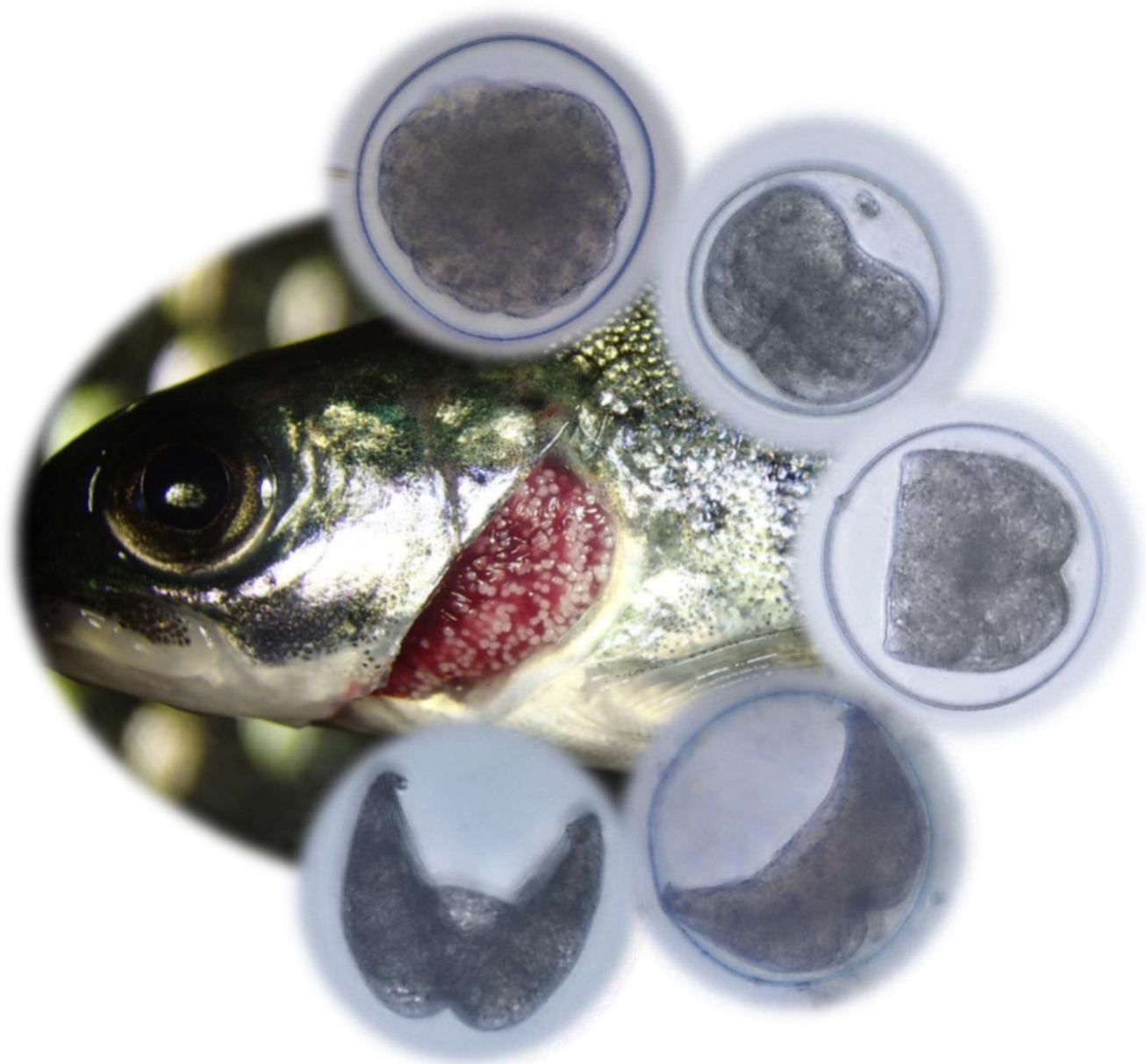


Årsrapport 2014

Kultivering av elvemusling for gjenutsetting

Per Jakobsen, Ragnhild Aakre Jakobsen & Tore Bjånesøy



INNHOLD	Side
Sammendrag	2
Bakgrunn	3
Driften 2014	6
Innsamling av muslinger	8
Konklusjon	10
Nye infeksjoner 2014	11
<i>Semselva (Steinkjer kommune, Nord-Trøndelag fylke)</i>	12
<i>Lena (Agdenes kommune, Sør-Trøndelag fylke)</i>	13
<i>Sagelva (Malvik kommune, Sør-Trøndelag fylke)</i>	14
<i>Drakstelva (Selbu kommune, Sør-Trøndelag fylke)</i>	15
<i>Lyngstadelva (Eide kommune, Møre og Romsdal fylke)</i>	16
<i>Oselva (Molde kommune, Møre og Romsdal fylke)</i>	17
<i>Rugga (Fræna kommune, Møre og Romsdal fylke)</i>	18
<i>Lonevassdraget (Osterøy kommune, Hordaland fylke)</i>	19
<i>Fossåa (Fusa kommune, Hordaland fylke)</i>	21
<i>Åreidelva (Bømlo kommune, Hordaland fylke)</i>	22
<i>Haukåselva (Bergen kommune, Hordaland fylke)</i>	22
<i>Bergselva (Larvik kommune, Vestfold fylke)</i>	23
<i>Bingselva (Øvre Eiker kommune, Buskerud fylke)</i>	24
<i>Gjerda (Åsnes kommune, Hedmark fylke)</i>	25
<i>Løvhaugsåa (Grue kommune, Hedmark)</i>	26
<i>Hunnselva (Vestre Toten kommune, Oppland fylke)</i>	27
<i>Movannsbekken (Oslo kommune, Oslo/Akershus fylke)</i>	28
<i>Raudsjøbekken (Enebakk kommune, Oslo/Akershus fylke)</i>	29
Miljøproblemer -2014 og tap av muslinger fra 2013	30
Tiltak for å redusere sannsynligheten for fremtidige problem	34
Referanser	35
Oversikt muslinger i anlegget	39

Sammendrag

6500 muslinger fra 7 populasjoner er høstet og ivaretatt i 2014 (Tabell 1). Samtidig er det samlet inn muslinger fra 15 populasjoner, som har infisert laks eller ørret i kultiveringsanlegget. Glochidier fra ytterligere 3 populasjoner er samlet inn i elv og infisert fisk i anlegget. Vi har også testet ut nye produksjonsmetoder i 2014 som gir oss muligheter til å øke fremtidig produksjon av muslinger opptil 3 mm, mer enn ti ganger. Samtidig har 2014 både klimatisk og miljømessig vært ett avvikende år. Ekstremt høye temperaturer i vannkilden, kombinert med industriell nedhogging av sitkagranskogen i rundt regnet halve nedslagsfeltet til vannkilden, har ført til en uheldig høy tilførsel av organisk materiale, redusert oksygenmetning og høye nitrittkonsentrasjoner i vanntilførselen til anlegget. Konsekvensen har vært at vi har tapt nær 14.000 muslinger fra produksjonen i 2013. Disse hadde en svært god vekst frem til midten av juli, men korrelert med høye temperaturer, stor organisk tilførsel og subletale mengder med nitritt i inntaksvannet, døde mer enn 90% sommeren og høsten 2014. Større muslinger fra 2011 og 2012 produksjonen har imidlertid klart seg gjennom 2014 sesongen, men har hatt lavere vekstrate enn forventet. Vekstraten på årets nyproduserte muslinger fra midten av juli og utover året har også vært lav og bare halvparten av det en har oppnådd tidligere år. Dødeligheten av årets produksjon har i tillegg vært mye høyere enn det vi har observert tidligere. Som følge av dette og risiko for høye temperaturer kommende år, har vi etablert en alternativ vannkilde til muslingene. Vi er også i ferd med å bygge om deler av anlegget for å unngå fremtidige temperatur og vannkvalitetsproblemer.

Bakgrunn

Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* er i dag verdens mest truede ferskvannsmusling (Machordom m.fl., 2003). Så sent som for hundre år siden forekom den i store mengder og ofte i flere lag på elvebunnen (Israel, 1913), men frem mot 1990 tallet ble det estimert at 90% av muslingbestandene var utdødd (Bauer, 1988). Denne trenden har akselerert de siste 20 årene og av gjenværende bestander i Europa er flertallet nå utdøende, fordi de mangler rekruttering (Geist, pers. med.).

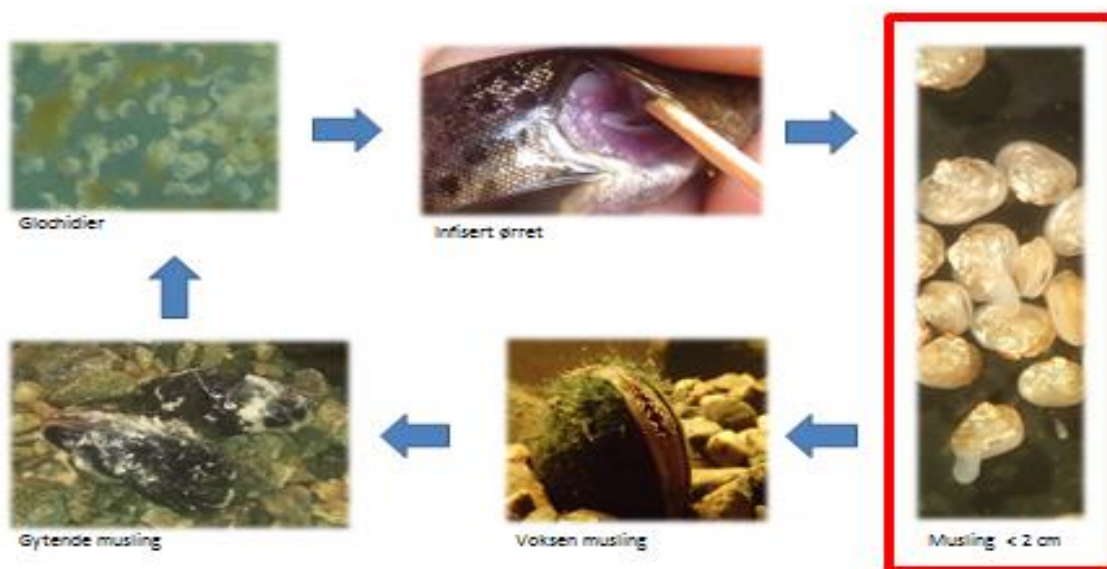
Gitt den høye potensielle biomassen i elver og høye opprinnelige tettheten på opptil hundre individer per kvadratmeter må elvemuslingen ha hatt en avgjørende rolle i partikkel prosessering, omsetning av næring og rensing av elvedementene der den forekom (Vaughn & Hakenkamp, 2001). Elvemuslingen er med andre ord en nøkkelart og utryddelsen og nedgangen av elvemusling i Europa har derfor med stor sikkerhet også hatt katastrofale følger for den resterende delen av økosystemene den forkom i.

Det er konsensus om at hovedårsaken til denne nedgangen i muslingbestandene skyldes menneskelige inngrep og perlefiske som har utradert mange bestander og følgelig endret de økologiske betingelsene for rekruttering av unge muslinger. Økt tilførsel av fin sand, kloakk, husdyrgjødsel og utbygninger i nedslagsfeltene er, sammen med endringer i økosystemene som følge av perlefiske, de viktigste årsakene til dagens problemer. De yngste muslingene som lever nede i elvebunnen blir kvalt, fordi tilførsel av oksygen er hemmet og/eller oksygenforbruket i elvebunnen er økt. Kun eldre individ klarer seg fordi disse lever øverst i elvebunnen og får tilført oksygen rett fra vannet. Som nevnt over, er de fleste viktige bestandene i Sentral-Europa forsvunnet eller i ferd med å forsvinne. Til tross for storsatsing, blant annet gjennom de EU finansierte «Life Prosjektene», har en bare klart å få til ett fåtall vellykkede renoveringer. Situasjonen er med andre ord kritisk og synligjør behovet for å ivareta bestandene i de få resterende delene av artens naturlige utbredelsesområde.

I Sverige og Norge er den dramatiske nedgangen en har sett i Europa, ennå ikke kommet så langt. Norge har som en følge av dette mer enn en fjerdedel av verdens gjenværende bestander. Likevel ser vi også en negativ trend her til lands og en tredjedel av våre gjenværende 427 bestander er i dag kritisk truet med manglende rekruttering og 114 bestander er allerede utdødd. Vi har følgelig et moralsk og etisk ansvar for å stoppe denne negative trenden og å sikre fremtiden for elvemuslingen. Årsaken til vårt spesielle nasjonale ansvar er at vi, i motsetning til resten av Europa, fremdeles har en mulighet til å gjøre vellykkede avbøtende tiltak.

Elvemuslingen lever hele sitt lange liv (150-200 år) i den elven den er født, og er avhengig av å finne et godt sted å bo og sunn mat å spise for å overleve.

Livssyklus



Figur 1. Livssyklus for elvemusling.

Muslingen har en kompleks livssyklus inkludert et parasittisk stadium (glochidier) på fiskegjeller. Når vanntemperaturen passerer 15°C (tidlig sommer), slipper glochidielarvene sin vert og må sette sin lit til at vannmassene fører dem til et egnet oppvekstområde. Muslingenes lave evne til mobilitet i kombinasjon med at de unge muslingene må ha næringstilgang innen få dager for å overleve gjør at deres odds for å lykkes er små, dersom elven ikke har mange gode oppvekstområder.

Muslingen lever de første 5 årene nedgravd i elvebunnen, for deretter å plassere seg mer eksponert i elvebunnens overflate. Til tross for forskjellige mikrohabitat, finner vi voksne og unge muslinger på de samme områdene i elven så sant musling bestanden har rekruttering. Vi har etterhvert fått god kunnskap om hvilke forhold som må være tilstede for at muslingen skal kunne etablere seg i et slikt område. Dette omfatter sediment kvalitet som partikkelstørrelse, sammensetning og stabilitet samt vannkvalitet, strømhastighet og vannhøyde (Bauer m.fl., 1980; Bauer, 1883; Bauer, 1988; Carell m.fl., 1995; Henrikson, 1996; Gittings m.fl., 1998; Hastie m.fl., 2000; Geist & Auerswald, 2007). I forbindelse med utsetting av muslinger fra kultiveringsanlegg, må en ta hensyn til dette og finne refugieområder i vassdraget som lokalt er egnet for unge og sårbare elvemuslinger. Samtidig er det trolig nødvendig å dyrke dem opp til en mindre sårbar størrelse.

Muslingene bruker foten til å hente matpartikler til de er ca. 2mm. Foten er ciliert og en tror at denne bærer reseptorer som gjør den unge muslingen i stand til å selektere matpartikler. Matpartiklene fraktes til labialpalpene rundt munnen og det er mulig at en siste sortering av matpartikler foregår her. Etter at de har utviklet et funksjonelt filtreringsorgan (Eivind Schartum, 2013), vil de kunne filtrere næringspartikler fra vannmassene. Samtidig har de utviklet funksjonelle

bysuskjertler og kan feste seg til substratet og dermed tåle større flomeksposering nær elvebunnens overflate. I elven vil dette skje i løpet av andre til tredje leveår og i kultiveringsanlegget etter maksimalt ett år.

Vår kunnskap om elvemuslingens naturlige diett er noe begrenset, men vi vet at partikkelstørrelsen på maten må være mindre enn 20 µm, og at store mengder større partikler vil føre til at muslingene reduserer filtreringsaktiviteten for å unngå klogging av filterapparatet. En vet også at den helt unge muslingen ignorerer matpartikler den vokser godt på og attraheres til finpartikulær detritus som har en lavere næringsverdi (Gramstad, 2013). En tror at årsaken til dette paradokset er at muslingens naturlige habitat er områder hvor finpartikulær detritus sedimenteres sammen med andre mer næringsrike partikler. For stor tilførsel av uegnet detritus vil følgelig ha negative konsekvenser for de helt unge muslingene. Overflategraving av små tilførselskanaler for detritus, viser på samme måte at unge muslinger samles rundt disse detrituskildene (Spisar, pers.med.). Finpartikulært materiale i elver består av allohton detritus (delvis nedbrutt organisk materiale), bakterier, alger og uorganiske partikler. Vi vet også at både finpartikulær detritus, bakterier og alger inngår i elvemuslingens diett (Carvalho m.fl., 2004; Eybe m.fl., 2013; Vaughn m.fl., 2008). Mengde og kvalitet av finpartikulært materiale i elven avhenger følgelig av egenskaper i elvens nedslagsfelt, og det er viktig at detritus som tilføres elven fra omgivelsene er av riktig kvalitet. Spørsmålet er da hva som er riktig i denne sammenhengen. Det foreligger ingen kvantitative eller kvalitative kriterier for hvilke detritustyper som er best egnet. Empiri fra tsjekkiske langtidsstudier viser imidlertid at muslingen, de fem første årene, gjør det best på detritus fra overflatetilsig fra permanent fuktige områder med ugjødslet eng og/eller løvskog (Spisar, pers.med.). I slike områder foregår det mikrobiell nedbryting av organisk materiale fra både planter og dyr, og dette materialet ender opp som næringsrik detritus i elven. Karakteristika av detritus fra slike områder er at det skal være så finpartikulært at den holder seg svevende i vann i flere minutter. Detritus må også være nedbrutt i oksygenrike omgivelser slik at det er mørkt på farge, men likevel relativt luktfritt. Lukt av sulfid og jernfarging gjør detritus uegnet for unge muslinger. Eybe m.fl. (2013), viste også at detritus av en slik kvalitet reduserer giftige ioner som nitritt og ammonium fra organisk materiale under nedbrytning.

Konklusjonen er at en må tilføre detritus av en høy kvalitet og i riktige mengder til elven for å unngå anoksiske forhold i elvebunnen. For store mengder partikulært materiale i vannmassene, vil redusere muslingenes evne til næringsopptak (klogging av gjellene) og føre til redusert kvalitet av oppvekstområdenes sediment. Kantvegetasjon, langs elven der en har intensiv jordbruksaktivitet og gjødsling, samt erosjonshindere/feller for å unngå tilførsel av fin sand og uegnet detritus er de vanligste restaureringsmetodene som har vært brukt. Som nevnt over må elven samtidig ha tilførsel av næring til muslingene i form av egnet detritus. Det må derfor også vernes om overflateavrenning fra permanent fuktige områder med ett vegetasjonsdekke som hindrer dyp erosjon i jordsmonnet ned mot elva.

I musling prosjektet har en i 2014 hatt negative erfaringer med dette, da halve nedslagsfeltet bestående av tett sitkagranskog ble industrielt nedhogget sommeren 2013. Kombinert med eksepsjonelt høye temperaturer førte dette trolig til tap av unge muslinger. Dyp erosjon i jordsmonnet som følge av manglende dekkvegetasjon, førte til vannkvalitetsproblemer som økt oksygenforbruk i vannet, høye nitritt konsentrasjoner i inntaksvannet og eutrofiering med påfølgende oppblomstring av blågrønnalger. Deler av anlegget bygges nå om for å unngå slike problemer i fremtiden og det er også etablert en alternativ vannkilde av god kvalitet. Vi har også i året som gikk testet ut nye oppvekstsystemer som kan øke produksjonskapasiteten. Ved å infisere fisk med musling i anlegget er antallet musling som kan produseres heller ikke lengre begrenset. Vi mener oss derfor i stand til rette opp i problemene fra 2014 og øke og effektivisere den fremtidige produksjonen av elvemusling fra sårbare bestander.

Driften 2014

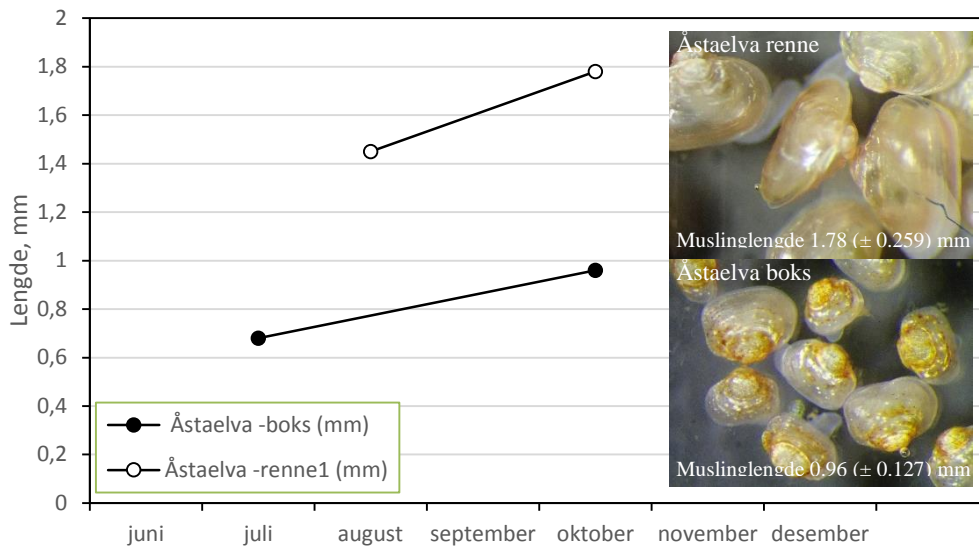
Tabell 1. Antall muslinger høstet og overlevende i anlegget for 2014.

Kunstige infeksjoner 2013 – Høsting 2014				
Elv	Antall i elv (Minste observert)	Referanse	Høstet (Antall)	I anlegget
Lomsdalselva (Oppland)	-1000 (>62 mm)	Høitomt, 2007	99	69
Hunnselva (Oppland)	-2500 (>50 mm)	Larsen & Berger, 2009	0*	
Movannsbekken (Oslo/Akershus)	<500 (>62 mm)	Sandaas & Enerud, 1998	0*	
Sognsvannsbekken (Oslo/Akershus)			0	
Askernelva (Oslo/Akershus)	26 (>46 mm)	Økland & Økland, 1998	0	
Bingselva (Buskerud)	-68000 (>81 mm)	Larsen m.fl., 2002	0*	
Bøelva (Telemark)	-2300 (872 obs.)	Larsen m.fl., 2002	0	
Skoelva (Telemark)	<1000 (ikke rekruttering)	Sandaas & Enerud, 2012	0	
Bergselva (Vestfold)	Svært liten (>79 mm)	Enerud, 2000	0*	
Hammerbekken (Aust-Agder)	-1600 (>50 mm)	Larsen, 2001	0	
Åstaelva (Sør-Trøndelag)			7841	-3000
Seterbekken (Sør-Trøndelag)			0	
Lena (Sør-Trøndelag)			0*	
Utvikelva (Nord-Trøndelag)	Svært liten (249 obs.)(>55 mm)	Wæhre, 2012	8956	-2700
Semselva (Nord-Trøndelag)			883*	595
Naturlige infeksjoner i elv – Høsting 2014				
Elv	Antall i elv (Minste observert)	Referanse	Høstet (Antall)	I anlegget
Sjelåna (Hordaland)	500-1000 (470 obs.) (>53 mm)	Kålås, 2010	152	131
Femangerelva (Hordaland)	6-20 (>80 mm)	Kålås, 2010	11	9
Mjåtveitelva (Hordaland)	Ingen observert (Glochidier på ørret)	Kålås, 2010	24	9

* Populasjoner som har infisert fisk i anlegget i 2014 (se under nye infeksjoner 2014).

Vekstrate og mortalitet var sammenlignbar med tidligere års vekst og mortalitet frem til midten av juli. Etter dette flatet den ut til omtrent halvparten av tidligere års vekstrater. Mortaliteten av musling i boksene var også høy fra midten av juli 2014 og skyldes soppinfeksjoner i kulturene. Dette kan ikke forklares med høye temperaturer alene, da disse muslingene kultiveres under temperaturkontroll. I de nye kultiveringsrennene var imidlertid veksten sammenlignbar med tidligere års vekst, til tross for høye temperaturer. Andre faktorer forklarer trolig problemene med

kultivering i 2014 (se under miljøproblemer). Effekten av økt organisk belastning kan imidlertid forsterkes av høye temperaturer.



Figur 2. Vekst av Åstaelmusling i nye produksjonsrenner og i tradisjonelle kultiveringsbokser. Bildene representerer relativ størrelse mellom de to kultiveringsmetodene i oktober.



Figur 3. Nye kultiveringsrenner for muslinger.

De nye kultiveringsrennene har kontinuerlig gjennomstrømming av resirkulert vann. Muslingene holdes tilbake med en fin sil. Substratet rengjøres daglig og muslingene føres hver annen dag og nitritt måles jevnlig. Under forutsetning av at nitritt konsentrasjonene er lave skiftes vannet i karet

kun ukentlig. Vekst og overlevelse av unge muslinger var i 2014 høyere enn i de tradisjonelle dyrkningsboksene (Figur 2).

Det er planlagt å sette inn ca. 20.000 nyfødte muslinger i hver av rennene. Slike renner med samme tetthet er allerede testet ut av Dury m.fl. (2013) og oss i 2014.

Minimum 28 slike renner, samt lagringskapasitet av vann på 12 m³, vil være tilgjengelig i den isolerte temperaturregulerte klekkehallen våren 2015.

Innsamling av muslinger

Menneskelig aktivitet har en enorm innflytelse på alle nivåer av biodiversitet, men påvirkningen blir mest åpenbar for folk flest når de blir vitne til habitattap, artsutrydding, ødeleggelse av organismesamfunn og forurensede eller ellers ødelagte økosystem. Menneskets innvirkning på genetisk variasjon hos en art er minst iøyenfallende og derfor minst prioritert. Genetisk variasjon er imidlertid det mest grunnleggende nivået i biodiversitet, noe som øker og ikke reduserer viktigheten. Uten variasjon har bestander ikke evolusjon og derfor lav tilpasningsevne til varierende omgivelser.

Norge er trolig ett hot-spot for elvemuslingen fordi vi fremdeles har regioner med intakte metapopulasjoner. Slike metapopulasjoner består av demer eller bestander av muslinger som har relativ lik innvandringshistorie, men som grunnet lav genetisk utveksling har lokale tilpasninger. Generelt er lokal tilpasning en egenskap med metapopulasjonen som helhet og man antar at lokal tilpasning har en genetisk basis. Den måler tilstrekkeligheten av romlig variasjon innenfor ett område og fordelingen av tilpasset genetisk variasjon (Gandon & Michalakis, 2002). Elvemusling har stor genetisk variasjon mellom bestander (Machordom m.fl., 2003). Dette gjelder også innenfor relativt små regioner (Geist & Kuehn, 2005; Bouza m.fl., 2007). Områder som er blitt kolonisert siden siste istid har stor variasjon noe som både kan indikere multiple innvandringer og genetisk drift i enkeltbestander (Geist & Kuehn, 2008, Geist m.fl., 2009). Lokale tilpasninger burde derfor være særlig uttalt blant ørretmuslingbestander som har lokale verter (Stenson & Larsen, 2013).

Innsamling av muslinger fra hver lokalitet må derfor foretas på en slik måte at den ivaretar den genetiske variasjonen som finnes i den gjenværende moder bestanden, samtidig som en bør unngå utavlseffekter. Altså unngå miksing av lokalt tilpassede populasjoner ved å hente inn muslinger fra større systemer som hver for seg kan ha lokale tilpasninger.

Den mest naturlige måten å samle muslinger for kultivering er å fiske naturlig infisert fisk fra aktuelle populasjonen en ønsker å dyrke, og sende dem til anlegget for høsting av muslingene. På denne måten vil en få frem muslinger som har vokst opp på den naturlige vertspopulasjonen og senere utsetninger blir følgelig fra muslinger som er evolusjonært tilpasset verten i den lokaliteten de skal tilbakeføres til. Samtidig unngår en å påvirke eksisterende muslinger i bestanden. De praktiske problemene med denne metoden er at en er avhengig av at det finnes nok fisk i lokaliteten og gunstige metrologiske forhold i innsamlingsperioden. Samtidig kan det være problematisk å få nok infisert fisk inn til anlegget. De kultiverte muslingene som vi har i anlegget fra 2012 er høstet fra fisk fanget med elektrofiske. Dette er en god metode i noen lokaliteter. Fisket fra Nord Trøndelag og Trøndelag har vært svært vellykket og vi har høstet mellom 700 og 2600 muslinger fra disse populasjonene. I Hordaland har også fisket vært vellykket, men antallet muslinger per fisk har gjennomgående vært lavere. Man observerer også store forskjeller i infeksjonsintensitet på fisken mellom år. På Øst- og Sørlandet har denne metoden ikke vist seg å fungere i 2012. Det kan være flere årsaker til dette. En mulighet er at de store nedbørmengdene høsten 2011 førte til infeksjons uår for muslingen. Videre er tettheten av vertsfisk normalt lavere i elver på Øst- og Sørlandet fordi ørreten konkurrerer med andre fiskeslag og har flere predatorer. Da de infektive glochidielarvene spres fritt i vannmassene, kan en imidlertid ikke forvente at intensitet og prevalens av glochidielarver er en funksjon av fisketettheten. Infeksjons uår forårsaket av flommer i perioden glochidiene ble sluppet er en plausibel forklaring.

I prosjektet har det også vært gjennomført infeksjoner i felt. Denne metoden ble testet i Haukåsvassdraget (Hordaland) i 2012 og gjennomført i ti vassdrag rundt om i landet høsten 2013 (Tabell 1). Infeksjonene har vært gjennomført av Bergen kommune, Fylkesmannen i Hordaland Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Rådgivende Biologer, Michael Lange og Universitetet i Bergen. Vertsfisk og musling har vært holdt sammen i lukkede kar om høsten under glochidieslippet. Bilde. Infeksjonene var vellykket i fem av de ti populasjonene. Metoden er arbeidskrevende fordi den krever hyppig oppfølging, spesielt i flomelver. Selv om kun gravide muslinger blir brukt under disse infeksjonene er det usikkert hvor mange mødre som er opphav til avkomsgenerasjonen og om allefrekvensene i avkommet samsvarer med moderpopulasjonen.

Selv med tilleggsforing er fisken som blir infisert i karene noe utmagret etter oppholdet i infeksjonskarene. Ved inntak til anlegget er dette sammen med en tilvenningsperiode til kommersielt fôr årsak til startdødelighet på fisken. Smitteagens som parasitten *Ichtyobodo necatrix* er også tilstede i alle populasjonene som ble tatt inn. Fisken kan ikke behandles med kommersielle behandlingsmetoder etter at den er infisert, da disse også vil drepe glochidier/innkapslede muslinger). Dødeligheten av fisk har derfor erfaringsmessig vært høy i anlegget som følge av dette. Som en kompensasjon har vi utviklet en behandling med leire som delvis kompenserer for dette. Denne behandlingen kom ikke i gang før høsten 2014 og følgelig kan en trolig ha mulighet til å redusere dødeligheten blant fisk som er smittet etter denne metoden i fremtiden. Ett annet omfattende problem med inntak av villfisk med stor variasjon i størrelse og vekstrate, var kannibalisme og aggresjon hos fisken. Da fisk infisert med høye intensiteter av glochidier, vokser mindre svakere infisert fisk, er det trolig at kannibalisme også har ført til selektiv dødelighet av infisert fisk. Resultatet av dette har vært at vi har tapt flere infiserte populasjoner ved høstingen 2014. En mulighet for å bedre på mange av disse problemene med fiskehold vil være å bruke settefisk som på forhånd er tilvent oppdrettsfôr, har mer opplagsnæring ved innsetting i infeksjonskarene og er jevnere i størrelse. Sammen med behandling med leire for å fjerne parasitter vil dette kunne bedre resultatene. Laksen i anlegget var ikke kannibalistisk. Dette innebærer at en lettere kan bruke denne metoden på laksemuslinger enn auremuslinger.

For å unngå problemer som nevnt over har vi for innsamlingen 2014 hentet inn stammuslinger og infisert oppdrettsørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (Botsvannpopulasjonen). Denne stammen var mest infisert i 2013, mens en annen populasjon fra Tinnhølen var mindre mottakelig for infeksjoner fra Utvikelva og Lena. Små 0+ (0.67 g) fra Botsvann ble derfor valgt som vertsfisk for ørretmuslinger i 2014. For laksemuslingene har vi brukt laks fra Bjoreidstammen (startvekt 3.4 g). Fisken har vært håndforet med startfôr for å redusere forskjeller i vekst hos fisken. Samtidig har fisken vært noe underforet, fordi intensiv foring øker forkastingen av glochidier på gjellene til fisken (Geist pers.med; Spisar pers.med.; Lange pers.med).

Det er anbefalt å holde mellom 20 og 50 muslinger fra hver bestand for å sikre at både hunner og hanner er representerte i avlsbestanden. I prosjektet er det brukt mellom 40 og 50 individ. Ved å følge gytingen hyppig over tid er det mulig å observere minimumsantallet av stammødre som har sluppet infektive glochidier. For å bevare den genetiske diversiteten er det også fordelaktig at muslingene samles flere steder i moderlokaliteten. Samtidig må en være observant på at utavl kan ha negative konsekvenser hvis den genetiske forskjellen er for stor mellom individene (Jones m.fl., 2006). I de kunstige elvene vi holder dem i, må også avstanden mellom muslingene være liten for å sikre befruktning av egg og Österling m.fl. (2008) viste at glochidiemengden var relater til tettheten av muslinger lokalt. Likeså må avstanden til avrennings punkt hvor glochidielarver renner ut for å infisere fisk være liten. Vi har pr dags dato 15 gytende populasjoner som vil bli høstet våren 2015. I tillegg har vi en laksemusling populasjon fra Lyngstadelva (Møre og Romsdal), som ikke slapp glochidier i 2014, samt en populasjon som ble infisert i 2013 (Utvikelva). Anlegget huser også muslinger infisert lokalt med denne metoden fra Åstelva og Slørdalsvassdraget (Trøndelag). Endelig har vi mottatt lokalt infisert fisk fra Seterbekken (Trøndelag) og Askervassdraget

(Oslo/Akershus) som ikke var infisert ved ankomst.

Bauer m.fl. (1987) viste at muslinger ikke reproducerer hvert år. Ved tidlig inntak om våren, og fôring av muslingen, ser det imidlertid ut som om de fleste populasjonene gyter. Ingen av nærmere 850 muslinger, har dødd under frakt eller i anlegget. Disse blir rensset ukentlig og fôret med alger (Blanding av Shellfish 1800, Nano og Spirulina) og ansamlinger av fæces rundt hver musling viser at de tar til seg mat.

En siste metode er oppsamling av infektive muslinglarver under gyting og senere infeksjon i kultiveringsanlegg. Dette kan i noen sammenhenger være en god metode, da gyting lett kan induseres i felt. De infektive muslinglarvene som lever i ca. 48 timer, kan dermed lett fraktes til anlegget og infisere ørret eller laks avhengig av vertspreferanse. Samtidig kan en få tilgang til store mengder glochidier. En trenger heller ikke å ta inn villfisk til anlegget, noe som reduserer smitterisiko og fiskevelferdsproblemer forbundet med frakt og sterk redusert dødelighet av fisk i anlegget. Imidlertid er metoden svært kostbar og arbeidskrevende og krever utstyr og kompetanse. En er blant annet avhengig av å følge hver populasjon over tid for å stadiebestemme modningen av muslingeegg. Samtidig er en avhengig av gode metrologiske forhold for å kunne samle infektive larver innenfor en periode på ett til noen få døgn. Asynkront slipp av glochidier i noen populasjoner (Fossåa) er og en kompliserende faktor med metoden. Fem populasjoner ble forsøkt samlet inn med denne metoden i 2014 med gode resultat fra Fossåa (Hordaland), Åreidelva (Hordaland) og Hunnselva (Oppland). Haukåsvassdraget (Hordaland) ble kun svakt infisert, da glochideinnsamling ble forsinket grunnet flom og Hammerbekken hvor kun 2 muslinger av 130, slapp glochidier i 2014 (Lange pers.med).

Konklusjon

Den optimale måten å samle muslinger på er å bruke stammuslinger fra hver populasjon og infisere veterinærkontrollert oppdrettsfisk i anlegget. Det er en fordel å ta inn muslinger tidlig i sesongen slik at disse kan prekondisjoneres for gyting. Erfaringsmessig vil forskjellige ørretmuslinger ha forskjellig infeksjonssuksess på en gitt populasjon av vertsfisk, og intensiteten av glochidier varierer mellom musling populasjoner til tross for samme infeksjonstrykk. Ved å ha flere verts- fisk populasjoner i samme karet under infeksjon, kan en muligens bøte på dette. Laksemuslingen synes imidlertid å være mindre krevende når det gjelder vert og av fem infeksjoner med laksemusling foretatt i var alle kraftig infiserte.

For elvemusling populasjoner hvor antall stamindivid er for lavt til å ta inn i anlegget, bør en bruke elektrofiske av infisert fisk som metode og samle muslinger over flere enn ett år. Dette fordi alle muslinger i elva er vanskelig å finne og fordi ikke alle gyter årlig. Fisk infisert i elva er eksponert for glochidier fra alle muslingene og flere års innsamling bidrar til å øke den genetiske representasjonen av muslinger under kultivering.

Nye infeksjoner 2014

Ved å ta inn voksne mormuslinger til anlegget har vi kontroll på minimumsantallet gytende hunner og kan derfor levere ett mer definert produkt til utsetting. Antall hunner observert gytende, er minimumsantall og flere muslinger kan ha sluppet glochidiemassen sin i fiskekaret.

Infeksjonsprotokollen fra 2014 er i de fleste tilfellene bare basert på en tilfeldig undersøkt fisk.

Kvantifisering av infeksjonene er derfor kun en indikasjon. Infeksjonene fra noen elver som Svenheimsbekken, Raudsjøbekken, Fossåa, Åreidelva og Hunnselva er imidlertid basert på mellom 5 og 10 fisk og er derfor sikrere. Gytende muslinger ble sjekket tre ganger daglig gjennom gyteperioden. Glochidiemassen som var gytt fra enkeltmuslinger ble plukket opp, sjekket for modning og viabilitet og deretter tilsatt til fiskekaret etter at vannstanden var senket. Fisken ble eksponert for glochidier i 40 minutter uten vanngjennomstrømning før vannet ble skrudd på. For feltinnsamlede glochidier, ble først to testfisk eksponert for glochidier for å unngå mortalitet som følge av overinfeksjon. Avhengig av glochidietettheten, ble fisken deretter eksponert for glochidier mellom 40 minutter og 2 timer under bobling i ett 90 liters kar.

Mor muslingene er eksponert for en vannkilde som ikke inneholder laksefisk og det har vært brukt eget utstyr til muslingene for å unngå kontakt med vertsfisken eller andre muslingpopulasjoner. I motsetning til unge muslinger er disse svært robuste og det har aldri vært observert dødelighet hos voksne muslinger i anlegget. Vertsfisken er i tillegg veterinærkontrollert før ankomst, fulgt opp av tilsynsveterinær månedlig. Sannsynligheten for spredning av patogene organismer fra anlegget ved tilbakesetting er derfor svært lav.



Figur 4. Oppsett for infeksjon av fisk i anlegget. A) Oversiktsbilde av gyterenne med utløp til fiskekaret under. B) Muslinger i gyterenne.

Enkelt-elver infisert i anlegget 2014

Nord-Trøndelag

Semselva (Steinkjer kommune, Nord-Trøndelag fylke)

Det ble samlet inn 30 muslinger fra Semselva juni 2013. Muslingene ble plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og ekstra tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 27. juli ved en vanntemperatur på 18.7°C, og gytingen fortsatte til 5. august. Antall gytende individ observert, var 7 stk. Modning av glochidier fra Semselvmusling er vist i Figur 5. Elvmusling fra Semselva er en ørretmusling (Larsen pers.med.), og 250 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert med glochidier fra muslingene. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av Costia 31. juli (før infeksjon med glochidier). Infeksjonen på den ene undersøkte fisken var svak og indikerer at fiskens gjeller ble kun lett infisert (Figur 6).

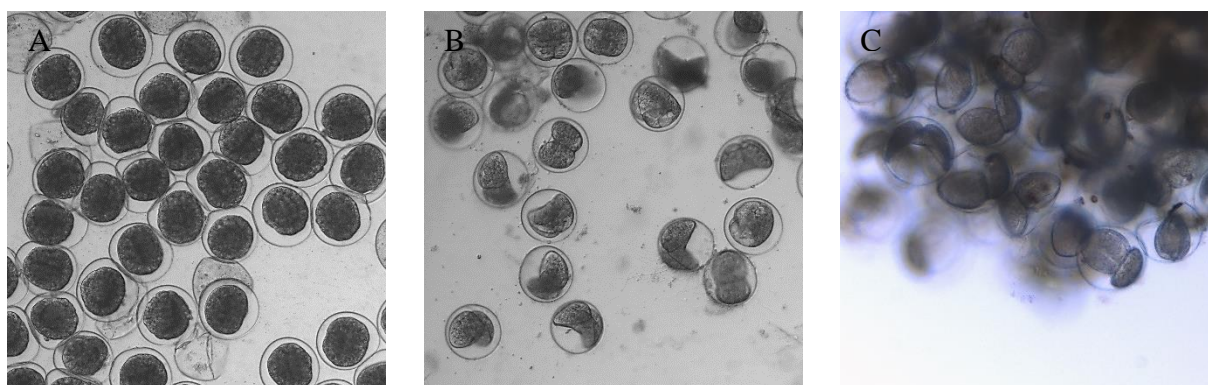
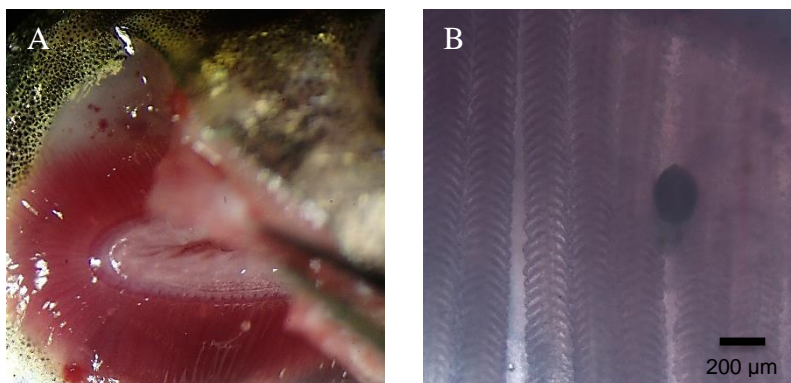


Figure 5. Modning av glochidier fra Semselvmusling. A) Stadie 1-2 (15.07.2014), B) Stadie 3-4 (24.07.2014) og C) Stadie 4 (05.08.2014).



Figur 6. Glochidier fra Semselvmusling på ørretgjelle (28.11.2014).

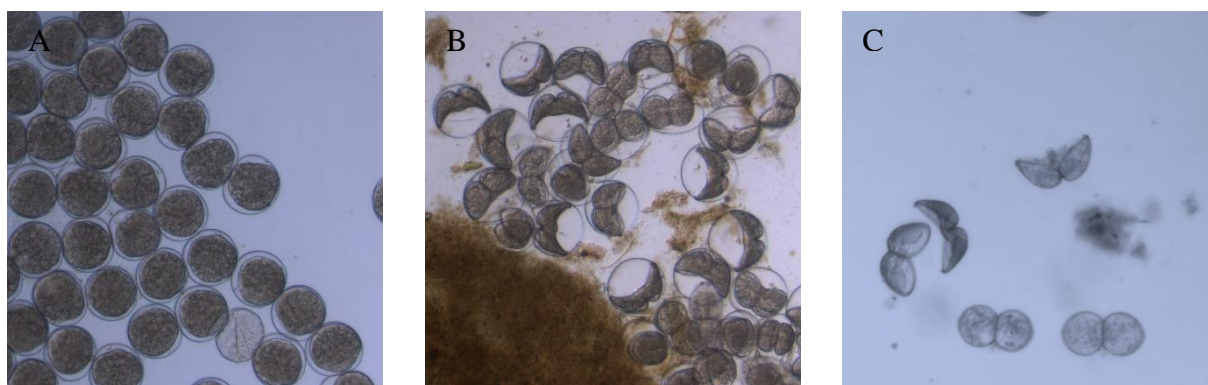
Sør-Trøndelag

Lena (Agdenes kommune, Sør-Trøndelag fylke)

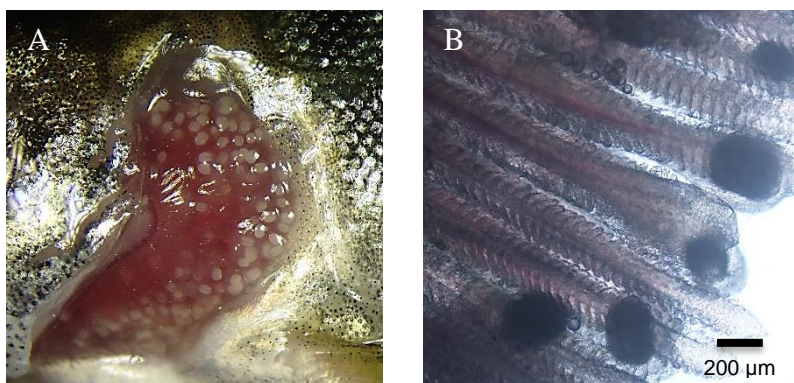
Bestanden av elvemusling i Lena ble kartlagt i 2007 av Arnkværn og Sandnes. Størrelsen på bestanden ble estimert til 39 600 individ, og minste musling observert var 56.2mm.

Gjennomsnittslengde på muslingene i vassdraget var 104mm (n=310), noe som indikerer en sterkt forgubbet bestand uten rekruttering.

Det ble samlet inn 30 muslinger fra Lena i 2013. Disse ble plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og ekstra tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). I 2013, observerte vi ikke glochidieslipp fra disse muslingene, men i 2014 startet gyting av modne glochidier 3. august ved en vanntemperatur på 17.0°C. Gytingen fortsatte til 6. august og antall gytende individ observert var 12 stk. Modning av glochidier fra Lenamusling er vist i Figur 7. Elvemusling fra Lena er en ørretmusling, og 250 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert med glochidier fra muslingene. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av Costia 31. juli (før infeksjon med glochidier). Infeksjonen på den undersøkte fiskens gjeller var kraftig infisert (Figur 8).



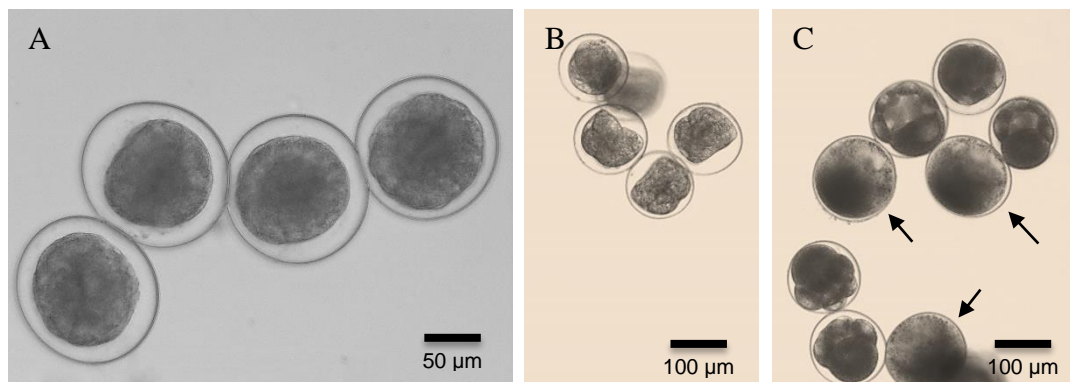
Figur 7. Modning av glochidier fra Lenamusling. A) Stadie 1-2 (30.06.2014), B) Stadie 4 (29.07.2014) og C) Stadie 5 (05.08.2014).



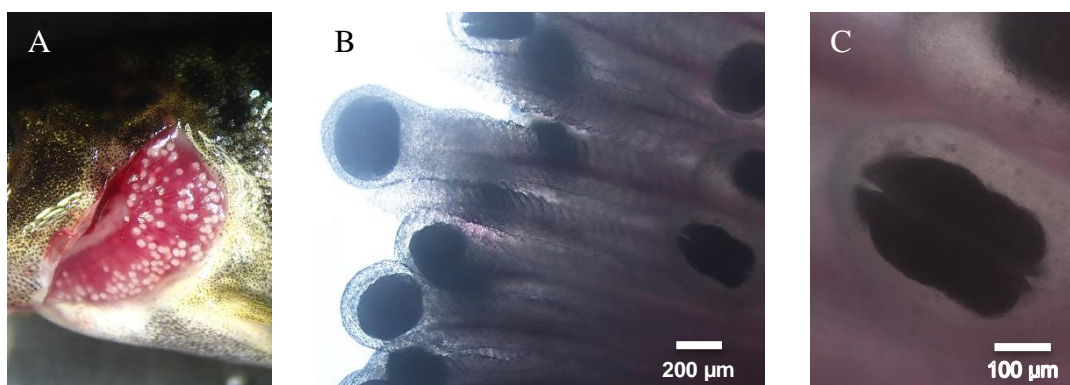
Figur 8. Glochidier fra Lenamusling på ørretgjelle (28.11.2014).

Sagelva (Malvik kommune, Sør-Trøndelag fylke)

Bestanden av elvemusling i Sagelva ble kartlagt av Berger i 2009, og ble beregnet til rundt 17250 individ som finnes på en 3.3 km lang elvestrekning. Minste observerte musling var 44.1 mm, og det var bare 3.6% av de registrerte individene som var mindre enn 50 mm (rekrutter) (Berger, 2010). A. Rikstad og H.M. Berger samlet inn 40 elvemuslinger fra Sagelva, som ble sendt til anlegget på Austevoll. Ved ankomst (29.06.2014) ble muslingene plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 19. august og da var temperaturen i vannet 14.6°C. Gytingen fortsatte til 21. august og antall gytende individ observert var 10 stk. Modningen av glochidiene var ikke helt synkron blant muslingene og det var et relativt høyt innslag av ubefruktede celler. Mulig årsak til dette er at noen muslinger slapp glochidiene sine prematurt ved ankomst til anlegget, og muligens har startet på en ny syklus. Modning av glochidier fra Sagelvmusling er vist i Figur 9. Elvemusling fra Sagelva er en ørretmusling, og 250 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert med glochidier fra muslingene. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av *Costia* 31. juli (før infeksjon med glochidier). Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingen var vellykket, og den undersøkte fiskens gjeller var kraftig infisert (Figur 10).



Figur 9. Modning av glochidier fra Sagelvmusling. A) Stadie 1-2 (01.08.2014), B) Stadie 2-3 (07.08.2014) og C) Stadie 1-2 (11.08.2014), piler viser ubefruktede celler.

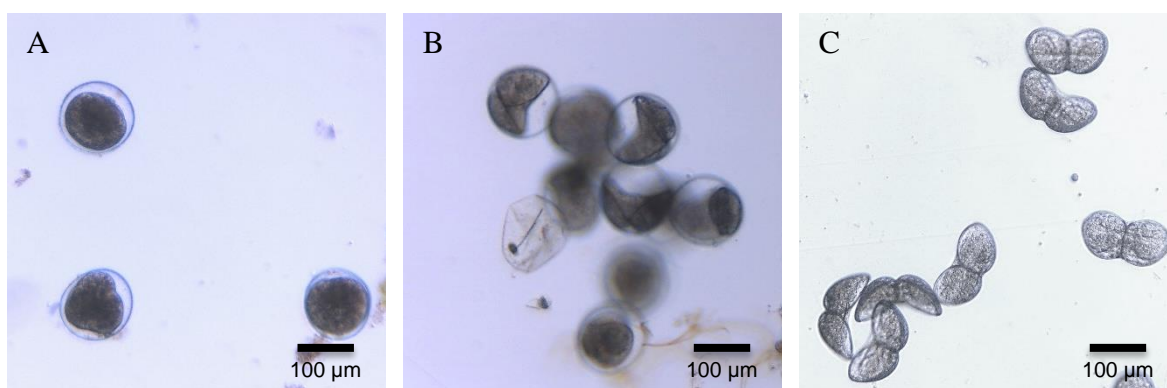


Figur 10. Infeksjon med glochidier fra Sagelvmusling på ørretgjeller (28.11.2014).

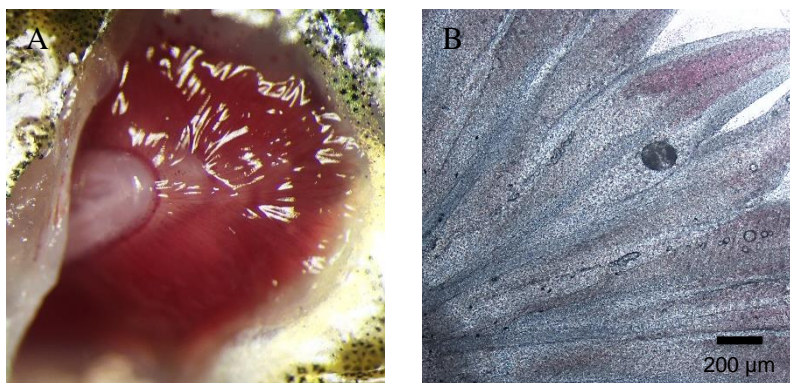
Drakstelva (Selbu kommune, Sør-Trøndelag fylke)

Bestanden av elvemusling i Drakstelva er beregnet til rundt 7160 individ som finnes på en 2,1 km lang elvestrekning. Minste observerte musling var 45.1 mm, og det var bare 1.6 % av de registrerte individene som var mindre enn 50 mm (rekrutter) (Berger, 2010).

A. Rikstad og H.M. Berger samlet inn 40 elvemuslinger fra Drakstelva, som ble sendt til anlegget på Austevoll. Ved ankomst (29.06.2014) ble muslingene plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 28. august og da var temperaturen i vannet 13.9°C. Gytingen fortsatte til 7. september og antall gytende individ observert var til sammen ca. 10 stk. Modning av glochidier fra Drakstelvmusling er vist i Figur 11. Elvemusling fra Drakstelva er en ørretmusling, og 250 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert med glochidier fra muslingene. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av *Costia* 31. juli (før infeksjon med glochidier). Den undersøkte fisken hadde lav intensitet av glochidier hvilket antyder at infeksjonen er svak til tross for høyt inokulat av infektive glochidier (Figur 12).



Figur 11. Modning av glochidier fra Drakstelvmusling. A) Stadie 1-2 (08.08.2014), B) Stadie 4 (13.08.2014) og C) Stadie 5 (03.09.2014)



Figur 12. Glochidie fra Drakstelvmusling på ørretgjelle (28.11.2014).

Møre og Romsdal

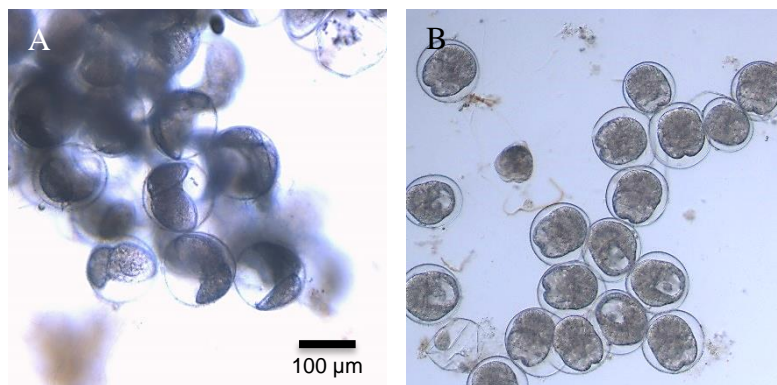
Lyngstadelva (Eide kommune, Møre og Romsdal fylke)

Elvemusling i Lyngstadelva ble kartlagt i 2009 av Sandaas og Enerud. Størrelsen på bestanden var ikke mulig å beregne, men er trolig liten. Det ble funnet til sammen 18 muslinger (fordelt på to lokaliteter, 2x15 min.), hvorav minste individ var 78mm.

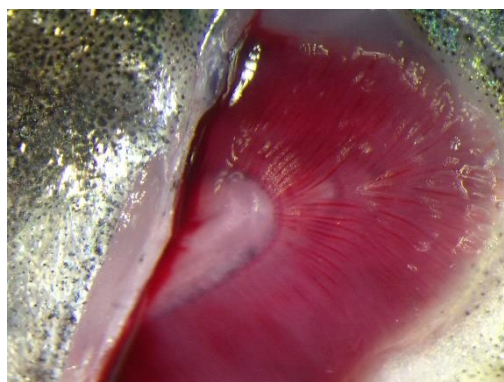
Det ble imidlertid samlet inn 40 muslinger fra Lyngstadelva den 7. juli 2014 (E. Schartum).

Muslingene ankom anlegget på Austevoll dagen etter, og ble plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Det ble ikke observert gyting av modne glochidier fra muslingene fra Lyngstadelva og kun to muslinger frigjorde en mindre mengde umodne stadier (Figur 13) og følgelig var infeksjonen ikke vellykket. Muslingen fra Lyngstadelva må derfor oppbevares i anlegget i ytterligere ett år for å få glochidieslipp.

Verstsfisk for denne muslingbestanden er laks og 200 Bjoreidlaks (3,7g ved ankomst 15. juli) fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord ble forsøkt infisert (Figur 14).



Figur13. Modning av glochidier fra Lyngstadelvmusling. A) Stadie 4 (07.08.2014) og B) Stadie 3 (28.08.2014).

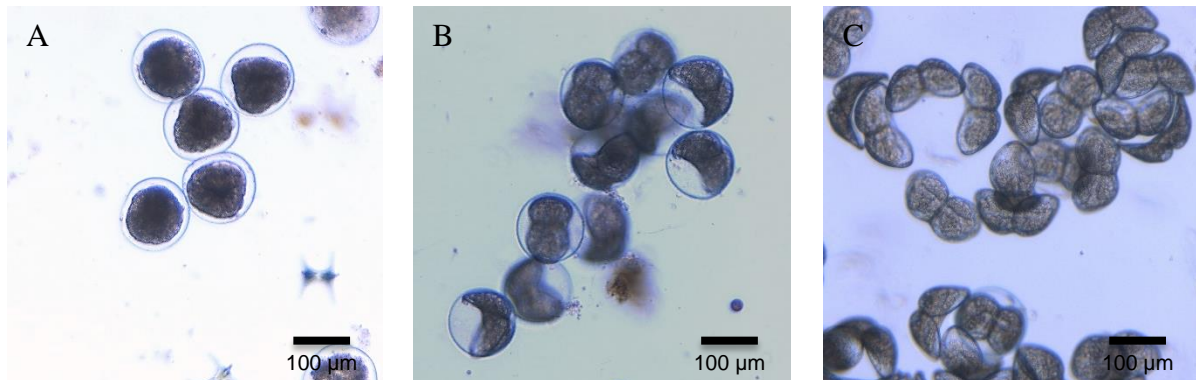


Figur 14. Manglende glochidieinfeksjon på gjelle av laks (28.11.2014).

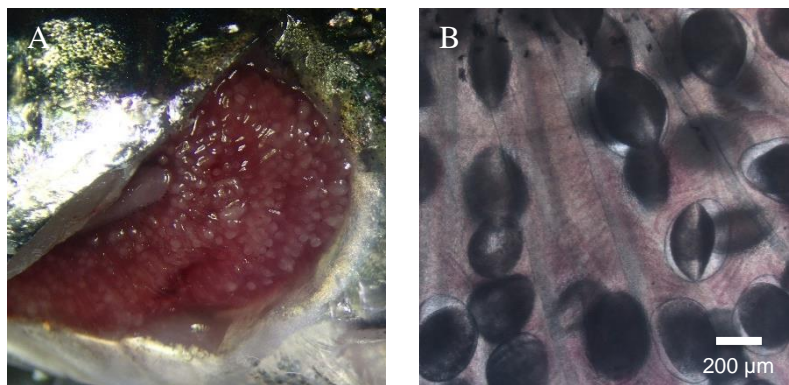
Oselva (Molde kommune, Møre og Romsdal fylke)

Bestanden i Oselva er vurdert til å være relativt stor, men har ingen rekruttering. Sandaas og Enerud fant i 2009 til sammen 166 muslinger (fordelt på to lokaliteter, 2x15 min.), hvorav minste individ var 94mm.

Det ble samlet inn 40 muslinger fra Oselva den 6. juli 2014 (E. Schartum). Muslingene ankom anlegget på Austevoll dagen etter, og ble plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 5. september ved en vanntemperatur på 14.0°C, og gytingen fortsatte til 19. september. Antall gytende individ observert var 16. Modning av glochidier fra Oselvmusling er vist i Figur 15. Verstsfisk for denne muslingbestanden er laks og 200 Bjoreidlaks (3,7g ved ankomst 15. juli) fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord, ble infisert med glochidier. Infeksjonen var vellykket og fiskens gjeller ble kraftig infisert (Figur 16).



Figur 15. Modning av glochidier fra Oselv musling. A) Stadie 1-2 (07.08.2014), B) Stadie 4 (03.09.2014) og C) Stadie 5 (05.09.2014).

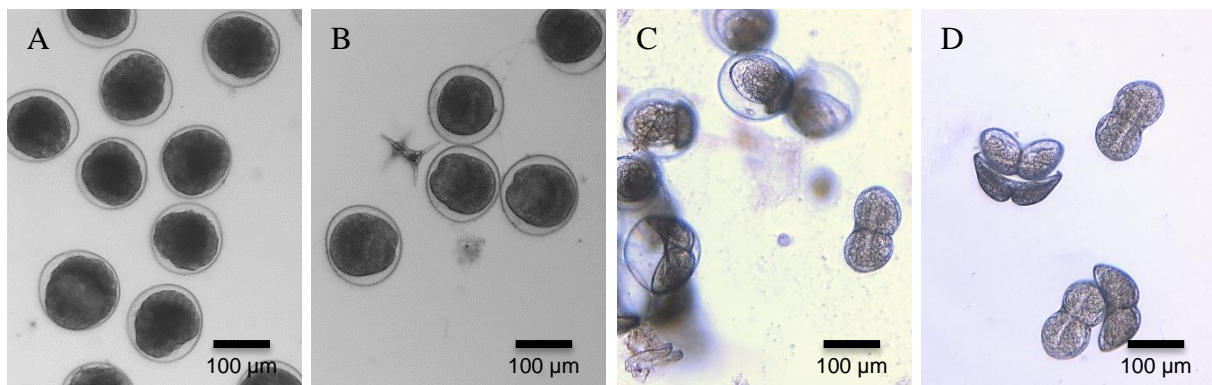


Figur 16. Glochidier fra Oselvmusling på gjelle av laks (28.11.2014).

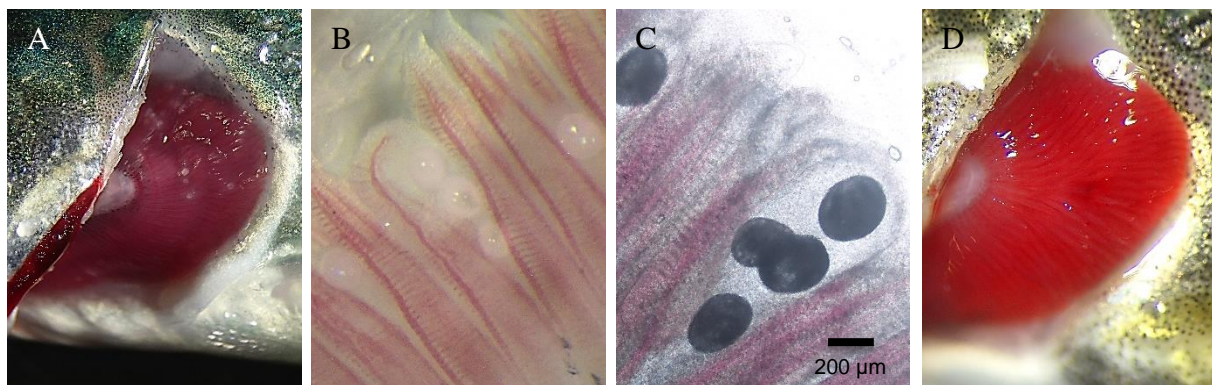
Rugga (Fræna kommune, Møre og Romsdal fylke)

Bestanden av elvemusling i Rugga er vurdert til å ha en tetthet på 1.5 muslinger pr. m² over en 2.5 km lang strekning av elva. Rekruttering i bestanden er usikker (Sandaas, 2013).

Det ble samlet inn 40 muslinger fra Oselva den 7. juli 2014 (E. Schartum). Muslingene ankom anlegget på Austevoll dagen etter, og ble plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 1. september ved en vanntemperatur på 13.7°C, og gytingen fortsatte til 8. september. Antall gytende individ observert var 16. Modning av glochidier fra Ruggamusling er vist i Figur 17. Usikkerhet angående vertsfisk for denne muslingbestanden avgjorde at vi infiserte 150 Botsvannsrørret (0,63g ved ankomst 15. juli) og 200 Bjoreidlaks (3,7g ved ankomst 15. juli) fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord. Ørreten ble formalinbehandlet 31. juli (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av Costia. Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingen var vellykket og laksen ble godt infisert i motsetning til ørret som ikke ble infisert (Figur 18).



Figur 17. Modning av glochidier fra Rugga. A) Stadie 1 (05.08.2014), B) Stadie 2 (13.08.2014), C) Stadie 4 (03.09.2014) og D) Stadie 5 (04.09.2014).



Figur 18. Infeksjon med glochidier fra Ruggamusling. A), B) og C) Infisert laksegjelle (28.11.2014), D) Uinfisert ørretgjelle (17.12.2014).

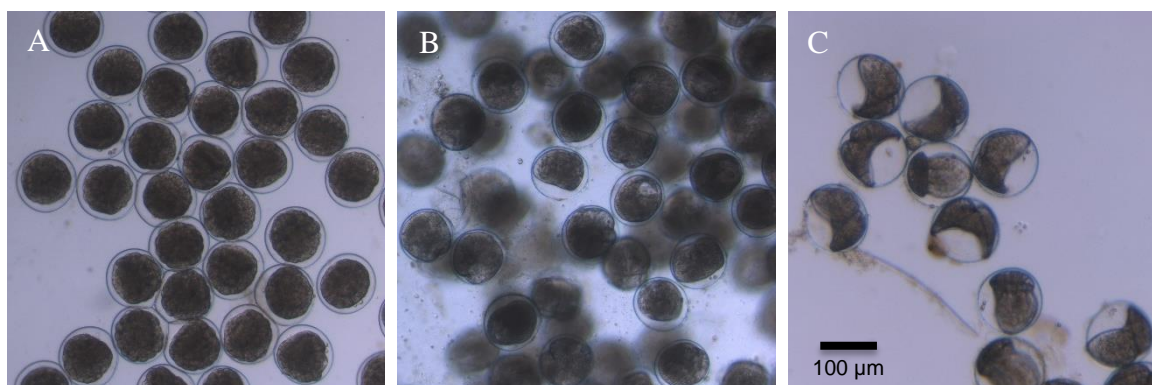
Hordaland

Lonevassdraget (Osterøy kommune, Hordaland fylke)

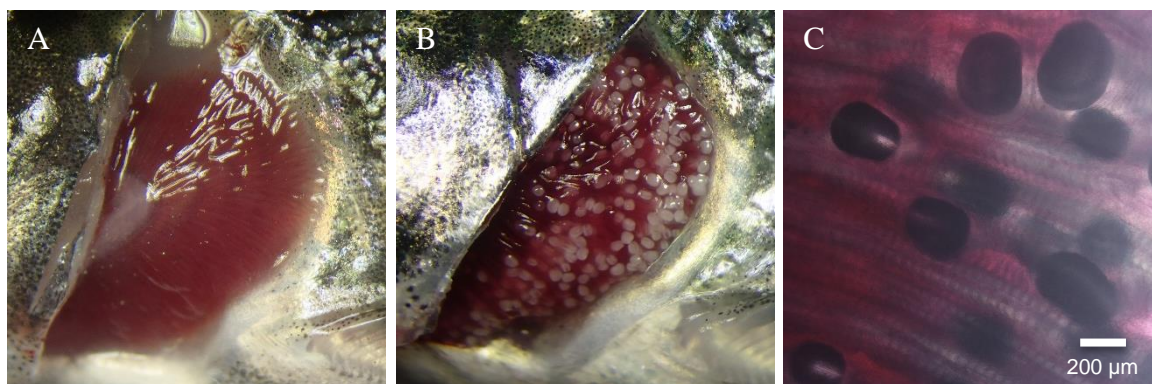
Elvemusling har historisk vært etablert på mange lokaliteter i Lonevassdraget. I dag er det kun observert levende musling på en lokalitet i den lakseførende strekningen av Loneelva, i Låstadelva og i Svenheimselva (over lakseførende strekning i vassdraget). Bestanden i Loneelva er svært liten og bare 75 muslinger er observert. I Låstadelva er kun én musling funnet. I Svenheimselva ble det i 2010 observert 85 muslinger, hvorav den minste var 63 mm. Bestanden kan være på 150 til 250 individ (Kålås, 2012).

Loneelva

Det ble samlet inn 40 muslinger fra lokalitet i lakseførende strekning av Loneelva den 23. april 2014 (S. Kålås og M.J. Steinsvåg). Muslingene ankom anlegget samme dag og ble plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og ekstra tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 10. august ved en vanntemperatur på 15,7°C, og gytingen fortsatte til 27. august. Antall gytende individ var 20-25. Modning av glochidier fra Loneelv musling er vist i Figur 19. Usikkerhet angående vertsfisk for denne muslingbestanden avgjorde at vi infiserte 120 Botsvann ørret (0,63g ved ankomst 15. juli) og 200 Bjoreidlaks (3,7g ved ankomst 15. juli) fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord. Ørreten ble formalinbehandlet 31. juli (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av *Costia*. Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingen var vellykket og laksen ble kraftig infisert i motsetning til ørret som ikke ble infisert (Figur 20).



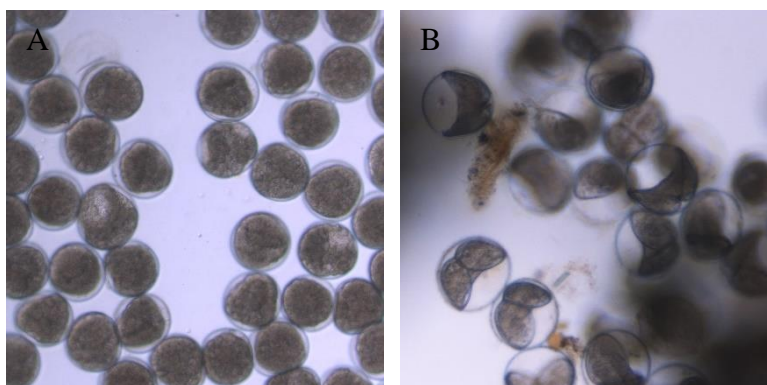
Figur 19. Modning av glochidier fra Loneelvmusling. A) Stadie 1-2 (11.07.2014), B) Stadie 3 (28.07.2014) og C) Stadie 4 (08.08.2014).



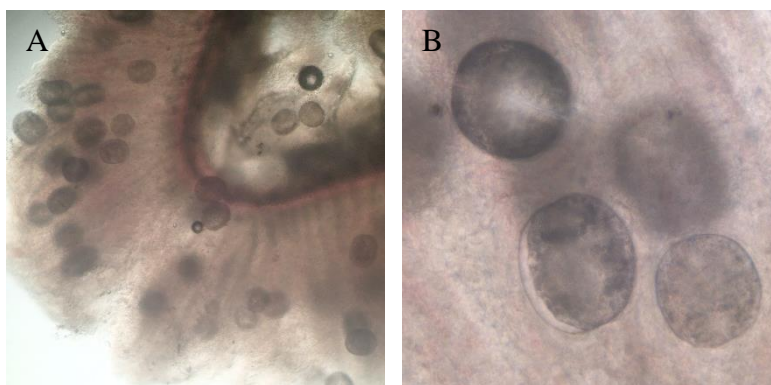
Figur 20. Infeksjon med glochidier fra Loneelvmusling. A) Ørretgjeller ikke infisert (28.11.2014), B) og C) Laksegjeller kraftig infisert (28.11.2014).

Svenheimselva

I 2013 ble det forsøkt å infisere aure med Svenheimsmusling lokalt i elva. Ingen infeksjon av auren ble observert. Det ble derfor samlet inn 40 muslinger fra Svenheimselva den 23. april 2014 (S. Kålås og M.J. Steinsvåg). Muslingene ankom anlegget samme dag og ble plassert i kunstig elv. Muslingene var i relativt dårlig kondisjon ved ankomst, men etter noen måneder i anlegget med god vanngjennomstrømming og ekstra tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish) var tilstanden forbedret. Gyting av modne glochidier startet 10. august ved en vanntemperatur på 15,7°C, og gytingen fortsatte til 26. august. Antall gytende individ var 20 stk. Modning av glochidier fra Svenheimsmusling er vist i Figur 21. Vertsfisk for denne muslingbestanden er ørret og 250 Botsvannsrørret (0,63g ved ankomst 15. juli) fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord, ble infisert med glochidier. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av *Costia* 31. juli. Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingen var vellykket og fiskens gjeller ble godt infisert (Figur 22).



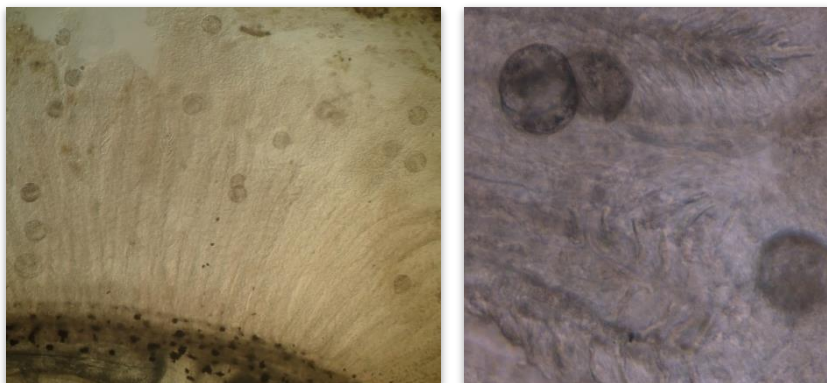
Figur 21. Modning av glochidier fra Svenheimsmusling. A) Stadie 1-2 (18.07.2014) og B) Stadie 4 (06.08.2014).



Figur 22. Glochidier fra Svenheimsmusling på gjelle av ørret (10.09.2014).

Fossåa (Fusa kommune, Hordaland fylke)

Elvemusling er observert på to lokaliteter i elva, men antallet er lavt (ca. 60 muslinger). Alle observerte muslinger er godt voksne og muslingbestanden er klart forgubbet (Kålås, 2012). Glochidier fra minst 11 muslinger ble samlet inn i elva 25. og 27. juli og glochidier fra ytterligere 4 muslinger ble samlet 29 juli (P. Jakobsen og M. Lange). Elvemusling fra Fossåa er en ørretmusling, og 250 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert 25. og 28. juli med glochidier fra muslingene. Grunnet Costiainfeksjon ble fisken behandlet med leire flere ganger mellom 30. juli til 18. august. Costia førte i denne perioden til en fiskedødelighet på 30.8%. Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingen var vellykket og den undersøkte fiskens gjeller ble godt infisert (Figur 23).

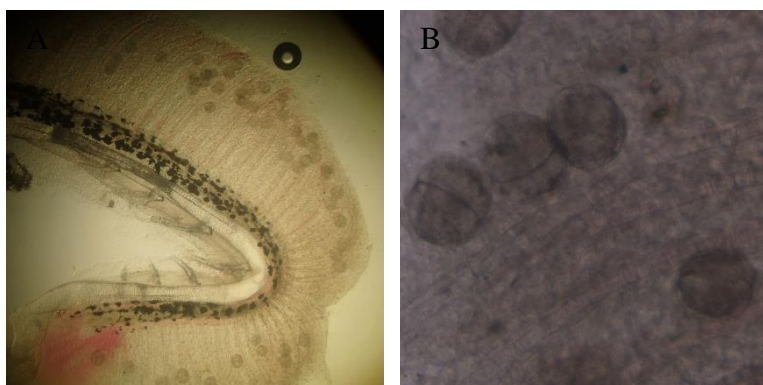


Figur 23. Glochidier av Fossåamusling på gjelle av ørret (08.08.2014).

Åreidelva (Bømlo kommune, Hordaland fylke)

Elvemusling er observert på en 250 m lang strekning i elva, men antallet er lavt (27 muslinger). Bestanden er estimert til 50-75 individ. Minste musling observert er 38 mm, men bestanden vurderes å ha lav rekruttering (Kålås, 2012).

Glochidier fra 26 muslinger ble samlet inn i elva 26. juli (P. Jakobsen og M. Lange). Verstsfisk for denne muslingbestanden er ørret og 250 Botsvannsrørret (0,63g ved ankomst 15. juli) fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord, ble infisert med glochidiene 26. juli. Grunnet Costiainfeksjon ble fisken behandlet med leire flere ganger mellom 30. juli til 18. august. Costia førte i denne perioden til en fiskedødelighet på 18,4%. Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingen var vellykket og fiskens gjeller ble godt infisert (Figur 24).



Figur 24. Glochidier fra Åreidmusling på gjelle av ørret (08.08.2014).

Haukåselva (Bergen kommune, Hordaland fylke)

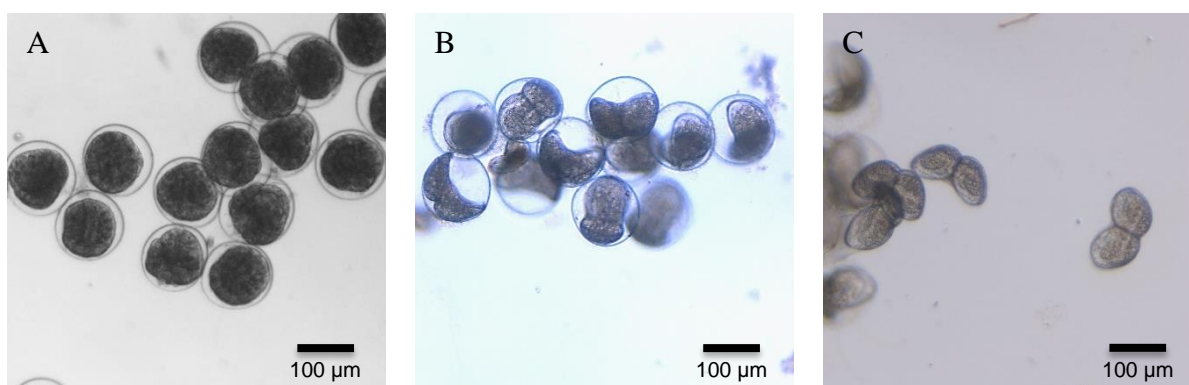
Elvemusling er observert på en 2.5 km lang strekning i elva, og bestanden er estimert til i overkant av 700 individ (Bjordal pers.med.). Minste observerte musling var 24 mm, men det var bare 2% av de registrerte individene som var mindre enn 50 mm (rekrutter) (Kålås, 2012).

88 muslinger ble hentet ut fra elva og glochidier fra 26 muslinger av disse ble samlet inn i elva 29. juli (P. Jakobsen og T. Bjånesøy). Den 26. juli var de fleste muslingene i stadium 4 (Lange og Jakobsen pers.obs). Innsamling ble foretatt tre dager etter dette. På dette tidspunktet hadde de fleste muslingene gytt, trolig indusert av kraftig nedbør og flom den 28 juli, så glochidiemengden var lav. Verstsfisk for denne muslingbestanden er ørret og 250 Botsvannsrørret (0,63g ved ankomst 15. juli) fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord, ble infisert med glochidiene 29. juli. Grunnet infeksjon med parasitten *Ichtyobodium* sp. (Costiainfeksjon) ble fisken behandlet med leire flere ganger mellom 30. juli til 18. august. Costia førte i denne perioden til en fiskedødelighet på 6%. P.g.a. lav tetthet av glochidier, ble ørreten relativt svakt infisert.

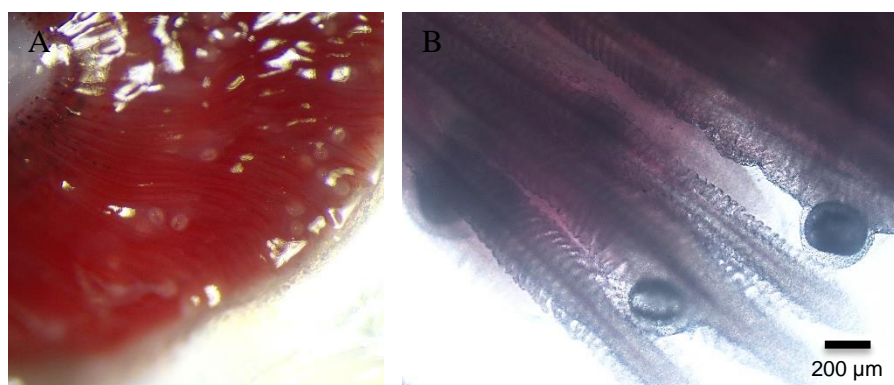
Vestfold

Bergselva (Larvik kommune, Vestfold fylke)

Bergselva ble undersøkt i år 2000, og da ble det bare funnet 19 muslinger med lengder mellom 79 og 150 mm (Enerud 2000). Senere er det observert flere individ, og K. Sandaas og J. Enerud samlet inn 28 muslinger som ankom anlegget på Austevoll 27.06.2014. Elvemuslingene ble umiddelbart plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 8. september og da var temperaturen i vannet 14.0°C. Gytingen fortsatte til 27. september og antall gytende individ observert kom opp i 20 stk. Dette indikere at en stor andel av restpopulasjonen er hermafroditter. Modning av glochidier fra Bergselvsmusling er vist i Figur 25. Elvemusling fra Bergselva er en laksemusling, og 200 Bjoreidlaks fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (3,7g ved ankomst 15. juli) ble etter hvert infisert med glochidier fra muslingene. Infeksjonen var vellykket og fiskens gjeller ble godt infisert (Figur 26).



Figur 25. Modning av glochidier fra Bergselvsmusling. A) Stadie 1-2 (14.08.2014), B) Stadie 4 (03.09.2014) og C) Stadie 5 (10.09.2014).



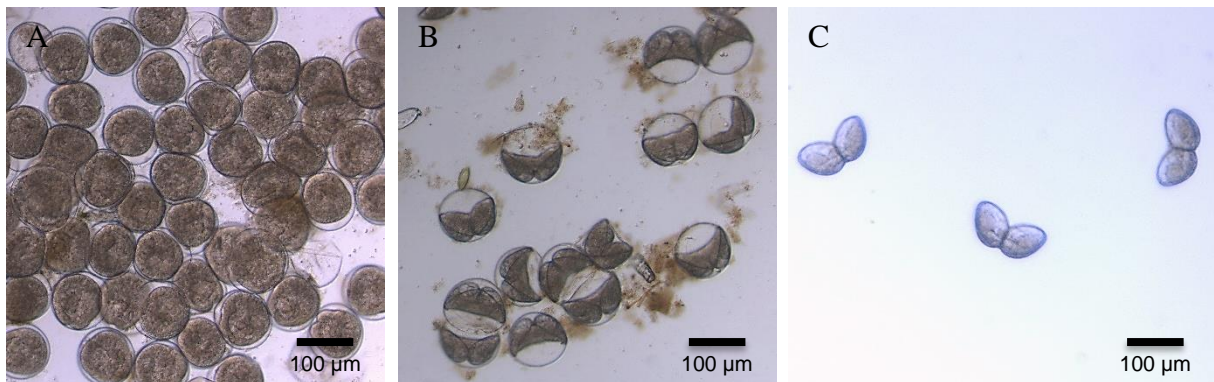
Figur 26. A) Glochidier fra Bergselvsmusling på laksegjeller (28.11.2014), B) Innkapslede glochidier på gjeller (28.11.2014).

Buskerud

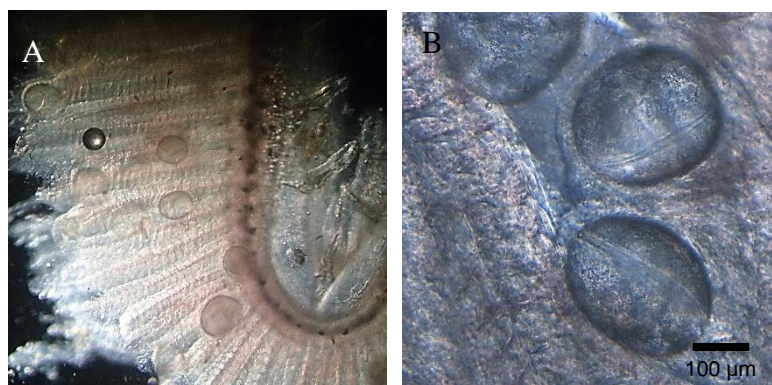
Bingselva (Øvre Eiker kommune, Buskerud fylke)

Elvemusling er funnet i Bingselva over et strekk på ca. 12 km. Bestanden ble i 2002 beregnet til å være på ca. 68 000 muslinger, men minste observerte musling var 81 mm, hvilket indikerer manglende rekruttering (Larsen m.fl. 2002).

K. Sandaas og J. Enerud samlet inn 50 elvemuslinger fra Bingselva, som ble sendt til anlegget på Austevoll. Ved ankomst (28.06.2014) ble muslingene plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 6. august og da var temperaturen i vannet 17.0°C. Gytingen fortsatte til 10. august og antall gytende individ observert var 12 stk. Modning av glochidier fra Bingselvmusling er vist i Figur 27. Elvemusling fra Bingselva er en ørretmusling, og 250 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert med glochidier fra muslingene. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av Costia 31. juli (før infeksjon med glochidier). Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingen var vellykket og fiskens gjeller ble godt infisert (Figur 28).



Figur 27. Modning av glochidier fra Bingselvmusling. A) Stadie 1-2 (22.07.2014), B) Stadie 4 (28.07.2014) og stadie 5 (05.08.2014).



Figur 28. A) og B) Glochidier fra Bingselvmusling på ørretgjelle (03.10.2014).

Hedmark

Gjerda (Åsnes kommune, Hedmark fylke)

Elvemuslingbestanden i Gjerda har vært vurdert til å være nesten utryddet og kun bestå av noen få individ. Sommeren 2014 ble det gjort gledelige funn av flere muslinger, og bestanden antas å ha en størrelse på ca. 500 individ. Bestanden har ikke rekruttering og ingen muslinger er yngre enn 15-20 år.

K. Sandaas og J. Enerud samlet inn 50 elvemuslinger fra Gjerda, som ble sendt til anlegget på Austevoll. Ved ankomst (25.06.2014) ble muslingene plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 31. juli og da var temperaturen i vannet 17.8°C. Gytingen fortsatte til 8. august og antall gytende individ observert var minimum 15 og maksimum 20 stk. Modning av glochidier fra Gjerdamusling er vist i Figur 29. Elvemusling fra Gjerda er en ørretmusling, og 250 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert med glochidier fra muslingene. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av *Costia* 31. juli (før infeksjon med glochidier). Figur 30 viser gjeller infisert med glochidier fra Gjerdamuslingen.

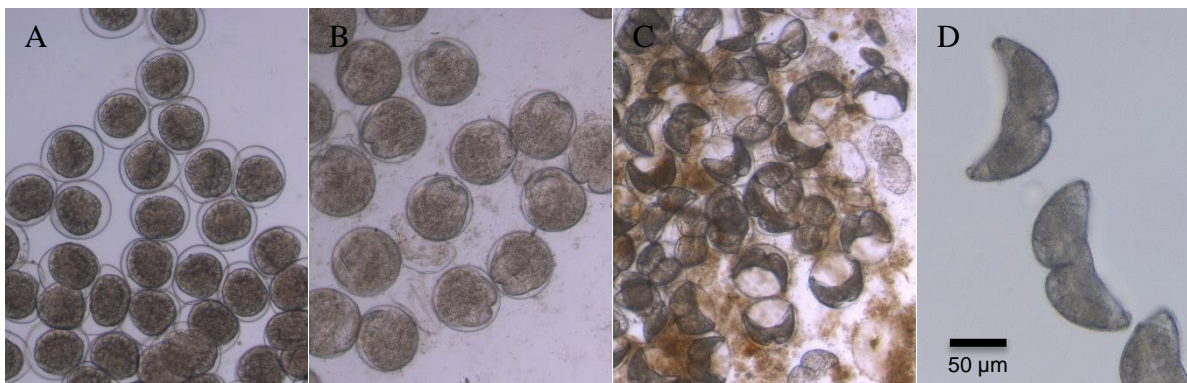
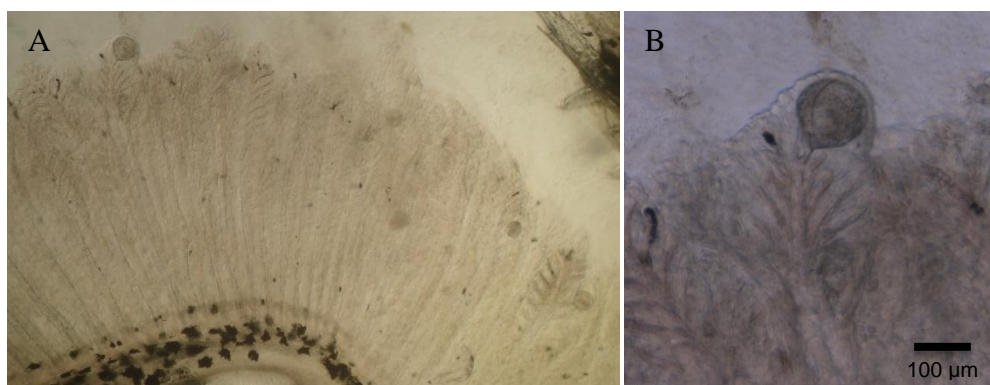


Figure 29. Modning av glochidier fra Gjerdamusling. A) Stadie 1-2 (15.07.2014), B) Stadie 3 (21.07.2014), C) Stadie 4 (29.07.2014) og D) Stadie 5 (01.08.2014)

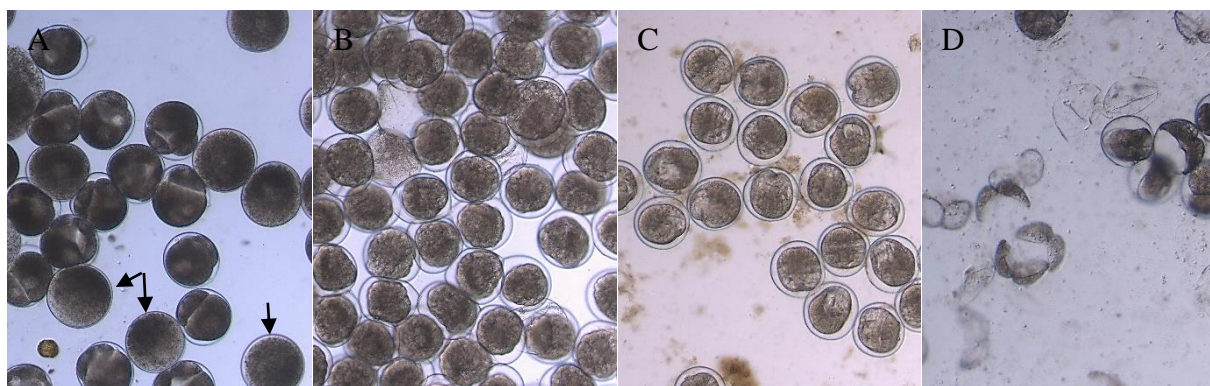


Figur 30. Glochidier fra Gjerdamusling på ørretgjelle (18.08.2014).

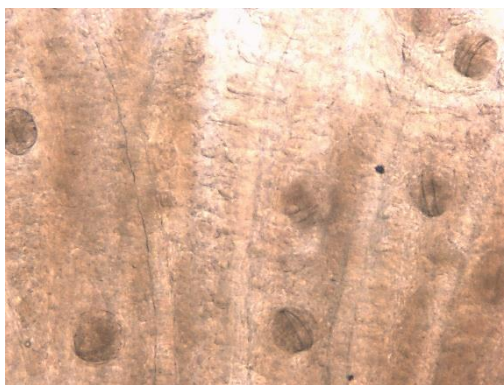
Løvhaugsåa (Grue kommune, Hedmark)

Bestanden av elvemusling i Løvhaugsåa er beskrevet å ha en tetthet på 0.1-0.5 muslinger pr. m² over en elvestrekning på 3500m, og bestanden har dårlig rekruttering (Sandaas, 2014).

K. Sandaas og J. Enerud samlet inn 50 muslinger fra Løvhaugsåa, som ankom anlegget 25. juni 2014. De ble plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 31. juli ved en vanntemperatur på 17.8°C, og gytingen fortsatte til 6. august. Antall gytende individ var 15-20 stk. Modning av glochidier fra Løvhaugsåamusling er vist i Figur 31. Verstsfisk for denne muslingbestanden er ørret og 250 Botsvannsrørret (0,63g ved ankomst 15. juli) fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord, ble infisert med glochidier. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av Costia 31. juli. Grunnet Costiainfeksjon ble fisken også behandlet med leire den 7. august. Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingen var vellykket og fiskens gjeller ble godt infisert (Figur 32).



Figur 31. Modning av glochidier fra Løvhaugsåamusling. A) Stadie 1 (12.07.2014), piler viser ubefruktede celler, B) Stadie 1-2 (18.07.2014), C) Stadie 3 (24.07.2014) og D) Stadie 4-5 (29.07.2014).



Figur 32. Glochidier av Løvhaugsåamusling på gjelle av ørret (06.08.2014).

Oppland

Hunnselva (Vestre Toten kommune, Oppland fylke)

Bestanden av elvemusling i Hunnselva har hatt en negativ utvikling de siste 70 år. Reduksjon i antall muslinger er beregnet til 30% bare i løpet av de siste 10 årene. I dag er bestanden beregnet til ca. 2500 muslinger (> 50 mm), og bestanden står i fare for å dø ut p.g.a. manglende rekruttering (Larsen & Berger, 2009; Larsen, 2010).

Glochidier fra 21 muslinger ble samlet inn i Hunnselva 28. august (M. Lange). Elvemusling fra Hunnselva er en ørretmusling, og 400 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert 29. august med glochidiene fra muslingene. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av Costia 31. juli (før infeksjon med glochidier). Figur 33 og 34 viser gjeller infisert med glochidier fra Hunnselvmuslingene.

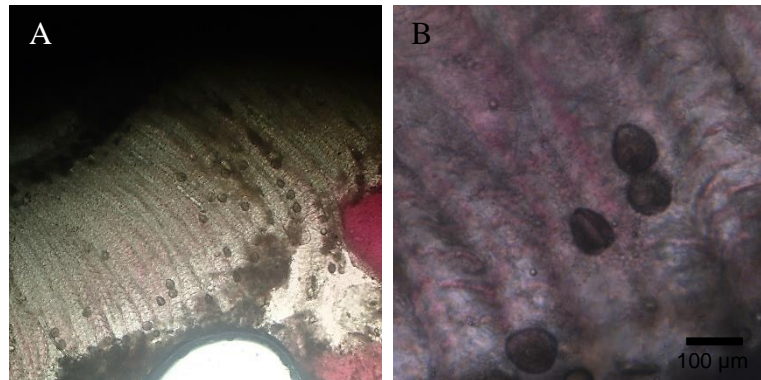
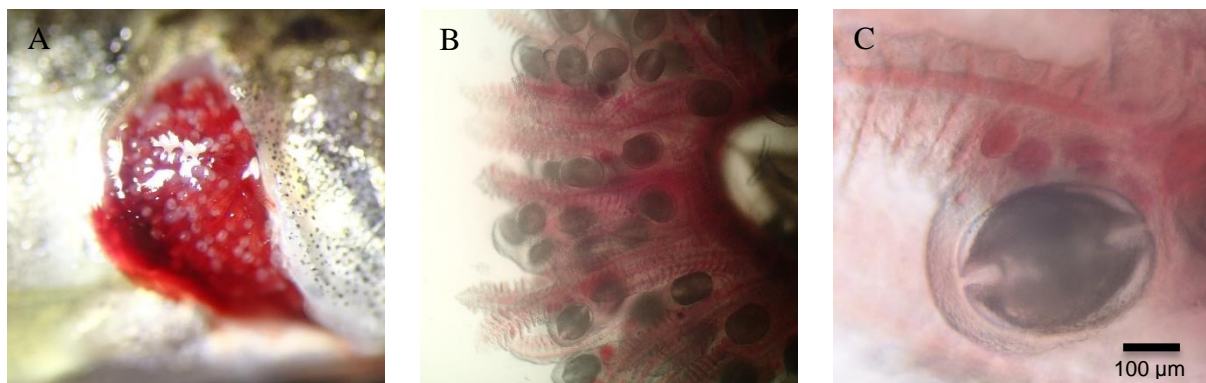


Figure 33. Gjeller infisert med glochidier fra Hunnselvmuslinger. Bildet er tatt umiddelbart etter infeksjon (29.08.2014).

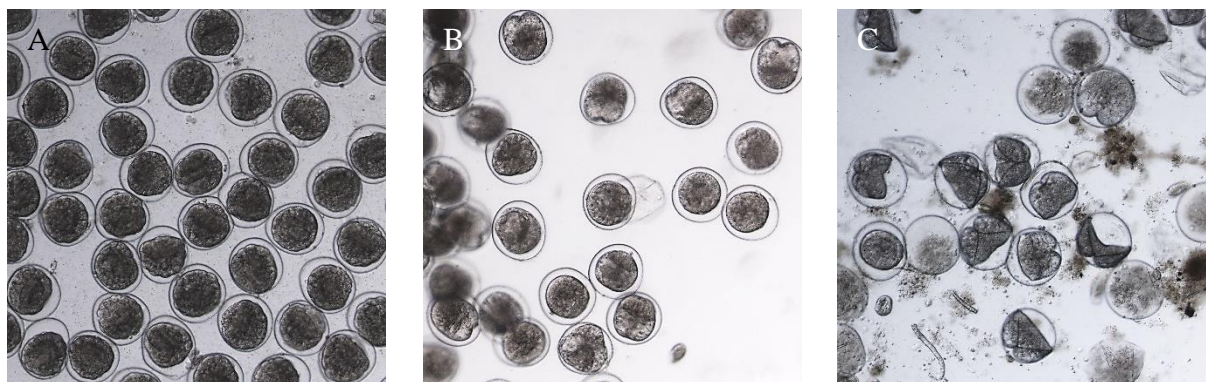


Figur 34. Glochidier fra Hunnselvmusling på gjelle av ørret (29.10.2014). A) Oversiktsbilde av gjeller med avklippet gjellelokk. B) og C) Innkapslede glochidier på gjellene.

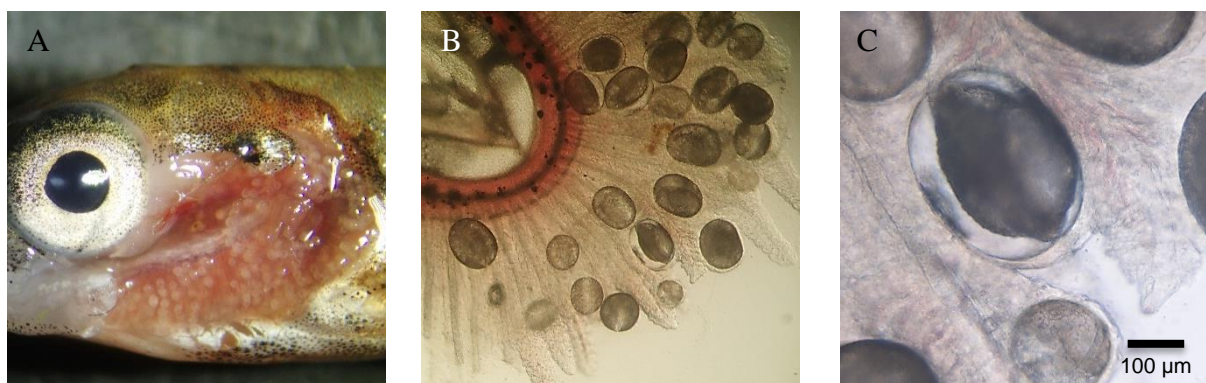
Oslo / Akershus

Movannsbekken (Oslo kommune, Oslo/Akershus fylke)

Kartlegging av utbredelse og bestandstetthet av elvemusling i Movannsbekken ble utført av K. Sandaas og J. Enerud i årene 1995-97 (Sandaas og Enerud, 1998). De fant muslinger spredt over et elvestrekk på ca. 950m. Bestanden ble vurdert til å være mindre enn 500 individ, og den minste musling observert var 58mm (15-18 år). Bestanden har ikke hatt rekruttering på mange år. K. Sandaas og J. Enerud samlet inn 50 elvemuslinger fra Movannsbekken, som ble sendt til anlegget på Austevoll. Ved ankomst (28.06.2014) ble muslingene plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 6. august og da var temperaturen i vannet 17.0°C. Gytingen fortsatte til 12. august og antall gytende individ var ca. 10 stk. Modning av glochidier fra Movannsbekkmusling er vist i Figur 35. Elvemusling fra Movannsbekken er en ørretmusling, og 250 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert med glochidier fra muslingene. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av *Costia* 31. juli (før infeksjon med glochidier). Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingene var vellykket og fiskens gjeller ble kraftig infisert (Figur 36).



Figur 35. Modning av glochidier fra Movannsbekkmusling A) Stadie 1-2 (18.07.2014), B) Stadie 2 (24.07.2014) og C) Stadie 2-4 (28.07.2014).



Figur 36. Glochidier fra Movannsbekkmusling på ørretgjelle (22.09.2014), 6 uker etter infeksjon.

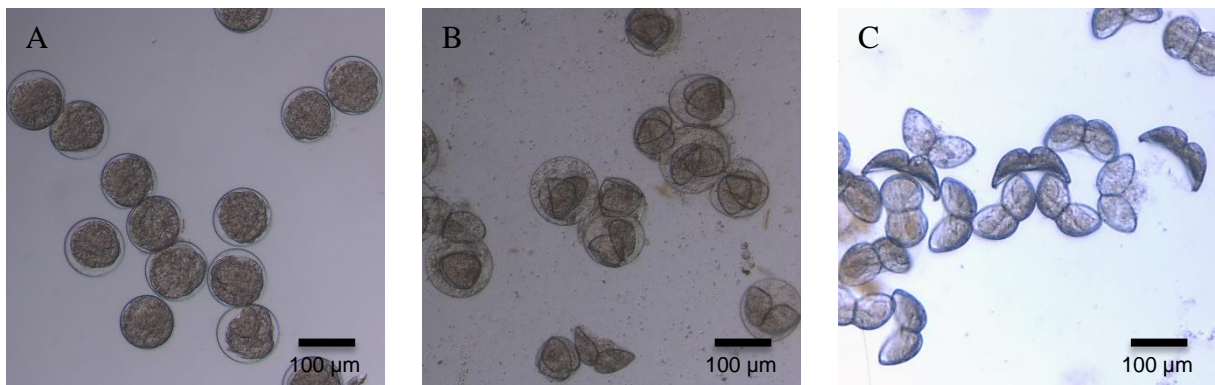
Raudsjøbekken (Enebakk kommune, Oslo/Akershus fylke)

Det er observert 86 individ av elvemusling på én lokalitet i Raudsjøbekken, og bestanden er beregnet til å bestå av mindre enn 500 dyr

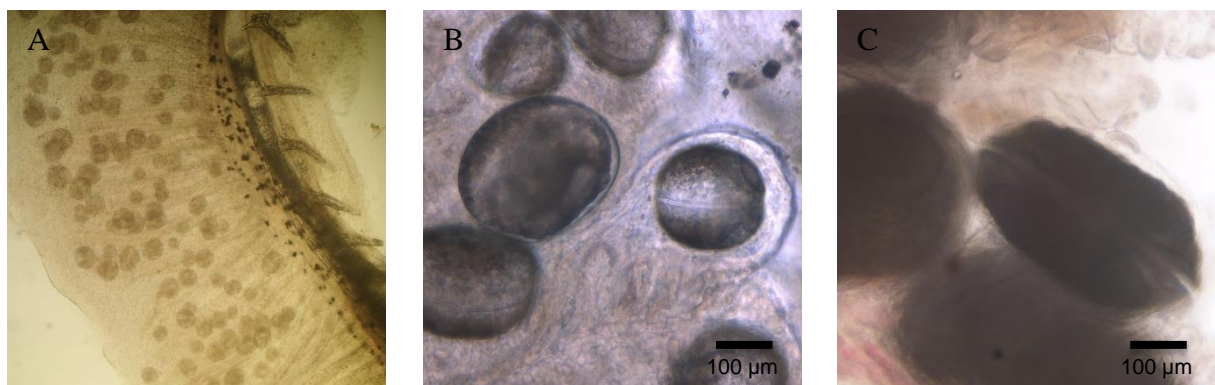
(<http://gint.no/fmnt/elvemusling/faktaark.php?ID=2290008>)

(http://gint.no/fmnt/elvemusling/seminar2012/dag1/Tiltak_Oslo_Akershus_elvemusling.pdf).

K. Sandaas og J. Enerud samlet inn 50 elvemuslinger fra Raudsjøbekken, som ble sendt til anlegget på Austevoll. Ved ankomst (28.06.2014) ble muslingene plassert i kunstig elv med god vanngjennomstrømming og tilførsel av marine alger (Nanno og Shellfish). Muslingene startet gyting av modne glochidier 6. august og da var temperaturen i vannet 17.0°C. Gytingen fortsatte til 12. august og antall gytende individ observert var 12 stk. Modning av glochidier fra Raudsjøbekkmusling er vist i Figur 37. Elvemusling fra Raudsjøbekken er en ørretmusling, og 250 Botsvannsrørret fra Statkraft sitt anlegg i Eidfjord (0,63g ved ankomst 15. juli) ble infisert med glochidier fra muslingene. Ørreten ble formalinbehandlet (1:4000 formalin i 20 min.) for fjerning av Costia 31. juli (før infeksjon med glochidier). Infeksjonen med glochidier fra elvemuslingen var vellykket og fiskens gjeller ble kraftig infisert (Figur 38).



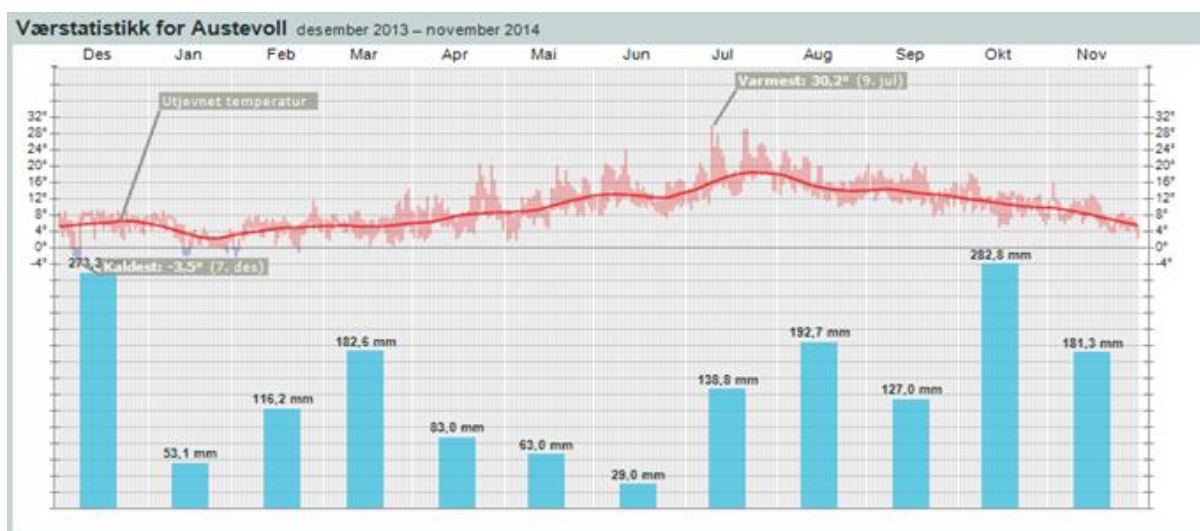
Figur 37. Modning av glochidier fra Raudsjøbekkmusling. A) Stadie 1-2 (21.07.2014), B) Stadie 3-4 (28.07.2014) og C) Stadie 5 (12.08.2014).



Figur 38. Glochidier fra Raudsjøbekkmusling på ørretgjelle A) 2 uker etter infeksjon (22.08.2014), B) Innkapslede glochidier 4 uker etter infeksjon (05.09.2014) og C) 12 uker etter infeksjon (29.10.2014).

Miljøproblemer -2014 og tap av muslinger fra 2013

Sesongen 2014 var sterkt avvikende fra tidligere sesonger. Driftsproblemene i 2014 skyldes trolig en rekke sammenfallende omstendigheter og var en følge av ekstremt høye sommertemperaturer og en nedhugging av tett sitkagranskog som dekket mer enn halve nedslagsfeltet til vannkilden sommeren 2013 (Figur 40). Vestlandet tangerte nesten rekordene fra 1927, med 4,6°C over normalen (Figur 39).



Figur 39. Værstatistikk for Austevoll. (Kilde Meteorologisk Institutt).



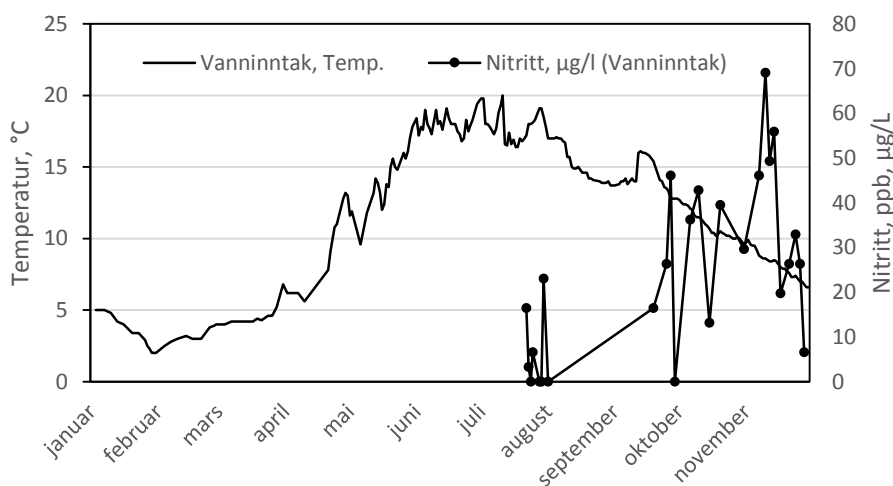
Figur 40. Tilstand i nedslagsfelt november 2014.



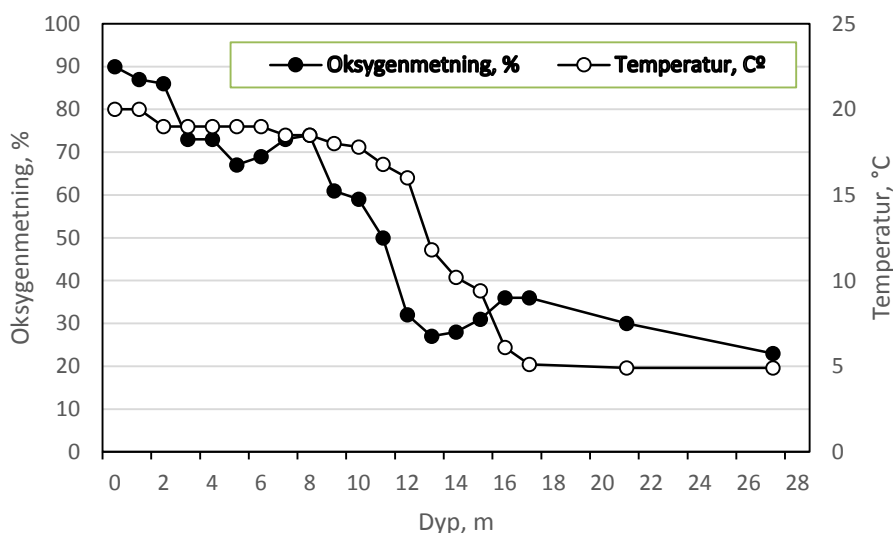
Figur 41. Eutrofiert innløpselv til anleggets vannkilde.

Overflatetemperaturene i vannet varierte mellom 24 og 25°C fra midten av juli og frem til midten av august. Det har vært foretatt temperaturmålinger månedlig i Kvern vannet siden 1979 og overflatetemperaturene i 2014 lå på mer enn 2,4° over høyeste tidligere målte temperatur. Perioden med høye temperaturer har heller aldri vært så lang som i 2014. For å redusere temperaturene i inntaksvannet så vi oss nødt til å senke vanninntaket ned til 8 m fra midten av juli. Dette var ett valg mellom to onder, da oksygenmetningen på dette dypet kun var 74 %. Nitritt konsentrasjonene i inntaksvannet til anlegget var over 20 µg/L, da den ble målt første uken av august (Figur 42). Dette må betegnes som en uheldig høy konsentrasjon. Denne var også høy i overflaten av vannkilden. Tørke i juni og de tre første ukene av juli forhindret begynnende tilgroing av dekkvegetasjon i den nedhogde delen av nedslagsfeltet. Vannstanden i vannkilden falt også til 2 meter under normalnivå og bunnvann-uttappingen fra 27 meters dyp som foregår kontinuerlig i vannet for å hindre indre gjødsling, måtte stoppes.

I det nedbøren normaliserte seg i siste halvdel av juli og begynnelsen av august ble Kvern vannet tilført store mengder med løst og partikulært organisk materiale. Dette førte trolig til at vannmassene økte sitt oksygenforbruk (Figur 43) og nitrittproduksjon. Nitrittproduksjon og oksygenmetning har tiltatt utover sesongen (Figur 42). Assosiert med dette fikk vi også masseoppblomstringer av blågrønnalger (*Anabena* sp.) i overflaten av vannet. Det er ukjent om potensiell toksinproduksjon fra disse har påvirket muslingene. Dette sammenfaller med dødelighet av muslinger fra 2013 og økt dødelighet og redusert vekst i 2014 produksjonen.

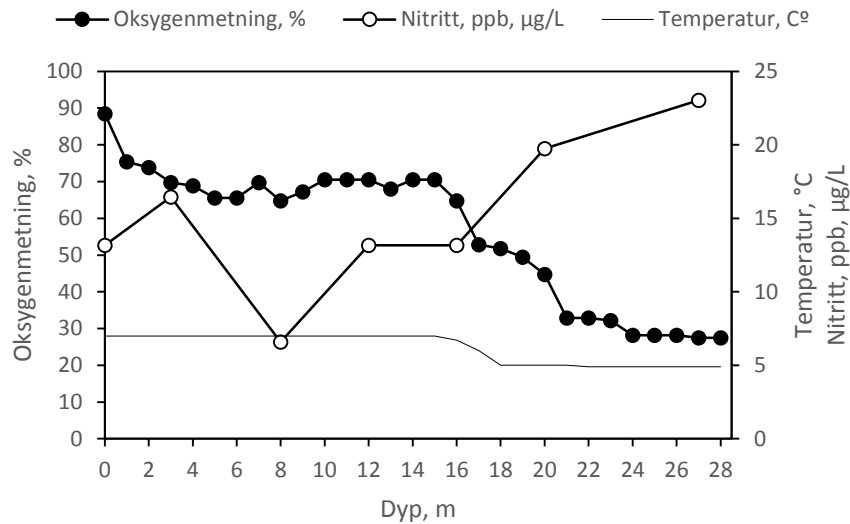


Figur 42. Temperatur og nitritt i inntaksvann i 2014.



Figur 43. Temperatur og oksygenmetning i Kvernavannet 30.08.2014.

Muslinger over 2mm lengde, oppbevares i resirkulasjonsanlegg i en 800 m² stor uisolert hall. For å redusere oppvarming i hallen sommerstid, er det montert en vifte med kapasitet på 60 m³/min. Til tross for dette kom temperaturene på dagtid opp i over 40°C i hallen og resirkulasjonssystemene hadde som følge av dette en foruroligende høy oppvarming. Nedkjøling via varmevekslere hadde liten effekt, da det var for liten temperaturforskjell mellom kjølevannet og vannet i resirkulasjonssystemene. Vi hadde følgelig ikke andre muligheter enn å sirkulere vann gjennom resirkulasjonssystemene fra 8 meters dyp i Kvernavannet. Nitrittmålingene i resirkulasjonssystemene var derfor uheldig høye (60-140 µg/L) og biofiltrene som normalt reduserer nitrat og nitritt hadde ikke høy nok kapasitet til å ta unna dette, grunnet kontinuerlig tilførsel av vann med høyt innhold av nedbrytbart organisk materiale, kombinert med høye temperaturer.



Figur 44. Oksygenmetning og nitritt i Kvernnavannet 27.11.2014.

Konsekvens for muslingene

Konsekvensen var at mer enn 90 % av produksjonen fra 2013 døde. Dette betyr at vi har mistet musling fra Slørdalselva (Sør Trøndelag), Holmstadelva (Nordland) Kvernnaviksbekken (Hordaland) og Farstadelva (Møre og Romsdal). Øvrige populasjoner fra 2013 er infisert på nytt i anlegget og kan høstes våren 2015. Fra døde skall av 2013 muslingen, ser det ut som om de har hatt en god vekst frem til midten/slutten av juli, da dødeligheten inntraff. Større muslinger fra 2012 og 2011 er mer robuste og klarte seg bedre. Disse hadde mellom 5 og 15 % dødelighet avhengig av populasjon og plassering i oppvekstrennen. Veksten av disse var imidlertid lavere enn forventet.

Tiltak for å redusere sannsynligheten for fremtidige problem

2014 var ett avvikende år. For å øke sikkerheten for en fremtidig stabil produksjon av musling har vi som følge av miljøproblemene i 2014, startet ombygning av deler av musling anlegget.

En bekk som renner ut i nedkant av oppdrettsanlegget og som ligger utenfor nedslagsfeltet til Kvernavann vil bli brukt som alternativ vannkilde for unge sårbare muslinger. Nedslagsfeltet til denne vannkilden består for det meste av ugjødsle beitemark og lauvskog. Det har siden mars 2014 vært muslinger utplassert i bokser i denne bekken og resultatene viser 100 % overlevelse av 2 år gamle muslinger. Områdene rundt bekken er og brukt til innsamling av detritus til føring av unge muslinger, siden våren 2011, og vi kan ikke finne nitritt i vannkilden. Dette viser at bekken er godt egnet som vannkilde til kultiveringsanlegget. Vi er og i ferd med å ferdigstille ett nytt anlegg for oppbevaring av fisk i den store uisolerte hallen. Fiskeanlegget vil bli tilført vann fra Kvernavannet fordi den alternative vannkilden kun er stor nok til å forsyne musling anleggene og fordi fisken eller voksne muslinger takler vannkvaliteten fra hovedvannkilden. Oppvarming av hallen sommerstid vil ikke innebære ett problem i denne sammenhengen, da større mengder gjennomstrømmende vann vil holde temperaturene nede.

Muslingene vil i fremtiden bli oppbevart i allerede uttestede resirkulasjonsrenner i en isolert hall på 320 m², og holdt på optimaltemperatur 18°C gjennom sommeren ved bruk av klimaanlegg til nedkjøling. Med de nye prosedyrene for infeksjon av fisk som øker kapasiteten for produksjon og de nye produksjonssystemene for muslinger som øker produksjonskapasiteten mellom 10 og 30 ganger kan vi med stor sannsynlighet øke produksjonen av antall muslinger i fremtiden. Anlegget vil være ferdigstilt mars/april 2015.



Figur 45. Ny enhet bestående av 14 nye kar for oppbevaring av infisert fisk, er under oppbygging.

Referanser

- Arnkværn, G. & Sandnes, O.K. 2007. Kartlegging av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Lenavassdraget, Agdenes kommune, Sør-Trøndelag. Aqua Kompetanse A/S, Rapportnr 63-9-7. 12 s.
- Bauer, G. 1983 Age structure, age specific mortality rates and population trend of the Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in North Bavaria. *Archiv für Hydrobiologie*, 98 (4): 523-532.
- Bauer, G. 1988. Threats to the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. *Biological Conservation* 45: 239-253.
- Bauer, G., Schrimppff, E., Thomas, W. & Herman, R. 1980. Zusammenhänge zwischen dem Bestandsrückgang der Flußperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) im Fichtelgebirge und der Gewässerbelastung. *Archiv für Hydrobiologie*, 88: 505-513.
- Berger, H.M., 2010. Kartlegging av elvemusling i 10 små vassdrag i Sør-Trøndelag 2009. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Fylkesmannen i Sør-Trøndelag. Rapport 1, Oppdrag 576121. 57 s.
- Berger, H.M. 2012. Kartlegging av elvemusling i Nord-Trøndelag 2011. Sweco rapport 580941. 43 s.
- Berger, H.M., Lehn, L.O. & Skjøstad, M.B. 2006. Elvemusling i Fossingelva i Levanger kommune. FeltBIO. Rapport 3-2006. 15 s.
- Bouza, C., Castro, J., Martínez, P. Amaro, R., Fernández, C., Ondina, P., Outeiro, A. & San Miguel, E. 2007. Threatened freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in NW Spain: low and very structured genetic variation in southern peripheral populations assessed using microsatellite markers. *Conservation Genetics* 8: 937-948.
- Carell, B., Dunca, E., Gärdenfors, U., Kulakowski, E., Lindh, U., Mutvei, H., Nyström, J., Seire, A., Slepukhina, T., Timm, H., Westermarck, T. & Ziuganov, V. 1995 Biomonitoring of pollutants in a historical perspective: Emphasis on mussel and snail shell methodology. *Annali di Chimici*, 85: 353-370.
- Carvalho, F., Lima, P., Goncalves, F., Russell-Pinto, F. & Machado, J. 2004. Development of a suitable maintenance diet for *Anodonta cygnea*. *Journal of the World Aquaculture Society* 35 (2): 189-198.
- Dury, P., Pasco, P.-Y. & Capoulade, M. 2013. A new method for cultivation of juvenile freshwater pearl mussels. Poster at Meeting: Improving the environment for the freshwater pearl mussel, Kefermarkt, Austria 13-14 nov 2013.
- Enerud, J. 2000. Registrering av elvemusling i utvalgte vassdrag, Larvik kommune. Rapport fra Larvik kommune, Plan og Byggesak. 12 s.
- Eybe, T., Thielen, F., Bohn, T. & Sures, B. 2013. The first millimetre – rearing juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.) in plastic boxes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 23: 964-975.

- Gandon, S. & Michalakis, Y. 2002. J. Evol. Biol. 15: 451-462.
- Geist, J. & Auerswald, K. 2007. Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). Freshwater Biology 52: 2299-2316.
- Geist, J., Kolahsa, M., Gum, B. & Kuehn, R. 2009. The importance of genetic cluster recognition for the conservation of migratory fish species: the example of endangered European Huchen (*Hucho hucho* L.). Journal of Fish Biology 75: 1063-1078.
- Geist, J. & Kuehn, R. 2005. Genetic diversity and differentiation of central European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) populations: implications for conservation and management. Molecular Ecology 14: 425-439.
- Geist, J. & Kuehn, R. 2008. Host-parasite interactions in oligotrophic stream ecosystems: The roles of life history strategy and ecological niche. Molecular Ecology 17: 997-1008.
- Gittings, T., O'Keefe, D., Gallagher, F., Finn, J. & O'Mahony, T. 1998. Longitudinal variation in abundance of a Freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* population in relation to riverine habitats. Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy, 98B (3): 171-178.
- Hastie, L.C., Boon, P.J. & Young, M.R. 2000. Physical microhabitat requirements of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). Hydrobiologia, 429: 59-71.
- Heming, T.A., Vinogradov, G.A., Klerman, A.K. & Komov, V.T. 1988. Acid-base regulation in the Freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*: Effects of emersion and low water pH. Journal of Experimental Biology, 137: 501-511.
- Henrikson, L. 1996. The Freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) (Bivalvia) in southern Sweden: Effects of acidification and liming. Paper II in Henrikson, L. Acidification and liming of freshwater ecosystems: Examples of biotic responses and mechanisms. Thesis, Göteborg University.
- Høitomt, G. 2007. Forekomst av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i nedre deler av Lomsdalselva i Søndre land kommune, Oppland. Feltnotat til Fylkesmannen i Oppland. 14 s.
- Israel, W. 1913. Biologie der europäischen Süßwassermuscheln. K.G. Lutz Verlag, Stuttgart: 44-47.
- Jørgensen, L. & Halvorsen, M. 2009. En oversikt over utbredelsen av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Nordland. Nordnorske Ferskvannsbiloger. Rapport 2009-02. 8 s.
- Karlsson, S. & Larsen, B.M. 2013. Genetiske analyser av elvemusling *Margaritifera margaritifera* (L.) – et nødvendig verktøy for riktig forvaltning av arten. NINA Rapport 926, 44 s.
- Kålås, S. 2012. Status for bestandar av elvemusling i Hordaland 2010. Rådgivende Biologer AS, Rapport 1494, s. 1-57.
- Larsen B.M. 2001. Bestandssituasjon for laks og elvemusling i Hammerbekken og tiltak for å bevare disse nedstrøms Aklandstjern, Aust-Agder. Utredningsarbeid i forbindelse med ny E 18 Brokelandsheia-Vinterkjær. NINA Oppdragsmelding 682. 25 s.
- Larsen, B.M. 2010. Problemkartlegging med tilknytning til elvemusling i Hunnselva og forslag til

- tiltaksplan for å ta vare på og reetablere elvemusling i vassdraget. NINA Rapport 559. 39 s.
- Larsen, B.M. & Berger, H.M. 2009. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport for 2008: Hunnselva, Oppland. NINA Rapport 443. 29 s.
- Larsen, B.M., Eken, M. & Hårsaker, K. 2002. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* og fiskeutsettinger i Hoenselva og Bingselva, Buskerud. NINA Fagrapport 56. 33 s.
- Ledje, U.P. 1996a. Kartlegging av utbredelsen av elvemusling (*M. margaritifera*) i Rogaland, 1995. Del 1. Rogaland Consultants a.s. Miljøseksjonen. Rapport 24502-1. 30 s.
- Ledje, U.P. 1996b. Kartlegging av utbredelsen av elvemusling (*M. margaritifera*) i Rogaland, 1995. Del 2. Rogaland Consultants a.s. Miljøseksjonen. Rapport 24502-2. 47 s.
- Machordom, A., Araujo, R., Erpenbeck, D. & Ramos, M.A. 2003. Phylogeography and conservation genetics of endangered European Margaritiferidae (Bivalvia: Unionoidea). *Biological Journal of the Linnean Society* 78: 235-252.
- Moog, O., Nesemann, H., Ofenböck, T. & Stundner, C. 1993. Grundlagen zum Schutz der Flußperlmuschel in Österreich. Bristol-Stiftung, Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz, 3, 1-233.
- Rikstad, A., Gording, K., Julien, K. & Winje, B. 2004. Elvemusling i Nord-Trøndelag. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen. Rapport 3-2004. 32 s.
- Sandaas, K. 2013. Utbredelse og bestandstatus for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Møre og Romsdal 2013. Rapport til Fylkesmannen i Nord-Trøndelag. 22 s.
- Sandaas, K. 2014. Utbredelse og bestandstatus. Elvemusling *Margaritifera margaritifera*, Hedmark 2014. Rapport til Fylkesmannen i Nord-Trøndelag. 18 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 1998. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Movannsbekken, Oslo kommune 1995-1997. Utbredelse og bestandsstatus. Oslo kommune, Rapport 8/98. 32 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2009. Kartlegging av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Møre og Romsdal 2009. Rapport til Fylkesmannen i Møre og Romsdal. 79 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2012. Kartlegging av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Telemark 2012. Rapport til Fylkesmannen i Nord-Trøndelag og til Fylkesmannen i Telemark. 30 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2013. Kartlegging av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. Telemark 2013. Rapport til Fylkesmannen i Nord-Trøndelag og til Fylkesmannen i Telemark. 32 s.
- Smith, D.G. 1976. Notes on the biology of *Margaritifera margaritifera* (Lin.) in Central Massachusetts. *The American Midland Naturalist*, 96 (1): 252-256.
- Vaughn, C.C. & Hakenkamp, C.C. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* 46: 1431-1446.
- Vaughn, C.C., Nichols, S.J. & Spooner, D.E. 2008. Community and foodweb ecology of freshwater mussels. *Journal of the North American Benthological Society* 27: 409-423.
- Wæhre, A. 2012. Kartlegging av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Nord-Trøndelag

sommeren 2012. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag. 13 s.

Økland, J. & Økland, K.A. 1998. Database for funn av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge, etter arkivet til Jan og Karen Anna Økland. Upublisert database NINA, Trondheim.

Tabell 2. Oversikt over muslinger i anlegget

Vassdrag	Fylke/kommune	Bestandstilstand	Referanse	2011	2012	2013	2014	Totalt antall	Merknad
Holmstadelva	NO/Sortland	Liten	Jørgensen & Halvorsen 2009			3620/-180 ¹⁾		~180	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Roksøyelva	NO/Sortland	Svært liten	Jørgensen & Halvorsen 2008			4 ²⁾		0	²⁾ Ikke infisert
Fossingelva	NTR/Levanger	Sterkt forgubbet	Berger m.fl.2006		807/-690 ¹⁾			~690	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Semselva	NTR/Steinkjer						883/595 ¹⁾	595	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Slira	NTR/Indøy	Usikker	Rikstad m.fl. 2004		3033/-2580 ¹⁾			~2580	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Tylda	NTR/Stjørdal	Middels	Berger 2012		1493/-1270 ¹⁾			~1270	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Utvikelva	NTR/Steinkjer	249 (obs.)	Wæhre 2012				8956/-2700 ¹⁾	~2700	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Drakstelva	STR/Selbu	~7160	Berger 2010		2619/-2230 ¹⁾			~2230	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Lena	STR/Agdenes	~39600	Arnkvaern & Sandnes 2007				19/4 ¹⁾	4	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Sagelva	STR/Malvik	~17250	Berger 2010		120/-100 ¹⁾			~100	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Seterbekken	STR/Snillfjord	688	Berger 2010				0 ²⁾	0	²⁾ Ikke infisert
Slørdalselva	STR/Snillfjord					5755/-280 ¹⁾		~280	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Åstelva (anadrom)	STR/Snillfjord	283	Berger 2010				7841/-3000 ¹⁾	~3000	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Farstadelva	MR/Fræna	Usikker	Sandaas & Enerud 2009			114/-6 ¹⁾		-6	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Lyngstadelva	MR/Eide	Usikker	Sandaas & Enerud 2009			338/-17 ¹⁾		-17	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Rugga	MR/Fræna	Usikker	Sandaas & Enerud 2009			967/-50 ¹⁾		~50	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Oselva	MR/Molde	Sterkt forgubbet	Sandaas & Enerud 2009			4 ²⁾		0	²⁾ Ikke infisert
Femangerelva	HO/Fusa	6-20	Kålås 2012				11/9 ¹⁾	9	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Fossaelva	HO/Kvinnherad	60-120	Kålås 2012		187/-160 ¹⁾			~160	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Haukåselva	HO/Bergen	~700	Bjordal (pers.med)	166	200/-170 ¹⁾	608/-30 ¹⁾		~366	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Hopselva	HO/Fusa	~1000	Kålås 2012		286/-240 ¹⁾			~240	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Kvernvikselva	HO/Tysnes	80-150	Kålås 2012			2354/-117 ¹⁾		~117	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Mjåtveitelva	HO/Meland	Ingen obs. (Gloch. på ørret)	Kålås 2012				24/9 ¹⁾	9	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Oselva	HO/Os	200000	Kålås 2012		114/-100 ¹⁾			~100	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Skjeljåna	HO/Samnanger	500-1000	Kålås 2012			244/-13 ¹⁾	152/131 ¹⁾	~144	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Åreidelva	HO/Bømlo	50-75	Kålås 2012		350/-300 ¹⁾			~300	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Ereviksbekken	RO/Forsand	825	Larsen 2011		139/-120 ¹⁾			~120	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Lerangsbekken	RO/Forsand				164/-140 ¹⁾			~140	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Steinslandselva	RO/Hjelmeland	500-1000	Ledje 1996 a,b		400/-340 ¹⁾			~340	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Hammerbekken	AA/Risør	~1600	Larsen 2001				0 ³⁾	0	³⁾ Høy fiskedødelighet 2013-2014
Bøelva	TE/Bø	<5000 (opps Oterholtfossen)	Sandaas & Enerud 2013a				0 ²⁾	0	²⁾ Ikke infisert
Skoelva	TE/Nome	<1000	Sandaas & Enerud 2012				0 ²⁾	0	²⁾ Ikke infisert
Bergselva	VE/Larvik	Svært liten	Enerud 2000				0 ²⁾	0	²⁾ Ikke infisert
Bingselva	BU/Øvre Eiker	~68000	Larsen m.fl. 2002				0 ³⁾	0	³⁾ Høy fiskedødelighet 2013-2014
Hunnselva	OP/Vestre Toten	~2500	Larsen & Berger 2009				0 ³⁾	0	³⁾ Høy fiskedødelighet 2013-2014
Lomsdalselva	OP/Søndre Land	~1000	Høitomt 2007		2		99/69 ¹⁾	71	¹⁾ Overlevd sesong 2014
Askerelva	OA/Asker	26	Økland & Økland 1998				0 ²⁾	0	²⁾ Ikke infisert
Movannsbekken	OA/Oslo	<500	Sandaas & Enerud 1998				0 ³⁾	0	³⁾ Høy fiskedødelighet 2013-2014
Sognsvannsbekken	OA/Oslo	<50	Sandaas & Enerud 2013b				0 ²⁾	0	²⁾ Ikke infisert
Raudsjøbekken	OA/Enebakk	<500	Sandaas (pers.med)		20/-17 ¹⁾			~17	¹⁾ Overlevd sesong 2014