

1760

NINA Rapport

Overvåking av elvemusling i Sika-vassdraget i forbindelse med rotenonbehandling

Bjørn Mejdell Larsen
Helge Bardal



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Overvåking av elvemusling i Sika-vassdraget i forbindelse med rotenonbehandling

Bjørn Mejdell Larsen
Helge Bardal

Larsen, B.M. & Bardal, H. 2020, Overvåking av elvemusling i Sika-vassdraget i forbindelse med rotenonbehandling. NINA Rapport 1760. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, januar 2020

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4515-9

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Ingeborg P. Helland (sign.)

OPPDRAAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Fylkesmannen i Trøndelag

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Anton Rikstad

Kari T. Guttvik

FORSIDEBILDE

Elvemusling ble satt i bur for å kontrollere overlevelse og adferd i forbindelse med rotenonbehandling i Sika-vassdraget. © Bjørn Mejdell Larsen

NØKKEWORD

Elvemusling – rotenonbehandling – Sika-vassdraget – Trøndelag – overvåking

KEY WORDS

Freshwater pearl mussel – rotenone treatment – Sika watercourse – Trøndelag county – monitoring

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen

Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Larsen, B.M. & Bardal, H. 2020. Overvåking av elvemusling i Sika-vassdraget i forbindelse med rotenonbehandling. NINA Rapport 1760. Norsk institutt for naturforskning.

Fylkesmannen i Trøndelag søkte våren 2018 om rotenonbehandling av Sika-vassdraget, Orkdal kommune, for å fjerne gjedde som var satt ut i vassdraget på 2000-tallet. I de nedre delene av Sika-vassdraget var det fare for at gjedda i løpet av få år kunne redusere eller utrydde bestanden av ørret. Det finnes elvemusling i Sika som i en del av sin livssyklus er avhengig av ørret (benevnes gjerne som ørretmusling). Elvemuslingen har et larvestadium som oppholder seg 9–11 måneder på gjellene til ørretungene før de er ferdig utviklet. Muslingbestanden i Sika-vassdraget har sviktende rekruttering, og det er ikke påvist levende muslinger mindre enn 50 mm i løpet av 2010-tallet. En rotenonbehandling i Sika-vassdraget med sikte på å fjerne gjedda var derfor et ledd i bevaringsarbeidet for elvemusling bl.a. fordi gjedde utgjorde en indirekte trussel mot denne bestanden.

Rotenonbehandlingen i Sika-vassdraget omfattet både en elvebehandling og en behandling av tre mindre tjern. Det er tidligere undersøkt hvordan elvemusling i lakseførende vassdrag (benevnes gjerne som laksemusling) reagerer på en rotenonbehandling, men det var usikkert hvorvidt en bestand av ørretmusling ville respondere på samme måten. Det ble derfor vurdert som nødvendig å undersøke hvordan ørretmuslingene responderte på rotenonbehandlingen i de ulike delene av Sika-vassdraget og hvordan effekten var over tid, da dette ikke var gjort tidligere i Norge.

Behandlingen i Sika-vassdraget ble gjennomført 28.–29. august 2018. Totalt ble det benyttet ca. 250 liter CFT-Legumin (CFT-L) under behandlingen. Det ble tatt vannprøver rett etter endt dosering, og deretter ble det fulgt opp jevnlig inntil det ble dokumentert at vassdraget var rotenonfritt.

Overlevelse og adferd hos muslinger under og etter rotenonbehandlingen ble undersøkt ved å plassere ut 15 eldre muslinger i bur på fire stasjoner (til sammen 60 muslinger); Bur 1 i Sagbekkens nedre del, Bur 2 i Sagbekkens øvre del, Bur 3 i Fuglåsbekkens nedre del og Bur 4 i nedre del av bekken fra Vinterbakktjønna. Det ble gjort en vurdering av muslingenes aktivitet ut fra størrelsen på siphonene, og det ble skilt mellom tre tilstander: «åpen», «delvis lukket (litt åpen)» og «lukket». En registrering av de observerbare endringene i lukkingen vil vise hvordan muslingene svarer på forstyrrelser, da lukking av skallet er en indikativ unnvikelsesadferd.

I Fuglåsbecken (bur 3) der det ble gjennomført en fem timer lang bekkebehandling (kl. 10.20–15.20) den 29. august, var mengden rotenon mer enn halvert allerede to–tre timer etter at behandlingen var avsluttet. Dagen etter var det ikke lenger spor etter rotenon i vannprøvene som ble analysert. Den første fisken med unormal adferd ble observert ved bur 3 kl. 12.50. Likevel ble det ikke observert endring i adferden hos elvemusling før etter ytterligere en halv time. Da var 40 % av muslingene «lukket» og de resterende 60 % «delvis lukket». Andelen helt lukket økte til 93 % kl. 15.00 og lå på 67–80 % resten av dagen. Men allerede morgenen etter (kl. 08.00 den 30. august) var alle muslingene åpne igjen.

I bekken fra Vinterbakktjønna (bur 4) ble det ikke påvist rotenon i vannprøvene før på morgenen 29. august etter at Svorkåstjønna og Brandåstjønna ble behandlet på formiddagen den 28. august, og Vinterbakktjønna ble behandlet mot slutten av dagen. Konsentrasjonen økte fra 0,45 p.p.m. kl. 09.00 til 0,79 p.p.m. kl. 14.00 som var den høyeste konsentrasjonen som ble målt ved bur 4. Konsentrasjonen av rotenon holdt seg deretter relativt stabil med verdier rundt 0,4 p.p.m. i hvert fall fram til andre halvdel av september, men ikke lenger enn til midten av oktober. Det ble dermed registrert rotenonholdig vann i bekken fra Vinterbakktjønna i en periode på mellom tre og sju uker. Det ble ikke påvist noen reaksjon hos muslingene i bekken fra Vinterbakktjønna (bur 4) i løpet av kvelden den 28. august. Alle muslingene i buret var delvis lukket på morgenen

(kl. 08.30) den 29. august. Senere på dagen lukket imidlertid de fleste muslingene seg helt (73–80 %), en situasjon som holdt seg gjennom hele september. Muslingene var dermed negativt påvirket av rotenonbehandlingen fra slutten av august og i hvert fall fram mot månedsskiftet september/oktober, en periode på minimum 30 dager. I oktober avtok andelen muslinger som var helt lukket, men når vanntemperaturen nærmet seg fem grader (dette inntraff i midten av oktober) vil muslingene naturlig redusere aktiviteten og det er forventet at de fleste muslingene i større eller mindre grad vil lukke seg mot vinteren.

I Sagbekken (bur 1 og 2) så vi effekten av rotenonbehandlingen første gang om morgenen den 29. august. I tillegg ble det i løpet av den 29. august tilført rotenon fra Fuglåsbecken. Dette ga en forhøyet konsentrasjon av rotenon i øvre del av Sagbekken (bur 2) kl. 14.00 (0,99 p.p.m.), men først kl. 18.00 i nedre del (bur 1) (1,18 p.p.m.). Etter avsluttet behandling av Fuglåsbecken falt konsentrasjonen i Sagbekken og allerede 30. august var konsentrasjonen henholdsvis 0,13 og 0,12 p.p.m. ved bur 2 og bur 1. Tilførselen av vann fra Fuglåsbecken fortynnet dermed effektivt den tilførselen av rotenonholdig vann som kom fra bekkene fra Vinterbakkjønnna. Muslingene i Sagbekken (bur 1 og 2) reagerte relativt likt med muslingene i bekkene fra Vinterbakkjønnna, bare noe forskjøvet i tid. Men perioden da flertallet var helt lukket var kortere. Høyeste andel var henholdsvis 87 og 73–93 % i bur 1 og 2 på ettermiddagen og kvelden den 29. august. Allerede 31. august var andelen muslinger som var helt lukket betydelig redusert.

I Sika-vassdraget har vi nå vist at elvemusling kan overleve minimum en måned og kanskje opp til 45 dager i vann med en rotenonkonsentrasjon på 0,4–0,6 p.p.m. 3,3 % CFT-Legumin (13,2–19,8 µg/l rotenon). Samtidig så vi at elvemusling viste stressadferd og var negativt påvirket så lenge det ble påvist rotenon i vannprøvene. Ved konsentrasjoner på 0,4–0,6 p.p.m. var et flertall av muslingene helt lukket. Ved lavere rotenoninnhold (mindre enn 0,15 p.p.m.) var det få muslinger som var helt lukket, men de fleste var fortsatt delvis lukket (noe åpne).

Ved framtidige rotenonbehandlinger i vassdrag med elvemusling bør man unngå eksponering i perioder på mer enn 45 dager. Det er vist ved burforsøk at bestander med både ørretmusling og laksemusling (voksne individer) kan overleve en periode på 30–45 dager når rotenonkonsentrasjonen ikke overstiger 0,4–0,6 p.p.m. (13,2–19,8 µg/l rotenon). Hvor lenge muslingene kan overleve vil sannsynligvis avhenge av rotenonkonsentrasjonen, tiden på året eksponeringen skjer og kondisjonen til muslingene. En muslingbestand som i utgangspunktet har dårlige oppvekstforhold og redusert tilvekst, vil være mer utsatt for senskader på grunn av langvarig stress enn en velfungerende muslingbestand i god kondisjon. Nedbryting og fortynningshastighet for rotenon avhenger av faktorene lys, temperatur, oksygentilgang og vannutskifting. Generelt kan vi anta at jo kortere varigheten av en ytre stress-situasjon er, jo mindre påvirkning vil den ha på muslingene. Det anbefales derfor å gjennomføre rotenonbehandlinger av tjern/innsjøer så tidlig som mulig om sommeren slik at rotenonkonsentrasjonen er nær null i god tid før vanntemperaturen blir lavere enn fem grader.

Bjørn Mejdell Larsen, bjorn.larsen@nina.no, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim
Helge Bardal, helge.bardal@vetinst.no, Veterinærinstituttet, Miljø- og smittetiltak, Postboks 5695 Sluppen, 7485 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning og bakgrunn	7
2 Område	11
2.1 Vannkvaliteten i Sika-vassdraget	13
2.2 Elvemusling i Sika-vassdraget.....	13
2.3 Utbredelse av gjedde i Sika-vassdraget.....	17
3 Metoder	19
3.1 Rotenonbehandling.....	19
3.1.1 Gjennomføring	19
3.1.2 Overvåking av rotenonkonsentrasjoner.....	20
3.2 Overvåking av elvemusling.....	21
3.2.1 Forsøk med elvemusling i bur (klekkekasser)	21
3.2.2 Overvåking av muslinger i Sagbekken	24
4 Resultater	26
4.1 Overvåking av rotenonkonsentrasjoner.....	26
4.2 Overvåking av elvemusling.....	28
4.2.1 Forsøk med elvemusling i bur (klekkekasser)	28
4.2.2 Overvåking av muslinger i Sagbekken	31
5 Oppsummering og diskusjon.....	33
6 Referanser	37
7 Vedlegg.....	41

Forord

Fylkesmannen i Trøndelag søkte våren 2018 om rotenonbehandling av Sika-vassdraget, Orkdal kommune, for å fjerne gjedde som var satt ut i vassdraget på 2000-tallet. En rotenonbehandling i Sika-vassdraget som tok sikte på å fjerne gjedda inkluderte både en elvebehandling og en behandling med rotenon i tre mindre tjern. Det er tidligere undersøkt hvordan elvemusling i lakseførende vassdrag (benevnes gjerne som laksemusling) reagerer på en rotenonbehandling, men det var usikkert hvorvidt en bestand av ørretmusling ville respondere på samme måten. Det ble derfor vurdert som nødvendig å gjennomføre en overvåking av elvemusling i Sika-vassdraget i forbindelse med den planlagte rotenonbehandlingen. Dette ville også kunne ha overføringsverdi til framtidige rotenonbehandlinger i andre vassdrag med elvemusling.

I den forbindelse søkte Veterinærinstituttet i Trondheim i samarbeid med Norsk institutt for naturforskning (NINA) om midler fra tiltaksmidlene for truede arter om å gjennomføre et prosjekt i Sika-vassdraget. I brev fra Fylkesmannen i Trøndelag av 11. mai 2018 ble det gitt tilsagn om tilskudd for å skaffe tilveie ny kunnskap om elvemusling i ørretvassdrag i forbindelse med rotenonbehandlinger. I den forbindelse vil vi takke Anton Rikstad og Kari Tønset Guttvik hos Fylkesmannen i Trøndelag for et hyggelig samarbeid i prosjektperioden.

En særlig takk går dessuten til Marte Turtum, Vannområde Orkla, for hjelp med innsamling av vannprøver og hjelp under feltarbeidet 30. og 31. august 2018.

Trondheim, januar 2020

Helge Bardal
Prosjektleder

1 Innledning og bakgrunn

Rotenonbehandling av vassdrag er en mye benyttet metode i Norge for å fjerne fremmede arter, spesielt lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*, men også for å fjerne uønskede fiskearter. Dette kan være eksotiske fiskearter som er innført til Norge, eller norske arter som er satt ut utenfor sitt naturlige utbredelsesområde. Faunaen i vassdraget kartlegges normalt i forkant av behandlingen, og det er spesiell oppmerksomhet på hvordan rødlistearter kan bli påvirket av rotenonbehandling.

I Sika-vassdraget i Orkdal er det satt ut gjedde (*Esox lucius*) i vassdraget på 2000-tallet (oppdaget i 2009) (Ruud 2018) og Fylkesmannen i Trøndelag søkte våren 2018 om rotenonbehandling av Sika-vassdraget for å fjerne gjedda som var satt ut og hindre videre spredning. Gjeddene har sitt viktigste utbredelsesområde på Østlandet, og er generelt en fremmed og uønsket art i Trøndelag. Gjeddene kan endre artssammensetning og de økologiske forholdene ved å beite på den stedlige faunaen (Hesthagen et al. 2012). Ved gitte forhold har gjeddene kapasitet til å utrydde lokale fiskestammer (bl.a. Museth et al. 2006, Johnsen et al. 2009). I de nedre delene av Sika-vassdraget var det fare for at gjeddene i løpet av få år kunne redusere eller utrydde bestanden av ørret.

Elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) har i løpet av sin livssyklus et obligatorisk stadium på gjellene til laks (*Salmo salar*) (benevnes gjerne som laksemusling) eller ørret (*Salmo trutta*) (benevnes gjerne som ørretmusling) (bl.a. Larsen 2006; 2018). I Sika-vassdraget er det ørret som er vertsfisk for muslinglarvene (B.M. Larsen upublisert materiale), og uten ørret vil muligheten for rekruttering stoppe opp. Mangel på vertsfisk ville på toppen av andre trusler i vassdraget medføre en ytterligere «forgubbing» av bestanden, reduksjon i antall muslinger og på lang sikt en betydelig fare for at bestanden dør ut.

På alle de tre siste utgavene av den norske Rødlista (lista over truede dyrearter), fra 2006, 2010 og 2015, har elvemusling status som «sårbar (VU)» (Kålås et al. 2006; 2010, Henriksen & Hilmo 2015). Elvemusling er dessuten en art av spesielt stor forvaltningsinteresse da den er en ansvarssart¹ for Norge (>25 % av europeisk bestand i Norge). I handlingsplanen for elvemusling (Larsen 2018) er målet for forvaltningen av elvemusling i et langsiktig perspektiv at:

- elvemusling skal finnes i livskraftige populasjoner i hele Norge
- alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes og sikres en tilfredsstillende rekruttering
- alle vassdrag med elvemusling skal ha minst god økologisk tilstand

Sika-vassdraget er undersøkt med hensyn til forekomst av elvemusling i flere omganger, og resultatene er oppsummert av Ruud (2018). Bestanden er estimert til 12500 individer, men den er sårbar da de største kjente tetthetene er samlet på enkelte begrensede områder i Sagbekken og Mjovassbekken (Ruud 2018). Bestanden har sviktende rekruttering, og det ble ikke påvist levende muslinger mindre enn 50 mm i løpet av 2010-tallet (se kapittel 2.2). Det har i tillegg vært en overdødelighet av voksne muslinger som gjør det nødvendig med strakstiltak for å stoppe den negative utviklingen. Ruud (2018) nevner spesielt to aktuelle tiltak: 1) utrydde bestanden av gjedde i hele Sika-vassdraget og 2) innkalling av Leirbekken kraftverk til konsesjonsbehandling for å sikre et vannføringsregime (bl.a. minstevannføring) som i større grad tar hensyn til elvemusling.

¹ Begrepet ansvarssart er ikke et juridisk begrep, men blir brukt for å angi at en art har en vesentlig andel av sin naturlige utbredelse i Norge. I naturmangfoldloven brukes ikke begrepet ansvarssart, men formuleringen «arten har en vesentlig andel av sin naturlige utbredelse eller genetiske særtrekk i Norge». I foredraget til kongelig resolusjon om prioriterte arter av 20. mai 2011 er «vesentlig andel» for arter beskrevet som at «25 prosent eller mer av den europeiske bestanden er i Norge». Det er også dette Artsdatabanken legger til grunn når disse artene omtales i Norsk rødliste.

En rotenonbehandling i Sika-vassdraget med sikte på å fjerne gjedda var derfor et ledd i bevaringsarbeidet for elvemusling bl.a. fordi gjedde utgjorde en indirekte trussel mot denne bestanden.

Bruk av rotenon i stillestående og rennende vann

Bruk av rotenon i stillestående vann og elver for å fjerne uønsket fisk har vært en metode som over lang tid er benyttet i stor utstrekning i mange land. I USA har metoden vært brukt siden 1930-tallet, og i Norge siden 1960-tallet. Det er ingen andre tiltak, med unntak av fullstendig tørrlegging, som har vist seg effektive hvis målsettingen er fullstendig fjerning av en fiskeart fra et større vannvolum.

Miljøpåvirkning, korttids- og langtidseffekter

Rotenon har lavt potensial for akkumulering i akvatiske organismer. Rotenon er ikke stabilt i miljøet og det lave gasstrykket ($<0,001$ Pa) gir svært lav flyktighet. Rotenon degraderes generelt raskt gjennom ikke-biologiske mekanismer (hydrolyse og fotolyse) (Finlayson et al. 2010). Rotenon er et naturlig stoff utvunnet av planter fra erteblomstfamilien *Leguminosae* (USEPA 2007). Rotenon er giftig for gjellepustende fisk og dyr. Fugler, pattedyr, voksne amfibier, muslinger og egg (fisk og insekter) påvirkes derimot ikke direkte ved kortvarige behandlinger med rotenon (Miljødirektoratet 2014).

Det er gjennomført en rekke studier på effekten av en rotenonbehandling på bunndyrsamfunn. Disse viser i korte trekk at mange bunndyr opplever en sterk nedgang umiddelbart etter behandling. Tetthetene tar seg imidlertid raskt opp igjen (Arnekleiv et al. 1997) og det er en artsspesifikk respons blant akvatiske invertebrater overfor rotenon (Mangum & Madrigal 1999; Eriksen et al. 2009). De mest rotenonfølsomme artene opplever en umiddelbar effekt, mens de mer tolerante har en litt forsinket respons (Arnekleiv et al. 2001; Gladsø & Raddum 2000). Reetableringen av de fleste taxa er rask og ofte komplett i løpet av ett år (Arnekleiv et al. 1997; Fjellheim 2004; Eriksen et al. 2009). Rotenon bioakkumulerer ikke i naturen og brytes ned til vann og CO₂ (Finlayson et al. 2010). Alle disse studiene har blitt gjennomført med rotenonløsninger som inneholder synergisten piperonylbutoksid. Løsningen som nå er tilgjengelig (CFT-Legumin 3,3 %) har ikke piperonylbutoksid. Studier viser at løsningen med CFT-Legumin er mindre giftig for bunndyr uten at giftigheten for fisk har blitt redusert (Finlayson et al. 2009).

I 2014 ble den nye rotenonløsningen (CFT-Legumin 3,3 %) benyttet for å fjerne mort (*Rutilus rutilus*) i Vikerauntjønna i Trondheim (Bardal et al. 2018, Bardal 2019). Ferskvannsøkologiske undersøkelser før og etter rotenonbehandlingen viste at zooplanktonet ble kortvarig slått ut med påfølgende rask reetablering i 2015. De aller fleste registrerte arter av bunndyr forekom også etter rotenonbehandlingen, og i om lag like stor tetthet. Marflo (*Gammarus lacustris*), asell (gråsugge; *Asellus aquaticus*) og småmuslinger (*Sphaeriidae*) fikk en svak økning i tetthet etter behandlingen. Likeså overlevde edelkreps (*Astacus astacus*) behandlinga og også buttsnutefrosk (*Rana temporaria*) og nordpadde (*Bufo bufo*) ble registrert med både voksne individer, eggklaser og larver i tjernet etter behandling. Rotenonbehandlingen hadde dermed liten eller ingen effekt på det biologiske mangfoldet med unntak av den fisken som skulle fjernes (Arnekleiv et al. 2015).

Undersøkelser av hvordan elvemusling responderer på en rotenonbehandling har tidligere vært gjennomført i Steinkjervassdragene i (Nord-)Trøndelag (Larsen 2001; Larsen et al. 2011) og Fustavassdraget i Nordland (Larsen 2015a), som begge har laksemusling. Disse undersøkelsene viste at en kortvarig rotenoneksponering i rennende vann (<8 timer, rotenonkonsentrasjoner opp mot 50 µg/l (2 p.p.m. CFT-L (2,5 %)) lå godt innenfor toleransegrensen til elvemusling. Den midlertidige vannkvalitetsendringen førte ikke til dødelighet av voksne muslinger (Larsen 2001; Larsen et al. 2011; Larsen 2015a). Muslingene lukket seg i den perioden de ble eksponert for «rotenonskyen» og behandlingen hadde tilsynelatende bare en kortvarig effekt på muslingene. Dette gjør at elvebehandlinger er vurdert å være forsvarlig og kan aksepteres utfra hensynet til elvemusling. Dolmen et al. (1995) beskriver eksperimentelle forsøk som ble gjennomført for å

undersøke virkningen av rotenon på elvemusling. De fant at elvemusling hadde en svært høy toleranse mot rotenon, og dødelig konsentrasjon var 30–40 p.p.m. (12 t. eksponering).

I Fustavassdraget ble også innsjøer i nedbørfeltet behandlet med rotenon. Etter innsjøbehandlingen i oktober 2012 ble muslingene som sto igjen i Fusta nedstrøms Fustvatnet utsatt for en langvarig påvirkning ved avrenning av rotenonholdig vann gjennom hele vinteren og fram til neste vår. Muslinger plassert i bur for observasjon var fortsatt i live etter ca. 45 dager (i desember), men ved neste observasjon (i april) var alle muslingene døde (Larsen 2015a). Selv om det ble flyttet muslinger fra Fusta til andre lokaliteter ovenfor Fustvatnet sto det fortsatt igjen levende muslinger i Fusta høsten 2012. Ingen av disse overlevde og ble gjenfunnet som tomme skall sommeren etter innsjøbehandlingen. Selv om muslingene fortsatt var i live i desember, har vi ingen opplysninger om kondisjon og overlevelsessevne på det tidspunktet. Det er derfor noe usikkert om muslingene ville klart seg hvis rotenoneksponeringen hadde blitt avsluttet etter 45 dager. Konklusjonen etter erfaringene i Fusta er at innsjøbehandling med rotenon ikke må gjennomføres i vassdrag med elvemusling, uten at dette overvåkes nøye. Om rotenonbehandling i innsjøer likevel må foretas er det viktig å ha en plan for aktuelle tiltak for å ta vare på muslingene i vassdraget.

I Sika-vassdraget ville muslingene på bekkestrekningene mellom de tre tjerna Svorkåstjønna, Brandåstjønna og Vinterbaktjønna, og på strekningen mellom Vinterbaktjønna og samløpet med Fuglåsbecken/Gjøvassbecken, bli eksponert for rotenon i en lengre periode, dvs. over flere uker. I Fuglåsbecken derimot ville eksponeringstiden for fulldosert vann bli kort (2–12 timer). I Sagbekken, som tilsvarende strekningen fra samløpet mellom bekken fra Vinterbaktjønna og Fuglåsbecken/Gjøvassbecken til Sika, var det forventet at muslingene ville bli utsatt for en lengre eksponering. I Sagbekken ville konsentrasjonen av rotenon imidlertid bli fortynnet etter at doseringen i Fuglåsbecken var avsluttet og bekken etter kort tid ble rotenonfri igjen.

I bekken fra Vinterbaktjønna og mellom Vinterbaktjønna og Brandåstjønna var det ikke forventet at eksponeringstiden ville bli så lang som i tilfellet med Fustvatnet (mindre vannvolum og raskere vannutskifting i mindre tjern enn i en stor innsjø). Men for å være på den sikre siden ble det likevel anbefalt å flytte alle muslingene fra denne delen av vassdraget til den nedre delen av Fuglåsbecken. Det ble også anbefalt å flytte en del av muslingene i Sagbekken til den nedre delen av Fuglåsbecken som en ekstra sikkerhet mot uforutsette hendelser. Spesielt med tanke på at bestanden i utgangspunktet var negativt påvirket av flere andre ytre stressfaktorer (Våge et al. 2017).

Nedbryting og fortynning av rotenon

Forsvinningshastighet for rotenon er en funksjon av nedbryting og fortynning/vannutskifting. Nedbryting skjer raskest ved høye temperaturer, god oksygentilgang og stor solinnstråling. I tillegg til nedbryting er fortynning og utskifting av vannet også en viktig faktor. I Bymarka ved Trondheim var flere av vatna som ble behandlet rotenonfrie etter tre og en halv måned, mens ved to av vatna med mindre gjennomstrømming tok det lengre tid (Bardal et al. 2018). I Sika-vassdraget er innsjøene mindre og gjennomstrømmingen relativt stor, og fortynningen var derfor forventet å være effektiv. I bekken fra Svorkåstjønna, Brandåstjønna og Vinterbaktjønna ble det likevel antatt at det ville være avrenning med rotenonkonsentrasjoner dødelig for laksefisk i en lengre periode, trolig i flere uker. Tilførselen fra Fuglåsbecken/Gjøvassbecken ville bli rotenonfri kort tid etter at doseringen var avsluttet. Vannet fra Fuglåsbecken ville etter hvert bidra til å fortynne den giftige avrenningen fra tjerna. Fortynningen ville kunne gjøres mer effektiv ved å slippe på mer vann fra Vasslivatn og Mjovatn.

Formålet med overvåkingen av elvemusling under rotenonbehandlingen

Hovedhensikten med denne undersøkelsen var å skaffe kunnskap og mer erfaring med rotenonbehandlinger i innsjøer og små vatn i vassdrag med elvemusling. Er det forsvarlig å benytte

rotenon for å utrydde fremmede fiskearter når det samtidig kan være fare for å utrydde bestanden av elvemusling? Det var ikke gitt at en bestand med ørretmusling skulle være like robust som bestandene med laksemusling i Steinkjervassdragene og i Fustavassdraget. Ørretmusling har en lavere genetisk variasjon enn laksemusling (Karlsson et al. 2014) og kan derfor være mer følsomme for endringer i vannkvalitet. I en allerede stresset situasjon kunne man heller ikke utelukke at ekstrabelastningen som ble påført elvemuslingen gjennom en rotenoneksponering kunne ha negative konsekvenser man ikke tidligere hadde observert på elvemusling i lakseelver.

Det var forventet at store deler av det kjente utbredelsesområdet til elvemusling i nedre del av Sika-vassdraget ble berørt av rotenonbehandlingen, men Mjovassbekken ville være uberørt. Deler av utbredelsesområdet (Fuglåsbekken) ville få liten belastning (<8 timer), mens bekken fra Svorkåstjønna, Brandåstjønna og Vinterbakktjønna samt de nedre delene av vassdraget (Sagbekken) ville få en lengre eksponeringstid (flere uker). Rotenonkonsentrasjonen i Sagbekken ville imidlertid avhenge av vannføringen i Fuglåsbekken. Det var derfor spesielt viktig å undersøke hvordan ørretmuslingene responderte på rotenonbehandlingen i de ulike delene av Sika-vassdraget og hvordan effekten var over tid, da det ikke var gjort tidligere i Norge.

Foreliggende rapport beskriver resultatene fra rotenonbehandlingen av Sika-vassdraget i 2018 der formålet var å utrydde gjedde i et system av tre små tjern og elvestrekninger med forekomst av elvemusling.



Figur 2. Fuglåsbekkens nedre del like ovenfor samløpet med bekken fra Vinterbakkjønnna. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.



Figur 3. Bekken fra Vinterbakkjønnna. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.



Figur 4. Sagbekkens øvre del der Fuglåsbebben møter bekken fra Vinterbakkjønnna. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

2.1 Vannkvaliteten i Sika-vassdraget

Våren 2017 ble det gjennomført en kartlegging med vannprøver og bunndyrprøver ved ti stasjoner, fordelt med fire stasjoner i Mjovassbekken, to stasjoner i Gjøvassbekken, tre stasjoner i bekken ved Vinterbaktjønnna og én stasjon i Fuglåsbecken i begynnelsen av april 2017 (Våge et al. 2017).

Sika-vassdraget karakteriseres som kalkfattig og humøst med en kalsiumkonsentrasjon varierende fra 2,0 til 4,2 mg/l og fargetall >40 mgPt/l (jf. Direktoratgruppen vanddirektivet 2018). Hele vassdraget hadde generelt lav turbiditet (0,15–0,57 FNU), normale pH-verdier (6,4–6,9) og lave verdier for næringsstoffene nitrat (25–85 µg/l) og totalt fosfor (<3,0–9,6 µg/l). Det ble målt relativt høye total-konsentrasjoner av aluminium (68–150 µg/l). Innholdet av jern var generelt høyt og lå i intervallet 150–300 µg/l, og tilhører etter dette tilstandsklasse III (mindre god) (Andersen et al. 1997). Spesielt er det høye jernverdier i Mjovassbekken, hvor det tidligere også har vært observert sterk jernutfelling (Ruud 2016).

Med hensyn til bunndyr så har vassdraget god til svært god økologisk tilstand ved samtlige prøvestasjoner (Våge et al. 2017). På bakgrunn av tilstedeværelsen av de ulike familiene ble ASPT-indeksen regnet ut for hver stasjon. Denne varierte mellom 6,18 og 7,38. Det ble ikke registrert noen sjeldne eller rødlistede arter.

2.2 Elvemusling i Sika-vassdraget

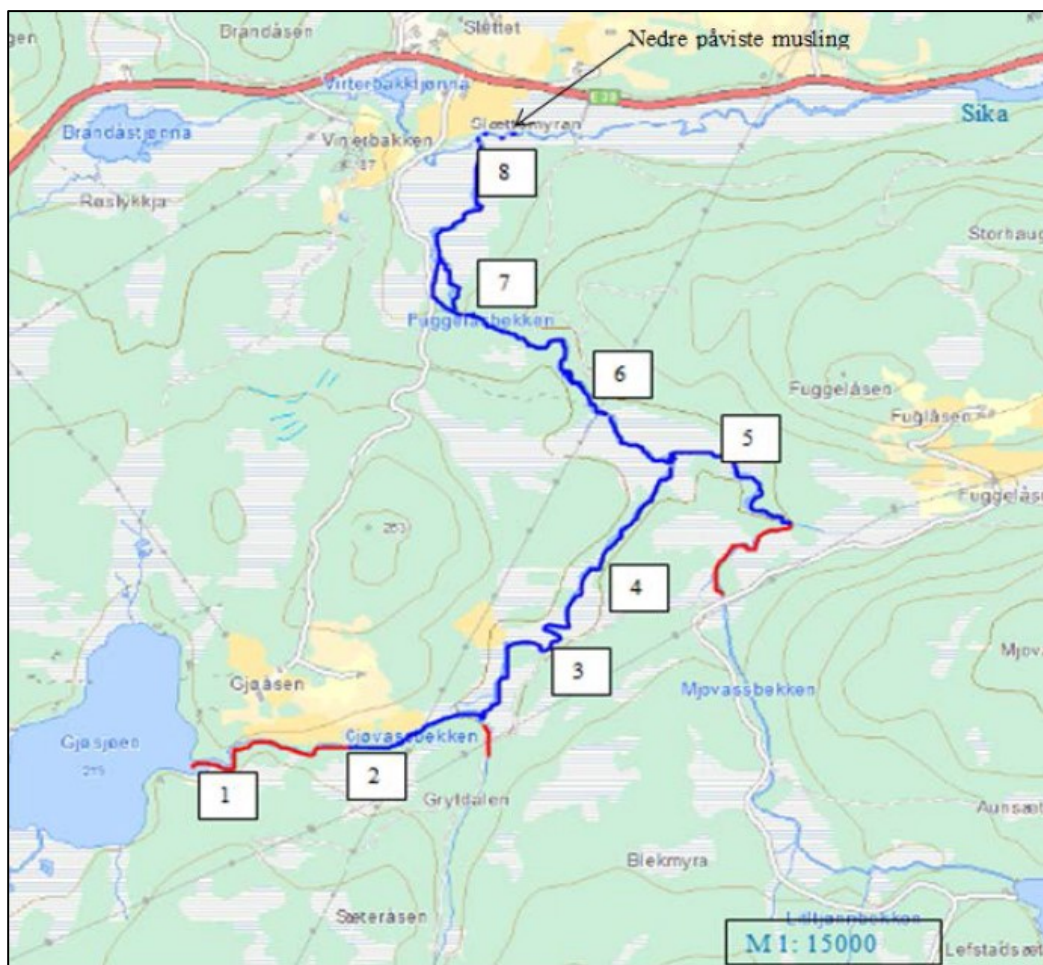
Berger (2014) talte totalt 452 levende muslinger i Sika-vassdraget i 2014, fordelt på 180 i Gjøvassbekken, 101 i Mjovassbekken og 171 i Fuglåsbecken (**figur 5**). Den høyeste tettheten av levende muslinger ble funnet i Mjovassbekken og øvre del av Fuglåsbecken (henholdsvis 5,1 og 5,7 individ pr. minutt søketid) mens gjennomsnittlig tetthet var 2,1 individ pr. minutt søketid. Det ble funnet totalt 237 skall (døde muslinger), og dødeligheten var større i Gjøvassbekken og Mjovassbekken enn i den nedenforliggende Fuglåsbecken. Populasjonsstørrelsen i vassdraget ble beregnet å være nær 4800 individer i 2014, hvorav 1300 i Gjøvassbekken, 800 i Mjovassbekken (kartlagt opp til vegen) og 2700 i Fuglåsbecken.

Bestanden av elvemusling i de tre nevnte bekkene utgjør to ulike lokaliteter (Gjøvassbekken/Fuglåsbecken og Mjovassbekken; Larsen & Magerøy 2019). De hører imidlertid til samme populasjon med stasjonær ørret som vertsfisk, da det ikke er observert vandringshinder som skiller bestandene i de to lokalitetene fra hverandre.

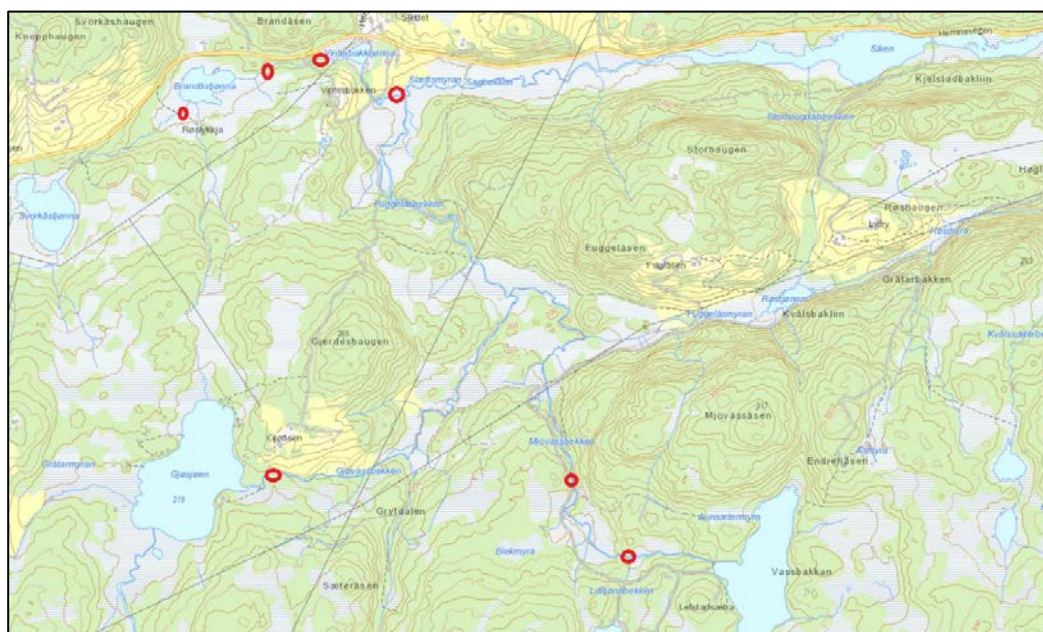
I følge Berger (2014) var bestanden i Gjøvassbekken relativt tynn på strekningen fra Gjøåsen til samløp Mjovassbekken. Bestanden i nedre del av Mjovassbekken ble karakterisert som liten. Videre nedover i Fuglåsbecken til samløp Sagbekken ble bestanden karakterisert som middels med stedvis tette kolonier. Bestanden hadde i 2014 sviktende rekruttering og stor dødelighet jevnt fordelt på alle årsklasser. Det var relativt mange muslinger som hadde dødd relativt nylig i forhold til undersøkelsestidspunktet.

En ny kartlegging av elvemusling av Ruud (2016) førte til funn av elvemusling høyere opp i både Mjovassbekken og Gjøvassbekken enn det som tidligere var kjent (**figur 6**). Det ble undersøkt fire områder som stedvis hadde relativt høy tetthet av muslinger (14,0 individer pr. minutt søketid), og en gjennomsnittlig tetthet på 7,8 individ pr. minutt.

I tillegg ble det funnet muslinger i bekken fra Svorkåstjønnna, Brandåstjønnna og Vinterbaktjønnna. Her ble det funnet noen få, eldre individer med dårlig rekruttering. Dette regnes som en egen lokalitet og Sika-vassdraget har dermed elvemusling i totalt tre lokaliteter.



Figur 5. Elvemuslingens utbredelse i Sika-vassdraget i henhold til Berger (2014). Muslingen ble påvist på strekninger markert med blå strek. Stasjoner som ble nærmere undersøkt er markert med tall. Fra Berger (2014).

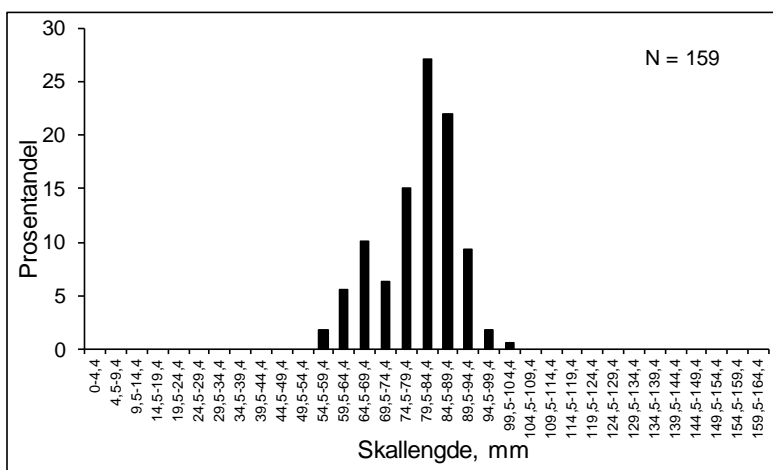


Figur 6. Nye observasjoner av elvemusling i Sika-vassdraget i 2016. Fra Ruud (2016).

I 2017 ble det supplert med en ny kartlegging av elvemusling i Sagbekken, som er den nederste delen av Gjøvassbekken/Fuglåsbekken før innløpet til selve Sika (Ruud 2018). Det ble funnet en gjennomsnittlig tetthet av levende elvemusling på 3,3 individer pr. minutt søketid. Det var i tillegg svært mange tomme skall i Sagbekken, tilsvarende 7,6 individ pr. minutt søketid. Ruud (2018) estimerte antall levende elvemusling til nærmere 2300 individer i Sagbekken, men samtidig var det også mer enn 3400 tomme skall. Sagbekken hadde likevel en betydelig andel av den totale bestanden av levende elvemusling i Sika-vassdraget.

Tetthet av muslinger ble undersøkt på til sammen 17 stasjoner i løpet av 2013–2017 (Berger 2014, Ruud 2016; 2018). Gjennomsnittlig tetthet av levende elvemusling i Mjøvassbekken, Gjøvassbekken og Sagbekken var 3,3 individ pr. minutt søketid ved fritellingene. Tettheten varierte fra 0 til 14,2 individ pr. minutt.

Lengdefordeling av levende elvemusling ble undersøkt i Gjøvassbekken i 2013 (Berger 2014), Mjøvassbekken i 2016 (Ruud 2016) og Sagbekken i 2017 (Ruud 2018). Basert på data gitt i figurene i de tre rapportene er en samlet lengdefordeling vist i **figur 7**. Skallengden varierte fra 57 til 103 mm. Gjennomsnittslengden var 78 mm (SD = 11; N = 57) i Gjøvassbekken, 80 mm (SD = 7; N = 53) i Mjøvassbekken og 84 mm (SD = 9; N = 50) i Sagbekken.



Figur 7. Lengdefordeling av levende elvemusling i Sika-vassdraget basert på undersøkelsene til Berger (2014) og Ruud (2016; 2018) i årene 2013–2017.

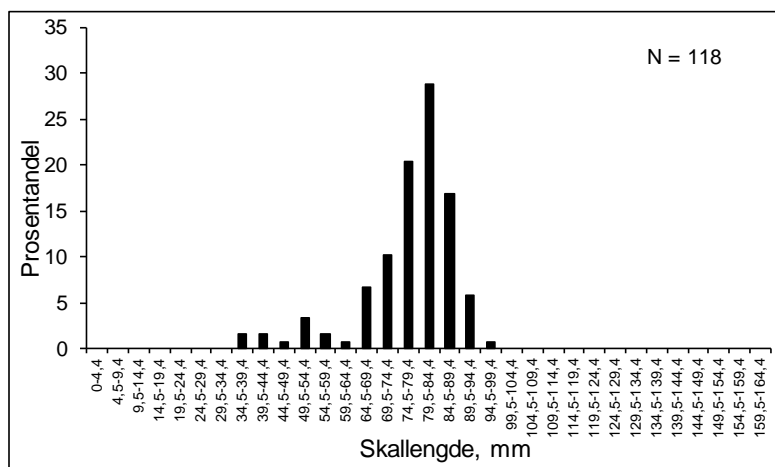
Det var en overvekt av eldre muslinger i lengdegruppen 75–90 mm, og det ble ikke funnet muslinger mindre enn 50 mm. Selv om det ikke er gravd i substratet for å lete etter de minste muslingene (som lever nedgravd i substratet i flere år) indikerer dette at rekrutteringen har vært lav eller tidvis helt fraværende i mange år.

Det ble talt 2037 levende elvemusling og tomme skall til sammen i Sika-vassdraget i 2013–2017 (Berger 2014, Ruud 2016; 2018). Det ble funnet mange tomme skall, spesielt i Sagbekken, og de utgjorde 42,8 % av det totale antall muslinger som ble funnet. Gjennomsnittlig tetthet av tomme skall var 2,5 individ pr. minutt søketid på fritellingene i 2013–2017.

Det var en overvekt av tomme skall i lengdegruppen 75–90 mm (**figur 8**), det samme som for levende muslinger. Men i tillegg ble det funnet enkelte muslinger mindre enn 50 mm (4,2 % av individene i lengdefordelingen), og det minste skallet som ble funnet var 35 mm (Berger 2014).

Berger (2014) konkluderte med at vassdraget hadde en sårbar bestand av elvemusling på grunn av sviktende rekruttering. Kriterier og poengklasser som er benyttet til å bedømme status/levedyktighet for elvemusling har fokusert på seks kriterier som er viktige for overlevelsen til en populasjon på lang sikt (populasjonsstørrelse, gjennomsnittstetthet, utbredelse, minste musling,

andel muslinger mindre enn 20 mm og andel muslinger mindre enn 50 mm), og det blir gitt 0–6 poeng innenfor hvert kriterium (Söderberg 1998, men modifisert av Larsen & Hartvigsen 1999; se Larsen 2017).



Figur 8. Lengdefordeling av tomme skall av elvemusling i Sika-vassdraget basert på undersøkelsene til Berger (2014) og Ruud (2016; 2018) i årene 2013–2017.

Samlet poengsum plasserer lokaliteten med elvemusling innenfor en av tre klasser av status/levedyktighet:

- Klasse I – liten levedyktighet, sårbar for ytterligere reduksjon og kan kreve omfattende tiltak (truet; 1–7 poeng)
- Klasse II – sannsynlig levedyktig, men tiltak bør utredes/gjennomføres (sårbar; 8–17 poeng)
- Klasse III – høy levedyktighet og meget høy verneverdi (levedyktig; 18–36 poeng)

Når vi slår sammen de tre lokalitetene med elvemusling i Sika-vassdraget og behandler dette som en enhet, oppnår bestanden av elvemusling til sammen 8–11 poeng, avhengig av om funn av tomme skall (døde muslinger) inkluderes eller ikke (**tabell 1**). Dette tilsier at bestanden sannsynligvis er levedyktig, men at tiltak bør utredes og gjennomføres.

Splitter vi opp materialet på de tre lokalitetene hver for seg oppnår bekken fra Vinterbakkjønnna bare 4 poeng, mens Mjovassbekken og Gjøvassbekken/Fuglåsbecken/Sagbekken oppnår 5 poeng. Funn av skall mindre enn 50 mm er bare gjort i Gjøvassbekken/Fuglåsbecken/Sagbekken, og om vi inkluderer dette oppnår denne lokaliteten 8 poeng.

Tabell 1. Kriterier og poengklasser for bedømmelse av status/levedyktighet for elvemusling med poeng oppnådd i Sika-vassdraget (blå farge).

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

* Når tomme skall (døde muslinger) inkluderes

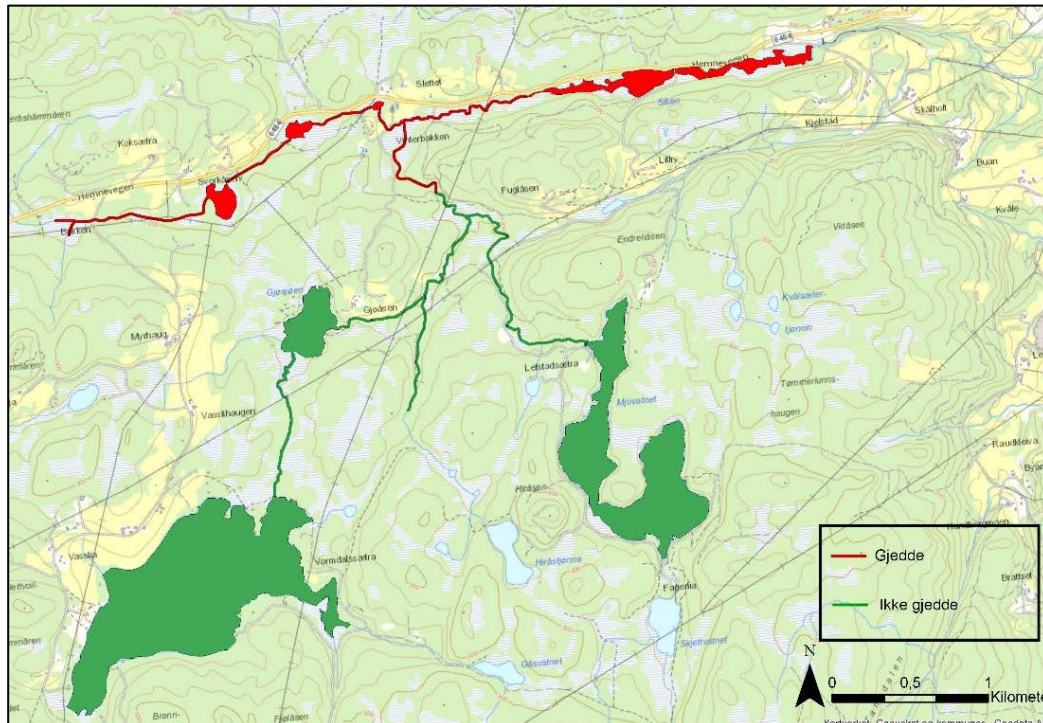
I følge Berger (2014) er årsaken til muslingdøden som ble påvist i 2014 sammensatt, og forårsaket blant annet av liten vannføring om sommeren i kombinasjon med høy sommertemperatur og/eller lav vintertemperatur (eventuelt med bunnfrysing). Dødeligheten kan også ha vært forårsaket av økt partikkelpåvirkning fra finmateriale i forbindelse med etablering av veganlegg/ski-trasé, og/eller fra hogst inntil bekken. Det er lite trolig at dødeligheten skyldtes omfattende utspyling eller endringer i bunnsubstratet, f.eks. som følge av flom, da de fleste muslingene som var døde stod i normal posisjon i substratet. Ruud (2016) nevner også varierende vannføring, og tidvis for lav vannføring, samt avrenning fra et grustak og et anleggsområde som faktorer som kan påvirke elvemuslingen i vassdraget negativt.

Våge et al. (2017) konkluderte med at det var lite sannsynlig at eutrofiering eller organisk belastning var knyttet til sviktende rekruttering av elvemusling, og trolig heller ikke forsuring. Derimot viste undersøkelsene høye verdier av jern, noe som kan være en mulig trusselfaktor. Høye jernkonsentrasjoner har negative konsekvenser for flere stadier i elvemuslingens livssyklus (Taskinen et al. 2011).

Vannkraftregulering og tidvis lav vannføring er sannsynligvis den påvirkningsfaktoren som har størst negativ påvirkning på elvemuslingen i Sika-vassdraget (Berger 2014, Ruud 2016), i tillegg til at predasjon fra gjedde har ført til redusert ørretbestand (Ruud 2016, Våge et al. 2017). Høye jernkonsentrasjoner er også en trusselfaktor (Våge et al. 2017).

2.3 Utbredelse av gjedde i Sika-vassdraget

Orkla vannområde har i flere sammenhenger kartlagt utbredelsen av gjedde i Sika-vassdraget. Både ved elfiske, fiskekonkurranser og innhenting av opplysninger lokalt. **Figur 9** viser det som var kjent om gjeddeutbredelsen per august 2018.



Figur 9. Utbredelsen av gjedde i Sika-vassdraget per august 2018. Rødt = bekreftet forekomst av gjedde og grønn = områder uten gjedde. Kartet er utarbeidet av Veterinærinstituttet.

Gjedde ble første gang påvist i Sika i 2009. Arten hører ikke naturlig til i området, og har kommet til vassdraget ved ulovlig utsetting. Trolig har denne utsettingen skjedd en gang i tidsrommet mellom 2004 og 2007, siden det i 2009 ble fanget flere gjedder. Etter utsettingen er gjedde påvist i Sika, Sagbekken og videre opp det flate bekkesystemet forbi Vinterbakktjønnna og Brandåstjønnna. I Svorkåstjønnna skal det også være tatt gjedde under garnfiske (S.E. Svorkås pers. medd.). Hele dette sidevassdraget har derfor gjedde, og ved elfiske i 2016 ble det funnet flere gjeddeyngel, og svært lite ørret i bekken opp til og med Brandåstjønnna. Vannområde Orkla arrangerte en gjeddefiskekonkurranse i juni 2016 hvor målet var å ta ut mest mulig gjedde, i tillegg til å få en indikasjon på utbredelsen. Da ble det tatt gjedde i Sika, Vinterbakktjønnna og Brandåstjønnna. Svorkåstjønnna var også åpnet for fiske, men under konkurransen ble det kun tatt ørret på stang.

Ved elfiske i Fuglåsbecken ble det bare registrert enkelte ørret våren 2017 (Ruud 2018). Fuglåsbecken har en jevn, slak stigning uten terskler, noe som tillater oppvandring av gjedde. Ved høydekvote 185, ca. 580 meter oppstrøms samløpet med bekken fra Vinterbakktjønnna, er det derimot en markert terskel som representerer en vandringsbarriere for gjedde i Fuglåsbecken.

Veterinærinstituttet undersøkte våren 2018 Vasslivatnet, Gjøsjoen og Mjovatnet for gjedde i grunne viker, typiske gode gjeddehabitater, ved bruk av elektrisk fiskeapparat uten å finne gjedde. Fuglåsbecken ovenfor vandringshinderet, i myrlonene opp mot Gjøsjoen, ble også kontrollert for fravær av gjedde gjennom fiske, bruk av elektrisk fiskeapparat og miljø-DNA-prøver.

Gjedde er oppført som en art med svært høy risiko i Artsdatabankens fremmedartsliste (Forsgren et al. 2018).

3 Metoder

3.1 Rotenonbehandling

3.1.1 Gjennomføring

Behandlingen i Sika-vassdraget ble gjennomført 28.–29. august 2018 (Bardal et al. 2019). I de tre tjerna (Svorkåstjønna, Brandåstjønna og Vinterbakktjønna) ble fordeling av rotenonløsning i hovedsak gjennomført fra båt med påhengsmotor. Dypdoseringene ble gjort ved å pumpe ut vannfortynnet CFT-Legumin (CFT-L) gjennom en vektet 38 mm slange som hang under dose-ringsbåten. Riktig mengde kjemikalie ble fordelt mest mulig likt i vannsøylen, via dyser i dose-ringsslangen, innenfor hvert dybdesjikt. Overflatedosering ble gjennomført ved å kjøre systema-tisk over hele overflatearealet mens vannfortynnet CFT-L ble spylt ut midt under båten slik at det kom inn i propellstrømmen og fikk best mulig innblanding. Strandområder og grunne vegeta-sjonsrike områder der det var vanskelig å kjøre med båt ble til slutt dosert ved oversprøyting av vannfortynnet CFT-L ved bruk av samme pumpeutstyr påmontert en spyleslange med munn-stykke.

Det ble gjort avtaler med regulanten om tilpasning av vannføringen i Sikavassdraget. Det er en demning i Sika, samt muligheter for å regulere tilførsel til Sikamagasinet fra demningene i Vass-livatn og Mjovatn. Formålet med reguleringen var å redusere rotenonavrenning til Leirbekken, samt å opprettholde en normal vannføring inn til Sika og dermed oppnå at rotenonkonsentrasjo-nen fra tjerna ble fortynnet. Sikamagasinet ble tappet ned fra 24. august, og bunntappeluka ble stengt om morgenen den 29. august. Nedtapping reduserte vannmengden og behovet for rote-non betydelig. Etter bekjempelsen ble det gjort en ny nedtapping, den 5. september. Dette for å tømme magasinet og korte ned tiden med avrenning som kunne gi dødelighet på fisk i Leirbek-ken. Når magasinet ble fylt på nytt ville det kun være rotenon fra den fortynnede avrenningen fra tjerna som fremdeles var igjen i bekjempelsesområdet.

28. august 2018

Ett båtlag doserte både Svorkåstjønna og Brandåstjønna, mens et annet båtlag doserte Vinter-bakktjønna mot slutten av dagen. Én person fulgte med og kontrollerte på land under spyling av strandområdene. I Svorkåstjønna lå sprangsjiktet på ca. 5 meters dyp. Det ble gjort overflatedo-sering fra 0–4 meter, og dybdedosering fra 4–6 m, og 6–8,7 m. I Brandåstjønna lå sprangsjiktet på ca. 5 meters dyp. Det ble gjort overflatedosering fra 0–4 meter, og dybdedosering fra 4–5,7 m. I Vinterbakktjønna ble det aller meste dosert som overflatedosering, og en liten andel med nedsenket slange til 2–3 m.

Bekkebehandling i innløpsbekk, bekker mellom tjerna og våtområder rundt tjerna ble gjort av et eget bekkelag.

29. august 2018

To båtlag doserte Sika. Sika var nedtappet på forhånd, og det var ikke temperatursjiktning. Dy-peste punkt etter nedtapping var 4,3 meter. Båtlagene behandlet hver sin del av Sika, hvor veien over broen midt på vatnet utgjorde skillet. Ett lag doserte østre del (mot utløp) og ett lag doserte vestre del. All dosering besto i hovedsak av overflatedosering og spyling av strandområder. La-get i vestre del brukte dypdoseringsslange i området ved det dypeste punktet. Nedtappingen gjorde behandlingen ekstra krevende for båtmannskapet. Det var flere steder de måtte ut og skyve båten, samtidig som mudderbunnen gjorde det vanskelig å bevege seg utenfor båten.

Alle innløpsbekker og punkter kartlagt rundt Sika ble behandlet og kontrollert av eget bekkelag. Det ble dosert 0,8 l CFT-L fra kanne i lonene i Sagbekken før utløp i Sika. Båtlaget i østre del av Sika kannebehandlet også dammer nedenfor demningen.

To dryppstasjoner, med til sammen 1,4 l CFT-L, ble satt opp i Fuglåsbecken ovenfor vandringshinderet for gjedde og startet kl. 10.20 (**figur 10**). En dryppstasjon ble i tillegg startet ved trebrua i Sagbekken (nedenfor bur med elvemusling) kl. 10.00 med 1 l CFT-L, og denne ble etterfylt én gang etter 3 timer (med 0,25 l CFT-L og 5 l vann).

Totalt ble det benyttet ca. 250 liter CFT-L under behandlingen av Sika-vassdraget i 2018 (**tabell 2**).

Tabell 2. Forbruk av CFT-L etter behandlingsområde, og totalforbruk CFT-L.

Område dosert	Forbruk CFT-L (l) overflate og bredd (0–4 m)	Forbruk CFT-L (l) dypdosering (>4 m)	Forbruk CFT-L (l) bekk og periferi	Totalt forbruk CFT-L (l)
Svorkåstjønna	110	50	1,2	161,2
Brandåstjønna	38	2		40
Vinterbakktjønna	10	2		12
Sika	32		6,3	38,3
Sikavassdraget totalt				251,5



Figur 10. Dosering av CFT-Legumin i Fuglåsbecken. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

3.1.2 Overvåking av rotenonkonsentrasjoner

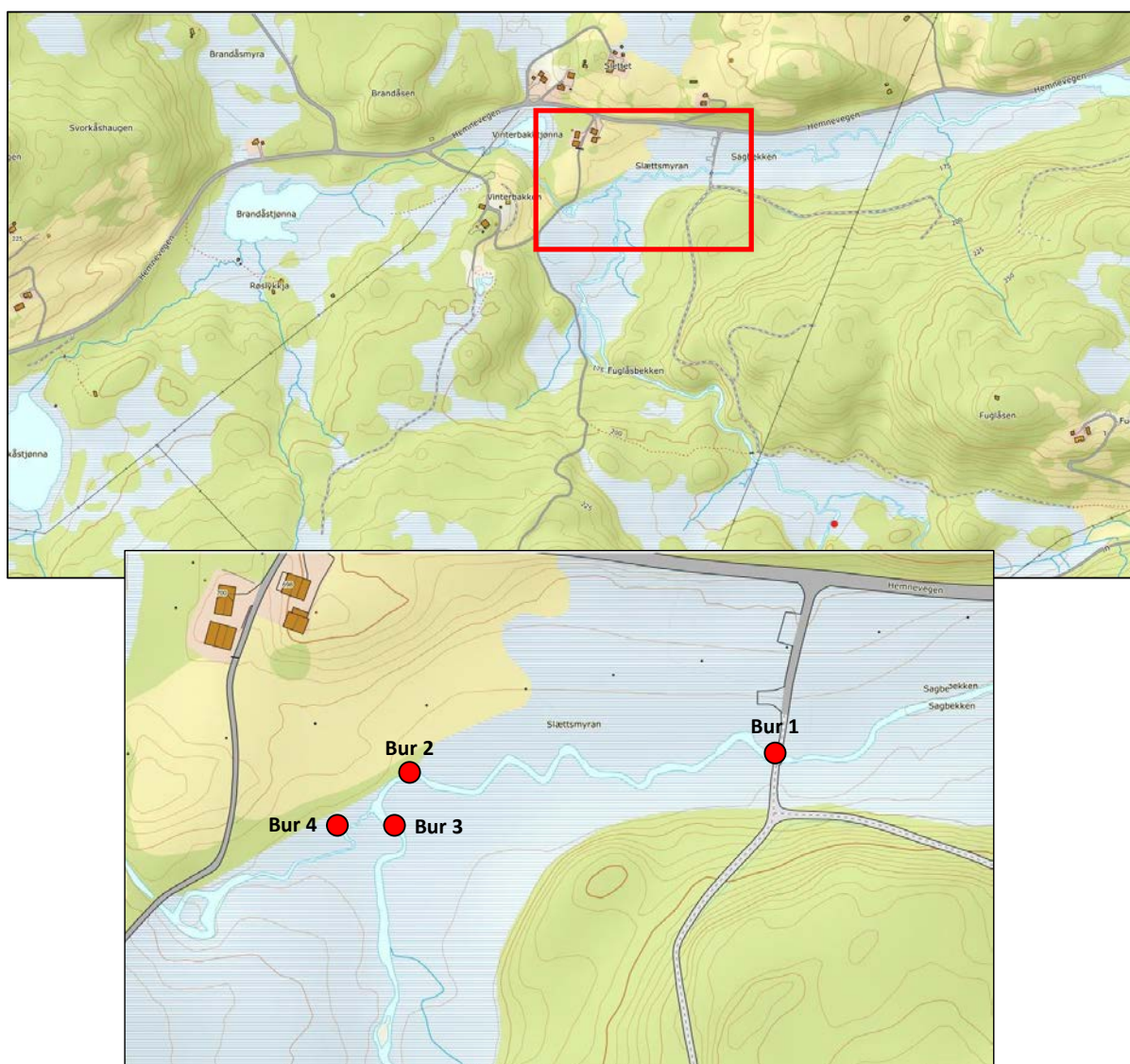
Veterinærinstituttet har utviklet en god metode for måling av rotenonkonsentrasjoner i vannprøver (Sandvik et al. 2018). Det ble tatt vannprøver rett etter endt dosering, og deretter ble det fulgt opp jevnlig inntil det ble dokumentert at vassdraget var rotenonfritt. Vannprøvene tatt i felt ble sendt til Veterinærinstituttet i Oslo, og analysene ble gjennomført kort tid etter at prøvene ble mottatt.

Det ble i tillegg tatt vannprøver 31. januar 2019 fra topp til bunn i to av tjerna som drenerer til Sika; Svorkåstjønna (det øverste og største/dypeste) og Vinterbakktjønna (det nederste). Tanken var at hvis disse to var fri for rotenon ville det heller ikke være rotenon i det midterste tjernet; Brandåstjønna.

3.2 Overvåking av elvemusling

3.2.1 Forsøk med elvemusling i bur (klekkekasser)

For å se på overlevelse og adferd hos muslinger under og etter rotenonbehandlingen i Sika, ble det valgt å benytte bur (klekkekasser) der det var mulig å følge de samme muslingene over tid. Klekkekasser fylt med elvegrus/sand og dekket med hønsenetting ble gravd ned og forankret enkeltvis på fire stasjoner; Bur 1 i Sagbekkens nedre del, Bur 2 i Sagbekkens øvre del, Bur 3 i Fuglåsbekkens nedre del og Bur 4 i nedre del av bekken fra Vinterbaktjønnna (**figur 11** og **12**; **tabell 3**). Det ble plassert ut ett bur på hver stasjon den 24. august 2018 (4–5 dager før rotenonbehandlingen startet). I hvert bur ble det satt inn 15 eldre muslinger – til sammen 60 muslinger. Muslingene ble samlet inn fra Sagbekken der Bur 2 senere ble plassert ut. Alle muslinger ble lengdemålt til nærmeste 0,1 mm med skyvelære før de ble plassert ut i burene (**tabell 3**). Unge muslinger (<50 mm lange) ble ikke funnet og effekten på disse kunne derfor ikke undersøkes.



Figur 11. Sika-vassdraget med Fuglåsbecken, bekken fra Vinterbaktjønnna og Sagbekken med lokalisering av bur (klekkekasser) (Bur 1–Bur 4) for overvåking av overlevelse og adferd til elvemusling i forbindelse med rotenonbehandling av vassdraget høsten 2018.



Figur 12. Bur (klekkekasser) med muslinger plassert ut på fire stasjoner (Bur 1–Bur 4) i Sika-vassdraget (for lokalisering se figur 11) i perioden august 2018 til juni 2019. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Tabell 3. Lokalisering av bur med muslinger plassert ut på fire stasjoner (Bur 1–Bur 4) i Sika-vassdraget i august 2018 samt skallengde (gjennomsnittlig lengde, minste og største musling) av de 15 individene som ble plassert ut i hvert av burene.

Bur nr.	Posisjon				Skallengde, mm		
	Sone	N	Ø	m	Gj.snitt ± SD	Minste	Største
1	32V	7013192	0533931	6	85,7 ± 6,6	75,7	102,8
2	32V	7013190	0533759	6	85,1 ± 6,2	73,7	94,9
3	32V	7013159	0533754	5	87,0 ± 5,2	78,6	101,0
4	32V	7013158	0533727	8	83,9 ± 4,5	77,4	92,9
1–4					85,4 ± 5,6	78,6	102,8

Muslingenes adferd i burene ble undersøkt jevnlig under og etter rotenonbehandlingen i vassdraget (**figur 13**). Etter behandlingen av Svorkåstjønna, Brandåstjønna og Vinterbakktjønna 28. august ble muslingene i Bur 4 (bekken fra Vinterbakktjønna) kontrollert hver halvtime fra kl. 17.30 til kl. 20.00. Under bekkebehandlingen av Fuglåsbecken 29. august ble Bur 3 kontrollert hver halvtime i tidsrommet mellom kl. 09.00 og kl. 18.00. De andre burene ble kontrollert fire ganger i samme periode med om lag tre timers mellomrom. Alle burene ble deretter kontrollert de to påfølgende dagene (30. og 31. august) og ytterligere ved fire anledninger i løpet av høsten (5. september, 19. september, 16. oktober og 29. november 2018).

Ved høy vannføring utover høsten 2018 oppsto det turbulens som forårsaket graving i substratet i Bur 2. Dette medførte at enkelte muslinger ble liggende eksponert og ute av stand til å forankre seg. Det ble derfor valgt å sette ut igjen disse muslingene i elva for å unngå eventuell dødelighet. Muslingene ble lengdemålt med skyvelære til nærmeste 0,1 mm og merket med et nummer i skallet før tilbakeføring, slik at det skulle være mulig å identifisere dem ved en senere kontroll. De øvrige burene ble stående vinteren igjennom uten tilsyn.

De tre gjenværende burene klarte seg godt gjennom vinteren. Ingen av burene var skadet eller flyttet ut av posisjon på grunn av isdekke eller høy vannføring. Den siste kontrollen av burene ble gjennomført 5. juni 2019. Da ble alle muslingene i Bur 1, 3 og 4 lengdemålt med skyvelære til nærmeste 0,1 mm før de ble satt tilbake i Sagbekken der de opprinnelig ble funnet.



Figur 13. Eksempler på muslinger som er definert som «lukket» (øverst), «delvis lukket (litt åpen)» (midten) og «åpen» (nederst). Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Observasjoner av svimende og døende fisk ble notert i Fuglåsbecken for å vite når rotenonkonsentrasjonen var høy nok ved Bur 3 til å ta livet av fisk.

Observasjon av muslingene i burene ble gjort enten ved direkte observasjon (lav vannstand) eller ved hjelp av vannkikkert (høy vannstand). Det ble gjort en vurdering av muslingenes aktivitet ut fra størrelsen på siphonene (en nedre innstrømningsåpning og en øvre utblåsningsåpning). Undersøkelsen hadde ingen ambisjoner om å forstå mekanismene som styrte selve lukkingen, men en registrering av de observerbare endringene i lukkingen viser hvordan muslingene svarer på forstyrrelser, da lukking av skallet er en indikativ unnvikelsesadferd (Lorenz et al. 2013). Lukking av skallet er en reaksjon på stress i miljøet forårsaket av endringer i vannkvalitet, forstyrrelser eller potensielle predatorer.

Ved observasjon av muslingene i burene ble det skilt mellom tre tilstander: «åpen», «delvis lukket (litt åpen)» og «lukket» (**figur 13**). Det vil naturlig nok være flytende overganger mellom de tre kategoriene, og antall «delvis lukket (litt åpne)» og antall «lukket» kunne også variere over tid på observasjonstidspunktet. Muslingene lukker seg dessuten mer når vanntemperaturen blir lav og aktiviteten til muslingene naturlig avtar gjennom vinteren. Veksts sesongen hos elvemusling er gjerne definert som antall dager med vanntemperatur ≥ 5 °C (jf. Dunca & Mutvei 2001).

3.2.2 Overvåking av muslinger i Sagbekken

Forut for rotenonbehandlingen (24. august 2018) ble det kartlagt en 25 m lang elvestrekning i Sagbekken ved vading i elveløpet og bruk av vannkikkert (**figur 14**). Totalt ble et elveareal på 75 m² undersøkt med hensyn til antall levende elvemusling og tomme skall. Levende muslinger ble bare registrert og ikke tatt opp for lengdemåling. Tomme muslingskall (døde muslinger) derimot ble lengdemålt på vanlig måte til nærmeste 0,1 mm før de i størst mulig grad ble fjernet fra strekningen.

For å se om tettheten av muslinger hadde endret seg etter rotenonbehandlingen ble det samme arealet undersøkt på samme måten 5. juni 2019.



Figur 14. Sagbekken med strekningen som ble overvåket i 2018/2019 i forbindelse med rotenonbehandlingen i Sika-vassdraget. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Skallene som ble funnet varierte fra helt ferske skall fra muslinger som nettopp hadde dødd til skall som var kraftig erodert og hadde ligget noen år i elva siden muslingene døde. Sandaas & Enerud (2010) fant at muslingskall fikk en vektreduksjon på ca. 45 % etter seks år, men at de fremdeles beholdt formen og kunne oppfattes som «hele» skall. Det kan derfor ta ti år eller mer før skallene helt eller delvis har forsvunnet. For å skille ferske og gamle skall fra hverandre ble skallene sortert etter hvor lenge de antagelig hadde ligget i elva. Det ble benyttet en inndeling i

fem grupper basert på graden av erosjon på skallene som angitt hos Larsen & Karlsson (2016) (**tabell 4**; se også Sandaas & Enerud 2010).

Tabell 4. Gruppering av elvemuslingskall etter graden av erosjon på skallene for angivelse av hvor lenge de har ligget i elva etter at muslingen døde (= alder, år). Med støtte i Sandaas & Enerud (2010) er det gitt en beskrivelse av hvordan skallene i ulike grupper ble skilt fra hverandre. Fra Larsen & Karlsson (2016).

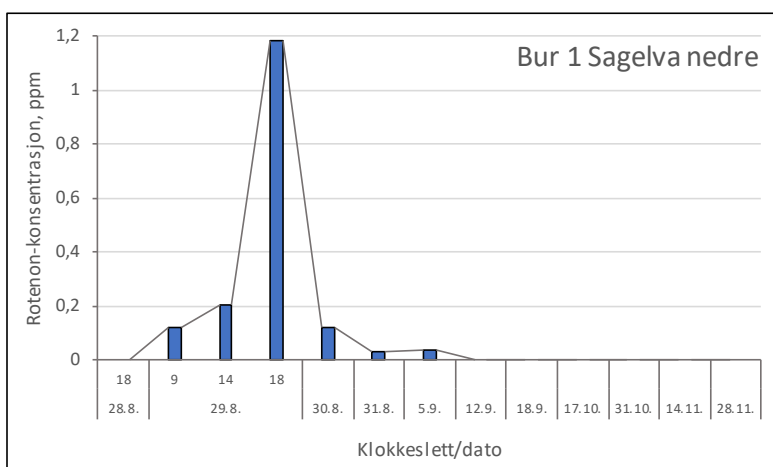
Gruppe	Alder, år	Beskrivelse utseende
1	<1	Intakt skall, med hovedsakelig rent hvit innside – fortsatt perlemorfarget
2	1–2	Intakt skall, med gule felt av varierende størrelse på innsiden. Mindre perlemorglans
3	2–3	Skallet noe erodert langs kanten, gule felt på en stor del av innsiden som har fått uregelmessig overflate
4	4–5	Skallet erodert opptil en centimeter langs deler av kanten der bare periostracum er tilbake. Gulfarget innside med lite perlemor
5	>6	Skallet kan fortsatt ha intakt form, men er kraftig erodert og det meste av kanten består bare av periostracum. Skallene virker myke når man tar på dem. På eldre skall som begynner å gå i oppløsning vil kanten begynne å rulle seg inn

4 Resultater

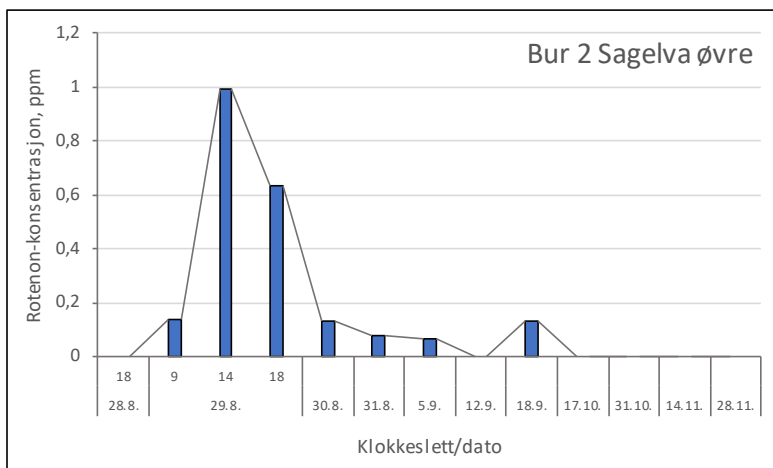
4.1 Overvåking av rotenonkonsentrasjoner

Resultatet av vannprøvene som ble analysert med hensyn til konsentrasjonen av rotenon ved bur 1, 2, 3, og 4 er oppsummert og vist samlet for hele perioden 28. august til 28. november 2018 i **figur 15–18** og **vedlegg 2**.

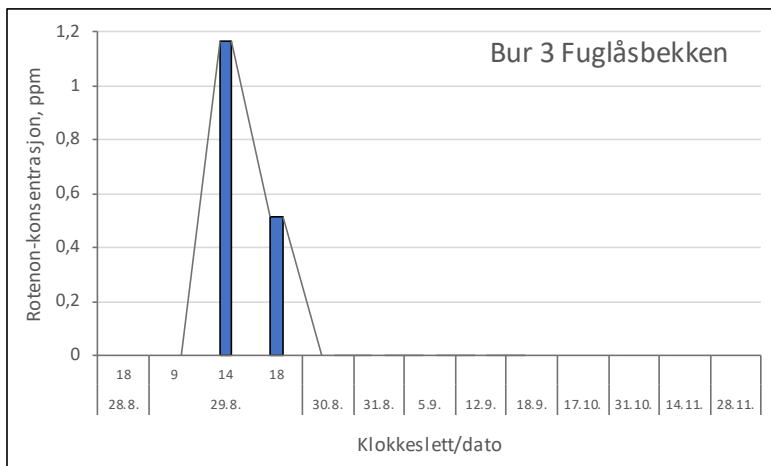
I Fuglåsbecken der det ble gjennomført en fem timer lang bekkebehandling, var mengden rotenon mer enn halvert ved bur 3 allerede to-tre timer etter at behandlingen var avsluttet (**figur 17**). Dagen etter var det ikke lenger spor etter rotenon i vannprøvene som ble analysert.



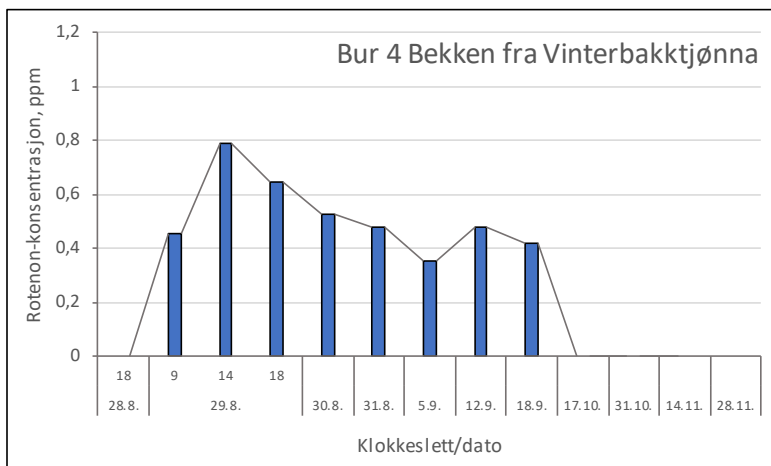
Figur 15. Rotenonkonsentrasjoner i Sagbekkens nedre del (bur 1) etter rotenonbehandlingen av Sika-vassdraget 28.–29. august 2018. Resultatet er regnet om til p.p.m. CFT-Legumin for sammenligning med målkonsentrasjon.



Figur 16. Rotenonkonsentrasjoner i Sagbekkens øvre del (bur 2) etter rotenonbehandlingen av Sika-vassdraget 28.–29. august 2018. Resultatet er regnet om til p.p.m. CFT-Legumin for sammenligning med målkonsentrasjon.



Figur 17. Rotenonkonsentrasjoner i Fuglåsbecken (bur 3) etter rotenonbehandlingen av Sika-vassdraget 28.–29. august 2018. Resultatet er regnet om til p.p.m. CFT-Legumin for sammenligning med målkonsentrasjon. Det ble ikke tatt vannprøver i Fuglåsbecken 17. og 31. oktober samt 14. og 28. november 2018 etter at det ikke ble funnet rotenon i noen av de fem foregående prøvene.



Figur 18. Rotenonkonsentrasjoner i bekken fra Vinterbakkjønn (bur 4) etter rotenonbehandlingen av Sika-vassdraget 28.–29. august 2018. Resultatet er regnet om til p.p.m. CFT-Legumin for sammenligning med målkonsentrasjon. Det ble ikke tatt vannprøver i bekken fra Vinterbakkjønn 28. november 2018 på grunn av isdekke.

I bekken fra Vinterbakkjønn ble det ikke påvist rotenon i vannprøvene før på morgenen 29. august etter at Svorkåstjønn og Brandåstjønn ble behandlet på formiddagen den 28. august, og Vinterbakkjønn ble behandlet mot slutten av dagen. Konsentrasjonen økte fra 0,45 p.p.m. kl. 09.00 til 0,79 p.p.m. kl. 14.00 som var den høyeste konsentrasjonen som ble målt ved bur 4 i bekken fra Vinterbakkjønn (**figur 18**). Konsentrasjonen av rotenon holdt seg deretter relativt stabil med verdier rundt 0,4 p.p.m. i hvert fall fram til andre halvdel av september. I vannprøven fra midten av oktober ble det ikke funnet rotenon, heller ikke ved prøvetakingen i slutten av oktober eller i midten av november (**figur 18**). Det ble dermed registrert rotenonholdig vann i bekken fra Vinterbakkjønn i en periode på mellom tre og sju uker.

I Sagbekken så vi effekten av rotenonbehandlingen første gang om morgenen den 29. august etter at Svorkåstjønn, Brandåstjønn og Vinterbakkjønn ble behandlet den 28. august. I tillegg

ble det i løpet av den 29. august tilført rotenon fra Fuglåsbecken. Dette ga en forhøyet konsentrasjon av rotenon i øvre del av Sagbekken (bur 2) kl. 14.00 (0,99 p.p.m.), men først kl. 18.00 i nedre del (bur 1) (1,18 p.p.m.) (**figur 15 og 16**). Etter avsluttet behandling av Fuglåsbecken falt konsentrasjonen i Sagbekken og allerede 30. august var konsentrasjonen henholdsvis 0,13 og 0,12 p.p.m. ved bur 2 og bur 1. Tilførselen av vann fra Fuglåsbecken fortynnet dermed effektivt den tilførselen av rotenonholdig vann som kom fra bekken fra Vinterbakktjønnna. Allerede i midten av september ble det ikke lenger påvist rotenon i vannprøvene i nedre del av Sagbekken (bur 1) (**figur 15**). Det var derimot rotenon i en vannprøve i øvre del av Sagbekken den 18. september (0,13 p.p.m.), men dette var, i likhet med det som ble funnet i bekken fra Vinterbakktjønnna, siste registrerte forekomst av rotenon i Sagbekken.

Det ble ikke påvist rotenon i noen av prøvene fra Svorkåstjønnna (det øverste og største/dypeste tjernet) eller Vinterbakktjønnna (det nederste) den 31. januar 2019, og det ble konkludert med at elvemusling nedstrøms ikke ville få en ny rotenoneksponering ved våromrøringen i 2019.

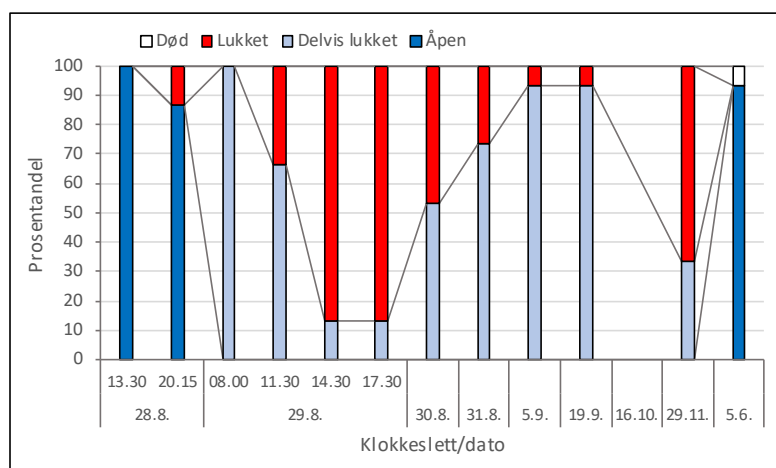
4.2 Overvåking av elvemusling

4.2.1 Forsøk med elvemusling i bur (klekkekasser)

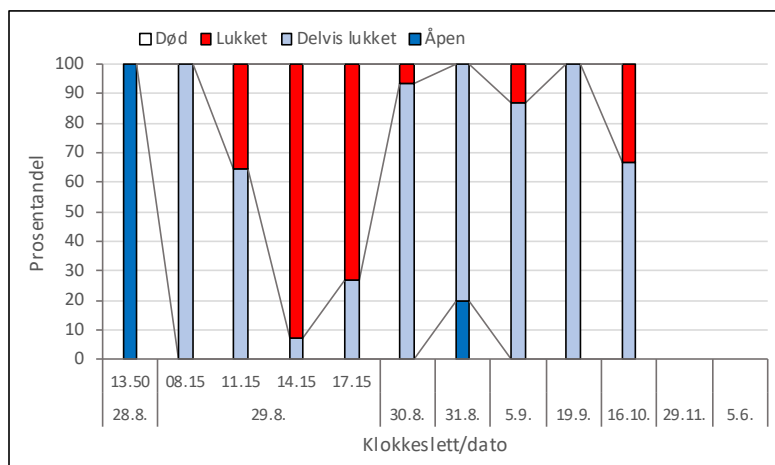
Resultatet av observasjonene som ble gjort av adferden til muslingene i bur 1, 2, 3, og 4 er oppsummert og vist samlet for hele perioden 28. august 2018 til 5. juni 2019 i **figur 19–22**.

Rotenonbehandlingen av Svorkåstjønnna ble startet på formiddagen, og Brandåstjønnna og Vinterbakktjønnna ble startet på ettermiddagen den 28. august. Det ble ikke påvist noen reaksjon hos muslingene i bekken fra Vinterbakktjønnna (bur 4) i løpet av kvelden den 28. august (siste observasjon gjort kl. 20.00; **figur 22**). Dette stemmer også godt overens med at det ikke ble påvist rotenon i noen av prøvene som ble tatt ved burene 1, 2 og 4 på ettermiddagen (kl. 18.00) samme dag. To individer som ble oppgitt å være «lukket» i bur 1 har sannsynligvis lukket seg av andre årsaker, uten at noen konkret årsak kunne påvises.

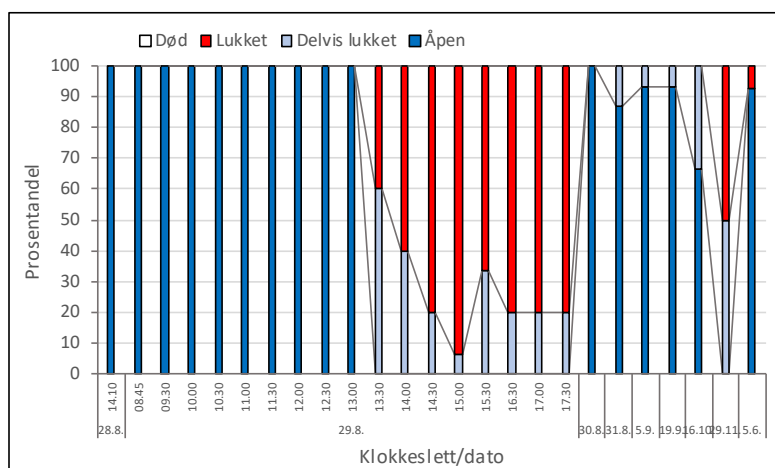
På morgenen den 29. august (kl. 08.00–08.30) var alle muslingene i bur 1, 2 og 4 oppgitt å være «delvis lukket (litt åpne)» (**figur 19, 20 og 22**). Muslingene i Fuglåsbecken (bur 3) var ikke i berøring med vannet fra bekken fra Vinterbakktjønnna og var dermed uberørt hele formiddagen (**figur 21**).



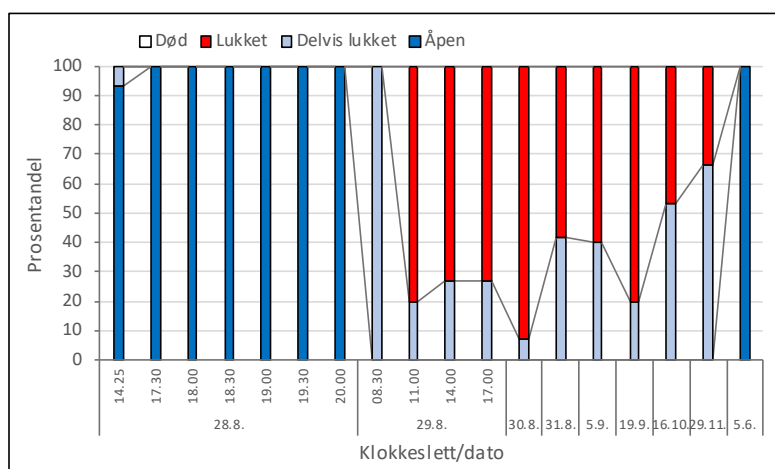
Figur 19. Observasjoner av adferden til elvemusling i Sagbekkens nedre del (Bur 1) i forbindelse med rotenon-behandlingen av Sika-vassdraget 28.–29. august 2018. Det mangler observasjoner fra 16.10. på grunn av for høy vannstand og manglende sikt (mørkfarget vann).



Figur 20. Observasjoner av adferden til elvemusling i Sagbekkens øvre del (Bur 2) i forbindelse med rotenon-behandlingen av Sika-vassdraget 28.–29. august 2018. Observasjonene ble avsluttet 16.10. da muslingene måtte settes tilbake i elva.



Figur 21. Observasjoner av adferden til elvemusling i Fuglåsbecken (Bur 3) i forbindelse med rotenon-behandlingen av Sika-vassdraget 28.–29. august 2018.



Figur 22. Observasjoner av adferden til elvemusling i bekken fra Vinterbaktjønna (Bur 4) i forbindelse med rotenon-behandlingen av Sika-vassdraget 28.–29. august 2018.

Utover dagen den 29. august økte imidlertid andelen av muslinger som lukket seg helt i bur 1, 2 og 4, og reaksjonen kom først i bur 4.

Alle muslingene i buret i bekken fra Vinterbakktjønna (bur 4) var delvis lukket på morgenen (kl. 08.30) den 29. august. Senere på dagen lukket imidlertid de fleste muslingene seg helt (73–80 %), en situasjon som holdt seg gjennom hele september. I oktober avtok andelen som var helt lukket. Men fortsatt var alle muslingene delvis eller helt lukket både i oktober og november. Andelen muslinger som var helt lukket i november var imidlertid noe lavere i bekken fra Vinterbakktjønna enn i de andre burene selv om temperaturen var nær null grader ved bur 4 (bekken var islagt). Vi må anta at muslingene ble negativt påvirket av rotenonbehandlingen fra slutten av august og i hvert fall fram mot månedsskiftet september/oktober (ingen rotenonkonsentrasjon påvist i midten eller slutten av oktober). Dette tilsvarte en periode på minimum 30 dager, og maksimalt 45 dager. Det kan tenkes at disse muslingene viste større aktivitet i november enn forventet for å kunne «ta igjen» noe av det tapte for å forbedre kondisjonen mot vinteren.

I juni 2019 var alt som normalt igjen med muslingene i bekken fra Vinterbakktjønna (bur 4). Selv om to av individene i buret lå på siden, var alle muslingene åpne.

Muslingene i Sagbekken (bur 1 og 2) reagerte relativt likt med muslingene i bekken fra Vinterbakktjønna, bare noe forskjøvet i tid. De hadde også en kortere periode da flertallet var helt lukket. Høyeste andel var henholdsvis 87 og 73–93 % i bur 1 og 2 på ettermiddagen og kvelden den 29. august. Allerede 31. august var andelen muslinger som var helt lukket redusert til henholdsvis 27 og 0 % i bur 1 og 2 (**figur 19** og **20**). Det var tydelig at vanntilførselen fra Fuglåsbecken hadde betydning for forskjellen som ble observert i bur 1 og 2 sammenlignet med bur 4 (bekken fra Vinterbakktjønna). Konsentrasjonen av rotenon var da også mye lavere i Sagbekken enn i bekken fra Vinterbakktjønna i denne perioden. Konsentrasjonen av rotenon var mellom 0,03 og 0,13 p.p.m. i Sagbekken, men mellom 0,35 og 0,53 p.p.m. i bekken fra Vinterbakktjønna i august og september 2018. Det var likevel en negativ respons hos alle muslingene i de to burene i Sagbekken, og flertallet var «delvis lukket (noe åpne)» hele høsten.

I juni 2019 var alt som normalt igjen med muslingene i Sagbekken (bur 1). Selv om ett av individene hadde dødd i løpet av vinteren, var alle de resterende muslingene åpne og oppførte seg normalt.

Behandlingen av Fuglåsbecken ble påbegynt om lag kl. 10.20 den 29. august og avsluttet etter fem timer (kl. 15.20). Den første fisken med unormal adferd som ble observert ved bur 3 ble notert kl. 12.50, og fem minutter senere ble det observert et annet individ som var svimeslått. Likevel ble det ikke observert endring i adferden hos elvemusling før etter ytterligere en halv time. Da var 40 % av muslingene «lukket» og de resterende 60 % «delvis lukket». Andelen helt lukket økte til 93 % kl. 15.00 og lå på 67–80 % resten av dagen (**figur 21**). Men allerede morgenen etter (kl. 08.00 den 30. august) var alle muslingene åpne igjen, og alt var tilsynelatende som før. Det ble da heller ikke påvist rotenon i vannprøvene som ble tatt i Fuglåsbecken den 30. august, slik det også var dagen etter samt 5., 12. og 18. september (se **figur 17** og **vedlegg 2**).

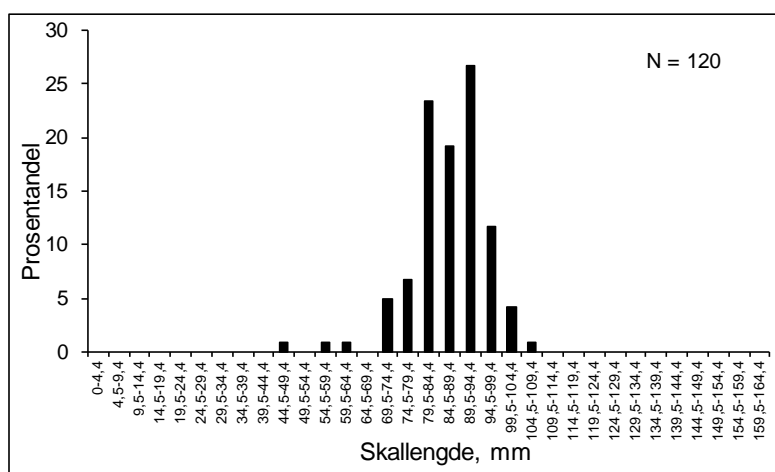
Utover i september var det bare ett individ som viste avvik fra en normal åpen tilstand i buret i Fuglåsbecken, men fra og med oktober økte denne andelen. I november var halvparten av muslingene helt lukket mens de resterende var delvis lukket. En økende andel muslinger som var delvis eller helt lukket i november kom av synkende vanntemperatur, og i oktober og november var temperaturen henholdsvis fem og to grader (**vedlegg 1**).

I juni 2019 lå tre av individene i bur 3 på siden. Dette kan være et tegn på stress eller følt ubehag, som gjorde at de forsøkte å forflytte seg. Ett av disse individene var i tillegg lukket da buret ble kontrollert, men i live og reagerte på berøring ved å lukke seg enda mer sammen.

4.2.2 Overvåking av muslinger i Sagbekken

I 2018 ble det funnet 100 levende elvemusling og 57 tomme skall på det oppmålte arealet i Sagbekken. Nærmere ett år etter ble det talt opp 109 levende elvemusling og 34 tomme skall på det samme arealet. En økning i antall levende elvemusling kan komme av en nedstrøms drift av muslinger, men også endringer i hvor eksponert muslingene stod i substratet. Enkelte individer kan ha vært nedgravd eller ute av syne i 2018, men oppholdt seg kanskje mer eksponert i 2019 og bidro til et høyere antall synlige muslinger. I et åpent elvesystem vil det naturlig forekomme en viss forflytning både ut av og inn på et avgrenset areal. Det var imidlertid ingen ting som tydet på at det hadde vært en endring i tetthet på grunn av dødelighet av muslinger mellom de to tellingene i 2018 og 2019.

Tomme skall som ble funnet i Sika i 2018 og 2019 varierte i lengde mellom 45 og 109 mm (**figur 23**) med et gjennomsnitt på 87 mm (SD = 9; N = 120). Det ble bare funnet tre «yngre» muslinger som var døde (45, 57 og 61 mm lange), og hovedvekten av de tomme skallene tilhørte de eldste årsklassene (90–110 mm).



Figur 23. Lengdefordeling av tomme skall av elvemusling i Sika-vassdraget i 2018 og 2019.

Det ble undersøkt 116 døde muslinger (tomme skall) i Sagbekken i Sika-vassdraget med hensyn til graden av erosjon på skallene. For henholdsvis 82 og 34 individer funnet i 2018 og 2019 er det angitt hvor lenge skallene sannsynligvis har ligget i elva etter at muslingen døde. I 2018 hadde seks individ (7,3 %) dødd for mindre enn ett år siden (**tabell 5**). Ti individ (12,2 %) hadde dødd for mellom ett og to år siden, og ytterligere ti individ (12,2 %) hadde dødd for to–tre år siden. Det hadde vært en relativt jevn dødelighet over flere år i Sika-vassdraget og nær en tredel av individene hadde dødd i løpet av årene 2016–2018. I 2019 hadde det dødd like mange individer (antall) i løpet av det siste året som i 2018. Årsaken til at det ble funnet færre som hadde dødd for to, tre eller fire år siden var at gamle skall ble fjernet fra strekningen i 2018, og få individer hadde kommet inn i området ovenfra. Muslingskall som hadde ligget mer enn fem år i elva var mest tallrike i begge årene. Disse lå i stor grad helt eller delvis nedgravd i grus og sand langs elvebredden og kan i større grad ha blitt oversett i 2018 eller kommet til syne først i ettertid.

Det var imidlertid ingen ting som tydet på at det hadde vært en overdødelighet av muslinger i løpet av høsten 2018, vinteren 2018–2019 eller våren 2019 i Sagbekken.

Tabell 5. Gruppering av elvemuslingskallene som ble funnet i Sagbekken i Sika-vassdraget i 2018 og 2019 (gruppe 1–5) med angivelse av antall år skallene sannsynligvis har ligget i elva etter at muslingen døde (år) vurdert etter graden av erosjon på skallene (jf. Larsen & Karlsson 2016 og Sandaas & Enerud 2010).

	Gruppe (år)	1 (<1)	2 (1–2)	3 (2–3)	4 (4–5)	5 (>6)	Sum
2018	Antall skall	6	10	10	9	47	82
	Prosentandel	7,3	12,2	12,2	11,0	57,3	
2019	Antall skall	5	3	1	3	22	34
	Prosentandel	14,7	8,8	2,9	8,8	64,7	
2018-2019	Antall skall	11	13	11	12	69	116
	Prosentandel	9,5	11,2	9,5	10,3	59,5	

5 Oppsummering og diskusjon

Kortvarig eksponering (< 8 timer) for konsentrasjoner av rotenonløsning opp mot 2 p.p.m. ser ut til å være godt innenfor toleransegrensen for elvemusling (og bløtdyr generelt; jf. Marking & Bills 1976). Det ble da heller ikke påvist dødelighet som følge av bekkebehandlingen av Fuglåsbecken i Sika-vassdraget i 2018. Dette er også i samsvar med observasjoner som tidligere er gjort i forbindelse med rotenonbehandlingen av elvene Ogna (Steinkjervassdraget) i 2001, 2002 og 2009 (Larsen 2001, Larsen et al. 2011) og Fusta i 2012 (Larsen 2015a). Den midlertidige vannkvalitetsendringen under rotenonbehandling i elv førte ikke til dødelighet av voksne muslinger i Ogna og Fusta. Det direkte tapet av muslinger begrenset seg til den eller de årsklassen(e) av muslinglarver som døde sammen med fisken de hadde infestert.

Dette støttes også indirekte etter at Fusta ble behandlet også i 2011. Det var ikke mer tomme skall enn forventet i Fusta i 2012 (Larsen 2015a). De utgjorde 2,2 % av det totale antall skjell som ble funnet. Det var derfor ingen ting som tydet på at det hadde vært en overdødelighet av muslinger i forbindelse med rotenonaksjonen i 2011. I Halsanelva, som ble rotenonbehandlet i 2003, ble bestanden av elvemusling estimert til nærmere 650 000 individer i 2007 (Berger & Lehn 2008). Andelen tomme skall var 7,4 %, men dette representerte dødeligheten over flere år og det var ingen tegn til overdødelighet knyttet til rotenonbehandlingen.

I Sika-vassdraget var det dermed knyttet mer spenning til en sannsynlig langvarig eksponering for rotenon på bekkestrekningen fra Vinterbaktjønnna og i Sagbekken. I forbindelse med burforsøk i Fusta ble det fortsatt funnet levende musling ca. 45 dager etter at Fustvatnet ble rotenonbehandlet (Larsen 2015a). Men ved fortsatt eksponering den påfølgende vinter døde alle muslingene. Fustvatnet ble behandlet sent om høsten og det var forventet en relativt lang periode før all rotenon var ute av vassdraget. Vannprøver fra november 2012 viste fremdeles rotenonkonsentrasjon godt over dødelig nivå for fisk i store deler av innsjøen (Adolfson et al. 2014). Senere prøvetaking i april, juni og oktober 2013 i Fustvatnet tydet på at det tok nesten ett år før rotenonkonsentrasjonen var under deteksjonsgrensen i hele Fustvatnet (Adolfson et al. 2014). Konsentrasjonen av rotenon var fortsatt ca. 0,1 p.p.m. i overflatevannet på Fustvatnet et halvt år etter behandlingen.

Konklusjonen var derfor at dødeligheten av musling i Fusta vinteren 2012/2013 skyldtes langvarig eksponering av rotenon som lekket ut fra Fustvatnet. Observasjoner fra Kniptjärnsbäcken, Västernorrlands län i Sverige antyder at muslinger også her døde etter en rotenonbehandling av en oppstrøms liggende innsjø (Norrgran 2006). Muslingene sto fortsatt som normalt i substratet, og det var ingen annen sannsynlig forklaring på den høye dødeligheten. Det finnes også et annet eksempel fra Sverige der noe tilsvarende kan ha skjedd (Henrikson et al. 1998). Eriksson et al. (1998) konkluderte derfor med at rotenonbehandling ikke måtte gjennomføres i innsjøer og vassdrag oppstrøms bestander med elvemusling.

I Sika-vassdraget har vi nå vist at elvemusling kan overleve minimum en måned og kanskje opp til 45 dager i vann med en rotenonkonsentrasjon på 0,4–0,6 p.p.m. 3,3 % CFT-Legumin (13,2–19,8 µg/l rotenon). Samtidig så vi at elvemusling viste stressadferd og var negativt påvirket så lenge det ble påvist rotenon i vannprøvene. Ved konsentrasjoner på 0,4–0,6 p.p.m. var et flertall av muslingene helt lukket slik vi så det i buret som sto plassert i bekken fra Vinterbaktjønnna. Ved lavere rotenoninnhold (mindre enn 0,15 p.p.m.) var det få muslinger som var helt lukket, men de fleste var delvis lukket (noe åpne).

Under rotenonbehandlingen av Fuglåsbecken, som varte i om lag fem timer, ble det observert at de fleste muslingene trakk seg helt sammen og lukket seg når rotenonskyen passerte. Alle-rede morgenen etter sto alle muslingene helt åpne igjen. Til sammenligning var muslingene i Fusta negativt påvirket i en periode på opptil 10 timer, og mer enn halvparten av muslingene var helt lukket i en periode på 8,5 time (Larsen 2015a). Ved rotenonbehandlingen av Ogna (Steinkjervassdraget) syntes påvirkningen å være noe mindre da muslingene var negativt påvirket bare

i en periode på 5–6 timer og helt lukket bare i ca. tre timer under behandlingen våren 2001 (Larsen 2001). Det samme skjedde i august 2009 (Larsen et al. 2011). Det var heller ingen forsøk på forflytninger eller endring av posisjon under selve påvirkningen av rotenonskyen i Ogna. I Fusta skiftet derimot enkelte muslinger posisjon, og en generell vandringsuro (unnnvikelsesadferd) ble notert.

I Sika-vassdraget kunne det virke som om enkelte av muslingene hadde en dårligere kondisjon enn normalt allerede før de ble satt inn i burene (subjektiv oppfatning). Under rotenonbehandlingen kunne derfor enkeltindivider legge seg på siden eller stå delvis lukket selv om de resterende individene filtrerte med åpne skall og sto normalt i substratet.

Ørret som døde i forbindelse med rotenonbehandlingen i Sika-vassdraget i slutten av august 2018 hadde muslinglarver på gjellene (B.M. Larsen upublisert materiale). Et utvalg på 12 ørret-yngel og tre ettårige ørretunger fra Fuglåsbecken som ble tatt vare på i forbindelse med rotenonbehandlingen den 29. august 2018 hadde alle sammen muslinglarver på gjellene. Det vil bety at 2019-årsklassen med muslinger vil være fraværende i den delen av Sika-vassdraget som ble rotenonbehandlet i 2018.

Etter avsluttet rotenonbehandling var det planlagt en rask reetablering av ørret til Sika-vassdraget, og det ble allerede sommeren 2019 flyttet ørret fra ovenforliggende bekkestrekninger for å framskynde denne reetableringen (Bardal et al. 2019). Fisken ble samlet inn fra Gjovassbecken og Mjovassbecken ovenfor rotenonbehandlet strekning. Det ble også hentet ørret fra bekken mellom Skjettvatn og Mjovatn/Byavatn. Arbeidet ble utført i tre runder, henholdsvis 5. og 26. juni og 3. september 2019. Til sammen 600 ørret i forskjellige årsklasser ble samlet inn og satt ut i ulike deler av den rotenonbehandlede delen av Sika-vassdraget (Bardal et al. 2019). Det var forventet at mange av disse individene ville være mottakelige for muslinglarver som, under forutsetning av at muslingene reproduserte normalt sommeren 2019, ble sluppet i august 2019. Det er i tillegg planlagt innsamling og utsetting av et tilsvarende antall fisk i 2020 som gjør at antall vertsfisk vil øke ytterligere.

Flytting av muslinger benyttes både for å reetablere og styrke populasjoner, men også som midlertidig, forebyggende tiltak ved aktiviteter og inngrep i lokaliteter med elvemusling som kan tenkes å skade muslingene. Flytting av muslinger ble for eksempel gjort i forbindelse med rotenonbehandling i Fustavassdraget for å sikre en del av Fusta-muslingene om det utilsiktet skulle bli en overdødelighet som følge av rotenonbehandlingen i Fustvatnet (Larsen 2015a). I Sika-vassdraget ble også alle påviste muslinger i innløpsbekken til Brandåstjønna (1 individ), i bekkestrekningen mellom Brandåstjønna og Vinterbakktjønna (13 individer) og i bekkestrekningen mellom Vinterbakktjønna og samløpet med Fuglåsbecken (9 individer) flyttet til oppbevaring i bur i Fuglåsbecken to måneder før behandlingen skulle gjennomføres (Bardal et al. 2019) (**figur 24**). Som et ekstra sikkerhetstiltak ble det også samlet inn 80 muslinger til sammen fra de øvre delene av Sagbekken og midlertidig plassert ut i bur i Fuglåsbecken.

Alle 23 muslinger fra bekken fra Brandåstjønna og Vinterbakktjønna overlevde og ble gjenutsatt på tilnærmet samme sted som de sto før aksjonen. Av de 80 muslingene som ble hentet fra Sagbekken døde to individer (2,5 %). Dette viser at flytting av voksne muslinger (>50 mm lange) kan være en måte å sikre enkeltindivider, men også større antall, når det er fare for at de kan dø eller bli utsatt for langvarig stress i forbindelse med rotenonbehandling eller andre inngrep. De fleste voksne muslinger står som oftest synlige på elvebunnen og det er mulig å finne de aller fleste og sikre at de midlertidig kan bli tatt vare på. I rekrutterende bestander derimot, der det i tillegg til voksne muslinger også er en stor andel muslinger mindre enn 50 mm, vil de unge individene oppholde seg i substratet og være ute av syne. Det er funnet at i gjennomsnitt vil 20–25 % av muslingene være nedgravd (Bergengren 2000, Larsen 2017). Andelen nedgravde individer blir større jo større andelen av små muslinger er i vassdraget (Young et al. 2001). I enkelte norske bestander er det funnet at så mye som 50–60 % av individene kan leve nedgravd i substratet (Larsen 2017).



Figur 24. Muslinger fra bekkestrengen som kommer fra Svorkåstjønna, Brandåstjønna og Vinterbakktjønna samt øvre del av Sagbekken ble midlertidig plassert ut i bur i Fuglåsbecken under rotenonbehandlingen. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Reproduserende bestander skal i utgangspunktet vurderes som så verdifulle at inngrep som står i fare for å endre dette, bare unntaksvis kan tillates (Larsen 2015b). I reproduserende bestander med høy andel av unge individ vil ikke en effektiv flytting av muslinger være mulig på grunn av det store antallet små muslinger som er nedgravd i substratet. I slike lokaliteter kan en stor del av 15–25 årsklasser i verste fall bli utryddet f.eks. i forbindelse med en langvarig eksponering til rotenonholdig vann (jf. Fusta; Larsen 2015a).

Ved elvebehandlinger har vi foreløpig ikke funnet noen forskjell i overlevelse mellom unge (52–78 mm) og eldre muslinger (98–129 mm; Larsen et al. 2011). Hvorvidt muslinger mindre enn 50 mm som lever nedgravd i substratet har samme tålegrenser som voksne muslinger når det utsettes for en langvarig rotenonpåvirkning, er mer usikkert. I Sika-vassdraget kunne vi ikke få undersøkt dette da det i de siste årene ikke er funnet levende muslinger mindre enn 50 mm på den aktuelle strekningen.

I Tylda-vassdraget ble Råvatnet og Bjørgtjønna (i et sidevassdrag til Tylda) samt deler av Tylda rotenonbehandlet i august 2017 (se Sandodden et al. 2017). Tidligere på sommeren ble det i forbindelse med et kultiveringsprogram for elvemusling satt ut 92 småmuslinger i Tylda (se Magerøy et al. 2019). Muslingene, som var fra 4,2 til 11,9 mm lange og fem år gamle, ble fordelt i bokser og lagt ut på tre ulike lokaliteter, hvorav lokalitet 3 lå ovenfor strekningen som ble berørt av rotenonbehandlingen. De to andre boksene ble utsatt for eksponering av noe ulik mengde og varighet. Lokalitet 2 lå like ovenfor et sidevassdrag med tilførsel fra Råvatnet og Bjørgtjønna. Muslingene ble dermed bare eksponert for rotenonskyen i forbindelse med elvebehandlingen av Tylda. Lokalitet 1 lå nær samløpet mellom Tylda og Raudåa ca. 1,5 km nedenfor sidevassdraget med tilførsel fra Råvatnet og Bjørgtjønna. Det er verdt å merke seg at det ble funnet noen døde laks- og ørretunger ved samløpet mellom Tylda og Forra, som ligger ytterligere 2,5 km lenger ned (Sandodden et al. 2017). Det er imidlertid uvisst hvor lenge muslingene var eksponert for rotenon og hva konsentrasjonen som muslingene ble utsatt for, har vært. I løpet av sommeren 2017 døde riktignok to muslinger ved lokalitet 2 og én musling ved lokalitet 1, mens det ikke døde noen ved lokalitet 3. Det har ikke tidligere vært kontrollert så små muslinger i forbindelse med en rotenonbehandling. Selv om funnene viste at overlevelsen (ikke signifikant) og veksten (signifikant) fram til sommeren 2018 var lavere ved lokalitet 2 enn ved lokalitet 3, så er det mulig at andre faktorer enn rotenonbehandlingen kan forklare dette (Magerøy et al. 2019).

Ved framtidige rotenonbehandlinger i vassdrag med elvemusling bør man unngå eksponering i perioder på mer enn 45 dager. Det er vist ved burforsøk at bestander med både ørretmusling og

laksemusling (voksne individer) kan overleve en periode på 30–45 dager når rotenonkonsentrasjonen ikke overstiger 0,4–0,6 p.p.m. 3,3 % CFT-Legumin (13,2–19,8 µg/l rotenon). Hvor lenge muslingene kan overleve vil sannsynligvis avhenge av rotenonkonsentrasjonen, tiden på året eksponeringen skjer og kondisjonen til muslingene. En muslingbestand som i utgangspunktet har dårlige oppvekstforhold og redusert tilvekst vil være mer utsatt for senskader på grunn av langvarig stress enn en velfungerende muslingbestand i god kondisjon. Nedbryting og fortynningshastighet for rotenon avhenger av faktorene lys, temperatur, oksygentilgang og vannutskifting. Nedbryting og fortynningshastighet for rotenon avhenger av faktorene lys, temperatur, oksygentilgang og vannutskifting. Generelt kan vi anta at jo kortere varigheten av en ytre stress-situasjon er, jo mindre påvirkning vil den ha på muslingene. Det anbefales derfor å gjennomføre rotenonbehandlinger av tjern/innsjøer så tidlig som mulig om sommeren slik at rotenonkonsentrasjonen er nær null i god tid før vanntemperaturen blir lavere enn fem grader.

Når gjedda nå forhåpentligvis er utryddet i Sika-vassdraget vil en av trusselfaktorene for elvemusling i vassdraget være fjernet. Bestanden av ørret som er vertsfisk for muslinglarvene vil nå kunne bygge seg opp igjen, og et større antall muslinglarver vil utvikle seg normalt. Men det er ikke dermed gitt at rekrutteringen vil ta seg opp igjen i Sika-vassdraget av den grunn. I tillegg til utryddelse av gjedde er det nødvendig å se på hvordan regulering av vannføring og mangel på minstevannføring virker inn på overlevelsen av muslingene, samt hvilken betydning andre fysiske inngrep og avrenning av jernholdig vann har på strekningene med elvemusling. Dette er et ansvar som ligger til den enkelte sektor og som må følges opp av vannområdet og kommunene i arbeidet med vannforskriften. I handlingsplanen for elvemusling (Larsen 2018) er målet for forvaltningen av elvemusling i et langsiktig perspektiv at alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes og sikres en tilfredsstillende rekruttering. I tillegg skal alle vassdrag med elvemusling ha god økologisk tilstand eller bedre. Der er man ikke i Sika-vassdraget enda.

6 Referanser

- Adolfson, P., Sandvik, M. & Waaler, T. 2014. Rotenonanalyser og resultater. - S. 119–129 i: Stensli, J.H. & Bardal, H. (red) 2014. Bekjempelse av *Gyrodactylus salaris* i Vefsnaregionen. Veterinærinstituttet. Rapport 2-2014.
- 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., Dolmen, D., Aagaard, K., Bongard, T. & Hanssen, O. 1997. Effects of rotenone treatment on the bottom-fauna of the Rauma and Henselva watercourses, Møre og Romsdal County. Part 1: Qualitative investigations. - Vitenskapsmus. Rapp. Zool. Ser. 1997-8.
- Arnekleiv, J.V., Dolmen, D. & Rønning, L. 2001. Effects of rotenone treatment on mayfly drift and standing stocks in two Norwegian rivers. - I: Dominguez E. (red.), Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera. Kluwer Academic/Plenum Publishers: s. 77-88.
- Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G., Dolmen, D. & Koksvik, J.I. 2015. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Vikerauntjønna i forbindelse med rotenonbehandling – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2015-7: 1-47.
- Bardal, H. 2019. Small- and large-scale eradication of invasive fish and fish parasites in freshwater systems in Norway. – S. 447–451 i: Veitch, C.R., Clout, M.N., Martin, A.R., Russell J.C. & West, C.J., red. Island invasives: scaling up to meet the challenge. Occasional Paper SSC no. 62. Gland, Switzerland: IUCN.
- Bardal, H., Sandodden, R., Moen, A., & Nøst, T. H. 2018. Bekjempelse av mort i sju vatn i By-marka, Trondheim kommune, i 2016. - Veterinærinstituttet. Rapport 8-2018. 43 s. + vedlegg.
- Bardal, H., Aune, S., Skjøstad, M. B., Berger, H.M. & Adolfson, P. 2019. Bekjempelse av gjedde i Sikavassdraget og Ålvatnet, Orkdal kommune, i 2018. - Veterinærinstituttet. Rapport 24-2019.
- Bergengren, J. 2000. Metodstudie flodpärlmussla 1999-2000. Delrapport 1: Nedgravningsstudie. – Länsstyrelsen i Jönköpings län. Meddelande 2000-12. 27 s. + vedlegg.
- Berger, H., M. 2014. Inventering av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i 10 utvalgte vassdrag i Sør-Trøndelag 2013. Utbredelse, lengde-fordeling, rekruttering, tetthet, populasjonsstørrelse og verneverdi. – NIVA Rapport LNR 6713-2014. NIVA. 77 s.
- Berger, H.M. & Lehn, L.O. 2008. Kartlegging av elvemusling i 7 småelver på Sør-Helgeland i Nordland. Utbredelse, tetthet, lengdefordeling og verneverdi. – Felt BIO. Rapport 1-2008. 60 s.
- Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføringen av vannforskriften. Veileder 02:2018. 220 s.
- Dolmen, D., Arnekleiv, J. V. & Haukebø, T. 1995. Rotenone tolerance in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. - Nordic J. Freshw. Res. 70: 21-30.
- Dunca, E. & Mutvei, H. 2001. Comparison of microgrowth pattern in *Margaritifera margaritifera* shells from north and south Sweden. American Malacological Bulletin. Vol.16(1/2): 239-250.
- Eriksen, T. E., Arnekleiv, J.V. & Kjærstad, G. 2009. Short-term effects on riverine Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera of rotenone and aluminium sulfate to eradicate *Gyrodactylus salaris*. - J. Freshw. Ecol. 24: 597-607.
- Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H. (red.) 1998. Flodpärlmusslan i Sverige. – Naturvårdsverket Rapport 4887. 66 s. + vedlegg.

- Finlayson, B., Somer, W.L. & Vinson, M.R. 2009. Rotenone Toxicity to Rainbow Trout and Several Mountain Stream Insects. - North American Journal of Fisheries Management 30: 102-111.
- Finlayson, B., Schnick, R., Skaar, D., Anderson, J., DeMong, L., Duffield, D., Horton, W. & Steinkjer, J. 2010. Planning and standard operation procedures for the use of rotenone in fish management. - American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Fjellheim, A. 2004. Virkning av rotenonbehandling på bunndyrsamfunnene i et område ved Stigstua, Hardangervidda. – LFI, Universitetet i Bergen. Rapport 122. 60 s.
- Forsgren, E., Hesthagen, T., Finstad, A.G., Wienerroither, R., Nedreaas, K. & Bjelland, O. 2018. *Esox lucius*, vurdering av økologisk risiko. Fremmedartslista 2018. Artsdatabanken. Hentet (2019, 12. september) fra <https://artsdatabanken.no/Fab2018/N/2793>.
- Gladsø, J. & Raddum, G.G. 2000. Rotenonbehandling og effekter på bunnfaunaen i Lærdalselva. Kvalitative undersøkelser. - LFI, Universitetet i Bergen. Rapport 113.
- Henriksen, S. & Hilmo, O. (red.) 2015. Norsk rødliste for arter 2015. – Artsdatabanken, Norge.
- Henrikson, L., Bergström, S.-E., Norrgrann, O. & Söderberg, H. 1998. Flodpärlmusslan i Sverige - dokumentation, skyddsvärde och åtgärdsförslag för 53 bestånd. - Del II i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H. (red.) 1998. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport 4887.
- Hesthagen, T., Helland, I.P., Sandlund, O.T. og Ugedal, O. 2012. Naturindeks for Norge – Metodikk for fastsettelse av skader på allopatriske aurebestander grunnet vassdragsregulering og introduksjon av fremmede fiskearter. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 852. 27 s.
- Johnsen, S., Museth, J. og Kraabøl, M. 2009. Fiskebiologiske undersøkelser i Sjusjøen i Ringsaker kommune: Evaluering av gjeldende utsettingspålegg og forslag til aktuelle tiltak. – NINA Rapport 445. 24 s.
- Karlsson, S., Larsen, B.M. & Hindar, K. 2014. Host-dependent genetic variation in freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). – Hydrobiologia. 735: 179-190.
- Kålås, J.A., Viken, Å. & Bakken, T. (red.) 2006. Norsk Rødliste 2006. – Artsdatabanken. 415 s.
- Kålås, J.A., Viken, Å., Henriksen, S. & Skjelseth, S. (red.) 2010. Norsk Rødliste for arter 2010. – Artsdatabanken.
- Larsen, B. M. 2001. Overvåking av elvemusling i forbindelse med rotenonbehandling av Steinkjervassdraget våren 2001. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Oppdragsmelding 710: 1-13.
- Larsen, B.M. 2006. Laks, *Salmo salar* (L.), og ørret, *Salmo trutta* (L.), som vertsfisk for elvemusling, *Margaritifera margaritifera* (L.). – S. 43-44 i: Arvidsson, B. & Söderberg, H. (red.) Flodpärlmussla – vad behöver vi göra för att rädda arten? En workshop på Karlstads universitet. Karlstad University Studies 2006-15.
- Larsen, B. M. 2015a. Elvemusling i Fusta, Nordland – konsekvenser av rotenonbehandling i vassdraget og tiltak for å sikre bestanden av muslinger. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1189. 49 s.
- Larsen, B.M. 2015b. En oppsummering av tiltak for elvemusling i Norge iverksatt gjennom handlingsplanen eller tilskuddsordningen for prioriterte arter. - NINA Rapport 1208. 53 s.
- Larsen, B.M. 2017. Overvåking av elvemusling i Norge. Oppsummering av det norske overvåkingsprogrammet i perioden 1999-2015. - NINA Rapport 1350. 152 s.

- Larsen, B.M. 2018. Handlingsplan for elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) 2019–2028. Miljødirektoratet. Rapport M-1107|2018. 62 s.
- Larsen, B. M. & Hartvigsen, R. 1999. Metodikk for feltundersøkelser og kategorisering av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. - Norsk institutt for naturforskning. NINA Fagrapport 37: 1-41.
- Larsen, B.M. & Karlsson, S. 2016. Elvemusling i Enningdalselva, Østfold. Overvåking av musling-bestanden ved Holtet i 2015 - Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1283. 35 s.
- Larsen, B.M. & Magerøy, J.H. 2019. Elvemuslinglokaliteter i Norge. En beskrivelse av status som grunnlag for arbeid med kartlegging og tiltak i handlingsplanen for 2019-2028. - Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1669. 83 s.
- Larsen, B. M., Dunca, E., Karlsson, S., and Saksgård, R. 2011. Elvemusling i Steinkjervassdragene: Status etter 30 år med *Gyrodactylus salaris* og flere forsøk på å utrydde lakseparasitten i Ogna og Figga. - Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 730. 79 s.
- Lorenz, S., Gabel, F., Dobra, N & Pusch, M.T. 2013. Modelling the effects of recreational boating on self-purification activity provided by bivalve mollusks in a lowland river. - Freshw. Sci. 32: 82-93.
- Magerøy, J.H., Kålås, S., Wathne, I., Julien, K. & Rikstad, A. 2019. Utsetting av kultivert elvemusling 2016-2018. – S. 5-111 i: Jakobsen, P. (red.). Samlerapport om kultivering og utsetting av elvemusling 2018. Universitetet i Bergen. Upublisert rapport.
- Mangum, F.A. & Madrigal, J.L. 1999. Rotenone Effects on Aquatic Macroinvertebrates of the Strawberry River Utah: a Five-Year Summary. - J. Freshw. Ecol. 14: 125-135.
- 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.
- Miljødirektoratet 2014. Handlingsplan mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* for perioden 2014 – 2016. - Miljødirektoratet. Rapport M-288|2014. 88 s.
- Museth, J., Sahndlund, O.T., Brandrud, T.E., Johansen, S.W., Kjellberg, G., Løvik, J.E., Reitan, O., Taugbøl, T. og Aanes, K. J. 2006. The river reservoir Løpsjøen in River Søndre Rena – a survey of vegetation, zooplankton, fish and birds 35 years after establishment. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 168. 53 s.
- Norrgrann, O., 2006. Vad säger miljöövervakningen? – s. 67-73 i: Arvidsson, B. & Söderberg, H. 2006. Flodpärlmussla – vad behöver vi göra för att rädda arten? En workshop på Karlstads Universitet. Karlstad University Studies 2006: 15.
- Ruud, T. 2016. Kartlegging av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Vannområde Orkla, Agdenes og Orkdal kommune. – Rapport Vannområde Orkla. 54 s.
- Ruud, T. 2018. Elvemusling i Sikavassdraget. En kunnskapsoppsummering. – Rapport Multiconsult 10205632-RIM-RAP-001. 39 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2010. Forvitring av skall fra elvemusling. – Fauna 63: 28-31.
- Sandodden, R., Moen, A. & Sandvik, M. 2017. Rotenonbehandling av Råvatnet og Bjørgtjønna i Stjørdal kommune. – Veterinærinstituttet. Rapport 26-2017. 21 s.
- Sandvik, M., Waaler, T., Rundberget, T., Adolfsen, P., Bardal, H. & Sandodden, R. 2018. Fast and accurate on-site determination of rotenone in water during fish control treatments using liquid chromatography. - Management of Biological Invasions 9(1): 59–65.

Söderberg, H. 1998. Undersökningstyp: Övervakning av flodpärlmussla. - Del III i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport 4887. 138 s.

Taskinen, J., Berg, P., Saarinen-Valta, M., Vällilä, S., Mäenpää, E., Myllynen, K. & Pakkala, J. 2011. Effect of pH, iron and aluminum on survival of early life history stages of the endangered freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera*. - Toxicological & Environmental Chemistry 93: 1764-1777.

USEPA (US Environmental Protection Agency). 2007. Reregistration eligibility decision for Rotenone EPA 738-R-07-005. - Washington, DC: USEPA, Prevention, Pesticides, and Toxic Substances, Special Review and Reregistration Division.

Våge, K.Ø., Stabell, T., & Meland, M. 2017. Problemkartlegging i vassdrag med elvemusling I Vannområde Orkla. - Faun rapport 020-2017. 20 s.

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.

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Angivelse av vanndybde (cm) ved høyre hjørne av buret (observert mot strømretningen) samt vanntemperatur (°C) og ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$) i Sagbekken (nedre og øvre del; bur 1 og 2), Fuglåsbecken (bur 3) og bekken fra Vinterbaktjønnna (bur 4).

Dato	Bur	Kl.slett	Dybde cm	Temp. °C	Ledn. $\mu\text{S}/\text{cm}$
28.08.2018	1	13.30	8	12,8	-
28.08.2018	1	20.15	8	-	-
28.08.2018	2	13.50	1,5	13,6	-
28.08.2018	3	14.10	5,5	13,5	-
28.08.2018	4	14.25	12,5	15	-
28.08.2018	4	17.30	12,5	14,9	-
28.08.2018	4	18.00	12,5	-	-
28.08.2018	4	18.30	12,5	-	-
28.08.2018	4	19.00	12,5	-	-
28.08.2018	4	19.30	12,5	-	-
28.08.2018	4	20.00	12,5	-	-
29.08.2018	1	08.00	8	8,6	-
29.08.2018	1	11.30	8	-	-
29.08.2018	1	14.30	8	-	-
29.08.2018	1	17.30	8	14,5	-
29.08.2018	2	08.15	1,5	8,8	-
29.08.2018	2	11.15	1,5	-	-
29.08.2018	2	14.15	1,5	-	-
29.08.2018	2	17.15	1,5	13,4	-
29.08.2018	3	08.45	5,5	8,5	-
29.08.2018	3	09.30	5,5	-	-
29.08.2018	3	10.00	5,5	-	-
29.08.2018	3	10.30	5,5	-	-
29.08.2018	3	11.00	5,5	-	-
29.08.2018	3	11.30	5,5	-	-
29.08.2018	3	12.00	5,5	-	-
29.08.2018	3	12.30	5,5	-	-
29.08.2018	3	13.00	5,5	-	-
29.08.2018	3	13.30	5,5	-	-
29.08.2018	3	14.00	5,5	-	-
29.08.2018	3	14.30	5,5	-	-
29.08.2018	3	15.00	5,5	-	-
29.08.2018	3	15.30	5,5	-	-
29.08.2018	3	16.30	5,5	-	-
29.08.2018	3	17.00	5,5	12,9	-
29.08.2018	3	17.30	5,5	-	-
29.08.2018	3	18.00	5,5	-	-
29.08.2018	4	08.30	12,5	10,9	-
29.08.2018	4	11.00	12,5	-	-
29.08.2018	4	14.00	12,5	-	-
29.08.2018	4	17.00	12,5	15,1	-
30.08.2018	1	09.00	-	-	-
30.08.2018	2	-	-	-	-
30.08.2018	3	-	-	-	-
30.08.2018	4	-	-	-	-
31.08.2018	1	09.00	-	-	-
31.08.2018	2	-	-	-	-
31.08.2018	3	-	-	-	-
31.08.2018	4	-	-	-	-

Vedlegg 1 fortsetter.

Dato	Bur	Kl.slett	Dybde cm	Temp. °C	Ledn. µS/cm
05.09.2018	1	09.30	11,5	11,6	-
05.09.2018	2	09.50	3	11,9	-
05.09.2018	3	10.10	7,5	11,8	-
05.09.2018	4	11.50	14,5	12,6	-
19.09.2018	1	09.00	30	10,1	55,2
19.09.2018	2	09.30	5,5	10,6	58,5
19.09.2018	3	09.45	12	10	43,7
19.09.2018	4	10.00	19,5	11,3	71,8
16.10.2018	1	11.20	66	5,1	44,4
16.10.2018	2	10.45	40	5,1	43,9
16.10.2018	3	09.40	41	5	37
16.10.2018	4	10.05	49	5,1	61,7
29.11.2018	1	-	38,5	2,1	-
29.11.2018	2	-	20	2,1	-
29.11.2018	3	-	32	2,2	-
29.11.2018	4	-	38	0,1	-
05.06.2019	1	-	12	12,8	50,8
05.06.2019	2	-	-	12,8	49,8
05.06.2019	3	-	8	11,5	43,4
05.06.2019	4	-	16,5	13,4	61,7

Vedlegg 2. Rotenonkonsentrasjoner i Sagbekken (nedre og øvre del, bur 1 og 2), Fuglåsbecken (bur 3) og bekken fra Vinterbakktjønnna (bur 4) i Sika-vassdraget. Konsentrasjonen er angitt som µg/l rotenon. Dette er regnet om til p.p.m. CFT-Legumin for sammenligning med målkonsentrasjonen.

Dato	kl.	Bur	Stasjon	Resultat	
				µg/L	p.p.m.
28.08.2018	-	3	Fuglåsbecken	-	-
	18.00	4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	0	0
	18.00	2	Sagbekken øvre	0	0
	18.00	1	Sagbekken nedre	0	0
29.08.2018	09.00	3	Fuglåsbecken	0	0
	14.00			40,72	1,16
	18.00			17,88	0,51
	09.00	4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	15,90	0,45
	14.00			27,60	0,79
	18.00			22,67	0,65
	09.00	2	Sagbekken øvre	4,72	0,13
	14.00			34,82	0,99
	18.00			22,13	0,63
	09.00	1	Sagbekken nedre	4,27	0,12
	14.00			7,06	0,20
	18.00			41,36	1,18
30.08.2018		3	Fuglåsbecken	0	0
		4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	18,50	0,53
		2	Sagbekken øvre	4,67	0,13
		1	Sagbekken nedre	4,28	0,12
31.08.2018		3	Fuglåsbecken	0	0
		4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	16,70	0,48
		2	Sagbekken øvre	2,76	0,08
		1	Sagbekken nedre	0,98	0,03
05.09.2018		3	Fuglåsbecken	0	0
		4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	12,40	0,35
		2	Sagbekken øvre	2,40	0,07
		1	Sagbekken nedre	1,24	0,04
12.09.2018		3	Fuglåsbecken	0	0
		4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	16,66	0,48
		2	Sagbekken øvre	0	0
		1	Sagbekken nedre	0	0
18.09.2018		3	Fuglåsbecken	0	0
		4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	14,66	0,42
		2	Sagbekken øvre	4,48	0,13
		1	Sagbekken nedre	0	0
17.10.2018		3	Fuglåsbecken	-	-
		4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	0	0
		2	Sagbekken øvre	0	0
		1	Sagbekken nedre	0	0
31.10.2018		3	Fuglåsbecken	-	-
		4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	0	0
		2	Sagbekken øvre	0	0
		1	Sagbekken nedre	0	0
14.11.2018		4	Bekken fra Vinterbakktjønnna	0	0
		2	Sagbekken øvre	0	0
		1	Sagbekken nedre	0	0
28.11.2018		2	Sagbekken øvre	0	0
		1	Sagbekken nedre	0	0

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

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

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

1760

NINA Rapport

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-4515-9

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger