

0730

NINA Rapport

Elvemusling i Steinkjervassdragene: Status etter 30 år med *Gyrodactylus salaris* og flere forsøk på å utrydde lakseparasitten i Ognå og Figga, Nord-Trøndelag

Bjørn Mejdell Larsen
Elena Dunca
Sten Karlsson
Randi Saksgård



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Elvemusling i Steinkjervassdragene:
Status etter 30 år med *Gyrodactylus salaris*
og flere forsøk på å utrydde lakseparasitten
i Oгна og Figga, Nord-Trøndelag

Bjørn Mejdell Larsen
Elena Dunca
Sten Karlsson
Randi Saksgård

Larsen, B.M., Dunca E., Karlsson, S. & Saksgård, R. 2011.
Elvemusling i Steinkjervassdragene: Status etter 30 år med
Gyrodactylus salaris og flere forsøk på å utrydde lakseparasitten i
Ogna og Figga. - NINA Rapport 730. 79 s.

Trondheim, november 2011

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2317-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Bjørn Mejdell Larsen

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund, NINA

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Elisabeth Forsgren (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Jarle Steinkjer

FORSIDEBILDE

Elvemusling i øvre del av Figga . Foto: Bjørn Mejdell Larsen

NØKKELOORD

Ogna – Figga – elvemusling – overvåking – utbredelse – tetthet –
lengde – muslinglarver – vertsfisk (laks og ørret) – vannkvalitet

KEY WORDS

River Ogna – River Figga – freshwater pearl mussel – monitoring –
distribution – density - length - mussel larvae – host fish (Atlantic
salmon and brown trout) – water quality

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

Sammendrag

Larsen, B.M., Dunca E., Karlsson, S. & Saksgård, R. 2011. Elvemusling i Steinkjervassdragene: Status etter 30 år med *Gyrodactylus salaris* og flere forsøk på å utrydde lakseparasitten i Ogna og Figga. - NINA Rapport 730. 79 s.

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* har indirekte påvirket bestanden av elvemusling i store deler av Steinkjervassdragene. Siden parasitten ble innført til Figga i 1977 og senere spredte seg til Ogna, har bestanden av laks blitt kraftig redusert. Da larvene til elvemusling er avhengig av å parasittere laks, har mangel på fisk medført redusert rekruttering til bestanden av elvemusling. I tillegg har rotenonbehandling i seks av de siste 18 årene medført fiskedød som har forsterket mangelen på vertsfisk.

Det er gjennomført en undersøkelse av elvemuslingbestanden i Ogna og Figga i 2009. Det er undersøkt utbredelse og tetthet av muslinger samt rekruttering og alderssammensetning (lengdefordeling) i ulike deler av vassdragene med referanse til undersøkelser gjennomført på slutten av 1990-tallet. Elvemusling ble holdt i bur for å se på effekten av rotenonbehandlingene i 2008 og 2009. Noen viktige resultater fra undersøkelsen er:

- Elvemusling er påvist i nær 60 km elvestrekning i Steinkjervassdragene.
- Laks er viktigste vertsart for elvemuslingens larver på lakseførende strekning både i Ogna og Figga. I øvre del av Ogna (Skillegrind) derimot er ørret antatt å være primærvert for muslingene.
- Det er genetiske forskjeller mellom populasjonen av elvemusling i øvre del av Ogna (Skillegrind) sammenlignet med delpopulasjonene i midtre og nedre del av vassdraget (Hyllbrua, Brandsegg og Hornemann). Det er ingen genetisk forskjell mellom delpopulasjoner av elvemusling i Figga, og disse er samtidig nært beslektet med muslingpopulasjonene i nedre del av Ogna.
- Produksjonen av laksunger gikk kraftig ned fra tidlig på 1980-tallet i Ogna og Figga på grunn av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. Utlekking av lakserogn og utsetting av laksyngel og ettårige laksunger ga imidlertid en betydelig økning i tetthet av laksunger i periodene 1994-1997 og 2003-2005.
- I Ogna var det størst tetthet av elvemusling nedenfor Støafossen (nåværende lakseførende strekning), og tetthet og antall elvemusling økte fra 1999 til 2009 på grunn av høy nyrekruttering (flere sterke årsklasser). God rekruttering hos elvemusling sammenfalt med høy tetthet av laksunger. Dette medførte stor variasjon i årsklassestyrke hos elvemusling i Ogna nedenfor Støafossen. Til sammen 34 % av muslingene var 3-5 år gamle (årsklassene 2003-2005), og 21 % av muslingene var 11-13(-14) år gamle (årsklassene (1994)1995-1998). Om lag to tredeler av alle muslinger i Ogna nedenfor Støafossen var dermed yngre enn 30 år. I Ogna ovenfor Støafossen (Hyllbrua) ble det ikke påvist rekruttering (eller rekrutteringen var vesentlig svakere enn forventet) i de siste 25-30 årene sannsynligvis på grunn av stengingen av lakseoppgang i Støafossen.
- Det var størst tetthet av elvemusling i øvre del av Figga, og lavest nedenfor Lø (nåværende lakseførende strekning). Det var en sannsynlig nedgang i antall muslinger i Figga i løpet av perioden 1999-2009 på grunn av stengingen av lakseoppgang ved Lø. Det var varierende årsklassestyrke i Figga nedenfor fiskesperra ved Lø som i noen grad sammenfalt med høy tetthet av laksunger på grunn av utlegging av lakserogn eller utsetting av laksyngel. Ovenfor fiskesperra i Figga derimot ble det ikke funnet muslinger mindre enn 50 mm. Dette indikerer en aldring av bestanden med liten eller ingen rekruttering. I Figga var 23-25 % av muslingene nedenfor fiskesperra yngre enn om lag 30 år. Ovenfor fiskesperra var tilsvarende andel bare 2-4 %.
- Tilveksten til muslingene i lakseførende del av Ogna og Figga var høyere enn gjennomsnittet i de fleste muslingvassdrag. I Ogna var årlig tilvekst 6-8 mm i 5-10 års alder, mens den i Figga var 4-6 mm. Dette medfører at ti år gamle muslinger i Ogna og Figga var henholdsvis 51 og 42 mm lange.

- Muslingene i Ogna ved Skillegrind hadde vesentlig lavere tilvekst enn muslingene både ved Hyllbrua og på lakseførende del nedenfor Støa (Hornemannshølen og Motorbanen). Muslinger på 84-85 mm var 53-54 år ved Skillegrind, men bare 17-32 år nedenfor Støafossen.
- Elvemusling ved Skillegrind skilte seg dermed ut i forhold til elvemusling i resten av Ogna og i Figga både med hensyn til genetisk sammensetning, årlig tilvekst (lengde) og vertsfiskart for muslinglarvene ("ørretmusling" versus "laksemusling").

Bruk av surt aluminiumssulfat (AIS) i 2006 og 2007 hadde ingen direkte effekt på de voksne elvemuslingene i Ogna. Det ble ikke påvist dødelighet av muslinger relatert til behandlingen verken i forbindelse med eksponeringsforsøk eller ved observasjoner i vassdraget for øvrig. Men når det ble tilsatt vann med forhøyede aluminiumskonsentrasjoner i den perioden larvene var frittlevende, reduserte det muslinglarvenes vitalitet og mulighet til å infisere laks eller ørret på normal måte.

Denne og tidligere undersøkelser har ikke påvist dødelighet eller forflytning av muslinger i forbindelse med rotenonbehandlingene på grunn av den relativt korte eksponeringstiden og de lave dosene som er benyttet. Det direkte tapet av muslinger begrenset seg til en eller to årsklasser av muslinglarver som døde sammen med fisken de parasitterte på, og i år med utryddelse av all fisk vil det heller ikke være tilgjengelig vertsfisk i vassdragene når muslinglarvene slippes ut i vannet om høsten. Det er imidlertid observert at muslingene trekker seg sammen og lukker seg når "rotenonskyen" passerer. Muslingene var helt lukket i minst tre timer, og negativt påvirket i en periode på 5-6 timer under behandlingen i Ogna våren 2001. I Ogna og Figga var det flest gravide muslinger i andre halvdel av august, men det var ingen ting som tydet på at rotenonbehandlingene i 2009 virket negativt inn på produksjonen eller frigivelsen av muslinglarver.

Når laks er primærvert for larvene til elvemuslingen blir den særlig sårbar i vassdrag med *Gyrodactylus salaris*. Parasitten gir høy dødelighet av laksunger, og har indirekte ført til en reduksjon i rekrutteringen av elvemusling i Ogna og Figga. Det har vært rekrutteringssvikt i mange år på 1980- og 1990-tallet på grunn av lav tetthet av laksunger. Elvemuslingen har imidlertid en lang reproduktiv periode slik at bestanden kan ta seg opp igjen bare tiltak settes inn som øker antall laksunger i Steinkjervassdragene. Etter rotenonbehandlingene i 1993 og 2001-2002 ble det gjennomført kultiveringstiltak med utlegging av lakserogn og utsetting av laksyngel i vassdragene. I 1994-1997 og 2003-2005 var det derfor høy tetthet av laksunger som resulterte i svært høy nyrekruttering hos elvemusling. Når oppvekstforholdene generelt er tilfredsstillende slik som i Ogna og i noen grad også i Figga, vil de nyetablerte småmuslingene overleve og gi opphav til gode og sterke årsklasser som er med på å opprettholde bestanden av elvemusling på lang sikt.

I handlingsplanen for elvemusling er målet for arbeidet med forvaltning av elvemusling i et langsiktig perspektiv at den skal finnes i livskraftige populasjoner i hele Norge. Alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes eller forbedres. Ut fra en slik målsetting er det nødvendig å gjennomføre tiltak i Steinkjervassdragene for å øke rekrutteringen, og tiltak som kan bygge opp igjen bestanden av laksunger vil være ett viktig virkemiddel. Siden lakseparasitten *G. salaris* forårsaker fiskedød i Steinkjervassdragene vil tiltak som reduserer eller utrydder parasitten, være et positivt tiltak også for elvemuslingen.

Bjørn Mejdell Larsen, Sten Karlsson & Randi Saksgård, Norsk institutt for naturforskning, Postboks Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim
Elena Dunca, Naturhistoriska riksmuseet, Sektionen för paleozoologi, Box 50007, S-104 05 Stockholm, Sverige
e-post: bjorn.larsen@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	7
1 Innledning.....	8
2 Område	11
3 Metoder og materiale	16
3.1 Vannkvalitet og vanntemperatur.....	16
3.2 Muslinglarver på gjellene til laks og ørret.....	16
3.3 Elvemusling	17
3.3.1 Tetthet	17
3.3.2 Lengdefordeling	19
3.3.3 Graviditet.....	20
3.4 Analyse av muslingskall	20
3.4.1 Aldersbestemmelse og vekst.....	20
3.4.2 Kjemiske analyser.....	21
3.5 Genetiske undersøkelser av elvemusling	22
3.6 Burforsøk	23
3.6.1 Klekkekasser.....	23
3.6.2 Nettingbur	24
4 Resultater	25
4.1 Vannkvalitet og vanntemperatur.....	25
4.2 Muslinglarver på gjellene til laks og ørret.....	26
4.3 Elvemusling	28
4.3.1 Onga	28
4.3.1.1 Tetthet	28
4.3.1.2 Lengdefordeling	29
4.3.1.3 Graviditet.....	35
4.3.2 Figga	36
4.3.2.1 Tetthet	36
4.3.2.2 Lengdefordeling	36
4.3.2.3 Graviditet.....	39
4.4 Analyse av muslingskall	40
4.4.1 Aldersbestemmelse og vekst.....	40
4.4.1.1 Unge muslinger.....	40
4.4.1.2 Voksne muslinger	42
4.4.2 Kjemiske analyser.....	46
4.5 Genetiske undersøkelser av elvemusling	48
4.6 Burforsøk	50
4.6.1 Klekkekasser.....	50
4.6.2 Nettingbur	53
5 Diskusjon og oppsummering.....	55
5.1 Vannkvalitet	55
5.2 Vertsart for muslinglarvene (inkludert tetthet av laks og ørret)	55
5.3 Elvemusling	57
5.3.1 Utbredelse.....	57
5.3.2 Tetthet	57
5.3.3 Lengde- og aldersfordeling	60

5.3.4	Veksthastighet og årlig tilvekst	64
5.3.5	Forekomst av gravide muslinger	65
5.3.6	Forflytninger	66
5.3.7	Genetisk tilpasning mellom vassdrag og innad i vassdrag	67
5.4	Effekt av kjemisk behandling med aluminiumsulfat	67
5.5	Effekt av rotenonbehandling	68
6	Referanser	69
7	Vedlegg	73
	Vedlegg 1. Forsøk med elvemusling i klekkedasser og nettingbur	73
	Vedlegg 2. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall	77
	Vedlegg 3. Kjemiske analyser av muslingskall	79

Forord

Elvemusling har status som sårbar på den norske rødlista. Det finnes også en egen handlingsplan for arten som har som målsetting at det skal finnes livskraftige populasjoner med elvemusling i hele Norge, og at alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes eller forbedres. Ut fra en slik målsetting er det nødvendig å undersøke konsekvensene av inngrep og foreslåtte tiltak i vassdrag som har elvemusling. Det er da også gjennomført flere undersøkelser av elvemusling i Steinkjervassdragene (med hovedvekt på Ognå) i forbindelse med planlagte og gjennomførte rotenonbehandlinger i 2000 og 2001 og behandling med aluminiumssulfat i 2006 og 2007.

Muslinglarvene til elvemusling vil bare utvikle seg normalt på laks eller ørret i Norge. I anadrome vassdrag der laks dominerer vil laks normalt være den viktigste og kanskje den eneste vertsarten for muslinglarvene. Ovenfor vandringshindret i anadrome vassdrag derimot, og i små anadrome vassdrag (sjørretvassdrag) ser ørret ut til å være eneste vertsart. I 1999 ble det bemerkt at det var lite eller ingen rekruttering til bestanden i Ognå. I 2006 og 2007 var det imidlertid flere unge muslinger i vassdraget som var 9-11 år gamle. Dette samsvarer med sterke årsklasser av laks som er et resultat av utsetting og kultivering på midten av 1990-tallet. Hypotesen var derfor at sviktende rekruttering hos elvemusling skyldtes lav tetthet av vertsfisk, og en opprettholdelse av muslingbestanden var avhengig av en høy og stabil tetthet av laksunger.

NINA gjennomførte etter oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) en ny kartlegging og overvåking av elvemusling i Steinkjervassdragene (Ognå og Figga) i 2008 og 2009 i forbindelse med nye runder med rotenon-behandling for å utrydde lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. I tillegg til en effektovervåking av behandlingene i 2008 og 2009 skulle også eventuelle langtidsvirkninger av tidligere rotenon- og aluminiums-behandlinger undersøkes samt hvilken effekt tilstedeværelsen av *G. salaris* kan ha hatt på bestanden av elvemusling. Undersøkelsene ble i sin helhet bekostet av Direktoratet for naturforvaltning. Vi vil spesielt takke Jarle Steinkjer for hans interesse i prosjektet, og det hyggelige samarbeidet i perioden.

De genetiske prøvene ble analysert på NINAs genetiske laboratorium der Torveig Balstad har stått for tilrettelegging og analyser av innsamlede prøver. Kjetil Hindar har bidratt med sin kunnskap i diskusjonen vedrørende resultatet fra de genetiske analysene. Den kjemiske analysen av muslingskall ble gjennomført i samarbeid med Carl-Magnus Mörrth ved Stockholms Universitet, avdeling for geologi og geokjemi.

I forbindelse med feltarbeidet i 2009 deltok også Jon M. Bjerland, som takkes for all deltakelse og god hjelp. En spesiell takk går dessuten til Georg Smistad ved Steinkjer Racing Park som velvillig lånte ut bomnøkkel som sikret oss en enklere tilgang til elva.

Trondheim, november 2011

Bjørn Mejdell Larsen
Prosjektleder

1 Innledning

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* ble overført til Steinkjervassdragene med infisert smolt satt ut i Figga i 1977, og spredte seg så til Steinkjerelva og Ognå (Johnsen & Jensen 1985, Johnsen & Jensen 1991). Parasitten ble første gang oppdaget på fisk i vassdragene i 1980. Steinkjervassdragene ble rotenonbehandlet første gang i 1993 (**tabell 1**), men høsten 1997 ble parasitten igjen påvist i Byaelva. I 2001 og 2002 ble det gjennomført to mindre og en fullskala behandling med rotenon for å fjerne parasitten (Guttvik mfl. 2009). Men parasitten kom tilbake igjen til Ognå i 2005 (Hjeltnes mfl. 2006). En rotenonbehandling av nedre deler av vassdraget ble iverksatt umiddelbart (Stensli mfl. 2011), men kort tid etter ble parasitten også påvist lengre opp i vassdraget. Det ble deretter gjennomført en ny behandling, men med surt aluminiumssulfat (AIS) som hovedkjemikalium i hovedvassdragene i 2006 og 2007 (Kjøsnes mfl. 2007, Hagen mfl. 2008). Av ulike årsaker ble ikke denne metoden vellykket i Steinkjervassdraget, og parasitten var fortsatt til stede i vassdraget i 2007. En fullskala behandling med rotenon ble derfor gjennomført på nytt i 2008 og 2009 (Moen mfl. 2011).

Det er nå gjennomført til sammen fire større behandlinger mot lakseparasitten *G. salaris* i Steinkjervassdragene, og i åtte av de siste 18 årene har det vært til dels betydelige forstyrrelser og kjemiske påkjenninger på miljøet – inkludert bestanden av elvemusling i Ognå og Figga (**tabell 1**).

Tabell 1. Oversikt over tiltak som er gjennomført mot lakseparasitten *G. salaris* i Steinkjervassdragene.

År	Behandling	Ognå	Figga
1993	Rotenon	(2.-)4. juli	4. juli
2001	Rotenon	21. april og 3.-5. oktober	22. april og 5. oktober
2002	Rotenon	21.-28. august	21. og 29. august
2005	Rotenon	27. august	26.-27. august
2006	Aluminiumsulfat	22. august - 3. september	24. august - 2. september
2007	Aluminiumsulfat	19.-26. august	20.-26. august
2008	Rotenon	4.-5. oktober	5. oktober
2009	Rotenon	29.-30. august	31. august

De første undersøkelsene av elvemusling i Steinkjervassdragene ble gjort i 1999 da det ble gjennomført en kartlegging av utbredelse og forekomst av elvemusling i Ognå, Byaelva og Figga (Larsen mfl. 2000). Det ble funnet elvemusling i Figga mellom utløpet i sjøen og Leksalsvatnet. Det var høyest tetthet av muslinger i den øvre delen av vassdraget som hadde områder med mer enn 100 individ per m², og Figga utpekte seg med meget høy verneverdi for elvemusling. Det ble funnet elvemusling i Steinkjerelva/Byaelva mellom Steinkjer sentrum og Byafossen. Her var tettheten størst i Steinkjerelva og nedre deler av Byaelva. I Ognå var elvemusling til stede på hele strekningen mellom samløpet med Byaelva ved Gullbergaunet til Rokta. Det var størst tetthet i elva nedenfor Støafossen og i enkelte mindre områder mellom Bruem og Hornemannshølen samt i nedre del ovenfor Gullbergaunet. Det ble funnet gravide muslinger (muslinger som oppbevarte befruktete egg eller utviklede muslinglarver i gjellene) i både Ognå, Figga og Byaelva. Selve gyttetidspunktet (når muslinglarvene ble sluppet ut i vannet) varierte imidlertid mellom elvene.

Elvemusling har i løpet av sin livssyklus et parasittisk stadium på gjellene til laks eller ørret i Ognå og Figga (Larsen mfl. 2000, Larsen 2002). I Figga ble det funnet at laks fungerte best som vertsfisk for muslinglarvene. Nedenfor fiskesperra ved Lø var en høy andel av laksungene (87 %) infisert med et stort antall muslinglarver på våren 1999 (henholdsvis 229 og 679

muslinglarver i gjennomsnitt på ett- og toårige laksunger), men bare noen få muslinglarver ble funnet på 3 % av ørretungene. På den lakseførende delen av Ognå opp til Støafossen hadde også laks en mye høyere prevalens og intensitet sammenlignet med ørret. I mai 1999 var 88 % av de ettårige laksungene infisert med i gjennomsnitt 165 muslinglarver. Til sammenligning var bare 22 % av ørretungene infisert med 7 larver i gjennomsnitt. For å begrense utbredelsen av *G. salaris* i Ognå ble fisketrappa i Støafossen stengt i 1986. Ovenfor Støafossen (Hyllbrua) var det muslinglarver på ørret, men med lavere prevalens og intensitet enn forventet. I Figga ble det etablert ei fiskesperre i nedre del i 1988 (Rikstad & Grande 1992), og laks ble stengt ute fra store deler av anadrom strekning. Våren 1999 var bare et fåtall (4 %) av ørretungene infisert med muslinglarver ovenfor denne fiskesperra, og i et lite antall.

Effektundersøkelsene som så langt er gjort på elvemusling (Larsen 2001; 2002; 2008) har vist at både rotenonbehandling og kjemisk behandling med surt aluminiumholdig vann har hatt en begrenset effekt på muslingene. Det er ikke påvist forflytninger eller akutt dødelighet hos voksne muslinger ved noen av metodene. Ved bruk av rotenon ble det fastslått at det direkte tapet av muslinger begrenset til en eller to årsklasser av muslinglarver som døde samtidig med fisken de parasitterte på (Larsen 2001; 2002). Ved bruk av surt aluminiumssulfat ville en årsklasse av muslinglarver dø hvis den kjemiske behandlingen sammenfalt i tid med gyttetidspunktet hos elvemuslingen (Larsen 2008).



De voksne elvemuslingene står delvis nedgravd i substratet godt forankret i grusen ved hjelp av en muskuløs fot. Døde muslinger i form av tomme skall ligger spredt på elvebunnen, og er lette å oppdage. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.



Fiskesperra som ble bygd ved Lø i Figga ligger om lag en kilometer fra munningen i Beistadfjorden og stanser all videre oppvandring av laks i vassdraget. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

På grunn av infeksjon av *G. salaris* på laks i Ogna og Figga har bestanden av laksunger til tider vært kraftig redusert på den lakseførende strekningen siden begynnelsen av 1980-tallet (bl.a. Hope 1996). Hva har dette hatt å si for bestanden av elvemusling i Figga og Ogna? Det produseres ufattelige 9000 milliarder muslinglarver i Figga hvert år. Om ikke elvemuslingen i Figga har tilpasset seg ørret som vertsfisk, ville hele denne larveproduksjonen gå til spille hvert år, og rekrutteringen ville ha stanset opp ovenfor fiskesperra i Figga. Det var et spørsmål hvor lenge bestanden av elvemusling kunne klare seg uten at tiltak ble satt i verk for å styrke bestanden.

I 1999 var det liten eller ingen rekruttering av elvemusling i Ogna (Larsen mfl. 2000). I 2006 og 2007 ble det imidlertid bemerket at det fantes flere unge muslinger i vassdraget som var 9-11 år gamle (Larsen 2008). Dette kunne samsvare med sterke årsklasser av laks som et resultat av utsetting og kultivering på midten av 1990-tallet. Hypotesen var derfor at sviktende rekruttering hos elvemusling skyldtes lav tetthet av vertsfisk, og at en høy og stabil tetthet av laks var nødvendig for å opprettholde muslingbestanden i Steinkjervassdraget.

Det manglet imidlertid en oppdatert beskrivelse av bestandsstatus for elvemusling i Ogna og Figga, og det var usikkert hvordan elvemuslingen hadde klart seg i vassdragene. Det ble derfor foreslått å gjennomføre en oppdatert statusbeskrivelse som samtidig skulle gi en samlet vurdering av hvilke konsekvenser de tiltakene som var iverksatt for å fjerne *G. salaris* fra Steinkjervassdragene hadde hatt på elvemusling.

Fra prosjektbeskrivelsen gjengis her undersøkelsens formål:

1. Beskrive rekruttering og alderssammensetning (lengdefordeling) hos elvemusling i Ogna i 2009 med referanse til undersøkelser gjennomført på slutten av 1990-tallet. Finnes det noen sammenheng mellom svake og sterke årsklasser av laks og antall elvemusling - hvilken betydning har tettheten av laks og ørret på rekrutteringen hos elvemusling?
2. Beskrive hvilken effekt fiskesperra i Figga har hatt på bestanden av elvemusling. Undersøke rekruttering og alderssammensetning (lengdefordeling) hos elvemusling etter 20 år med manglende oppgang av laks til store deler av vassdraget.
3. Undersøke om rotenonbehandlingen sommeren 2009 virker inn på livssyklus hos elvemusling. Se om reproduksjon og graviditetsfrekvens utvikler seg normalt hos elvemusling høsten (august/september) 2009.
4. Hvordan reagerer elvemuslingen på gjentatte behandlinger? – stress og vekstforstyrrelser kan leses i skallet. Skiller disse seg fra naturlige episoder i vassdraget (tørke, flom, høy temperatur og lignende), og hvor lang varighet har de? Beskrive hvordan veksten til elvemusling har vært de siste 20-50 årene.
5. Beskrive genetisk mangfold hos elvemusling i Steinkjervassdragene. Det er atskilte populasjoner i Figga og Ogna – er de genetisk atskilt? Er det genetiske forskjeller på elvemusling i øvre og nedre del av Ogna?
6. Undersøke om det forekommer direkte dødelighet av elvemusling i Ogna under og etter de planlagte rotenonbehandlingene i 2008 og 2009. Burforsøk benyttes for å avdekke atferd og eventuell dødelighet hos elvemusling med spesiell vekt på de yngste årsklassene.
7. Gi en samlet vurdering av konsekvensen av rotenonbehandling og kjemisk behandling på elvemusling i Ogna – hvilken effekt har de ulike behandlingene hatt, og hvilken effekt hadde de planlagte behandlingene i 2008 og 2009 på fisk og muslinglarver? Hvor lang tid tar det før produksjonen av muslinglarver igjen er på normalt nivå?

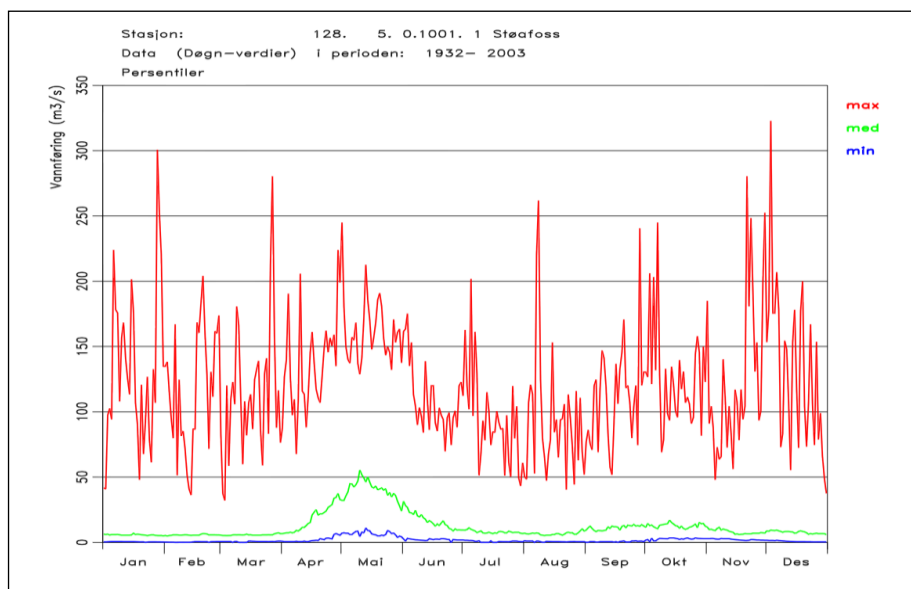
Resultatene fra disse undersøkelsene presenteres i denne rapporten.

2 Område

Begrepet *Steinkjervassdragene* brukes gjerne som en fellesbetegnelse for de to vassdragene som renner ut i Steinkjer by – Figga og Steinkjervassdraget. Steinkjervassdraget ligger i Steinkjer kommune (Nord-Trøndelag), og består av Byaelva og Onga som renner sammen om lag en kilometer ovenfor utløpet i Beistadfjorden og danner Steinkjerelva. Vassdraget har et nedbørfelt på 2143 km², hvorav Onga utgjør 578 km². Byaelva som kommer fra Snåsavatnet er regulert på Byafossen. Onga derimot er varig vernet mot kraftutbygging gjennom verneplan III (NOU 1983). Onga er et utpreget lavlandsvassdrag med 93 % av nedbørfeltet lavere enn 600 moh. Hovedelva Onga karakteriseres av å ha lite fall. På 33 km er fallet totalt 170 m, og det meste av dette utgjøres av fire fosser slik at elvepartiene består av lange strekninger med loner og stille elv. Vassdragets natur- og kulturverdier er utførlig beskrevet av Fylkesmannen i Nord-Trøndelag (2000).

Figga ligger også i Steinkjer kommune med utløp til Beistadfjorden ca 1,5 km sør for munningen av Steinkjerelva. Nedbørfeltet er på 275 km². Figga kommer fra Leksdalsvatnet (70 moh.). Den er 14 km lang, og har en årlig middelvannføring på 6 m³/s ved utløpet i sjøen.

Det er ingen hydrograf i Figga, slik at en nøyaktig oversikt over vannføringen finnes ikke. Vannføringen kan variere mye over relativt kort tid, men på grunn av det store Leksdalsvatnet får ikke Figga så raske fluktuasjoner som Onga. Karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i Onga ved målestasjonen 128.5 Støafoss er vist i **figur 1** (Pettersen 2007). Øverste kurve (max) viser største observerte vannføring og nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring. Den midterste kurven (med) er mediankurven, der det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne. Vi ser av mediankurven at selv om det vanligvis er størst vannføring i vassdraget i forbindelse med snøsmeltingen i mai, kan flommer opptre gjennom hele året i forbindelse med mye nedbør, ikke minst i vintermånedene. Onga har små innsjøarealer i nedbørfeltet, og vannføringen er ustabil.



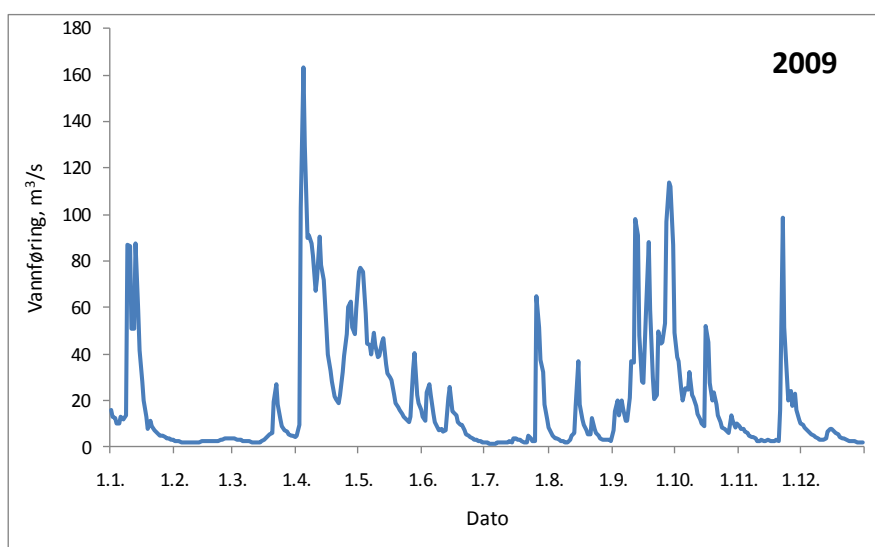
Figur 1. Karakteristiske vannføringer i Onga ved Støafoss for perioden 1932-2003. Fra Pettersen (2007).

De største flommene kommer stort sett i perioden november-mars, og det er sjelden at snøsmelteflommene om våren kan konkurrere i størrelse (Pettersen 2007). Flommen i månedsskiftet januar/februar 2006 var imidlertid ekstrem. Ved både Håkkadalsbrua ved Steinkjer og Støa-

foss var flommen betydelig større (50 %) enn den nest største som var i 1990. Ut fra de beregninger som er gjort hadde flommen ved Håkkadalsbrua, som kuliminerte på $948 \text{ m}^3/\text{s}$ og hadde et døgnmiddel på $876 \text{ m}^3/\text{s}$, et gjentaksintervall på mellom 200 og 500 år (Petterson 2007). Ved Støafoss kuliminerte flommen på $516 \text{ m}^3/\text{s}$ og hadde et døgnmiddel på $472 \text{ m}^3/\text{s}$. Også her hadde flommen et gjentaksintervall på mellom 200 og 500 år. Flommen førte til stor masse-transport og utgraving mange steder i Ogna. Bestanden av elvemusling ble også berørt av dette, og store mengder tomme skall ble registrert i hele vassdraget sommeren og høsten 2006.



Det var høy dødelighet av muslinger i Ogna etter ekstremflommen i januar/februar 2006. Det lå store mengder tomme skall i vassdraget hele sommeren og høsten 2006. Foto: Anton Rikstad.



Figur 2. Vannføring i Ogna ved Støafoss (vanntilstand 128.5) i 2009. Data fra NVE.

Vannføringen i 2009 var variabel gjennom året med flere moderate flomtopper (**figur 2**). Høyest vannføring var det i begynnelsen av april med en døgnmiddelverdi på $163,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Lavest vannføring ble målt i begynnelsen av juli med $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Når vannføringen går ytterligere ned vil det virke inn på utbredelsen av elvemusling i Ogna. I løpet av de siste 30 årene har dette forekommet i 1980, 1991, 2002, 2006 og 2007. Lavest vannføring var det i februar 1980 da det ble målt mindre enn $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ i en tidagers periode. I de andre årene var vannføringen lavest i mars (1991) eller i løpet av juli-august.



Ogna består av lange strekninger med loner og stille elv. På 33 km er fallet totalt bare 170 m. Bildene viser partier av elva fra Skillegrind, Hyllbrua, nedenfor Støafossen og Gulbergaunet. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Vannkvaliteten i vassdraget er sterkt dominert av det dominerende myrlandskapet i nedbørfeltet. Dette gir et brunfarget vann med høyt organisk innhold. Steinkjernelva er derfor et vassdrag med høyt fargetall, sterkt varierende turbiditet og relativt høyt innhold av kalsium (Løvhøiden 1993). Vassdraget er naturlig næringsrikt, har høy pH og god bufferevne. Steinkjernelva hadde en gjennomsnittlig pH på 6,86 i 1988-1990 (Løvhøiden 1993), og alkaliteten var $162 \mu\text{g/l}$. I Ogna var pH 6,8-6,9, kalsiuminnholdet (Ca^{2+}) 4,0-6,0 mg/l og alkaliteten 0,14-0,18 mekv/l i 1993-1994 (Arnekleiv 1997).

At Steinkjernelva er et vassdrag med høyt fargetall og varierende turbiditet ble bekreftet ved prøvetakingen i Ogna i august-september 2007 (Larsen 2008). Fargetallet ved Hyllbrua og Motorbanen var henholdsvis 100 og 93 FTU i gjennomsnitt. Dette tilsvarer en "meget dårlig" vannkvalitet i henhold til SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen mfl. 1997). Turbiditeten var gjennomgående høyere ved Motorbanen enn ved Hyllbrua, og vannkvaliteten var

henholdsvis "mindre god" og "god" med hensyn til turbiditet i august-september 2007. pH i Ogna ved Hyllbrua varierte mellom 6,4 og 7,0 i august-september 2007, og alkaliteten var gjennomgående høy (90-161 µg/l).

Andre vannkjemiske data fra 2006 og 2007 (Hagen mfl. 2008) viste at hovedvassdraget hadde pH i området 7,2-7,8, og bufferevnen var stor. Vassdraget hadde et betydelig innhold av løst organisk stoff, med konsentrasjoner av total organisk karbon (TOC) på 3,8-4,0 i Ogna og Steinkjernelva og 4,4-5,1 i Figga. Vassdraget ligger nær kysten og er noe sjøsaltpåvirket, med kloridkonsentrasjoner fra 3,4 til 7,1 mg/l (jf. Larsen 2008).

Laks stopper i dag ved Byafossen i Steinkjernelva ca 4,5 km fra sjøen. Ogna er oppgitt å være naturlig lakseførende bare opp til Støafossen; 18 km fra sjøen. Ogna er imidlertid utbygd med tre fisketrapper, og er gjort lakseførende til Furudalsfossen i Rokta og til Hyttfossen i Sør-Rokta; om lag 35 km fra sjøen. Fisketrappa i fossen ved Støa ble åpnet først i 1974, og noe senere ble det også åpnet en trapp i Hyttfossen ved Skillegrind. Etter at *G. salaris* ble påvist i Ogna ble fisketrappa i Støafossen stengt igjen i 1986 for å begrense utbredelsen av laks og dermed også parasitten i vassdraget.

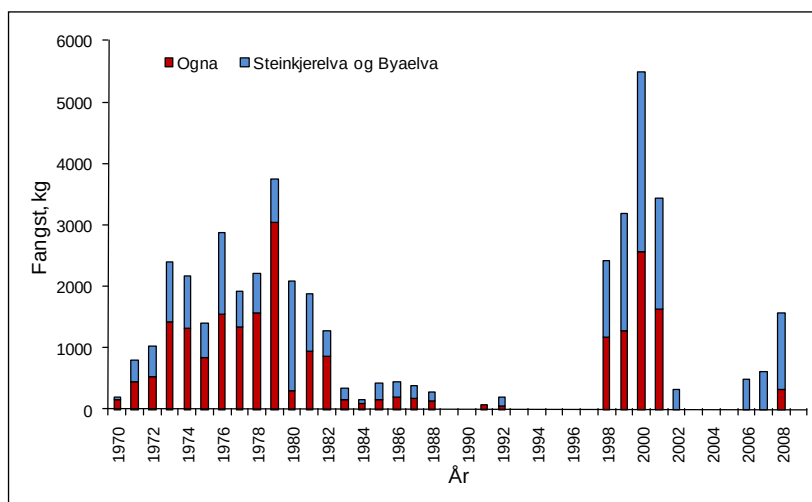


Figga kommer fra Leksdalsvatnet og faller 70 m på den 14 km lange strekningen ned til Beistadjorden. Bildene viser partier av elva fra Sagmo, Hafstad og Lø. Det er mange steder meget høy tetthet av muslinger. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

I Figga kan laks og sjørørret gå opp i Leksdalsvatnet som ligger 15 km fra sjøen, og videre ca 5 km opp i Lundselva, en tilløpselv til vatnet. Etter at *G. salaris* ble oppdaget i vassdraget ble det i løpet av våren 1988 bygget en laksesperre om lag en kilometer fra munningen av Figga. Fra det tidspunkt har ikke voksen gytelaks passert sperra. Om vi antar at den siste årsklassen av

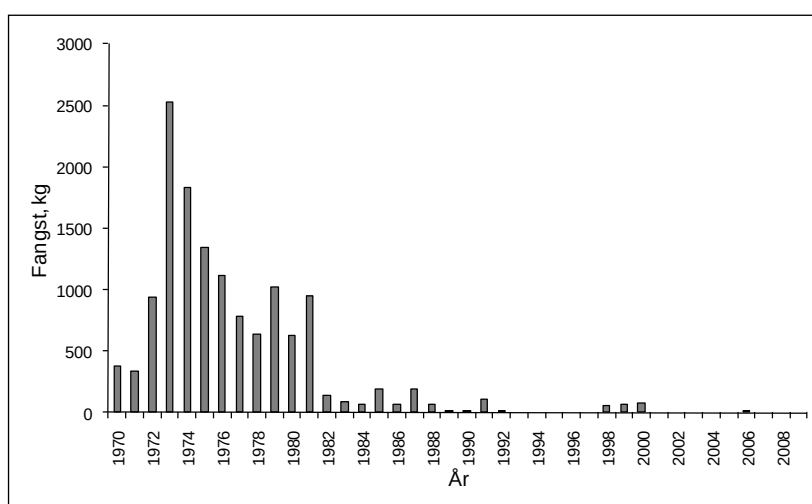
laksunger smoltifiserte og vandret ut våren 1990, vil det bare ha vært ørret i vassdraget etter det.

I følge den offisielle statistikken ble det i tiårs-perioden 1973-1982 fanget i gjennomsnitt 2,2 tonn laks i Steinkjervassdraget hvert år. Fangsten i Ogna utgjorde 60 % av dette. Størst fangst var det i 1979 med 3,7 tonn (hvorav 3,0 tonn i Ogna; **figur 3**). Etter 1979 minket imidlertid fangstene gradvis, sannsynligvis på grunn av *G. salaris*, og de årlige fangstene i perioden 1983-1988 varierte fra 280 til 446 kg. Fra 1988 ble elvefisket sterkt regulert, og i 1993 ble det innført totalt fiskeforbud i noen år. Steinkjervassdraget ble åpnet for fiske igjen i 1998, og totalfangsten var 2,4 til 5,5 tonn i 1998-2001. Det ble igjen innført restriksjoner på fisket fra 2002.



Figur 3. Årlig oppfisket kvantum av laks i Ogna og Steinkjerelva med Byaelva i perioden 1970-2009 (data fra SSB). Det var begrensninger i fisket eller totalt fiskeforbud i 1989-1997 og 2002-2009.

I Figga ble det i følge den offisielle statistikken fanget i gjennomsnitt 1,1 tonn laks hvert år i tiårs-perioden 1973-1982, med et toppår i 1973 med 2,5 tonn (**figur 4**).



Figur 4. Årlig oppfisket kvantum av laks i Figga i perioden 1970-2009 (data fra SSB).

Da *G. salaris* første gang ble påvist i Figga i 1980, var infeksjonen allerede høy. Selv om tettheten av laksunger fortsatt var god, var alderssammensetningen forskjøvet mot en overvekt av årsyngel og ettårige laksunger (Gyrodactylusprosjektet 1981). Det ble startet en overvåking av ungfiskbestanden i 1981 (Hope 1996, Johnsen mfl. 1999). Tettheten av laksunger var da allerede lav, og samsvarte med antagelsen om at *G. salaris* hadde vært i vassdraget en tid før den

ble oppdaget. Høsten 1981 var alle laksungene infisert med parasitten, og tettheten av laksunger avtok ytterligere mot midten av 1980-tallet.

Etter den første rotenonbehandlingen i 1993 ble det bare funnet årsyngel av laks nedenfor fiskesperra i Figga i 1994. I 1995-1997 var tettheten av laksunger vesentlig høyere enn før rotenonbehandlingen (13-33 laksunger eldre enn årsyngel per 100 m²; Hope 1996, Hjeltnes mfl. 2006). Etter at *G. salaris* ble påvist igjen i 1997 har tettheten av laksunger på nytt gått kraftig tilbake. Våren 2003 startet en reetablering av de lokale laksestammene. I 2003-2005 ble det lagt ut 150.000 øyerogn og satt ut nær 220.000 plommeseckyngel i Figga (Hjeltnes mfl. 2006).

Da *G. salaris* første gang ble påvist i Steinkjervassdraget i 1980, var laksungene allerede sterkt angrepet av parasitten i Steinkjerelva, nedenfor samløpet mellom Ogna og Byaelva. I 1981 var tettheten av eldre laksunger ca 6 individ per 100 m² i Ogna (Hope 1996). Den lave tettheten av laksunger tydet på at *G. salaris* hadde vært i vassdraget en tid før den ble oppdaget. Allerede i 1982 ble tettheten beregnet til 0,2 individ, og i årene fram til 1988 var tettheten av eldre laksunger lavere enn 2 individ per 100 m² i alle år (Hope 1996). Antall ørretunger holdt seg lavt i hele perioden. Overvåkingen viste at produksjonen av laksunger var svært lav i vassdraget fra tidlig på 1980-tallet og fram til rotenon-aksjonen i 1993. I 1994 besto fiskebestanden i Ogna utelukkende av årsyngel av laks og ørret, enkelte steder i overraskende høyt antall (Hope 1996). Senere (1995-1998) økte tettheten av laksunger (17-31 individer per 100 m², Johnsen mfl. 1999). Det ble satt ut nær en million årsyngel og 20.000 ettåringer av laks i Steinkjervassdraget i årene 1994-1997 (Hjeltnes mfl. 2006). Dessuten ble det lagt ut 250.000 rognkorn. Etter at *G. salaris* ble påvist igjen i 1997 har tettheten av laksunger på nytt gått kraftig tilbake. Våren 2003 startet en reetablering av de lokale laksestammene. I 2003-2005 ble det lagt ut 1,2 million øyerogn og satt ut nær 1,4 million plommeseckyngel i Ogna (Hjeltnes mfl. 2006). Dette ble fulgt opp med fiskeundersøkelser i 2004 og 2005, og tettheten av eldre laksunger var moderat høy i hele vassdraget (Hjeltnes mfl. 2006).

3 Metoder og materiale

3.1 Vannkvalitet og vanntemperatur

I forbindelse med prosjektet ble det tatt en vannprøve i begynnelsen av juli 2009 i Ogna og Figga for å sammenligne vannkvaliteten i de to vassdragene på en tilfeldig dato. Stasjonene som ble valgt var Motorbanen i Ogna (stasjon 211, **figur 5**) og Sagmo i Figga (stasjon 314). Prøvene ble samlet på 500 ml vannflasker, og analysert på Analysesenteret, Trondheim kommune.

Vanntemperatur ble målt med et håndholdt digitalt termometer (Ebro thermometer TFX 392) i forbindelse med feltarbeidet i vassdraget i 2008 og 2009.

3.2 Muslinglarver på gjellene til laks og ørret

Det er tidligere undersøkt infeksjon av muslinglarver på gjellene til laks og ørret i Ogna og Figga i 1999 (Larsen mfl. 2000), og i Ogna i 2001, 2006 og 2007 (Larsen 2002; 2008).

Infeksjon av muslinglarver ble kontrollert på nytt på årsyngel (alder 0+) og ettårige ungfisk (alder 1+) av laks og ørret i Figga og Ogna før rotenonbehandlingen høsten 2008. Det ble samlet inn fiskeunger på to stasjoner i Figga (Sagmo og Lø; henholdsvis ovenfor og nedenfor fiskesperra) og tre stasjoner i Ogna (Hornemannshølen nedenfor Støafossen samt Hyllbrua og Skillegrind ovenfor Støa) (**tabell 2**). Hvordan infeksjonen forløp på fiskeungene gjennom vinteren og fram til våren 2009 kunne ikke følges opp på grunn av rotenonbehandlingen. Målet

var derfor å se om reproduksjonen hadde fungert normalt i 2008, og om det var noen forskjell i antall muslinglarver på gjellene hos laks og ørret.

I tillegg er det inkludert resultatet av et materiale samlet inn fra Figga høsten 2003 og våren 2004 som ikke tidligere er rapportert.

All fisk ble fiksert på 4 % formaldehyd, og senere undersøkt under lupe med hensyn til forekomst av muslinglarver (= glochidier). Antall muslinglarver ble normalt talt opp bare på gjellene på fiskens venstre side. Ble det ikke funnet muslinglarver på disse gjellebuene, ble også gjellene på høyre side av fisken undersøkt. Resultatene er presentert som andel infiserte fisk av det totale antall fisk som er undersøkt (= prevalens), gjennomsnittlig antall muslinglarver på all fisk, dvs. snitt av både infiserte og uinfiserte fisk (= abundans) og gjennomsnittlig antall muslinglarver på infisert fisk (= infeksjonsintensitet).

Tabell 2. Innsamling av fisk i Figga og Ogna i 2008 med angivelse av antall fisk som ble kontrollert med hensyn til infeksjon av muslinglarver på gjellene.

Vassdrag	Dato	Stasjon	Laks		Ørret	
			0+	≥1+	0+	≥1+
Figga	04.10.08	303 Lø	5	4	6	0
	02.10.08	314 Sagmo	-	-	10	3
Ogna	02.10.08	205 Hornemannshølen	10	5	7	0
	02.10.08	215 Hyllbrua	-	-	4	4
	02.10.08	221 Skillegrind	-	-	1	2

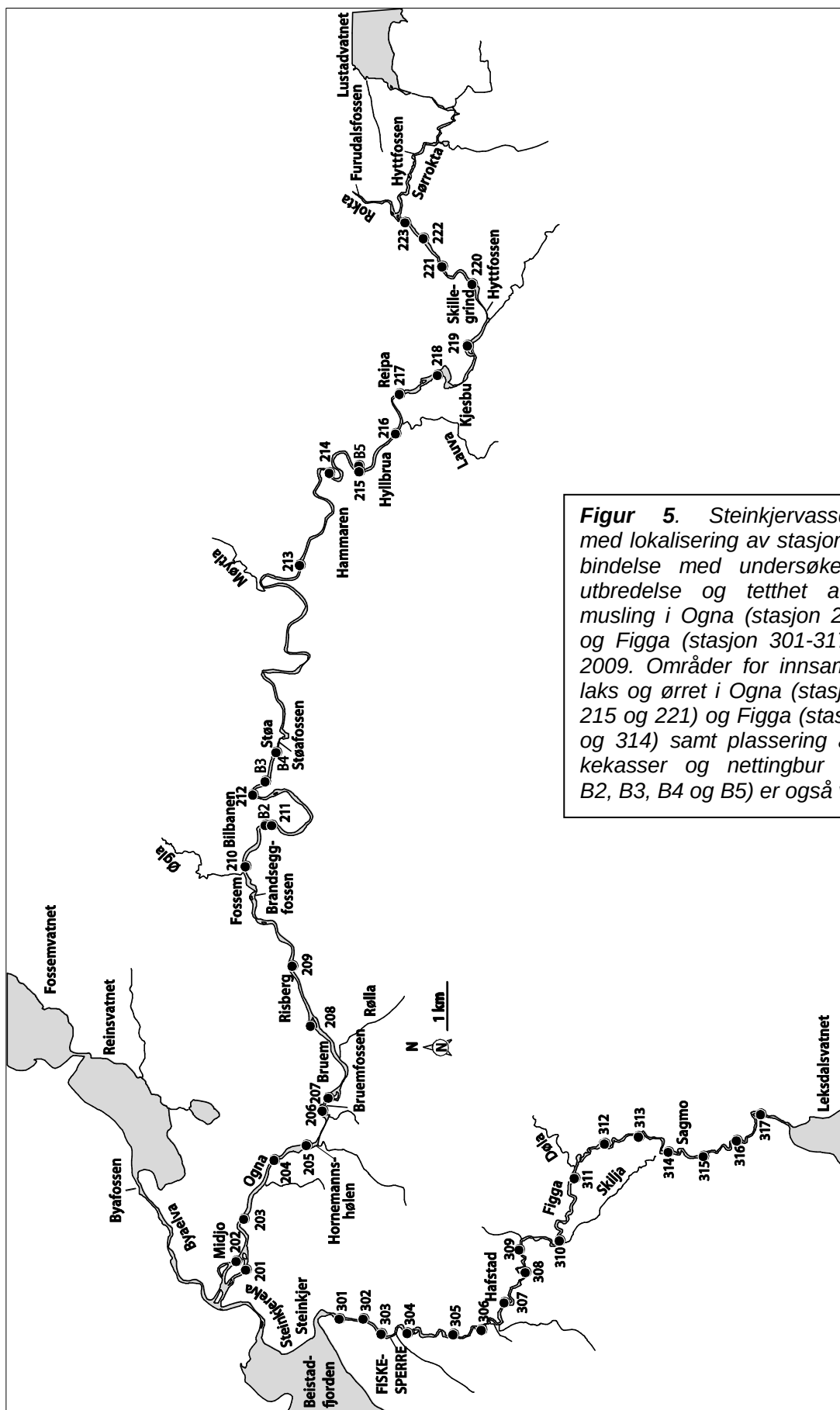
3.3 Elvemusling

3.3.1 Tetthet

Undersøkelse av utbredelse og tetthet av elvemusling ble gjennomført ved direkte observasjon (bruk av vannkikkert) og telling av synlige individer (Larsen & Hartvigsen 1999). Stasjonene som ble undersøkt tilsvarte i store trekk de samme stasjonene som ble undersøkt i 1999 (Larsen mfl. 2000). I Ogna ble det benyttet tidsbegrensede tellinger av 15 minutters varighet ("fritellinger") som metode for å bestemme tetthet i 1999, og samme metode ble benyttet i 2009 for å få best mulig sammenlignbare resultat. I Figga derimot ble det benyttet en kombinasjon av transekter og fritellinger i 1999 (Bakken & Barstad 2000, Larsen mfl. 2000). I 2009 ble det bare benyttet fritellinger. Det er vist at slike tellinger gir et bilde av relativ tetthet som er godt korrelert mot tetthet funnet ved telling i transekter i de samme områdene (Larsen & Hartvigsen 1999). Det ble telt både levende muslinger og tomme skall (døde individ) ved alle fritellingene.

Ogna

Det ble undersøkt 23 stasjoner til sammen i Ogna i 2009 (**figur 5**). Dette omfattet 12 stasjoner på nåværende lakseførende strekning opp til Støafossen og 11 stasjoner på referansestrekningen mellom Støafossen og Rokta. Det var mulig å vade tvers over elva på hele eller store deler av alle stasjonene, og telleområdene ble begrenset til den vadbare delen av elva. På grunn av lav vannføring var tilgjengeligheten god, men enkelte dypere partier måtte likevel utelates. Det ble gjennomført mellom tre og fem fritellinger av 15 minutters varighet på hver stasjon; til sammen 74 tellinger.



Figur 5. Steinkjervassdragene med lokalisering av stasjoner i forbindelse med undersøkelser av utbredelse og tetthet av elvemusling i Onga (stasjon 201-223) og Figga (stasjon 301-317) i juni 2009. Områder for innsamling av laks og ørret i Onga (stasjon 205, 215 og 221) og Figga (stasjon 303 og 314) samt plassering av klekkekasser og nettingbur (stasjon B2, B3, B4 og B5) er også vist.



Lakseførende del av Ogna ved Motorbanen ca 4 km nedenfor Støafossen. Området var en av hovedstasjonene i forbindelse med overvåking av elvemusling under rotenonbehandlingen av vassdraget i 2008 og 2009 (stasjon 211). Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Figga

Det ble undersøkt 16 stasjoner til sammen i Figga i 2009 (**figur 5**). Dette omfattet 3 stasjoner på nåværende lakseførende strekning opp til fiskesperra ved Lø og 13 stasjoner på strekningen mellom Lø og Leksdalsvatn. Det var mulig å vade tvers over elva på hele eller store deler av alle stasjonene, og telleområdene ble begrenset til den vadbare delen av elva. På grunn av lav vannføring var tilgjengeligheten god, men enkelte dypere partier måtte likevel utelates. Det ble gjennomført mellom tre og seks fritellinger av 15 minutters varighet på hver stasjon; til sammen 51 tellinger.

3.3.2 Lengdefordeling

Levende elvemusling ble lengdemålt med skyvelære til nærmeste 0,1 millimeter før de ble lagt tilbake i substratet. I tillegg ble tomme (og hele) muslingskall plukket opp og lengdemålt på samme måte.

For å undersøke om det fantes små muslinger nedgravd i substratet ble det i tillegg gravd i substratet på utvalgte, avgrensede områder. Alle synlige individ innenfor arealene ble plukket opp, steiner ble flyttet unna, og det ble gravd forsiktig i den øverste delen av substratet for å avdekke nedgravde muslinger. Antall muslinger nedgravd i substratet ble notert. Alle levende elvemuslinger ble målt med skyvelære til nærmeste 0,1 millimeter før de ble lagt tilbake i substratet.

Ogna

Det ble samlet inn levende elvemusling for lengdemåling på tre stasjoner i Ogna nedenfor Støafossen (stasjon 205, 207 og 210), en stasjon i midtre del av Ogna mellom Støafossen og Hyttfossen (stasjon 215) og en stasjon i øvre del av Ogna ovenfor Hyttfossen (stasjon 221). De 75 eller 80 "første" individ som ble observert i fritellingsområdet ble samlet inn fra hver enkelt sta-

sjon. Til sammen 380 levende elvemusling ble lengdemålt med skyvelære til nærmeste 0,1 millimeter før de ble lagt tilbake i substratet.

Det ble i tillegg gravd i substratet og samlet inn levende elvemusling for lengdemåling på de samme stasjonene nedenfor Støafossen og på den ene stasjonen ovenfor Hyttfossen. Det ble gjennomført henholdsvis 3,4, 3,1, 2,6 og 3,7 m² på stasjon 205, 207, 211 og 221, og det ble samlet inn 458 elvemusling til sammen for lengdemåling.

Figga

Det ble samlet inn levende elvemusling for lengdemåling på en stasjon i Figga nedenfor fiskesperra ved Lø (stasjon 303) og tre stasjoner på strekningen mellom fiskesperra og Leksalsvatnet (stasjon 307, 314 og 317). De 75 "første" individ som ble observert i fritellingsområdet ble samlet inn fra hver enkelt stasjon. Til sammen ble 300 levende elvemusling lengdemålt med skyvelære til nærmeste 0,1 millimeter før de ble lagt tilbake i substratet.

Det ble i tillegg gravd i substratet og samlet inn levende elvemusling for lengdemåling på en av stasjonene ovenfor fiskesperra. Det ble gjennomført 2,2 m² på stasjon 314, og det ble samlet inn 192 elvemusling til sammen for lengdemåling.

3.3.3 Graviditet

Graviditeten ble undersøkt ved å åpne skallene forsiktig og undersøke gjellene i felt med hensyn til forekomst av muslinglarver før muslingene ble lagt tilbake i substratet. Det ble gjennomført seks kontroller fra slutten av juli til begynnelsen av september 2009. På grunn av vedvarende høy vannføring hele resten av september var det ikke mulig å følge graviditeten fram til gytetidspunktet.

Ogna

Det ble undersøkt 20-22 muslinger med hensyn til graviditet på tre lokaliteter i Ogna i 2009; to stasjoner på lakseførende del (Hornemannshølen (stasjon 205) og Motorbanen (stasjon 211) (**figur 5**) og en referansestasjon ovenfor Støafossen (Hyllbrua (stasjon 215)).

Det ble også gjennomført en kontroll av graviditeten på stasjon 205 i midten av august og i begynnelsen av oktober 2008. Stasjon 215 ble også undersøkt i begynnelsen av oktober 2008.

Figga

Det ble undersøkt 12-20 muslinger med hensyn til graviditet på to lokaliteter i Figga i 2009 (Lø (stasjon 303) og Sagmo (stasjon 314); **figur 5**).

Det ble gjennomført en kontroll av graviditeten på de samme stasjonene også i begynnelsen av oktober 2008.

3.4 Analyse av muslingskall

3.4.1 Aldersbestemmelse og vekst

Det er ikke foretatt noen fullstendig aldersbestemmelse for alle lengdegrupper av levende elvemusling i Ogna og Figga i denne undersøkelsen. Et lite utvalg av små muslinger (mindre enn 60-65 mm) ble imidlertid samlet inn for nærmere undersøkelser. Hos unge individ er tilvekstringene i skallet tilstrekkelig definert slik at man med stor pålitelighet 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. Den innerste delen av skallet ved umbo blir tidlig erodert hos elvemusling slik at de første vintersonene ikke lenger kan gjenfinnes i skallet. Det kan derfor være vanskelig å vite nøyaktig hvor mange vintersoner

som skal legges til det antall som blir observert.

Aldersbestemmelse ble foretatt på 22 unge muslinger samlet inn fra Oгна nedenfor Støafossen (stasjon 205 (N = 12) og 207 (N = 10)). For individ som ble aldersbestemt, ble total skallengde målt ved hver vintersone (= årringsdiameter) til nærmeste 0,1 mm. I tillegg er det inkludert et materiale samlet inn i 2007 (N = 35; Larsen 2008). Dette ga grunnlag for å sette opp en vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos elvemusling i Oгна opp til 11-årsalder.

Aldersbestemmelse ble foretatt på 7 muslinger fra Figga samlet inn fra stasjon 303 (N = 1), 307 (N = 1), 308 (N = 1), 314 (N = 2), 316 (N = 1) og 317 (N = 1). For individ som ble aldersbestemt ble total skallengde målt ved hver vintersone (= årringsdiameter) til nærmeste 0,1 mm. Dette ga grunnlag for å sette opp en vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos elvemusling i Figga opp til 12-årsalder.

I tillegg ble det samlet inn voksne muslinger (skall) til aldersbestemmelse fra to stasjoner i Oгна nedenfor Støafossen (stasjon 205 (Hornemannshølen) og stasjon 211 (Motorbanen)) samt to referansestasjoner (stasjon 215 (Hyllbrua) og stasjon 221 (Skillegrind)) (**tabell 3**). I Figga ble det samlet inn skall fra en stasjon nedenfor fiskefella (stasjon 303 (Lø)) samt en referansestasjon (stasjon 314 (Sagmo)). Det ble samlet inn levende elvemusling for å få en sikker referanse for aldersbestemmelsen. Det ble tatt fire muslinger fra hver stasjon fordelt med to individ innenfor lengdeintervallet 84-95 mm og to individ som var 100-109 mm lange målt på ferskt materiale i felt (**tabell 3**). I tillegg ble ett individ på 134 mm tatt med som kontroll på alder på et eldre individ fra stasjon 211.

Tabell 3. Voksne elvemusling samlet inn til aldersbestemmelse og beregning av vekst.

Elv	Stasjon	Dato	Antall	Lengde, mm (feltnmåling)
Oгна	205 Hornemannshølen	25.06.09	4	86, 92, 102, 108
	211 Motorbanen	24.06.09	5	85, 86, 102, 109, 134
	215 Hyllbrua	23.06.09	4	86, 95, 104, 107
	221 Skillegrind	22.06.09	4	86, 87, 101, 105
Figga	303 Lø	30.06.09	4	84, 90, 103, 108
	314 Sagmo	01.07.09	4	85, 85, 100, 106

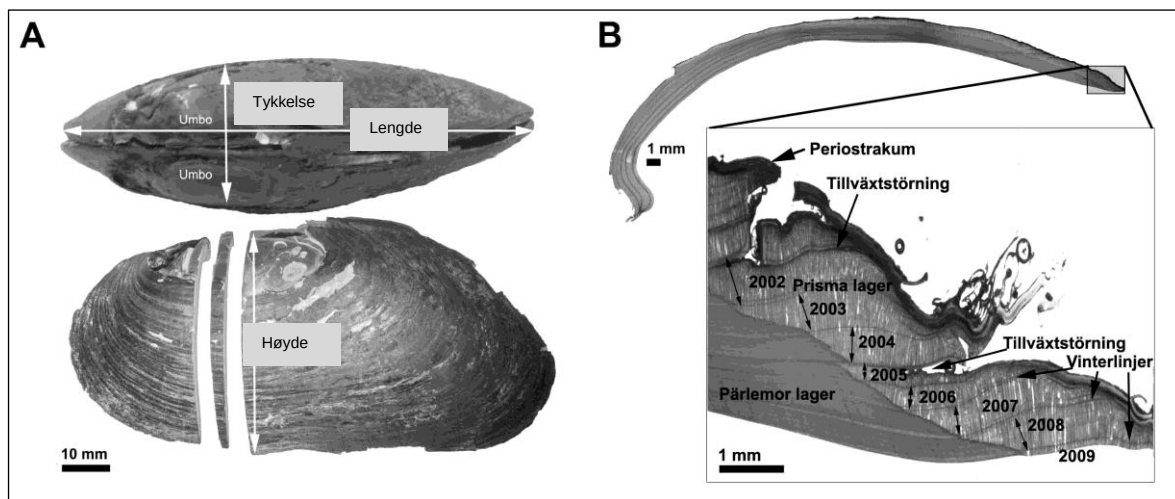
Ingen av de voksne muslingene kunne aldersbestemmes med pålitelig resultat ved å telle vintersoner på utsiden av skallet, da sonene blir liggende svært tett etter som veksten avtar med alderen. Det måtte da i stedet prepareres tynnslip av skallet (**figur 6A**) som ble pusset, polert og farget for å få fram vekstlinjene (se Dunca mfl. 2010 for nærmere beskrivelse av metoden). I tverrsnitt er den relative årlige tilveksten representert av den korteste avstanden som finnes mellom to vinterlinjer (markert med svarte piler i **figur 6B**). Den årlige tilveksten målt på denne måten er ikke sammenlignbar med tilveksten målt på unge muslinger der tilveksten måles i lengderetningen av skallet.

3.4.2 Kjemiske analyser

I hele elvemuslingens levealder lagres informasjon i skallet om forholdene i vassdraget den lever i. Muslingskall fungerer som miljøindikatorer (bl.a. Carell mfl. 1987, Dunca 1999, Dunca mfl. 2005), og registrerer aktivt forandringer i vannkvalitet og vanntemperatur.

Det ble plukket ut fire muslingskall til sammen til de kjemiske undersøkelsene i Oгна: to skall fra stasjon 211 (individnummer 21102 og 21103) og to skall fra stasjon 215 (individnummer

21503 og 21504). Til de kjemiske analysene ble alt organisk materiale (periostrakum) fjernet fra den samme skallhalvdelen som ble benyttet til preparering av tynnslip. Et 3 mm tykt snitt ble delt inn i små biter med bestemt alder og årstilvekst. Bitene fra muslingskallene ble veid og senere løst opp i nitrogensyre (salpetersyre). Det ble anvendt ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy) til de kjemiske analysene som kan måle en rekke spekter av grunnstoff ved veldig lave konsentrasjoner.



Figur 6. A. Skallenes ulike mål: Tykkelse, lengde og høyde. **B.** Tynnslip av muslingskall nummer 20502 fra Hornemannshølen som er etset med Mutveis blandning og fotografert i lysmikroskop. Vinterlinjer og linjer som angir tilvekstforstyrrelser er mørkere. En tydelig tilvekstforstyrrelse som går igjennom hele skallet sees under tilveksten på våren 2005, samt på høsten 2002 og 2001. De svarte pilene markerer avstanden mellom to vinterlinjer som et mål på den relative årlige tilveksten. Foto: Elena Dunca.

3.5 Genetiske undersøkelser av elvemusling

Prøver til analyse av genetisk variasjon ble tatt av ferskt materiale i felt. En bit av fremre lukkemuskel ble tatt ut og fiksert på 96 % etanol. Antall muslinger som ble samlet inn ble begrenset til 10 eller 15 individ fra hver lokalitet (**tabell 4**). De innsamlede muslingene ble deretter frosset og lagret for eventuelle framtidige analyser (referansemateriale).

Arvestoff (DNA) ble ekstrahert fra den spritfikserte delen av elvemuslingens fremre lukkemuskel, ved bruk av E.Z.N.A.TM tissue DNA kit (E.Z.N.A.®). Beskrivelse av ulike teknikker for å analysere DNA er beskrevet på bl.a. <http://gensidene.uib.no> og <http://www.bion.no/temaer/dna-analyser/>.

Tabell 4. Materiale samlet inn til genetiske analyser av elvemusling i Ognå og Figga 28. juni 2009.

Elv	Stasjon	Antall	Gj.snitt lengde ± SD	Minste	Største
Ognå	205 Hornemannshølen	10	108,5 ± 15,1	72,5	125,0
	210 Brandsegg	10	116,5 ± 12,2	102,9	140,4
	215 Hyllbrua	15	109,3 ± 12,3	96,3	136,5
	221 Skillegrind	15	94,2 ± 6,7	81,4	105,2
Figga	303 Lø	10	99,0 ± 11,9	72,3	114,7
	314 Sagmo	10	110,7 ± 11,6	88,3	130,2

Genotyping av mikrosatellitter

Det ble gjennomført genotyping av 70 individer av elvemusling fra 6 ulike lokaliteter (**tabell 4**) for åtte forskjellige mikrosatellitter. Mikrosatellitter er DNA-sekvenser på 100–300 basepar (=byggeklossene i arvestoffet) der arvestoffet "stammer" på den måten at de samme 2-4 byggeklossene er repetert et stort og varierende antall ganger. Dette gir mulighet for å finne et stort antall ulike genotyper i hver mikrosatellitt. En genotype er kombinasjonen av de to variantene av hvert gen (her: hver mikrosatellitt) som individet har fått fra henholdsvis far og mor. De to gen-variantene (eller allelene) kan være ulike – da er individet heterozygot i genet, eller de er like – da er individet homozygot i genet. Ved analyse av flere mikrosatellitter for et individ, er det mulig å påvise og kvantifisere genetiske forskjeller mellom individer og bestander.

Mikrosatellitter ble oppformert på laboratoriet med en polymerase-kjedereaksjon (PCR, polymerase chain reaction). PCR ble utført i to ulike multiplexer bestående av følgende mikrosatellitter: MarMa3050, MarMa3621, MarMa4322, MarMa4726, MarMa2671, MarMa4143, MarMa5167, MarMa5280 (Geist mfl. 2003). Hver multiplex PCR ble utført i et totalt reaksjonsvolum av 10 µl, bestående av henholdsvis 4,2 µM og 3,4 µM av primere for multiplex 1 og multiplex 2, men med forskjellige konsentrasjoner for hvert primerpar, 0,8 mM av hver dNTP, 1X reaksjonsbuffer bestående av 15mM MgCl og 1 unit av Hotstar polymerase (QiaGen). PCR ble kjørt på en Quattro Cyclo (VWR) med følgende program: Denaturering i 15 min ved 95 °C: 30 sykluser med denaturering ved 94 °C i 30 sekunder, avkjøling ved 55 °C i 30 sekunder og extension ved 72 °C i 45 sekunder. PCR ble avsluttet med et siste extension-steg ved 72 °C i 10 minutter. Fragmentene fra hver multiplex ble separert og visualisert med en ABI 3130xl DNA sekvenseringsmaskin (Applied Biosystems) og fragmentstørrelsene (antall basepar i hvert allel) ble bestemt med GENEMAPPER ver. 3.7 (Applied Biosystems).

Dataanalyse

Genepop v.4 (Raymond & Rousset 1995) ble brukt for å teste for mulige avvik fra genetisk (Hardy-Weinberg) likevekt, homogenitetstest av allelfrekvenser mellom populasjoner, beregning av forventet og observert heterozygositet og beregning av F_{ST} (det vanligst brukte mål på genetisk differensiering) (Weir & Cockerham 1984).

Mulige genotypingsfeil undersøkt med hjelp av MICRO-CHECKER (Van Oosterhout mfl. 2004). Estimert på antall forskjellige alleler i en populasjon uavhengig av sample-størrelse (allelrikdom; engelsk: allelic richness) ble utført i FSTAT v. 2.9.3 (Goudet 2001). For å teste om det var forskjell i forventet heterozygositet, allelrikdom og F_{ST} mellom grupper av populasjoner ble det benyttet opsjonen for dette i FSTAT v. 2.9.3 (Goudet 2001) med 1000 permutasjoner. Mulige forskjeller i allelrikdom og forventet heterozygositet mellom par av muslingpopulasjoner ble undersøkt med *Wilcoxon signed rank test* (ikke-parametrisk test) med hjelp av SPSS Statistics 18 (<http://www.spss.com/>). Den totale genetiske populasjonsstrukturen ble visualisert i en prinsippalkomponentanalyse (PCA, principal component analysis) basert på Neis parvise genetiske distanser (Nei 1972).

3.6 Burforsøk

3.6.1 Klekkekasser

Det ble plassert ut klekkekasser dekket med hønsenetting på fire stasjoner i Ognå 26. september 2008. De ble fylt med elvegrus/sand og gravd ned og forankret enkeltvis. Stasjonene var: B2) Motorbanen; ca 4 km nedenfor Støafossen, B3) Støa; 750 m nedenfor Støafossen, B4) Støafossen; 200 m nedenfor Støafossen og B5) Hyllbrua; referansestasjon ovenfor Støafossen (**figur 5**). I hver av kassene ble det satt inn 10 eldre (98-129 mm lange) og 5 unge (52-78 mm lange) muslinger.

Klekketassene som ble lagt ut i vassdraget i september 2008 ble kontrollert første gang et par dager før selve rotenonbehandlingen i begynnelsen av oktober (**vedlegg 1.1**). Atferd og even-

tuell dødelighet av muslinger ble deretter undersøkt under selve behandlingen 4. oktober 2008. Klekkekassa ved Støafossen (stasjon B4) ble kontrollert kl 11.00, om lag 5 timer etter oppstart av dosering, og kl 18.00, om lag 3 timer etter avsluttet dosering.

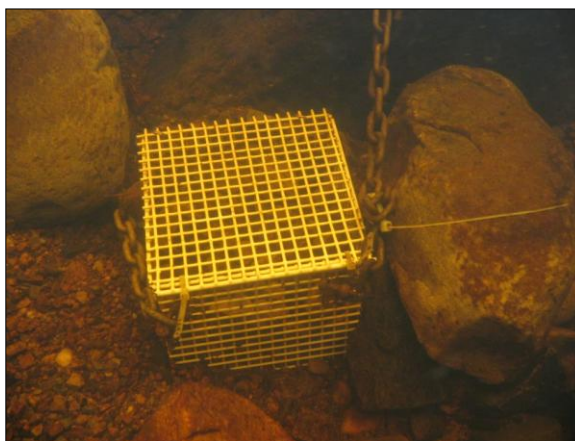
Ugunstige vannførings- og isforhold gjorde at klekkekassene ikke ble kontrollert ytterligere høsten 2008. Kassene ble derfor stående vinteren igjennom uten tilsyn. Tre av kassene klarte seg godt, og verken vannføring eller isdekke ødela eller flyttet kassene ut av posisjon. Klekkekassa nedenfor Støafossen (stasjon B4) forsvant imidlertid i løpet av vinteren. På tross av omfattende søk etter kassa ble den aldri gjenfunnet. Bare en av muslingene som hadde falt ut av kassa, ble gjenfunnet på elvebunnen. Kontroll og lengdemåling av alle muslinger i klekkekassene ble foretatt første gang 21. juni 2009. Kassene ble samtidig klargjort for videre overvåking i forbindelse med behandlingen i august 2009. Atferd og eventuell dødelighet av muslinger ble undersøkt på nytt i løpet av juli og august, og like etter at behandlingen var ferdig. Kassene ble kontrollert siste gang og tømt 28. oktober 2009.

3.6.2 Nettingbur

Det ble plassert ut små nettingbur med lokk på tre stasjoner i Ognå 26. september 2008. De ble fylt med elvegrus/sand og gravd ned og forankret enkeltvis. Stasjonene var: B2) Motorbanen; ca 4 km nedenfor Støafossen, B3) Støa; 750 m nedenfor Støafossen og B4) Støafossen; 200 m nedenfor Støafossen (**figur 5**). I hvert av nettingburene ble det satt inn 5 unge (46-83 mm lange) muslinger.

På grunn av høy vannføring og problemer med å se muslingene i buret uten å åpne lokket ble ikke muslingene kontrollert og lengdemålt før 21. juni 2009. Burene ble samtidig klargjort for videre overvåking i forbindelse med behandlingen i august 2009. Nettingburene på stasjon B2 og B3 ble kontrollert siste gang og tømt 28. oktober 2009. Nettingburet på stasjon B4 ble ikke gjenfunnet i oktober, og ble ikke kontrollert og tømt før 18. november 2009. Nettingburet på stasjon B4 like nedstrøms Støafossen fikk en dårlig plassering, og både flom og tørke skapte problemer (se **vedlegg 1.2**). Dette virket inn på veksten til muslingene.

Elvemuslingene som ble plassert ut i klekkekasser eller nettingbur ble lengdemålt med skyvelære til nærmeste 0,1 mm tre ganger: 1) ved utsetting i september 2008, 2) ved kontroll i juni 2009 og 3) ved avslutning av forsøket i oktober/november 2009. Lengdeøkning er benyttet som mål på vekst hos muslingene.



Klekkedekasser og nettingbur for oppbevaring av elvemusling ble plassert ut på henholdsvis fire og tre områder i Ognå i september 2008. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

4 Resultater

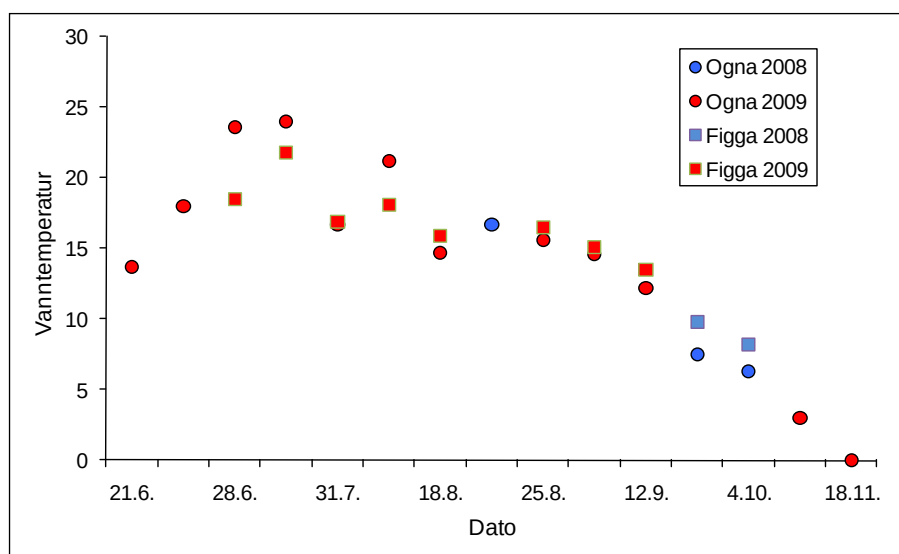
4.1 Vannkvalitet og vanntemperatur

Vannkvaliteten i Ogna og Figga er preget av det dominerende myrlandskapet i nedbørfeltet. Dette gir et brunfarget vann med høyt organisk innhold (konsentrasjoner av total organisk karbon (TOC) på 3,8-4,0 i Ogna og Steinkjerelva og 4,4-5,1 i Figga (Hagen mfl. 2008)). Begge elvene har relativt høyt fargetall, sterkt varierende turbiditet og relativt høyt innhold av kalsium. Vannkjemiske data viste at pH lå i området 7,2-7,5 i juli 2009, og bufferevnen var stor (**tabell 5**). Vassdragene ligger nær kysten og er noe sjøsaltpåvirket, med kloridkonsentrasjoner fra 3,4 til 5,6 mg/l. Vannkvaliteten i Ogna og Figga hadde mange likheter, men Figga skilte seg ut i negativ retning med hensyn til nitrat-innhold. I begynnelsen av juli 2009 var konsentrasjonen av nitrat henholdsvis 57 og 270 µg/l i Ogna og Figga (**tabell 5**).

Tabell 5. Vannkvaliteten i Ogna i august 2007 og juli 2009 til sammenligning med vannkvaliteten i Figga i juli 2009 angitt ved turbiditet (Turb, FTU), fargetall (Farge, mg Pt/l), konduktivitet (Kond, µS/cm), pH, alkalitet (Alk, µekv/l), kalsium (Ca, mg/l), natrium (Na, mg/l), sulfat (SO₄, mg/l), nitrat (NO₃, µg/l), total fosfor (Tot-P, µg/l), totalt syrereaktivt aluminium (Tr-Al, µg/l), jern (Fe, µg/l) og sink (Zn, µg/l).

Dato	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Kond µS/cm	pH	Alk µekv/l	Ca mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ µg/l	Tot-P µg/l	Tr-Al µg/l	Fe µg/l	Zn µg/l
Ogna													
13.08.07	1,60	55	104,0	7,34	324	4,39	4,12	1,64	59	3,6	80	347	0,72
03.07.09	0,78	27	51,0	7,51	314	5,53	3,38	1,85	57	1,7	44	214	0,50
Figga													
01.07.09	0,89	42	49,0	7,17	162	3,79	5,64	2,15	270	2,9	60	80	0,50

Vanntemperaturen i Ogna og Figga følger hverandre relativt godt gjennom sommeren og høsten (**figur 7**). I juli 2009 var temperaturen riktignok noe lavere i Figga, men fra midten av august holdt temperaturen i Figga seg noe høyere enn i Ogna resten av høsten.



Figur 7. Vanntemperatur i Ogna og Figga i juni-november 2008 og 2009.

4.2 Muslinglarver på gjellene til laks og ørret

Ogna

I begynnelsen av oktober 2008 var all laks og ørret infisert med muslinglarver i moderate mengder i Ogna ved Hornemannshølen (stasjon 205) (**tabell 6**). Det var fortsatt gravide muslinger på lokaliteten, og det var forventet en høyere infeksjon før gytingen var fullført. Størrelsen på muslinglarvene som var festet til gjellene på laks viste da også at de nettopp var frigitt (gjennomsnittlig lengde 0,08 mm, N = 20).

Ovenfor Støafossen finnes det ikke lenger laks da fossen er stengt for oppvandring. Ørretbestanden er også tynn på strekningen, og det var generelt lite ørret å finne. På tross av høy tetthet av musling ved Hyllbrua ble det bare funnet noen veldig få muslinglarver på ørretungene i området. Av åtte ørret var fem av dem infisert med til sammen sju muslinglarver når alle gjellebuene på begge sider av fisken ble talt opp. Noen av larvene hadde vokst litt i størrelse i begynnelsen av oktober (gjennomsnittlig lengde 0,09 mm, N = 6). Dette samsvarer med at gytingen var avsluttet, og at frigivelsen av larver skjedde noen dager tidligere ved Hyllbrua sammenlignet med lokaliteten ved Hornemannshølen (se kapittel 4.3.1.3).

Tabell 6. Registreringer av muslinglarver på gjellene på venstre side av ungfish av laks og ørret i Ogna i 2008. Infeksjonen av muslinglarver er presentert som prevalens (prosentandel av undersøkt fisk som er infisert), abundans (gjennomsnittlig antall larver på all fisk undersøkt) og intensitet (gjennomsnittlig antall larver på infisert fisk). N = totalt antall fisk samlet inn; Maks = maksimum antall muslinglarver på enkeltfisk; SD = standardavvik.

Stasjon	Dato	Art	Alder	N	Prevalens (%)	Abundans Gjennsnitt ± SD	Intensitet Gjennsnitt ± SD	Maks
205 Hornemann	02.10.	Laks	0+	10	100,0	60,9 ± 48,0	60,9 ± 48,0	156
			1+	5	100,0	21,8 ± 33,6	21,8 ± 33,6	81
		Ørret	0+	7	100,0	6,6 ± 4,3	6,6 ± 4,3	12
215 Hyllbrua	02.10.	Ørret	0+	4	75,0	0,0 ± 0,0 ¹⁾	0,0 ± 0,0 ¹⁾	1 ¹⁾
			1+	4	50,0	0,3 ± 0,5	0,5 ± 0,7	1
221 Skillegrind	02.10.	Ørret	0+	1	100,0	15,0	15,0	15
			1+	2	50,0	0,5 ± 0,7	1,0	1

¹⁾ En larve på gjellene på høyre side på tre ørret

Ved Skillegrind ovenfor naturlig anadrom strekning ble det bare undersøkt tre ørretunger, hvorav to av dem var infisert med henholdsvis 1 og 25 larver når alle gjellebuene på begge sider av fisken ble talt opp. Her gyter elvemuslingen tidligere enn i vassdraget for øvrig, og gjennomsnittlig lengde på muslinglarvene var 0,19 mm i begynnelsen av oktober (N = 11).

Figga

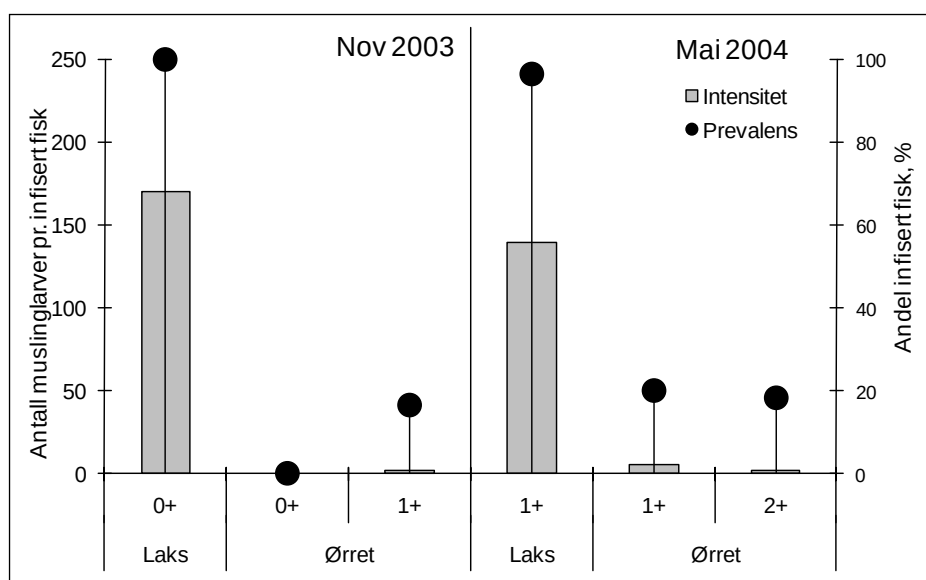
I begynnelsen av oktober 2008 var all laks og ørret infisert med muslinglarver i store mengder i Figga både ved Lø (stasjon 303 nedenfor fiskesperra) og ved Sagmo (stasjon 314) (**tabell 7**). Muslinglarvene hadde ikke startet å vokse, og var fortsatt veldig små (0,06-0,07 mm lange, N = 40). Det var noe lavere infeksjon på ørretungene nedenfor fiskesperra i forhold til laksungene samme sted, men ved Sagmo der tettheten av elvemusling er vesentlig høyere var antall muslinglarver ekstremt høyt. Gjennomsnittlig intensitet på ørretengel og ettårige ørretunger var henholdsvis 605 og 1930 muslinglarver på gjellebuene på fiskens venstre side (**tabell 7**). Det høyeste antall muslinglarver på én enkelt fisk var henholdsvis 1112 og 3191 individ for de to årsklassene. Fiskenes totale infeksjon var imidlertid det dobbelte (minimum 2200 og 6300 muslinglarver) da antall larver er om lag det samme på begge sider av fisken (B.M. Larsen upublisert materiale).

I 2003 ble det samlet inn fisk fire-seks uker senere på høsten, og forskjellen i intensitet av muslinglarver på gjellene til laks og ørret nedenfor fiskesperra ved Lø var betydelig (**figur 8**). Alle

laksungene (alder 0+) var i gjennomsnitt infisert med 170 muslinglarver på gjellebuene på fiskens venstre side (**tabell 7, figur 8**). Av de 17 ørretungene som ble undersøkt var det bare to ettårige ørretunger som hadde henholdsvis 1 og 2 muslinglarver på gjellene. Denne markerte forskjellen holdt seg gjennom hele vinteren, og i midten av mai 2004 var de ettårige laksungene fortsatt infisert med 140 muslinglarver i gjennomsnitt på gjellebuene på fiskens venstre side (**tabell 7, figur 8**). Av de 16 ørretungene som ble undersøkt var det bare én ettårig og to toårige ørretunger som hadde henholdsvis 1, 2 og 5 muslinglarver på gjellene.

Tabell 7. Registreringer av muslinglarver på gjellene på venstre side av ungfisk av laks og ørret i Figga i 2003, 2004 og 2008. Infeksjonen av muslinglarver er presentert som prevalens (prosentandel av undersøkt fisk som er infisert), abundans (gjennomsnittlig antall larver på all fisk undersøkt) og intensitet (gjennomsnittlig antall larver på infisert fisk). N = totalt antall fisk samlet inn; Maks = maksimum antall muslinglarver på enkeltfisk; SD = standardavvik.

År	Stasjon	Dato	Art	Alder	N	Prevalens (%)	Abundans Gjsnitt ± SD	Intensitet Gjsnitt ± SD	Maks	
2003	(301-)303 Lø	11.-15.11.	Laks Ørret	0+	20	100,0	170,4 ± 123,7	170,4 ± 123,7	481	
				0+	5	0	0	0	0	
				1+	12	16,7	0,3 ± 0,6	1,5 ± 0,7	2	
	307 Hafstad	31.10.	Ørret	0+	8	0	0	0	0	
				1+	5	60,0	1,2 ± 2,2	2,0 ± 2,6	5	
	314 Sagmo	31.10.	Ørret	0+	17	35,3	16,2 ± 59,1	45,8 ± 97,7	245	
				1+	5	20,0	0,4 ± 0,9	2,0	2	
2004	303 Lø	12.05.	Laks	1+	29	96,6	135,1 ± 123,9	140,0 ± 123,4	472	
				2+	1	100,0	1,0	1,0	1	
			Ørret	1+	5	20,0	1,0 ± 2,2	5,0	5	
				2+	11	18,2	0,3 ± 0,6	1,5 ± 0,7	2	
	314 Sagmo	12.05.	Ørret	1+	20	10,0	15,5 ± 63,0	155,0 ± 179,6	282	
				2+	7	0	0	0	0	
				2008	303 Lø	04.10.	Laks	0+	5	100,0
1+	4	100,0	1382,0 ± 318,1					1382,0 ± 318,1	1833	
Ørret	0+	6	100,0				208,2 ± 100,1	208,2 ± 100,1	330	
	314 Sagmo	02.10.	Ørret		0+	10	100,0	604,5 ± 319,4	604,5 ± 319,4	1112
					1+	3	100,0	1930,0 ± 1122,0	1930,0 ± 1122,0	3191



Figur 8. Muslinglarver på gjellene på venstre side av ungfisk av laks og ørret i Figga i november 2003 og mai 2004. Jf. **tabell 7**.

Ovenfor fiskesperra ved Lø finnes det bare ørret på det som normalt er lakseførende strekning opp til Leksdalsvatnet. I slutten av oktober 2003 var det én ørret yngel ved Sagmo som hadde 245 muslinglarver på gjellebuene på fiskens venstre side (**tabell 7**). Med unntak av dette individet var infeksjonen av muslinglarver lav og ubetydelig. Av de 34 resterende ørretungene som ble undersøkt var det bare mellom 1 og 13 muslinglarver på gjellene til ni av ørretungene.

Ved en ny kontroll i midten av mai 2004 var bildet det samme. Til sammen 27 ørretunger ble undersøkt, og bare to av de ettårige individene var infisert med henholdsvis 28 og 282 muslinglarver.

Veksten til muslinglarvene var dårligere på ørret enn på laks i Figga. I mai 2004 var muslinglarvene på laks 0,23 mm lange (N = 50). På ørretunger med lav infeksjon var muslinglarvene 0,14 mm lange (N = 27). Dårlig vekst hos muslinglarvene på ørret forklares med at de hemmes av et sterkt immunforsvar (Bauer 1987). På den ene ørretungen som hadde høy infeksjon derimot var muslinglarvene normalt utviklet, og like store som på laksungene (lengde 0,24 mm, N = 11). Dette viser at muslinglarvene kan utvikle seg normalt på enkelte ørretunger i Figga, og selv om laks er primærvert kan det forekomme en liten rekruttering av elvemusling på tross av mangel på laks.

4.3 Elvemusling

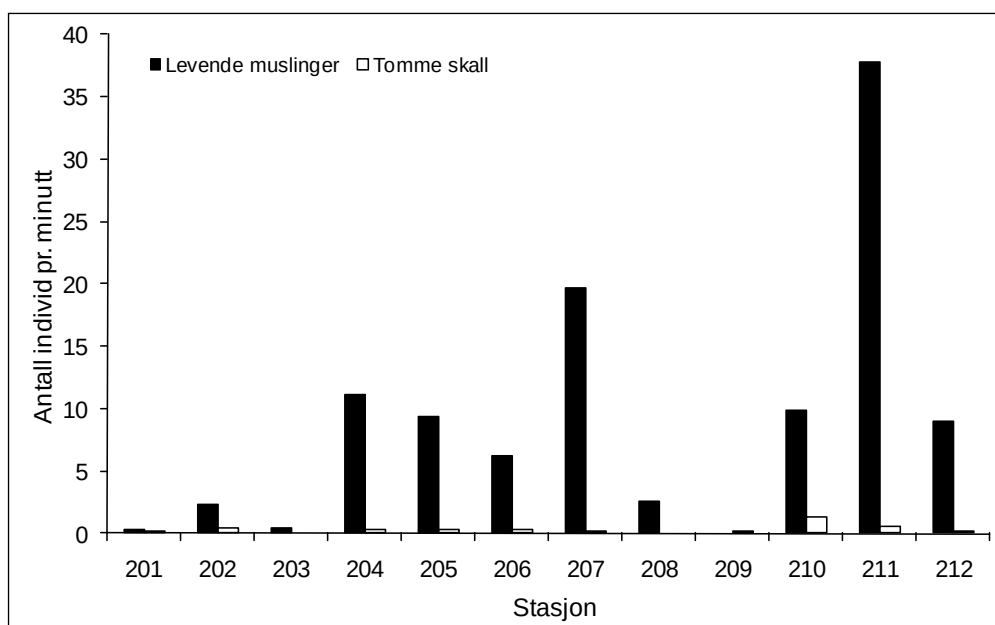
4.3.1 Ogna

4.3.1.1 Tetthet

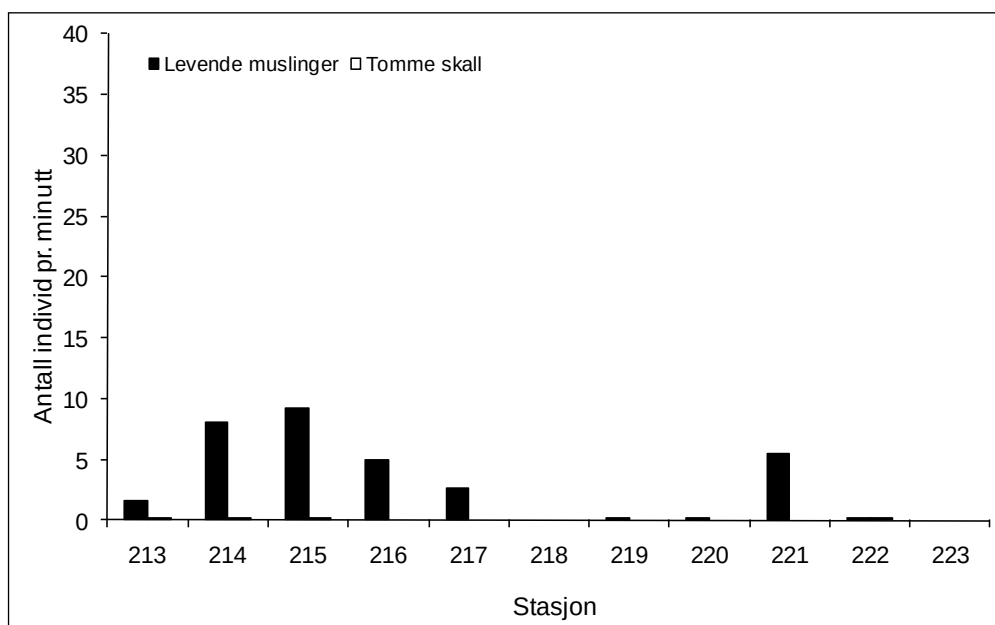
Det ble gjennomført 3-5 tellinger av 15 minutters varighet på 23 stasjoner i Ogna i juni 2009 (**vedlegg 2.1**). Det ble funnet elvemusling på hele strekningen fra samløpet med Byaelva ved Gullbergaunet og nesten opp til samløpet mellom Rokta og Sør-Rokta – totalt 35 km elvestrekning (**figur 9** og **10**). Det var ingen levende muslinger, bare rester av ett tomt skall like utenfor telleområdet, på stasjon 223. På en stasjon nedenfor Hyttfossen ved Skillegrind (stasjon 218) og en stasjon ved Risberg (stasjon 209) ble det heller ikke funnet levende elvemusling. Antall elvemusling varierte mellom 0,04 og 37,75 individ per minutt observasjonstid på de 20 stasjonene med levende muslinger. Gjennomsnittet for alle stasjonene samlet var 6,13 individ per minutt.

Det er funnet en sammenheng mellom den relative tettheten av muslinger funnet ved fritellinger og tettheten i transekter eller telleflater i de samme områdene (Larsen & Hartvigsen 1999). En oppdatert dataanalyse (B.M. Larsen upublisert materiale) beskriver denne sammenhengen ved ligningen: $y = 0,0001x^3 - 0,0051x^2 + 0,3791x - 0,073$ ($R^2 = 0,72$) der x er antall levende individ funnet per minutt søketid. Etter dette vil 6,13 individ per minutt i gjennomsnitt på "fritellingene" tilsvare 2,1 individ per m² elveareal.

Det var generelt høyest tetthet av muslinger nedenfor Støafossen (stasjon 201-212; **figur 9**) der gjennomsnittlig tetthet var 9,06 individ per minutt søketid eller om lag 3,0 individ per m². Tettheten av muslinger på strekningen Støafossen-Hyttfossen (stasjon 213-219; **figur 10**) var bare 3,80 individ per minutt (1,3 individ per m²), og ovenfor Hyttfossen (stasjon 220-223; **figur 10**) var det bare 1,44 individ per minutt (0,5 individ per m²).



Figur 9. Relativ tetthet av levende elvemusling og tomme skall i nedre del av Oga (stasjon 201-212) i 2009 basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall muslinger per minutt). Jf. vedlegg 2.1.

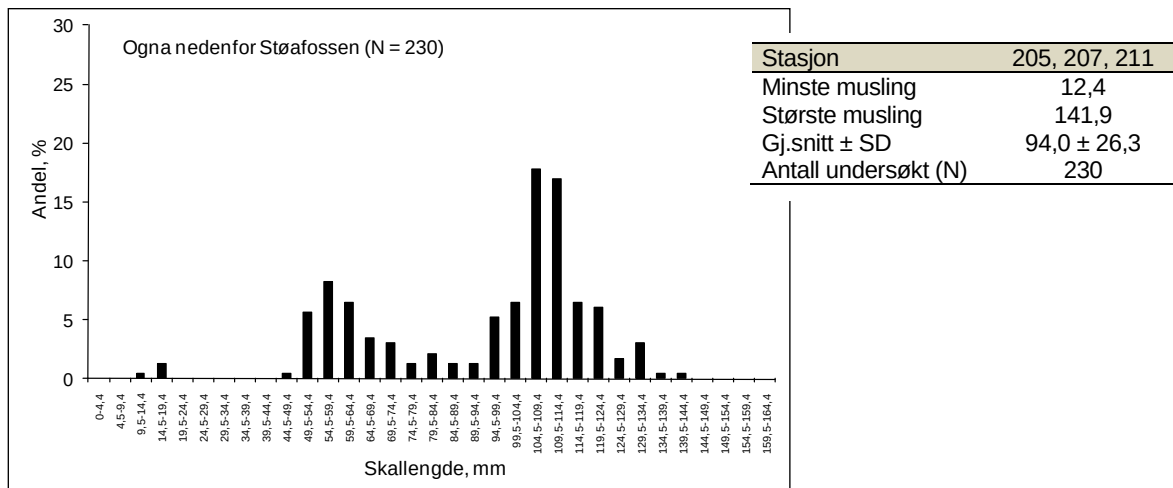


Figur 10. Relativ tetthet av levende elvemusling og tomme skall i øvre del av Oga (stasjon 213-223) i 2009 basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall muslinger per minutt). Jf. vedlegg 2.1.

4.3.1.2 Lengdefordeling

Lengden til de 75 eller 80 "første" levende elvemusling som ble observert på tre stasjoner i Oga nedenfor Støafossen (stasjon 205, 207 og 211; N = 230) varierte fra 12 til 142 mm i juni 2009 (figur 11 og 12). Hovedvekten av muslingene var 95-125 mm lange. Det var få muslinger i

lengdeintervallet 75-95 mm, mens det var en høy andel muslinger i lengdeintervallet 50-65 mm. Dette viser at det har vært en svak eller sviktende rekruttering i en periode før rekrutteringen igjen har tatt seg opp igjen. Gjennomsnittslengden var 94 mm (N = 230; SD = 26). Det var bare 6 individer (2,6 %) som var mindre enn 50 mm, og fire av disse var mindre enn 20 mm.



Figur 11. Lengdefordeling basert på funn av de 75 eller 80 "første" levende muslinger (uten graving i substratet) fra tre stasjoner i nedre del av Ogna (stasjon 205, 207 og 211 nedenfor Støafossen) i juni 2009; til sammen 230 muslinger (jf. figur 12).

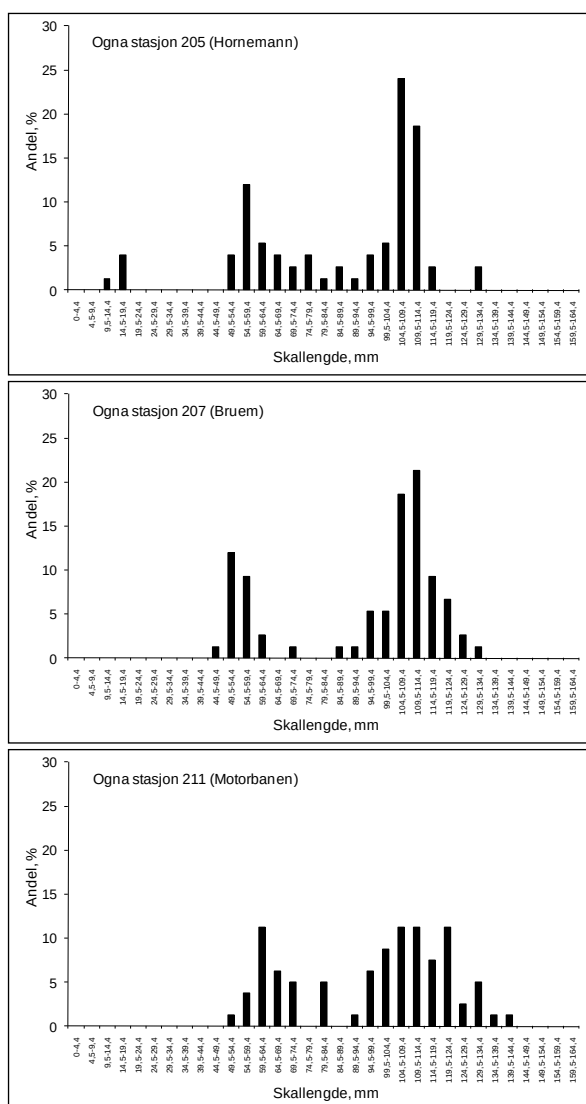
Mellom Støafossen og Hyttfossen ble lengdefordelingen undersøkt på en stasjon ved Hyllbrua (stasjon 215). Lengden til de 75 "første" levende elvemusling som ble observert varierte fra 81 til 143 mm i juni 2009 (figur 13). Gjennomsnittslengden var 107 mm (N = 75; SD = 13). Ingen muslinger var mindre enn 50 mm.

Ovenfor Hyttfossen ble lengdefordelingen undersøkt på en stasjon ved Skillegrind (stasjon 221). Lengden til de 75 "første" levende elvemusling som ble observert varierte fra 45 til 104 mm i juni 2009 (figur 14). Gjennomsnittslengden var gjennomgående mindre på denne strekningen enn i resten av vassdraget (L = 84 mm; SD = 13; N = 75). Største musling var om lag 40 mm mindre enn det som ble funnet i resten av Ogna. Bare en musling var mindre enn 50 mm (1,3 %).

Enkelte elvemusling vil til en hver tid være helt eller nær fullstendig nedgravd i substratet (Larsen mfl. 2007), og vil ikke observeres med bruk av vannkikkert. I en undersøkelse fra Sverige fant Bergengren (2000) i gjennomsnitt at om lag 80 % av individene ble oppdaget ved direkte observasjon, men andelen avtar når det er et stort antall unge individ (Young mfl. 2001). For muslinger som er 30-50 mm lange vil bare 25-50 % av individene være synlige (Larsen mfl. 2007, Degerman mfl. 2009). For 80-100 mm lange muslinger derimot vil 85-90 % av individene være synlige.

Det ble gravd i substratet på tre stasjoner i nedre del av Ogna i juni 2009 i områder med god tetthet av muslinger (stasjon 205, 207 og 211). Graving i substratet avdekket nedgravde muslinger på alle stasjonene i varierende antall (tabell 8). I gjennomsnitt ble bare halvparten av muslingene oppdaget ved direkte observasjon i Ogna i juni 2009. Det var uvanlig mange unge muslinger (10-20 mm lange) på stasjon 205 ved Hornemannshølen som var hovedårsaken til dette.

I den øvre delen av Ogna ble det bare gravd i substratet på en stasjon (stasjon 221) der tettheten var høy nok til at det lot seg gjøre å finne et tilstrekkelig antall muslinger innenfor et rimelig areal. Det var bare 7 % av muslingene i dette området som ikke ble oppdaget ved direkte observasjon.

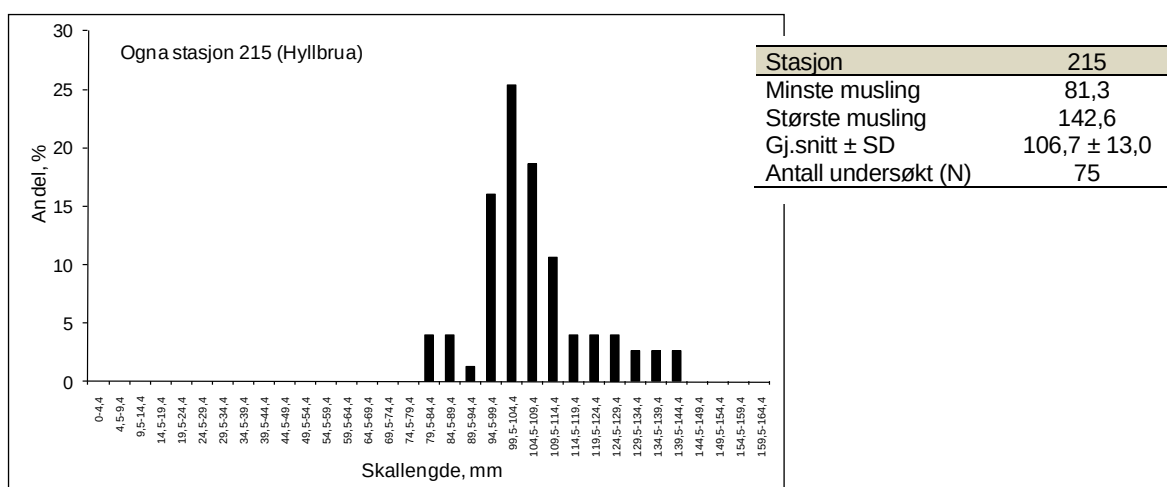


Stasjon	205
Minste musling	12,4
Største musling	130,4
Gj.snitt ± SD	121,4 ± 27,9
Antall undersøkt (N)	75

Stasjon	207
Minste musling	48,0
Største musling	131,8
Gj.snitt ± SD	129,2 ± 24,6
Antall undersøkt (N)	75

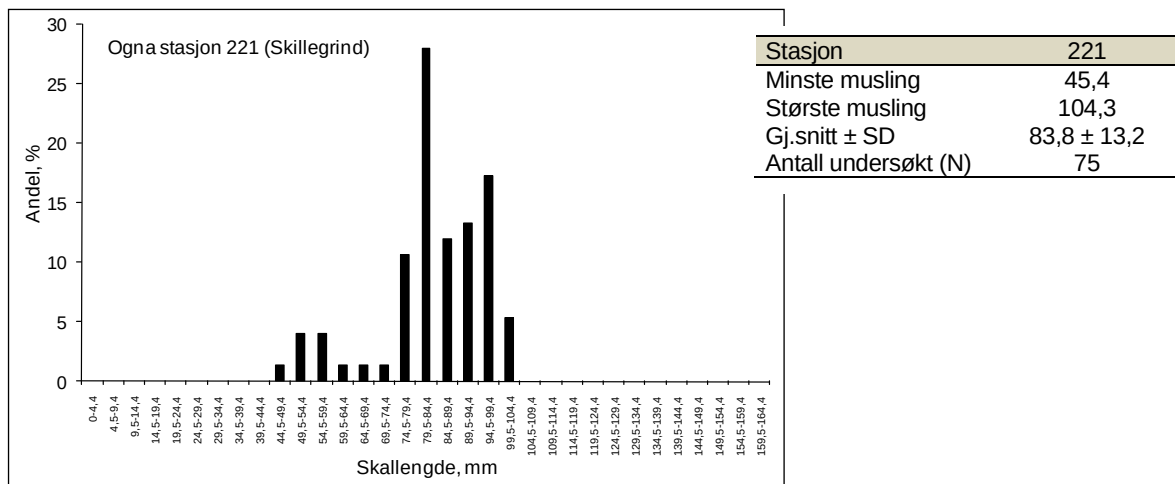
Stasjon	211
Minste musling	52,7
Største musling	141,9
Gj.snitt ± SD	104,3 ± 4,6
Antall undersøkt (N)	80

Figur 12. Lengdefordeling basert på funn av de 75 eller 80 "første" levende muslinger (uten graving i substratet) på stasjon 205, 207 og 211 nedenfor Støafossen i Ogna i juni 2009.



Stasjon	215
Minste musling	81,3
Største musling	142,6
Gj.snitt ± SD	106,7 ± 13,0
Antall undersøkt (N)	75

Figur 13. Lengdefordeling basert på funn av de 75 "første" levende muslinger (uten graving i substratet) på stasjon 215 i Ogna mellom Støafossen og Hyttfossen i juni 2009.



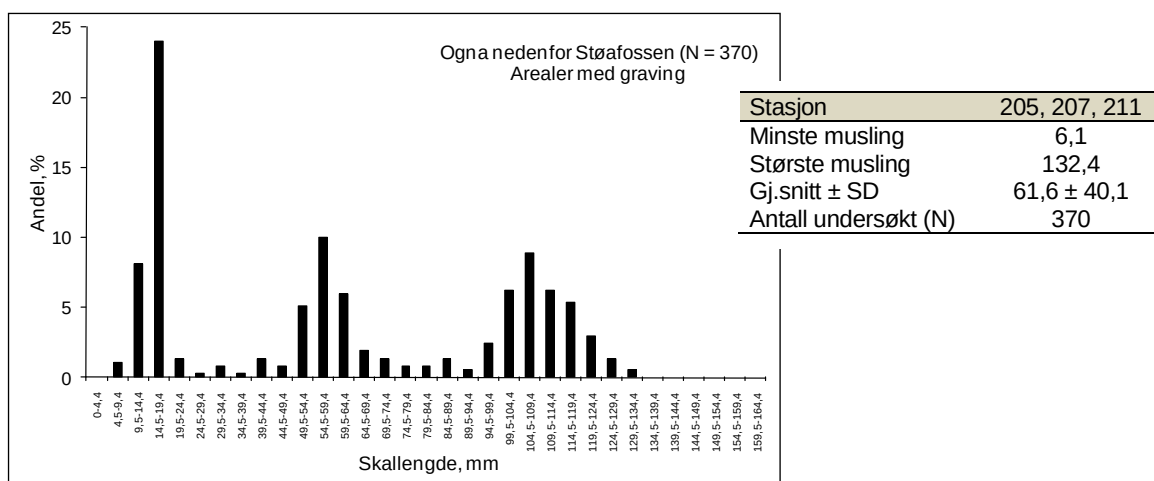
Figur 14. Lengdefordeling basert på funn av de 75 "første" levende muslinger (uten graving i substratet) på en stasjon i øvre del av Oga (stasjon 221 ovenfor Hyttfossen) i juni 2009.

Tabell 8. Antall synlige elvemusling og andel nedgravde individ funnet ved graving i substratet i nedre del av Oga (stasjon 205, 207 og 211) og i øvre del av Oga (stasjon 221) i juni 2009. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 5**.

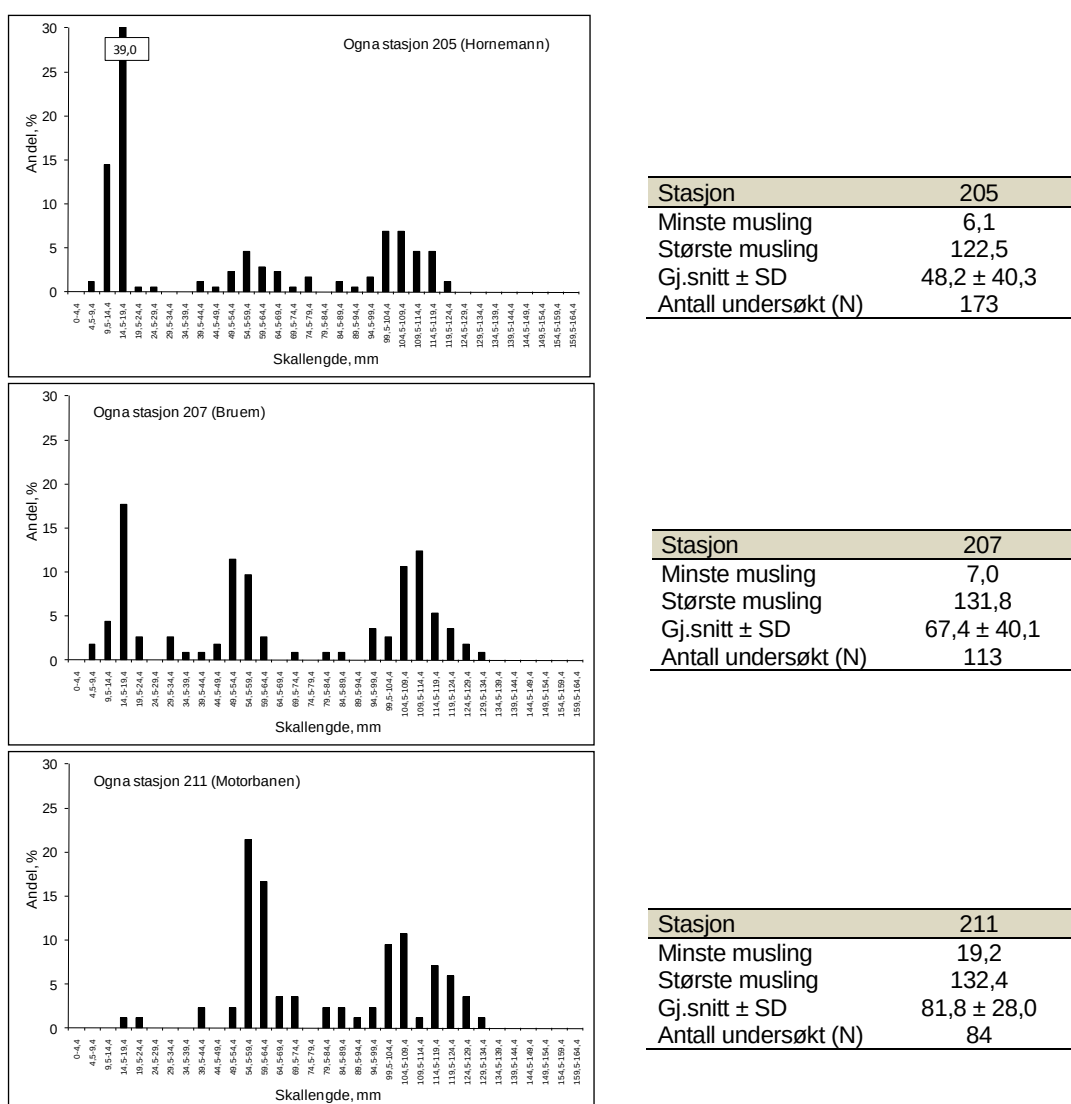
Stasjon	Areal, m ²	Antall synlige muslinger	Antall nedgravde muslinger	Antall muslinger <50 mm	Andel nedgravde muslinger, %
205	3,4	60	24	4	28,6
207	3,1	60	113	100	65,3
211	2,6	65	48	38	42,5
205-211	9,1	185	185	16	50,0
221	3,7	82	6	3	6,8

Lengdefordelingen på de tre gravestasjonene i Oga nedenfor Støafossen (stasjon 205, 207 og 211) er vist i **figur 15-17**. Graving i substratet avdekket et betydelig antall små muslinger i grusen spesielt ved Hornemannshølen (stasjon 205) og Bruem (stasjon 207) (**figur 16**), og de minste muslingene som ble funnet var bare 6 mm lange (**figur 15**). Gjennomsnittslengden var 62 mm (N = 370; SD = 40). Det var til sammen 142 individer (38,4 % av individene i lengdemålingen) som var mindre enn 50 mm, og bare tre av disse var synlige ved direkte observasjon (jf. **figur 11**). Til sammen 125 muslinger var mindre enn 20 mm (33,8 %), som alle var nedgravd i substratet (**figur 17**). Minste musling i utvalget som ble observert uten å grave i substratet var 41 mm. Rekrutteringen av elvemusling i Oga var overraskende høy og resultatet var svært positivt. De markerte toppene i lengdefordelingen indikerte imidlertid at det har vært stor variasjon i rekrutteringen i de siste ti-årene i Oga.

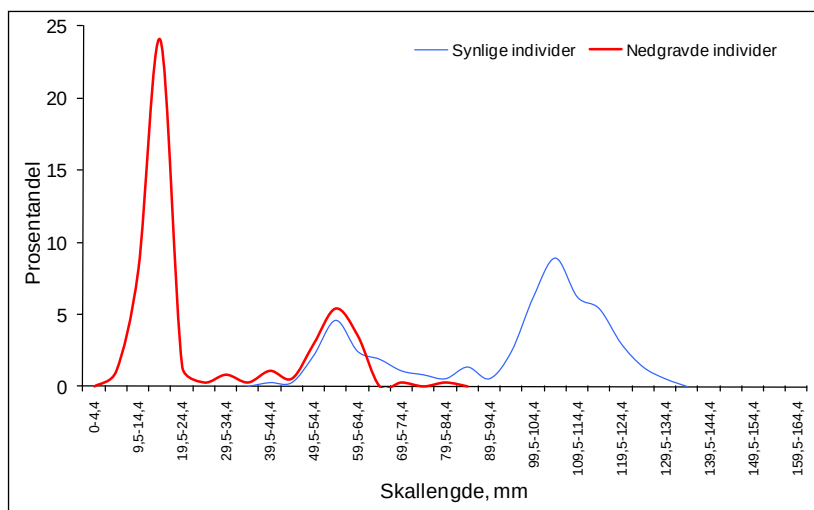
Ved Skillegrind (stasjon 221) var det færre nedgravde muslinger, og rekrutteringen var mindre. Skallengden varierte fra 42 til 104 mm hos levende elvemusling (**figur 18**). Hovedvekten av muslingene var 80-100 mm, og gjennomsnittslengden var 82 mm (N = 88; SD = 16). Det ble bare funnet tre individ som var mindre enn 50 mm i 2009 (**tabell 8**), og to av disse var nedgravd i substratet. Ingen muslinger som var mindre enn 20 mm ble påvist ved Skillegrind.



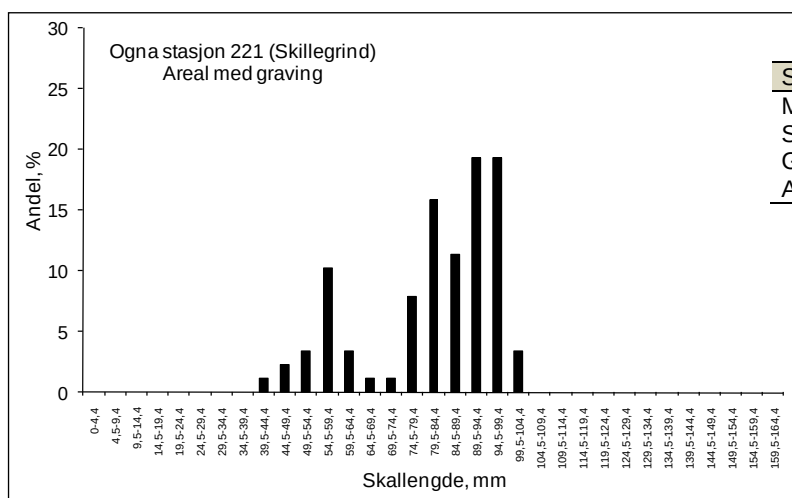
Figur 15. Lengdefordeling basert på graving i substratet på avgrensede områder på tre stasjoner i nedre del av Ogna (stasjon 205, 207 og 211 nedenfor Støafossen) i juni 2009 (jf. figur 16).



Figur 16. Lengdefordeling basert på graving i substratet på avgrensede områder på stasjon 205, 207 og 211 i Ogna nedenfor Støafossen i juni 2009.

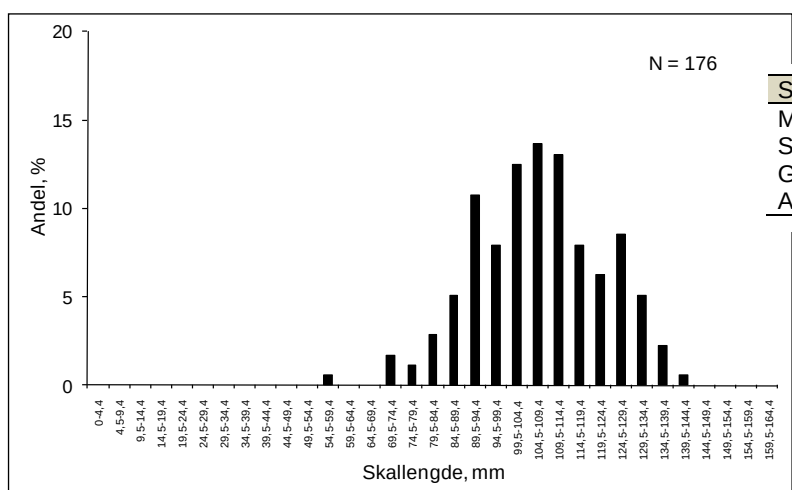


Figur 17. Andelen levende elvemusling som ble funnet nedgravd sammenlignet med andelen som var synlige på elvebunnen i nedre del av Oga i juni 2009.



Stasjon	221
Minste musling	41,9
Største musling	104,3
Gj.snitt ± SD	82,1 ± 15,5
Antall undersøkt (N)	88

Figur 18. Lengdefordeling basert på graving i substratet på avgrensede områder på en stasjon i øvre del av Oga (stasjon 221 Skillegrind) i juni 2009.



Stasjon	201-212
Minste musling	57,0
Største musling	141,5
Gj.snitt ± SD	107,1 ± 15,2
Antall undersøkt (N)	176

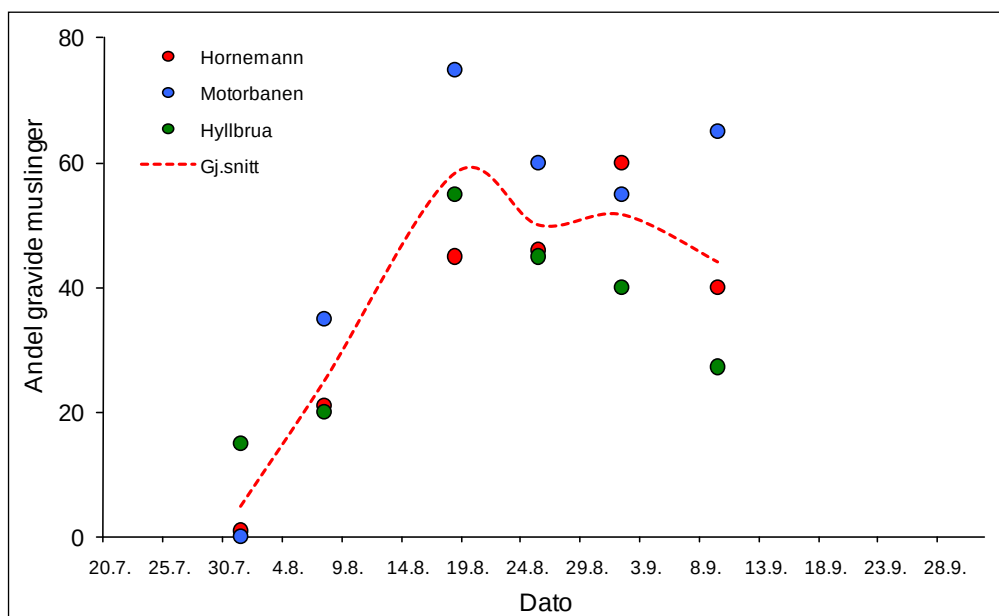
Figur 19. Lengdefordeling av tomme skall av elvemusling fra nedre del av Oga (stasjon 201-212) mellom Guldbergaunet og Støafossen i juni 2009.

Tomme skall som ble funnet i Ognå nedenfor Støafossen varierte i lengde mellom 57 og 142 mm (**figur 19**) med et gjennomsnitt på 107 mm ($N = 176$; $SD = 15$). Hovedvekten av de tomme skallene tilhørte skall i lengdeintervallet 90-130 mm. Det var en overdødelighet av muslinger med lengde 85-105 mm, men de større lengdegruppene forekom også vanlig. Dette tydet likevel på at mange muslinger hadde dødd av andre årsaker enn høy alder alene. Observasjoner i Ognå sommeren og høsten 2006 viste blant annet at ekstremflommen i januar/februar 2006 medførte en betydelig overdødelighet av elvemusling, og det ble funnet store mengder tomme skall i hele vassdraget. Selv tre år etter vil en del av disse skallene fortsatt være tilstede, og en del av dem inngår i lengdefordelingen av tomme skall i 2009. Liten vannføring eller kraftig islegging/isgang kan være andre årsaker til høy dødelighet i de siste årene.

4.3.1.3 Graviditet

Høsten 2008 ble graviditeten undersøkt to ganger på stasjon 205; i midten av august og i begynnelsen av oktober. Det var samme graviditetsfrekvens i august 2008 som det var på samme tidspunkt i 2009. I begynnelsen av oktober 2008 ble det bekreftet at enkelte muslinger fortsatt var gravide ved Hornemannshølen, men ingen muslinger hadde larver i gjellene ved Hyllbrua.

De første gravide muslingene ble funnet ved Hyllbrua allerede i slutten av juli 2009 (**figur 20**). Det var en relativt høy graviditetsfrekvens på alle lokalitetene i Ognå allerede i midten av august 2009 (45-75 %, **figur 20**). Det var bare mindre forskjeller mellom referansestasjonen ved Hyllbrua og de to stasjonene ved Hornemannshølen og Motorbanen i august, og den gjennomsnittlige graviditetsfrekvensen var litt i overkant av 50 % fra 18. august til 1. september. Andelen gravide muslinger var gjennomgående høyere ved Motorbanen enn på de to andre stasjonene, og andelen gravide muslinger begynte å avta allerede i begynnelsen av september ved Hyllbrua. Det var likevel mange muslinger som fortsatt hadde larver i gjellene i første halvdel av september, men variasjonen mellom stasjonene var større enn tidligere (27-65 %). På grunn av økende vannføring og vedvarende høy vannføring (mer enn 20 m³/s) fram til begynnelsen av oktober (se **figur 2**) var det ikke mulig å følge utviklingen i graviditet videre fram mot gyting.

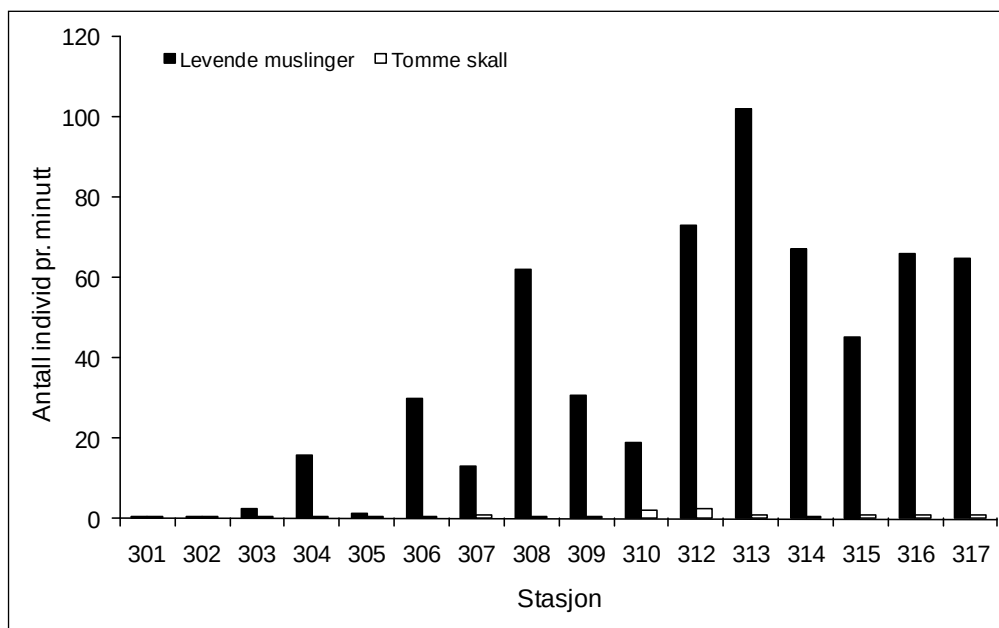


Figur 20. Utviklingen i graviditetsfrekvens (andel muslinger med muslinglarver i gjellene) på tre stasjoner i Ognå høsten 2009.

4.3.2 Figga

4.3.2.1 Tetthet

Det ble gjennomført 3-6 tellinger av 15 minutters varighet på 16 stasjoner i Figga (**vedlegg 2.2**). Det ble funnet elvemusling på alle stasjonene mellom brakkvannssonen ved utløpet i Beistadfjorden til Leksdalsvatnet. Antall elvemusling varierte mellom 0,11 og 102,09 individ per minutt observasjonstid på de ulike stasjonene (**figur 21**). Gjennomsnittet for alle stasjonene var 37,13 individ per minutt.



Figur 21. Relativ tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Figga i 2009 basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall muslinger per minutt). Stasjon 311 ble ikke undersøkt i 2009. Jf. **vedlegg 2.2**.

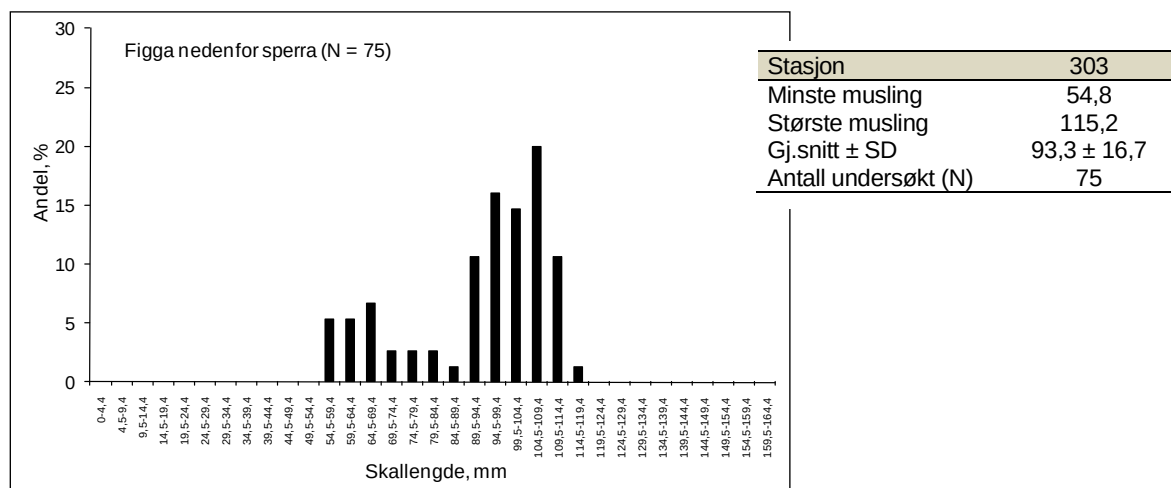
Ved å benytte ligningen: $y = 0,0001x^3 - 0,0051x^2 + 0,3791x - 0,073$ ($R^2 = 0,72$) der x er antall levende individ funnet per minutt søketid kan vi estimere tettheten per arealenhet (se avsnitt 4.3.1.1). Etter dette vil 37,13 individ per minutt i gjennomsnitt på "fritellingene" tilsvare 12,1 individ per m² elveareal.

Det var vesentlig lavere tetthet av muslinger nedenfor fiskesperra ved Lø (stasjon 301-303; **figur 21**) der gjennomsnittlig tetthet var 0,96 individ per minutt søketid eller bare 0,3 individ per m². Tettheten av muslinger på strekningen Lø-Leksdalsvatnet (stasjon 304-317; **figur 21**) var 45,47 individ per minutt (16,0 individ per m²).

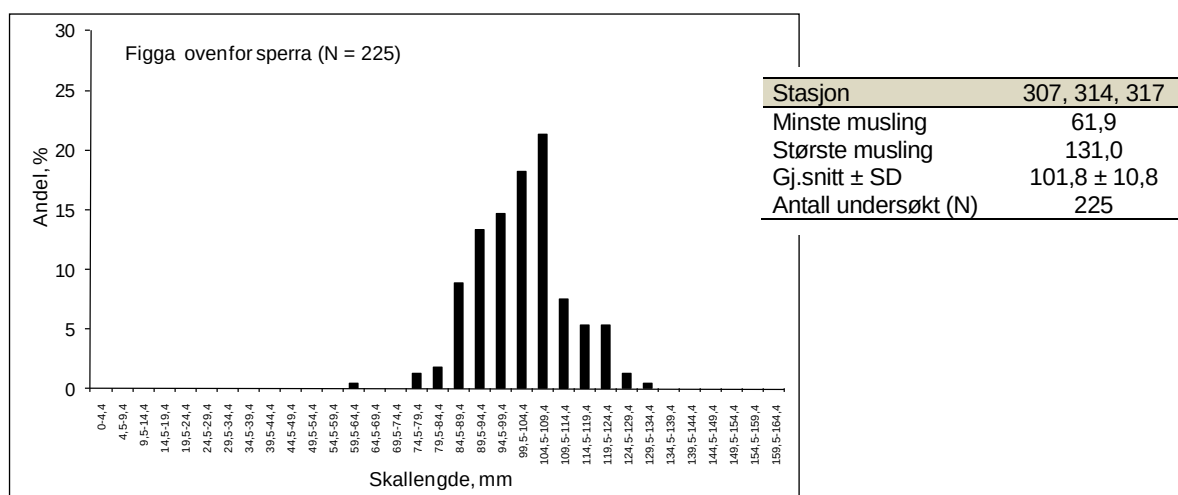
4.3.2.2 Lengdefordeling

Lengden til de 75 "første" levende elvemusling som ble observert på en stasjon i Figga nedenfor fiskesperra ved Lø (stasjon 303) varierte fra 55 til 115 mm i juni/juli 2009 (**figur 22**). Hovedvekten av muslingene var 90-115 mm lange. Det var få muslinger i lengdeintervallet 70-90 mm, men noen flere i lengdeintervallet 55-70 mm. Dette indikerer perioder med varierende rekruttering. Det er imidlertid usikkert om mangelen på muslinger mindre enn 55 mm er reell eller bare er et uttrykk for at de er nedgravd i substratet, og ikke synlige ved direkte observasjon. Gjennomsnittslengden var 93 mm ($N = 75$; $SD = 17$).

Mellom fiskesperra (Lø) og Leksdalsvatnet ble lengdefordelingen undersøkt på tre stasjoner (stasjon 307, 314 og 317). Lengden til de 75 "første" levende elvemusling som ble observert varierte fra 62 til 131 mm i juni/juli 2009 (**figur 23** og **24**). Gjennomsnittslengden var 102 mm (N = 225; SD = 11). Hovedvekten av muslingene var 85-115 mm lange. Ingen muslinger var mindre enn 50 mm.

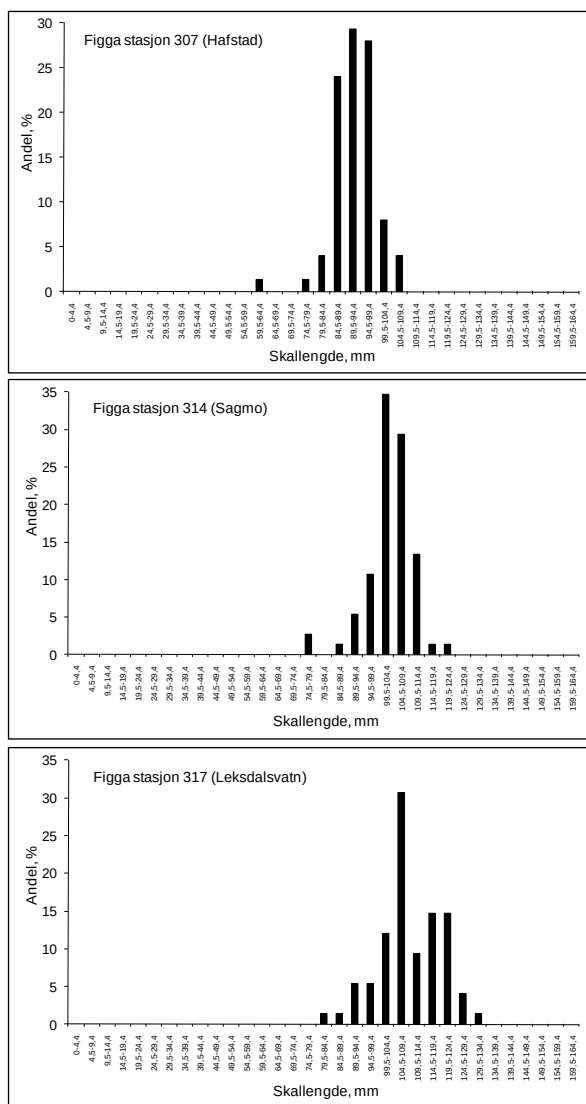


Figur 22. Lengdefordeling basert på funn av de 75 "første" levende muslinger (uten graving i substratet) på en stasjon nedenfor sperra i Figga (stasjon 303) i juli 2009.



Figur 23. Lengdefordeling basert på funn av de 75 "første" levende muslinger (uten graving i substratet) fra tre stasjoner ovenfor sperra i Figga (stasjon 307, 314 og 317) i juni/juli 2009; til sammen 225 muslinger (jf. **figur 24**).

Det ble bare gravd i substratet på stasjon 314 (Sagmo) i juli 2009 i et område med svært høy tetthet av muslinger. Dette avdekket bare et fåtall nedgravde muslinger. Bare 7 % av muslingene ble ikke oppdaget ved direkte observasjon, og ingen av disse var mindre enn 50 mm (**tabell 9**).



Stasjon	307
Minste musling	61,9
Største musling	109,1
Gj.snitt ± SD	92,6 ± 6,9
Antall undersøkt (N)	75

Stasjon	314
Minste musling	74,6
Største musling	123,7
Gj.snitt ± SD	103,2 ± 7,6
Antall undersøkt (N)	75

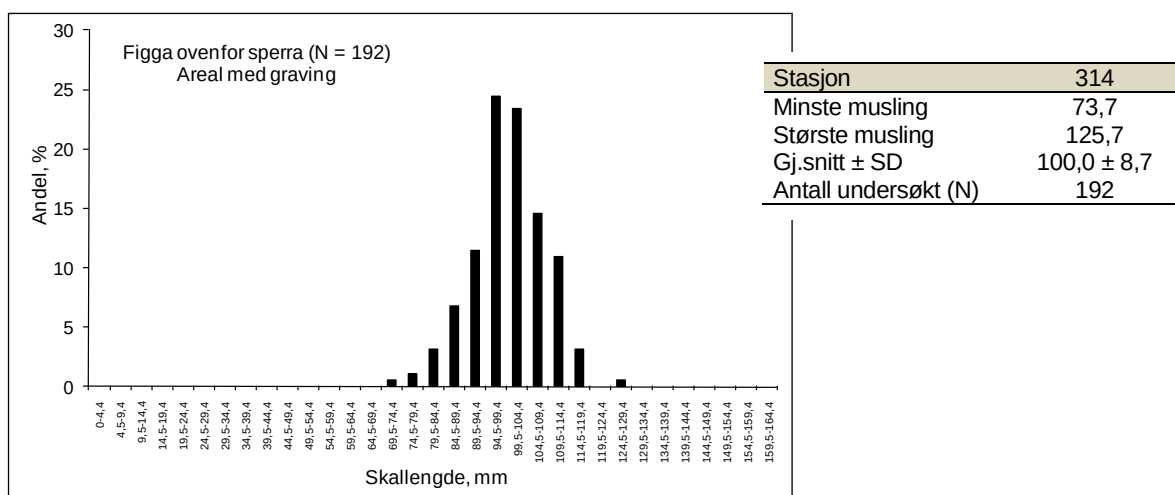
Stasjon	317
Minste musling	81,9
Største musling	131,0
Gj.snitt ± SD	109,5 ± 9,7
Antall undersøkt (N)	75

Figur 24. Lengdefordeling basert på funn av de 75 "første" levende muslinger (uten graving i substratet) på stasjon 307, 314 og 317 ovenfor fiskesperra i Figga i juni/juli 2009.

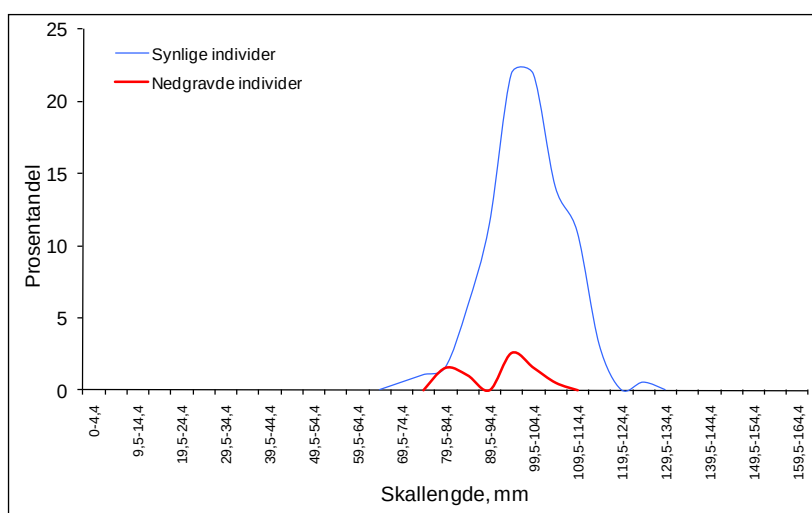
Tabell 9. Antall synlige elvemusling og andel nedgravde individ funnet ved graving i substratet i Figga (stasjon 314) i juli 2009. For beliggenhet av stasjonen: se **figur 5**.

Stasjon	Areal, m ²	Antall synlige muslinger	Antall nedgravde muslinger	Antall muslinger <50 mm	Andel nedgravde muslinger, %
314	2,2	178	14	0	7,3

Gjennomsnittlig lengde av muslinger med og uten graving på stasjon 314 (Sagmo) var henholdsvis 100,0 (sd = 8,7; N = 192) og 103,2 mm (sd = 7,6; N = 75), og minste musling funnet var henholdsvis 73,7 og 74,6 mm lang (**figur 25** og **26**). Dette styrker inntrykket av at det ikke har vært noen rekruttering av betydning i dette området på mange år.



Figur 25. Lengdefordeling basert på graving i substratet på avgrensede områder på en stasjon ovenfor sperra i Figga (stasjon 314) i juli 2009.

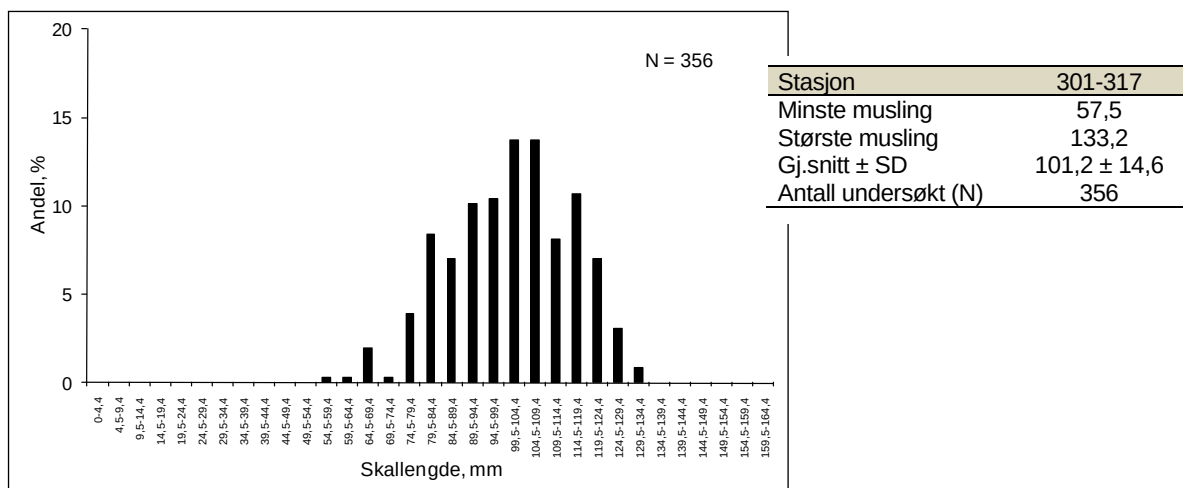


Figur 26. Andelen levende elvemusling som ble funnet nedgravd sammenlignet med andelen som var synlige på elvebunnen ovenfor sperra i Figga (stasjon 314) i juli 2009.

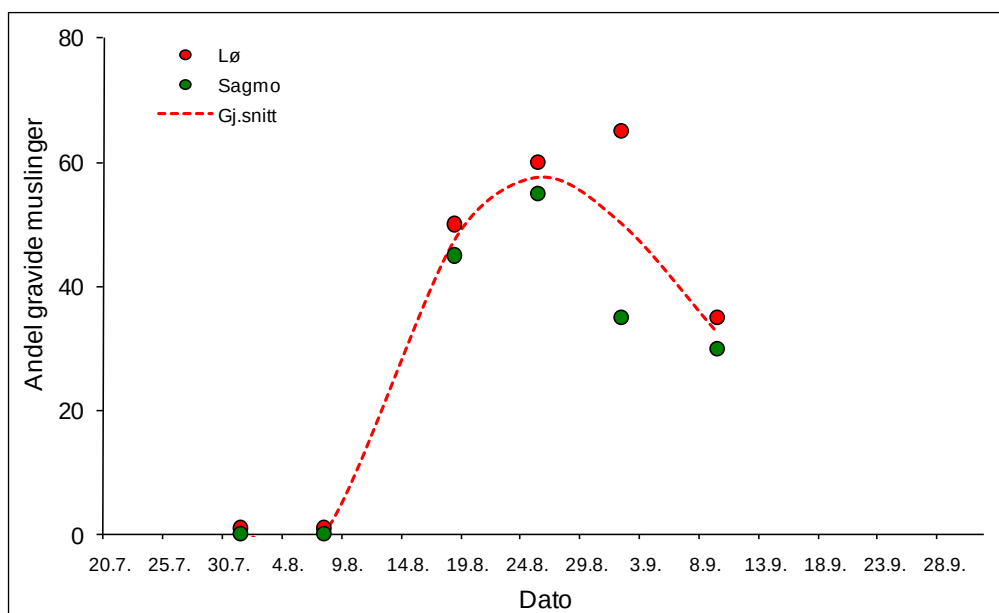
Tomme skall som ble funnet i Figga varierte i lengde mellom 58 og 133 mm (**figur 27**) med et gjennomsnitt på 101 mm ($N = 356$; $SD = 15$). Hovedvekten av de tomme skallene tilhørte skall i lengdeintervallet 80-125 mm. Det forekom dødelighet av muslinger i alle aldersgrupper, og mange muslinger har dødd av andre årsaker enn høy alder alene. Mange av skallene hadde ligget noe tid i elva, og det kan antas at ekstremflommen i januar/februar 2006 har medført en betydelig overdødelighet av elvemusling i Figga på samme måten som i Oгна. Liten vannføring eller kraftig islegging/isgang kan være andre årsaker til høy dødelighet i de siste årene.

4.3.2.3 Graviditet

Gravide muslinger ble først påvist fra midten av august 2009 i Figga (**figur 28**). Det var høyest graviditetsfrekvens i slutten av august og begynnelsen av september. Men allerede 9. september falt andelen gravide muslinger til 30-35 % på de to stasjonene i Figga. På grunn av økende vannføring og vedvarende høy vannføring fram til begynnelsen av oktober var det ikke mulig å følge utviklingen i graviditet videre fram mot gyting.



Figur 27. Lengdefordeling av tomme skall av elvemusling fra Figga (stasjon 301-317) mellom utløpet i sjøen og Leksdalsvatn i juni/juli 2009.



Figur 28. Utviklingen i graviditetsfrekvens (andel muslinger med muslinglarver i gjellene) på to stasjoner i Figga høsten 2009.

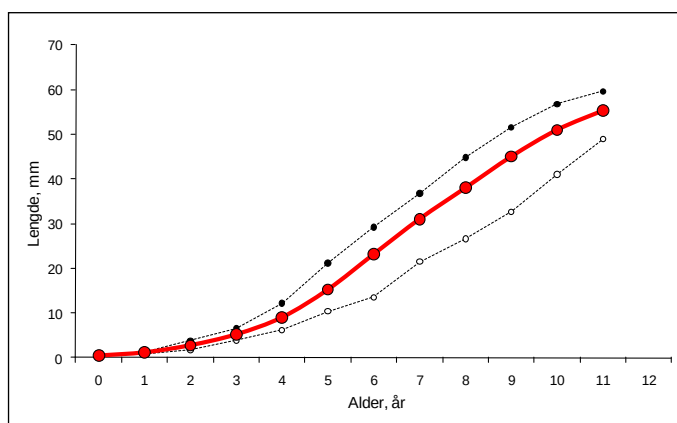
4.4 Analyse av muslingskall

4.4.1 Aldersbestemmelse og vekst

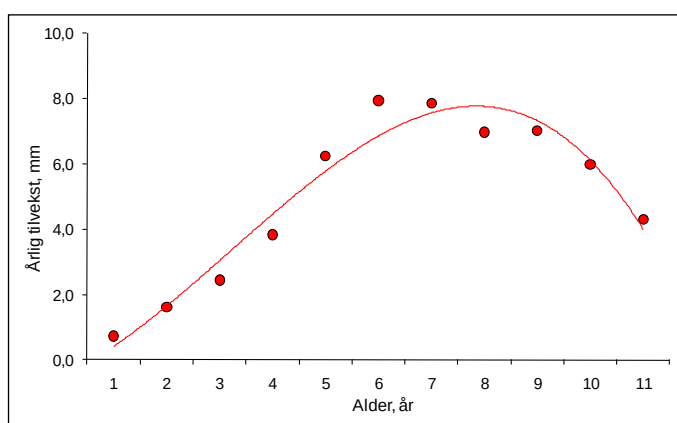
4.4.1.1 Unge muslinger

Elvemuslingen vokste godt på lakseførende strekning i Ognå. Gjennomsnittlig lengde for fem år gamle muslinger var 16 mm (**figur 29**). Når muslingene var 10 år var de allerede mer enn 50 mm i gjennomsnitt. Årlig tilvekst fra muslingene var fem år til de ble ti år var 6-8 mm (**figur 30**). Enkelte av muslingene hadde i enkelte år en årlig tilvekst på 11-13 mm.

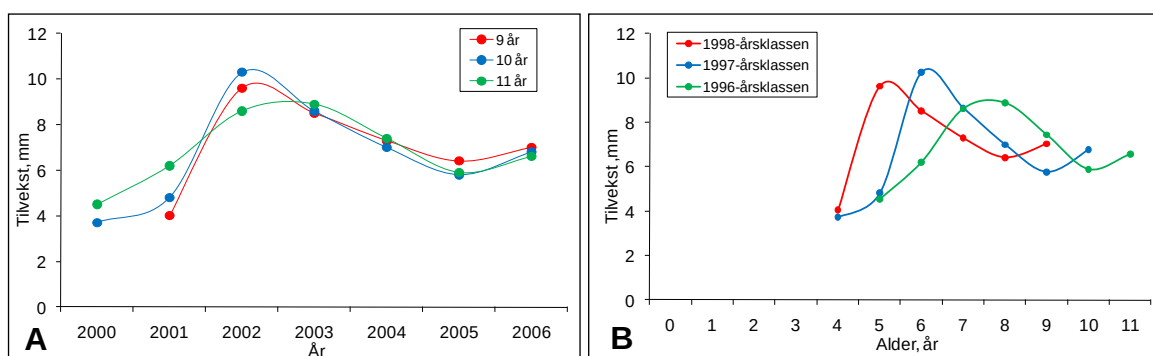
Veksten varierte imidlertid mellom år, og det var stor overlapp i lengde allerede fra 3-4 års alder. Årsaken til dette ligger blant annet i gode og dårlige vekstforhold i ulike kalenderår. Ser vi på veksten hos 9, 10 og 11 år gamle muslinger samlet inn i Ogna i 2009 er tilveksten for alle muslinger best i 2002 og 2003 (**figur 31A**). Muslingene tilsvarer årsklassene 1998, 1997 og 1996, og den årlige tilveksten til de tre årsklassene var best når muslingene var i henholdsvis femte, sjette og sjuende leveår (**figur 31B**). Vekstkurvene til de tre årsklassene følger hverandre i stor grad med ett års forskyvning. Vi skal samtidig huske på at tilvekst også avhenger av alder på muslingen. Den årlige tilveksten er lav, men øker eksponentielt de første leveårene før den når høyeste tilvekst ved 5-10 års alder i Ogna (**figur 30**). Deretter avtar veksten igjen.



Figur 29. Vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos aldersbestemte elvemusling i Ogna fram til 11-års alder. Stiplede linjer angir største og minste muslinger i de ulike aldersgrupper.

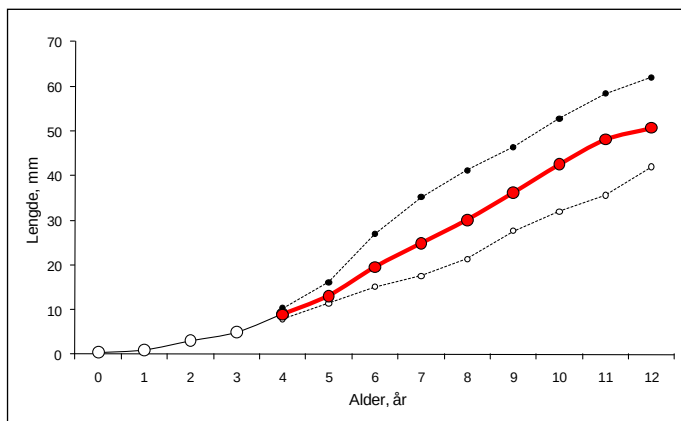


Figur 30. Årlig tilvekst hos elvemusling i Ogna fram til 11-års alder.

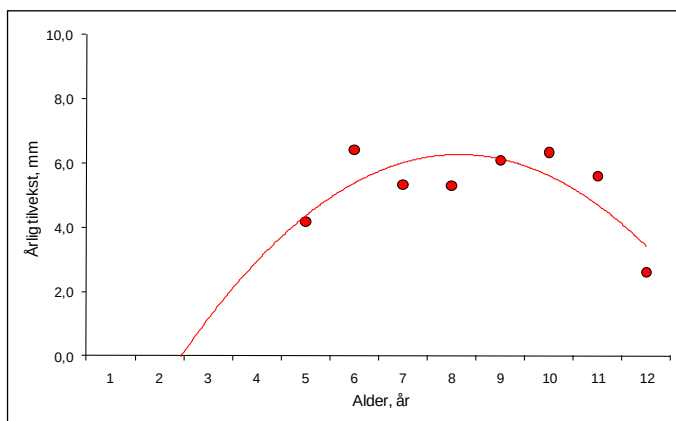


Figur 31. Årlig tilvekst hos 9, 10 og 11 år gamle muslinger (årsklassene 1998, 1997 og 1996) i Ogna i 2009. **A.** Tilvekst sammenlignet med hensyn til kalenderår. **B.** Tilvekst sammenlignet med muslingenes alder.

Elvemuslingen vokste godt i Figga også, men likevel noe dårligere enn i Ogna. Det var også innbyrdes noe større forskjeller i veksten hos muslinger samlet inn fra ulike stasjoner i Figga sammenlignet med muslinger fra lakseførende del av Ogna. Dette ga stor overlapp i størrelse for muslinger allerede fra 5-6 års alder i Figga. Fem år gamle muslinger var fra 11 til 16 mm med et gjennomsnitt på 13 mm. Når muslingene var 10 år var de 42 mm i gjennomsnitt (variasjon fra 32 til 53 mm, **figur 32**). Årlig tilvekst fra muslingene var fem år til de ble 12 år var 4-6 mm (**figur 33**). Enkelte av muslingene hadde i enkelte år en årlig tilvekst på 8-12 mm.



Figur 32. Vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos aldersbestemte elvemusling i Figga fram til 12-års alder. Stiplede linjer angir største og minste muslinger i de ulike aldersgrupper. Skalene var erodert ved umbo slik at de første vintersonene ikke lenger kunne bestemmes med sikkerhet, og vekstkurven er stipulert for de første tre leveårene.



Figur 33. Årlig tilvekst hos elvemusling i Figga fram til 12-års alder. Tilveksten de første leveårene er usikker, og kurven angir et antatt forløp.

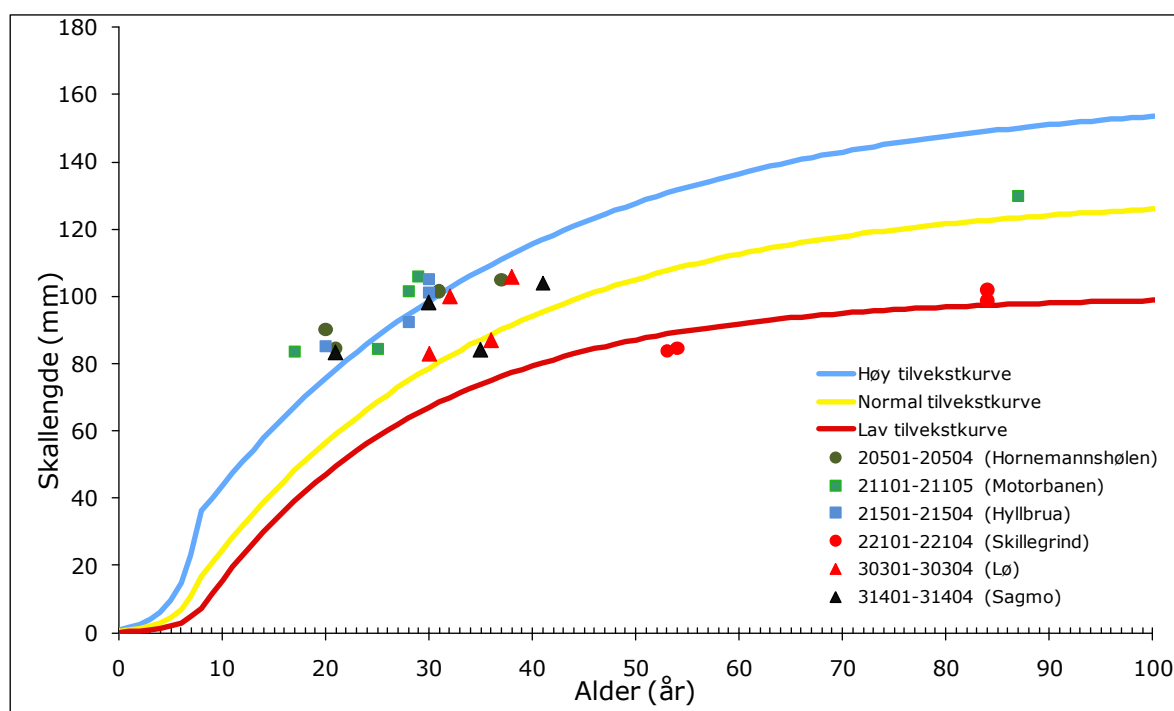
4.4.1.2 Voksne muslinger

De voksne muslingene som ble aldersbestemt i Ogna varierte i alder fra 17 til 87 år, og skallengden var mellom 84 og 130 mm (**tabell 10**). Muslinger fra Figga var 21-41 år med en skallengde på 83-106 mm. Alderen på den umbonale delen som var erodert, og som ikke lenger hadde noen synlige tilvekstringer, ble estimert og lagt til i muslingens alder (se **tabell 10**).

Muslingenes alder i forhold til skallengde varierte mye mellom de ulike stasjonene i Ogna. Muslinger fra stasjonene 205 (Hornemannshølen), 211 (Motorbanen) og 215 (Hyllbrua) vokste raskt, og var større enn forventet i forhold til alderen sammenlignet med det som er funnet som høy tilvekst i Sverige (Dunca mfl. 2011) (**figur 34**). Muslinger fra stasjon 221 (Skillegrind) derimot har mye lavere tilvekst, og er mye eldre ved samme skallengde. Disse har det som tilsvarer en lav tilvekst i Sverige (Dunca mfl. 2011). Vekstforløpet til muslinger fra øvre del av Ogna (ovenfor Hyttfossen) er dermed svært ulikt vekstforløpet til muslinger fra lakseførende del av vassdraget.

Tabell 10. Aldersbestemmelse av elvemusling fra Oгна og Figga. Skallenes ytre mål (labmåling) og alder er oppgitt. * Estimert alder av den eroderte delen av skallet (umbonal del) er angitt i parentes og inngår i oppgitt alder. Tabell omarbeidet fra Dunca mfl. (2010).

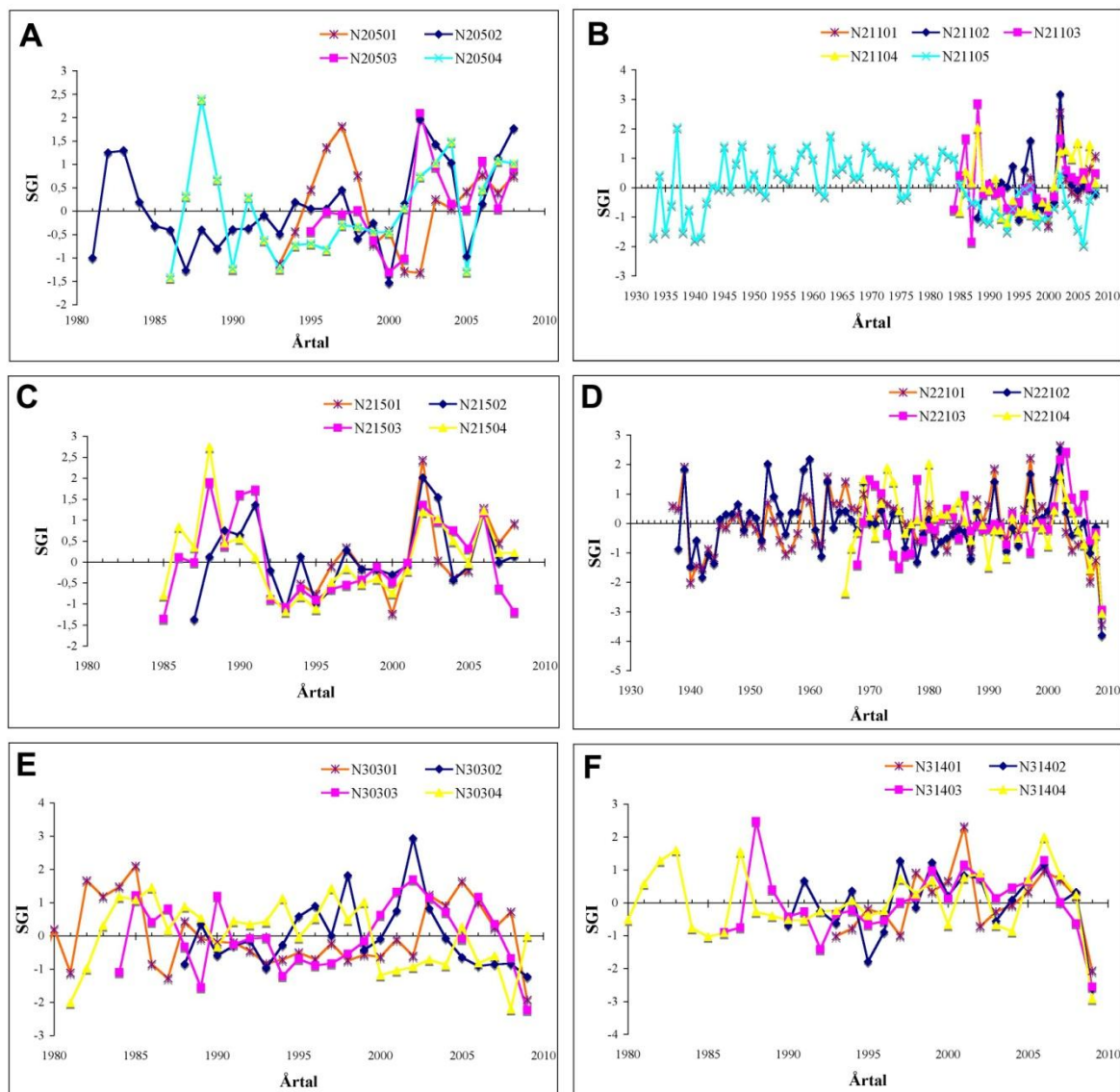
Vassdrag	Stasjon	Musling – løpenr.	Alder (år)*	Lengde (mm)	Høyde (mm)	Tykkelse (mm)
Oгна	205	20501	21 (4)	84,6	39,2	23,8
		20502	37 (8)	105,0	46,0	32,5
		20503	20 (5)	90,2	42,5	24,5
		20504	31 (7)	101,5	46,5	29,0
Oгна	211	21101	17 (3)	83,5	38,5	22,2
		21102	28 (6)	101,5	46,0	26,0
		21103	29 (3)	106,0	48,0	29,0
		21104	32 (7)	84,5	37,0	24,0
		21105	87 (10)	130,0	58,6	39,5
Oгна	215	21501	20 (4)	85,2	37,8	23,5
		21502	28 (5)	92,5	43,0	24,0
		21503	30 (5)	101,3	45,5	28,0
		21504	30 (5)	105,0	44,5	28,5
Oгна	221	22101	84 (11)	98,8	44,5	26,0
		22102	84 (12)	102,0	44,4	27,0
		22103	53 (11)	83,8	39,0	22,2
		22104	54 (10)	84,5	38,5	22,5
Figga	303	30301	38 (7)	105,8	45,5	30,0
		30302	30 (8)	83,0	42,0	23,5
		30303	32 (6)	100,0	45,8	27,8
		30304	36 (8)	87,0	30,0	25,0
Figga	314	31401	21 (4)	83,2	40,0	21,0
		31402	35 (7)	84,0	38,0	23,5
		31403	30 (6)	98,0	45,0	27,3
		31404	41 (10)	104,0	44,5	28,0



Figur 34. Diagram som representerer forholdet mellom muslingenes alder og skallets total-lengde i Oгна og Figga til sammenligning med tre vanlige tilvekstkurver for elvemusling ("høy", "normal" og "lav tilvekstkurve"). 20501-20504 = Oгна stasjon 205 (Hornemannshølen), 21101-21105 = Oгна stasjon 211 (Motorbanen), 21501-21504 = Oгна stasjon 215 (Hyllbrua), 22101-22104 = Oгна stasjon 221 (Skillegrind), 30301-30304 = Figga stasjon 303 (Lø) og 31401-31404 = Figga stasjon 314 (Sagmo). Figur omarbeidet fra Dunca mfl. (2010).

I Figga er tilveksten til de voksne muslingene lavere enn i Ogna, og forholdet mellom alder og vekst tilsvarer en veksthastighet som ligger mellom høy og normal tilvekstkurve (**figur 34**). Om man vil forsøke å aldersbestemme muslinger bare ut fra skallengde vil det kunne gi et tilnærmet riktig resultat om man sammenligner lengden med den normale vekstkurven, men tar høyde for at veksten er noe raskere (høy tilvekstkurve) de første 20-30 leveårene.

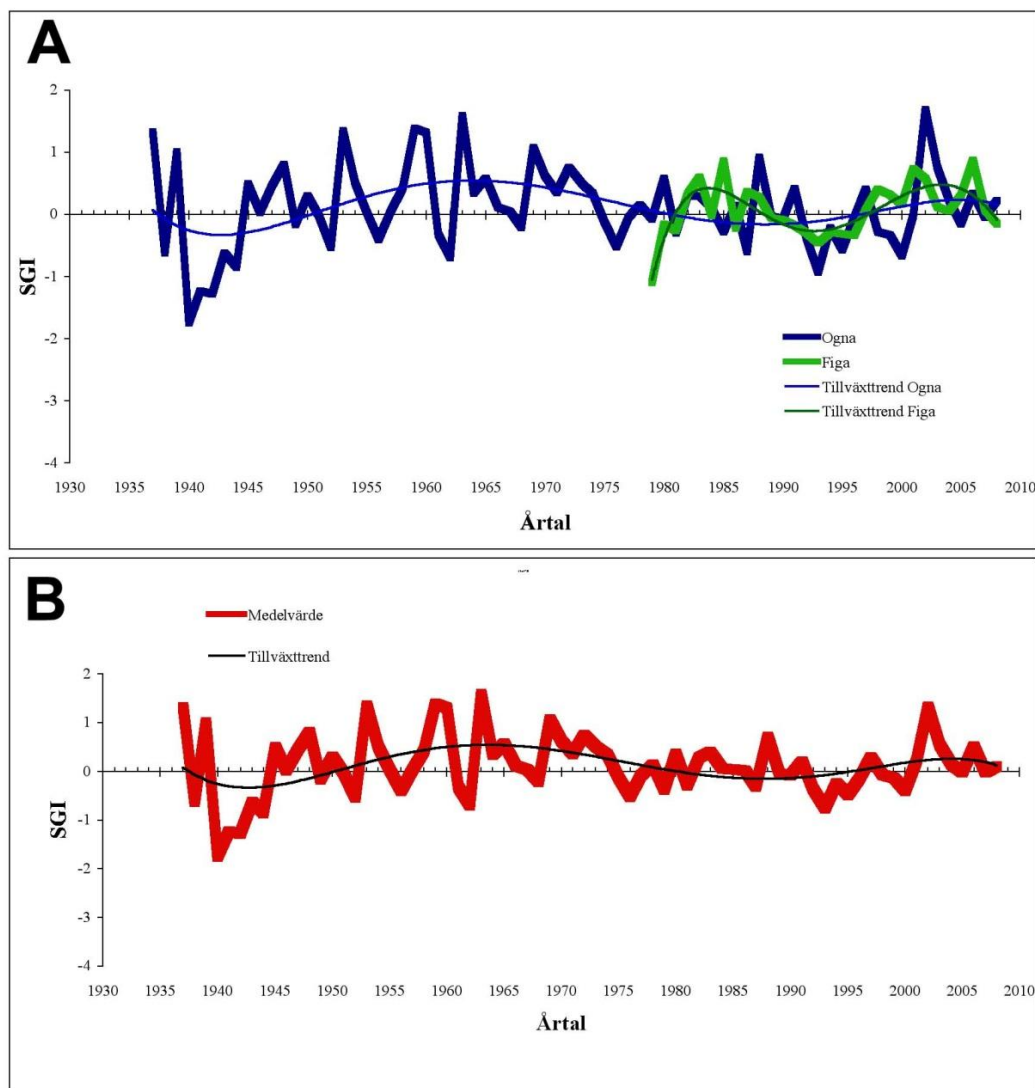
Den årlige tilveksten til muslinger i Ogna og Figga varierte en del både mellom enkeltmuslinger og år (**figur 35**).



Figur 35. Årlig tilvekst for muslinger som ble analysert fra Ogna og Figga. **A.** Ogna stasjon 205 (Hornemannshølen: 20501-20504), **B.** Ogna stasjon 211 (Motorbanen: 21101-21105), **C.** Ogna stasjon 215 (Hyllbrua: 21501-21504), **D.** Ogna stasjon 221 (Skillegrind: 22101-22104), **E.** Figga stasjon 303 (Lø: 30301-30304) og **F.** Figga stasjon 314 (Sagmo: 31401-31404). Siste årstilvekst har en lavere SGI-verdi ettersom muslingene ble samlet inn allerede i juli, noe som bare tilsvarer om lag halve vekstsesongen. Figur fra Dunca mfl. (2010).

Ser vi på den gjennomsnittlige årlige tilveksten for alle muslingene var det bare små variasjoner fra 1940-tallet og fram til i dag i Ogna (**figur 36A**). Skalltilveksten er noe høyere enn for-

ventet på 1960-tallet ($\text{SGI} > 0$), og noe lavere enn forventet i deler av 1990-tallet ($\text{SGI} < 0$). Forskjellene er imidlertid ikke signifikante (Students t-test; $p < 0,05$), og ligger innenfor det som er forventet (naturlige tilvekstvariasjoner). Tilveksttrenden er om lag den samme i Figga og Ogna, og middelerdien av alle SGI-verdier vil dermed kunne benyttes for å gi det beste bildet av tilveksttrenden for muslingene i Steinkjervassdragene (**figur 36B**).



Figur 36. A. Beregnet gjennomsnittlig SGI-verdi for muslinger fra Ogna (blå kurve) og Figga (grønn kurve) med innlagt tilveksttrend for begge elver. **B.** Gjennomsnittlig SGI-verdi for Ogna og Figga samlet (rød kurve). Siste årstilvekst har en lavere SGI-verdi ettersom muslingene ble samlet inn midt i vekstsesongen, og er derfor utelatt i diagrammet. Figur fra Dunca mfl. (2010).

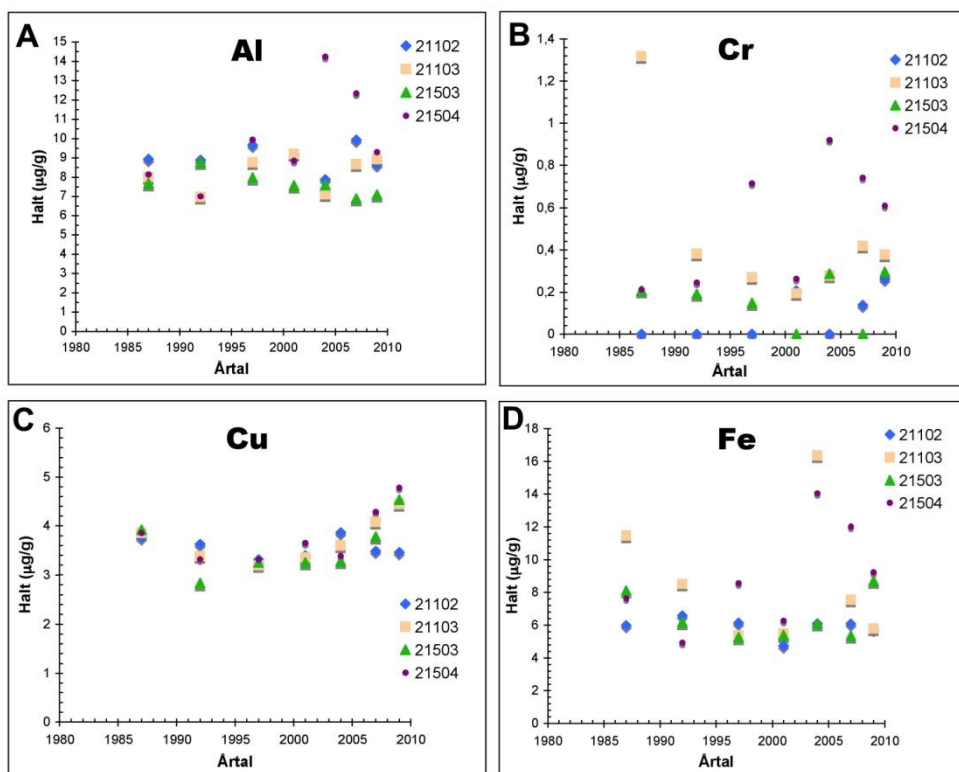
Alle muslinger som ble undersøkt hadde tilvekstforstyrrelser i skallet som forekom enten på vår, sommer eller høst. Muslingene fra stasjon 211 (Motorbanen) i Ogna og stasjon 314 (Sagmo) i Figga hadde flest forstyrrelsesringer (ca 21 % av alle målingene som ble gjort av årstilvekst hadde også tilvekstforstyrrelser i løpet av vekstsesongen). Forskjellen i forhold til de andre stasjonene i nedre del av Ogna og i Figga var ikke stor: stasjon 205 og 215 i Ogna hadde henholdsvis ca 13 og 16 % tilvekstforstyrrelser, og stasjon 303 i Figga hadde ca 18 %. Minst tilvekstforstyrrelser (ca 6 % av alle målinger) hadde imidlertid muslingene i øvre del av Ogna (stasjon 221 Skillegrind).

Vekstforstyrrelser opptrådte derfor både på strekninger som har hatt rotenon- eller aluminium-sulfid-behandlinger og på strekninger ovenfor behandlingspunktene. Det var likevel en tendens til større hyppighet av forstyrrelsesringer i Ogna nedenfor Støafossen på 2000-tallet sammenlignet med områdene ovenfor Støafossen. Det var relativt sett flere forstyrrelser i tilveksten fra 2002 enn i de andre kalenderårene. Dette kan både komme av lav vannføring (høy vanntemperatur) og rotenonbehandlingen det året.

4.4.2 Kjemiske analyser

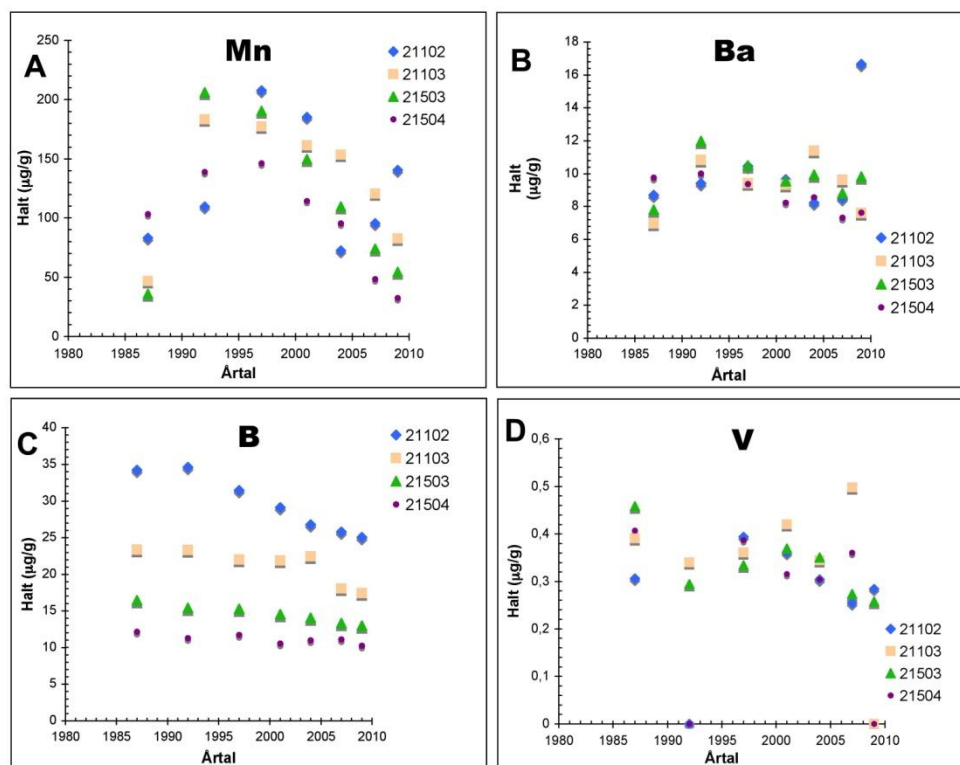
Den kjemiske sammensetningen av fire muslingskall fra to stasjoner i Ogna varierte både mellom stasjonene og mellom skall fra samme stasjon. Det kan derfor være vanskelig å trekke gode konklusjoner da det ikke finnes noen god forklaring på denne variasjonen. Resultatet av de kjemiske analysene er beskrevet av Dunca mfl. (2010), og resultatene er sammenstilt i **vedlegg 3**.

Det er en tendens til noe høyere konsentrasjon av aluminium (Al), krom (Cr) og jern (Fe) hos musling 21504 fra stasjon 215 (Hyllbrua) mellom 2003 og 2009 (**figur 37**). Det er imidlertid uklart hvorfor musling 21503 fra samme stasjon ikke viser samme trend i sammensetningen av skallet. Denne stasjonen er ovenfor elvestrekningen som ble rotenonbehandlet.

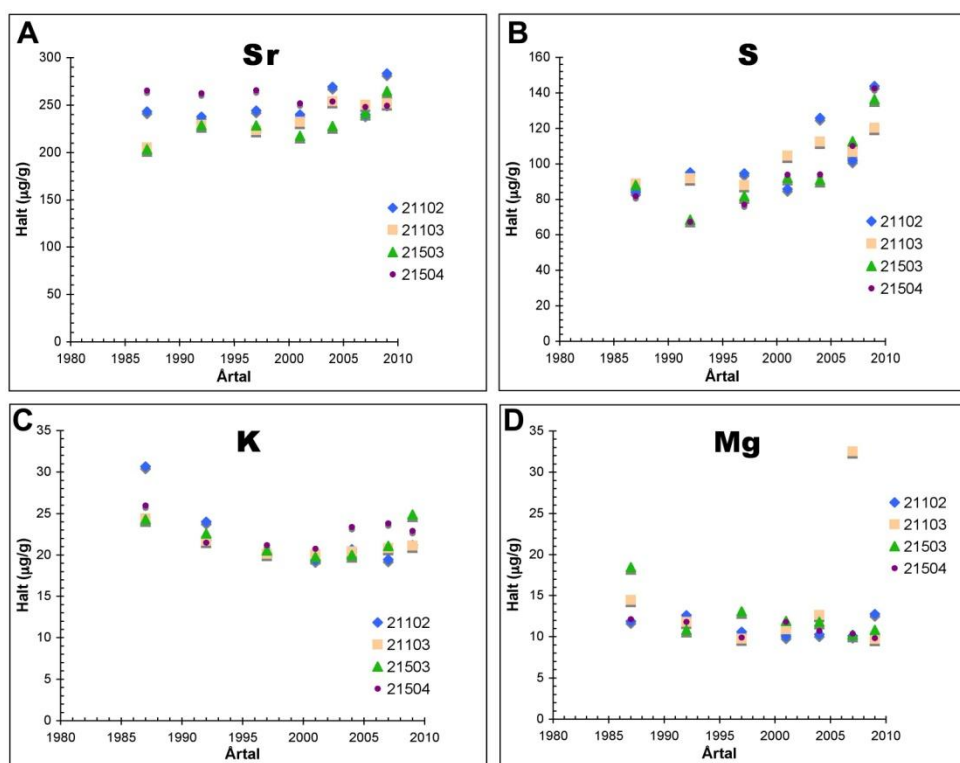


Figur 37. Noen resultat av de kjemiske analysene av fire muslingskall fra Ogna i perioden 1980-2010. **A.** Aluminium (Al), **B.** Krom (Cr), **C.** Kobber (Cu) og **D.** Jern (Fe). Figur fra Dunca mfl. (2010).

Konsentrasjonen av jern er likevel relativt konstant over tid, og om man sammenligner med konsentrasjonen i andre undersøkte muslinger fra Sverige og Norge (Dunca 2006; 2009, Dunca mfl. 2009a; b; c) er det uvanlig. Da konsentrasjonen av jern kontrolleres av en kombinasjon av pH og konsentrasjonen av organisk karbon (DOC) kan det innebære at dette forholdet har vært konstant over tid i Ogna i motsetning til andre vassdrag som tidligere er undersøkt.



Figur 38. Noen resultat av de kjemiske analysene av fire muslingskall fra Ognå i perioden 1980-2010. **A.** Mangan (Mn), **B.** Barium (Ba), **C.** Bor (B) og **D.** Vanadium (V). Figur fra Dunca mfl. (2010).



Figur 39. Noen resultat av de kjemiske analysene av fire muslingskall fra Ognå i perioden 1980-2010. **A.** Strontium (Sr), **B.** Svovel (S), **C.** Kalium (K) og **D.** Magnesium (Mg). Figur fra Dunca mfl. (2010).

Grunnstoff som kalsium (Ca), natrium (Na), beryllium (Be) og kisel (Si) holder et konstant nivå gjennom hele perioden. Tungmetallene bly (Pb) og titan (Ti) finnes i varierende innhold i alle de fire muslingskallene, men viser ingen tydelig trend i perioden.

Konsentrasjonene av mangan (Mn), barium (Ba), bor (B) og vanadium (V) synker etter år 2000 med unntak av vanadium i musling 21103 fra stasjon 211 (**figur 38**). Innholdet av bor varierer mellom de ulike muslingene. Konsentrasjonen av barium er nesten en potens lavere enn i muslingskall fra andre vassdrag som er undersøkt. Dette viser, ikke overraskende, at Ognå ikke er påvirket av industriforurensning.

Grunnstoff som strontium (Sr) og svovel (S) finnes i høyere konsentrasjoner etter år 2000 i nesten alle muslingskall (**figur 39A og B**). Innholdet av kalium (K) er også noe høyere etter år 2000, men om man sammenligner med 1980-tallet har det vært en generell nedadgående trend i perioden som også gjelder for magnesium (Mg) (**figur 39C og D**).

4.5 Genetiske undersøkelser av elvemusling

Gjennomsnittlig antall alleler varierte fra 1,3 (Ognå-Skillegrind) til 5,6 (Ognå-Hyllbrua), og forventet heterozygositet over alle undersøkte mikrosatellitter varierte fra 0,024 (Ognå-Skillegrind) til 0,659 (Figga-Sagmo). I mange av lokalitetene ble det observert et signifikant avvik fra Hardy-Weinberg forventningen som sier noe om fordelingen av genotyper. Dette avviket viser seg i de fleste tilfellene som et underskudd av heterozygoter (**tabell 11**). To markører (MarMa4726 og MarMa5167) hadde en tendens til underskudd av heterozygoter. Dette antyder at det er problemer med genotypingen i form av såkalte null-alleler; det vil si at en av to eksisterende genvarianter ikke blir oppdaget. Dette medfører at individet genotypes som homozygot selv om det i virkeligheten er heterozygot. Dette indikeres også av programmet MICRO-CHECKER. Parallell analyse ble utført både med og uten disse to mikrosatellitene. Det var liten eller ingen forskjell i resultatet når de parallelle analysene ble sammenlignet. Vi har derfor valgt å presentere resultatene basert på samtlige åtte mikrosatellitter.

Tabell 11. Statistisk oppsummering av åtte genetiske markører fra hver av de seks innsamlingslokalitetene med elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Ognå og Figga. Primærvært for muslinglarvene er angitt som enten ørret (Ø) eller laks (L), *N* er antall undersøkte muslinger, H_e er forventet heterozygositet, H_o er observert heterozygositet, #A er observert antall ulike alleler, A_R er allelrikdom (allelic richness) basert på fire diploide individ, P_{HW} er sannsynligheten for Hardy-Weinberg likevekt.

Innsamlingslokalitet	Vertsfisk	N	H_e	H_o	#A	A_R	P_{HW}
Ognå – Skillegrind	Ø	15	0,024	0,008	1,3	1,0	na
Ognå – Hyllbrua	L	15	0,606	0,555	5,6	2,4	0,3703
Ognå – Brandsegg	L	10	0,545	0,600	5,0	2,3	0,9972
Ognå – Hornemann	L	10	0,625	0,576	5,4	2,6	0,7918
Figga – Sagmo	L	10	0,659	0,643	5,4	2,6	0,9703
Figga – Lø	L	10	0,603	0,572	4,8	2,4	0,5141

Det ble tatt prøver fra to ulike delpopulasjoner med laksemusling i Figga. Det var ingen signifikante forskjeller i allelrikdom eller heterozygositet mellom de to delpopulasjonene i Figga, og F_{ST} estimatene var ikke signifikant større enn null (**tabell 12**).

Tabell 12. Estimer og statistiske tester med hensyn til allelrikdom (Allelic richness) og forventet heterozygositet mellom to lokaliteter med elvemusling i Figga (Sagmo og Lø). F_{ST} mellom de to lokalitetene og P-verdi er også vist. Dominerende vertsfisk (primærvert) for musling-larvene er gitt i parentes.

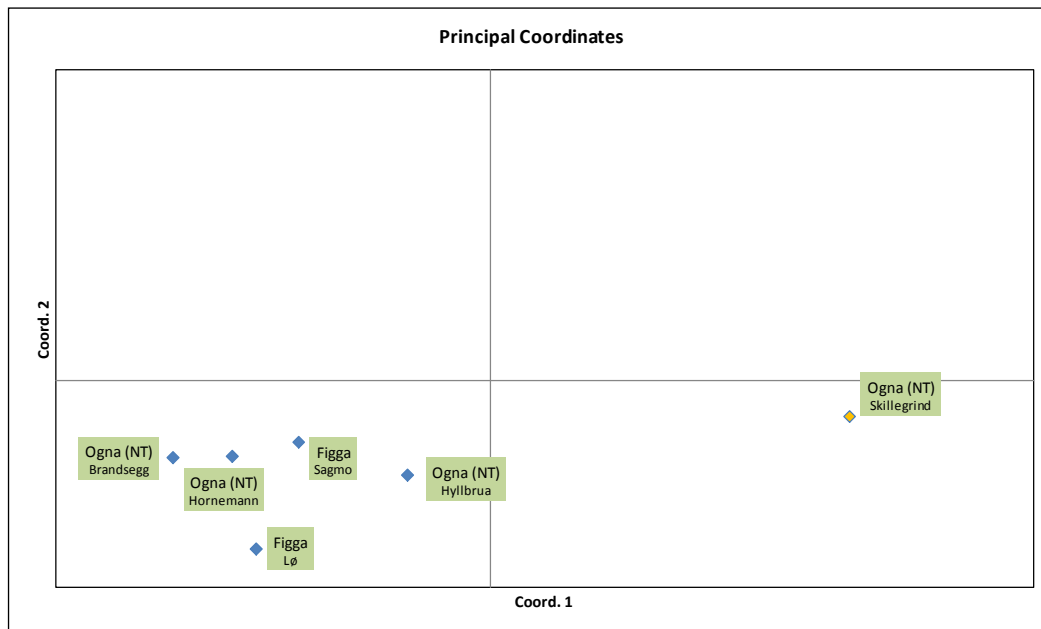
Statistikk	Figga Sagmo (laks)	Figga Lø (laks)	P-verdi
Allelrikdom (Allelic richness)	2,582	2,412	0,069
Forventet heterozygositet	0,659	0,603	0,069
F_{ST}	-0,018		0,98

I Ogna er det "ørretmusling" i øvre del av vassdraget (Ogna – Skillegrind). Denne populasjonen var signifikant ulik de tre delpopulasjonene med "laksemusling" i midtre og nedre del av vassdraget (Ogna – Hyllbrua, Ogna – Brandsegg og Ogna – Hornemann). "Ørretmuslingene" hadde signifikant lavere allelrikdom (allelic richness) og heterozygositet sammenlignet med de tre delpopulasjonene med "laksemusling" (tabell 13). De tre delpopulasjonene med "laksemusling" hadde imidlertid tilnærmet samme verdier innbyrdes med hensyn til allelrikdom og heterozygositet.

Tabell 13. Estimer og statistiske tester med hensyn til allelrikdom (Allelic richness) og forventet heterozygositet mellom fire lokaliteter med elvemusling i Ogna (Hornemann, Brandsegg, Hyllbrua og Skillegrind). Parvise F_{ST} og P-verdier (i parentes) mellom de fire lokalitetene er også vist. Dominerende vertsfisk (primærvert) for muslinglarvene på de ulike lokalitetene er gitt i parentes.

Statistikk	Lokalitet	Ogna Skillegrind (Ørret)	Ogna Hyllbrua (Laks)	Ogna Brandsegg (Laks)
Allelrikdom (Allelic richness)	Ogna Hyllbrua (Laks)	2,41/1,05 (0,019)		
	Ogna Brandsegg (Laks)	2,30/1,05 (0,018)	2,30/2,41 (0,236)	
	Ogna Hornemann (Laks)	2,55/1,05 (0,018)	2,55/2,41 (0,128)	2,55/2,30 (0,043)
Forventet heterozygositet	Ogna Hyllbrua (Laks)	0,61/0,024 (0,018)		
	Ogna Brandsegg (Laks)	0,54/0,024 (0,018)	0,54/0,61 (0,128)	
	Ogna Hornemann (Laks)	0,62/0,024 (0,018)	0,62/0,61 (0,398)	0,62/0,54 (0,028)
F_{ST}	Ogna Hyllbrua (Laks)	0,381 (P=0)		
	Ogna Brandsegg (Laks)	0,589 (P=0)	0,052 (P=0,023)	
	Ogna Hornemann (Laks)	0,533 (P=0)	0,018 (P=0,013)	0,017 (P=0,076)

Genetisk differensiering mellom populasjoner fra de ulike delene av Ogna og Figga er visualisert i **figur 40**. I grove trekk danner "laksemusling"-populasjonene en samlet gruppe som er atskilt fra den ene "ørretmusling"-populasjonen i Ogna. Delpopulasjonenes geografiske lokalisering var av mindre betydning enn hvilken fiskeart som var primærvert for muslingens larver. Musling-populasjonen i Ogna ved Skillegrind hadde lavere genetisk variasjon enn muslingpopulasjonene både i nedre del av Ogna og i Figga (**tabell 13**).



Figur 40. Prinsipalkomponentanalyse (PCA, principal component analysis) basert på Neis par-vise genetiske distanser fra seks prøvetakingslokaliteter av elvemusling i Ogna og Figga, estimert fra åtte mikrosatellitt markører. Oransje og blå diamanter er henholdsvis ørret- og laksemuslingpopulasjoner.

4.6 Burforsøk

4.6.1 Klekkekasser

Elvemuslingene i klekkekassa nedenfor Støafossen var nesten fullstendig lukket ved kontrollen like etter oppstarten av rotenonbehandlingen. Det var et generelt bilde at aktiviteten syntes nedsatt hos alle muslinger ved Støafossen, Støa og Motorbanen under behandlingen. Noen timer etter at doseringen ved Støafossen var avsluttet var det tegn til at muslingene hadde åpnet seg noe, og de var i ferd med å normalisere vanngjennomstrømningen i kappehulen (bilde side 51).

Alle klekkekassene ble kontrollert og klargjort for videreføring av overvåkingen i juni 2009. Det viste seg da at klekkekassa ved Støafossen var forsvunnet, og bare en av muslingene som opprinnelig hadde vært i kassa ble gjenfunnet. Sannsynligvis var det høy vannføring eller isgang som har ført kassa ut på dypt vann – og den ble aldri gjenfunnet. Det ble ikke satt ut noen ny klekkekasse, og forsøket ble ikke videreført ved Støafossen i 2009. De andre klekkekassene ble kontrollert flere ganger i løpet av sommeren, og avtagende vannføring førte til at klekkekassa ved Motorbanen måtte flyttes ut på dypere vann i begynnelsen av juli (**vedlegg 1.1**). Forsøket ble avsluttet med utgraving og tømning av kassene i slutten av oktober 2009.



Elvemusling i klekkekasse nedenfor Støafossen noen timer etter avsluttet dosering med rotenon. Muslingen begynner å åpne seg igjen etter å ha stått nesten helt lukket under hele behandlingsperioden. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Det var ingen dødelighet av voksne muslinger (98-129 mm lange) i noen av klekkekassene i løpet av 2008 og 2009 (**tabell 14**). Enkelte av individene ble funnet liggende på siden ved enkelte besøk, men alle lukket seg ved berøring, og ble senere funnet i normal posisjon i substratet i kassene (se **vedlegg 1.1** for detaljer).

Tabell 14. Kontrollerte eksponeringsforsøk med elvemusling i klekkekasser på fire stasjoner i Ognå i 2008 og 2009. Stasjon B2: Motorbanen (ca 4 km nedstrøms Støafossen), stasjon B3: Støa (750 m nedstrøms Støafossen), stasjon B4: Støafossen (200 m nedstrøms Støafossen) og stasjon B5: Hyllbrua (referansestasjon ovenfor Støafossen).

År		Stasjon				
		B2	B3	B4	B2-B4	B5 (referanse)
2008	STORE muslinger satt ut (antall)	10	10	10 ¹⁾	20	10
	Gjenfunnet levende	10	10	-	20	10
	Forsvunnet/døde	0	0	-	0	0
	SMÅ muslinger satt ut (antall)	5	5	5 ¹⁾	10	5
	Gjenfunnet levende	5 ²⁾	5	-	10	5
	Forsvunnet/døde	0	0	-	0	0
2009	STORE muslinger satt ut (antall)	10	10	0	20	10
	Gjenfunnet levende	10	10	-	20	10
	Forsvunnet/døde	0	0	-	0	0
	SMÅ muslinger satt ut (antall)	7	5	0	12	5
	Gjenfunnet levende	7	3	-	10	4
	Forsvunnet/døde	0	2 ³⁾	-	2	1 ³⁾

¹⁾ Klekkekassa på stasjon B4 ble tatt av flom eller isgang og ble aldri gjenfunnet – ingen gjenfangst og utelatt i oppsummeringen

²⁾ To av de små muslingene ble gjenfunnet utenfor klekkekassa (!)

³⁾ Ingen tomme skall eller skallrester gjenfunnet i klekkekassene. Se tekst for nærmere beskrivelse.

De unge muslingene (52-78 mm lange) var vanskeligere å oppdage på grunn av størrelsen, og mange av dem var i perioder helt nedgravd i substratet. For ikke å forstyrre (stresse) muslingene i forsøksperioden ble det valgt ikke å grave unødvendig i grusen for å lete opp de små muslingene som var nedgravd i kassene. Det var først i juni 2009 at alle kassene ble grundig

kontrollert første gang, og det ble gravd i substratet. Etter opptelling manglet det to av de små muslingene i klekkekassa ved Motorbanen. Disse ble imidlertid gjenfunnet utenfor(!) kassa, og det viste at kassene dessverre ikke var "rømningssikre" for de minste muslingene. Forsøket med klekkekassene viste imidlertid at det ikke var dødelighet verken av gamle eller unge muslinger i noen av kassene i forbindelse med rotenonbehandlingen i 2008 eller i månedene etterpå.

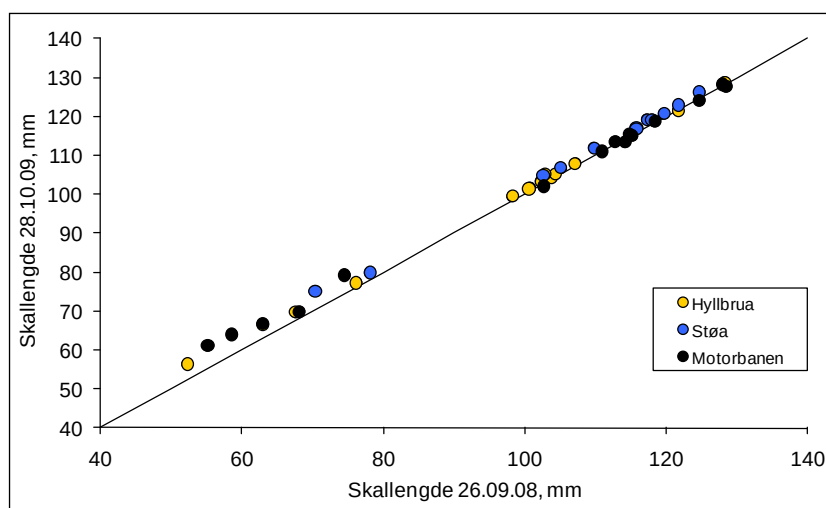
Klekkekassene ble kontrollert på nytt to måneder etter rotenonbehandlingen i 2009. Da manglet det to unge muslinger i klekkekassa ved Støa, og en musling var borte ved Hyllbrua (referansestasjonen). Det ble ikke funnet skall eller skallrester i noen av klekkekassene, og det var derfor ingen tegn til at de små muslingene hadde dødd. Selv om det var et tap av unge muslinger etter behandlingen i 2009 skjedde dette også på referansestasjonen, og det er ingen ting som tyder på at det er rotenonbehandlingen som er årsaken til at de forsvant.

I Ognå nedenfor Støafossen var gjennomsnittlig tilvekst hos voksne (store) muslinger 0,7 mm fra september 2008 til oktober 2009 (**tabell 15**). På referansestasjonen ved Hyllbrua var tilveksten 0,9 mm. Måleusikkerheten mellom to uavhengige målinger av de samme muslingene kan imidlertid være ± 1 mm (Larsen 1999). Det kan derfor inntre at muslinger som har vokst svært lite i løpet av et år kan få "negativ" vekst på grunn av måleusikkerheten. På grunn av måleusikkerheten og generelt liten tilvekst hos voksne muslinger, kan det ikke påvises forskjeller i tilvekst innad i vassdraget.

De små og yngre muslingene (52-72 mm) hadde en betydelig større tilvekst enn de store muslingene i Ognå fra september 2008 til oktober 2009 (**tabell 15, figur 41**). Tilveksten hos de små muslingene varierte fra 2 til 6 mm, og var i gjennomsnitt 4,2 mm på de to stasjonene nedenfor Støafossen. Dette ligger innenfor det en ville forvente for 11-15 år gamle muslinger i Ognå. Det var også noe høyere tilvekst nedenfor Støafossen sammenlignet med referansestasjonen ved Hyllbrua der tilveksten varierte fra 1 til 4 mm (gjennomsnitt 2,7 mm).

Tabell 15. Gjennomsnittlig lengdeøkning hos elvemusling i klekkekasser på tre stasjoner i Ognå i 2008-2009. Skallengde ble målt ved utsetting 26. september 2008 og når muslingene ble tatt opp igjen 28. oktober 2009. Stasjon B2: Motorbanen (ca 4 km nedstrøms Støafossen), stasjon B3: Støa (750 m nedstrøms Støafossen) og stasjon B5: Hyllbrua (referansestasjon ovenfor Støafossen). Klekkekasse som opprinnelig ble satt ut på stasjon B4: Støafossen (200 m nedstrøms Støafossen) ble tatt av flom eller isgang og er utelatt fra tabellen.

	Stasjon	Antall	Skallengde $\pm$ SD start, mm	Skallengde $\pm$ SD slutt, mm	Gjennomsnittlig lengdeøkning $\pm$ SD, mm
STORE muslinger	B2	10	117,0 $\pm$ 8,1	117,0 $\pm$ 8,1	0
	B3	10	115,1 $\pm$ 7,1	116,6 $\pm$ 6,8	1,5
	B2-B3	20	116,0 $\pm$ 7,5	116,8 $\pm$ 7,3	0,7 $\pm$ 1,0
	B5	10	107,0 $\pm$ 9,9	107,9 $\pm$ 9,6	0,9 $\pm$ 0,6
SMÅ muslinger	B2	5	63,9 $\pm$ 7,7	68,2 $\pm$ 7,0	4,3
	B3	3	72,5 $\pm$ 4,9	76,6 $\pm$ 2,9	4,1
	B2-B3	8	67,1 $\pm$ 7,8	71,4 $\pm$ 7,0	4,2 $\pm$ 1,6
	B5	4	64,8 $\pm$ 10,0	67,5 $\pm$ 8,7	2,7 $\pm$ 1,4



Figur 41. Vekst hos elvemusling som ble satt ut i klekkekasser på tre ulike lokaliteter i Ognå i 2008-2009 (N = 52). Skallengde ble målt ved utsetting 26. september 2008 og når muslingene ble tatt opp igjen 28. oktober 2009. Punkter over linjen viser at muslingene har hatt en positiv tilvekst.

4.6.2 Nettingbur

På grunn av tap av små muslinger ved tilsvarende eksponeringsforsøk i klekkekasser også i 2006 og 2007 (Larsen 2008) ble det i tillegg plassert ut små muslinger i nettingbur i september 2008. Nettingburene ble kontrollert, men antall muslinger var ikke mulig å observere uten å ta av lokket. For ikke å forstyrre (stresse) muslingene ble det valgt ikke å åpne burene eller grave unødvendig i grusen for å lete etter dem.

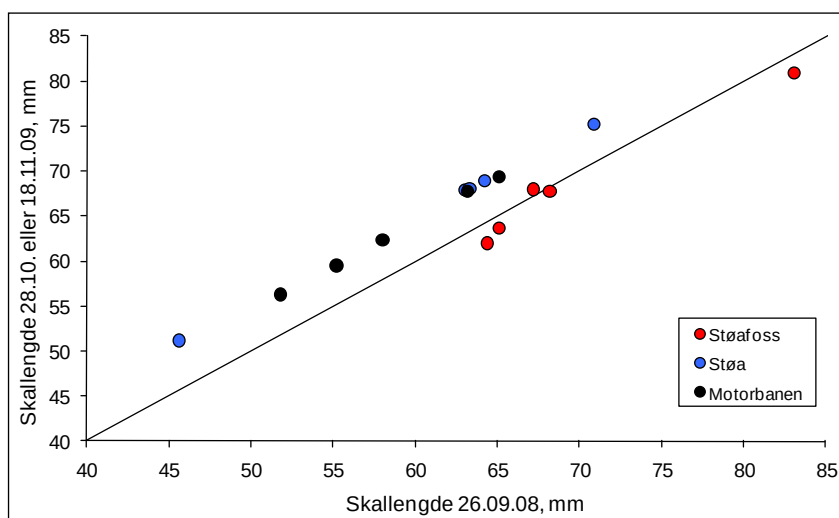
Alle nettingburene ble kontrollert og klargjort for videreføring av overvåkingen i juni 2009. Nettingburene ble kontrollert flere ganger i løpet av sommeren, og avtagende vannføring førte til at nettingburet like nedenfor Støafossen (stasjon B4) ble tørrlagt. Varigheten av tørrleggingen kjenner vi ikke, men alle muslingene var tilsynelatende i live da det ble oppdaget. Buret ble flyttet ut på dypere vann i begynnelsen av juli (**vedlegg 1.2**). Nettingburet nedenfor Støafossen fikk dessverre ingen god plassering, og var det hele tiden eksponert for høy vannhastighet og strømvirvler. Klekkekassa på samme sted ble ødelagt og forsvant, og selv om nettingburet berget ble dette også gjenfunnet ute av posisjon ved en senere anledning. Muslingene bar preg av å ha blitt hardt behandlet da skallkanten var skadet og opphakkert. En av muslingene ble også funnet død ved kontrollen 1. september 2009. Det tar vanligvis noen dager fra muslingen dør til bløtdelene har forsvunnet helt. Muslingen har derfor dødd før rotenonbehandlingen som ble gjennomført et par dager i forkant. Mest sannsynlig var ett av individene som ble tørrlagt i begynnelsen av juli så svekket at det senere døde. Forsøket ble avsluttet med utgraving og tømning av burene i slutten av oktober 2009.

Med unntak av en musling i buret nedenfor Støafossen som sannsynligvis døde som følge av inntørking var det ingen dødelighet i noen av burene i 2008 og 2009 (**tabell 16**). Dette bekreftet det som ble observert i klekkekassene.

Alle muslingene i nettingburene ved Støa (stasjon B3) og Motorbanen (stasjon B2) hadde god vekst (**figur 42**), og gjennomsnittlig tilvekst var 4,6 mm i løpet av forsøksperioden på om lag 13 måneder (**tabell 17**). Ved Støafossen (stasjon B4) derimot var det ingen tilvekst, og på grunn av slitasje av skallene var også enkelte muslinger kortere ved avslutningen av forsøket enn da det startet. Disse har tydeligvis vært negativt påvirket hele perioden der inntørking og mekanisk påvirkning av flom og høy vannhastighet har medvirket til dette. Veksten er dermed et uttrykk for at lokaliteten ikke var egnet til å skape normale forhold, og det skal nevnes at det naturlig bare finnes et fåtall muslinger i strykpartiene oppunder Støafossen der buret var plassert.

Tabell 16. Kontrollerte eksponeringsforsøk med elvemusling i nettingbur på tre stasjoner i Ogna i 2008 og 2009. Stasjon B2: Motorbanen (ca 4 km nedstrøms Støafossen), stasjon B3: Støa (750 m nedstrøms Støafossen) og stasjon B4: Støafossen (200 m nedstrøms Støafossen).

År		Stasjon			
		B2	B3	B4	B2-B4
2008	SMÅ muslinger satt ut (antall)	5	5	5	15
	Gjenfunnet levende	5	5	5	15
	Forsvunnet/døde	0	0	0	0
2009	SMÅ muslinger satt ut (antall)	5	5	6	16
	Gjenfunnet levende	5	5	6	15
	Forsvunnet/døde	0	0	1	1



Figur 42. Vekst hos elvemusling som ble satt ut i nettingbur på tre ulike lokaliteter i Ogna i 2008-2009 (N = 15). Skallengde ble målt ved utsetting 26. september 2008 og når muslingene ble tatt opp igjen 28. oktober (Motorbanen og Støa) eller 18. november 2009 (Støafoss). Punkter over linjen viser at muslingene har hatt en positiv tilvekst.

Tabell 17. Gjennomsnittlig lengdeøkning hos elvemusling i nettingbur på tre lokaliteter i Ogna i 2008-2009. Skallengde ble målt ved utsetting 26. september 2008 og når muslingene ble tatt opp igjen 28. oktober (B2 og B3) eller 18. november 2009 (B4). Stasjon B2: Motorbanen (ca 4 km nedstrøms Støafossen), stasjon B3: Støa (750 m nedstrøms Støafossen) og stasjon B4: Støafossen (200 m nedstrøms Støafossen).

	Stasjon	Antall	Skallengde ± SD start, mm	Skallengde ± SD slutt, mm	Gjennomsnittlig lengdeøkning, mm
SMÅ muslinger	B2	5	58,7 ± 5,5	63,1 ± 5,5	4,4
	B3	5	61,4 ± 9,4	66,3 ± 8,9	4,9
	B4	5	69,6 ± 7,7	68,5 ± 7,4	-1,1
	B2-B3	10	60,0 ± 7,4	64,7 ± 7,2	4,6 ± 0,4

5 Diskusjon og oppsummering

I de siste 10-15 årene er det gjennomført flere undersøkelser i Steinkjervassdragene med elvemusling som tema (Hervik mfl. 1999, Larsen mfl. 2000, Bakken & Barstad 2000, Larsen 2001; 2002; 2008, Dunca mfl. 2010). Sammen med en ny overvåking av bestanden i 2009 i forbindelse med de siste rotenonbehandlingene i vassdragene samt genetiske analyser av muslingpopulasjonene i Ogna og Figga har det framkommet ny og interessant kunnskap om elvemusling som også har overføringsverdi til andre vassdrag med musling.

5.1 Vannkvalitet

- Ogna og Figga har relativt høye fargetall, sterkt varierende turbiditet, relativt høyt innhold av kalsium, høy pH og god bufferevne
- Figga skiller seg ut i negativ retning med et noe høyt nitrat-innhold

Vannkvaliteten i Ogna og Figga er preget av det dominerende myrlandskapet i nedbørfeltet. Dette gir et brunfarget vann med høyt organisk innhold. Vassdragene har derfor relativt høye fargetall, sterkt varierende turbiditet og relativt høyt innhold av kalsium. pH var 7,2-7,5 i Ogna og Figga i begynnelsen av juli 2009, og bufferevnen var stor. pH varierte mellom 6,3 og 7,2 i Ogna og mellom 6,3 og 7,1 i Figga i 1988-1990 (Løvhøiden 1993). Vannkvaliteten i Ogna og Figga har derfor mange likheter, men Figga har gjennomgående høyere tilførsel av næringsstoff og spesielt nitrat-verdiene skilte seg negativt ut i 2009. I 1988-1990 ble det målt nitratverdier mellom 39 og 875 µg/l i Ogna, med et gjennomsnitt på 163 µg/l (N = 31). I Figga var verdiene mellom 179 og 647 µg/l med et gjennomsnitt på 330 µg/l (N = 31). Hvordan utviklingen i næringstilførsel har vært i perioden etter 1990 er usikkert, men i Figga kan det høye nivået virke inn på overlevelsen av de unge muslingene (jf. Degerman mfl. 2009).

5.2 Vertsart for muslinglarvene (inkludert tetthet av laks og ørret)

- Laks er viktigste vertsart for elvemuslingens larver på lakseførende strekning både i Ogna og Figga. I øvre del av Ogna (Skillegrind) derimot er ørret antatt å være primærvert for muslingene
- Produksjonen av laksunger gikk kraftig ned fra tidlig på 1980-tallet i Ogna og Figga på grunn av lakseparasitten *G. salaris*. Utlegging av lakserogn og utsetting av laksyngel og ettårige laksunger ga imidlertid en betydelig økning i tetthet av laksunger i periodene 1994-1997 og 2003-2005
- Vellykket rekruttering og flere sterke årsklasser med muslinger sammenfalt med høy tetthet av laksunger

Undersøkelser av gjellene til laks- og ørretunger i Ogna og Figga har bekreftet at laks er den viktigste og i stor grad den eneste vertsfisken til muslingens larver på lakseførende strekning i begge vassdragene (**tabell 18**). Muslinglarvene fester seg imidlertid til gjellene på både laks og ørret (og andre fiskearter i vassdragene). I en kortere periode, gjerne et par uker i perioden fra midten av september til begynnelsen/midten av oktober, vil vi derfor finne store mengder med larver både på laks og ørret (Larsen mfl. 2000, Larsen 2002; 2008). På uegnet vertsfisk derimot vil ikke muslinglarvene kapsle seg inn, eller de utvikler seg ikke normalt (reduisert tilvekst), og vil falle av igjen etter noe tid.

På lakseførende strekning i Ogna var det høy prevalens (67-88 %) og 100-150 muslinglarver i gjennomsnitt på laksungene (**tabell 18**). Ørretungene derimot hadde lav prevalens (18-57 %) og meget lav infeksjon (1-2 muslinglarver i gjennomsnitt). Både prevalens og abundans er derimot høyere på ørretungene i Ogna ovenfor lakseførende strekning (Skillegrind) (**tabell 18**). Tettheten av muslinger var imidlertid lav i øvre del av Ogna sammenlignet med nedre del av

vassdraget. Produksjonen av muslinglarver blir følgelig lavere, og det er ikke forventet at ørretungene skal bli infisert med det samme høye antall muslinglarver ved Skillegrind som laksungene blir i nedre del av Ogna.

Et grovt overslag viser at det produseres ufattelige 9000 milliarder muslinglarver i Figga hvert år. Likevel var bare 4-7 % av ørretungene ved Sagmo, der tettheten av muslinger er svært høy, infisert med muslinglarver våren 1999 og 2004 (**tabell 18**). I tillegg var antall muslinglarver på ørretungene svært lavt. Nedenfor fiskesperra ved Lø er tettheten av muslinger lav, men det var likevel muslinglarver på 91-97 % av laksungene våren 1999 og 2004. Ørretungene på samme sted hadde ingen eller mindre enn én larve på gjellene i gjennomsnitt (**tabell 18**).

De første årene var mangel på laksunger som vertsfisk for muslinglarvene lik i hele Figga. Men etter at fiskesperra ble bygd ved Lø i 1988 har ikke gytelaks som har vandret opp i Figga kommet lenger enn til dit. Laksunger har derfor vært helt fraværende fra elvestrekningen mellom Lø og Leksdalsvatnet fra 1990-1992 da de siste årsklassene av laksunger smoltifiserte og vandret ut fra vassdraget. Senere har det blitt satt ut laksunger og lagt ut lakserogn nedenfor Lø slik at tettheten av laksunger, og tilgangen på vertsfisk, har vært høy i enkelte år blant annet på midten av 1990-tallet. Dette har gitt grunnlaget for en viss rekruttering til bestanden av elvemusling nedenfor Lø, men mangel på laksunger har utarmet bestanden av elvemusling ovenfor sperra.

Tabell 18. Registrering av muslinglarver på ørret og laks i første leveår (alder 0+/1+) i Ogna og Figga i enkelte år i perioden 1999-2008. Antall muslinglarver er enten oppgitt for alle gjellebuer på fiskens venstre side (V) eller alle gjellebuer på fiskens venstre og høyre side til sammen (V+H)). Infeksjonen av muslinglarver er presentert som prevalens (prosentandel av undersøkt fisk som er infisert) og abundans (gjennomsnittlig antall larver på all fisk undersøkt). N = totalt antall fisk samlet inn.

Elv-lokalitet	Måned-år	Gjellebuer	Ørret			Laks			Kilde
			N	Prev	Abund	N	Prev	Abund	
Ogna-Skillegrind	05-1999	V+H	7	86	24	-	-	-	Larsen mfl. 2000
	10-2008	V	3*	67	8	-	-	-	Denne undersøkelsen
Ogna-Hyllbrua	05-1999	V+H	16*	25	1	0	-	-	Larsen mfl. 2000
	04-2001	V	14*	57	1	0	-	-	Larsen upubl. materiale
Ogna-Brandsegg	05-1999	V+H	42	29	<1	8	88	134	Larsen mfl. 2000
Ogna-Hornemann	05-1999	V+H	71	18	2	16	88	149	Larsen mfl. 2000
	04-2001	V	6	0	0	3	67	48	Larsen upubl. materiale
Figga-Lø	05-1999	V	46	0	0	11	91	117	jf. Larsen mfl. 2000
	05-2004	V	16*	19	<1	29	97	135	Denne undersøkelsen
Figga-Sagmo	05-1999	V	47	4	<1	0	-	-	jf. Larsen mfl. 2000
	05-2004	V	27*	7	12	0	-	-	Denne undersøkelsen

*Inkluderer alder ≥1+/2+

Overvåking av ungfiskbestandene i Ogna og Figga har vist at produksjonen av laksunger var svært lav i vassdragene fra tidlig på 1980-tallet og fram til rotenon-aksjonen i 1993 (Hope 1996, Johnsen mfl. 1999). Utsetninger i 1994-1997 førte til at tettheten av laksunger ble betydelig større enn før rotenonbehandlingen (Johnsen mfl. 1999). Men etter at *G. salaris* ble påvist igjen i 1997 gikk tettheten av laksunger på nytt kraftig tilbake. All laksyngel som ble undersøkt i Ogna i september 1999 var infisert med *G. salaris*, men hadde også et betydelig antall muslinglarver på gjellene (Larsen mfl. 2000). Et flertall av disse laksungene døde sannsynligvis i løpet av vinteren på grunn av redusert kondisjon forårsaket av lakseparasitten. Muslinglarvene ville da dø sammen med fisken.

Ziuganov mfl. (1994) har angitt at tettheten av ettårig ungfisk (1+) må være større enn 5 individ per 100 m² i mai/juni når muslinglarvene slipper seg av for at tettheten av elvemusling skal opprettholdes (jf. Söderberg mfl. 2008). Tettheten av laksunger har bare unntaksvis vært større enn 1 individ per 100 m² i perioden 1981-1994 i Ogna. Elvemuslingen har derfor hatt en redusert mulighet for vellykket rekruttering på 1980- og 1990-tallet (en periode på ca 15 år) på grunn av mangel på vertsfisk. Det var først i forbindelse med utlegging av rogn og utsetting av yngel i 1994-1997 og på nytt igjen i 2003-2005 at antall laksunger økte så mye at det ikke lenger var begrensende for en vellykket rekruttering hos elvemusling (**tabell 19**). Mangel på vertsfisk på 1980-tallet var den viktigste årsaken til at det ikke ble funnet unge muslinger ved undersøkelser i 1999 (jf. Larsen mfl. 2000). Når det i ettertid er påvist vellykket rekruttering og flere sterke årsklasser med muslinger som sammenfaller i tid med perioder med mye laksunger, viser det at det ikke er vannkvaliteten som er begrensende for rekrutteringen i Ogna, men mangelen på vertsfisk. I Figga derimot kan innholdet av nitrat være med å begrense rekrutteringen noe da det er en faktor som kan øke dødeligheten av muslinger i deres første leveår da de fortsatt lever nedgravd i grusen.

I handlingsplanen for elvemusling (Direktoratet for naturforvaltning 2006) er målet for arbeidet med forvaltning av elvemusling i et langsiktig perspektiv at den skal finnes i livskraftige populasjoner i hele Norge. Alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes eller forbedres. Ut fra en slik målsetting er det nødvendig å gjennomføre tiltak i Steinkjervassdragene for å øke rekrutteringen, og tiltak som kan bygge opp igjen bestanden av laksunger vil være ett viktig virkemiddel. Siden lakseparasitten *G.salaris* forårsaker fiskedød i Steinkjervassdragene vil tiltak som reduserer eller utrydder parasitten, være et positivt tiltak også for elvemuslingen.

5.3 Elvemusling

5.3.1 Utbredelse

- Elvemusling er påvist i nær 60 km elvestrekning i Steinkjervassdragene

Elvemusling finnes i Steinkjerelva/Byaelva opp til Byafossen (4,5 km, Larsen mfl. 2000) og i Ogna opp til Rokta og Sør-Rokta. I Ogna utgjør dette 35 km elvestrekning. Hvorvidt elvemusling finnes høyere opp i Rokta er imidlertid ikke undersøkt. I Figga er det funnet elvemusling fra Leksdalsvatnet til utløpet i Beistadfjorden. Dette utgjør 18 km elvestrekning. Det er også funnet elvemusling flere steder i strandsonen i selve Leksdalsvatnet (Storstad 2002).

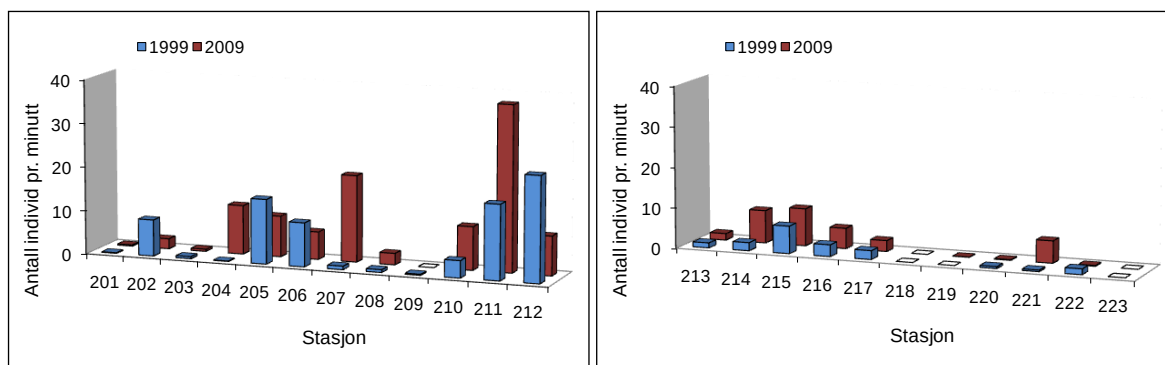
5.3.2 Tetthet

- I Ogna var det størst tetthet av elvemusling nedenfor Støafossen (nåværende lakseførende strekning), og tetthet og antall elvemusling økte fra 1999 til 2009 på grunn av høy nyrekruttering (flere sterke årsklasser)
- Det var størst tetthet av elvemusling i øvre del av Figga, og lavest nedenfor Lø (nåværende lakseførende strekning). Det var en sannsynlig nedgang i antall muslinger i Figga i løpet av perioden 1999-2009 på grunn av stengingen av lakseoppgang ved Lø

Gjennomsnittlig tetthet for 23 stasjoner i Ogna som ble undersøkt i 2009 på strekningen Gullbergaunet-Rokta var 6,1 individ per minutt søketid (om lag 2,1 musling per m²). Dette var en økning i tetthet sammenlignet med 1999 da det ble funnet en gjennomsnittlig tetthet på 1,5 musling per m². Det var størst tetthet nedenfor Støafossen i 2009 (**figur 43**). Dette stemmer i grove trekk overens med situasjonen i 1999 (jf. Larsen mfl. 2000). På enkelte av stasjonene var det likevel store endringer i tetthet i perioden mellom 1999 og 2009. Det var en reduksjon i antall muslinger på sju stasjoner, men stabil eller økende tetthet på 14 stasjoner (**figur 43**). Det var bare to stasjoner som ikke hadde levende musling (stasjon 218 og 223) i noen av årene.

Tabell 19. Oppsummering av effekten som *G. salaris* og tiltakene (behandling med rotenon eller kjemisk behandling med aluminiumsulfat, AIS) for å bekjempe parasitten har hatt på forekomsten av laksunger og antatt årsklassestyrke hos elvemusling. Muslinglarver som infiserer laksungene om høsten (for eksempel 1999) vil ikke slippe seg av gjellene før neste vår (2000) som regnes som "fødselsåret". Disse tilhører dermed 2000-årsklassen av muslinger og hadde alder 9+ i 2009.

År	Rotenon	Als	Gyro påvist	Merknader	Årsklasse av musling året etter	Alder i 2009
1979			-	<i>G. salaris</i> kom til vassdragene i 1977, men ikke påvist før i 1980	Redusert?	29+
1980			Ja		Redusert?	28+
1981			Ja	Lav tetthet av laks (Hope 1996)	Redusert	27+
1982			Ja	Lav tetthet av laks (Hope 1996)	Redusert	26+
1983			Ja	Lav tetthet av laks (Hope 1996)	Redusert	25+
1984			Ja	Lav tetthet av laks (Hope 1996)	Redusert	24+
1985			Ja	Lav tetthet av laks (Hope 1996)	Redusert	23+
1986			Ja	Lav tetthet av laks (Hope 1996)	Redusert	22+
1987			Ja	Lav tetthet av laks (Hope 1996)	Redusert	21+
1988			Ja	Lav tetthet av laks (Hope 1996)	Redusert	20+
1989			Ja	(Paulsen & Rikstad 1989)	Redusert	19+
1990			Ja	Meget lav tetthet av laks (Lorentsen & Rikstad 1991)	Kraftig redusert	18+
1991			Ja	Laksunger svekket pga <i>G. salaris</i> . Lav tetthet (Lorentsen & Rikstad 1992)	Kraftig redusert	17+
1992			Ja	Laksunger svekket/døde pga <i>G. salaris</i> . Lav tetthet (Lorentsen 1993)	Kraftig redusert	16+
1993	Juli		-	All fisk død – ingen vertsfisk til stede når muslingene slipper larvene om høsten. Muslinglarver kan eventuelt overleve på oppvandrende gytelaks	Mangler?	15+
1994			Nei	Utlagt rogn og utsetting av plommeseckkyngel laks. God tetthet av laksyngel (Hope 1996)	God?	14+
1995			Nei	Utlagt rogn og utsetting av plommeseckkyngel laks. God tetthet av laksunger (Hope 1996)	God	13+
1996			Nei	Utlagt rogn og utsetting av plommeseckkyngel laks. God tetthet av laksunger (Hope 1996)	God	12+
1997			Ja	Utsetting av plommeseckkyngel og ettårig laks. God tetthet av laksunger (Hjeltnes mfl. 2006)	God	11+
1998			Ja		Redusert	10+
1999			Ja		Redusert	9+
2000			Ja	All? fisk med larver fra høsten 2000 døde ved behandlingen våren 2001	Mangler?	8+
2001	April og oktober		-	Få vertsfisk til stede når muslingene slipper larvene om høsten eller de dør like etter påslag av larver (avhengig av når muslingene slapp larvene). Muslinglarver kan eventuelt overleve på oppvandrende gytelaks	Mangler?	7+
2002	August		-	All fisk død – ingen vertsfisk til stede når muslingene slipper larvene om høsten. Muslinglarver kan eventuelt overleve på oppvandrende gytelaks	Mangler?	6+
2003			Nei	Utlagt rogn og utsetting av plommeseckkyngel laks (Hjeltnes mfl. 2006)	God	5+
2004			Nei	Utsetting av plommeseckkyngel laks (Hjeltnes mfl. 2006)	God	4+
2005	August		Ja	Utlagt rogn og utsetting av plommeseckkyngel laks (Hjeltnes mfl. 2006). Rotenonbehandling bare nedenfor Ogna bru – liten betydning for rekrutteringen hos elvemusling i Ogna	God	3+
2006		August	Ja	AIS behandling sammenfaller i tid med utslippet av larver hos elvemusling: høy dødelighet av muslinglarver	Kraftig redusert	2+
2007		August	Ja?	AIS behandling gjennomført før utslippet av muslinglarver	Redusert/god?	1+
2008	Oktober		Ja	All fisk død etter behandling – ingen vertsfisk til stede når muslingene slipper larvene om høsten eller de dør like etter påslag av larver (avhengig av når muslingene slapp larvene). Muslinglarver kan eventuelt overleve på oppvandrende gytelaks	Mangler?	0+
2009	August		-	All fisk død etter behandling – ingen vertsfisk til stede når muslingene gyter om høsten. Muslinglarver kan eventuelt overleve på oppvandrende gytelaks	Mangler?	-
2010			Nei?			-



Figur 43. En sammenligning av tettheten av levende elvemusling (oppgitt som antall muslinger per minutt) basert på tellinger på de samme 23 stasjoner i Ognå i 1999 og 2009. Data fra 1999 omarbeidet etter Larsen mfl. (2000).

I Figga var gjennomsnittlig tetthet 37,1 individ per minutt søketid i 2009 på strekningen mellom Beistadfjorden og Leksdalsvatn (om lag 12,1 musling i gjennomsnitt per m²). Antall elvemusling varierte betydelig innad i vassdraget (0,1-102,1 individ per minutt i gjennomsnitt). Lavest tetthet var det på strekningen nedenfor fiskesperra ved Lø. I 1999 fant Bakken & Barstad (2000) en gjennomsnittlig tetthet på 16,8 musling per m², men dette var basert på tellinger i transekter (36-64 m²). Det ble bare gjennomført "fritellinger" på seks av stasjonene i Figga i 1999 (Larsen mfl. 2000). Disse hadde en gjennomsnittlig tetthet på 18,9 individ per minutt (5,9 musling per m²). Til sammenligning var tettheten på de samme stasjonene 27,8 individ per minutt (8,7 musling per m²) i 2009. Tallene fra Figga er dermed noe motstridende med hensyn til utvikling i tetthet av muslinger fra 1999 til 2009. Det var en økning i tetthet når vi bare ser på de seks stasjonene som hadde sammenlignbare fritellinger begge årene, men det var en mindre reduksjon i tetthet fra 1999 til 2009 når vi sammenligner resultatet fra transekttellningene i 1999 med fritellingene på de samme stasjonene i 2009. Vi skal imidlertid være forsiktige med å sammenligne de to estimatene siden metoden som ligger til grunn for tellingene er forskjellig i de to årene. Transekttellinger gir normalt en høyere tetthet (bedre nøyaktighet) enn fritellingene.

En reell økning i antall muslinger kommer normalt bare som følge av økende rekruttering. Antall muslinger kan selvsagt øke lokalt som følge av forflytninger, men da som følge av en reduksjon et annet sted.

En reduksjon i antall muslinger skyldes i mange tilfeller manglende rekruttering som resulterer i en forgubbing og over tid, en bestandsnedgang. Dette kan komme av manglende vertsfisk, og/eller en endring i oppvekstforholdene for de unge muslingene. Negative endringer i vannkvalitet (høy næringstilførsel, høyt innhold av humus, høy turbiditet og mye finpartikulært materiale, forsuring, lavt innhold av kalsium og høyt innhold av tungmetaller) kan gi overdødelighet av muslinger i alle årsklasser, men det er særlig de unge muslingene som er mest sårbare.

Det er i tillegg flere eksempler på at ekstreme situasjoner (bl.a. flom) kan gi stor skade og høy dødelighet i bestander av elvemusling (Hastie mfl. 2001). Muslinger kan dø fordi de knuses, men mer vanlig er det at muslinger som drifter med flomvannet havner på steder som senere blir tørrlagt. Muslinger som overlever en forflytning forårsaker en omfordeling av muslinger innad i vassdraget. Lav vannføring og redusert vanddekt areal kan også bidra til å redusere antall muslinger. Om sommeren kan muslinger strande på grunt vann og dø på grunn av overoppheiting og oksygenmangel. Om vinteren er det fare for innfrysing i perioder med kaldt vær. Ekstremt lav vannføring var det for eksempel i februar 1980, og det er sannsynlig at dette har virket inn på bestanden av muslinger selv om det er vanskelig å spore dette i dag.

I Ognå og Figga har antagelig stor vannføring og flom hatt den mest dramatiske negative konsekvensen. Det lå store mengder tomme skall på land, i strandkanten og ute i Ognå sommeren

og høsten 2006 etter flommen i månedsskiftet januar/februar (se bilde s.12). I tillegg er det påvist overdødelighet av muslinger på grunn av stranding, bl.a. sommeren 2006. Episoder med plukking av muslinger er også kjent fra Ogna (bl.a. i 2006; Larsen 2008), men dette foregår neppe systematisk og er ikke noen trussel mot bestanden i vassdraget som helhet. Elvemuslingen er da også totalfredet i Norge fra 1993, og all fangst er dermed forbudt.

På tross av overdødelighet av eldre muslinger i perioder med flom eller redusert vannføring, manglende rekruttering på grunn av lav tetthet av laksunger, utryddelse av vertsfisk med muslinglarver i år med rotenonbehandling eller nedsatt overlevelse av muslinglarver under behandlingen med aluminiumsulfat, har det likevel vært en økning i tettheten av elvemusling i Ogna. Dette kommer av en kraftig økning i rekrutteringen og spesielt det store antallet 11-13 år gamle muslinger. Denne økningen ble forårsaket av sterke årsklasser på midten av 1990-tallet som kom inn med full tyngde i tellingene i 2009. Disse levde nedgravd i grusen i 1999, og ble av den grunn ikke oppdaget da. Senere har det i tillegg kommet til flere sterke årsklasser på 2000-tallet i Ogna. Dette gjelder imidlertid ikke for Ogna ovenfor Støafossen (Hyllbrua). Laks har forsvunnet etter stengingen av Støafossen i 1986, og det er heller ikke satt ut laksengel. Det er ikke påvist rekruttering (eller rekrutteringen er vesentlig svakere enn forventet) ved Hyllbrua i de siste 20-30 årene, og mangel på laksunger er den sannsynlige årsaken.

Til forskjell fra Ogna har det ikke vært noen økning i antall unge muslinger som "kompensasjon" for en overdødelighet av eldre individ i Figga. Dette kan forklare at det faktisk har vært en reell nedgang i antall muslinger i Figga i løpet av perioden 1999-2009. Nedenfor fiskesperra er det riktignok funnet enkelte unge muslinger, men der er tettheten av voksne muslinger så lav at rekrutteringen naturlig blir lav. Ovenfor fiskesperra ved Lø er det derimot ikke påvist rekruttering (eller rekrutteringen er vesentlig svakere enn forventet) i de siste 20-30 årene, og mangel på laksunger er den mest sannsynlige årsaken.

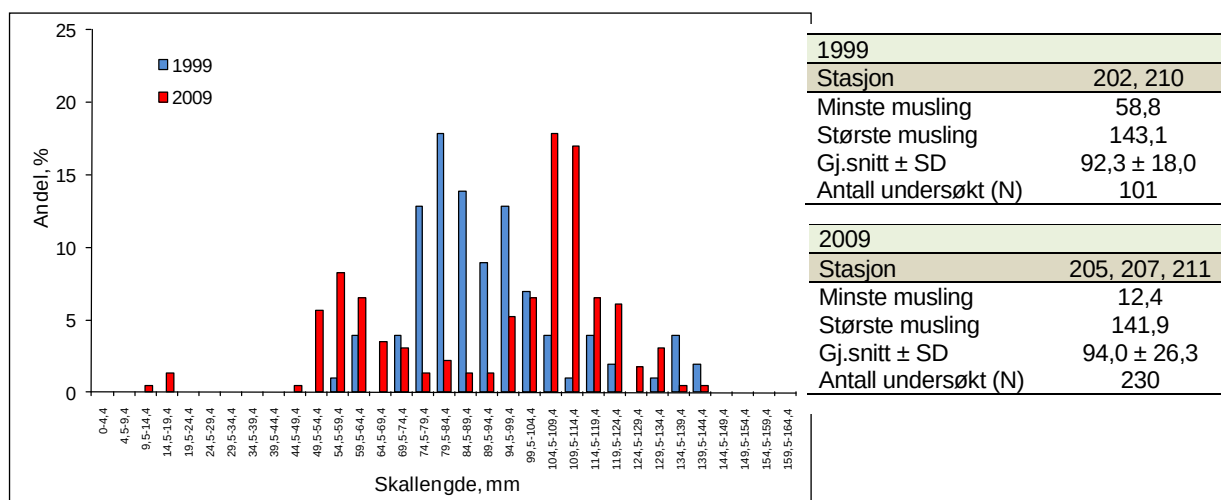
Når vi vurderer endringer i tetthet av muslinger over tid skal vi heller ikke undervurdere effekten av forholdene under selve tellingene. Vannføring, lysforhold og feltarbeidernes erfaringer spiller inn. Ved fritellinger er det ikke nøyaktig de samme flatene som undersøkes selv om området i elva er det samme ved to ulike tidspunkt, og resultatet kan derfor av den grunn avvike noe fra gang til gang.

5.3.3 Lengde- og aldersfordeling

- Det var stor variasjon i årsklassestyrke i Ogna nedenfor Støafossen (nåværende lakseførende strekning). Til sammen 34 % av muslingene i Ogna var 3-5 år gamle (årsklassene 2003-2005), og 21 % av muslingene var 11-13(-14) år gamle (årsklassene (1994)1995-1998). Om lag to tredeler av alle muslinger i Ogna nedenfor Støafossen var dermed yngre enn 30 år
- I Ogna ovenfor Støafossen (Hyllbrua) ble det ikke påvist rekruttering (eller rekrutteringen var vesentlig svakere enn forventet) i de siste 25-30 årene sannsynligvis på grunn av stengingen av lakseoppgang i Støafossen
- Muslinger i Ogna ved Skillegrind var vesentlig eldre enn muslinger med samme lengde både ved Hyllbrua og på lakseførende del nedenfor Støafossen
- Det var varierende årsklassestyrke i Figga nedenfor fiskesperra ved Lø (nåværende lakseførende strekning). Ovenfor fiskesperra i Figga derimot ble det ikke funnet muslinger mindre enn 50 mm. Dette indikerer en aldring av bestanden med liten eller ingen rekruttering. I Figga var 23-25 % av muslingene nedenfor fiskesperra yngre enn om lag 30 år. Ovenfor fiskesperra var tilsvarende andel bare 2-4 %

Lengden til de 75 eller 80 "første" levende elvemusling som ble observert på tre stasjoner i Ogna nedenfor Støafossen (N = 230) varierte fra 12 til 142 mm i 2009 (**figur 44**). Hovedvekten av muslingene var 95-125 mm lange. Det var få muslinger i lengdeintervallet 75-95 mm, mens det var en høy andel muslinger i lengdeintervallet 50-65 mm. Til sammenligning var skallengden av levende

elvemusling på to stasjoner i Ogna nedenfor Støafossen 59-143 mm i 1999 (N = 101). Hovedvekten av muslinger var den gang 75-95 mm lange (**figur 44**; jf. Larsen mfl. 2000). Den minste muslingen som ble funnet i 1999 og 2009 uten graving i substratet var henholdsvis 59 og 12 mm. Selv om det også ble gravd noe i substratet i 1999 ble det ikke funnet muslinger mindre enn 59 mm. I 2009 derimot ble det ved graving på tre stasjoner funnet at halvparten av alle muslinger faktisk var nedgravd i substratet, og den minste var bare 6 mm.



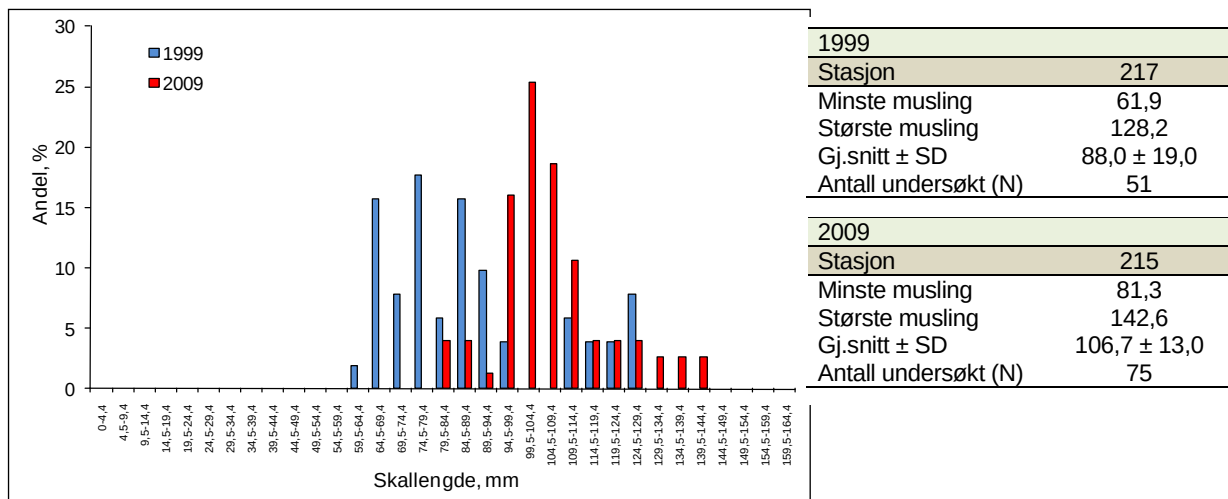
Figur 44. Lengdefordeling av levende elvemusling i Ogna nedenfor Støafossen i 2009 sammenlignet med 1999 (uten graving i substratet). Data fra 1999 omarbeidet etter Larsen mfl. (2000).

Lengdefordelingen nedenfor Støafossen som inkluderer de nedgravde muslingene (se **figur 15** og **16**), viste store og markerte topper som indikerte stor variasjon i rekrutteringen i de siste ti-årene. Til sammen 34 % av individene var 5-20 mm. Dette tilsvarer tre, fire og fem år gamle muslinger i 2009. Av disse var det 2004-årsklassen som dominerte fullstendig. Muslinger med lengder mellom 20 og 50 mm er i de fleste tilfellene mellom seks og ti år gamle i Ogna. Det er et svært lite antall av disse årsklassene i Ogna i 2009, og rekrutteringen var derfor kraftig redusert i perioden 1999-2003. Lengdegruppene 50-65 mm som i all hovedsak er 11-13(-14) år gamle muslinger, hører til årsklassene 1995-1998. Disse årsklassene utgjorde 21 % av alle muslinger i Ogna i 2009.

Aldersbestemmelse ut fra skallengde blir stadig mer usikkert jo større muslingene er på grunn av et stadig økende overlapp i lengde mellom ulike årsklasser. Muslinger som er 84-85 mm lange i Ogna varierte i alder fra 17 til 32 år (se **tabell 10**, **figur 34**). Muslinger i Ogna følger generelt høy tilvekstkurve i **figur 34**, og muslinger som er 100 mm lange vil i de fleste tilfeller ha oppnådd en alder på 30 år. Det betyr at om lag to tredeler av alle muslinger i Ogna var yngre enn 30 år i 2009.

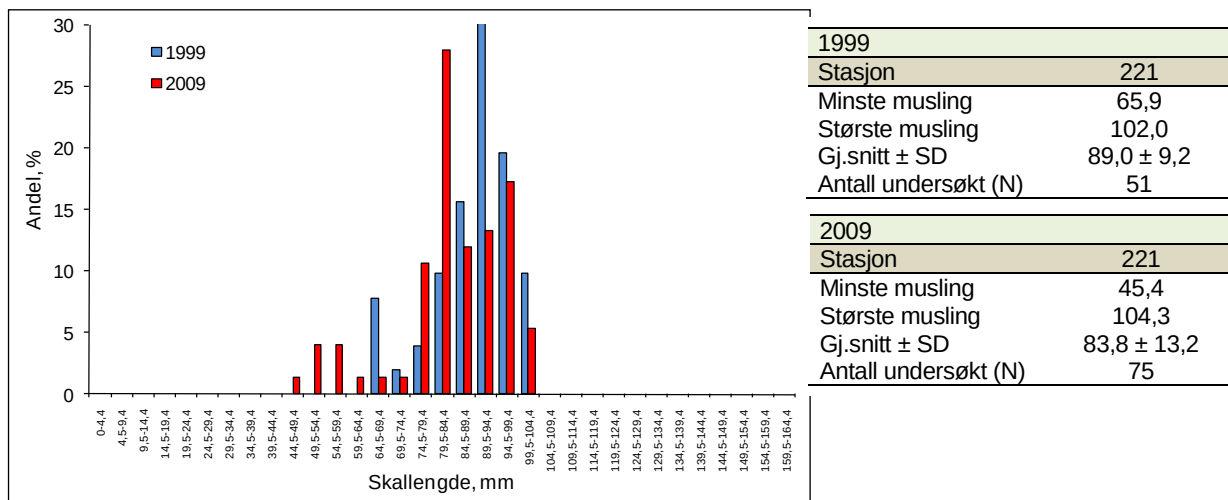
Ovenfor Støafossen (Hyllbrua) er situasjonen ulik det vi har sett nedenfor Støafossen. Lengdefordelingen av muslinger viste en gjennomsnittlig økning i lengde fra 88 mm i 1999 til 107 mm i 2009 (**figur 45**). Dette tilsvarer om lag forventet tilvekst i løpet av ti års perioden (årlig tilvekst ca 2 mm), og indikerer en aldring av bestanden med liten eller ingen rekruttering. Minste musling i utvalget var 81 mm (i underkant av 20 år gammel).

Ved Skillegrind (ovenfor Hyttfossen) er det små forskjeller i lengdefordelingen av muslinger i 2009 sammenlignet med 1999 (**figur 46**). Det er en noe større andel med unge muslinger (45-60 mm lange) i 2009, men generelt er rekrutteringen noe lav.



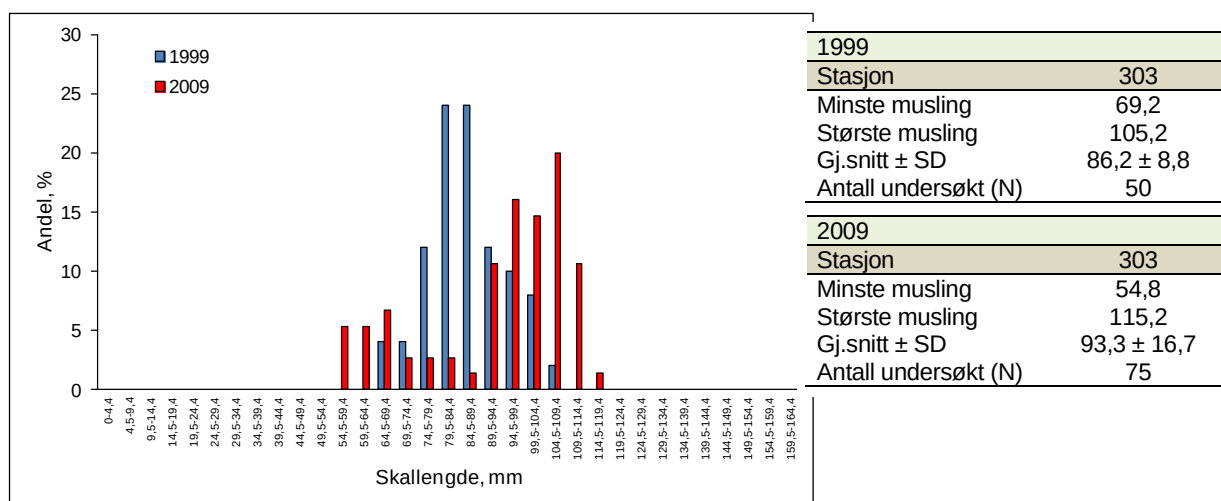
Figur 45. Lengdefordeling av levende elvemusling i Oyna ved Hyllbrua ovenfor Støafossen i 2009 sammenlignet med 1999 (uten graving i substratet). Data fra 1999 omarbeidet etter Larsen mfl. (2000).

Muslingene ved Skillegrind hadde vesentlig lavere tilvekst enn muslingene både ved Hyllbrua og på lakseførende del nedenfor Støa (Hornemannshølen og Motorbanen). Muslinger på 84-85 mm var 53-54 år ved Skillegrind, men bare 17-32 år nedenfor Støafossen.



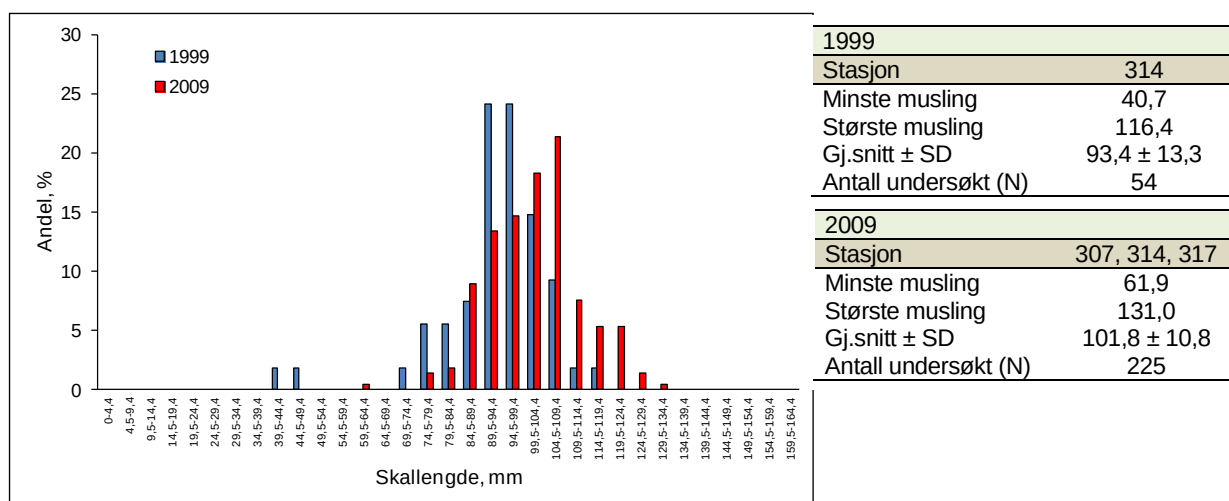
Figur 46. Lengdefordeling av levende elvemusling i Oyna ved Skillegrind ovenfor Hyttfossen i 2009 sammenlignet med 1999 (uten graving i substratet). Data fra 1999 omarbeidet etter Larsen mfl. (2000).

Lengden til de 75 "første" levende elvemusling som ble observert i Figga nedenfor Lø varierte fra 55 til 115 mm i 2009. Skallengden av elvemusling på den samme stasjonen i 1999 varierte fra 69 til 105 mm (N = 50, B.M. Larsen upubliserte data) (**figur 47**). Hovedvekten av muslinger var henholdsvis 80-90 mm og 90-115 mm lange i 1999 og 2009. Dette er de samme muslingene som er blitt 10 år eldre, da differansen i lengde tilsvarer forventet tilvekst i løpet av ti års perioden (årlig tilvekst 1-2 mm). Det var få muslinger i lengdeintervallet 70-90 mm i 2009, men noen flere i lengdeintervallet 55-70 mm. Dette indikerer perioder med varierende rekruttering og kan sammenlignes med Oyna nedenfor Støafossen.



Figur 47. Lengdefordeling av levende elvemusling i Figga nedenfor fiskesperra ved Lø i 2009 sammenlignet med 1999 (uten graving i substratet). Data fra 1999 er tidligere upubliserte data (se likevel Larsen mfl. 2000).

Skallengden av levende elvemusling på en stasjon i Figga mellom Lø (fiskesperra) og Leksalsvatnet varierte fra 41 til 116 mm i 1999 (N = 54, B.M. Larsen upublisert materiale) (**figur 48**). I 2009 ble lengdefordelingen undersøkt på tre stasjoner. Lengden til de 75 "første" levende elvemusling som ble observert varierte fra 62 til 131 mm, og gjennomsnittslengden var 102 mm (N = 225). Hovedvekten av muslingene var 85-115 mm lange. Ingen muslinger var mindre enn 50 mm i 2009. Dette indikerer en aldring av bestanden med liten eller ingen rekruttering.



Figur 48. Lengdefordeling av levende elvemusling i Figga mellom fiskesperra (Lø) og Leksalsvatnet i 2009 sammenlignet med 1999 (uten graving i substratet). Data fra 1999 er tidligere upubliserte data (se likevel Larsen mfl. 2000).

I Figga er muslingenes tilvekst lavere enn i Ogna. Veksten flater ut tidligere, og muslinger med samme lengde vil derfor være yngre i Ogna enn i Figga. Dette medfører også at aldersbestemmelsen blir mer usikker i Figga på grunn av sterkere overlapp i lengde mellom ulike årsklasser. I Figga vil muslinger som er 83-87 mm lange variere i alder fra 21 til 36 år (se **tabell 10**, **figur 34**). Muslinger i Figga har en veksthastighet som ligger mellom høy og normal til-

vekstkurve i **figur 34**. Muslinger som er 80-85 mm lange i Figga vil i de fleste tilfeller ha oppnådd en alder på 30 år. Det betyr at om lag en firedel av alle muslinger i Figga nedenfor fiskesperra var yngre enn 30 år i 2009. Ovenfor fiskesperra var tilsvarende andel bare 2-4 %. Rekrutteringen hos elvemusling har derfor vært mye lavere ovenfor sperra enn nedenfor sperra i perioden etter 1980. Siden sperra ble bygd først i 1988 er det i hovedsak etter 1990 denne endringen har skjedd. I 1999 ble det lengdemålt til sammen 446 muslinger på tre områder ovenfor fiskesperra som også inkluderte graving i substratet (Bakken & Barstad 2000). Bare to av disse muslingene (0,4 %) var yngre enn 10 år (mindre enn 42 mm lange).

5.3.4 Veksthastighet og årlig tilvekst

- Tilveksten til muslingene i lakseførende del av Oгна og Figga var høyere enn gjennomsnittet i de fleste muslingvassdrag
- I Oгна var årlig tilvekst 6-8 mm i 5-10 års alder, mens den i Figga var 4-6 mm. Dette medførte at ti år gamle muslinger i Oгна og Figga var henholdsvis 51 og 42 mm lange

Årlig tilvekst i Oгна fra muslingene var fem år til de ble ti år var 6-8 mm. Deretter avtok den årlige tilveksten. Veksten varierte imidlertid mellom år, og tilveksten var høyere enn normalt bl.a. i 2002 og 2003 (se **figur 31A** og **36A**). I Figga var tilveksten noe lavere (4-6 mm) fra muslingene var fem år til de ble 12 år.

Elvemuslinger har en relativt lav tilvekst i de første leveårene mens de lever nedgravd i substratet. Men når de kommer opp fra grusen øker tilveksten, og de vokser hurtig i årene fram til kjønnsmoden alder. Veksten varierer imidlertid betydelig fra elv til elv, og det er store forskjeller i en nord-sør gradient, men også lokalt mellom elver. Ti år gamle muslinger kan være alt fra 13 mm i Karpelva i Finnmark (Larsen & Aspholm 2007) til 62 mm i Oгна i Rogaland (Larsen 2009). I overvåkingsprogrammet for elvemusling i Norge var muslingene i de fleste vassdragene ca 35 mm lange når de var 10 år gamle (B.M. Larsen upublisert materiale). Elvemusling i Oгна og Figga har til sammenligning en god tilvekst med en gjennomsnittlig lengde på henholdsvis 51 og 42 mm når de var 10 år gamle.

Det ble holdt muslinger i klekkedasser i Oгна fra august 2006 til oktober 2007 (litt over 14 måneder til sammen; Larsen 2008). De minste muslingene (45-58 mm lange) hadde en betydelig større tilvekst enn de store muslingene (91-130 mm lange). Tilveksten hos de små muslingene (8-10 år gamle) varierte fra 6 til 11 mm, og var i gjennomsnitt 7,9 mm nedenfor Støafossen. Tilveksten hos voksne (store) muslinger var til sammenligning bare 1,4 mm i gjennomsnitt nedenfor Støafossen og 1,7 mm ved Hyllbrua.

Tilvekst ble på nytt målt i Oгна i klekkedasser og bur fra september 2008 til oktober 2009 (13 måneder til sammen). Tilveksten hos de små muslingene (46-83 mm lange, alder 10-14 år) varierte fra 2 til 6 mm, og var henholdsvis 4,2 og 4,6 mm i gjennomsnitt i klekkedasser og bur nedenfor Støafossen. Gjennomsnittlig tilvekst hos voksne (store) muslinger (103-129 mm lange) var til sammenligning 0,7 mm nedenfor Støafossen og 0,9 mm ved Hyllbrua.

Tilveksten målt i 2006-2007 inkluderer litt mer enn én måned lenger vekstperiode enn i 2008-2009, og de små muslingene var yngre under forsøket (8-10 år i forhold til 10-14 år). Årlig tilvekst fra muslingene er 5-10 år gamle til de blir 10-15 år faller fra 6-8 mm til 2-4 mm. Senere kan lengdeveksten stoppe nesten helt opp. Dette forklarer derfor ulik tilvekst i de to årene, og viser samtidig at tilveksten var innenfor det man kunne forvente i Oгна avhengig av størrelse og alder på muslingene.

Kortvarige opphold i veksten i løpet av vekstsesongen er vanlig, og kan oppstå naturlig i forbindelse med reproduksjonsperioden eller forårsakes av miljøendringer (for høy eller lav vanntemperatur), næringsmangel, endringer i miljøet (f.eks. flom eller tørke), utslipp av miljøgifter

og lignende. Det var derfor forventet at både rotenon- og AIS-behandlingene kunne gi en vekststans og kortvarige vekstforstyrrelser mens behandlingene pågikk.

Alle muslinger som ble undersøkt i Ogna og Figga i 2009 hadde da også tilvekstforstyrrelser i skallet som forekom enten på vår, sommer eller høst. Minst tilvekstforstyrrelser (ca 6 % av alle målinger) hadde muslingene i øvre del av Ogna (Skillegrind). Flest forstyrrelsesringer (ca 21 % av alle målinger) hadde muslingene fra Motorbanen i Ogna og fra Sagmo i Figga. Dette er lavere enn i de fleste andre norske elver som er undersøkt (E. Dunca upublisert materiale). Vekstforstyrrelser opptrådte både på strekninger som har hatt rotenon- eller aluminiumsulfid-behandlinger og på strekninger ovenfor behandlingspunktene. Det var likevel en tendens til større hyppighet av forstyrrelsesringer i Ogna nedenfor Støafossen på 2000-tallet sammenlignet med områdene ovenfor Støafossen. Det var relativt sett flere forstyrrelser i tilveksten fra 2002 enn i de andre kalenderårene. Dette kan både komme av lav vannføring (høy vanntemperatur) og rotenonbehandlingen det året. Det ble også observert forstyrrelsesringer i musling skall sommeren 2006 og 2007 (Larsen 2008). Selv om vekststans også kan oppstå ved håndtering av muslingene i forbindelse med lengdemåling (Larsen 1986), ble vekstforstyrrelser som kunne relateres til tidspunktet for AIS-behandlingen påvist. Mange muslinger hadde i tillegg markerte slitaskader på skallet som kunne relateres til flommen i januar/februar 2006.

Selv om antall muslinger med vekstforstyrrelser var større enn normalt i 2002 var likevel tilveksten i 2002 større enn i de andre årene på 2000-tallet. Lav vannføring (og høy vanntemperatur) ser dermed ut til å kompensere for nedsatt tilvekst i forbindelse med rotenonbehandlingen i 2002. Årlig tilvekst i klekkedasser og nettingbur viste heller ikke nedsatt tilvekst hos elvemusling i år med bruk av aluminiumsulfat eller rotenon i bekjempelsen av *G. salaris*.

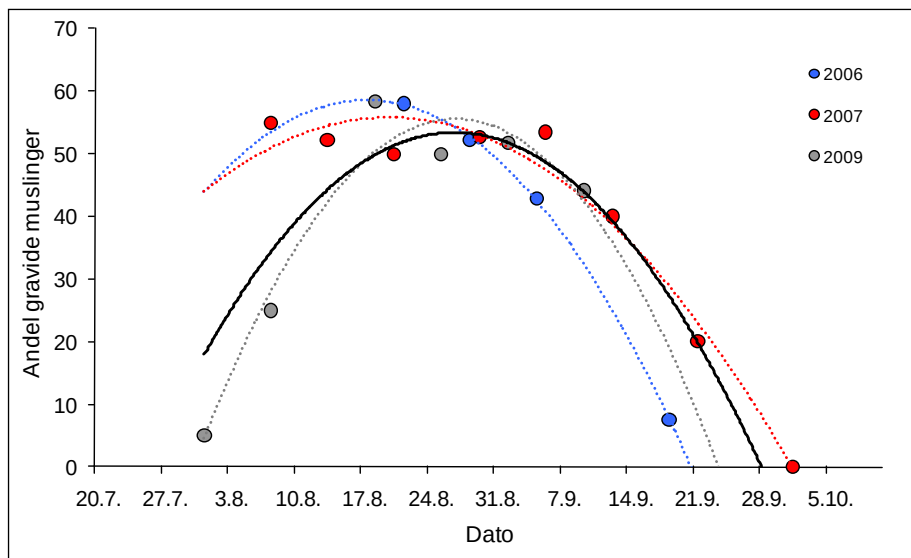
5.3.5 Forekomst av gravide muslinger

- I Ogna og Figga ble det funnet flest gravide muslinger i andre halvdel av august, og det var ingen ting som tydet på at rotenonbehandlingen i august 2009 virket negativt inn på produksjonen eller frigivelsen av muslinglarver
- Tidspunktet når muslinglarvene slippes ut i vannet ("gytetidspunkt") varierer imidlertid mellom år, og skjer tidligere på høsten i Ogna enn i Figga

Andelen gravide muslinger (med muslinglarver i gjellene) varierer noe innad i Ogna og Figga, men dette kan skyldes tilfeldigheter da det ble undersøkt et relativt lite antall muslinger hver gang. I Ogna ble det funnet en relativt høy graviditetsfrekvens på alle lokalitetene i andre halvdel av august i 2006, 2007 og 2009 (36-75 %). Gjennomsnittlig graviditetsfrekvens var litt i overkant av 50 % i alle tre år (**figur 49**). Det er ingen ting som tyder på at rotenonbehandlingen i august 2009 har virket inn på produksjonen av larver, og frigivelsen av dem har skjedd som i et normalår.

Det varierer mellom år når muslinglarvene slippes ut i vannet i Ogna. Vekst og modning av muslinglarvene er temperaturavhengig (380-420 døgngrader; Hruska 2001). Det var betydelig høyere vanntemperatur i 2006 sammenlignet med 2007, og muslinglarvene utviklet seg derfor raskere i 2006. I enkelte år kan muslingene slippe muslinglarvene allerede fra slutten av august (Larsen mfl. 2000), mens det i andre år kan drøye til midten av september (Larsen 2002) eller begynnelsen av oktober (**figur 49**).

Figga hadde om lag samme andel gravide muslinger som i Ogna, men første påvisning av larver ble gjort senere enn i Ogna (henholdsvis 18. august og 31. juli i 2009). I 1999 ble det også bemerket at utviklingen av muslinglarvene i Figga ikke var kommet like langt som i Ogna på samme tid (Larsen mfl. 2000). Årsaken til dette kan ligge i temperaturforskjeller mellom lokalitetene (jf. **figur 7**). Figga hadde noe lavere vanntemperatur enn Ogna i juli, og dette påvirker utviklingen av muslinglarvene.



Figur 49. Gjenomsnittlig graviditetsfrekvens hos elvemusling i Ogna høsten 2006, 2007 og 2009. Heltrukken svart linje er gjennomsnittet (beste kurvetilpasning) av enkeltobservasjonene i de tre årene.

5.3.6 Forflytninger

- Det ble ikke registrert overdødelighet eller forflytning av muslinger i forbindelse med rotenonbehandlingen i 2001 eller AIS-behandlingen i 2006

Telling av muslinger på de samme arealene før og etter rotenonbehandling i 2001 og før og etter aluminiumsbehandling i 2006 ga ingen indikasjoner på overdødelighet eller forflytning av muslinger. Antall muslinger økte faktisk på alle stasjoner (også referansestasjonen) fra april til juni 2001. En sannsynlig årsak til dette var at muslingene stod mer eksponert på grunn av høyere vanntemperatur i juni (Larsen 2001). Nå økte også antall muslinger fra august 2006 til juni 2007 på fire av fem stasjoner (inkludert referansestasjonen) uten at vi har noen god forklaring på det (Larsen 2008).

Selv om elvemuslingen normalt lever et stillestående liv delvis nedgravd og forankret med foten i substratet, er de likevel i stand til aktivt å bevege seg over korte strekninger. Mer dramatisk er derimot ufrivillige forflytninger. Ved høy vannføring kan muslingene miste forankringen i substratet og drifte med vannstrømmen. Under storflommen vinteren 2006 ble mange muslinger begravd i avleiringer av sand og grus eller de forsvant med flomvannet til nye områder i elva. I klekkedassene ble det observert at enkelte muslinger la seg på siden. De vil da lett kunne drifte av gårde, og slik atferd kan være et forsøk på å unnsnippe suboptimale forhold. Dette kan bidra til å forklare hvordan forflytninger av muslinger kan forekomme innad i vassdraget.

I tillegg til en horisontal forflytning kan også muslingene bevege seg vertikalt i substratet. Om lag en tredel av muslingene lever til en hver tid gjemt under steiner eller nedgravd i substratet (Degerman mfl. 2009). I klekkedassene varierte det mye fra gang til gang hvor mange av de små muslingene som ble observert. De store muslingene derimot var alle synlige i overflaten, og beveget seg mindre vertikalt enn de yngre individene. Ved kortvarig stress (rotenonbehandling) ble det ikke observert at muslinger endret posisjon i substratet (Larsen 2001). Det er imidlertid mer usikkert hvordan langvarig stress virker på elvemuslingens atferd.

5.3.7 Genetisk tilpasning mellom vassdrag og innad i vassdrag

- Det er genetiske forskjeller mellom populasjonen av elvemusling i øvre del av Ogna (Skillegrind) sammenlignet med delpopulasjonene i midtre og nedre del av vassdraget (Hyllbrua, Brandsegg og Hornemann)
- Det er ingen genetisk forskjell mellom delpopulasjoner av elvemusling i Figga, og disse er nært beslektet med muslingpopulasjonene i nedre del av Ogna

Det ble tatt genetiske prøver fra to ulike delpopulasjoner med elvemusling ("laksemusling") i Figga, men det var ingen signifikante forskjeller mellom de to delpopulasjonene.

I Ogna ble det tatt prøver fra fire ulike delpopulasjoner med elvemusling. Det er "ørretmusling" i øvre del av vassdraget (Skillegrind) (jf. fiskeundersøkelsene), og det viste seg at denne populasjonen var signifikant ulik de tre delpopulasjonene med "laksemusling" i midtre og nedre del av vassdraget (Hyllbrua, Brandsegg og Hornemann). Genetisk er elvemuslingene ved Hyllbrua mer beslektet med muslingene nedenfor Støafossen enn med muslingene i øvre del av vassdraget (Skillegrind). Hvorvidt dette betyr at muslingene ved Hyllbrua også har laks som primærvert er fortsatt noe usikkert, men genetisk tilhørighet kan indikere at det er tilfellet. Det er også helt eller delvis svikt i rekrutteringen hos elvemusling ved Hyllbrua. Dette sammenfaller i tid med reduksjonen i bestanden av laksunger på grunn av *G. salaris* og stengingen av laksetrappa i Støafossen i 1986. Forholder det seg slik kan det også innebære at Støafossen opprinnelig ikke har vært oppgangshindrende for laks. Det er da også bare sporadisk funnet muslinglarver på ørret ved Hyllbrua som kan indikere at muslinglarvene ikke fullt ut er tilpasset ørret som vertsfisk.

Høyere opp i elva er det en ny foss (Hyttfossen) som sannsynligvis er det reelle oppgangshinderet for anadrom laksefisk i vassdraget. En laksetrapp i denne fossen gjør det mulig for laks å komme seg forbi vandringshinderet. Men på grunn av stengingen av Støafossen er det ikke laks ved Skillegrind i dag. Dette kan være positivt for "ørretmuslingen" ovenfor Hyttfossen siden ørretungene ikke må konkurrere med laksungene om næring og oppholdssteder, og antagelig forekommer i større antall nå enn da laksunger var til stede. Dette viser kompleksiteten i vassdrag med flere ulike populasjoner av elvemusling med lokale tilpasninger. Hvilken effekt introduksjonen av laks (som en ny potensiell vert) har over tid er ukjent, men det kan tenkes at den genetiske sammensetningen av den lokale elvemusling-populasjonen får et endret seleksjonsregime og en økende genflyt med andre populasjoner (gjennom en anadrom vertsart) i kombinasjon med en forandring av den lokale ørret-populasjonen.

At muslingene ved Skillegrind er genetisk forskjellig fra muslinger i hele resten av Ogna støttes også av andre observasjoner. Veksthastigheten (årlig tilvekst) er lavere ved Skillegrind (jf. alders- og vekstanalyser **figur 34**) enn i resten av vassdraget. Muslinglarvene på ørret ved Skillegrind er større enn muslinglarvene på både ørret- og laksunger på samme tid i Ogna nedenfor Støa (Larsen mfl. 2000). Dette indikerer at muslingene slipper larvene tidligere om høsten i øvre del sammenlignet med muslingene som finnes på lakseførende del. Samlet gir dette en indikasjon på at vi har to adskilte populasjoner med elvemusling i Ogna som må forvaltes på ulik måte.

5.4 Effekt av kjemisk behandling med aluminiumsulfat

Bruk av surt aluminiumssulfat (AIS) i 2006 eller 2007 hadde ingen direkte effekt på de voksne elvemuslingene i Ogna. Det ble ikke påvist dødelighet av muslinger relatert til behandlingen verken i forbindelse med eksponeringsforsøk (klekkekasser og bur) eller ved observasjoner i vassdraget for øvrig (Larsen 2008). Vann med forhøyede aluminiumskonsentrasjoner så imidlertid ut til å redusere muslinglarvenes vitalitet og mulighet til å infisere laks eller ørret på normal måte når behandlingen med AIS inntraff samtidig med utslippet av muslinglarver om høsten.

Muslinglarvene overlever bare en eller noen få dager etter gyting hvis de ikke kommer i kontakt med gjellene til en laksunge som de kan feste seg til (Young & Williams 1984, Ziuganov mfl. 1994). Etter at muslinglarven har festet seg på fiskegjellen initierer dette en vekst i gjelleepitelet hos fisken som gjør at larven blir omgitt av epitelceller. Disse danner tilslutt en kapsel (cyste) omkring larven som beskytter den mot ytre påvirkninger. Når larven først er kapslet inn har ikke behandling med for eksempel formalin, saltvann eller kobbersulfatoppløsning lenger noen effekt på muslinglarven (Murphy 1942, Bruno mfl. 1988). Konsentrasjoner som var høye nok til å ta livet av fisken medførte ingen reaksjon hos muslinglarvene. Det er imidlertid vist at antall muslinglarver hos andemusling (*Anodonta anatina*) ble mer enn halvert når vertsfisken ble eksponert for aluminiumskonsentrasjoner på 200-260 µg/l ved pH 5,8 (Pettersen mfl. 2006).

I den korte tiden mellom gyting og innkapsling er muslinglarvene direkte eksponert til vannkvaliteten i vassdraget. Ziuganov mfl. (upubliserde data) nevner at muslinglarvene er spesielt følsomme for lave pH-verdier. Hos *Anodonta* fant Huebner & Pynnönen (1992) en avtagende levedyktighet hos glochidiene ved lav pH og/eller høye aluminiumskonsentrasjoner. 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.

Om aluminium har en direkte effekt på muslinglarven eller om det er en indirekte effekt ved at fiskeslimet på gjellene endrer sammensetning og har en toksisk virkning på muslinglarven, er imidlertid usikkert. Uavhengig av årsak ble rekrutteringen nedsatt eller nær fraværende i forbindelse med bruk av aluminiumssulfat i Ognå i 2006 når behandlingen falt sammen med tidspunktet da muslinglarvene ble sluppet ut i vannet om høsten, men ikke i 2007 da tidspunktene var forskjøvet i forhold til hverandre (Larsen 2008).

For å unngå at behandling med aluminiumssulfat skal gi negative effekter på elvemusling vil den enkleste løsningen være å forskyve tidspunktet for behandlingen. I Ognå var det liten eller ingen effekt på infeksjonen hos laks i 2007 da behandlingen med AIS var avsluttet om lag tre uker før gytetidspunktet inntraff hos elvemusling. I tilfeller der gytingen har startet må det sannsynligvis gå 2-3 uker etter at gytingen er avsluttet før eventuell behandling kan starte. Dette for å sikre at muslinglarvene har kapslet seg inn før behandlingen starter. Det kan fortsatt være en fare for at muslinglarver kan dø når fisken eksponeres for surt aluminiumholdig vann senere på høsten (jf. Pettersen mfl. 2006), men dette mangler vi kunnskap om når det gjelder elvemusling.

5.5 Effekt av rotenonbehandling

Denne og tidligere undersøkelser (Larsen 2001; 2002; 2008) har ikke påvist dødelighet eller forflytning av muslinger i forbindelse med rotenonbehandlingene i Ognå og Figga. Det direkte tapet av muslinger begrenset seg til en eller to årsklasser av muslinglarver som døde sammen med fisken de parasitterte på, og i år med utryddelse av all fisk vil det heller ikke være tilgjengelig vertsfisk i vassdragene når muslinglarvene slippes ut i vannet om høsten.

Dette kan belyses ytterligere med en beskrivelse av rotenonbehandlingene i april og oktober 2001 og i august 2002. I all hovedsak døde all(?) fisk som ble infisert med muslinglarver høsten 2000 under en smittebegrensende behandling våren 2001. Da var det i utgangspunktet også lite eller ingen vertsfisk til stede når muslingene slapp larvene høsten 2001. Denne fisken døde uansett like før eller etter påslag av larver (avhengig av når muslingene slapp larvene). Et alternativ for at rekruttering skulle lykkes var at muslinglarver festet seg til gytelaks på oppvandring i elva etter overstått behandling høsten 2001. En ny behandling i august 2002 gjorde at det ikke var vertsfisk i Ognå når muslingene slapp larvene høsten 2002. Eneste alternativ for at rekruttering skulle lykkes var at muslinglarver festet seg til gytelaks på oppvandring. Dette er også den mest nærliggende årsak til at det faktisk er aldersbestemt enkelte muslinger som var 7-9 år i 2009 (års-

klassene 2000-2002). Seks år gamle muslinger derimot er ikke gjenfunnet i 2009 (2003-årsklassen).

Den midlertidige vannkvalitetsendringen under rotenonbehandlingen førte ikke til dødelighet av voksne muslinger på grunn av den relativt korte eksponeringstiden og de lave dosene som er benyttet. Dolmen mfl. (1995) beskriver omfattende forsøk som ble gjennomført for å undersøke den direkte virkningen av rotenon på elvemusling. De fant at muslingen hadde en svært høy toleranse mot rotenon, og dødelig konsentrasjon var 30-40 ppm (12 t. eksponering). Rotenonbehandling slik det normalt gjennomføres i Norge (<5 ppm rotenon i < 8 t.) medfører derfor ingen akutt fare for elvemuslingen (eller bløtdyr generelt, jf. Marking & Bills (1976)). Det er imidlertid observert at muslingene trekker seg sammen og lukker seg når "rotenonskyen" passerer. Muslingene var helt lukket i minst tre timer, og negativt påvirket i en periode på 5-6 timer under behandlingen i Ogna våren 2001 (Larsen 2001). Det samme skjedde i august 2009. Det var likevel ingen forsøk på forflytninger eller endring av posisjon under selve påvirkningen av rotenonskyen.

En vekststans forårsaket av rotenonbehandlingene kan ha forekommet (bl.a. i 2002), men er likevel av kort varighet, og kortere enn mange andre, naturlige årsaker til slik vekststans i løpet av vekstperioden. Det ble ikke notert unormalt lav tilvekst i noen av årene i perioden 1980-2010. Høyest tilvekst var det i 2002 da høy vanntemperatur økte tilveksten mer enn det rotenonbehandlingene eventuelt forårsaket av stress i løpet av august.

Bestanden av elvemusling i Ogna er opprettholdt av noen få vellykkede årsklasser som har vokst opp i vassdraget i årene like etter en kombinasjon av rotenonbehandling og oppfølgende tiltak med utsetting av laksyngel eller utlegging av lakserogn. I disse årene var det høy tetthet av laksunger. Laks har vist seg å være den beste og normalt den eneste vertsarten for muslinglarvene i lakseførende deler av Steinkjervassdragene. I 1994-1997 og 2003-2005 hadde muslinglarvene spesielt god tilgang på egnet vertsfisk, og dette resulterte i svært høy rekruttering. Når oppvekstforholdene generelt er tilfredsstillende slik som i Ogna og i noen grad også i Figga, vil de nyetablerte småmuslingene overleve og gi opphav til gode og sterke årsklasser som er med å opprettholde bestanden av elvemusling på lang sikt.

6 Referanser

- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. & Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. – SFT-veiledning 97: 04, TA-1468/1997. 31 s.
- Arnekleiv, J.V. 1997. Korttidseffekt av rotenonbehandling på bunndyr i Ogna og Figgja, Steinkjer kommune. – Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 1997-3: 1-28.
- Bakken, J. & Barstad, D.V. 2000. Utbredelse, bestandsstatus og reproduksjon hos elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, i Figga. – Høgskolen i Nord-Trøndelag, avdeling for naturbruk, miljø og ressursfag. Kandidatoppgave våren 2000. 37 s.
- Bauer, G. 1987. The parasitic stage of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). II. Susceptibility of brown trout. - Arch. Hydrobiol., Suppl. 76: 403-412.
- Bergengren, J. 2000. Metodstudie flodpärlmussla 1999-2000. Delrapport 1: Nedgravningsstudie. – Länsstyrelsen i Jönköpings län. Meddelande 2000-12. 27 s. + vedlegg.
- Bruno, D.W., McVicar, A.H. & Waddell, I.F. 1988. Natural infection of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr by glochidia of the freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* L. - Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol. 8: 23-26.
- Carell, B., Forberg, S., Grundelius, E., Henrikson, L., Johnels, A., Lindh, U., Mutvei, H., Olsson, M., Svärdröm, K. & Westermark, T. 1987. Can mussel shells reveal environmental history? – Ambio 16: 2-10.
- 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.
- Direktoratet for naturforvaltning 2006. Handlingsplan for elvemusling, *Margaritifera margaritifera*. – DN-Rapport 2006-3: 1-24.

- Dolmen, D., Arnekleiv, J.V. & Haukebo, T. 1995. Rotenone tolerance in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. - Nordic J. Freshw. Res. 70: 21-30.
- Dunca, E. 1999. Bivalve shells as archives for changes in water environment. - Vatten 55: 279-290.
- Dunca, E. 2006. Flodpärlmusslor. En skalanalys av fem flodpärlmusslor från Lärjeån i Göteborg. - Göteborgs Stad Miljöförvaltningen. Rapport 2006-12. 20 s.
- Dunca, E. 2009. Undersökning av två flodpärlmusselskal med hänsyn till tillväxt och kemisk sammansättning. - Länsstyrelsen i Örebro län.
- Dunca, E., Schöne, R.B. & Mutvei, H. 2005. Freshwater bivalves tell of past climates: But how do shells from polluted rivers speak? - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 228: 43-57.
- Dunca, E., Mörtz, C.-M. & Sandaas, K. 2009a. Skaltillväxt och kemiska analyser av flodpärlmusslor från Kampåa, Norge. Bivalvia Rapport.
- Dunca, E., Mörtz, C.-M. & Sandaas, K. 2009b. Skaltillväxt och kemiska analyser av flodpärlmusslor från Leira, Norge. Bivalvia Rapport.
- Dunca, E., Larsen, B.M. & Mörtz C.-M. 2009c. Rapport: Flodpärlmusslan i Hunnselva - åldersbestämning och kemisk analys av musselskal. - NINA Rapport 487, s 28.
- Dunca, E., Mörtz, C.-M. & Larsen, B.M. 2010. Skaltillväxt och kemiska analyser av flodpärlmusslor från Ogn og Figga, Norge. - Bivalvia Rapport 2010. 28 s.
- Dunca, E., Söderberg, H. & Norrgran, O. 2011. Shell growth and age determination in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Sweden: natural versus limed streams. - S. 48-58 i Thielen, F. (red.) Rearing of unionid mussels (with special emphasis on the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera*). Ferrantia 64, Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg.
- Fylkesmannen i Nord-Trøndelag 2000. Natur- og kulturverdier i Ognavassdraget, Steinkjer kommune i Nord-Trøndelag.- Utgitt av Direktoratet for naturforvaltning i samarbeid med Norges vassdrag- og energidirektorat. VVV-rapport 2000-12. 103 s.
- Geist, J., Rottmann, O., Schröder, W & Kühn, R. 2003. Development of microsatellite markers for the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. (Bivalvia: Unionoidea). - Molecular Ecology Notes 3: 444-446.
- Goudet, J. 2001. FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3). Available from <http://www.unil.ch/lizea/software/fstat.html>.
- Guttvik, K.T., Stensli, J.H., Sandodden R. 2009. Rotenonbehandling av Steinkjervassdragene 2001 og 2002. - Veterinærinstituttet. Rapport 11-2008. 69 s.
- Gyrodactylusprosjektet 1981. Rapport fra Gyrodactylusprosjektet over virksomheten i 1980 og program for virksomheten i 1981. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk. 59 s.
- Hagen, A.G., Rustadbakken, A., Høgberget, R., Hytterød, S., Kjosnes A.J. & Hindar, A. 2008. Behandling med aluminiumsulfat (AIS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Steinkjervassdraget. - NIVA Rapport 5577-2008. 32 s.
- 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.
- Hervik, T.M., Norum, G.A. & Norum, T.L. 1999. Analyse av tungmetallinnhold i elvemusling *Margaritifera margaritifera* L. - Høgskolen i Nord-Trøndelag, avdeling for ingeniørutdanning. Hovedoppgave våren 1999. 29 s + vedlegg.
- Hjeltnes, B., Mo, T.A., Jansen, P.A., Brabrand, Å., Johnsen, B.O., Stensli, J.H. & Bakke, T.A. 2006. Ny påvisning av *Gyrodactylus salaris* i Steinkjervassdraget og Figga I 2005: Mulige årsaker. - Veterinærinstituttet. Rapport 4-2006. 22 s.
- Hope, A.M. 1996. Steinkjervassdragene 1980-1996. - Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvern avdelingen. Rapport 1996-6: 1-11.
- Hruska, J. 2001. Experience of semi-natural breeding programme of freshwater pearl mussel in the Czech Republic. - s. 69-75 i: Wasserwirtschaftsamt Hof & Albert-Ludwigs Universität Freiburg. Die Flussperlmuschel in Europa - Bestandssituation und Schutzmassnahmen.
- 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.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A. 1985. Parasitten *Gyrodactylus salaris* på laksunger i norske vassdrag, statusrapport. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Reguleringsundersøkelsene. Rapport 1985-12: 1-145.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. 1991. The Gyrodactylus Story in Norway. - Aquaculture 98: 289-302.
- Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Jensen, A.J. 1999. Parasitten *Gyrodactylus salaris* på laks i norske vassdrag, statusrapport ved inngangen til år 2000. - NINA-Oppdragsmelding 617: 1-129.

- Kjøsnes, A.J., Urke, H.A., Hytterød, S., Guttvik, K.T., Pettersen, R.A., Høgberget, R., Moen, A., Sandodden, R., Hagen, A.G., Rustadbakken, A., Olsen, N., Øxnevad, S.A., Håvardstun, J., Stensli, J.H. & Lydersen, E. 2007. Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Steinkjervassdragene 2006. – NIVA Rapport 5373-2007. 23 s.
- Larsen, B.M. 1986. Vanlig dammusling, *Anodonta piscinalis*, Nilss. – populasjonsundersøkelse i Svartevja ved Jørstadmoen, Lillehammer kommune. – Hovedfagsoppgave i ferskvannsøkologi, Zoologisk institutt, Universitetet i Trondheim. 119 s. + vedlegg.
- Larsen, B.M. 1999. Vedlegg 3. Målemetodikk: ytre mål og tilbakemåling av lengde hos store ferskvannsmuslinger. - s. 33-37 i: Larsen, B. M. & Hartvigsen, R. Metodikk for feltundersøkelser og kategorisering av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. NINA Fagrapport 37.
- Larsen, B.M. 2001. Overvåking av elvemusling i forbindelse med rotenonbehandling av Steinkjervassdraget våren 2001. – NINA Oppdragsmelding 710: 1-13.
- Larsen, B.M. 2002. Overvåking av elvemusling i forbindelse med rotenonbehandling i Steinkjervassdraget 2001. Graviditet hos elvemusling og infeksjon av muslinglarver på laks og ørret i Ogna. - Upublisert rapport til Direktoratet for naturforvaltning. NINA, Trondheim. 12 s.
- 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 Ogna, 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 Ogna, Rogaland. – NINA Rapport 486. 38 s.
- Larsen, B.M. & Aspholm, P.E. 2007. Karpelva (Siidejohka), Finnmark (vassdragsnr. 247.3Z). – s. 28-45 i Larsen, B.M. (red). Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Årsrapport 2005. NINA Rapport 309.
- Larsen, B.M. & Hartvigsen, R. 1999. Metodikk for feltundersøkelser og kategorisering av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. - NINA-Fagrapport 37: 1-41.
- Larsen, B.M., Aspholm, P.E., Berger, H.M., Hårsaker, K., Karlsen, L.R., Magerøy, J., Sandaas, K. & Simonsen, J.H. 2007. Monitoring the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Norway. - Universität Bayreuth: Pearl mussels in Upper Franconia and Europe – 3rd workshop. Bayreuth, desember 2007. [Poster].
- Larsen, B.M., Hårsaker, K., Bakken, J. & Barstad, D.V. 2000. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Steinkjervassdraget og Figga, Nord-Trøndelag. Forundersøkelse i forbindelse med planlagt rotenonbehandling. - NINA Fagrapport 39: 1-39.
- Lorentsen, Ø. 1993. Overvåking av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Nord-Trøndelag i 1992. - Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen. Rapport 1993-7: 1-82.
- Lorentsen, Ø. & Rikstad, A. 1991. Overvåking av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Nord-Trøndelag i 1990. - Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen. Rapport 1991-3: 1-60.
- Lorentsen, Ø. & Rikstad, A. 1992. Overvåking av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Nord-Trøndelag i 1991. - Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen. Rapport 1992-2: 1-68.
- Løvnhøiden, F. 1993. Kjemisk overvåking av norske vassdrag – Elveserien 1988-90. – NINA Oppdragsmelding 156: 1-58.
- Marking, L.L. & Bills, T.D. 1976. Toxicity of rotenone to fish in standardized laboratory tests. – U.S. Fish Wildl. Serv., Invest. Fish. Control 72: 1-11.
- Moen, A., Bardal, H., Sandodden R., & Bjørn, B. 2011. Tiltak mot *Gyrodactylus salaris* i Steinkjer-regionen 2008 og 2009. – Veterinærinstituttet. Rapport 3-2011. 44 s.
- Murphy, G. 1942. Relationship of the fresh-water mussel to trout in the Truckee River. - Calif. Fish Game 28: 89-102.
- Naimo, T.J. 1995. A review of the effects of heavy metals on freshwater mussels. – Ecotoxicology 4: 341-362.
- Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. – Am. Nat. 106: 283-392.
- NOU (Norges offentlige utredninger) 1983. Verneplan for vassdrag III. – NOU 1983: 41. 192 s.
- Paulsen, L.I. & Rikstad, A. 1989. Overvåking av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Nord-Trøndelag. - Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen. Rapport 1989-3: 1-40.

- Pettersen, R.A., Vøllestad, L.A., Flodmark, L.E.W. & Poléo, A.B.S. 2006. Effects of aqueous aluminium on four fish ectoparasites. - *Science of the Total Environment* 369: 129-138.
- Pettersson, L.-E. 2007. Flomsonekartprosjektet. Flomberegning for Steinkjerelva og Ogna. – NVE Dokument nr. 1 - 2007. 16 s.
- Rikstad, A. & Grande, R. 1992. Laksesperra i Figga. Erfaringer etter 4 års drift. - Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernnavdelingen. Rapport 1992-1: 1-10.
- Raymond, M. & Rousset, F. 1995. Genepop (version 2.1): Population genetics software for exact tests and ecumenicism. – *J. Hered.* 86: 248-249.
- Stensli, J.H., Sandodden R., Moen, A., Moen, V. & Rikstad, A. 2011. Behandling av Steinkjervassdragene mot *Gyrodactylus salaris* august 2005. – Veterinærinstituttet. Rapport 2-2011. 21 s.
- Storstad, K.Å. 2002. Elvemusling i Verdal. En registrering i 1999 med oppdatering i 2002. - Kartlegging av biologisk mangfold i Verdal kommune. Verdal kommune. Rapport. 5 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.
- Van Oosterhout, C., Hutchinson, W.F., Wills, D.P.M. & Shipley, P. 2004. Micro-Checker: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. – *Mol. Ecol. Notes* 4: 535-538.
- Weir, B.S. & Cockerham, C.C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. – *Evol.* 38: 1358-1370.
- Young, M. Williams, J. 1984. The reproductive biology of the freshwater mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in Scotland. II. Laboratory studies. - *Arch. Hydrobiol.* 100: 29-43.
- 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.*
- 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.

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Forsøk med elvemusling i klekkekasser og nettingbur

Vedlegg 1.1. Kontrollerte eksponeringsforsøk med elvemusling i klekkekasser på fire stasjoner i Ognå i 2008-2009. Stasjon B2: Motorbanen (ca 4 km nedstrøms Støafossen), stasjon B3: Støa (750 m nedstrøms Støafossen), stasjon B4: Støafossen (200 m nedenfor Støafossen) og stasjon B5: Hyllbrua (referansestasjon ovenfor Støafossen).

Stasjon	Dato					
	26.09.08	02.10.08	04.10.08	21.06.09	03.07.09	06.07.09
B2	10 store (103-129 mm) og 5 små (55-75 mm) ind satt ut	OK, men ingen opptelling	10 store (alle) og 3 (av 5) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd? <i>Nettingen tatt av for å renske kassa</i>	Kontroll og lengdemåling. 10 store (alle) og 3 (av 5) små ind synlige. 2 (av 5) små ind ikke gjenfunnet; erstattet av 2 nye ind (61 mm). Senere ble de savnede muslingene gjenfunnet utenfor(!) klekkekasse og satt tilbake	10 store (alle) og 7 små (alle) ind obs i normal posisjon. Vannstanden synker og bare 3 cm med vann over nettingen	OK, men ingen opptelling. Vannstanden sunket ytterligere og nettingen synlig. Kassa flyttet ut på dypere vann
B3	10 store (103-125 mm) og 5 små (61-78 mm) ind satt ut	OK, men ingen opptelling	9 (av 10) store ind og 1 (av 5) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd? <i>Nettingen tatt av for å renske kassa</i>	Kontroll og lengdemåling. 10 store (alle) og 4 (av 5) små ind synlige; resten nedgravd?	10 store (alle) ind og 4 (av 5) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd?	-
B4	10 store (106-119 mm) og 5 små (64-75 mm) ind satt ut	Klekkekasse slitt seg fra festet, og flere muslinger hadde falt ut. 9 store (106-119 mm) og 3 små (64-75 mm) ind ble gjenfunnet og satt ut på nytt	9 store (alle) og 3 små (alle) ind obs; 11 ind sto normalt, 1 ind liggende med foten ute (ikke forankret i grusen)	Kontroll og lengdemåling. Klekkekasse forsvunnet (flom eller isgang?). Bare ett ind gjenfunnet på elvebunnen. Forsøket avsluttet	-	-
B5	10 store (98-128 mm) og 5 små (52-76 mm) ind satt ut	10 store (alle) og 3 (av 5) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd?	10 store (alle) ind og 5 (alle) små ind obs i normal posisjon. <i>Nettingen tatt av for å renske kassa</i>	Kontroll og lengdemåling. 10 store (alle) og 2 (av 5) små ind synlige; 3 (av 5) små ind nedgravd	10 store (alle) og 5 små (alle) ind obs i normal posisjon; fire av de små ind var nær helt nedgravd i grusen	-

Vedlegg 1.1.fortsetter.

Stasjon	Dato					
	07.08.09	18.08.09	25.08.09	01.09.09	28.10.09	Merknad
B2	10 store (alle) og 3 (av 7) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd?	10 store (alle) og 4 (av 7) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd?	10 store (alle) og 7 små (alle) ind obs i normal posisjon	10 store (alle) og 5 (av 7) små ind obs; resten nedgravd? To av de store muslingene var ikke normalt nedgravd hvorav ett ind lå på siden og ble flyttet fram og tilbake med vannstrømmen	Kontroll og lengdemåling. 10 store (alle) og 7 små (alle) ind gjenfunnet. Alle i god kondisjon. Forsøket avsluttet	
B3	OK, men ingen fullstendig opptelling. 10 store (alle) ind obs i normal posisjon	-	-	10 store (alle) og 2 (av 5) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd?	Kontroll og lengdemåling. 10 store (alle) og 3 (av 5) små ind gjenfunnet. Alle i god kondisjon. Forsøket avsluttet	2 (av 5) små muslinger ikke gjenfunnet
B4	-	-	-	-	-	
B5	OK, men ingen fullstendig opptelling. 10 store (alle) ind obs i normal posisjon	10 store (alle) og 2 (av 5) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd?	10 store (alle) og 2 (av 5) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd?	10 store (alle) og 2 (av 5) små ind obs i normal posisjon; resten nedgravd?	Kontroll og lengdemåling. 10 store (alle) og 4 (av 5) små ind gjenfunnet. Alle i god kondisjon. Forsøket avsluttet	1 (av 5) små muslinger ikke gjenfunnet

Vedlegg 1.2. Kontrollerte eksponeringsforsøk med elvemusling i nettingbur på tre stasjoner i Ognå i 2008-2009. Stasjon B2: Motorbanen (ca 4 km nedstrøms Støafossen), stasjon B3: Støa (750 m nedstrøms Støafossen) og stasjon B4: Støafossen (200 m nedenfor Støafossen).

Stasjon	Dato					
	26.09.08	02.10.08	04.10.08	21.06.09	03.07.09	06.07.09
B2	5 små (52-65 mm) ind satt ut	OK, men ingen opptelling	OK, men ingen opptelling	Kontroll og lengdemåling. 5 (av 5) små ind synlige	OK, men ingen opptelling	OK, men ingen opptelling. Vannstanden sunket så mye at buret ble flyttet ut på dypere vann for å unngå tørrlagging
B3	5 små (46-71 mm) ind satt ut	OK, men ingen opptelling	OK, men ingen opptelling	Kontroll og lengdemåling. 5 (av 5) små ind synlige; buret fylt med sand gjorde at muslingene lå på siden under lokket	OK, men ingen opptelling	-
B4	5 små (64-83 mm) ind satt ut	Nettingbur slitt seg fra festet, men det hadde ikke åpnet seg og alle muslinger var fortsatt til stede. Satt ut på nytt	4 (av 5) små ind obs; resten nedgravd? Bare to ind i normal posisjon. To ind lå på siden i substratet	Kontroll og lengdemåling. 5 (av 5) små ind gjenfunnet.	Synkende vannstand har gjort at mer enn halvparten av buret var tørrlagt. Tre muslinger over vann, men levde. Buret renses og flyttet. Muslingene satt tilbake sammen med ett ind gjenfunnet fra klekkekasse som forsvant	-

Vedlegg 1.2.fortsetter.

Stasjon	Dato					
	07.08.09	18.08.09	25.08.09	01.09.09	28.10.09	18.11.09
B2	OK, men ingen opptelling	OK, men ingen opptelling	OK, men ingen opptelling	Buret hadde flyttet seg ut av posisjon. Ellers OK, men ingen opptelling	Kontroll og lengdemåling. 5 små (alle) ind gjenfunnet. Alle i god kondisjon. Forsøket avsluttet	-
B3	OK, men ingen opptelling (observerte min ett ind)	-	-	OK, men ingen opptelling	Kontroll og lengdemåling. 5 små (alle) ind gjenfunnet. Alle i god kondisjon. Forsøket avsluttet	-
B4	-	-	-	Buret hadde flyttet seg ut av posisjon. Ett skall (død musling) observert tomt for bløtdeler. Har dødd for en del tid tilbake; sannsynligvis etter tørrleggingen i juli	Høy vannføring; lokaliserte ikke buret.	Kontroll og lengdemåling. 6 små (alle) ind gjenfunnet. Ett tomt skall (død); resten i god kondisjon. Forsøket avsluttet

Vedlegg 2. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall

Vedlegg 2.1. Antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på 23 stasjoner i Ognå som ble undersøkt i juni 2009 basert på tidsbegrensede tellinger (fritelling). Relativ tetthet er oppgitt som antall muslinger per minutt (levende dyr: N/min. og tomme skall: NS/min.). Jf. **figur 9 og 10**. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 5**.

Stasjon	Tid, min.	N	NS	N/min	NS/min
201	45	12	1	0,27	0,02
202	60	138	25	2,30	0,42
203	45	22	0	0,49	0
204	45	503	12	11,18	0,27
205	45	419	15	9,31	0,33
206	45	283	15	6,29	0,33
207	45	887	10	19,71	0,22
208	45	117	0	2,60	0
209	45	0	2	0	0,04
210	60	592	83	9,87	1,38
211	60	2265	31	37,75	0,52
212	75	672	3	8,96	0,04
213	45	73	9	1,62	0,20
214	45	362	1	8,04	0,02
215	45	413	1	9,18	0,02
216	45	226	0	5,02	0
217	45	121	0	2,69	0
218	45	0	0	0	0
219	45	2	0	0,04	0
220	45	6	0	0,13	0
221	45	245	0	5,44	0
222	45	8	1	0,18	0,02
223	45	0	0	0	0
201-212	615	5910	197	9,61	0,32
Gjennnitt ± sd				9,06 ± 10,74	0,30 ± 0,39
213-219	315	1197	11	3,80	0,04
Gjennnitt ± sd				3,80 ± 3,72	0,04 ± 0,07
220-223	180	259	1	1,44	0,01
Gjennnitt ± sd				1,44 ± 2,67	0,01 ± 0,01
201-223	1110	7366	209	6,64	0,19
Gjennnitt ± sd				6,13 ± 8,54	0,17 ± 0,31

Vedlegg 2.2. Antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på 16 stasjoner i Figga som ble undersøkt i juni/juli 2009 basert på tidsbegrensede tellinger (fritelling). Relativ tetthet er oppgitt som antall muslinger per minutt (levende dyr: N/min. og tomme skall: NS/min.). Jf. **figur 21**. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 5**.

Stasjon	Tid, min.	N	NS	N/min	NS/min
301	45	5	2	0,11	0,04
302	90	34	8	0,38	0,09
303	45	108	18	2,40	0,40
304	45	718	5	15,96	0,11
305	45	56	11	1,24	0,24
306	45	1346	18	29,91	0,40
307	45	598	42	13,29	0,93
308	45	2799	8	62,20	0,18
309	45	1380	7	30,67	0,16
310	45	848	95	18,84	2,11
311	0				
312	45	3296	108	73,24	2,40
313	45	4594	38	102,09	0,84
314	45	3027	28	67,27	0,62
315	45	2042	38	45,38	0,84
316	45	2975	52	66,11	1,16
317	45	2921	43	64,91	0,96
301-303	180	147	28	0,82	0,16
Gjsnitt ± sd				0,96 ± 1,25	0,18 ± 0,19
304-317	585	26600	493	45,47	0,84
Gjsnitt ± sd				45,47 ± 29,68	0,84 ± 0,72
301-317	765	26747	521	34,96	0,68
Gjsnitt ± sd				37,13 ± 32,04	0,72 ± 0,70

Vedlegg 3. Kjemiske analyser av muslingskall

Resultat fra kjemiske analyser av muslingskall i Oga angitt i µg per g prøve. Det ble samlet inn to muslingskall fra stasjon 211 (Motorbanen; ind. nr. 21102 og 21103) og to muslingskall fra stasjon 215 (Hyllbrua; ind. nr. 21503 og 21504).

Grunnstoffene som ble analysert var:

Al – aluminium
As – arsen
B – bor
Ba – barium
Be – beryllium
Ca – kalsium
Cd – kadmium
Cr – krom

Cu – kobber
Fe – jern
K – kalium
Li – litium
Mg – magnesium
Mb – molybden
Na – natrium
Pb – bly

S – svovel
Si – silisium
Sr – strontium
Ti – titan
V – vanadium
Zn – sink
Zr – zirkonium

Mussla	År	Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mb	Na	Ni	Pb	S	Si	Sr	Ti	V	Zn	Zr
21102	1989-1985	8,93	-	34,21	8,69	0,029	569078	0,14	-	3,76	5,98	30,68	5,51	11,86	83,17	-	11519	5,78	1,60	83,95	43,50	243,30	0,086	0,306	8,84	1,23
	1994-1990	8,88	1,76	34,60	9,41	0,033	536491	-	-	3,62	6,58	23,99	5,82	12,61	109,33	-	11140	4,44	5,27	95,24	15,40	237,64	0,118	-	7,51	0,21
	1999-1995	9,67	1,50	31,44	10,46	0,026	532698	-	-	3,31	6,13	20,19	5,82	10,61	207,72	-	11120	4,51	4,47	94,66	17,28	244,03	0,081	0,394	14,70	0,14
	2002-2000	9,17	-	29,10	9,64	0,027	522636	0,23	0,21	3,39	4,74	19,39	5,78	10,02	185,25	0,88	10850	4,59	5,55	85,89	11,50	240,16	0,196	0,360	5,82	0,15
	2005-2003	7,87	-	26,78	8,21	0,028	536230	0,11	-	3,86	6,10	20,68	5,68	10,28	72,32	-	11152	5,16	5,20	125,92	11,75	269,09	0,108	0,304	5,84	0,09
	2007-2006	9,93	-	25,80	8,49	0,024	500118	-	0,14	3,48	6,07	19,45	5,77	10,09	95,44	-	10754	4,85	5,05	101,97	13,65	240,13	0,247	0,254	5,50	0,11
	2009-2008	8,66	1,49	25,04	16,65	0,030	496439	-	0,26	3,46	5,76	21,21	5,39	12,76	140,57	0,66	10701	4,23	-	143,87	11,84	283,29	0,156	0,284	6,43	0,14
21103	1989-1985	8,02	2,15	23,38	6,97	0,028	503032	-	1,32	3,86	11,47	24,42	5,08	14,45	46,79	0,67	10727	5,02	5,76	88,89	11,08	205,25	0,093	0,391	6,67	-
	1994-1990	6,97	1,69	23,31	10,84	0,029	499101	0,12	0,38	3,38	8,51	21,71	5,67	11,81	183,47	-	10714	6,18	3,00	91,84	10,83	229,01	0,115	0,340	8,45	-
	1999-1995	8,77	-	22,02	9,43	0,036	490761	-	0,27	3,19	5,36	20,15	5,78	9,78	177,31	-	10660	3,35	2,04	88,19	10,41	223,55	-	0,361	5,45	-
	2002-2000	9,20	1,56	21,88	9,34	0,024	507068	-	0,19	3,36	5,51	20,05	5,76	10,89	161,43	0,47	10727	4,88	6,68	104,73	8,69	232,27	0,077	0,420	5,94	0,14
	2005-2003	7,10	1,83	22,44	11,40	0,026	507767	0,12	0,28	3,60	16,37	20,42	5,90	12,62	153,69	0,44	10829	5,36	1,94	112,57	9,91	254,04	0,080	0,345	5,62	-
	2007-2006	8,67	1,88	18,05	9,63	0,027	498380	0,21	0,42	4,08	7,54	20,84	6,05	32,51	120,78	-	10674	5,72	8,45	106,72	13,11	250,39	0,122	0,498	5,87	0,21
	2009-2008	8,94	-	17,41	7,60	0,025	497158	-	0,38	4,44	5,78	21,14	5,87	9,72	82,58	-	10716	4,77	3,68	120,33	8,59	251,76	0,113	-	9,14	0,16
21503	1989-1985	7,67	1,99	16,41	7,79	0,029	500778	-	0,21	3,92	8,11	24,31	5,79	18,46	35,76	-	10707	5,50	7,70	88,16	8,21	203,28	0,071	0,458	6,34	0,09
	1994-1990	8,79	1,74	15,37	11,97	0,027	517057	-	0,19	2,83	6,17	22,58	5,81	10,81	206,16	-	10826	6,06	-	68,50	9,44	228,77	0,173	0,294	6,23	0,09
	1999-1995	7,99	1,54	15,27	10,50	0,026	522467	-	0,15	3,25	5,25	20,55	5,76	13,09	190,38	0,83	10882	5,44	5,70	81,96	8,38	228,44	0,157	0,334	6,02	-
	2002-2000	7,57	1,68	14,53	9,55	0,030	507966	-	-	3,25	5,39	19,79	5,81	11,91	149,75	-	10700	5,36	4,79	92,20	6,92	217,60	-	0,369	5,45	0,10
	2005-2003	7,61	2,69	14,03	9,94	0,028	516236	-	0,29	3,28	6,10	19,99	5,75	11,79	109,50	-	10710	5,90	1,02	91,06	9,66	227,74	0,071	0,351	5,40	-
	2007-2006	6,89	-	13,30	8,82	0,025	498228	-	-	3,78	5,36	21,07	5,96	10,23	73,96	-	10996	5,59	3,36	112,69	8,17	241,73	0,106	0,273	7,50	0,20
	2009-2008	7,09	-	12,96	9,82	0,030	506645	0,13	0,30	4,53	8,70	24,87	6,03	10,80	54,44	-	10802	4,87	1,26	136,33	9,44	264,67	0,046	0,257	7,52	0,11
21504	1989-1985	8,15	3,25	12,12	9,76	0,028	503324	-	0,21	3,85	7,65	25,97	5,86	12,13	103,28	-	10914	4,48	2,39	81,91	8,05	265,34	0,097	0,407	8,35	-
	1994-1990	7,00	1,98	11,26	10,02	0,026	525313	0,15	0,25	3,32	4,94	21,48	5,88	11,82	139,02	0,47	11022	4,70	4,30	67,28	8,23	262,62	0,141	-	6,39	0,14
	1999-1995	9,94	2,37	11,69	9,37	0,028	498906	-	0,71	3,31	8,58	21,21	5,97	9,91	146,37	-	10789	5,74	1,91	77,05	11,84	265,65	0,060	0,387	7,82	-
	2002-2000	8,85	-	10,55	8,23	0,028	509372	-	0,26	3,65	6,27	20,77	6,04	11,79	114,48	0,57	10839	5,33	3,83	93,99	9,19	251,95	0,071	0,316	6,14	0,16
	2005-2003	14,23	-	10,99	8,57	0,026	504914	-	0,92	3,39	14,05	23,40	5,98	10,71	95,39	0,53	10891	5,92	-	94,20	20,91	253,66	0,205	0,304	8,97	0,14
	2007-2006	12,35	1,55	11,09	7,31	0,028	517198	-	0,74	4,29	12,03	23,80	6,04	10,38	48,35	0,57	11086	5,28	3,71	110,12	18,74	247,87	0,153	0,361	8,34	0,11
	2009-2008	9,30	2,19	10,22	7,63	0,025	512619	-	0,61	4,78	9,23	22,91	5,71	9,83	32,31	-	10942	4,27	4,18	142,60	15,36	249,35	0,103	-	11,19	-



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

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

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

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2317-1

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 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