2008 ble det funnet gravide muslinger i Ognå så sent som i slutten av august (**tabell 6**). Dette tilsier at frigivelsen av muslinglarvene kan variere med mer enn en måned mellom ulike år i Ognå.

På stasjon 7–10 ble muslinger større enn 60 mm undersøkt med hensyn til graviditet i august 2005 (Larsen mfl. 2006; **tabell 6**). Det ble undersøkt 85 eldre individ (114–146 mm) og 53 unge individ større enn 60 mm (62–91 mm). Det var en større andel av de unge individene som var gravide (53 %) i forhold til de eldre muslingene (35 %). I slutten av august 2008 var det bare én

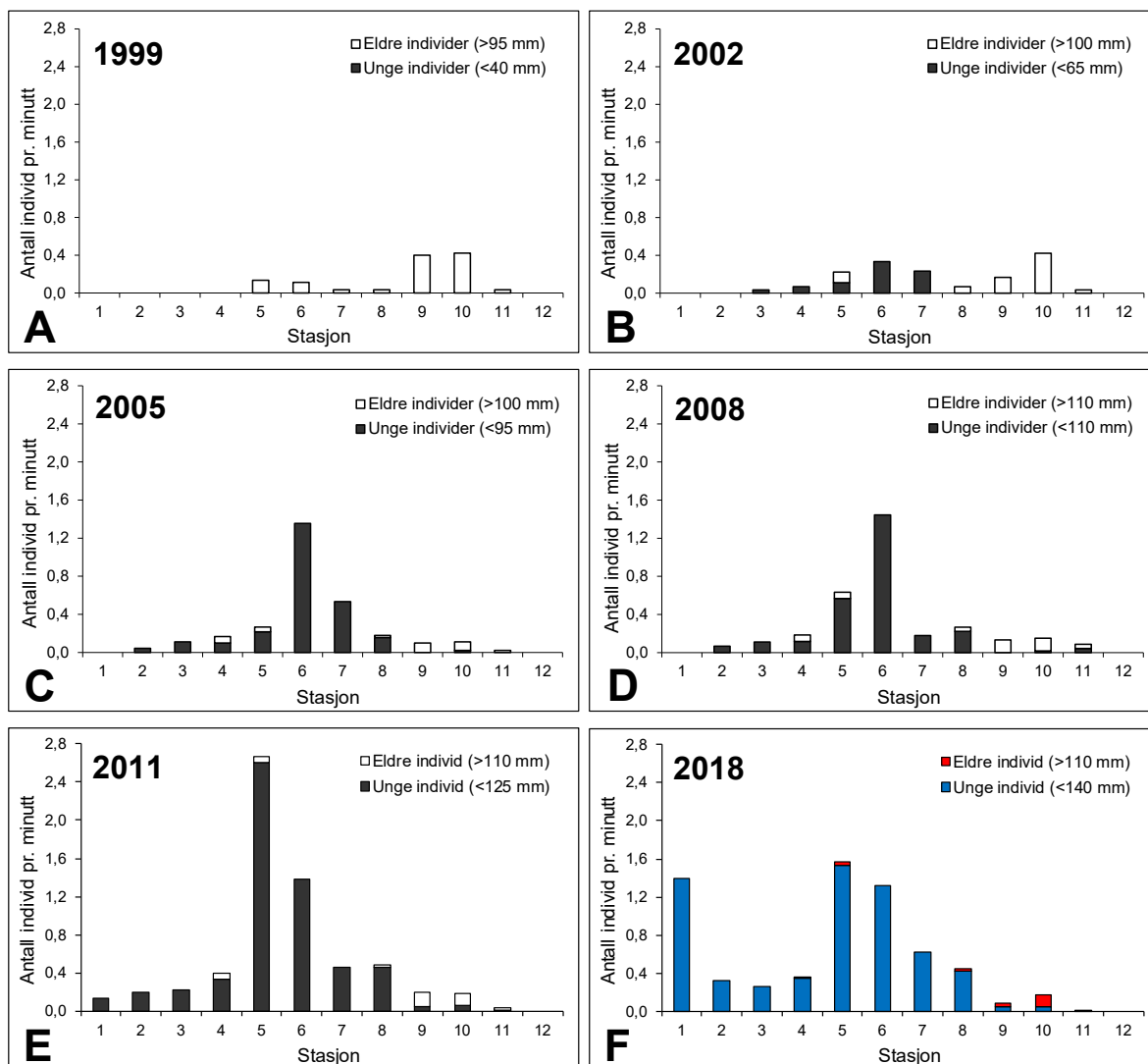
eldre musling som var gravid, men 44 % av de unge muslingene hadde fortsatt larver i gjellene (tabell 6).

Tabell 6. Observasjoner av gravide muslinger i Oga i 1997–1999 og 2005–2011. Det er skilt mellom to aldersgrupper: Unge og eldre. Unge muslinger har vokst opp i Oga etter at kalkingen startet i 1991. Eldre muslinger representerer de «opprinnelige» muslingene som overlevde perioden med forsurening. Gjennomsnittslengde (L) av de undersøkte muslingene er oppgitt med standardavvik (SD); N = antall elvemusling som ble undersøkt. Stasjonenes beliggenhet er vist på figur 9. Fra Larsen mfl. (2012).

År	Dato	Stasjon	L (± SD), mm	"Alder"	N	Graviditet %
1997	11.8.	10	-	Eldre	2	50,0
1998	14.8.	10	125,0 ± 5,0	Eldre	11	0
1999	4.8.	10	122,3 ± 7,4	Eldre	19	15,8
2005	16.8.	8-10	127,6 ± 27,6	Eldre	85	35,3
		7-10	76,2 ± 6,9	Unge	53	52,8
2006	26.7.	5	124,6 ± 5,7	Eldre	4	0
		5	81,1 ± 5,9	Unge	15	0
2008	30.-31.8.	6, 9, 10	130,2 ± 9,7	Eldre	32	3,1
		6	94,2 ± 7,6	Unge	48	43,8
2010	21.8.	5	95,5 ± 10,9	Unge	10	70,0
2011	26.-28.8.	6, 10	135,8 ± 7,8	Eldre	17	0
		6	107,0 ± 7,6	Unge	30	33,3

5 Oppsummering og diskusjon

Det ble funnet levende elvemusling på 11 av de 12 undersøkte stasjonene i 2018 (**figur 21F**). Dette var det samme som i 2011, men en økning i utbredelse sammenlignet med tidligere år. I tillegg ble det påvist en laksunge med muslinglarver på gjellene også på den siste stasjonen. Det er dermed påvist elvemusling i Ogna fra utløpet av Krågevatnet til Hylland bru nedstrøms Hetland kraftstasjon. Dette utgjør en strekning på om lag 7,0 km når vi utelater Øvrabøvatnet. Historiske opplysninger tyder imidlertid på at elvemusling var utbredt i hele den lakseførende strekningen i vassdraget tidligere – en strekning på mer enn 30 km. Elvemuslingen forsvant fra store deler av elva i løpet av 1940-, 1950- og 1960-tallet. Årsakene er sammensatte, men forsuring, intensiv landbruksdrift, graving og kanalisering og perlefiske er deler av dette bildet.



Figur 21A-F. Antall elvemusling i Ogna i 1999–2018 basert på tidsbegrensede tellinger på stasjon 1–12. Relativ tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. minutt søketid. Svarte/blå søyler viser tettheten av unge muslinger. Figurene for 2011 og 2018 viser at elvemusling nå er reetablert på 11 av de 12 stasjonene etter kalking.

På stasjoner med elvemusling varierte antallet mellom 0,02 og 1,57 individ pr. minutt observasjonstid på fritellingene i 2018 (**figur 21F**). Det var en reduksjon i antall muslinger på stasjon 5 fra 2011 (**figur 21E**) til 2018 (**figur 21F**), men en kraftig økning i antall muslinger på stasjon 1 bidro til at den gjennomsnittlige tettheten på fritellingene likevel ble opprettholdt. Det har vært en økning fra 0,10

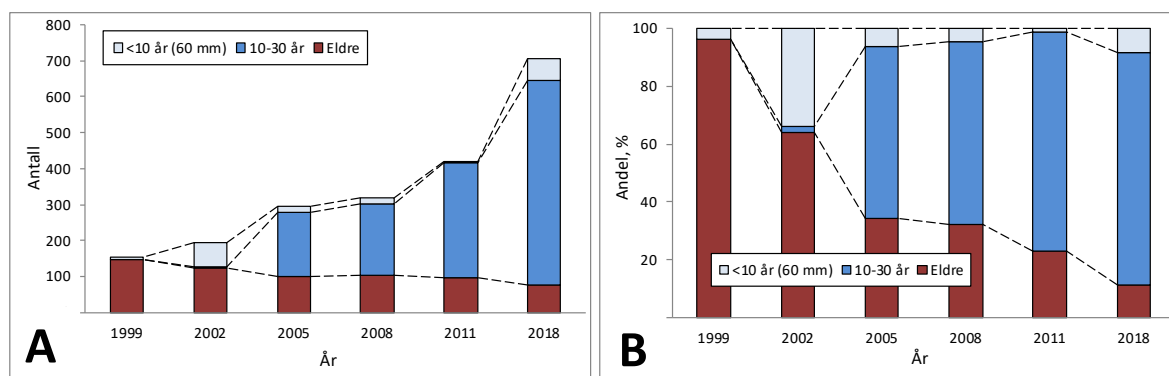
individ pr. minutt i 1999 til 0,55 individ pr. minutt i 2018. Som i 2011 ble det også funnet levende elvemusling på alle de fem transektene som undersøkes i Ogna. Det har vært en økning i gjennomsnittlig tetthet fra 0,09 individ pr. m² i 1999 til 0,14–0,16 individ pr. m² i 2005–2018 for de fem transektene.

Larsen & Brørs (1998) antydte at bestanden av elvemusling neppe besto av mer enn 500 muslinger i 1997. Et estimat på mellom 11600 og 23200 elvemusling i 2018 er sannsynligvis en overestimering da tettheten av muslinger er høy bare på små arealer (stasjon 1 og 5–6), og deler av elvestrekningen er helt uten muslinger. Et mer realistisk estimat vil nok ligge noe nærmere ti tusen individ. Det illustrerer likevel at det har vært en betydelig økning i antall muslinger siden slutten av 1990-tallet da de første tellingene ble gjort.

Bestander som har opprettholdt populasjonsstrukturen i lang tid har minst 20 % muslinger som er yngre enn 20 år, men i tillegg må noen av disse være yngre enn 10 år (Young mfl. 2001). Det er funnet muslinger yngre enn 10 år (oppgitt som muslinger mindre enn 60 mm lange, jf. **figur 19**) alle ganger Ogna er undersøkt i perioden 1999–2018 (**figur 22**). Antallet muslinger yngre enn 10 år har imidlertid variert en del i denne perioden (5–66 individ (**figur 22A**) som tilsvarer 1–34 % av antall individ i lengdefordelingen (**figur 22B**)). Høyest andel ble funnet i 2002, mens det var en økning fra 1,2 % i 2011 til 8,4 % i 2018.

Antall muslinger mellom 10 og 30 år har som følge av denne rekrutteringen økt i antall etter kalking. Fra ingen individer i 1999 til 176 individ (60 %) i 2005 og 319 individ (76 %) i 2011 (**figur 22**) basert på lengdefordelingen av levende elvemusling. Høyest andel var det i 2018 (81 %).

Antall eldre individ er nesten halvert i løpet av de siste tjue årene. Dette var i utgangspunktet muslinger med høy alder, og det er derfor forventet at mange av dem nå vil dø på grunn av alderdom. Fra 148 individ i 1999, er dette nå redusert til 78 individ i 2018 (**figur 22A**).



Figur 22. Elvemusling som inngår i lengdefordelingen på stasjon 1–12 fordelt på individ yngre enn 10 år, 10–30 år og eldre muslinger i 1999–2018. **A.** Antall individ i de ulike aldersgruppene. **B.** Andel muslinger i de ulike aldersgruppene. «Kalkingsgenerasjonen» vil alle være yngre enn 30 år.

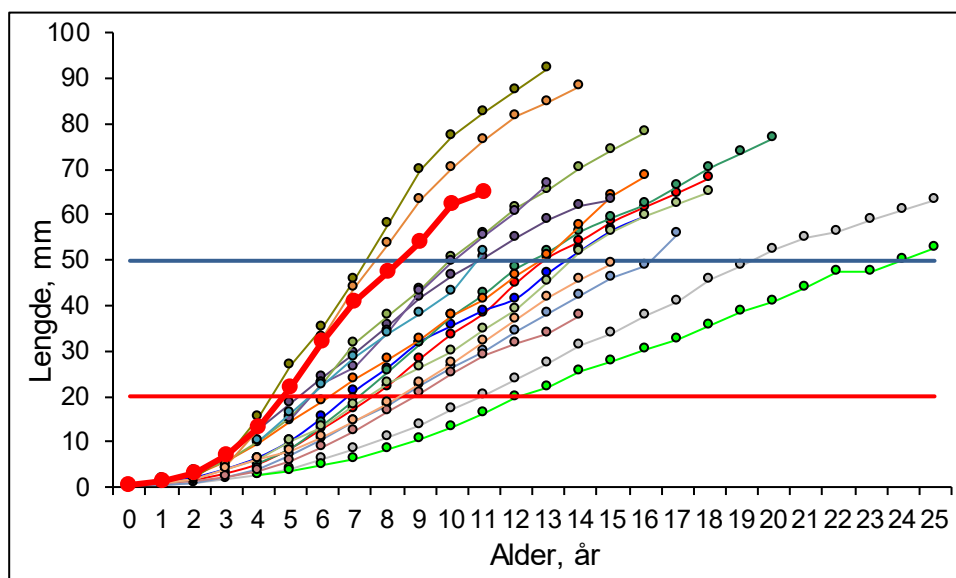
Hos unge individer er tilvekstsonene i skallet tilstrekkelig definert slik at man med stor pålitelighet kan skille dem fra hverandre (Ziuganov mfl. 1994). Årstilveksten ses tydelig på skallenes overflate i lysmikroskop eller stereolupe og stemmer overens med den årstilveksten man ser i tverrsnitt av skallet (Dunca & Mutvei 2009). Alder hos unge muslinger (yngre enn 15–20 år) kan dermed bestemmes ved direkte telling av antall vintersoner i skallet.

I Skottland er muslinger yngre enn 10 og 20 år antatt å være mindre enn henholdsvis 35 og 65 mm (Young mfl. 2003). I Sverige ble muslinger som var 20 mm lange angitt å være 10 (± 1) år gamle ved normal tilvekst og muslinger som var 50 mm lange ble angitt å være 18 (± 2) år gamle (Dunca & Mutvei 2009). Dette har igjen blitt benyttet for å beskrive rekrutteringen i bestanden (andel muslinger som var mindre enn 20 og 50 mm lange). Veksten hos elvemusling varierte imidlertid betydelig mellom ulike lokaliteter, og i Sverige ble det funnet at muslinger med høy tilvekst bare var 7 (± 1) år når de var 20 mm lange mens de i bestander med dårlig tilvekst var 15

(± 3) år (Dunca & Mutvei 2009). For 50 mm lange muslinger var alderen 12 (± 2) år ved høy tilvekst og 25 (± 2) år ved dårlig tilvekst.

Vekstdata fra lokalitetene i det norske overvåkingsprogrammet har vist at det samme er tilfelle i Norge (**figur 23**; Larsen 2017). Det var store vekstforskjeller mellom ulike lokaliteter, og muslinger som var 20 mm kunne være alt fra fem til tolv år gamle, mens 50 mm lange muslinger kunne være fra åtte til 24 år gamle.

Muslingene i Oгна tilhører bestandene med høy tilvekst. Muslinger som var 20 og 50 mm lange var henholdsvis fem og 8–9 år (**figur 23**). Det betyr at det inngår færre årsklasser innenfor lengdegruppene 20 og 50 mm enn det det vil gjøre i lokaliteter med normal eller lav tilvekst. I Oгна er muslinger fra «kalkgenerasjonen» som er yngre enn 10 og 20 år antatt å være mindre enn henholdsvis 60 og 100 mm.



Figur 23. Vekstkurve for Oгна (tykk rød kurve) basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos aldersbestemte elvemusling sammenlignet med vekstkurver i 16 lokaliteter som inngår i det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling. Omarbeidet fra Larsen (2017).

Söderberg (1998) og Henrikson mfl. (1998) foreslo en modell for å bedømme verneverdien (som også sier noe om levedyktigheten) av ulike lokaliteter med elvemusling. Modellen er senere modifisert noe av Larsen & Hartvigsen (1999). Det er valgt seks kriterier som er viktige for overlevelsen til en populasjon på lang sikt (populasjonsstørrelse, gjennomsnittstetthet, utbredelse, minste musling, andel muslinger mindre enn 20 mm og andel muslinger mindre enn 50 mm), og det gis 0–6 poeng innenfor hvert kriterium. Samlet poengsum plasserer muslingpopulasjonen innenfor en av tre klasser: Klasse I – truet; liten levedyktighet, sårbar for ytterligere reduksjon og kan kreve omfattende tiltak (1–7 poeng), klasse II – sårbar; sannsynlig levedyktig, men tiltak bør utredes/gjennomføres (8–17 poeng) og klasse III – levedyktig; høy levedyktighet og meget høy verneverdi (18–36 poeng).

Bestanden i Oгна oppnådde 12 av 36 poeng i denne verdivurderingen i 1999 (**tabell 7, vedlegg 3**). I en ny undersøkelse i 2002 økte poengsummen til 14 på grunn av en høyere andel muslinger mindre enn 50 mm. I 2005 gikk andelen små muslinger ned; rekrutteringen stagnerte, og det ble ikke lenger funnet muslinger mindre enn 20 mm. Denne trenden fortsatte i 2008 da andelen unge muslinger ble ytterligere redusert. I 2011 økte tettheten og populasjonsstørrelsen i tillegg til at det igjen ble funnet individer mindre enn 50 mm. I 2018 gikk størrelsen på minste musling funnet ned fra 45 mm i 2011 til 36 mm i 2018 og utbredelsen økte noe. Poengsummen økte dermed fra 9 poeng i 2011 til 11 poeng i 2018.

Tabell 7. Oppsummering av data fra Oгна i 1999–2018. For poengberegning se **vedlegg 3**.

År	Utbredelse, km	Tetthet, ind/minutt	Populasjon, antall ¹	Gj.snitt lengde ± sd, mm	Minste musling, mm	Største musling, mm	Prosentandel <20 mm	Prosentandel <50 mm	Poeng
1999	4,0	0,10	-	115 ± 24	13	142	0,6	3,8	12
2002	4,0	0,13	-	98 ± 36	18	144 (147 ²)	0,5	10,8	14
2005	4,8	0,24	-	93 ± 26	32	146	0	2,4	9
2008	4,8	0,27	[2900-4800]	102 ± 22	53	152	0	0	6
2011	5,8	0,53	[5000-10000]	105 ± 20	45	150	0	0,5	9
2018	7,0	0,55	[10000]	103 ± 26	36	159	0	2,0	11

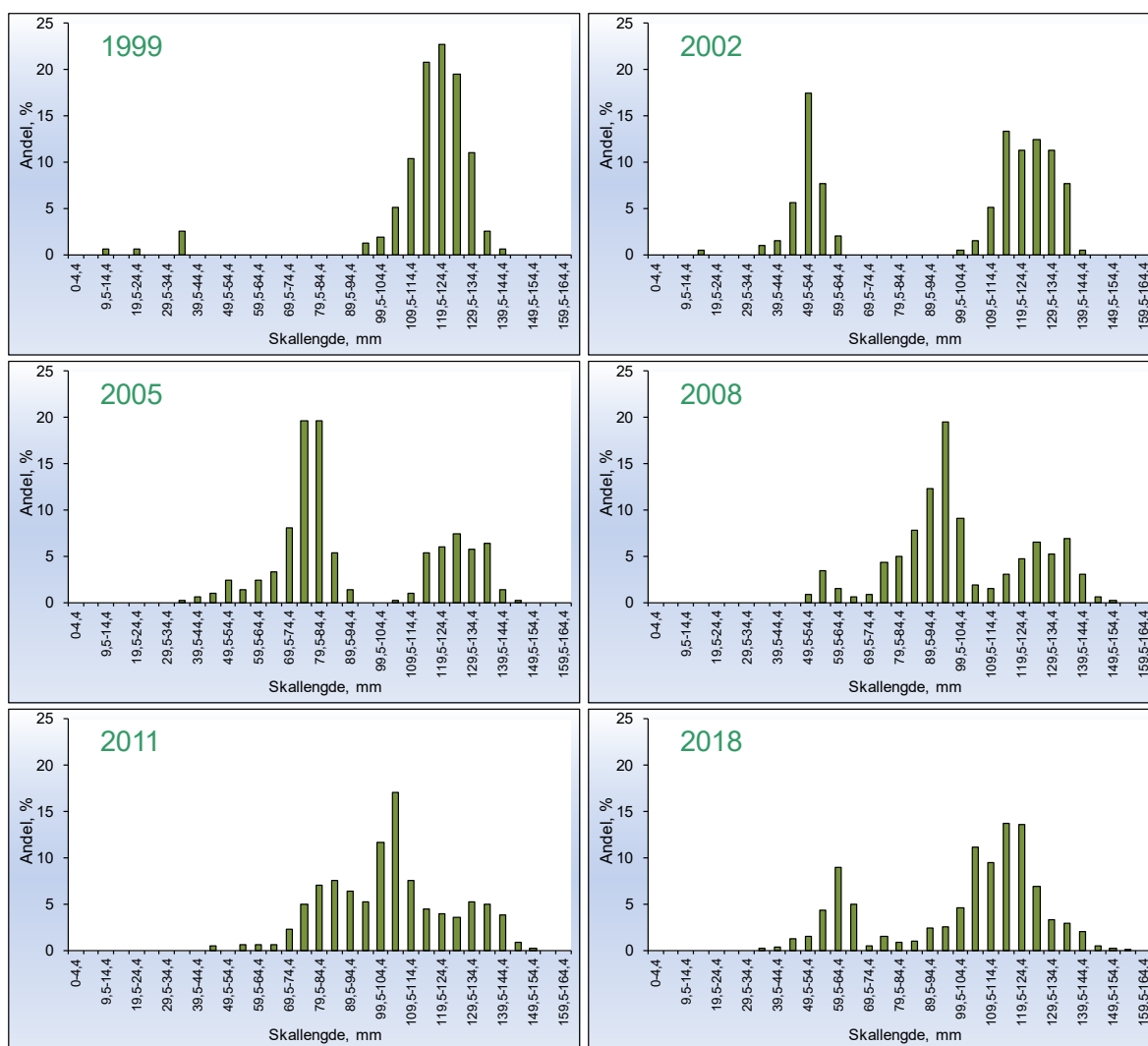
¹ meget usikre estimat - ikke korrigert for nedgravde individer² levende musling eller tomme skall som er funnet utenom det tilfeldige utvalget til lengdefordelingen

På begynnelsen av 1990-tallet, noe som først kommer til syne i lengdefordelingen av muslinger i 2002, dukket det opp noen få sterke og dominerende årsklasser (**figur 24**). I 1999 ble det funnet seks individer (4 %) som var mindre enn 40 mm. Aldersbestemmelse viste at disse var mellom fire og sju år gamle og tilhørte årsklassene 1991, 1993, 1994 og 1995 (Larsen & Hårsaker 2000). Dette var den første påviste overlevelsen av unge muslinger i Oгна på mange år – kanskje helt tilbake til 1960-tallet. Det viste også at rekrutteringen i Oгна kunne ta seg opp igjen bare forholdene i vassdraget ble tilfredsstillende. I 2002 ble det funnet 70 unge individ (mindre enn 65 mm). Dette utgjorde 36 % av alle muslingene (Larsen & Berger 2003). De fleste individene var mellom 45 og 60 mm lange, og representerte 7–11 år gamle individer eller årsklassene 1991–1995. Disse årsklassene dominerte lengdefordelingen i mange år og beveget seg som en bølge mot høyre etter hvert som årene gikk (se **figur 25**). Gjennomsnittslengden til denne «kalkgenerasjonen» av muslinger var henholdsvis 51, 75 og 89 mm i 2002, 2005 og 2008. I 2011 og 2018 begynner disse muslingene å overlappe i lengde med de gamle, «opprinnelige» muslingene i Oгна.

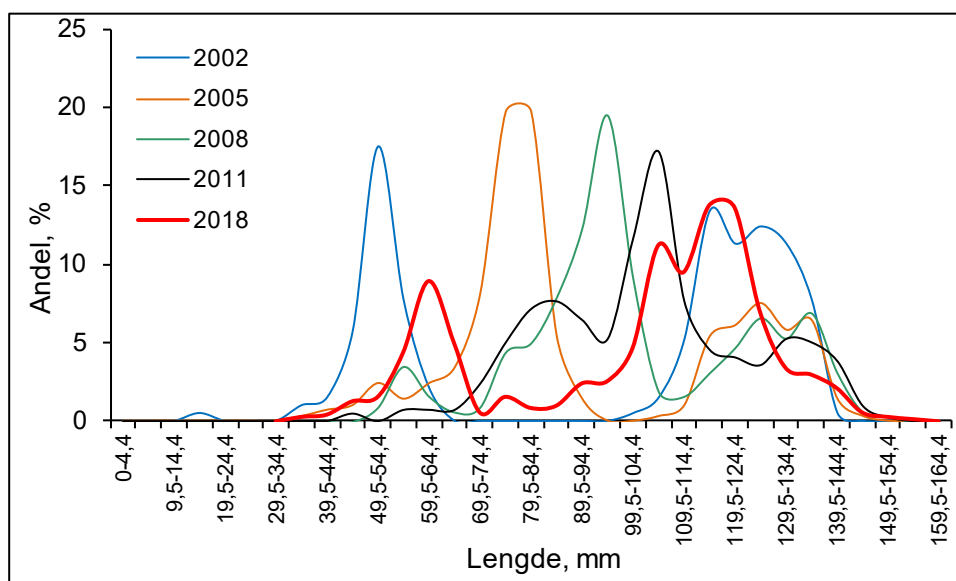
Lengdefordelingene av levende elvemusling fra 1999 til 2018 (**figur 24**) kombinert med data om alder og tilvekst, viser at det har vært nyrekruttering i alle år i Oгна fra 1991 og i hvert fall fram til 2012. I 2018 ble de minste muslingene som ble funnet aldersbestemt til seks og sju år, tilhørende årsklassene 2011 og 2012. Det har vært store forskjeller i årsklassestyrke i perioden 1991–2012, og enkelte år har bidratt mye til rekrutteringen, mens det i andre år har vokst opp relativt få unge muslinger. Vi vet foreløpig ikke om rekrutteringen i Oгна har fungert som normalt i årene 2013–2018.

En elvemusling lever normalt nedgravd i substratet i de første 5–8 leveårene (Larsen 2018). De små muslingene (opptil 40 mm lange) har byssustråder som de anvender for å feste seg til underlaget med. For å finne de yngste årsklassene er det derfor nødvendig å grave i substratet. En undersøkelse av de 16 vassdragene som inngår i det nasjonale overvåkingsprogrammet viste at i gjennomsnitt ble om lag en firedel av muslingene funnet nedgravd eller gjemt under steiner (Larsen 2017). Andelen nedgravde individ var større jo større andelen av små muslinger var i vassdragene (jf. Young mfl. 2001). Men også de store (voksne) muslingene kan i perioder leve nedgravd i grusen.

Det ble gravd i grusen på stasjonene 5–7 både i 2008 (Larsen 2009) og 2011 (Larsen mfl. 2012), men det var først i 2018 det ble funnet muslinger mindre enn 50 mm i de undersøkte arealene. Det ble likevel ikke funnet noen individer mindre enn 38 mm, og det gjenstår å påvise de aller minste muslingene. Dette kommer nok hovedsakelig av at arealene som er undersøkt er relativt små og at tettheten av musling generelt er lav i hele vassdraget. Det gjør at muligheten for å finne muslinger mindre enn 35–40 mm blir relativt liten.



Figur 24. Lengdefordeling av levende elvemusling i Oga i 1999–2018.



Figur 25. Lengdefordeling av levende elvemusling i Oga i 2018 sammenlignet med 2002, 2005, 2008 og 2011.

Mangel på muslinger mindre enn 35–40 mm (**figur 24**) betyr at muslinger yngre enn seks år bare tilfeldig blir oppdaget, eller ikke fanges opp i det hele tatt. Etter hvert som de vokser i størrelse og blir eldre, vil de imidlertid komme gradvis til syne. I 2018 var det for eksempel mange muslinger som var 55–70 mm lange (**figur 24**). Disse kan tilhøre flere årsklasser, men hovedvekten av individene var 60–65 mm lange, og sannsynligvis 10–11 år gamle. Ti år gamle muslinger tilhører 2008-årsklassen, og var dermed tilstede i substratet også i 2011, da som tre år gamle muslinger uten at de ble påvist.

I 2011 var det relativt mange muslinger i størrelsesgruppen 80–95 mm. Mange av disse var anslagsvis 50–65 mm lange i 2008, og sannsynligvis 8–11 år gamle. Selv om det ble funnet noen muslinger i disse lengdegruppene i 2008, forekom de i lavere antall enn det resultatet fra 2011 skulle tilsi. Individene som ble påvist i 2011 var tilstede i 2008, men en stor del av dem lå fortsatt nedgravd i substratet. Dette gjør at andelen unge muslinger blir underestimert når lengdefordelingene baserer seg på synlige muslinger i transektene og ved fritellingene.

I 2011 var det veldig få muslinger mindre enn 70 mm. Resultatet fra 2018 bekreftet dette da andelen individer i lengdegruppene 70–90(100) mm var lavere enn forventet og ingen «nye» individer hadde dukket opp fra substratet. Det har derfor vært en forbigående rekrutteringssvikt i noen år på begynnelsen av 2000-tallet. Da det er stor grad av overlapp i skallengde mellom individer av ulik alder allerede fra 4–5 årsalder (jf. **figur 19**), er det ikke mulig å skille de ulike årsklassene entydig fra hverandre. Dermed blir det også umulig å gruppere enkeltindivider til riktig kalenderår uten en nøyaktig aldersbestemmelse.

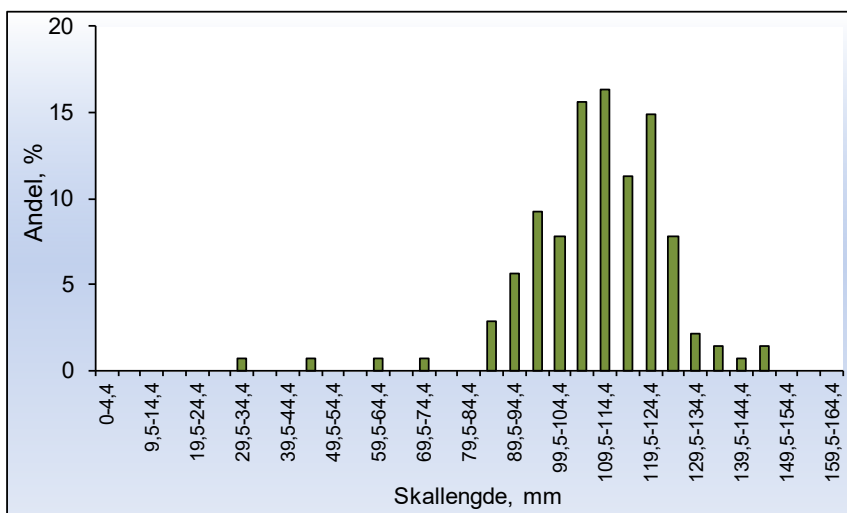
Det har tross all usikkerhet, vært en positiv utvikling i bestanden av elvemusling i Ogna i forbindelse med kalkingstiltakene i vassdraget. Det har vært en reetablering av muslinger i løpet av perioden 1991–2018 på hele strekningen mellom Ualand og Rabalia der det tidligere bare var store og gamle muslinger. I tillegg har det kommet tilbake muslinger både ovenfor og nedenfor kraftstasjonen ved Hetland. I 2008 ble det for første gang påvist vellykket rekruttering ovenfor Øvrabøvatnet, og i 2011 også helt ned mot Hylland bru. Muslinger spres til nye lokaliteter i Ogna hovedsakelig festet til gjellene på laksunger i vassdraget. Det ble i 2018 observert laksunger med muslinglarver på gjellene nedenfor utløpet av Krågevatn i et område der det foreløpig ikke er påvist levende muslinger. Det er begrenset hvor mye muslingene kan utvide utbredelsesområdet sitt ytterligere uten at de blir hjulpet til nye deler av vassdraget. Dette kan være en aktuell tanke på sikt, men først bør bestanden styrkes i nedre del før muslinger flyttes innad i vassdraget. Innføring av muslinger fra andre nærliggende vassdrag er uaktuelt i dag.

Formeringen hos elvemusling skjer i løpet av sommeren. Hos hunnen flyttes de modne eggene fra gonaden ut til gjellene der befruktningen skjer. De befruktede eggene forblir i muslingens gjelleblader, og utvikler seg der i løpet av en 4–5 ukers tid til muslinglarver (glochidier). Gjellene fungerer altså som «yngelkammer» for muslinglarvene. I løpet av august støtes millioner av små (ca. 0,04 mm lange) muslinglarver ut i elvevannet. Denne frigivelsen skjer normalt synkront for hele populasjonen, men i Ogna ser det ut til at de gamle muslingene avslutter graviditeten tidligere på høsten enn de unge muslingene. Hva som er årsaken til dette skiftet i «gytetid» er imidlertid uklart, og det er så langt vi kjenner til, ikke observert i andre lokaliteter. For å utvikle seg videre har muslinglarvene i Ogna et obligatorisk stadium på gjellene til laks, og må i løpet av kort tid feste seg til fiskegjellen for at utviklingen fra larve til ferdig utviklet musling skal bli vellykket. Det parasittiske stadium varer normalt 10–11 måneder (1400 døgngrader; Larsen 2012), men i Ogna er muslinglarvene ferdig utviklet i løpet av om lag ni måneder. Larvene vokser i denne perioden (fra 0,04 til 0,35–0,45 mm) og gjennomgår en omfattende metamorfose. Funn av muslinglarver i to atskilte størrelsesgrupper på laksungene om våren både i 2011 og 2017 viser at muslinglarvene er sluppet på ulikt tidspunkt; muslingene har to ulike «gyteperioder». Når muslinglarvene fra de yngre muslingene etablerer seg på laksungene senere om høsten vil de også slippe seg av fra gjellene senere på våren enn muslinglarver som stammer fra de gamle muslingene. Hvilken effekt dette kan ha på overlevelse og vekst av muslinglarver og unge småmuslinger er ikke kjent.

En elvemusling blir normalt kjønnsmoden når den er 12–13 år gammel (Young & Williams 1984), men alderen vil variere avhengig av vekstforholdene i vassdragene (jf. Larsen 2017). I Figgjo er det funnet kjønnsmodne individ fra en lengde på 57 mm (10 år gammel; B.M. Larsen upublisert materiale). Veksthastigheten til muslinger i Ogna og Figgjo er nesten den samme, og i 2005 ble det

funnet gravide muslinger i Ogna som var 63 og 66 mm. Disse var sannsynligvis 10–11 år gamle, og deltok i gytingen for første gang. Andelen unge muslinger som har kommet opp i reproduktiv alder har økt betydelig de siste årene, og det er også vist at graviditetsfrekvensen var høyere hos de unge muslingene sammenlignet med de eldre individene. Selv om antall muslinglarver på laksungene vil variere mellom år har det vært en økning i totalproduksjonen av muslinglarver, og det generelle bildet er at en større del av laksungene har blitt infisert med et stadig høyere antall muslinglarver.

Det er ikke påvist overdødelighet av muslinger i Ogna etter at kalkingen kom i gang. Det har blitt funnet noen få tomme skall ved hver overvåkingsrunde, men de aller fleste av disse har vært gamle og eroderte skall som har ligget lenge i vassdraget. Lengdefordelingen av tomme skall som er samlet inn i perioden 1999–2018 består da også i alt vesentlig av relativt store individer (95–130 mm lange, **figur 26**). Av de 141 skallene som var så hele at de kunne lengdemåles, var det bare 10–12 individer som tilhørte «kalkgenerasjonen». I 2018 ble det funnet 15 tomme skall, hvorav ti av dem var gamle, eroderte skall eller skallrester som ble avdekket i forbindelse med graving under steiner – muslinger som hadde dødd for mange år siden. Bare en musling hadde dødd for mindre enn ett år siden (åpnet og ødelagt av mennesker). Tre muslinger hadde dødd for 2–3 år siden og en musling for 4–5 år siden.



Figur 26. Lengdefordeling av tomme skall som er samlet inn i Ogna i perioden 1997–2018 (N = 141).

Variierende årsklassestyrke kan være forårsaket av mange faktorer, bl.a. forskjeller i påslag av muslinglarver på laksungenes gjeller om høsten og overlevelse av de unge muslingene i de første leveårene, og kanskje spesielt de to første leveårene. Både forsuring og eutrofiering er viktig i denne sammenhengen og dårlig vannkvalitet har antagelig vært den viktigste årsaken til tap av musling i Ogna. I tillegg kan forekomst og tetthet av laksunger, vannføring (flom og tørke) samt plukking av muslinger virke negativt.

Vannkvalitet (forsuring, eutrofiering og partikkeltransport)

Den årlige effektkontrollen i forbindelse med kalkingen konkluderer med at den har ført til en bedring i vannkvaliteten, økt artsmangfold av bunndyr og økt produksjon av laks. Måloppnåelsen har imidlertid variert noe mellom år. I 2017 lå for eksempel pH stort sett 0,1 til 0,2 pH-enheter under målet i april og mai (Hellen 2018). Det ble samtidig målt mellom 10 og 15 µg LAI/l i smoltutvandringsperioden. Andre år er vannkvaliteten vurdert å være tilfredsstillende med hensyn til de krav som stilles for at fisk skal kunne leve og reproducere i elva (bl.a. Saksgård & Schartau 2012). Likevel ble det meldt om til dels høye konsentrasjoner av labilt aluminium både oppstrøms Hetland og i Lindtjørnhølen, Målinger av LAI ved Lindtjørnhølen siden 1997 viser at ugunstige episoder bare forekom år om annet fram til 2010, men etter 2010 har slike episoder forekommet årlig (se figur 3 hos Hellen 2018). Fra 1997 til 2010 var gjennomsnittlig konsentrasjon av LAI 5 µg/l, mens den i snitt har vært 10 µg/l i årene etter (Hellen 2018). Høyest målte konsentrasjon av giftig aluminium har ligget mellom 14 og 27 µg/l i de ulike årene etter 2010. Noe kan forklares

med dårlig avsyring av vannet fra Helgåvassdraget, men det har også blitt målt verdier $>10 \mu\text{g/l}$ årlig i elva oppstrøms Hetland i årene etter 2010. Avvik fra vannkvalitetsmålet i Ogna skyldes i noen tilfeller sjøsaltepisoder som forekommer i området med jevne mellomrom.

Undersøkelse av bunndyr på ukalkede deler av vassdraget viser også at kalking fremdeles er nødvendig for å opprettholde en tilstrekkelig god vannkvalitet for overlevelse og reproduksjon av forsuringsfølsomme organismer. De fleste arter av snegler og småmuslinger er mer forsuringsfølsomme enn fisk, og forsvinner når pH blir lavere enn 6,0 (Økland & Økland 1986). Det ble i 2010, 2012 og 2014 registrert fire arter ferskvannssnegl i vassdraget (Fjellheim 2011, Fjellheim mfl. 2013; 2015), men bare én i 2016 (Hellen 2017). Småmuslinger (*Pisidium sp.*) ble registrert på fire av de åtte kalkede lokalitetene og på 3–6 av de ti referanselokalitetene i 2010, 2012 og 2014 (Fjellheim 2011, Fjellheim mfl. 2013; 2015). I 2016 ble det registrert småmuslinger på fire av de seks kalkede lokalitetene, men ikke på noen av referanselokalitetene (Hellen 2017). Det er tegn som tyder på at antall taksa som er sensitive for forsurening har gått ned fra 2010–2014 til 2016. Suboptimal vannkvalitet vil i så fall også kunne virke inn på rekrutteringen hos elvemusling.

Hos elvemusling kan voksne muslinger overleve ved pH ned mot 5,0 (Henrikson 1996), men forsurening skaper ubalanse i kalsiumopptaket slik at muslingen etter hvert tærer på skallet. Dette gir størst negative effekter hos unge muslinger da tilveksten er størst i de første leveårene (Heming mfl. 1988). I Västernorrlands län, Sverige, ble vannkvaliteten i elver med og uten elvemusling analysert (E. Petersson mfl. upubl. materiale, referert hos Henrikson & Söderberg 2018). Sannsynligheten for å påtreffe elvemusling var størst i elver med pH $\geq 6,2$ og vannfarge mindre enn 125 mg Pt/l. Elver med livskraftige populasjoner hadde enda høyere pH-verdi (rundt 6,7) og fargetall mindre enn 75 mg Pt/l.

Vannkvaliteten i Ogna uttrykt ved pH synes å være god nok for at elvemusling skal kunne overleve og reproducere. De siste tjue årene har årsgjennomsnittet ligget mellom 6,4 og 6,7 i hovedvassdraget ovenfor Hetland – med unntak av 2011 og 2017 da årsgjennomsnittet sank til henholdsvis 6,2 og 6,3. Sytten (7,0 %) av 243 pH-målinger i 1998–2017 var lavere enn 6,2, men bare fire av dem (1,6 %) var lavere enn 6,0. Ni pH-målinger var høyere enn 7,0. I det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling varierte gjennomsnittsverdien for pH i de ulike lokalitetene mellom 6,47 og 7,68 (Larsen 2017). Laveste pH-verdi var 6,13.

Før kalking (1980–1990) var årsgjennomsnittet av kalsium (Ca) i Ogna 1,5–1,9 mg/l. De første årene etter kalking (1991–1997) økte årsgjennomsnittet til 2,3–2,6 mg/l. Senere (1998–2001) gikk det ned igjen til 2,1 mg/l. I de siste 15 årene har årsgjennomsnittet variert noe mer igjen mellom år (1,6–2,4 mg/l). I perioden fra 1998 til 2017 var konsentrasjonen av kalsium lavere enn 1,5 mg/l i 12,0 % av tilfellene. Tre (1,6 %) av 183 Ca-målinger var lavere enn 1,0 mg/l. I det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling er det stor variasjon i gjennomsnittsverdien for kalsium i de ulike lokalitetene (1,3–15,9 mg/l; Larsen 2017), men de fleste lokalitetene har årsgjennomsnitt som ligger mellom 2,0 og 4,0 mg/l (B.M. Larsen, upublisert materiale).

Vi vet ikke om lave kalsium-konsentrasjoner kan være årsaken til lavere rekruttering på 2000-tallet i Ogna, men kalsium, som er viktig i oppbyggingen av skallet, reduserer også den giftige effekten av aluminium (Brown 1983). Det er heller ikke årsgjennomsnittet som er viktig, men heller forekomsten av suboptimale episoder av kort eller lang varighet i løpet av året. Det er funnet at kalsium-innholdet gjennomgående er lavere om vinteren enn om sommeren i Ogna, men det er ikke sikkert det betyr noe da muslingene også har lavest aktivitet om vinteren. Det finnes ingen opplysninger i litteraturen som sier noe om hvor mye kalsium vannet må inneholde for at muslingene skal ha optimale forhold. Som oftest vil også årsaken til manglende rekruttering ligge i et samspill av flere faktorer.

Tilførsel av næringsstoffene fosfor og nitrogen samt utslipp av organisk stoff virker for eksempel negativt på elvemuslingen på grunn av økende eutrofiering. Dette gir økt sedimentering, og økt forbruk av oksygen i substratet går ut over overlevelsen til de unge muslingene. Degerman mfl. (2013) fant at det bare fantes livskraftige muslingpopulasjoner på lokaliteter der mengden av totalfosfor var mindre enn $8 \mu\text{g/l}$. I en annen svensk undersøkelse (Söderberg mfl. 2008) ble det funnet at muslingbestander med god status kunne skilles fra svake bestander når konsentrasjon av totalfosfor var mindre enn $15 \mu\text{g/l}$ (gjennomsnittsverdien for livskraftige bestander var ca. $5 \mu\text{g/l}$).

Dette er i stor grad tilfredsstilt i Ogna, og årsgjennomsnittet for total fosfor har ligget i størrelsesorden 4–7 µg/l ved Hetland–Lindtjørnhølen i årene 2001–2010. Senere har imidlertid konsentrasjonen økt noe, og årsgjennomsnittet har i perioden 2011–2017 variert mellom 6 og 10 µg/l ved Lindtjørnhølen.

Årsgjennomsnittet for nitrat har ligget i størrelsesorden 350–600 µg/l siden slutten av 1980-tallet i nedre del av vassdraget. I Irland er det foreslått at medianverdien for tilførsel av næringsstoff ikke må overstige 125 µg/l for nitrat (Moorkens mfl. 2007). Dette er ikke oppfylt for noen del av Ogna, og grenseverdien for nitrat er overskredet ved alle prøvene som er tatt ovenfor samløpet med Hetland kraftverk i 1987–2005.

Erosjon og transport av finpartikulært materiale kan være et annet problem da det tetter igjen mellomrommene i substratet og reduserer vanngjennomstrømningen. I en svensk undersøkelse er det vist at turbiditeten i elver med levedyktige muslingpopulasjoner er mindre enn 1 FNU (0,5–1,0 FNU) (Söderberg mfl. 2008). For de unge muslingene må strukturen i substratet være slik at det er en god utskiftning av vann mellom de frie vannmasser og mellomrommene i substratet. Andelen finkornet (<1 millimeter) uorganisk materiale bør være mindre enn 25 % for at unge muslinger skal lykkes å overleve (Geist & Auerswald 2007, Österling 2006). Mengde organisk materiale bør også være lavt. Det er årsaken til at erosjon og nedslamming må holdes under kontroll i vassdrag med elvemusling. Turbiditeten i Ogna er normalt lav, og målinger i 1985–1991 viste tilfredsstillende verdier i mer enn 90 % av målingene. Bare én måling var >2 FTU. Erosjon og tilførsel av finpartikulært materiale ser derfor ikke ut til å være noe problem på strekningen der muslingene lever i dag.

I den korte tiden mellom gyting og innkapsling på fiskegjellene er muslinglarvene direkte eksponert for vannkvaliteten i vassdraget. Ziuganov mfl. (upubliserte data) nevner at muslinglarvene er spesielt følsomme for lave pH-verdier. Hos *Anodonta* fant Huebner & Pynnönen (1992) en avtagende levedyktighet hos muslinglarvene ved lav pH og/eller høye aluminiumskonsentrasjoner. Bruk av surt aluminiumssulfat (AIS) i Steinkjervassdragene i et forsøk på å utrydde lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* hadde ingen direkte effekt på de voksne elvemuslingene, men når det ble tilsatt vann med forhøyede aluminiumskonsentrasjoner i den perioden muslinglarvene var frittlevende, reduserte det muslinglarvenes vitalitet og mulighet til å infisere laks eller ørret på normal måte (Larsen 2008). Noen metaller har vist seg å være akutt giftige for muslinger (Naimo 1995), og de frittlevende muslinglarvene (før de infiserer fisken) og unge muslinger er antatt å være mer følsomme enn eldre muslinger.

En voksen elvemusling kan overleve i perioder med dårlig vannkvalitet. Problemer med varierende vannkvalitet er i første rekke et problem knyttet til overlevelsen av muslingene i deres første leveår. Hva som gjør at rekrutteringen varierer mellom år i Ogna har det ikke vært mulig å fastslå da det ikke er noen klar trend i materialet som er tilgjengelig. På generelt grunnlag kan vi slå fast at pH må være minst 6,2 eller høyere. For å sikre god rekruttering er det data fra Sverige som tyder på at pH kanskje må ligge helt opp mot 6,7. For kalsium har vi sett at verdier mellom 2,0 og 4,0 mg/l er det vanligste i andre muslinglokaliteter i Norge, og målet må være å opprettholde et kalsiumnivå som er høyere enn det det var før kalkingen kom i gang. Det er en tendens til at mengden fosfor har økt i vassdraget de siste årene. Dette er ikke positivt da også mengden nitrat er høyere enn ønskelig ut fra det som er beskrevet som grenseverdier i andre land. Turbiditet, vannfarge og TOC virker alle å ligge innenfor det som er normalt i gode muslingvassdrag.

Vertsfisk

Ogna hører til blant de beste laksevassdragene på Jæren. I perioden 2010–2015 var fangsten i snitt noe høyere enn tiåret før (se figur 5 hos Kambestad 2017). Laksebestanden i Ogna er karakterisert som «svært god»/»god» etter kvalitetsnormen for villaks, med stort høstbart overskudd og liten innblanding av oppdrettslaks (Anon. 2016). Laksebestanden i Ogna har tidligere vært begrenset av flere forhold i tillegg til forsurening, og eutrofiering av vassdraget på grunn av landbruksvirksomhet samt driften ved Hetland kraftverk er nevnt som mulige årsaker (Saltveit mfl. 2009).

Laks er eneste vertsfisk for elvemuslingens larver i Ogna («laksemusling»). Det er aldri funnet muslinglarver på ørret i vassdraget. En god laksebestand er derfor en forutsetning for å

oppretholde en god muslingbestand i elva. Gjennomsnittlig tetthet av årsyngel (0+) og ettårige eller eldre laksunger ($\geq 1+$) har vært henholdsvis 40–90 og 10–30 individ pr. 100 m² om høsten i de fleste av årene etter kalking. Lokalt var tettheten vesentlig høyere enn dette. Selv i 2016, da tettheten av laksunger var lavere enn forventet, var det i gjennomsnitt 24 årsyngel og 15 eldre laksunger pr. 100 m² (Kambestad 2017).

Moderat høy tetthet av riktig vertsfisk er viktig for å sikre reproduksjonen og opprettholde populasjonene av elvemusling. Söderberg mfl. (2008) og Degerman mfl. (2013) fant at i muslingpopulasjoner med god status var tettheten av ørretyngel (0+) større enn 5 individ pr. 100 m² (5–23 individ). Geist mfl. (2006) fant på sin side ingen klar sammenheng mellom tettheten av ørret og rekrutteringen av musling. For laks har Ziuganov mfl. (1994) gjort beregninger i elva Varzuga (på Kola-halvøya) som tilsier at tettheten av ettårig ungfisk (1+) må være større enn 5 individ pr. 100 m² i mai/juni når muslinglarvene slipper seg av for at tettheten av elvemusling skal opprettholdes.

Mangel på vertsfisk er derfor ikke lenger noen begrensende faktor for vellykket rekruttering hos elvemusling i Ogna.

Vassdragsregulering/vannføring

Ogna er i utgangspunktet uregulert. Men det overføres vann fra Helgåvassdraget til Hetland kraftverk som har utløp direkte til Ogna. Vannføringen i Ogna på den ca. 3 km lange strekningen nedenfor Hetland kraftverk er derfor påvirket av driften i kraftverket. På grunn av kronisk surt vann i inntaksvannet til kraftstasjonen var pH nær 5 eller lavere på hele 1980-tallet i nedre del av Ogna. Når det i tillegg også var høy konsentrasjon av aluminium har reguleringen sannsynligvis virket til å utrydde elvemuslingen nedenfor Hetland.

Det er relativt små innsjøer med liten magasinkapasitet i nedbørfeltet til Ogna. Vannføringen i hovedelva vil derfor variere med nedbørmengden. Flom kan være kritisk for muslinger, og ekstreme situasjoner kan gi stor skade og høy dødelighet i bestander av elvemusling (Hastie mfl. 2001). Selv om vannføringen varierer betydelig gjennom året i Ogna, er det ikke observert skade på muslinger på grunn av flom i vassdraget. Lav vannføring og fare for stranding av muslinger kan imidlertid forekomme etter lengre perioder med lite vann, og spesielt i kombinasjon med ekstrem kulde kan dette gi innfrysing av muslinger i grunne partier av elva.

Når vi ser på forekomsten av tomme skall (døde muslinger) i Ogna, er det likevel ingen ting som tyder på at det har forekommet overdødelighet i noen av årene som er undersøkt. I 2018 var den årlige dødeligheten lav ($<0,2\%$). Lav vannføring (0,2–0,3 m³/s), eventuelt i kombinasjon med høy vanntemperatur, hadde ikke gitt seg utslag i unormal dødelighet i juni 2018, men om dette kan ha endret seg i løpet av sommeren, vet vi ikke. Vannføringen sank ytterligere utover i juli, og var i en periode på 20 dager mindre enn 0,2 m³/s og i 10 av disse var vannføringen også mindre enn 0,1 m³/s. I kombinasjon med høy lufttemperatur kan dette selvsagt ha medført stranding og dødelighet på utsatte, grunne partier i elva.

Perioder med lav vannføring under frigivelsen av muslinglarver om høsten («gyteperioden») kan medføre liten spredning av muslinglarvene, og høy vanntemperatur kan gi kortere levetid på larvene. Dette kan innebære at færre fisk kommer i kontakt med muslinglarvene i år med liten vannføring eller høy temperatur som ofte samvirker. Dette kan også virke til å gi sterke og svake årsklasser av muslinglarver i vassdraget uten at vannkjemiske faktorer behøver å spille inn.

Plukking av muslinger/perlefiske

Det er plukket mye skjell, i det minste lokalt, i Ogna og perlefiske var vanlig i historisk tid. Episoder med perlefiske er ikke kjent fra Ogna i nyere tid, og dette er ikke noen trussel mot bestanden i vassdraget i dag. Det ble riktignok funnet ett individ som var åpnet av mennesker i 2018 i nærheten av en badeplass i elva. Det er viktig å få stanset dette. Det kan derfor være nødvendig å informere bedre om nødvendigheten av å ta vare på elvemuslingen i vassdraget og fangstforbudet som gjelder (totalfredet mot all fangst fra 1993).

Tiltak

Tilsetting av kalk i innsjøer og vassdrag er et midlertidig tiltak som motvirker skadene av sur nedbør. I vassdrag som har vært utsatt for sterk forsurening er det vist at kalking øker den årlige tilveksten hos elvemusling (Dunca mfl. 2011), frekvensen av vekstforstyrrelser avtar, overlevelse og vitalitet øker (Henrikson 1996), tettheten av vertsfisk øker og rekrutteringen hos elvemusling tar seg opp. I tillegg til Ogna har vi nå flere eksempler fra Sør-Norge der elvemusling har reetablert etter kalkingstiltak (bl.a. Larsen mfl. 2007, Sandaas mfl. 2011, Larsen & Magerøy 2016).

På tross av en positiv utvikling i Ogna etter kalking kan det likevel virke som om potensialet for elvemuslingen er større. Det er fortsatt «gode» og «dårlige» år som gir seg utslag i varierende årsklassestyrke. Nødvendige tiltak for å sikre en mer stabil rekruttering av elvemusling kan være å redusere tilførselen av næringsstoff (nitrat og fosfor), sikre en høyere pH gjennom hele året for å unngå episoder med høy labil aluminium og øke kalsiumkonsentrasjonen. Dette vil samtidig motvirke effekten av eventuelle sjøsaltepisoder.

I Storelva (Vegårvassdraget) er det fra 2017 gjort forsøk med å øke pH-målet for kalkingen til pH 6,4 hele året for å unngå eventuelle effekter av økt labil aluminium på elvemusling (Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder 2017). Kravet er imidlertid ikke absolutt, og utenom smoltifiseringsperioden (1/4–31/5) er kravet redusert noe (pH 6,3–6,4). Det er selvsagt alt for tidlig å si noe om effekten av dette tiltaket enda, men det er viktig å overvåke en eventuell effekt slik at denne kan dokumenteres. Kunnskapsoppbygging er nødvendig for å bli mer treffsikker med hensyn til konkrete tiltak for elvemusling i forsuringsutsatte vassdrag.

Det er naturlig å opprettholde et sterkt fokus på elvemusling når kalkingstiltakene i Ogna skal videreføres. Manglende kunnskap om elvemuslingens tålegrenser for ulike vannkjemiske parametere og hvordan disse virker i kombinasjon, gjør at det er usikkert hva som vil være det beste vannkvalitetsmålet for elvemusling i Ogna. Inntil videre vil vi foreslå å heve pH på strekningen nedenfor Krågevatn slik at pH ikke i noen del av året skal være lavere enn 6,4. Samtidig må mengden labilt aluminium reduseres slik at verdiene ikke overstiger 10 µg/l og konsentrasjonen av kalsium kan med fordel være opp mot 2,5 mg/l.

Videreføring av overvåkingen

I handlingsplanen for elvemusling (Larsen 2018) er målet i et langsiktig perspektiv at elvemusling skal finnes i livskraftige populasjoner i hele Norge. Alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes eller forbedres. I et slikt perspektiv må elvemuslingen i Ogna fortsatt overvåkes for å identifisere problemene knyttet til rekrutteringen. Overvåking er også viktig for å følge eventuelle tiltak som settes i verk for å styrke rekrutteringen slik at utbredelse og antall elvemusling kan øke ytterligere i vassdraget. Etter CEN standard NS-EN 16859:2017 skal lokaliteter som inngår i overvåkingen av elvemusling undersøkes hvert sjette år. Selv om kartleggingen av tetthet og lengdefordeling av elvemusling ble utsatt fra 2017 til 2018 bør likevel en ny undersøkelse gjennomføres i 2023. Etter å ha fulgt infesteringen på laksunger i mange år på de samme stasjonene, kan denne delen av programmet med fordel forenkles. Det betyr at det ikke lenger samles inn materiale fra alle 12 stasjoner, men i stedet velger ut seks av disse for videre oppfølging. Når det gjelder tetthet av elvemusling, vil det være fornuftig å følge opp transekter og fritellinger etter samme opplegg som tidligere.

En bestand av elvemusling som opprettholder naturlig rekruttering i Ogna vil være det synlige beviset på god vannkvalitet og god økologisk tilstand.

6 Referanser

- Abrahamsen, J., Pallesen, P.F. & Solbakken, T. 1972. Fylkeskompendium for Rogaland. Om naturvitenskapelige interesser knyttet til uregulerte og "ubetydelig" regulerte vassdrag. Bind II. - Universitetet i Oslo. Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer. 372 s.
- Anon. 2016. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. – Rapport fra vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 9b. 849 s.
- Brown, D.J.A. 1983. Effects of calcium and aluminium concentration on survival of brown trout (*Salmo trutta*) at low pH. – Environ. Contam. Toxicol. 30: 382-387.
- Degerman, E., Alexanderson, S., Bergengren, J., Henrikson, L., Johansson, B.-E., Larsen, B.M. & Söderberg, H. 2009. Restaurering av flodpärlmusselvatten. – WWF Sweden, Solna. 62 s.
- Degerman, E., Andersson, K., Söderberg, H., Norrgrann, O., Henrikson, L., Angelstam, P. & Törnblom, J. 2013. Predicting population status of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*, L.) in central Sweden using instream and riparian zone land-use data. – Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst. 23: 332-342.
- Direktoratet for naturforvaltning 1995. Kalking - bringer liv tilbake i forsurede vann og vassdrag. - Brosjyre. 42 s.
- Direktoratet for naturforvaltning 2006. Handlingsplan for elvemusling, *Margaritifera margaritifera*. – DN-Rapport 2006-3: 1-24.
- Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. – Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften. Veileder 02:2018. 220 s.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 2004. The impact of acidic precipitation and eutropication on the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in Southern Norway. – Fauna norv. 24: 7-18.
- Dunca, E. & Mutvei, H. 2009. WWF-project: Åldersbestämning av unga flodpärlmusslor i Sverige [Age determination of juvenile freshwater pearl mussels in Sweden]. – WWF Report. 21 pp.
- Dunca, E., Söderberg, H. & Norrgrann, O. 2011. Shell growth and age determination in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Sweden: natural versus limed streams. - Ferrantia 64: 48-58.
- Enge, E. & Nordland, J. 1989. Kalkingsplan for Rogaland. – Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelingen. Rapport 2/1989. 32 s.
- Fjellheim, A. 2011. Ognå. 4 Bunndyr. - Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll 2010. DN-Notat 2011-4. Internettutgave s. 12-14.
- Fjellheim, A., Johannesen, A. & Landås, T.S. 2013. Ognå. 3 Bunndyr. - Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2012. Miljødirektoratet Rapport M-18|2012: 187-188.
- Fjellheim, A., Johannesen, A. & Landås, T.S. 2015. Ognå. 4 Bunndyr. - Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2014. Miljødirektoratet Rapport M-412|2015: 155-156.
- Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder 2017. Endring av pH-krav i Vegårvassdraget. – Brev av 13. juni 2017 til Vegårshei kommune. 2016/1765.
- Geist, J. & Auerswald, K. 2007. Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). - Freshwater Biology 52: 2299-2316.
- Geist, J., Porkka, M. & Kuehn, R. 2006. The status of host fish populations and fish species richness in European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) streams. - Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 16: 251-266.
- Hastie, L.C., Boon, P.J., Young, M.R. & Way, S. 2001. The effects of a major flood on an endangered freshwater mussel population. – Biol. Conserv. 98: 107-115.
- Hellen, B.A. 2017. Ognå. 4. Bunndyr. - Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2016. Miljødirektoratet Rapport M-821|2017: 164.

- Hellen, B.A. 2018. Oгна. 2. Vannkjemi. - Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2017. Miljødirektoratet Rapport M-1133|2018: 141-144.
- Heming, T.A., Vinogradov, G.A., Klerman, A.K. & Komov, V.T. 1988. Acid-base regulation in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*: Effects of emersion and low water pH. - J. Exp. Biol. 137: 501-511.
- Henriksen, S. & Hilmo, O. (red.) 2015. Norsk rødliste for arter 2015. – Artsdatabanken, Norge.
- Henrikson, L. 1996. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) (Bivalvia) in southern Sweden - effects of acidification and liming. - I: Henrikson, L. Acidification and liming of freshwater ecosystems - examples of biotic responses and mechanisms. Zoologisk Institutt, Universitetet i Göteborg. Doktorgradsavhandling.
- Henrikson, L. & Söderberg, H. 2018. Åtgärdsprogram för flodpärlmussla *Margaritifera margaritifera*. – Havs- och vattenmyndighetens rapport 2018-xx. 104 s.
- Henrikson, L., Bergström, S.-E., Norrgrann, O. & Söderberg, H. 1998. Flodpärlmusslan i Sverige - dokumentation, skyddsvärde och åtgärdsförslag för 53 bestånd. - Del II i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport 4887.
- Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991. Tap av laks i forsurede lakseelver i Norge. - NINA-Oppdragsmelding 94: 1-12.
- Holmqvist, E. 2005. Flomsonekartprosjektet. Flomberegning for Ognaelva (027.6Z). – NVE Dokument 2005-15. 18 s.
- Huebner, J.D. & Pynnönen, K.S. 1992. Viability of glochidia of two species of Anodonta exposed to low pH and selected metals. – Can. J. Zool. 70: 2348-2355.
- Kambestad, M. 2017. Oгна. 3. Fisk. - Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2016. Miljødirektoratet Rapport M-821|2017: 161-164.
- Kvellestad, A. & Larsen, B.M. 1999. Histologisk undersøkning av gjeller frå fisk som del av overvåking av ungfiskbestandar i lakseførende vassdrag. - NINA-Fagrapport 36: 1-76.
- Kålås, J.A., Viken, Å., Henriksen, S. & Skjelseth, S. (red.) 2010. Norsk Rødliste for arter 2010. – Artsdatabanken.
- Larsen, B. M. 1993. Oгна. Fiskebiologiske undersøkelser. - Kalking i vann og vassdrag 1991. FoU-årsrapporter. DN-notat 1993-1: 230-238.
- Larsen, B.M. 1997. Elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.). Litteraturstudie med oppsummering av nasjonal og internasjonal kunnskapsstatus. - NINA Fagrapport 28: 1-51.
- Larsen, B.M. 1999. Oгна. 5 Elvemusling *Margaritifera margaritifera*. – Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter i 1998. DN-notat 1999-4: 255-257.
- Larsen, B.M. 2005. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Innspill til den faglige delen av handlingsplanen. – NINA Rapport 122. 33 s.
- Larsen, B.M. 2008. Overvåking av elvemusling i Oгна, Steinkjervassdraget i forbindelse med kjemisk behandling for å fjerne *Gyrodactylus salaris* fra vassdraget i 2006 og 2007. – NINA Rapport 352. 39 s.
- Larsen, B.M. 2009. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll 2008: Overvåking av elvemusling i Oгна, Rogaland. – NINA Rapport 486. 38 s.
- Larsen, B.M. 2010. Distribution and status of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in Norway. – s. 35-43 i: Ieshko, E.P. & Lindholm, T. (red.). Conservation of freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* populations in Northern Europe. Proceedings of the International workshop. Karelien Research Centre of RAS.
- Larsen, B.M. 2017. Overvåking av elvemusling i Norge. Oppsummering av det norske overvåking-sprogrammet i perioden 1999-2015. - NINA Rapport 1350. 152 s.
- Larsen, B.M. 2018. Handlingsplan for elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) 2019-2028. – Miljødirektoratet. Rapport M-1107|2018. 62 s.

- Larsen, B.M. & Berger, H.M. 2003. Ogna. 5 Elvemusling *Margaritifera margaritifera*. - Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2002. DN-notat 2003-3: 147-149.
- Larsen, B.M. & Brørs, S. 1998. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Ogna, Rogaland - Utbredelse og bestandsstatus. - NINA Oppdragsmelding 537: 1-20.
- Larsen, B.M. & Hartvigsen, R. 1999. Metodikk for feltundersøkelser og kategorisering av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. - NINA-Fagrapport 37: 1-41.
- Larsen, B.M. & Hårsaker, K. 2000. Ogna. 4 Elvemusling *Margaritifera margaritifera*. - Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1999. DN-notat 2000-2: 272-275.
- Larsen, B.M. & Magerøy, J. 2016. Elvemusling i Storelva (Vegårvassdraget), Aust-Agder. - NINA upublisert rapport. 18 s.
- Larsen, B.M., Hesthagen, T. & Lierhagen, S. 1992. Vannkvalitet og ungfisk av laks og aure i Ogna, Rogaland før kalking. - NINA-Oppdragsmelding 130: 1-37.
- Larsen, B.M., Sandaas, K., Hårsaker, K. & Enerud, J. 2000. Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Forslag til overvåkingsmetodikk og lokaliteter. - NINA Oppdragsmelding 651: 1-27.
- Larsen, B.M., Berger, H.M., Hårsaker, K., Saksgård, R. & Simonsen, J.H. 2006. Ogna. 5 Elvemusling *Margaritifera margaritifera*. - Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005. DN-notat 2006-1: 147-150.
- Larsen, B.M., Eken, M., Tysse, Å. & Engen, Ø. 2007. Overvåking av elvemusling i Simoa, Buskerud. Statusrapport 2006. - NINA Rapport 314. 45 s.
- Larsen, B.M., Saksgård, R. & Bjerland, J.M. 2012. Overvåking av elvemusling i Ogna, Rogaland. Tiltaksovervåking kalking 2011. - NINA Rapport 887. 38 s.
- Ledje, U.P. 1996a. Kartlegging av utbredelsen av elvemusling (*M. margaritifera*) i Rogaland 1995. Del 1. - Rogaland Consultants a.s. Rapport nr. 24502-1. 30 s.
- Ledje, U.P. 1996b. Kartlegging av utbredelsen av elvemusling (*M. margaritifera*) i Rogaland 1995. Del 2. - Rogaland Consultants a.s. Rapport nr. 24502-2. 47 s.
- Magerøy, J.H. & Larsen, B.M. 2018. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Agder: Status, trusler og tiltak. - NINA Rapport 1424. 75 s.
- Miljødirektoratet 2018. Ogna. 1. Områdebeskrivelse, kalkingsstrategi, kalkforbruk og nedbørforhold. - Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2017. Miljødirektoratet Rapport M-1133|2018: 140-141.
- Moorkens, E.A., Killeen, I.J. & Ross, E. 2007. *Margaritifera margaritifera* (the fresheater pearl mussel) conservation assessment. Backing document. - Report to the National Parks and Wildlife Service, Dublin. 42 pp.
- Naimo, T.J. 1995. A review of the effects of heavy metals on freshwater mussels. - Ecotoxicology 4: 341-362.
- Saksgård, R. & Larsen, B.M. 2014. Ogna. 3 Fisk. - Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2013. Miljødirektoratet Rapport M-208|2014: 182-184.
- Saksgård, R. & Schartau, A.K.L. 2011. Ogna. 2 Vannkjemi. - Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll 2010. DN-Notat 2011-4. Internettutgave s. 3-7.
- Saksgård, R. & Schartau, A.K.L. 2012. 10 Ogna. 10.2 Vannkjemi. - Kalking i laksevassdrag. Tiltaksovervåking 2011. DN-Notat 2012-1: 147-151.
- Saltveit, S.J., Brabrand, Å., Bremnes, T., Kleiven, E. & Pavels, H. 2009. Ogna. 3 Fisk. - Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2008. DN-notat. Internettutgave under utarbeidelse.
- Saltveit, S.J., Brabrand, Å., Bremnes, T. & Pavels, H. 2011. Ogna. 3 Fisk. - Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll 2010. DN-Notat 2011-4. Internettutgave s. 7-12.

- Sandaas, K., Enerud, J. & Wivestad, T. 2011. Elvemusling i Kampåa, Nes kommune i Akershus 2008-2010. – Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Miljøvernnavdelingen. Rapport x/2011 (rapporten er ikke formelt ferdigstilt).
- Sivertsen, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak. - NINA Utredning 10: 1-28.
- Skogheim, O.K., Rosseland, B.O. & Sevaldrud, I.H. 1984. Deaths of spawners of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in River Oga, SW Norway, caused by acidified aluminiumrich water. – Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 61: 195-202.
- Söderberg, H. 1998. Undersökningstyp: Övervakning av flodpärlmussla. Del III i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport 4887. 138 s.
- Söderberg, H., Norrgrann, O., Törnblom, J., Andersson, K., Henrikson, L. & Degerman, E. 2008. Vilka faktorer ger svaga bestånd av flodpärlmussla? En studie av 111 vattendrag i Västernorrland. – Länsstyrelsen Västernorrland. Kultur- och naturavdelningen. Rapport 8-2008. 28 s.
- Young, M. & Williams, J. 1984. The reproductive biology of the freshwater mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in Scotland. I. Field studies. – Arch. Hydrobiol. 99: 405-422.
- Young, M., Hastie, L. & al-Mousawi, B. 2001. What represents an "ideal" population profile for *Margaritifera margaritifera*? – s. 35-44 i: Wasserwirtschaftsamt Hof & Albert-Ludwigs Universität Freiburg. Die Flussperlmuschel in Europa – Bestandssituation und Schutzmassnahmen.
- Young, M.R., Hastie, L.C. & Cooksley, S.L. 2003. Monitoring the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera*. – Conserving Natura 2000 Rivers Monitoring Series No. 2 English Nature, Peterborough. 18 s.
- Ziuganov, V., Zotin, A., Nezlin, L. & Tretiakov, V. 1994. The freshwater pearl mussels and their relationships with salmonid fish. – VNIRO Publishing House, Moscow. 104 s.
- Økland, J. & Økland, K.A. 1986. The effects of acid deposition on benthic animals in lakes and streams. - Experimentia 42: 471-486.
- Österling, M., 2006. Ecology of freshwater mussels in disturbed environments. Dissertation, Karlstad University studies 2006: 53. 31 s.

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Forekomst av muslinglarver på laks i Ogna

Forekomst av muslinglarver på ettårige laksunger (1+) i Ogna i månedsskiftet april/mai 2017. Muslinginfeksjonen er presentert som prevalens (prosentandel av undersøkt fisk som er infisert), abundans (gjennomsnittlig antall larver på all fisk undersøkt) og infeksjonsintensitet (gjennomsnittlig antall larver på infisert fisk). N = antall fisk undersøkt; Gloch-N = antall muslinglarver totalt; Maks = maksimum antall muslinglarver på enkeltfisk. Jf. **figur 10**.

Stasjon	N	Gloch-N	Prevalens %	Abundans Gj.snitt	Intensitet Gj.snitt	Maks
1	17	12	29,4	0,7 ± 1,4	2,4 ± 1,5	4
2	16	14	18,8	0,9 ± 2,3	4,7 ± 3,5	8
3	16	8	18,8	0,5 ± 1,3	2,7 ± 2,1	5
4	16	68	50,0	4,3 ± 6,1	8,5 ± 6,1	18
5	14	23	35,7	1,6 ± 3,3	4,6 ± 4,3	11
6	16	33	43,8	2,1 ± 3,2	4,7 ± 3,4	9
7	24	66	37,5	2,8 ± 7,7	7,3 ± 11,5	37
8	18	12	16,7	0,7 ± 1,8	4,0 ± 2,6	6
9	20	5	5,0	0,3 ± 1,1	5,0	5
10	15	0	0	0	0	0
11	19	0	0	0	0	0
12	19	0	0	0	0	0
1-12	210	241	21,0	1,1 ± 3,6	5,5 ± 6,3	37

Forekomst av muslinglarver på to- og treårige laksunger (2+/3+) i Ogna i månedsskiftet april/mai 2017. Muslinginfeksjonen er presentert som prevalens (prosentandel av undersøkt fisk som er infisert), abundans (gjennomsnittlig antall larver på all fisk undersøkt) og infeksjonsintensitet (gjennomsnittlig antall larver på infisert fisk). N = antall fisk undersøkt; Gloch-N = antall muslinglarver totalt; Maks = maksimum antall muslinglarver på enkeltfisk. Jf. **figur 11**.

Stasjon	N	Gloch-N	Prevalens %	Abundans Gj.snitt	Intensitet Gj.snitt	Maks
1	12	4	16,7	0,3 ± 0,8	2,0 ± 0,0	2
2	11	12	45,5	1,1 ± 1,6	2,4 ± 1,7	5
3	12	242	25,0	20,2 ± 65,2	80,7 ± 126,7	227
4	12	15	16,7	1,3 ± 3,1	7,5 ± 3,5	10
5	13	342	53,8	26,3 ± 59,3	48,9 ± 75,8	216
6	10	518	80,0	51,8 ± 104,4	64,8 ± 114,3	341
7	6	144	50,0	24,0 ± 44,8	48,0 ± 57,4	112
8	12	1	8,3	0,1 ± 0,3	1,0	1
9	12	1	8,3	0,1 ± 0,3	1,0	1
10	13	0	0	0	0	0
11	9	0	0	0	0	0
12	10	3	10,0	0,3 ± 0,9	3,0	3
1-12	132	1282	25,0	9,7 ± 41,8	38,8 ± 77,4	341

Vedlegg 2. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Oga

Antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på 12 stasjoner i Oga som ble undersøkt i begynnelsen av juni 2018 basert på tidsbegrensede tellinger (fritelling). Relativ tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. minutt (levende dyr: N/min og tomme skall: NS/min). Jf. **figur 13** og **14**. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 9**.

Stasjon	Tid, min.	N	NS	N/min	NS/min
1	60	84	0	1,40	0
2	45	15	0	0,33	0
3	45	12	0	0,27	0
4	60	22	1	0,37	0,02
5	75	118	0	1,57	0
6	60	79	1	1,32	0,02
7	45	28	0	0,62	0
8	45	20	0	0,44	0
9	45	4	1	0,09	0,02
10	45	8	0	0,18	0
11	60	1	0	0,02	0
12	45	0	0	0	0
1-12	630	391	3	0,62	0,01
Gjennnitt ± sd				0,55 ± 0,56	0,01 ± 0,01

Antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på fem stasjoner i Oga som ble undersøkt i begynnelsen av juni 2018 basert på tellinger i transekter. Tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. m² (levende dyr: N/m² og tomme skall: NS/m²). Jf. **figur 16**. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 9**.

Stasjon	Areal	N	NS	N/m ²	NS/m ²
4	210	6	0	0,03	0
6	246	42	0	0,17	0
7	219	39	1	0,18	0,01
9	160	35	5	0,22	0,03
10	210	26	3	0,12	0,01
4-10	1045	148	9	0,14	0,01
Gjennnitt ± sd				0,14 ± 0,07	0,01 ± 0,01

Vedlegg 3. Kriterier og poengklasser for bedømmelse av levedyktighet

Söderberg (1998) og Henrikson mfl. (1998) foreslo en modell for å bedømme verneverdien (som også sier noe om levedyktigheten) av ulike lokaliteter med elvemusling. Modellen er senere modifisert av Larsen & Hartvigsen (1999). Det er valgt seks kriterier som er viktige for overlevelsen til en populasjon på lang sikt (populasjonsstørrelse, gjennomsnittstetthet, utbredelse, minste musling, andel muslinger mindre enn 20 mm og andel muslinger mindre enn 50 mm), og det gis 0–6 poeng innenfor hvert kriterium. Samlet poengsum plasserer muslingpopulasjonen innenfor en av tre klasser av status/levedyktighet: Klasse I – truet; liten levedyktighet, sårbar for ytterligere reduksjon og kan kreve omfattende tiltak (1–7 poeng), klasse II – sårbar; sannsynlig levedyktig, men tiltak bør utredes/gjennomføres (8–17 poeng) og klasse III – levedyktig; høy levedyktighet og meget høy verneverdi (18–36 poeng).

Kriterium	1 p	2 p	3 p	4 p	5 p	6 p
1 Populasjonsstørrelse (i tusen)	<5	5-10	11-50	51-100	101-200	>200
2 Gjennomsnittstetthet (ind/m ²)	<2	2,1-4	4,1-6	6,1-8	8,1-10	>10
3 Utbredelse (km)	<2	2,1-4	4,1-6	6,1-8	8,1-10	>10
4 Minste musling funnet (mm)	>50	41-50	31-40	21-30	11-20	≤10
5 Andel muslinger <2 cm (%)	>0-1	>1-2	>2-3	>3-4	>4-5	>5
6 Andel muslinger <5 cm (%)	>0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	>25

Ogna

Kriterium	Poeng 1999	Poeng 2002	Poeng 2005	Poeng 2008	Poeng 2011	Poeng 2018
1 Populasjonsstørrelse (i tusen)	1	1	1	1	2	2
2 Gjennomsnittstetthet (ind/m ²)	1	1	1	1	1	1
3 Utbredelse (km)	3	3	3	3	3	4
4 Minste musling funnet (mm)	5	5	3	1	2	3
5 Andel muslinger <2 cm (%)	1	1	0	0	0	0
6 Andel muslinger <5 cm (%)	1	3	1	0	1	1
Totalt antall poeng	12	14	9	6	9	11

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

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

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

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3321-7

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger