

2217

NINA Rapport

Overvåking av elvemusling og fisk i Fulldøla i forbindelse med Follsja kraftverk i 2022

Bjørn Mejdell Larsen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Det 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 og fisk i Fulldøla i forbindelse med Follsja kraftverk i 2022

Bjørn Mejdell Larsen

Larsen, B.M. 2022. Overvåking av elvemusling og fisk i Fulldøla i forbindelse med Follsja kraftverk i 2022. - NINA Rapport 2217. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, desember 2022

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-5012-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Jon H. Magerøy

ANSVARLIG SIGNATUR

Ass. forskningssjef Tonje Aronsen (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Småkraft AS, Bergen

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

2042.01 – Follsja Drift

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Bjarne Vaage

FORSIDEBILDE

Fulldøla © Bjørn Mejdell Larsen

NØKKEWORD

Fulldøla, Notodden kommune, Vestfold og Telemark – elvemusling – ørret – utbredelse – tetthet – lengde – vannkraftregulering – skylleflom – overvåking

KEY WORDS

River Fulldøla, Notodden municipality, Vestfold and Telemark County – freshwater pearl mussel – brown trout – distribution – density – length – hydropower – controlled flooding – monitoring

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo

Sognsveien 68
0855 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen

Thormøhlensgate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Larsen, B.M. 2022. Overvåking av elvemusling og fisk i Fulldøla i forbindelse med Follsja kraftverk i 2022. – NINA Rapport 2217. Norsk institutt for naturforskning.

Fulldøla hadde en liten bestand av elvemusling på 1990-tallet, som ble ytterligere redusert utover på 2000-tallet. Det ble lagt stor vekt på å bevare de resterende individene, og da Follsja kraftverk ble etablert i 2015 ble det stilt krav om en minstevannføring på 250 l/s hele året i Fulldøla og skylleflommer om våren. NINA undersøkte forholdene både for elvemusling og fisk i vassdraget første gang i 2018 (NINA Rapport 1600). Effekten av en foreslått endring i kjøringen av de pålagte skylleflommene ble undersøkt i 2019–2020, og en ny miljøundersøkelse med overvåking av elvemusling og ørret ble deretter gjennomført i 2022.

I 2022 ble det påvist 66 levende muslinger (en økning fra 2018), hovedsakelig innenfor det samme utbredelsesområdet som tidligere. I tillegg er det funnet muslinglarver på ørretunger i alle deler av Fulldøla, men med størst antall i eller nedenfor området der tettheten av muslinger er størst, tilsvarende nedre halvdel av Fulldøla. Men det er også funnet muslinglarver i et lite antall på ørret i øvre del av elva. På grunn av vandringshindre for ørret må muslinglarvene som ble funnet på ørretungene i øvre del, stamme fra muslinger som faktisk befinner seg der. Disse er foreløpig ikke påvist.

Det var to lengdegrupper av elvemusling i Fulldøla i 2022 – en gruppe eldre muslinger som alle var 97–113 mm lange og en annen gruppe muslinger med skallengde mellom 63 og 91 mm som alle var yngre enn 20–22 år. Den minste muslingen i 2018 var 34 mm og sju år (2011-årsklassen). Den minste muslingen i 2022 var 63 mm og mest sannsynlig 12 år gammel (2010-årsklassen). Det kan bety at det har vært en liten, men årviss nyrekruttering til bestanden i Fulldøla fra omkring år 2000 og fram til 2011. Alle muslingene som ble funnet i 2022 hadde kommet opp i reproduktiv alder, og det ble funnet en graviditetsfrekvens på 77 % i begynnelsen av august 2022. Det betyr at antall muslinglarver som produseres har økt i de siste årene, noe som samtidig har økt potensialet for at ørretungene i elva blir infestert med muslinglarver.

Fulldøla karakteriseres som kalkfattig og klar. Elva blir ikke brukt som resipient, da det ikke finnes bebyggelse eller andre forurensende aktiviteter langs elveløpet og Follsja er i liten grad påvirket av eutrofiering. Vassdraget var tidligere påvirket av sur nedbør, men vannkvaliteten har bedret seg over tid. pH har økt fra 6,1–6,5 på slutten av 1990-tallet til 6,5–7,1 i 2018–2020. Vannfarge og totalt organisk karbon har også økt fra henholdsvis 15 mg Pt/l og 3,3 mg/l på 1970–1990-tallet til 28 mg Pt/l og 4,5 mg/l i 2018–2020. Turbiditeten er gjennomgående lav i Fulldøla (<0,5 FTU).

Det største avviket når det gjelder miljø- og habitatforholdene for elvemusling ser vi når vi måler redokspotensialet 5–7 cm nede i elvebunnen (der elvemuslingen lever nedgravd i de første leveårene sine), og ser på reduksjonen i redokspotensial mellom overflatevann og substratet. Habitatkvaliteten var antydningvis noe bedre i 2022 enn i 2018. Mediant redokspotensial i substratet var lavere enn 300 mV (anaerobe forhold) på fire av de fem stasjonene som ble undersøkt i august 2018 (tilsvarende *moderat* habitatkvalitet), men bare på én av de fem stasjonene i 2022 (før kjøring av skylleflom). Men alle stasjonene hadde fortsatt en reduksjon i redoksverdi som var over 30 % (38–50 %) i 2022. Selv om reduksjonen i redokspotensial klassifiserer til *dårlig* habitatkvalitet, tilsier redokspotensialet i substratet at habitatkvaliteten for ungmuslinger generelt sett var *moderat* til *dårlig*.

Etter kjøring av skylleflom ble forholdene tilsynelatende litt bedre både i 2018 og 2022. Det var en økning på henholdsvis 10 og 6 % i gjennomsnittlig redokspotensial i substratet for de fem stasjonene. Den generelle tilstanden i hele Fulldøla var likevel at habitatkvaliteten var *moderat* til *dårlig* i 2022. Etter en skylleflom observeres det likevel at elvebunnen er renere med mindre slam, mudder og algebegroing (positiv visuell effekt). Det ser dessverre ut til at denne effekten

er overfladisk og ikke trenger dypt nok ned i elvegrusen til å fjerne avleirede finsedimenter nede i substratet.

Habitatet for ørret ble gjennomgående vurdert som «egnet» i Fulldøla. Gjennomsnittlig tetthet av ørretyngel (alder 0+) og eldre ørretunger (alder $\geq 1+$) var henholdsvis 22 og 5 individ pr. 100 m². Tilstanden varierte fra *svært dårlig* (på grensen til *dårlig*) til *svært god* på de fire stasjonene. Tettheten av ørretyngel var høyere enn i 2018 mens tettheten av eldre ørretunger var vesentlig lavere. Høyest tetthet av ørretyngel (53 individ pr. 100 m²) ble funnet i nedre del, på strekningen som fungerer som gyteområde for ørreten i Tinnåa. I tillegg til ørret ble det funnet ørekyte på alle stasjonene i moderat tetthet. Ørret er eneste vertsart for elvemuslingens larver i Fulldøla («ørretmusling»). Moderat høy tetthet av ørret er derfor viktig for å sikre reproduksjonen og opprettholde populasjonen av elvemusling. Dessverre var antall ørret på den strekningen av elva der de fleste muslingene sto, vesentlig lavere enn i resten av vassdraget.

Fra 1990 ble avløpet fra Follsjå holdt åpent hele året. På den måten unngikk man det som tidligere ble beskrevet som «tørrlegging av elveløpet» og vannføringen i Fulldøla ble mer stabil gjennom året. Etter byggingen av Follsjå kraftverk ble det i konsesjonsvilkårene gitt bestemmelser om reguleringen av Follsjå og minstevannføring i Fulldøla samt krav til skylleflommer. Det har bare vært fire perioder med overvann av betydning på Follsjå etter at kraftverket ble startet i 2015. Det meste av tiden har derfor vannføringen vært stabil og lik minstevannføringen. Unntaket var sommeren 2018, da vannføringen måtte reduseres i en periode på nærmere sju uker, og var nede i 90 l/s i seks av disse ukene og i 2022, da vannføringen ble redusert i en periode på nærmere fire uker (100 l/s). Dette kan ha hatt betydning for at habitatkvaliteten (redoksverdier) ble vurdert som dårligere enn forventet i august.

Tiltak som fortsatt kan være aktuelle for å opprettholde bestandene av elvemusling og ørret kan være:

- Ny endring av rutinene for kjøring av skylleflommer. Dagens rutine er å kjøre én flomtopp med varighet på tre timer hver dag i to påfølgende dager vår (15. april – 15. mai) og høst (15. august – 15. september). Det foreslås å endre dette og begrense det til én flomtopp med varighet på tre timer bare én dag i de samme tidsrommene (vår og høst). I tillegg må det suppleres med en tilsvarende flomtopp med varighet på tre timer i én dag i midten av juni (10.–20. juni) og én dag i midten av juli (10.–20. juli). Alternativt kan det kjøres en todagers skylleflom i midten av juni. Denne kjøres som en kortvarig flom (puls) av tre timers varighet hver dag. Vannføringen bør da tilsvare ca. 3000 l/s den første dagen mens det bare kjøres en mindre opprenskning den andre dagen, med en vannføring på 1200 l/s. Da bortfaller skylleflommen i midten av juli. Forslaget baserer seg på at det bare skal brukes samme vannmengde som i dag
- Innsamling av stammuslinger for bruk til kultivering og oppdrett av muslinger. Etter to–tre vekstsesonger i anlegg vil disse kunne egne seg for tilbakeføring og utsetting
- Innsamling og flytting av ørret opp til lokaliteten med elvemusling, for at et større antall muslinglarver skal få tilgang på riktig vertsart
- Følge opp eventuelle tiltak med etterundersøkelser/overvåking av vannkvalitet, musling (antall og lengdefordeling) og redokspotensial.

Ved en eventuell endring i rutinene for kjøring av skylleflommer, anbefales det å følge opp dette med nye vannprøver i to år (2023 og 2024), gjerne supplert med nye redoksmålinger før og etter skylleflommen i august 2024. Lokalteter med overvåking av elvemusling skal i utgangspunktet undersøkes hvert sjette år i tråd med Norsk standard NS–EN 16859:2017 (Veiledning for overvåking av elvemuslingpopulasjoner (*Margaritifera margaritifera*) og deres livsmiljø). En ny undersøkelse av elvemusling, fisk og redokspotensial etter samme opplegg som i 2022, bør derfor gjennomføres senest i 2028. I denne seksårsperioden bør samtidig kultivering som tiltak utredes videre.

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

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Område	11
3 Utnyttning av vannressursene i Follsja og Fulldøla og vannføring gjennom året	13
4 Vannkvalitet	17
5 Effekt av skylleflommer	21
5.1 Vannkvalitet.....	21
5.2 Redokspotensial.....	22
5.3 Visuell endring av elvebunnen etter skylleflommer.....	26
6 Fisk	29
6.1 Forekomst av ørret og ungfisktetthet.....	29
6.2 Lengdefordeling og vekst hos ørret.....	31
6.3 Muslinglarver på gjellene til ørret.....	31
7 Elvemusling	34
7.1 Forekomst og utbredelse.....	37
7.2 Antall/tetthet.....	37
7.3 Lengdefordeling.....	38
7.4 Alderssammensetning og vekst.....	39
7.5 Reproduksjon.....	39
8 Oppsummering og diskusjon	41
9 Referanser	49
10 Vedlegg	52
10.1 Fastsettelse av økologisk tilstand og naturindeks hos elvemusling.....	52
10.2 Fastsettelse av poengklasser for bedømmelse av levedyktighet hos elvemusling.....	53

Forord

NINA gjennomførte i 2018, på oppdrag fra Småkraft AS, en undersøkelse av status for bestandene av ørret og elvemusling i Fulldøla nedstrøms Follsjå, i forbindelse med driften av Follsjå kraftverk, samt en vurdering av effekten av pålagte skylleflommer i vassdraget.

Etter innspill fra NINA ble det foreslått å endre rutineene for kjøring av de konsesjonspålagte skylleflommene i Fulldøla. Dette ble fulgt opp med vannprøvetaking før, under og etter skylleflommene som ble gjennomført både vår og høst i 2019 og 2020. Småkraft AS ønsket etter dette å følge opp arbeidet i Fulldøla med en ny overvåking av ørret og elvemusling i 2021. Dette ble av ulike grunner utsatt til 2022, da NINA fikk i oppdrag å utarbeide et prosjektforslag som ble presentert for Småkraft AS i mars 2022. NINA fikk senere samme måned oppdraget med å videreføre miljøundersøkelsene med vekt på forekomsten av elvemusling og fisk i Fulldøla. I den sammenheng vil vi takke prosjektleder Bjarne Vaage hos Småkraft AS for et hyggelig og godt samarbeid underveis i prosjektet. En spesiell takk går også til stasjonsleder Bjørn Helgesen hos Tinfos AS, som har vist stor interesse for prosjektet og bidratt med opplysninger om driften av Follsjå kraftverk og vannføringsdata fra de siste årene.

Trondheim, desember 2022

Bjørn Mejdell Larsen

Prosjektleder

1 Innledning

Elvemuslingen i Fulldøla har bare vært kjent siden midten av 1990-tallet (Samlet plan 1996), men i forbindelse med kraftverksplaner i vassdraget ble forekomsten av muslinger undersøkt ved flere anledninger (Heggenes & Lande 1998, Roer 2005, Gustavsen 2010, Gregersen 2011, Sandaas & Enerud 2014; 2016). Utviklingen så imidlertid ut til å være negativ over tid, og bare eldre muslinger ble påvist (Gregersen 2011, Sandaas & Enerud 2014). I 2018 gjennomførte Larsen (2018a) en ny kartlegging av elvemusling i Fulldøla. Det totale antall musling som ble påvist lå da tett opptil 50 individ. I tillegg ble det funnet muslinglarver på ørretungene i store deler av Fulldøla. Dette var en positiv utvikling for en bestand som tidligere var beskrevet som nær utdødd. Det var to lengdegrupper av elvemusling – en gruppe eldre muslinger som var 100–112 mm, og en gruppe muslinger med skallengde 34–81 mm, der alle i den siste gruppa var et resultat av nyrekruttering. Det ble ikke funnet tomme skall eller skallrester i noen del av elva.

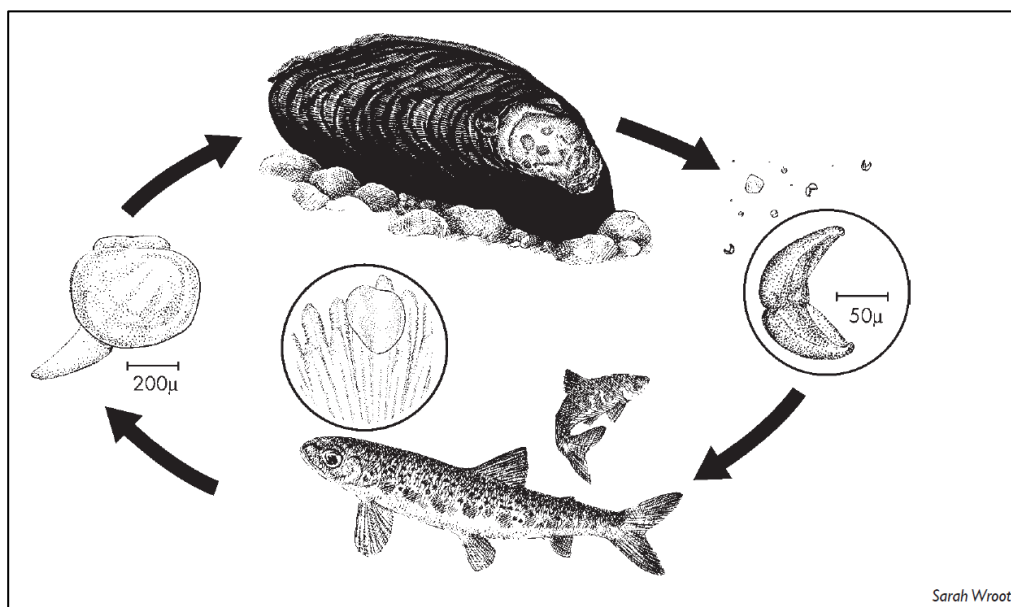
Forekomsten av ørret i Fulldøla var mangelfullt undersøkt, før elva ble kartlagt første gang på 1990-tallet (Samlet plan 1996). I nedre del (strekning på 500–800 m) av Fulldøla ble det antatt at Fulldøla fungerte som gyte- og oppvekstområde for ørretbestanden i Tinnåa/Kloumannsjøen (Samlet plan 1996). I forbindelse med kraftverksplaner i vassdraget er det senere nevnt både ørret og ørekyte i Fulldøla (Roer 2005, Gustavsen 2010, Gregersen 2011). Da det ikke var gjennomført fiskeundersøkelser med beregning av fisketetthet tidligere, ble dette gjennomført første gang i 2018 (Larsen 2018a). Habitatet for ørret ble gjennomgående vurdert som «egnet» (moderate gytemuligheter og noe skjul til stede), og ørretbestanden i vassdraget som helhet ble klassifisert som *moderat*. I tillegg til ørret ble det funnet ørekyte på alle stasjonene i moderat tetthet.

Fulldøla var tidligere et fløtningsvassdrag, og de gamle dammene på utløpet av Follsjå er opprinnelig gamle fløtnings- og reguleringsdammer. Etter at den ordinære fløtningen opphørte i 1970, har en grunneierkomite (Follsjå-komiteen) utført manøvreringen, stort sett innenfor et reguleringsintervall på 1,5 m (Samlet plan 1996). På 1990-tallet tok Øst-Telemarkens Brukseierforening opp spørsmålet med grunneierne om å videreføre reguleringen av Follsjå for kraftproduksjonsformål. Dette ledet i sin tur til at det ble utredet forslag til regulering, overføring og utbygging av Follsjåområdet (Samlet plan 1996). Disse planene ble derimot ikke gjennomført. Fulldøla har derfor aldri vært utnyttet til kraftverksformål før planene om Follsjå kraftverk ble lagt fram. Søknad om konsesjon ble levert 13. mars 2008. Etter en omfattende høringsrunde ble det 17. desember 2012 gitt tillatelse til regulering av Follsjå og bygging og drift av Follsjå kraftverk. I vassdragskonsesjonen ble det gitt bestemmelser om reguleringen av Follsjå og minstevannføring i Fulldøla samt krav til skylleflommer om våren. Kraftverket ble åpnet i februar 2015, etter en byggeperiode på mindre enn ett år.

I vilkårene for konsesjonen heter det at «konsesjonæren plikter etter nærmere bestemmelse av Fylkesmannen a) å sørge for at forholdene i Follsjå og Fulldøla er slik at de stedeagne fiskestammene i størst mulig grad opprettholder naturlig reproduksjon og produksjon og at de naturlige livsbetingelsene for fisk og øvrige naturlig forekommende plante- og dyrepopulasjoner forringes minst mulig, b) å kompensere for skader på den naturlige rekruttering av fiskestammene ved tiltak». Dessuten plikter konsesjonæren «etter nærmere bestemmelse av Fylkesmannen å sørge for at forholdene for plante- og dyrelivet i området som direkte eller indirekte berøres av utbyggingen forringes minst mulig og om nødvendig utføre kompenserende tiltak».

I Fulldøla skjer formeringen hos elvemusling i løpet av sensommeren (Larsen 2018a). Hos hunnen flyttes de modne eggene fra gonaden ut til gjellene der befruktningen skjer. De befruktete eggene forblir i muslingens gjelleblader, og utvikler seg der i løpet av en fire–fem ukers tid til muslinglarver (glochidier). Gjellene fungerer altså som «yngelkammer» for muslinglarvene. I løpet av august støtes millioner av små (ca. 0,04 mm lange) muslinglarver ut i elvevannet (**figur 1**). Denne frigivelsen skjer relativt synkront for hele populasjonen. For å utvikle seg videre har muslinglarvene i Fulldøla

et obligatorisk stadium på gjellene til ørret og må i løpet av én til noen få dager feste seg til fiskegjellen, for at utviklingen fra larve til ferdig utviklet musling skal bli vellykket (Jansen et al. 2001, **figur 1**). Moderat høy tetthet av ørret i hele Fulldøla er derfor viktig, for å sikre reproduksjonen og for at muslingene skal overleve på lang sikt. Det parasittiske stadium på ørretungene varer normalt fra 10 til 11 måneder (1400 døgngrader; Larsen 2012). Larvene vokser i denne perioden (fra 0,04 til 0,35–0,45 mm) og gjennomgår en omfattende metamorfose.



Figur 1. Skjematisk framstilling av elvemuslingens generelle livssyklus. I løpet av perioden juli–oktober (tidspunkt avhenger av lokalitet) støtes millioner av små (ca. 0,04 mm) muslinglarver ut i elvevannet. Muslinglarvene har et obligatorisk stadium på gjellene til laks eller ørret (avhengig av lokalitet) og må i løpet av kort tid feste seg til en fiskegjelle, for at utviklingen fra larve til ferdig utviklet musling skal bli vellykket. Den lille muslingen slipper seg av fisken om våren eller tidlig på sommeren året etter og lever nedgravd i substratet i de første leveårene. Figuren er hentet fra Skinner et al. (2003).

Den neste kritiske fasen i elvemuslingens livssyklus er perioden etter at muslingen har sluppet seg av fisken og skal etablere seg i grusen (bl.a. Bauer 1989, Jansen et al. 2001). Young & Williams (1984) estimerte at 95 % av muslingene døde i de første 5–8 årene og at små endringer i miljøet kunne øke dødeligheten ytterligere. De unge stadiene dør som oftest på grunn av oksygenmangel i forbindelse med eutrofiering og nedslamming av elvebunnen.

De voksne muslingene forflytter seg i liten grad etter at de har etablert seg på elvebunnen. Spredning innad i vassdrag og mellom vassdrag skjer derfor mens muslinglarvene er festet til fisken. Veksthastigheten til muslinger avhenger av vanntemperatur, vannkvalitet og tilgang på næring.

Elvemuslingens komplekse biologi gjør at det finnes mange menneskelige aktiviteter som påvirker arten direkte eller indirekte. Elvemuslingen har et stasjonært levevis i rennende vann. Den er dermed fullstendig prisgitt kvaliteten på vann og tilført næring, der den har funnet sin plass i elva. En elvemusling har liten mulighet til å rømme unna en vedvarende negativ påvirkning. En kortvarig episode, påvirkning eller belastning vil muslingene imidlertid klare ved å lukke skallene.

All aktivitet i nedbørfeltet ovenfor eller i nær tilknytning til en populasjon av elvemusling vil potensielt kunne påvirke muslingene. Høy tilførsel av næringsstoff (eutrofiering), forsuring, utryddelse eller reduksjon i populasjoner av vertsfisk, vassdragsregulering (endringer i

vannføring/temperatur), kanalisering, bekkelukking, erosjon fra land- og skogbruksområder, snauhogst, drenering av myrer og annen utmark, graving og byggeaktiviteter med høyt partikkelutslipp, avrenning fra trafikk, giftutslipp og klimavariasjoner kan være viktige faktorer i dette bildet.

Vassdragsreguleringer påvirker i stor grad den naturlige vannføringen. De vil derfor kunne endre habitatet til muslinger ved at variabler som flom, vannhastighet, vanddekt areal og substratkvalitet påvirkes (Larsen 2012). Elvemuslingen har strenge habitatkrav, og vannkraftreguleringer kan derfor potensielt føre til betydelige forstyrrelser. Utbredelsen av muslinger vil normalt være begrenset av laveste vannføring i løpet av året. Ved reduksjon i vanddekt areal og lengre perioder med liten vannføring nedstrøms en dam, vil muslinger kunne strandre på grunt vann. Muslinger beveger seg sakte og responderer ikke raskt nok på hurtige vannstandssenknninger. Stranding forårsaker fysiologisk stress som forstyrrer reproduksjonen og reduserer formeringsevnen. Sekundære effekter (lavt oksygeninnhold, høy vanntemperatur, algevekst, konsentrering av forurensende stoff og økende avsetning av silt og finpartikulært materiale) kan øke dødeligheten selv i områder som fortsatt er vanddekte.

En regulering kan påvirke substratet direkte ved nedslamming på grunn av redusert vannhastighet (Larsen 2012). Dette reduserer tilgjengelige gyteområder for laksefisk og oppvekstområder for elvemusling. Endringer i vanntemperatur kan forekomme som følge av endret vannføringsregime (reduisert/økt vannføring og tapping av kaldere vann fra magasiner). I tillegg til at leveområdet for vannlevende dyr innskrenkes når vannføringen er lav, kan endringer i temperaturforholdene også forstyrre livssyklus.

Vannføringsendringer, som fører til økt erosjon, transport og sedimentasjon av partikler, vil sammen med høyt næringsinnhold forringe habitatet til elvemuslingene og skade oppvekstområdene. Substratet nedslammes, oksygenet forbrukes til nedbrytingen av tilført organiske materiale og de unge muslingene dør. Høy turbiditet, høy næringstilførsel med tilslamming og sedimentasjon av finpartikulært materiale er de faktorene som kanskje har størst innvirkning på rekruttering og levedyktighet til bestander av elvemusling.

Generelt synes det som om en elvemusling kan klare seg bra der det er satt krav om tilstrekkelig minstevannføring på regulerte elvestrekninger og der hvor restfeltet bidrar til å opprettholde et visst nivå på vannføringen. Men opprettholdelse av flomvannføring i vassdrag er også viktig, da de flytter på og transporterer, finpartikulært materiale ut av vassdraget. Ved vassdragsregulering dempes gjerne flommene ved at vannet magasineres. Dette medfører en opphopning av finstoff på elvebunnen, som vil kunne skape ulevelige forhold for de minste muslingene. I mange regulerte vassdrag benyttes derfor skylleflommer (spyleflommer) som tiltak for å bøte på dette (**figur 2**). Målet er å renske elva for uønsket begroing av alger og mose og fjerne uønskede sedimenter eller fjerne/fortynne forurensning.

Med bakgrunn i dette gjennomførte Småkraft AS en basisundersøkelse i Fulldøla i 2018, som kartla og beskrev forholdene både for elvemusling og fisk i vassdraget etter oppstarten av Follsjå kraftverk. I tillegg skulle effekten av de pålagte skylleflommene undersøkes. Resultatene av denne kartleggingen ble presentert i NINA Rapport 1600 (Larsen 2018a). Kartleggingen i 2018 ble fulgt opp med en ny miljøundersøkelse i 2022, med overvåking av ørret og elvemusling samt redoksmålinger og en vurdering av gjennomførte endringer i slippet av skylleflommer. Det er resultatene fra feltarbeidet i Fulldøla som ble gjennomført 19.–20. mai 2022 (elfiske (innsamling av gjelleprøver), kartlegging av elvemusling) og 29.–31. juli samt 3. august 2022 (redoksmålinger, elfiske (fisketetthet) og supplerende kartlegging av elvemusling) som presenteres i denne rapporten. Undersøkelsene av elvemusling og fisk ble gjennomført på stabil minstevannføring (0,25 m³/s). I tillegg ble det, i forbindelse med gjennomføring av skylleflommer i mai og august 2019 og 2020, tatt vannprøver før, under og etter skylleflommene fra en stasjon i nedre del av vassdraget, som også presenteres i denne rapporten.



Figur 2. Endringen av Fulldøla fra normal minstevannføring (til venstre) til vannføring under skylleflom (til høyre). Eksempelene er hentet fra elvestrekningen nedenfor Hestøyan (øverst) og Makkhølen (nederst) 19. og 20. august 2018. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

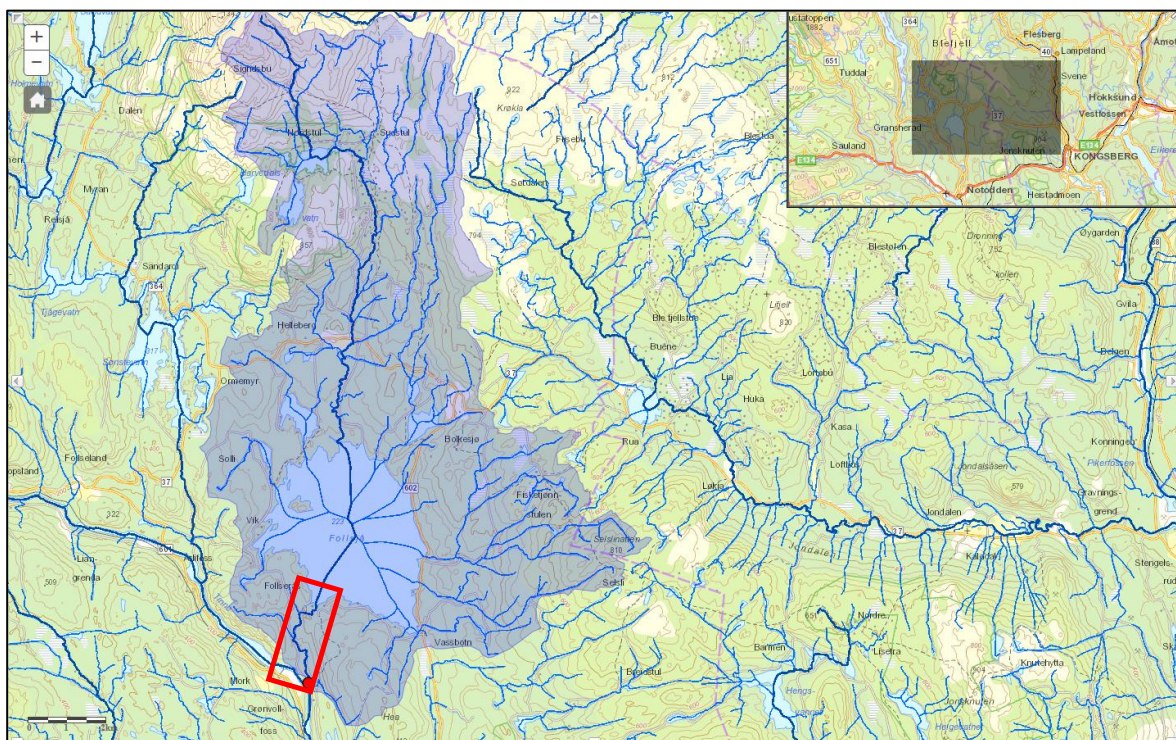
2 Område

Fulldøla (vassdragsnr. 016.F3Z) ligger i Notodden kommune, Vestfold og Telemark fylke, og er en av flere sideelver som renner ut i Tinnåa (**figur 3**), som er en del av Skiensvassdraget. Fulldøla har et totalt nedbørfelt på 115,0 km². Fra sine kilder på Blefjell renner hovedvassdraget sørover. Foruten Harvedalsvatnet (752 moh.) og Nordstulvatnet (746 moh.) er de nordre deler av vassdraget fattige på større innsjøer. Fra de østlige deler av Blefjellområdet, som er et myrlendt landskap med flere mindre dammer, renner Esperåa sørover til Follsjå (224–225 moh.). Teksjå (230 moh.), Aurstjønn (344 moh.) og Bolkesjø (320 moh.) er mindre vann som drenerer til Follsjå fra nord. Øst for Follsjå drenerer en rekke mindre vann og tjern som samler seg i to bekker, Storebekk og en bekk gjennom Langedal. Follsjås overflateareal er ca. 11 km². Avløpet fra Follsjå renner ut i Fulldøla, som løper sammen med Tinnåa en kilometer nedstrøms Grønnvollfoss kraftverk.

Skog dominerer i nedbørfeltet og dekker 69,5 % av arealet. Snaufjell utgjør 8,9 %, og innsjøer og myr dekker henholdsvis 14,3 og 2,8 %. Det er svært lite dyrket mark (0,5 %) og ingen bebyggelse av betydning (<http://nevina.nve.no/>).

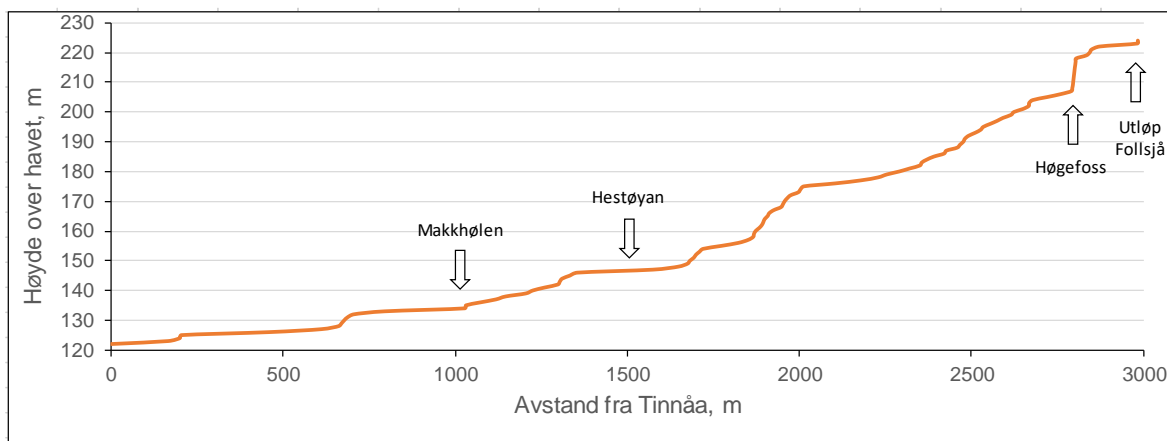
Nedbørfeltet har en gjennomsnittlig årstemperatur i luft på 2,2 °C, og gjennomsnittstemperaturen i juli og august er henholdsvis 12,2 °C og 11,9 °C (<http://nevina.nve.no/>). Årsnedbøren er på 810 mm, fordelt med 407 mm om sommeren og 403 mm om vinteren. Det naturlige tilsiget i nedbørfeltet er lavest i februar–mars og september.

Avrenningen i nedbørfeltet er relativt stabil fra år til år med dominerende vår- og høstflom. Laveste vannføring opptrer gjerne om vinteren. Middelvannføringen er 2,1 m³/s, og fem-persentilen (Q₉₅) for sommer- og vintervannføring er beregnet til 216 l/s.



Figur 3. Nedbørfeltet til Fulldøla (016.F3Z). Kart fra <http://nevina.nve.no/>. Undersøkt elvestrekning er markert med rød ramme.

Fulldøla er morfologisk sett ganske variert (**figur 4**). Øverst finnes det på en kort strekning, alt fra den relativt steile Høgefoss til krappe elvesvinger, lange, trange juv, småstryk og høler. På midtpartiet forandrer elva karakter, med en kombinasjon av fosser og stryk brutt opp av roligere slynger på elvesletter (Hestøyen), trange passasjer og dypere høler (Makkhølen). Den nederste delen av elva har lavere fallhøyde og domineres av brede, flatere partier ned mot samløpet med Tinnåa. Fiskebestanden i Fulldøla blir stykket opp av de ulike fossene og strykene, som fungerer som vandringshindre (**figur 5**) for oppstrøms vandring.



Figur 4. Lengdeprofil for Fulldøla fra Tinnåa (122 moh.) til utløpet av Follsjå (224 moh.).



Figur 5. Fulldøla har flere fosser og bratte stryk som hindrer eller hemmer fiskevandringen i vassdraget. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

3 Utnytting av vannressursene i Follsjå og Fulldøla og vannføring gjennom året

Vannet i Fulldøla har i flere hundre år blitt benyttet for å drifte kverner og sagbruk, men av større betydning har bruken av vassdraget til tømmerfløtning vært. Fulldøla er nevnt i gamle dokumenter som fløtningselv på 1700-tallet, men det har nok sannsynligvis vært tømmerfløtning gjennom Follsjå og Fulldøla helt siden 1600-tallet. For å få nok vann i elva ble det bygd fløtnings- og reguleringsdammer i Follsjå, for å samle vann som så kunne slippes ut under fløtning. Dammene som var i drift helt til fløtningen ble avsluttet i 1970 (Storedam og Vesledam som stod ferdig i henholdsvis 1913 og 1920), er fortsatt beholdt etter byggingen av Follsjå kraftverk (**figur 6**).



Figur 6. Gamle fløtnings- og reguleringsdammer og nye kraftverksdammer på utløpet av Follsjå – Vesledam til venstre og Storedam til høyre. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Det er mange kulturminner i nedbørfeltet til Fulldøla som knytter seg til utnytting av vannressursene i Follsjå og Fulldøla. I tillegg til de gamle fløtningsdammene ble det i 1890 bygd en 475 m lang tømmerrenne fra en av dammene, for å unngå de vanskeligste partiene i øvre del av Fulldøla (**figur 7**). Renna var i kommersiell bruk fram til 1970 og ble siste gang benyttet til tømmerfløtning i 1976. I tillegg finnes det ca. 20 ulike anordninger for å lede tømmeret nedover elva (<http://www.notoddenhistorielag.no/index.php?page=flotingsanordninger>). Dette er for det meste skjermar av stein, som er kledd med tømmer, men det er også noen av betong nederst i elva (**figur 7**). Videre er det løftedammer for å lede tømmeret over vanskelige partier og stemmer (terskler), for å heve vannstanden i rolige partier av elva. Ellers er det utført mye sprengningsarbeider i elveleiet. Det er også registrert to møllefundament og rester etter et sagbruk i vassdraget (Samlet Plan 1996, Folseraas 2003).

Oppdemmingen av Follsjå og slipp av vann under fløtningsperioden medførte store variasjoner i vannføring i løpet av året. Reguleringsretten knyttet til fløtningen gjaldt fra «snøsmeltingen inntrer» og ut fløtningsperioden eller til og med juli måned. Tidligere vannføringsmønster er imidlertid noe uklart, men etter et rettsforlik fra 1929 ble reguleringshøyden i Follsjå satt til 2,3 m. De gamle dammene (Vesledam og Storedam) hadde ingen innretninger for spesifikk tapping av minstevannføring, og fram til 1990 ble vassføringen i Fulldøla styrt ved hjelp av tappelukene i Storedam. Under fløtningsperioden ble lukene stengt etter endt sesong og elva «tørrlagt» (med unntak av lekkasjevann gjennom dammen og avløp fra restfeltet). Etter at fløtningen opphørte og fram til 1990, ble reguleringen styrt av Follsjå-komiteen (en grunneier-komite), stort sett innenfor et reguleringsintervall på 1,5 m (Samlet plan 1996). Ved tørre somre, etter tapping av vårfloppen, stengte man fortsatt lukene og elva ble «tørrlagt». I 1990 ble det imidlertid skåret hull i fire av tappelukene, noe som ga jevnere vassføring i Fulldøla. Ved høy vannstand i Follsjå

ble lukene åpnet ytterligere, for å unngå oversvømmelser rundt vannet. På den måten unngikk man det som tidligere ble beskrevet som «tørrlegging av elveløpet», og vannføringen i Fulldøla ble mer stabil gjennom året.



Figur 7. Det var mange fløtningsanordninger i Fulldøla for å lede tømmeret nedover elva. Tømmerrenna, som ble bygd for å unngå de vanskeligste partiene i øvre del, kan fortsatt sees (bildet til venstre). Skjermer ble bygd både av stein kledd med tømmer og i betong (bildet til høyre), for å holde tømmeret i elveløpet. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

På 1990-tallet hadde Follsjå-komiteen planer om å bringe reguleringen av Follsjå til opphør, ved å etablere et fast overløp ved Follsjås utløp. I den anledning tok Øst-Telemarkens Brukseierforening opp spørsmålet med grunneierne om å videreføre reguleringen for kraftproduksjonsformål (Samlet plan 1996). Disse planene ble derimot ikke gjennomført. Fulldøla har derfor aldri vært utnyttet til kraftverksformål, før planene om Follsjå kraftverk ble lagt fram. Der ønsket man å utnytte vannfallet i Fulldøla, ved å regulere Follsjå og bygge kraftstasjon i bunnen av Fulldøla. Søknad om konsesjon ble levert i 2008, og etter en omfattende høringsrunde ble det i slutten av 2012 gitt tillatelse til regulering av Follsjå og bygging og drift av Follsjå kraftverk. I vassdragskonsesjonen ble det gitt bestemmelser om reguleringen av Follsjå og minstevannføring i Fulldøla samt krav til skylleflommer om våren.

Follsjå kraftverk har en brutto fallhøyde på 104 m fra Follsjå til kraftstasjonen ved Grytebakke nær Tinnåa. Follsjå kan reguleres med inntil 1,2 m, med høyeste regulerte vannstand (HRV) på kote 225,0 m og laveste regulerte vannstand (LRV) på kote 223,8 m. Vannet føres i tunnel og nedgravde rør fra inntaket ved Vesledam og ned til kraftstasjonen. Dagens kraftverk fikk konsesjon i 2014 og sto klar for regulær drift fra februar 2015. Kraftverket ble bygget i regi av selskapet Follsjå Kraft AS, men ble senere overtatt av Småkraft AS.

Konsesjon til regulering av Follsjå og bygging av Follsjå kraftverk i Fulldøla ble gitt på følgende vilkår:

- I perioden 15. mai – 15. juli kan Follsjå reguleres inntil 0,5 meter ned (HRV kote 225, LRV kote 224,5).
- I perioden 16. juli – 15. desember kan Follsjå reguleres inntil 0,8 meter ned (HRV kote 225, LRV kote 224,2).
- I perioden 16. desember – 14. mai kan Follsjå reguleres inntil 1,2 meter ned (HRV kote 225, LRV kote 223,8).
- Det skal slippes en minstevannføring på 250 l/s hele året. Dersom tilsiget er mindre enn kravet til minstevannføring og vannstanden i Follsjå er på laveste tillatte nivå for perioden, skal hele tilsiget slippes forbi inntaket. Kraftverket skal i slike tilfeller ikke være i drift.

- Det skal slippes en skylleflom på minimum 2100 l/s to ganger to dager i tidsrommet 15. april – 15. mai.

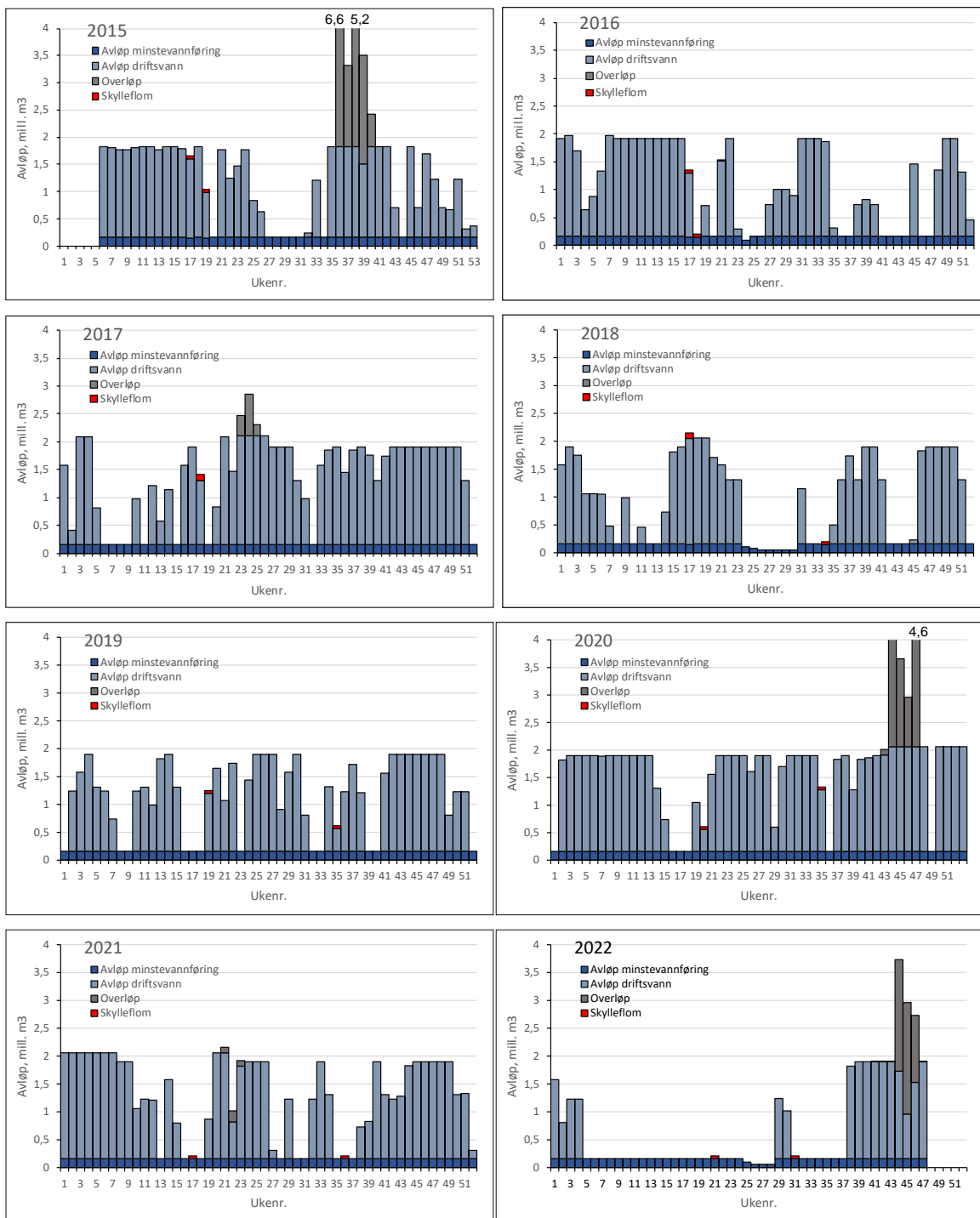
Minstevannføringen holdt seg, med bare ett unntak (uke 24 i 2016), stabil på 250 l/s i de tre første driftsårene (**figur 8**). På grunn av en lang periode med lite eller ikke noe nedbør sommeren 2018, ble man derimot nødt til å redusere minstevannføringen til 150 l/s i dagene 13.–16. juni og 130 l/s i dagene 17.–19. juni, før den ble satt ytterligere ned til 90 l/s i perioden 20. juni–29. juli (**figur 8**). I de neste tre driftsårene (2019–2021) har det igjen vært mulig å holde minstevannføringen stabil på 250 l/s gjennom hele året. Det siste driftsåret (2022) har imidlertid bydd på utfordringer. Lavt tilsig og lite nedbør gjorde det ikke mulig å opprettholde laveste tillatte vannstand i Follsjå, uten at avløpet til Fulldøla ble redusert. I perioden 22. juni – 17. juli (uke 25–28, **figur 8**) ble minstevannføringen dermed redusert til 100 l/s i Fulldøla.

Skylleflommene ble i de fire første driftsårene gjennomført i løpet av ukene 17–19, enten i løpet av samme uke (2017 og 2018) eller fordelt over to uker (2015 og 2016) (**figur 8**).

I 2018 ble det i tillegg gjennomført forsøk med en ekstra skylleflom (én dag) i uke 34 (Larsen 2018a). Erfaringene fra dette forsøket gjorde at Larsen (2018a) foreslo å omdisponere vannmengden som ble benyttet til én av de to skylleflommene om våren (0,05 mill. m³), for å benytte denne vannmengden til en skylleflom i løpet av høsten i stedet. Samtidig ble det foreslått å gjennomføre bare én flomtopp med varighet på tre timer hver dag i to påfølgende dager, i stedet for det opprinnelige pålegget om to flommer av tre timers varighet samme dag i to dager. I realiteten oppnådde man med dette to skylleflommer både vår og høst. Forslaget baserte seg på at det bare skulle brukes samme vannmengde som i tidligere pålegg.

Prosedyren for skylleflom i Fulldøla ble, i tråd med dette forslaget, endret fra og med våren 2019. Skylleflommene skal heretter gjennomføres i periodene 15. april – 25. mai og 15. august – 15. september (**figur 8**). Avvik fra dette skjedde bare høsten 2022, da skylleflommen ble framskynnet til 1. – 2. august i forbindelse med pågående feltarbeid i Fulldøla. Dette gjorde det mulig å samkjøre redoksmålinger både før og etter den planlagte skylleflommen (jfr. Larsen 2018a).

Overløp på Follsjå av noe størrelse og varighet har forekommet bare i fire perioder; ukene 36–40 i 2015 (0,6–4,8 mill. m³), ukene 23–25 i 2017 (0,2–0,8 mill. m³), ukene 43–47 i 2020 (0,1–2,5 mill. m³) og ukene 44–46 i 2022 (1,2–2,0 mill. m³) (**figur 8**). I tillegg er det registrert noe overvann i ukene 21–23 i 2021 (0,1–0,2 mill. m³) og i ukene 41–43 og 47 i 2022 (0,005 mill. m³).



Figur 8. Vannhusholdning ved utløp Follsjå i 2015–2022, oppgitt i mill. m³ pr. uke fordelt på avløp minstevannføring, avløp drift, overvann og skylleflom. Data fra Tinfos AS.

4 Vannkvalitet

Fulldøla–Follsjå-vassdraget er et lavtliggende, litt over middels stort vassdrag, som ligger i et forsursingsutsatt område i økoregion Østlandet. Det er ingen ting som peker i retning av at Fulldøla er en forurenset vannforekomst, og Fulldøla karakteriseres som kalkfattig (kalsium: 1–4 mg/l) og klar (humus/vannfarge: 10–30 mg Pt/l og TOC: 2–5 mg/l) (se **tabell 1** og **tabell 2**) i henhold til vannforskriftens klassifiseringsveileder for miljøtilstand i vann. Elva hører etter dette inn under elvetype R105 (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018).

Vannkjemisk er det store variasjoner innen nedbørfeltet, grunnet store lokale variasjoner i berggrunnens bufferkapasitet mot sur nedbør (Samlet plan 1996). Den nordlige delen av vassdraget har kalkfattige bergarter. I Esperåa ble det i en undersøkelse fra 1989 målt en pH på 4,7. I utløpet av Store Harvedalsvatnet varierte pH mellom 4,20 og 6,88 i perioden 1975–2017, og i utløpet av Bolkesjø (Nauståa) varierte pH mellom 5,48 og 6,63 i perioden 1996–2017 (data fra www.vannmiljo.miljodirektoratet.no/). I Teksjø som ligger i et mer kalkrikt område, ble det i undersøkelsen fra 1989 målt en pH på 6,5. Blanding av surt vann og vann med gunstig pH ga Follsjå en pH på nær 6 i perioden mellom 1975 og 1996 (**tabell 1**). Follsjå stabiliserer også mot store svingninger i pH i perioder med tilførsel av mye sur nedbør. Konsentrasjonen av kalsium, målt mellom 1975 og 1996, var lav på utløpet av Follsjå (1,4–1,7 mg/l; **tabell 1**).

Referanseverdiene for totalt fosfor og totalt nitrogen for elvetyper (R105) er henholdsvis 6 og 200 µg/l (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018). Undersøkelser av næringsalter viser et noe høyt innhold av nitrogen, men lave fosforverdier i Follsjå på 1970–1990-tallet. Konsentrasjonen av totalt nitrogen og totalt fosfor var henholdsvis 3 og 376 µg/l (**tabell 1**). Follsjå/Fulldøla kan etter dette karakteriseres som et vassdrag med *god* tilstand for totalt nitrogen, men *svært god* tilstand med hensyn til totalt fosfor.

Tabell 1. Vannkjemiske data fra Follsjå. Data fra www.vannmiljo.miljodirektoratet.no/.

Dato	Lokalitet	Turb., FTU	Farge, mg Pt/l	Kond., mS/m	TOC, mg/l	pH	Ca, mg/l	Nitrat, µg/l	Tot-N, µg/l	Tot-P, µg/l
xx.xx.1975	Innsjøen	-	20	1,70	-	6,20	1,70	130	320	4,0
xx.xx.1976	Innsjøen	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0
xx.xx.1979	Innsjøen	-	22	1,70	-	6,20	1,60	115	295	5,0
26.9.1986	Utløp	-	15	-	-	5,63	1,42	-	-	-
19.6.1990	Innsjøen	0,35	15	1,73	2,3	5,80	-	190	443	2,4
17.7.1990	Innsjøen	0,52	10	1,67	3,6	5,60	-	180	505	2,8
14.8.1990	Innsjøen	-	10	1,63	4,0	6,20	-	190	420	1,5
10.9.1990	Innsjøen	0,47	15	1,78	3,1	6,00	-	155	270	2,4
22.11.1994	Utløp	-	15	-	-	5,66	1,71	-	-	-
22.6.1996	Utløp	-	15	-	-	5,99	1,53	-	-	-
Gj.snitt		0,45	15	1,7	3,3	5,92	1,59	160	376	3,2

I selve Fulldøla er det tidligere analysert vannprøver bare i 1998 (Heggenes & Lande 1998) og 2010 (Gustavsen 2010). I oktober 1998 var pH = 6,1, farge = 20 mg Pt/l og kalsium = 1,8 mg/l (Heggenes & Lande 1998). I tillegg var totalt fosfor 4 µg/l, som bekrefter at næringsinnholdet var lavt. Selv om pH fortsatt var noe lav i Fulldøla i 1998, var det en tendens til at pH hadde økt i løpet av 1990-tallet, sannsynligvis på grunn av kalking i nedbørfeltet. Denne utviklingen forsterket seg da det på relativt høy vannføring i juni 2010 ble målt pH på 6,3 (Gustavsen 2010).

I forbindelse med en skylleflom som ble kjørt 20. august 2018 (to kortvarige flommer (pulser) av tre timers varighet med to timers mellomrom), ble vannkvaliteten i Fulldøla undersøkt på nytt (**tabell 2**; Larsen 2018a). Den mest markerte endringen i forhold til tidligere vannprøver er økningen i

pH og en noe høyere vannfarge enn tidligere. Vannprøvene viste dessuten at Fulldøla normalt har et lavt innhold av jern (34–42 µg/l; **tabell 2**).

I tillegg ble det i forbindelse med gjennomføring av skylleflommer i mai og august 2019 og 2020 (to kortvarige flommer (pulser) av tre timers varighet, men med ett døgn mellomrom) tatt vannprøver før og etter skylleflommene, fra en stasjon ovenfor vegbrua i nedre del av vassdraget (stasjon V1, for lokalisering se **figur 9**). Prøvene ble samlet på 500 ml vannflasker og analysert få dager etter prøvetaking på Analysesenteret, Trondheim kommune. Det ble analysert på turbiditet, vannfarge, ledningsevne, forsuring (pH), kalsium, totalt organisk karbon og jern.

I tillegg ble det målt ledningsevne i felt med en WTW Cond 3110 med TetraCon 325, på stasjon ML1–ML5 eller R1–R5 (for lokalisering se **figur 9**) 19.–20. mai, 29.–31. juli og 3. august 2022.

Tabell 2. Vannkvaliteten i Fulldøla ved vegbrua (stasjon V1), før og etter kjøring av skylleflom i august 2018, mai og august 2019 og mai og august 2020 angitt ved turbiditet (Turb, FTU), fargetall (Farge, mg Pt/l), ledningsevne (konduktivitet; Kond, mS/m), pH, totalt karbon (TOC, mg/l), kalsium (Ca, mg/l) og jern (Fe, µg/l).

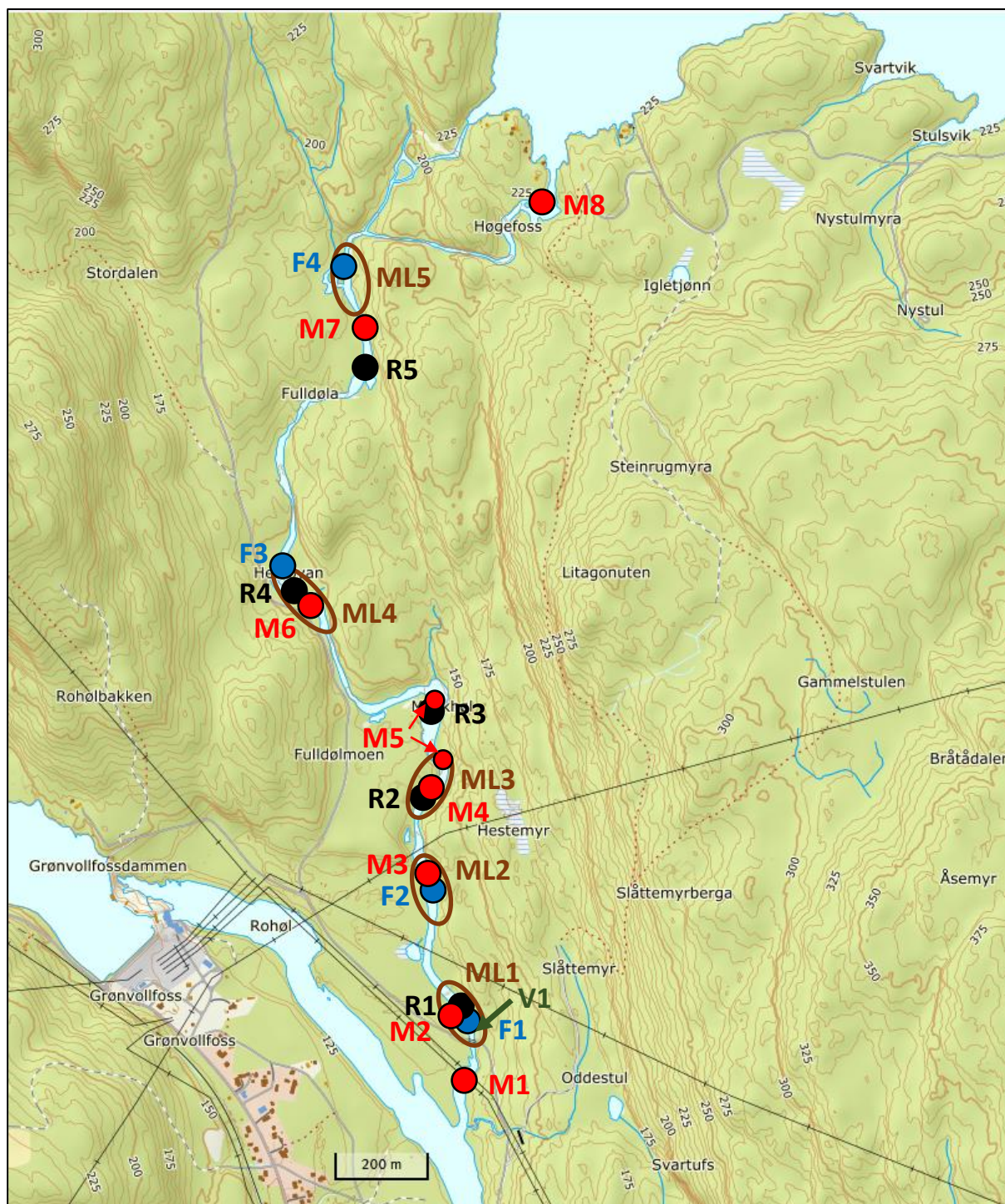
År	Dato	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Kond mS/m	pH	TOC mg/l	Ca mg/l	Fe µg/l
2018	20.8.	0,31	23	1,7	6,45	3,7	1,69	42,0
	21.8.	0,32	22	1,7	6,45	3,9	1,61	33,9
2019	9.5.	0,25	28	1,8	7,10	3,9	1,84	27,1
	11.5.	0,30	31	1,8	6,57	4,4	1,88	35,1
	28.8.	0,35	24	1,7	6,77	4,3	1,78	52,4
	30.8.	0,46	38	2,1	6,77	6,2	2,70	84,7
2020	11.5.	0,26	28	1,7	6,64	4,5	1,74	33,3
	13.5.	0,27	28	1,6	6,59	4,4	1,69	28,9
	24.8.	0,52	30	1,8	6,71	4,8	1,87	73,0
	26.8.	0,34	30	1,6	6,58	4,7	1,69	56,5
Gj.snitt		0,34	28	1,8	6,66	4,5	1,85	46,7

Bakgrunnsverdiene for jern, før og etter de to skylleflommene i 2019 og 2020, var henholdsvis 27–73 µg/l og 29–85 µg/l, med et gjennomsnitt på 47 µg/l. Turbiditeten er gjennomgående lav i Fulldøla, med et gjennomsnitt på 0,34 FTU (**tabell 2**).

Vannfarge og totalt organisk karbon har økt fra henholdsvis 15 mg Pt/l og 3,3 mg/l på 1970–1990-tallet (**tabell 1**) til 28 mg Pt/l og 4,5 mg/l i 2018–2020 (**tabell 2**). Mengde kalsium har hatt en svak økning, mens pH på sin side har økt fra 5,9 (varierende fra 5,6 til 6,2) på 1970–1990-tallet (**tabell 1**) til 6,7 (varierende fra 6,5 til 7,1) i 2018–2020 (**tabell 2**).

Ledningsevnen i Fulldøla var stabil gjennom året, med verdier mellom 1,5 og 1,6 mS/m ved de ulike målingene i 2022. Verdiene var høyest i nedre del av vassdraget (**tabell 3**). Dette er om lag det samme eller litt lavere, enn det som ble målt i 2018–2020 (**tabell 2**).

Opplysninger om vanntemperaturen i Fulldøla er sparsomme. Det er bare målt vanntemperatur med et håndholdt digitalt termometer (Ebro thermometer TFX 392) i forbindelse med feltarbeidet i vassdraget i 2018 og på nytt i 2022, med en WTW Cond 3110 med TetraCon 325, på fem stasjoner i vassdraget. I midten av mai 2018 varierte vanntemperaturen fra 10,0 til 13,1 °C, avhengig av lokalitet og tid på døgnet (Larsen 2018a). I august samme år ble det målt vanntemperaturer mellom 13,3 og 18,4 °C i tidsrommet 16.–21. august. I midten av mai 2022 var temperaturen 8,6–10,9 °C og i månedsskiftet juli/august ble det målt vanntemperaturer mellom 14,2 og 19,1 °C, avhengig av lokalitet og tid på døgnet (**tabell 3**).



Figur 9. Lokalisering av stasjoner i forbindelse med vannprøvetaking (stasjon V1), fiskeundersøkelser (tetthet og lengdefordeling; stasjon F1–F4) innsamling av ørret for telling av muslinglarver på gjellene (stasjon ML1–ML5), måling av redokspotensial (stasjon R1–R5) og tetthet av elvemusling (stasjon M1–M8) i Fulldøla i 2022.

Tabell 3. Ledningsevne (mS/m) og vanntemperatur (°C), målt på stasjonene som ble undersøkt i Fulldøla i midten av mai, slutten av juli og begynnelsen av august 2022.

Stasjon	Dato	Ledn.evne, mS/m	Vanntemp., °C
ML1	19.5.	1,6	8,6
ML2	19.5.	1,6	8,7
ML3	19.5.	1,6	10,8
ML4	19.5.	1,5	10,9
ML5	20.5.	1,5	10,4
R1	29.7.	1,6	15,6
R2	30.7.	1,6	14,2
R3	30.7.	1,5	16,9
R4	30.7.	1,5	19,1
R5	31.7.	1,5	16,8
R1	3.8.	1,6	16,6
R2	3.8.	1,6	17,2
R3	3.8.	1,6	18,7
R4	3.8.	1,5	19,1
R5	3.8.	1,5	18,6

5 Effekt av skylleflommer

5.1 Vannkvalitet

I forbindelse med en skylleflom som ble kjørt 20. august 2018, bestående av to kortvarige flommer (pulser) av tre timers varighet med to timer opphold imellom, ble vannkvaliteten i Fulldøla undersøkt både før, under og etter skylleflommen (**tabell 4**; Larsen 2018a). I forbindelse med skylleflommen var det størst transport av suspendert materiale (partikler av jordslam, finsand og silt) og organisk materiale (begroing av alger og moser) i forbindelse med den første flommen (pulsen). Turbiditeten gikk fra 4,1 FTU til 1,3 FTU i den andre flommen (pulsen) samme dag. Fulldøla har normalt et lavt innhold av jern (**tabell 2**). I 2018 ble konsentrasjonen målt til henholdsvis 34 og 42 µg/l før og etter skylleflommen (**tabell 4**). Under skylleflommen økte imidlertid konsentrasjonen av jern til 307 µg/l i den første pulsen, men med en reduksjon til 129 µg/l i den andre pulsen.

Tabell 4. Vannkvaliteten i Fulldøla ved vegbrua (stasjon V1) før og under kjøring av skylleflom (20. august 2018) samt etter skylleflommen (21. august 2018), angitt ved turbiditet (Turb, FTU), fargetall (Farge, mg Pt/l), ledningsevne (konduktivitet; Kond, mS/m), pH, totalt karbon (TOC, mg/l), kalsium (Ca, mg/l) og jern (Fe, µg/l). Data fra Larsen (2018a). Data om vannføring fra Tinfos A/S.

År	Dato	Klokkeslett	Vannføring m ³ /s	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Kond mS/m	pH	TOC mg/l	Ca mg/l	Fe µg/l	
2018	20.8.	Før	07.30	0,26	0,31	23	1,7	6,45	3,7	1,69	42,0
	20.8.	Under første spyling	10.30	2,26	4,10	24	1,6	6,32	4,3	1,56	307,0
	20.8.	Under andre spyling	15.30	2,26	1,30	24	1,6	6,37	4,2	1,54	129,0
	21.8.	Etter	12.00	0,26	0,32	22	1,7	6,45	3,9	1,61	33,9

Senere ble det i tillegg tatt vannprøver i forbindelse med gjennomføringen av skylleflommer i mai og august 2019 og 2020. Det ble kjørt én skylleflom av tre timers varighet i to påfølgende dager ved hvert tidspunkt. Samtidig ble det tatt vannprøver før, under og etter skylleflommene fra en stasjon ovenfor vegbrua i nedre del av vassdraget (stasjon V1, for lokalisering se **figur 9**).

Ved alle de fire skylleflommene i 2019 og 2020 var turbiditeten vesentlig høyere under skylleflommen den første dagen (3,5–5,8 FTU) sammenlignet med den andre dagen (0,9–2,3 FTU) (**tabell 5**).

Jern er sannsynligvis bundet til partikler i vannet og konsentrasjonen av jern økte derfor også betydelig når slam og finpartikulært materiale ble vasket ut av elva. Innholdet av jern var derfor høyest under skylleflommen den første dagen (179–457 µg/l; **tabell 5**). Dag to sank innholdet av jern til 84–184 µg/l. Bakgrunnsverdiene før og etter de to skylleflommene var henholdsvis 27–73 µg/l og 29–85 µg/l. Turbiditeten gikk også raskt tilbake til det samme nivået som den hadde før skylleflommene ble kjørt. Vannfarge, ledningsevne, totalt organisk karbon og mengde kalsium ble bare i mindre grad påvirket av den kortvarige økte vannføringen. pH, på sin side, sank med 0,2–0,5 pH-enheter under skylleflommen den første dagen. pH varierte litt ulikt under de ulike skylleflommene, men så ut til å øke igjen når vannføringen gikk tilbake til minstevannføring. pH ble aldri lavere enn 6,4 ved noe tilfelle. Forut for første skylleflom varierte pH mellom 6,6 og 7,1.

Skylleflommen første dag hadde tilsynelatende mye større sumeffekt enn skylleflommen dagen etter.

Tabell 5. Vannkvaliteten i Fulldøla ved vegbrua (stasjon V1) før oppstart, to og en halv time etter oppstart av skylleflom både første og andre dag, samt ett døgn etter avsluttet skylleflom vår og høst 2019 og 2020, angitt ved turbiditet (Turb, FTU), fargetall (Farge, mg Pt/l), ledningsevne (konduktivitet; Kond, mS/m), pH, totalt karbon (TOC, mg/l), kalsium (Ca, mg/l) og jern (Fe, µg/l). Data om vannføring fra Tinfos A/S.

År	Dato	Klokkeslett	Vannføring m ³ /s	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Kond mS/m	pH	TOC mg/l	Ca mg/l	Fe µg/l	
2019	9.5.	Før	08.10	0,26	0,25	28	1,8	7,10	3,9	1,84	27,1
	9.5.	Under første spyling	11.18	2,12	3,50	29	1,7	6,55	4,3	1,69	179,0
	10.5.	Under andre spyling	11.04	2,36	1,30	29	1,7	6,44	4,2	1,63	84,4
	11.5.	Etter	11.50	0,26	0,30	31	1,8	6,57	4,4	1,88	35,1
	28.8.	Før	08.20	0,26	0,35	24	1,7	6,77	4,3	1,78	52,4
	28.8.	Under første spyling	11.30	2,36	5,80	24	1,5	6,40	5,4	1,69	427,0
	29.8.	Under andre spyling	12.41	2,36	2,30	31	1,8	6,64	5,7	2,06	184,0
	30.8.	Etter	10.57	0,27	0,46	38	2,1	6,77	6,2	2,70	84,7
2020	11.5.	Før	09.30	0,26	0,26	28	1,7	6,64	4,5	1,74	33,3
	11.5.	Under første spyling	12.40	2,50	4,80	28	1,6	6,39	6,3	1,64	388,0
	12.5.	Under andre spyling	12.08	2,50	0,92	29	1,6	6,45	4,8	1,60	125,0
	13.5.	Etter	11.02	0,26	0,27	28	1,6	6,59	4,4	1,69	28,9
	24.8.	Før	09.20	0,25	0,52	30	1,8	6,71	4,8	1,87	73,0
	24.8.	Under første spyling	12.30	2,50	5,60	31	1,6	6,38	5,4	1,61	457,0
	25.8.	Under andre spyling	11.36	2,50	2,00	31	1,5	6,42	5,1	1,55	159,0
	26.8.	Etter	10.49	0,26	0,34	30	1,6	6,58	4,7	1,69	56,5

5.2 Redokspotensial

Måling av redokspotensial er et hjelpemiddel for å karakterisere kvaliteten av substratet (bunnmaterialet) i elva og hvor egnet dette er som oppvekstområde for unge muslinger. For ytterligere detaljer, se bl.a. Larsen (2012), Magerøy (2020) og Magerøy & Larsen (2019). Gjennomsnittlig reduksjon i redokspotensial mellom frie vannmasser og substrat er et mål (surrogat) for reduksjon i oksygeninnhold. I gode habitat for unge muslinger skal det være minst mulig tap av redokspotensial mellom de frie vannmasser og substratet, der muslingene oppholder seg på dyp ned til ti centimeter (Geist & Auerswald 2007).

For å evaluere resultatet av målingene er det benyttet to tilnærminger:

1. Redokspotensial i substratet. Verdier over 400, 400–300 og under 300 millivolt (mV) tilsier henholdsvis *god*, *moderat* og *dårlig* habitatkvalitet for ungmuslinger.
2. Reduksjonen i redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. Reduksjon på mindre enn 20, 20–30 og over 30 % tilsier henholdsvis *god*, *moderat* og *dårlig* habitatkvalitet for ungmuslinger (Killeen 2006).

For å måle redokspotensialet blir det benyttet en 0,7 m lang sonde, med en platina-elektrode i den ene enden, en referanse-elektrode og et voltmeter. Målinger ble gjennomført både i de frie vannmasser og 5–7 cm nede i substratet (**figur 10**). Det vil normalt ta noe tid (2–3 minutter) før redokspotensialet stabiliserer seg og målingen kan leses av. Det ble benyttet en fast stabiliseringsringtid på tre minutter ved alle målepunkt i Fulldøla. Målingene ble, så langt det lot seg gjøre, gjennomført i transekter med en til to meter mellom hvert målepunkt i transektet og en til to meter mellom hvert transekt. Det ble gjennomført fem separate målinger i de frie vannmasser (1–2 måling i hvert transekt) og til sammen 15 separate målinger på 5–7 cm dyp, langs 4–6 transekter på hver stasjon. Bare den delen av elveløpet som tilsvarer vanndekt areal ved minstevannføring, inngikk i målingene. Målepunktene måtte tilpasses substratets beskaffenhet (det kunne enkelte steder være vanskelig å finne målepunkt som gjorde det mulig å få elektroden ned på ønsket dyp), og avstanden mellom målepunktene måtte justeres i forhold til dette.



Figur 10. Måling av redokspotensial i substratet. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Redokspotensial ble målt på fem stasjoner i Fulldøla første gang 18.–19. august 2018 (Larsen 2018a). Reduksjon i redoksverdi mellom de frie vannmasser og substratet var 19–63 % (Larsen 2018a). Dette tilsvarte *god* substratkvalitet bare på én av stasjonene (stasjon R4). Substratkvaliteten var *dårlig* på alle de andre stasjonene, men det var likevel lommer i elveløpet på tre av dem som hadde tilfredsstillende redokspotensial (>400 mV). Nye undersøkelser av redokspotensialet ble gjennomført 21. august 2018, for å se hvilken effekt en skylleflom som ble kjørt 20. august hadde hatt på habitatkvaliteten i Fulldøla. Resultatene fra redoksmålinger etter skylleflommen viste at «renseeffekten» i substratet var begrenset bare til de øvre delene av elva, selv om elvebunnen generelt så noe «renere» ut i hele elva. Fortsatt var det bare én av stasjonene som hadde $E_H > 400$ mV og der reduksjon i redoksverdi mellom de frie vannmasser og substratet var *god* (11%). De resterende stasjonene hadde fortsatt en reduksjon i redoksverdi på 48–65 %, som tilsvarte *dårlig* habitatkvalitet.

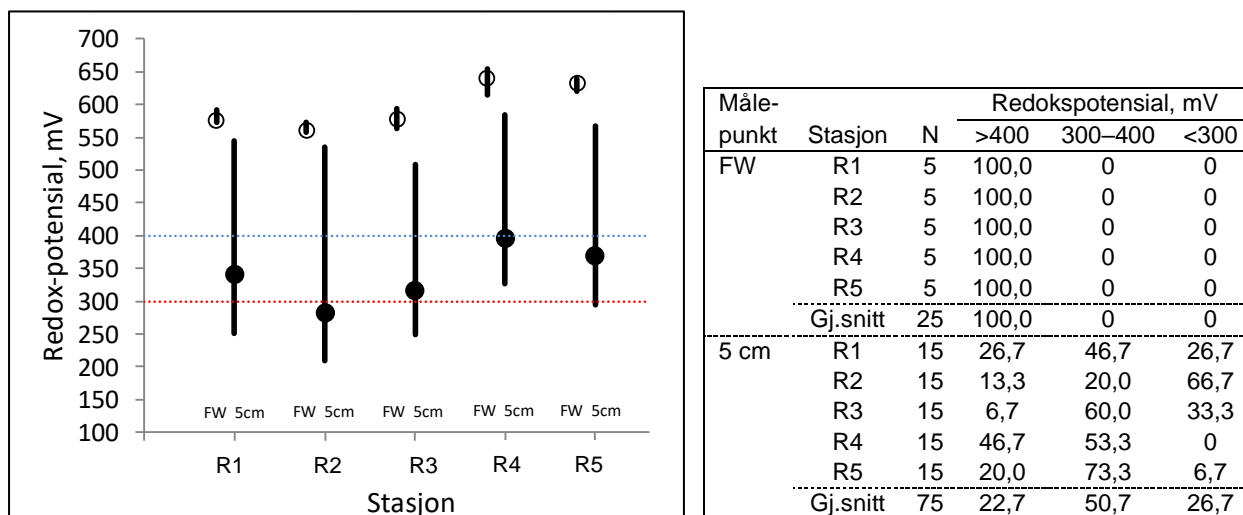
Redokspotensial ble målt på nytt på fem stasjoner i Fulldøla 30. juli (før skylleflom) og 3. august (etter skylleflom) 2022 (stasjon R1–R5, for lokalisering se **figur 9**). Resultatet fra de enkelte stasjonene er presentert i **tabell 6**, **tabell 7**, **figur 11** og **figur 12** som median-verdien av alle målingene i de frie vannmasser og på 5–7 cm dyp i substratet. I **figur 11** og **figur 12** er i tillegg minimums- og maksimumsverdiene angitt.

Tabell 6. Oppsummering av resultatene fra redoksmålinger i Fulldøla 30. juli 2022. Medianverdien for målinger i de frie vannmasser (FW) og på 5–7 cm dyp i substratet (5 cm) er gitt for hver enkelt stasjon. Reduksjon i redoksverdi mellom de frie vannmasser og substratet er gitt i prosent.

Dato		30. juli		
Stasjon	Kartreferanse	Målepunkt	Redoksverdi (mV) Median	Reduksjon i redoksverdi (%)
R1 Ovenfor vegbrua	32V NM 124132	FW	576	41,0
		5 cm	340	
R2 Fulldølmoen	32V NM 122137	FW	560	49,6
		5 cm	282	
R3 Makkhølen	32V NM 122139	FW	578	45,2
		5 cm	317	
R4 Hestøyan	32V NM 119141	FW	640	38,1
		5 cm	396	
R5 Storrhøl	32V NM 120146	FW	633	41,7
		5 cm	369	
R1-R5		FW	587	40,5
		5 cm	349	

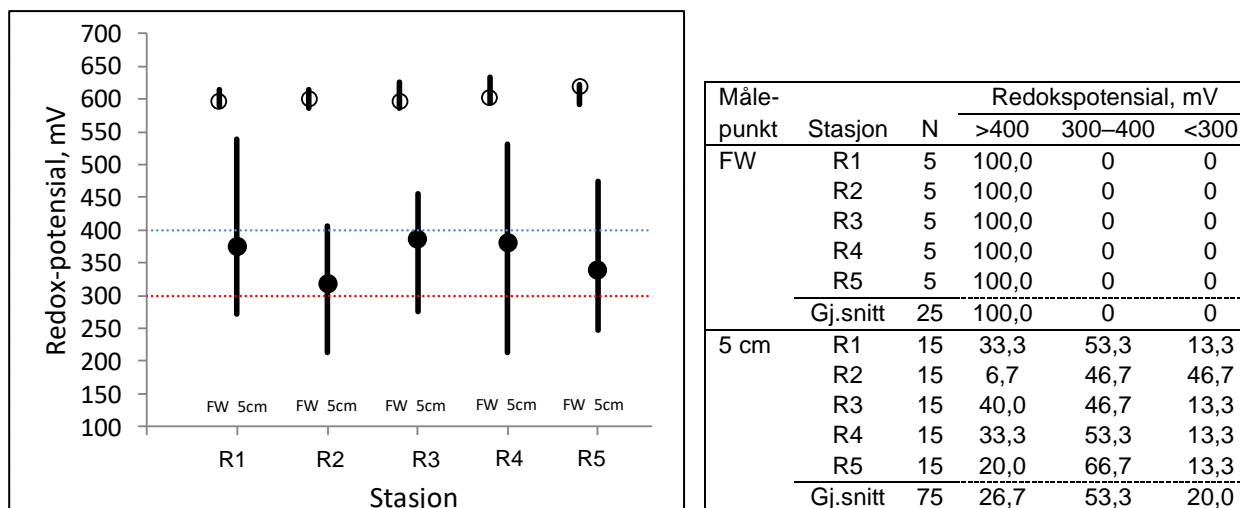
Tabell 7. Oppsummering av resultatene fra redoksmålinger i Fulldøla 3. august 2022 (etter kjøring av skylleflommer 1. og 2. august). Medianverdien for målinger i de frie vannmasser (FW) og på 5–7 cm dyp i substratet (5 cm) er gitt for hver enkelt stasjon. Reduksjon i redoksverdi mellom de frie vannmasser og substratet er gitt i prosent.

Dato		3. august		
Stasjon	Kartreferanse	Målepunkt	Redoksverdi (mV) Median	Reduksjon i redoksverdi (%)
R1 Ovenfor vegbrua	32V NM 124132	FW	597	
		5 cm	375	37,2
R2 Fulldølmoen	32V NM 122137	FW	600	
		5 cm	319	46,8
R3 Makkhølen	32V NM 122139	FW	596	
		5 cm	386	35,2
R4 Hestøyan	32V NM 119141	FW	603	
		5 cm	381	36,8
R5 Storrhøl	32V NM 120146	FW	619	
		5 cm	339	45,2
R1-R5		FW	600	
		5 cm	348	42,0



Figur 11. Redoksmålinger i Fulldøla 30. juli 2022. Median, minimums- og maksimumsverdi for målinger i de frie vannmasser (FW) og på 5–7 cm dyp i substratet (5 cm) er gitt for hver enkelt stasjon. Tabelloversikten angir antall målinger som ligger til grunn, og andel av måleresultatene fordelt på redokspotensial >400, 300–400 og <300 mV.

Mediant redokspotensial var mellom 300 og 400 mV på fire av de fem stasjonene i Fulldøla i slutten av juli 2022 (**figur 11**). Lavest mediant redokspotensial var det på stasjon R2 der det ble funnet 282 mV. Dette tilsvarer i all hovedsak en *moderat* habitatkvalitet for unge elvemuslinger, men *dårlig* eller nær *dårlig* for stasjon R2 og R3. Mindre enn en firedel av substratet hadde redokspotensial høyere enn 400 mV (tilsvarende *god* habitatkvalitet). Ser vi på gjennomsnittlig reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var dette på 41 % i juli 2022, varierende mellom 38 og 50 % på de enkelte stasjonene. Legger vi dette til grunn vurderes habitatkvaliteten som *dårlig* for unge muslinger i hele Fulldøla. Redokspotensialet var riktignok noe bedre i øvre del av undersøkelsesområdet (stasjon R4 og R5) sammenlignet med nedre del (stasjon R1–R3) (**figur 11** og **tabell 6**). Den generelle tilstanden i hele Fulldøla var likevel at habitatkvaliteten var *moderat* til *dårlig* i 2022.



Figur 12. Redoxmålinger i Fulldøla 3. august 2022. Median, minimum- og maksimumsverdi for målinger i de frie vannmasser (FW) og på 5–7 cm dyp i substratet (5 cm) er gitt for hver enkelt stasjon. Tabelloversikten angir antall målinger som ligger til grunn, og andel av måleresultatene fordelt på redokspotensial >400, 300–400 og <300 mV.

Medianverdien av redoxmålingene på 5–7 cm dyp i substratet var fortsatt mellom 300 og 400 mV på alle de fem stasjonene i Fulldøla etter skylleflommene 1. og 2. august, varierende mellom 319 og 386 mV. Dette tilsvarer *moderat* habitatkvalitet for juvenil elvemusling. Bare litt i overkant av en firedel av substratet hadde redokspotensial høyere enn 400 mV (tilsvarende *god* habitatkvalitet). Ser vi på gjennomsnittlig reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var dette på 42 % i juli 2022, varierende mellom 35 og 47 % på de enkelte stasjonene (**tabell 7**). Dette er bare marginalt forskjellig fra det som ble målt forut for skylleflommene. Basert på dette vurderes habitatkvaliteten for unge muslinger fortsatt som *dårlig* i hele Fulldøla.

Mediant redokspotensial i substratet økte riktignok noe på tre av de fem stasjonene etter skylleflommen (**tabell 8**). Det var en positiv tendens i nedre del av vassdraget, også i overflatevannet (stasjon R1–R3), i forhold til midtre (Hestøyan stasjon R4) og øvre del (stasjon R5) der det ble notert en svak forverring. Størst forskjell etter skylleflommen var det på stasjon R3 ved Makkhølen.

Tabell 8. Gjennomsnittlig redokspotensial (oppgitt som medianverdi) og endringer i redokspotensial oppgitt i millivolt (mV) og prosent (%) på fem stasjoner (stasjon R1–R5) i Fulldøla før og etter kjøring av skylleflommer i begynnelsen av august 2022.

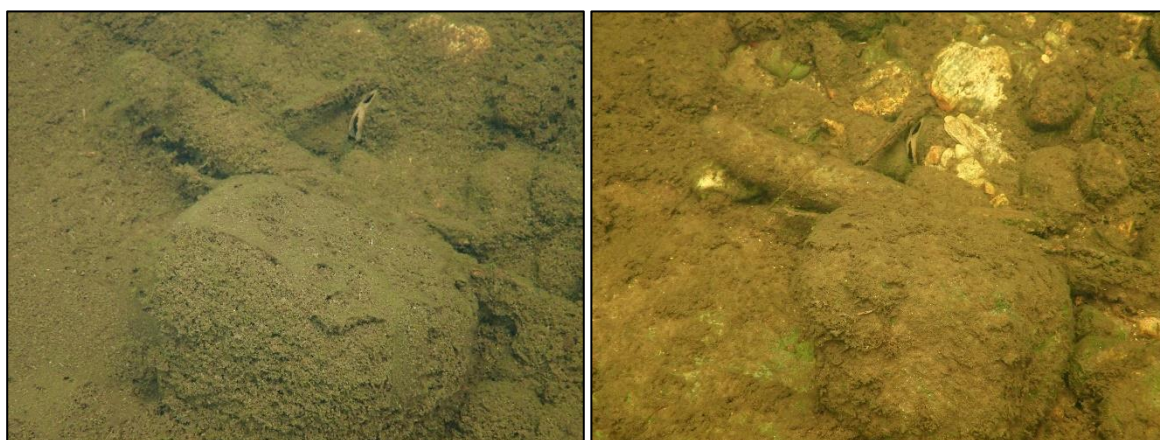
Måle-punkt	Stasjon	Redokspotensial, mV			%
		Før	Etter	Endring	
FW	R1	576	597	+21	+3,6
	R2	560	600	+40	+7,1
	R3	578	596	+18	+3,1
	R4	640	603	-37	-5,8
	R5	633	619	-14	-2,2
	Gj.snitt	597	603	+6	+1,0
5 cm	R1	340	375	+35	+10,3
	R2	282	319	+37	+13,1
	R3	317	386	+69	+21,8
	R4	396	381	-15	-3,8
	R5	369	339	-30	-8,1
	Gj.snitt	341	360	+19	+5,6

5.3 Visuell endring av elvebunnen etter skylleflommer

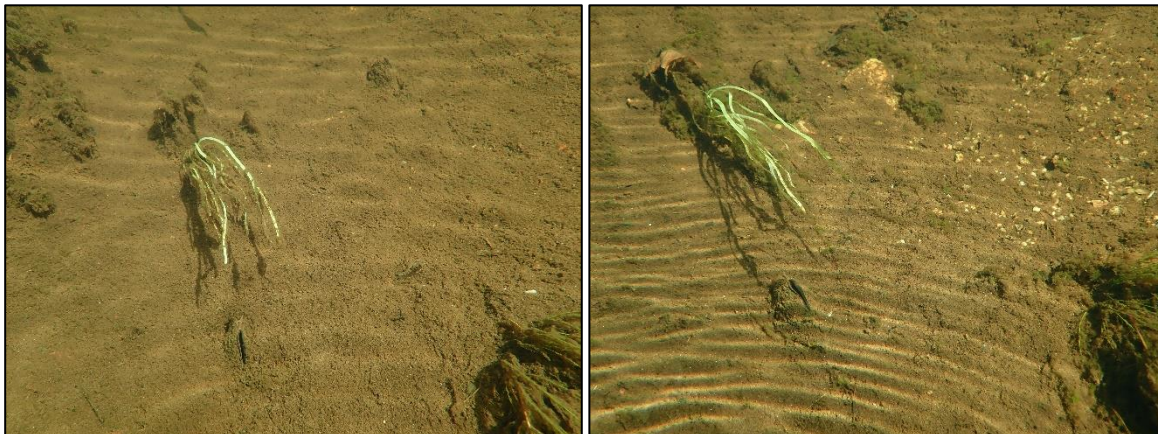
Det akkumuleres mye jordslam og organisk materiale i elveløpet på grunn av for liten variasjon i vannføring gjennom året i Fulldøla. For å unngå eller, i det minste, redusere dette, er det pålagt å kjøre kunstige skylleflommer i Fulldøla. Opprinnelig bare dette bare pålagt om våren, men fra 2019 er det forsøkt med skylleflommer både vår og høst. Den visuelle effekten av skylleflommen som ble kjørt 1.–2. august 2022 ble forsøkt dokumentert, og eksempler fra stasjon R1–R5 er vist i figur 13–17.



Figur 13. Sammenligning av substratet på stasjon R1 før (til venstre) og etter (til høyre) skylleflom 1.–2. august 2022. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.



Figur 14. Sammenligning av substratet på stasjon R2 før (til venstre) og etter (til høyre) skylleflom 1.–2. august 2022. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

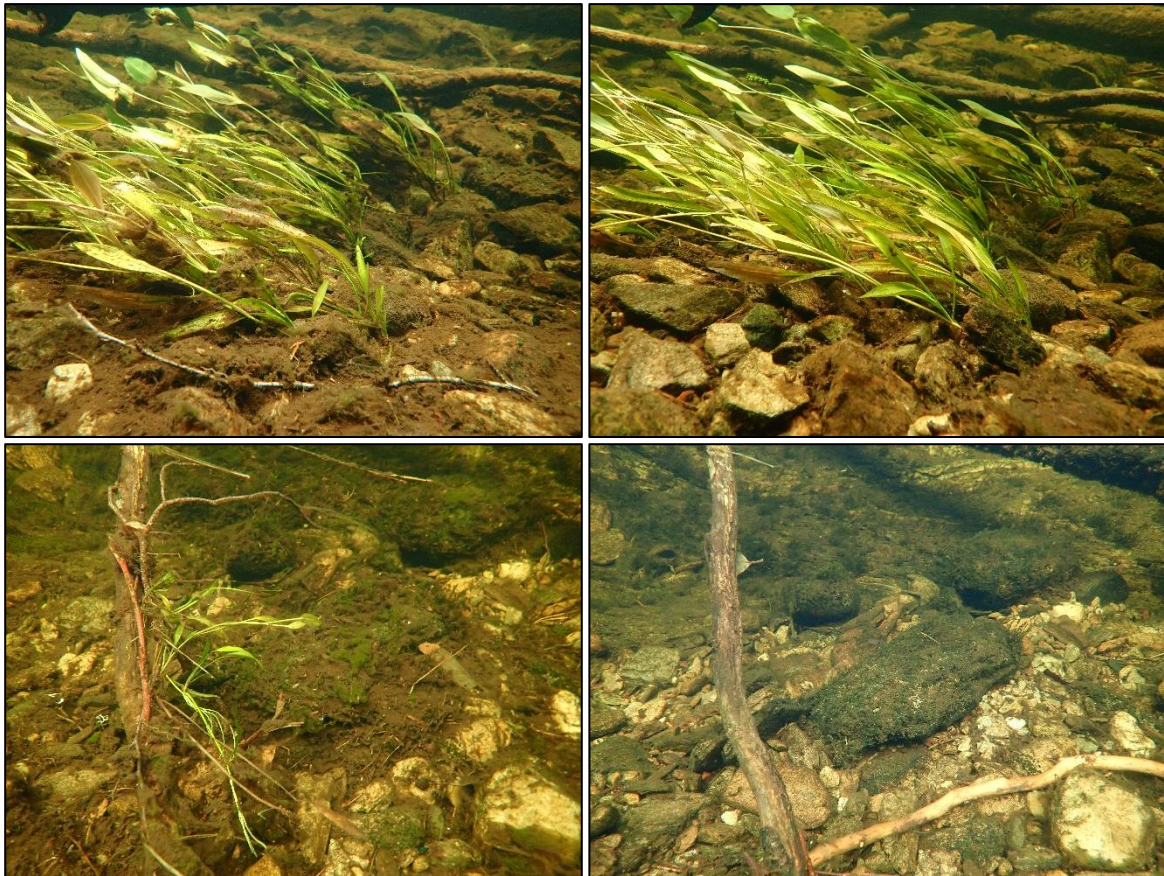


Figur 15. Sammenligning av substratet på stasjon R3 før (til venstre) og etter (til høyre) skyllflo 1.–2. august 2022. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.



Figur 16. Sammenligning av substratet på stasjon R4 før (til venstre) og etter (til høyre) skyllflo 1.–2. august 2022. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Det ble observert endringer på substratet på alle stasjonene, og løst mudder, slam og algematter forsvant fra overflaten av steiner og elvebunn. Noen steder ble noe av dette materialet akkumulert igjen underveis, men elvebunnen så generelt mye «renere» ut i hele elva.



Figur 17. Sammenligning av substratet på stasjon R5 før (til venstre) og etter (til høyre) skyllflo 1.–2. august 2022. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

6 Fisk

6.1 Forekomst av ørret og ungfisktetthet

Forekomsten av ørret i Fulldøla var mangelfullt undersøkt tidligere. Hele elva ble registrert på 1990-tallet (Samlet plan 1996), og elvas utforming og avskjæring fra Follsja (Høgefossen) tilsa at den stedege ørretbestanden i elvas øvre deler var svært beskjeden. I nedre del (strekning på 500–800 m) av Fulldøla ble det antatt at elva fungerte som gyte- og oppvekstområde for ørretbestanden i Tinnåa/Kloumannsjøen (Samlet plan 1996). Resultatene fra stasjonene litt lenger oppe i elva tydet på at fiskebestanden var stykket opp i mindre partier mellom fosser og stryk som fungerte som vandringshindre. Fisk fra disse områdene fikk dermed små leveområder og begrenset næringstilgang, som ga lav tetthet og lav vekst (Samlet plan 1996). Det ble ved elfiske i 2003 (Roer 2005) og 2010 (Gustavsen 2010) registrert et begrenset antall ørretunger samt ørekyte. Ved snorkling i Fulldøla i august 2011 ble det imidlertid registrert mye ørret i flere årsklasser samt store tettheter av ørekyte og litt abbor (Gregersen 2011).

I 2018 gjennomførte Larsen (2018a) et nytt elfiske på fire stasjoner i Fulldøla. Habitatet for ørret ble gjennomgående vurdert som «egnet» (moderate gytemuligheter og noe skjul til stede). Gjennomsnittlig tetthet av ørretungel (alder 0+) og eldre ørretunger (alder $\geq 1+$) var henholdsvis 9 og 19 individ pr. 100 m². Ørretbestanden i vassdraget, som helhet, ble etter dette klassifisert som *moderat*. I tillegg til ørret ble det funnet ørekyte på alle stasjonene i moderat tetthet (gjennomsnittlig tetthet på 21 individ pr. 100 m²).

Tettheten av fiskeunger ble undersøkt på nytt i 2022, ved hjelp av elektrisk fiskeapparat, med fiske på fire stasjoner i Fulldøla 31. juli 2022 (stasjon F1–F4; for lokalisering se **figur 9** og **figur 18**). Arealene ble avfisket to ganger (utfiskingsmetoden), i henhold til standard metodikk (Bohlin et al. 1989). All fisk ble artsbestemt og lengdemålt til nærmeste millimeter i felt. Beregning av fiske tetthet ble utført som beskrevet av Bohlin et al. (1989), etter fangst i to fiskeomganger.

Det ble skilt mellom årsyngel (0+) og eldre fiskeunger ($\geq 1+$). Skillet mellom årsyngel og eldre fiskeunger er basert på lengdefordelingen. Det er beregnet tetthet av ungfisk på alle enkeltstasjoner som ble undersøkt (oppgitt som antall individ pr. 100 m²). Beregnet tetthet basert på sum fangst for alle stasjonene samlet er angitt som «tetthet 1». Til sammenligning er gjennomsnittet av beregnet tetthet på alle enkeltstasjonene angitt som «tetthet 2».

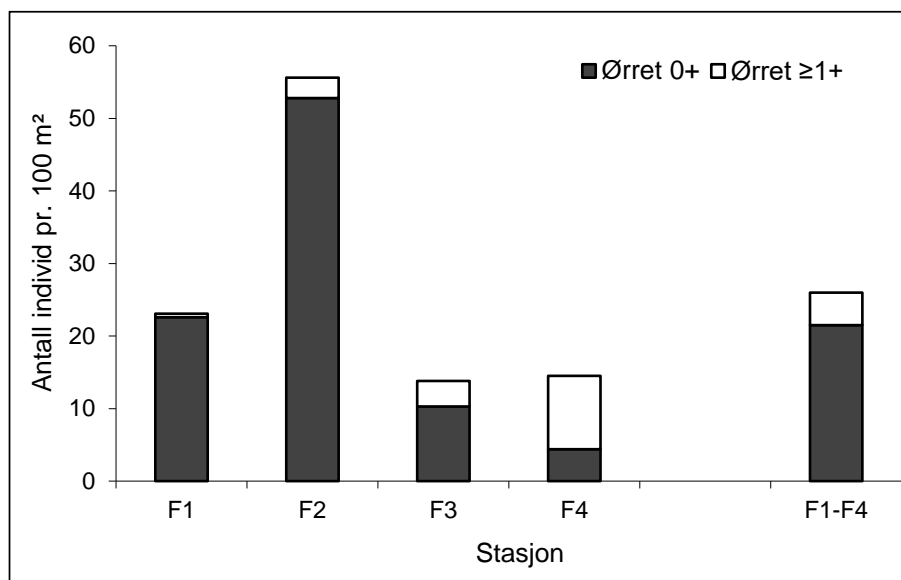
Det ble funnet både ørretungel (0+) og eldre ørretunger ($\geq 1+$) på alle stasjonene i Fulldøla, men tettheten var ikke spesielt høy i noen del av vassdraget. Tettheten av ørretungel varierte mellom 4,4 og 52,8 individ pr. 100 m² med høyest tetthet i nedre del, på strekningen som er tilgjengelig for oppvandring fra Tinnåa (**tabell 9**, **figur 19**). Eldre ørretunger varierte i tetthet mellom 0,5 og 10,1 individ pr. 100 m². Gjennomsnittlig tetthet av ørretungel og eldre ørretunger på F1–F4 samlet var henholdsvis 21,5 og 4,5 individ pr. 100 m² (tetthet 1; **tabell 9**). Fangbarheten (p) av all ørret var normalt god, henholdsvis 0,44 og 0,58 for ørretungel og eldre ørretunger.

Tabell 9. Antall ørret fanget ved elfiske og beregnet tetthet av ørret pr. 100 m² på fire stasjoner i Fulldøla 31. juli 2022.

Stasjon	Areal, m ²	Antall fisk		Tetthet N/100 m ²	
		Ørret 0+	Ørret $\geq 1+$	Ørret 0+	Ørret $\geq 1+$
F1	195	33	1	22,6	0,5
F2	283	91	6	52,8	2,8
F3	238	12	7	10,3	3,5
F4	283	12	23	4,4	10,1
F1–F4 «tetthet 1»	999	148	164	21,5 \pm 6,8	4,5 \pm 1,5
F1–F4 «tetthet 2»				22,5 \pm 21,6	4,2 \pm 4,1



Figur 18. Stasjoner i Fulldøla (stasjon F1–F4) der tettheten av fisk ble undersøkt ved elfiske i august 2022. For lokalisering se figur 9. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

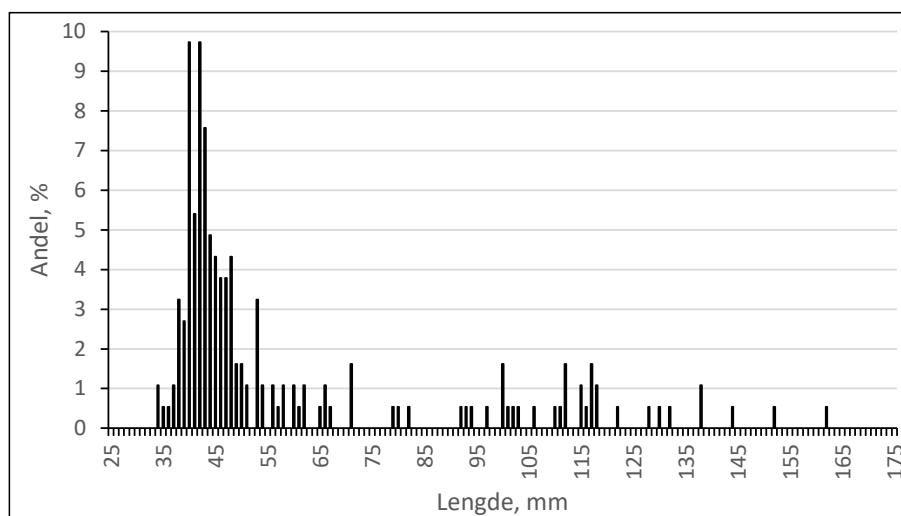


Figur 19. Tetthet av ørretunger i Fulldøla i slutten av juli 2022. Tettheten er angitt som antall individ pr. 100 m² elveareal på den enkelte stasjon.

Det ble i tillegg fanget ørekyte på alle de fire stasjonene i Fulldøla. Estimert tetthet av ørekyte (større enn årsyngel) varierte mellom 14,6 og 55,5 individ pr. 100 m² på stasjon F1–F4, med en gjennomsnittlig tetthet på 33,1 individ pr. 100 m².

6.2 Lengdefordeling og vekst hos ørret

Veksten til ørretungene var moderat god i Fulldøla. I august 2018 var ørretyngelen (0+) mellom 33 og 64 mm lang, med et gjennomsnitt på 48 mm (SD = 7; N = 74) (Larsen 2018a). I 2022 varierte ørretyngelen fra 34 til 71 mm, med et gjennomsnitt på 46 mm (SD = 7; N = 148). De eldre ørretungene varierte i lengde fra 67 til 187 mm i 2018 (Larsen 2018a) og fra 65 til 162 mm i 2022 (**figur 20**). Ingen av de eldre ørretungene ble aldersbestemt, men utfra lengdefordelingen ble det likevel antatt at minst tre årsklasser var representert.



Figur 20. Lengdefordeling av ørret i Fulldøla i slutten av juli 2022 (N = 185).

Ørretyngelen i øvre del av Fulldøla var større enn i resten av elva, både i 2018 og 2022. Gjennomsnittslengden på stasjon F4 var henholdsvis 61 mm (SD = 4; N = 12) (Larsen 2018a) og 64 mm (SD = 6; N = 12). Veksten varierte også relativt likt mellom de andre stasjonene i de to årene. Ørretyngelen på stasjon F1, F2 og F3 var henholdsvis 46 mm (SD = 5; N = 13), 43 mm (SD = 4; N = 28) og 49 mm (SD = 2; N = 21) i 2018 (Larsen 2018a), og 46 mm (SD = 3; N = 33), 42 mm (SD = 3; N = 92) og 55 mm (SD = 4; N = 12) i 2022.

Ørekyte (større enn årsyngel) som ble fanget i Fulldøla i 2022 var mellom 48 og 96 mm lang (N = 190). I tillegg ble det notert en god del årsyngel på stasjon F3. Disse ble ikke talt opp eller lengdemålt.

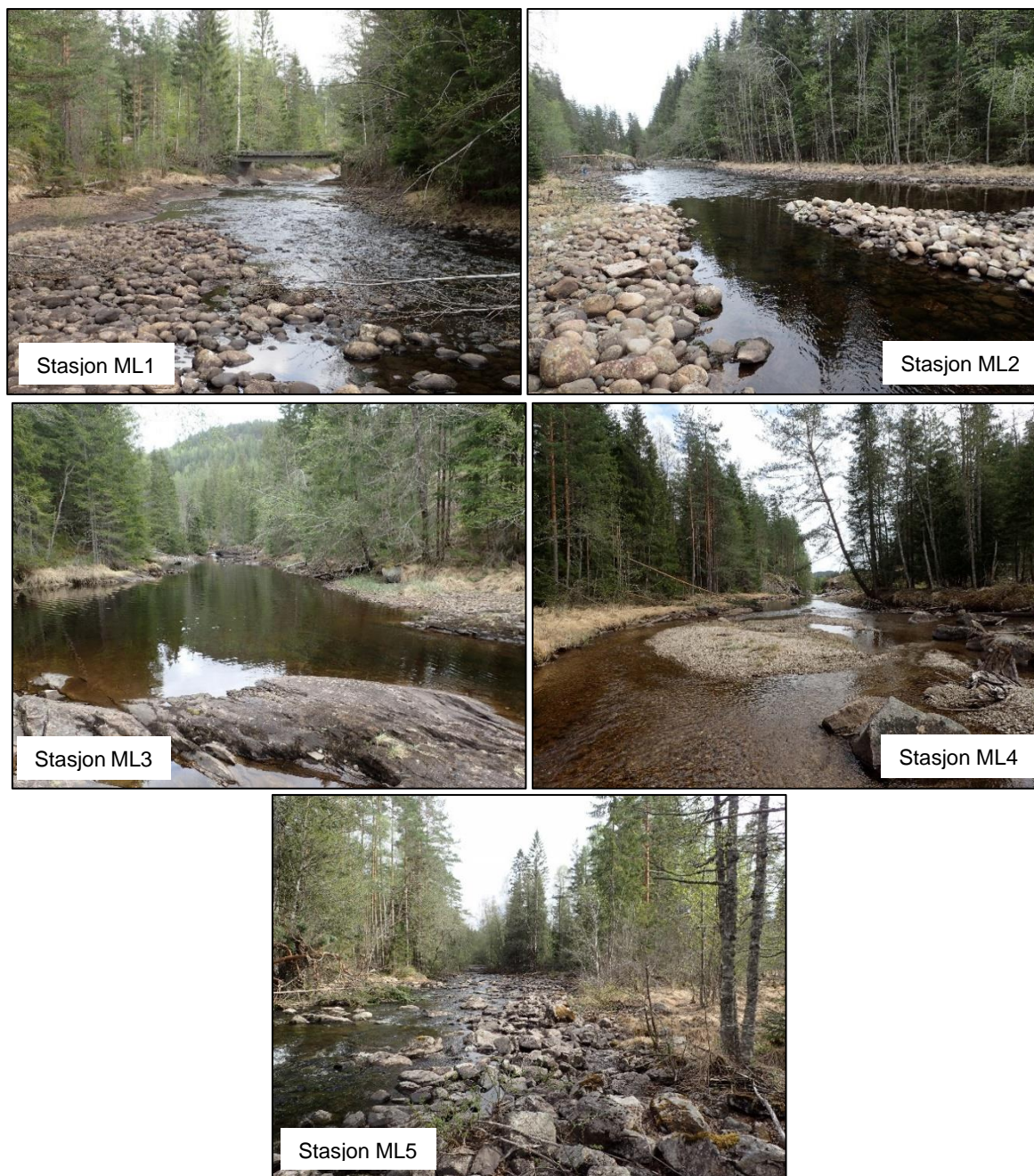
6.3 Muslinglarver på gjellene til ørret

Forekomsten av muslinglarver på gjellene til ørret ble undersøkt første gang i mai 2018 (Larsen 2018a). Det ble funnet muslinglarver på henholdsvis 33 og 43 % av de ettårige ørretungene på to av de fem stasjonene som ble undersøkt i Fulldøla, begge i nedre del av elva. Gjennomsnittlig antall larver var imidlertid lavt, bare henholdsvis 1 og 7 individ på de to stasjonene. Høyest antall på en enkelt ørretunge var 35 muslinglarver.

På to- og treårige ørretunger ble det funnet muslinglarver på tre av de fem stasjonene som ble undersøkt, alle i midtre og øvre del av elva. Prevalensen varierte mellom 17 og 30 %. Høyeste

antall på én enkelt ørretunge var 158 muslinglarver. Gjennomsnittlig antall larver på infesterte to- og treårige ørretunger var 33 individ.

Det ble gjort en ny undersøkelse for, å kontrollere påslaget av muslinglarver på gjellene til ørretungene, i Fulldøla 19.–20. mai 2022. Innsamlingen av ørretunger ble foretatt med elektrisk fiskeapparat på de samme stasjonene som i 2018 (stasjon ML1–ML5; for lokalisering se **figur 9** og **figur 21**). Det ble tatt vare på til sammen 61 ettårige (1+) og 25 to- og treårige (2+/3+) ørretunger.



Figur 21: Stasjoner/områder i Fulldøla (stasjon ML1–ML5) med innsamling av ørretunger i mai 2022, som ble undersøkt med hensyn til infestering av muslinglarver på gjellene. For lokalisering se figur 9. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Fiskeungene ble fiksert på 4 % formaldehyd, uten nærmere undersøkelser i felt. Gjellene ble senere undersøkt med hensyn til forekomst av muslinglarver, under stereolupe på laboratoriet. Gjellene til fisken ble dissekert ut og antall muslinglarver ble talt opp på alle de fire gjellebuene på begge sider av fisken. Resultatene er presentert ved bruk av termene prevalens (prosentandel infesterte fisk av totalantallet fisk undersøkt), abundans (gjennomsnittlig antall parasitter på all fisk undersøkt, dvs. snitt av både infesterte og uinfesterte fisk) og infestasjonsintensitet (gjennomsnittlig antall muslinglarver på infestert fisk).

I mai 2022 ble det på nytt bekreftet funn av muslinglarver på ørret på alle stasjonene som ble undersøkt i Fulldøla (**tabell 10**). I øvre del av vassdraget, stasjon ML4 og ML5, var det bare to av de 25 ettårige ørretungene som var infestert. Det var i tillegg bare en eller to muslinglarver på gjellene. Det var fem av de 21 eldre ørretungene ($\geq 2+$) som var infestert, men også de hadde bare en eller to muslinglarver på hver fisk. Prevalens og infestasjonsintensitet var noe høyere i nedre del av Fulldøla (nedenfor stasjon ML3 der de fleste muslingene er påvist). På stasjon ML1 og ML2 var henholdsvis 19 og 28 % av de ettårige laksungene infestert med 5 og 13 muslinglarver i gjennomsnitt (**tabell 10**). Høyeste antall på en enkelt fisk var 38 muslinglarver. Det ble bare undersøkt to eldre ørretunger ($\geq 2+$), som begge var uten muslinglarver på gjellene.

I gjennomsnitt var 16 % av de ettårige ørretungene infestert med 8,4 muslinglarver på gjellene i 2022. Tilsvarende var 24 % av de eldre ørretungene ($\geq 2+$) infestert med 1,5 muslinglarver i gjennomsnitt (**tabell 10**).

Kort oppsummert, betyr dette at det ble funnet muslinglarver på ørretunger i hele Fulldøla både i 2018 og 2022. Antallet var riktignok lavt, men gir en pekepinn om at det fortsatt finnes en liten bestand av elvemusling, fordelt med spredte individer, i en større del av Fulldøla enn der det faktisk er observert levende elvemusling. Dette medfører at elvemuslingen har potensiale til mulig reetablering og spredning innad i hele vassdraget.

Tabell 10. Muslinglarver på ungfisk av ørret på stasjon ML1–ML5 i Fulldøla 19.–20. mai 2022. Infestasjonen av muslinglarver er presentert som prevalens (prosentandel av undersøkt fisk som er infestert), abundans (gjennomsnittlig antall larver på all fisk undersøkt) og intensitet (gjennomsnittlig antall larver på infestert fisk). N = totalt antall fisk samlet inn; Maks = maksimum antall muslinglarver på enkeltfisk; SD = standardavvik.

Stasjon	Alder	N	Prevalens (%)	Abundans Gjsnitt \pm SD	Intensitet Gjsnitt \pm SD	Maks
ML1	1+	16	18,8	0,9 \pm 2,1	5,0 \pm 2,0	7
ML2	1+	18	27,8	3,7 \pm 9,2	13,2 \pm 14,4	38
ML3	1+	2	0	0	0	0
ML4	1+	13	7,7	0,2 \pm 0,6	2,0	2
ML5	1+	12	8,3	0,1 \pm 0,3	1,0	1
ML1–ML5	1+	61	16,4	1,4 \pm 5,3	8,4 \pm 10,9	38
ML1	$\geq 2+$	1	0	0	0	0
ML2	$\geq 2+$	1	0	0	0	0
ML3	$\geq 2+$	2	50,0	1,0 \pm 1,4	2,0	2
ML4	$\geq 2+$	9	22,2	0,3 \pm 0,7	1,5 \pm 0,7	2
ML5	$\geq 2+$	12	25,0	0,3 \pm 0,7	1,3 \pm 0,6	2
ML1–ML5	$\geq 2+$	25	24,0	0,4 \pm 0,7	1,5 \pm 0,5	2

7 Elvemusling

Forekomsten av elvemusling (**figur 22**) i Fulldøla har bare vært kjent siden midten av 1990-tallet (Samlet plan 1996), men bestanden er undersøkt flere ganger etter den tid (Heggenes & Lande 1998, Roer 2005, Gustavsen 2010, Gregersen 2011, Sandaas & Enerud 2014; 2016). Kiland & Simonsen (1999) oppsummerer kjente forekomster av elvemusling i Telemark og opplyser om Fulldøla: «Få (30–40) individ, ingen rekruttering». Utbredelsen har sett ut til å være begrenset til nedre del av elva. Ett stedsnavn som stadig ble nevnt, var Makkhølen og strekningen noen hundre meter nedstrøms. Der ble det funnet 11 individer i 1998, men bare to individer i 2014 (**tabell 11**). Utviklingen så derfor ut til å være negativ over tid, og bare eldre muslinger ble påvist (102–109 mm lange; Gregersen 2011, Sandaas & Enerud 2014). Gregersen (2011) fant i tillegg 27 tomme skall, som bekreftet at bestanden hadde vært større tidligere.



Figur 22. Det finnes fortsatt en liten bestand av elvemusling i Fulldøla, men mange steder er elvebunnen dekket av et teppe med finpartikulært materiale. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Tabell 11. Kjente funn av elvemusling i Fulldøla.

Dato	Levende	Døde (tomme skall)	Merknader	Kilde
1990-tallet	Ca. 100	-		T. Dubowski pers. medd. (Gregersen 2011)
1997	-	-	Funnet ved dykking	G. Grimeland pers. medd. (Økland & Økland 1998)
01.07.1998	4–5	-		Telen 02.07.1998: «Her er den «forsvunne» elveperlemuslingen»
Sept./okt. 1998	11	4		Heggenes & Lande 1998
28.08.2003 og 12.09.2005	0	-		Roer 2005
Juni 2010	3	-		T. Dubowski pers. medd. (Gustavsen 2010, Gregersen 2011)
09.06.2010	1	1		Gustavsen 2010
22.–23.08.2011	3	27		Gregersen 2011
15.09.2014 og 03.07.2015	2	3	Skall tatt med	Sandaas & Enerud 2014; 2016
16.–21.8.2018	Ca. 50	0		Larsen 2018a

I 2018 gjennomførte Larsen (2018a) en ny kartlegging av Fulldøla. Det totale antall musling lå da tett opptil 50 individ (**tabell 1**). I tillegg ble det funnet muslinglarver på ørretunger i alle deler av Fulldøla. Dette var en positiv utvikling for en bestand som tidligere var beskrevet som nær utdødd. Det var to lengdegrupper av elvemusling – en gruppe eldre muslinger som var 100–112 mm, og en gruppe muslinger med skallengde 34–81 mm, der alle i den siste gruppen var et resultat av nyrekruttering. Det ble ikke funnet tomme skall eller skallrester i noen del av elva.

En ny kartlegging (tetthet, lengdefordeling og graviditet) av muslingbestanden i Fulldøla ble gjennomført i 2022. Undersøkelse av utbredelse og tetthet av elvemusling ble gjennomført ved direkte observasjon (bruk av vannkikkert) og telling av synlige individer (Larsen & Hartvigsen 1999). Det var stort sett mulig å vade hele elvetverrsnittet, på de områdene som ble prioritert undersøkt. Tettheten ble undersøkt på åtte stasjoner (stasjon M1–M8; for lokalisering se **figur 9** og **figur 23**), basert på tidsbegrensede tellinger av 15 minutters varighet («fritellinger») over større arealer i tilknytning til de delene av Fulldøla der det har blitt observert elvemusling i de siste årene samt i potensielt gode leveområder i andre deler av elva. Det ble gjennomført én til tre tellinger av 15 minutters varighet i tilknytning til hver stasjon.

Lengdefordeling av levende muslinger ble undersøkt ved innsamling av alle levende muslinger som ble observert på stasjon M4 og M5 19.–20. mai 2022 («totaltelling»; N = 64) samt «nyoppdagede» individer under fritellingene på stasjon M3 og M5 29.–30. juli 2022 (N = 2). Alle levende elvemuslinger ble målt med skyvelære til nærmeste 0,1 millimeter, før de ble lagt tilbake i substratet. Undersøkelsene ble gjennomført i henhold til veiledende europeisk standard for overvåking av elvemusling (Norsk Standard NS–EN 16859:2017).



Figur 23. Stasjoner i Fulldøla (stasjon M1–M8) der tettheten av elvemusling ble undersøkt ved fritellinger i slutten av juli 2022. For lokalisering se figur 9. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.



Figur 23 fortsetter.

Hos unge individer er tilvekstringene i skallet tilstrekkelig definert slik at man med stor pålitelighet kan skille dem fra hverandre (Ziuganov et al. 1994) (**figur 24**). Alder kan derfor bestemmes ved direkte telling av antall vintersoner i skallet; definert som mørke ringer mellom to lyse sommer-soner. Det ble aldersbestemt fire unge muslinger i felt i 2018 (Larsen 2018a). Dette ble supplert med ett nytt individ i 2022. For individer som ble aldersbestemt ble lengden av hver vintersoner (= årringsdiameter) målt til nærmeste 0,1 mm. Basert på gjennomsnittlig lengde, ble det utarbeidet en vekstkurve for elvemusling opp til 12 år i Fulldøla.



Figur 24. Levende elvemusling ble målt med skyvelære til nærmeste 0,1 mm, før de ble lagt tilbake i substratet. Hos unge individer kan vintersonene som sees i skallet skilles fra hverandre og vise alderen på muslingen. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Tredje august 2022 ble «graviditetsfrekvensen» (andel voksne muslinger med muslinglarver i gjellene) til 17 muslinger undersøkt på stasjon M4. Dette ble gjort ved å åpne skallene forsiktig og undersøke gjellene i felt, med hensyn til forekomst av muslinglarver, før muslingene ble lagt tilbake i substratet.

7.1 Forekomst og utbredelse

Det ble med ett unntak funnet levende elvemusling begrenset til en ca. 275 m lang strekning fra Makkhølen og nedover i 2022. Dette er den samme strekningen der det i 2018, men også tidligere er påvist elvemusling (f.eks. Heggnes & Lande 1998, Roer 2005, Gregersen 2011, Sandaas & Enerud 2014, Larsen 2018a). I tillegg ble det i 2022 funnet ett individ om lag 100 m nedstrøms de tidligere observasjonene, og elvemusling er nå dokumentert innenfor en 400 m lang strekning av Fulldøla.

Da det også er funnet muslinglarver på ørretunger i hele Fulldøla i 2018 (Larsen 2018a) og 2022, må utbredelsen være større enn det som er dokumentert. Det er flere vandringshindre for ørret ovenfor Makkhølen, som betyr at ørretungene ikke kan ha blitt infestert i nedre deler av elva for så å vandre opp til øvre deler. Muslinglarvene som ble funnet på ørretunger i øvre del må stamme fra muslinger som faktisk befinner seg i øvre del, uten at dette er påvist enda.

Det er derfor antatt at elvemusling kan påtreffes spredt og i lite antall på hele den tre kilometer lange strekningen fra utløpet av Follsja til samløpet med Tinnåa. Det ble da også tilbake på 1990-tallet observert muslinger flere steder på de to nederste kilometerne av elva, for eksempel ved Hestøyan (Gregersen 2011) og på strekningen både ovenfor og nedenfor vegbrua ovenfor samløpet med Tinnåa (T. I. Dubowski pers. medd. i Larsen 2018a).

7.2 Antall/tetthet

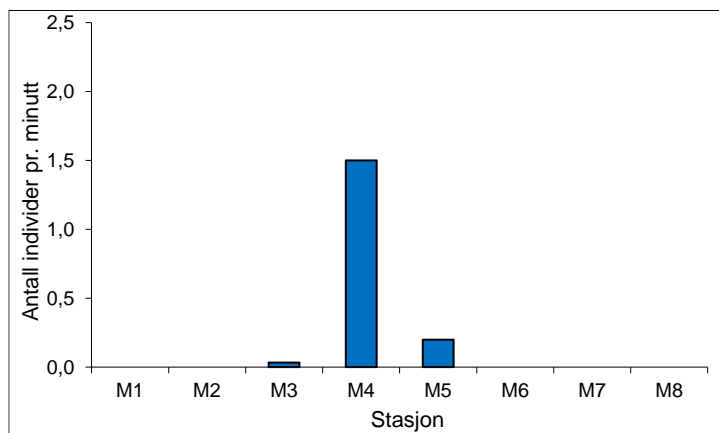
I midten av mai 2022 ble det gjennomført søk med vannkikkert og telling av «alle» muslinger på stasjon M4 og M5, der det i 2018 var funnet levende elvemusling (Larsen 2018a; **figur 25**). På den 250–300 m lange strekningen som ble undersøkt, ble det talt opp 64 levende elvemusling. Av disse ble 59 individer funnet innenfor et begrenset område tilsvarende 75 m av elvestrekningen (tilnærmet stasjon M4).



Figur 25. Slam og mudder dekket nesten de små muslingene. Når muslingene ble forstyrret lukket de seg og ble enda vanskeligere å få øye på. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

I slutten av juli 2022 ble det gjennomført tidsbegrensede tellinger (fritellinger) på åtte stasjoner (M1–M8; for lokalisering se **figur 9** og **figur 23**) i Fulldøla, fra samløpet med Tinnåa til Follsja.

Det ble funnet levende elvemusling på tre av de åtte stasjonene, og antallet varierte mellom 0,03 og 1,50 individ pr. minutt observasjonstid (**figur 26** og **vedlegg 1**). Gjennomsnittlig tetthet var 0,22 individ pr. minutt.

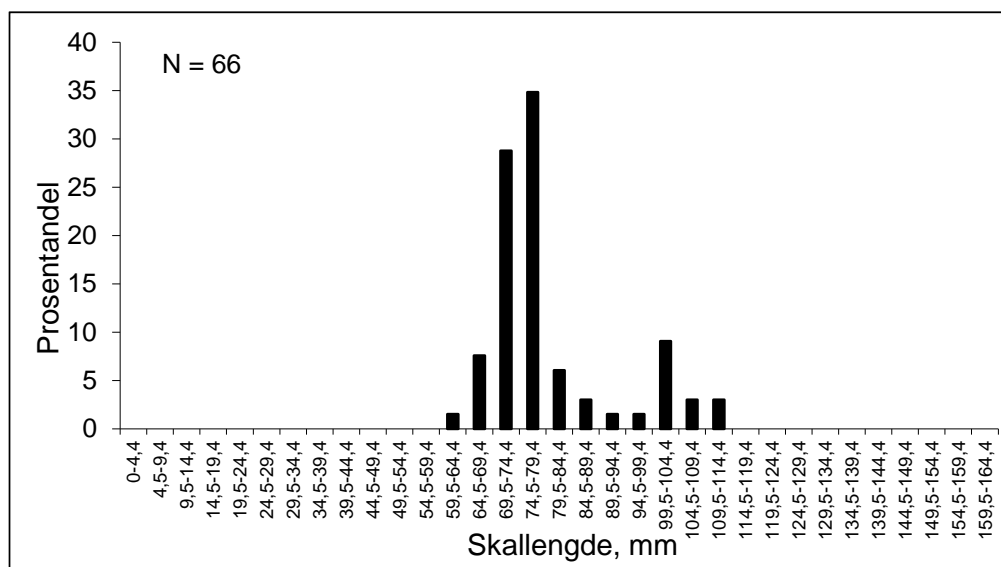


Figur 26. Tettheten av levende elvemusling basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall individ pr. minutt) på åtte stasjoner i Fulldøla i 2022.

I tillegg til det som ble påvist av levende elvemusling i mai, ble det i forbindelse med fritellingene funnet ett nytt individ på stasjon M3 og ett nytt individ på stasjon M5. Fritellingen på stasjon M4, som ikke dekker arealet like grundig som en telling av «alle» muslinger, resulterte i 45 muslinger (**vedlegg 1**). En «totaltelling» dagen etter fant minimum 54 individer.

7.3 Lengdefordeling

Alle synlige muslinger ble tatt opp og lengdemålt på stasjon M4 og M5 i mai 2022 (N = 64). I juli ble det i tillegg funnet to «nye» individer på stasjon M3 og M5, som også ble lengdemålt og innlemmet i lengdefordelingen. Hovedvekten av muslingene var mellom 70 og 80 mm lange (**figur 27**), og gjennomsnittslengden var 80 mm (SD = 12, N = 66). Minste og største musling var henholdsvis 63 og 113 mm lang. Det ble altså ikke funnet noen individer mindre enn 50 mm. Det var to lengdegrupper av elvemusling – en gruppe eldre muslinger som var 97–113 mm lange og en gruppe muslinger med skallengde mellom 63 og 91 mm, der alle i den siste gruppen var et resultat av «nyrekruttering».

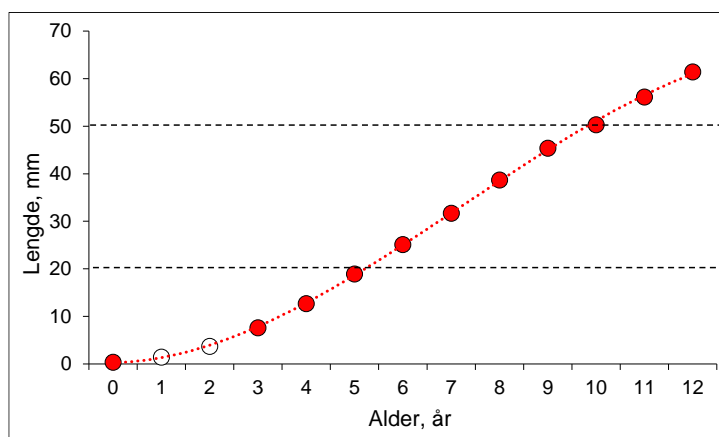


Figur 27. Lengdefordeling av levende elvemusling i Fulldøla i 2022.

Det ble ikke funnet tomme skall eller skallrester i noen del av Fulldøla i 2022.

7.4 Alderssammensetning og vekst

Det er ikke foretatt noen aldersbestemmelse av eldre elvemusling i Fulldøla, men noen av de yngre muslingene som ble funnet i 2018 og 2022 ble undersøkt i felt. Dette ga grunnlag for å sette opp en vekstkurve, basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos elvemusling opp til 12-årsalder (**figur 28**).



Figur 28. Vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos aldersbestemte elvemusling i Fulldøla fram til 12-årsalder ($N = 5$). Skallene var erodert ved umbo, slik at de første vintersonene ikke lenger kunne bestemmes med sikkerhet, og vekstkurven er stipulert for de tre første leveårene (åpne sirkler).

Den innerste delen av skallet ved umbo blir tidlig erodert hos elvemusling, slik at de første vintersonene som dannes ikke kan gjenfinnes i skallet. Dette gjør det vanskelig å vite nøyaktig hvor mange vintersoner som skal legges til det antall som blir observert.

Den minste muslingen som ble funnet i Fulldøla i 2018 var 34 mm, og alderen til denne ble antatt å være sju år (2011-årsklassen). Ut fra vekstkurven ser vi at gjennomsnittslengden for fem og 10 år gamle muslinger er henholdsvis 19 og 50 mm (**figur 28**). Legger vi dette til grunn, var det ingen muslinger som var ti år eller yngre i 2022. Den minste muslingen i 2022, som var 63 mm lang, var mest sannsynlig 12 år gammel (2010-årsklassen).

Muslinger som var 65–85 mm dominerte i lengdefordelingen i 2022. Dette tilsvarer sannsynligvis muslinger som er 13 år eller eldre. Disse har sluppet seg av ørretungenes gjeller i årene før 2009. Dette betyr at det har vært en årviss nyrekruttering til bestanden i Fulldøla i en tiårs-periode fra omkring år 2000, men som deretter stoppet opp igjen.

Muslingene i Fulldøla hadde en god tilvekst. Fra 4- til 12-årsalder var den årlige tilveksten 5–7 mm. Tilveksten var tilsynelatende størst da muslingene var 5–9 år gamle og avtok etter hvert som muslingene ble eldre.

7.5 Reproduksjon

Det er tidligere vist at muslingene i Fulldøla reproducerer normalt, siden det er funnet musling-larver på gjellene til ørret. Det ble i tillegg undersøkt for mulig graviditet første gang 16. august 2018. Da ble det funnet to gravide muslinger (66 og 72 mm lange), tilsvarende en graviditetsfrekvens på 20 % (Larsen 2018a).

Graviditetsfrekvensen ble undersøkt på nytt 3. august 2022 (**tabell 12**). Da var det en gjennomsnittlig graviditetsfrekvens på 77 %. Et flertall av de unge individene var gravide, og den høye graviditetsfrekvensen antyder at store deler av bestanden er hermafroditter med evne til kjønns-skifte eller selvbefruktning. Selvbefruktning forekommer hos elvemusling, og kan forekomme vanligere når tettheten av muslinger er lav (Bauer 1987).

Tabell 12. Undersøkelser av graviditeten hos elvemusling på stasjon M4 i Fulldøla 3. august 2022. Gjennomsnittslengde (L) av de undersøkte muslingene er oppgitt med standardavvik (SD); N = antall elvemusling som ble undersøkt.

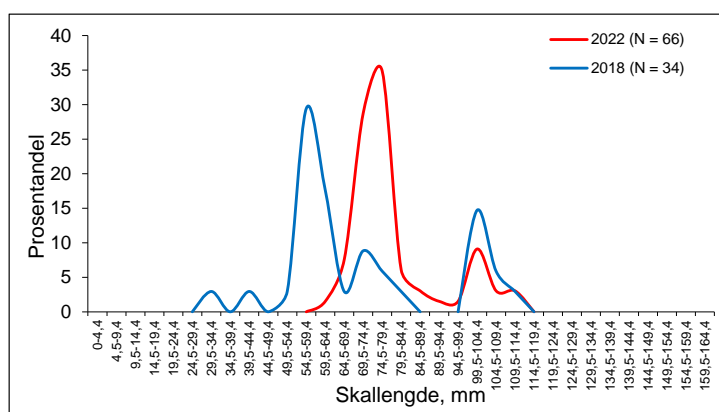
«Alder»	N	L (\pm SD), mm	Minste, mm	Største, mm	Graviditet %
Ung	12	76,7 \pm 4,4	68,7	83,8	83,3
Gammel	5	106,7 \pm 4,3	102,8	113,0	60,0
Alle	17	85,5 \pm 14,7			76,5

8 Oppsummering og diskusjon

Forekomsten av elvemusling i Fulldøla har bare vært kjent siden midten av 1990-tallet (Samlet plan 1996). Bestanden var imidlertid liten allerede den gangen, og kartlegginger utover på 2000-tallet viste at bestanden hadde avtatt ytterligere (Heggenes & Lande 1998, Roer 2005, Gustavsen 2010, Gregersen 2011, Sandaas & Enerud 2014; 2016). Bare eldre muslinger ble påvist (102–109 mm lange), og Gregersen (2011) fant relativt mange tomme skall. Det er flere faktorer som har vært med på den uheldige bestandsutviklingen i Fulldøla. De primære årsakene har med stor sannsynlighet vært en kombinasjon av dårlig vannkvalitet (surt og kalkfattig vann med pH <6,0 fram til 1990-tallet) og periodevis manglende vannføring i Fulldøla (regulering av Follsja til tømmerfløtningsformål). Men også selve fløtningsvirksomheten har nok forårsaket skade på muslinger og elvebunn når tømmeret ved høy vannføring ble fløtet ut av vassdraget.

I 2018 ble det funnet flere levende elvemusling i Fulldøla enn tidligere, tett opptil 50 individer (Larsen 2018a), men fortsatt begrenset til en 250–300 meter lang strekning fra Makkhølen og nedover. I 2022 ble det påvist 66 levende individer, hovedsakelig innenfor det samme utbredelsesområdet. Men i tillegg det ble funnet ett individ omkring 100 meter nedstrøms de tidligere observasjonene. Et høyere antall muslinger i 2022 skyldes ikke tilskudd av nye og yngre årsklasser, men at de muslingene som var til stede tidligere er blitt større og lettere å oppdage.

Det var fortsatt to lengdegrupper av elvemusling i Fulldøla i 2022 – en gruppe eldre muslinger som alle var 97–113 mm lange og en gruppe muslinger med skallengde mellom 63 og 91 mm som alle var yngre enn 20–22 år. Den minste muslingen i 2018 var 34 mm og sju år (2011-årsklassen) (Larsen 2018a). Den minste muslingen i 2022 var 63 mm og mest sannsynlig 12 år gammel (2010-årsklassen). Det kan bety at det har vært en liten, men årviss nyrekruttering til bestanden i Fulldøla fra omkring år 2000 og fram til 2010/2011. Sammenligner vi lengdefordelingen i 2018 med den som ble funnet i 2022, er det ingen indikasjon på at det er tilskudd av «nye» årsklasser i substratet (**figur 29**). Det er imidlertid en markert forskyvning i lengdefordelingen som tilsier at det er de samme muslingene som bare har blitt større. Det var flest muslinger i lengdegruppene 55–65 mm i 2018 og 70–80 mm i 2022. Dette tilsvarer en lengdeøkning på ca. 15 mm i løpet av fire år eller en årlig tilvekst på nær fire millimeter.



Figur 29. Lengdefordeling av levende elvemusling (uten graving i substratet) i Fulldøla i 2022 sammenlignet med 2018. Data fra 2018 er hentet fra Larsen (2018a).

Det ser altså ut til at den reetableringen av elvemusling som fant sted i Fulldøla i årene etter 2000, stanset helt opp igjen allerede i 2010/2011. Dette skjer tre–fem år før byggingen og oppstarten av Follsja kraftverk, og det er vanskelig å se at dette har hatt noen direkte sammenheng med hverandre. Nå kan vi heller ikke utelukke at rekrutteringen hos elvemusling kan ha tatt seg opp igjen i løpet av de siste årene uten at dette er fanget opp. En elvemusling lever normalt nedgravd i substratet i de første leveårene etter at de har sluppet seg av fra gjellene til vertsfisken (jfr. **figur 1**). For å finne de yngste årsklassene er det derfor nødvendig å grave i substratet. Det

ble gravd i grusen på ett område i 2018, da funnet av en synlig musling på 34 mm kunne indikere at det kunne være flere mindre muslinger nedgravd i grusen. Da gravingen ikke resulterte i funn av små muslinger i 2018, ble det ikke gravd i substratet i 2022, noe som også baserte seg på at minste synlige musling var så stor som 63 mm. Hvorvidt rekrutteringen har tatt seg opp igjen i Fulldøla i de aller siste årene får vi ikke svar på før de små muslingene eventuelt er blitt så store at de blir synlige ved direkte observasjon på elvebunnen. Muslinger som slapp seg av fra ørretungene i 2018 vil, for eksempel, ikke bli observert før tidligst i 2025 eller når de er nærmere 35 mm lange.

Det ble bare funnet åtte eldre muslinger i Fulldøla i 2018 mot 11 individer i 2022, men det er disse individene som har vært stammuslinger for den nyrekrutteringen som skjedde på begynnelsen av 2000-tallet. En elvemusling blir normalt kjønnsmoden når den er 12–13 år gammel (Young & Williams 1984), men alderen vil variere avhengig av vekstforholdene i vassdragene (jfr. Larsen 2017, Larsen 2018b, Jon H. Magerøy pers. medd.). Det betyr at flere av de unge muslingene som ble funnet i Fulldøla i 2018 allerede hadde kommet opp i reproduktiv alder, og to (av fem) individer som ble undersøkt var da også gravide (Larsen 2018a). I 2022 hadde alle de unge muslingene rukket å bli større enn 60 mm, og 10 av de 12 unge muslingene som ble undersøkt, var gravide. Det betyr at antall muslinglarver som blir produsert har økt i de siste årene, noe som samtidig har økt potensialet for at ørretungene i elva blir infestert med muslinglarver.

Det var størst antall muslinglarver på enkelte ørretunger på stasjon ML3, der de fleste muslingene er funnet (stasjon M4), og på stasjon ML2, som ligger et lite stykke nedstrøms. Muslinglarvene drifter passivt med elvevannet og kommer på den måten i kontakt med ørretunger som oppholder seg på elvestrekningen lenger ned. Dette gjør at det også ble funnet muslinglarver på stasjon ML1. I tillegg er det funnet et fåtall muslinglarver på noen av ørretungene i øvre del av Fulldøla, både i 2018 og 2022. Da det er flere vandringshindre for ørret ovenfor Makkhølen og området med flest muslinger (stasjon M4 og M5), betyr det at ørretungene ikke kan ha blitt infestert fra disse muslingene, for så å vandre opp til øvre deler. Muslinglarvene som ble funnet på ørretungene i øvre del må stamme fra muslinger som faktisk befinner seg der. Det er gjort søk i deler av området, uten at det foreløpig har resultert i funn av levende muslinger.

Det finnes flere sett av kriterier for å vurdere tilstanden til en bestand av elvemusling, som alle er basert på ekspertvurderinger: fastsettelse av økologisk tilstand, naturindeks og ulike klasser i en poengmodell (**vedlegg 1** og **vedlegg 2**). I vannforskriften inngår elvemusling som en terskelindikator (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018). Om vi fastsetter økologisk tilstand for Fulldøla basert på elvemusling, blir tilstanden beskrevet som *moderat* både i 2018 og 2022. Dette tilsvarer en tilstand der tiltak er nødvendig for å nå miljømålene i vannforskriften (Larsen 2017). En vellykket rekruttering og forekomst av små muslinger i de fleste årsklasser, er generelt det synlige beviset på en velfungerende bestand og *god* økologisk tilstand. For å oppnå *god* eller *svært god* tilstand, må det forekomme muslinger mindre enn 20 mm (nyrekruttering). I Fulldøla var det generelt få muslinger. I 2018 var det bare to individer som var mindre enn 50 mm og i 2022 ingen. Det skal normalt inngå noe graving i substratet for å kunne fastsette økologisk tilstand (jfr. Larsen 2017). Dette ble gjort i 2018, men ikke i 2022. Det er reetablering av muslinger i årene etter 2000 som gjør at økologisk tilstand blir *moderat* og ikke *dårlig*. Selv om rekrutteringen er redusert, er det ikke funnet tomme skall eller skallrester i noen del av Fulldøla, verken i 2018 eller i 2022. Dette indikerer at muslingene som har etablert seg, har overlevd i vassdraget.

Etter kriteriene for fastsettelse av naturindeks, på grunn av liten populasjonsstørrelse og mangel på muslinger mindre enn 50 mm, får Fulldøla en verdi på bare 0,2 (snart forsvunnet) (**vedlegg 1**). I poengmodellen, som benyttes for å bedømme verneverdien (som også sier noe om levedyktigheten) av ulike lokaliteter med elvemusling, oppnådde Fulldøla 8(9) av 36 poeng i 2018, men bare 4(5) poeng i 2022 (**vedlegg 2**). Årsaken til nedgangen i poeng er endringen i forekomsten av muslinger mindre enn 50 mm, som ble påvist i 2018, men ikke i 2022. Selv om antall muslinger økte noe, er bestanden fortsatt svært liten og sårbar for reduksjon.

Skal bestanden med elvemusling overleve i Fulldøla, må det være ørret til stede og vannkvaliteten må tilfredsstillende de ulike stadiene i elvemuslingens liv. Fulldøla karakteriseres som kalkfattig og klar i henhold til vannforskriftens klassifiseringsveileder for miljøtilstand i vann (elvetype R105; Direktoratgruppen vanddirektivet 2018). Konsentrasjonen av kalsium har holdt seg relativt stabil og lå i 2018–2020 hovedsakelig mellom 1,7 og 1,9 mg/l. Dette er noe lavt, men ligger likevel innenfor det som er vanlig i mange av elvene som har elvemusling i Norge (jfr. Larsen 2017).

Fulldøla blir ikke brukt som resipient, da det ikke finnes bebyggelse eller andre forurensende aktiviteter langs elveløpet. Verdiene av mengde totalt fosfor (Tot-P) var lavere i Follsjå/Fulldøla enn referanseverdien for elvetypen, noe som betyr *svært god* tilstand med hensyn til Tot-P. Mengde totalt nitrogen (Tot-N) var derimot høyere enn referanseverdien, men varierte mellom *svært god* og *moderat* tilstand. I sum betyr det at Follsjå i liten grad er påvirket av eutrofiering.

Vassdraget har imidlertid i lang tid vært negativt påvirket av sur nedbør og lave pH-verdier i nedbørfeltet. Men det har skjedd store endringer i forsurenings situasjonen fra 1970-1990-tallet og fram til i dag. I Follsjå ble det på 1990-tallet målt pH <6,0, og på slutten av 1990-tallet foreligger det en måling i Fulldøla på 6,1. I Västernorrlands län, Sverige, ble vannkvaliteten i elver med og uten elvemusling analysert (Petersson 2019). Sannsynligheten for å påtreffe elvemusling var størst i elver med pH ca. 6,2 eller høyere og vannfarge mindre enn 125 mg Pt/l. Elver med livskraftige populasjoner hadde normalt enda høyere pH-verdi (rundt 6,7) og fargetall mindre enn 75 mg Pt/l. Vannkvaliteten i Fulldøla, uttrykt ved farge, synes å være god nok (normalt lavere enn 30 mg Pt/l), og i årene 2018–2020 har også pH økt til verdier mellom 6,5 og 7,1. Et tiltakspunkt som ble nevnt av Larsen (2018a) var forslag om kalking på utløp av Follsjå, for å sikre stabil pH på 6,4 eller høyere gjennom hele året i Fulldøla. Det kan se ut til at dette ikke er nødvendig lenger.

Elvemuslinger overlever ikke lenge i områder med vedvarende høyt partikkelinnhold (grumsete vann). I en svensk undersøkelse var turbiditeten i elver med muslingbestander med god status (med rekruttering) mindre enn 1 FNU (0,5–1,0 FNU) (Söderberg et al. 2008). I Follsjå og Fulldøla er turbiditeten under normale forhold mindre enn 0,5 FTU og innenfor det som antas å være god vannkvalitet. Selv om turbiditeten øker til 3,5–5,8 FTU under kjøring av skylleflommer i vassdraget, er dette antatt å være uproblematisk, da episoden med høyt partikkelinnhold er av kort varighet og muslingene kan verne seg mot dette ved midlertidig å lukke skallet.

Det største avviket når det gjelder miljø- og habitatforholdene for elvemusling ser vi når vi måler redokspotensialet i elva og ser på reduksjonen i redokspotensial mellom overflatevann og substratet. Da finner vi at habitatkvaliteten for unge muslinger, som må leve nedgravd i substratet, ikke er tilfredsstillende i Fulldøla, men kanskje en antydning bedre i 2022 enn i 2018. Dette behøver ikke være en trend, da det også kan skyldes variasjon i miljøforholdene mellom år (jfr. Magerøy 2021). Mediant redokspotensial på 5–7 cm dyp i substratet var lavere enn 300 mV på fire av de fem stasjonene som ble undersøkt i august 2018, men bare på én av de fem stasjonene i 2022 (før kjøring av skylleflom) (**tabell 13**). Vanlig elvevann eller innsjøvann med tilnærmet oksygenmetning har gjerne redoksverdier (E_H) på 500–600 mV (slik det også var i de frie vannmasser i Fulldøla; **tabell 13**). Men allerede i området 300–400 mV er oksygenkonsentrasjonen lav, samtidig som det er konsentrasjoner av oksiderbart jern og/eller mangan til stede. Anaerobe forhold i vann opptrer allerede når E_H er <300 mV.

I Fulldøla framsto derfor habitatkvaliteten som dårligere enn forventet. Når det måles redokspotensial i substratet ble det funnet medianverdier mellom 300 og 400 mV på fire av de fem stasjonene i 2022. På den femte stasjonen var medianverdien <300 mV slik det også var på fire av de fem stasjonene i 2018. Habitatkvaliteten blir da vurdert som *moderat* eller *dårlig*. Ser vi samtidig på reduksjonen i redoksverdi mellom de frie vannmasser og substratet, var denne så vidt under 20 %, som tilsvarer *god* habitatkvalitet, bare på én av stasjonene i 2018. De resterende stasjonene hadde reduksjon i redoksverdi på 51–63 % (**figur 30**), noe som tilsvarer *dårlig* habitatkvalitet. I 2022 hadde alle stasjonene fortsatt en reduksjon i redoksverdi som var over 30 % (38–50

%). Dette var likevel et noe bedre resultat enn i 2018, selv om det fortsatt viser at habitatkvaliteten ikke er god nok for å oppnå en vellykket rekruttering hos elvemusling.

Det skal imidlertid tilføyes at både sommeren 2018 og 2022 var utenom det vanlige. På grunn av en lang periode med lite eller ikke noe nedbør måtte vannføringen reduseres i en periode på nærmere sju uker i 2018 og var nede i 90 l/s i seks av disse ukene (uke 25–30). I 2022 måtte vannføringen reduseres til 100 l/s i perioden 22. juni – 17. juli (uke 25–28). Dette kan ha hatt betydning for at habitatkvaliteten (redoksverdiene) ble vurdert som dårligere enn forventet på grunn av økt begroing og nedslamming gjennom sommeren.

Tabell 13. Mediant redokspotensial i overflatevann (FW) og på 5–7 cm dyp i substratet (5 cm) på fem stasjoner i Fulldøla før og etter kjøring av skylleflom i 2018 og 2022

Målepunkt	Stasjon	Redokspotensial (medianverdier), mV							
		Før 2018	Før 2022	Endring	%	Etter 2018	Etter 2022	Endring	%
FW	R1	587	576			593	597		
	R2	577	560			571	600		
	R3	581	578			605	596		
	R4	597	640			613	603		
	R5	579	633			597	619		
	Gj.snitt		584	597	+13	+2,2	596	603	+7
5 cm	R1	275	340			293	375		
	R2	213	282			198	319		
	R3	287	317			314	386		
	R4	485	396			544	381		
	R5	228	369			292	339		
	Gj.snitt		298	341	+43	+14,4	328	360	+32



Figur 30: I et område nedenfor Makkhølen ble det funnet to muslinger i begynnelsen av august 2022 (markert på bildet). Jordslammet som dekker bunnen forårsaker dårlig vanngjennomstrømning i substratet og oksygenvinn. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Etter kjøring av skylleflom ble forholdene tilsynelatende litt bedre i 2018, men medianverdien av redoksmålingene på 5–7 cm dyp i substratet var fortsatt lavere enn 300 mV på tre av de fem stasjonene etter skylleflommen (**tabell 13**). I 2022 var det ikke mediant redokspotensial lavere enn 300 mV på noe av stasjonene etter skylleflommen. Det var en liten positiv økning i gjennomsnittlig redokspotensial i substratet for de fem stasjonene i begge årene, henholdsvis 10 og 6 % i 2018 og 2022. Forskjellen er mindre enn forventet når vi også tar hensyn til at redokspotensialet i overflatevannet også økte noe (1–2 %) etter skylleflommen. Det observeres imidlertid at elvebunnen er renere med mindre slam, mudder og algebegroing etter en skylleflom (positiv visuell

effekt). Det ser dessverre ut til at denne effekten er overfladisk og ikke trenger dypt nok ned i elvegrusen til å fjerne avleirede finsedimenter nede i substratet.

Forekomsten av unge muslinger og nyrekrutteringen i Fulldøla er sannsynligvis forårsaket av en endring i vannkvalitet og vannføring i løpet av 1990-tallet. Aldersbestemmelse av de unge muslingene har vist at det har vært en liten, men årviss nyrekruttering til bestanden av elvemusling fra omkring år 2000, og i det minste, fram til 2011. I dag framstår ikke området der muslingene befinner seg som godt egnet, og ifølge redoksmålingene er det oksygenmangel i substratet. Hvorvidt forholdene har forverret seg i løpet av de siste årene, kan vi ikke si noe om basert på det vi vet i dag.

Muslingene stiller ulike krav til leveområdet i ulike faser av livet. Forandringer i habitat og vannkvalitet kan derfor føre til at de unge stadiene dør, selv om de voksne muslingene fortsatt er til stede. At de voksne muslingene fortsatt er til stede, sier derfor ingenting om hva som egentlig er miljøkravene for å opprettholde rekrutteringen og sikre bestanden på lang sikt. For de unge muslingene, som er helt nedgravd, må strukturen i substratet være slik at det er en god utskiftning av vann mellom de frie vannmasser og mellomrommene i substratet. Andelen organisk materiale må være lavt i bunnmaterialet og andelen finkornet (<1 millimeter) uorganisk materiale bør være mindre enn 25 % for at unge muslinger skal klare å overleve (Geist & Auerswald 2007, Österling 2006).

Fulldøla har flere fosser og bratte stryk som hindrer eller hemmer fiskevandringen i vassdraget. Bestandene av elvemusling og ørret er derfor naturlig fragmentert. Dagens bestand av elvemusling er delt opp i minst fire mer eller mindre atskilte «delbestander», på strekningen mellom Tinnåa og Follsjå. Eneste mulighet for utveksling av genetisk materiale er ved nedstrøms drift av muslinglarver i de frie vannmasser eller at ørretunger med muslinglarver på gjellene kan forflytte seg nedover i vassdraget. At voksne muslinger skulle bevege seg innad i vassdraget, er mindre sannsynlig.

Habitatet for ørret ble gjennomgående vurdert som «egnet» (moderate gytemuligheter og noe skjul til stede) på elfiskestasjonene som ble undersøkt i Fulldøla. For at økologisk tilstand skal bedømmes som *god* eller bedre med hensyn til ørret, må tettheten i Fulldøla være større enn 40 individ pr. 100 m² i henhold til vannforskriftens klassifiseringsveileder (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018).

Gjennomsnittlig tetthet av ørretyngel (alder 0+) og eldre ørretunger (alder ≥1+) var henholdsvis 9 og 19 individ pr. 100 m² i Fulldøla i august 2018. Ørretbestanden i vassdraget, som helhet, ble etter dette klassifisert som *moderat*, men på grensen til *dårlig* (**tabell 14**). Tilstanden varierte lite innad i vassdraget, og økologisk tilstand på de fire stasjonene lå mellom *dårlig* og *moderat*. I 2022 var bildet annerledes. Tilstanden varierte fra *svært dårlig* (på grensen til *dårlig*) til *svært god* på de fire stasjonene (**tabell 14**). Tettheten av ørretyngel var høyere enn i 2018 (22 individ pr. 100 m²) mens tettheten av eldre ørretunger var vesentlig lavere (5 individ pr. 100 m²). Det var høyest tetthet av ørretyngel på de to nederste stasjonene, som fungerer som gyteområde for ørreten i Tinnåa. De to øverste stasjonene derimot har bare små bestander av lokal ørret som er fysisk atskilt på grunn av fosser og stryk, både fra hverandre og fra nedre del av Fulldøla. Dette kan gi større årlige variasjoner, og i 2022 er det spesielt de eldre ørretungene som har lavere tetthet enn forventet når vi sammenligner med 2017.

I tillegg til ørret ble det funnet ørekyte på alle stasjonene i moderat tetthet. Gjennomsnittlig tetthet var høyere i 2022 enn i 2018, estimert til 33 individ (større enn årsyngel) pr. 100 m². Det var opprinnelig ikke ørekyte i Telemark (Hesthagen & Sandlund 1997). I løpet av 1970- og 1980-tallet skjedde det imidlertid en dramatisk spredning til mange innsjøer, og den er nå utbredt over et stort geografisk område. I Notodden er det ørekyte i de store innsjøene Tinnsjå, Follsjå og Heddalsvatnet. Undersøkelser tyder på at ørekyte kan være en sterk konkurrent til ørret der den forekommer i tette bestander. Ørekyte konkurrerer om plass og næring og har nok stor betydning for at tettheten av ørret er lavere enn forventet i Fulldøla.

Tabell 14. Klassifisering av ørretbestanden i Fulldøla (stasjon F1–F4) basert på habitatklasse 2 («egnet» habitat) ved elfiske gjennomført i midten av august 2018 og slutten av juli 2022 etter følgende fargekoder: **rød** = svært dårlig, **oransje** = dårlig, **gul** = moderat, **grønn** = god og **blå** = svært god økologisk tilstand.

År	2018			2022		
	Tetthet N/100 m ²			Tetthet N/100 m ²		
Stasjon	Ørret 0+	Ørret ≥1+	Sum	Ørret 0+	Ørret ≥1+	Sum
F1	6,9	13,4	20,3	22,6	0,5	23,1
F2	10,8	15,1	25,9	52,8	2,8	55,6
F3	7,7	28,5	36,2	10,3	3,5	13,8
F4	4,4	26,5	30,9	4,4	10,1	14,5
F1-F4	8,5 ± 1,4	19,3 ± 2,4	27,8	21,5 ± 6,8	4,5 ± 1,5	26,0

Ørret er imidlertid eneste vertsfisk for elvemuslingens larver i Fulldøla («ørretmusling»). Moderat høy tetthet av ørret er derfor viktig for å sikre reproduksjonen og opprettholde populasjonen av elvemusling. Söderberg et al. (2008) og Degerman et al. (2013) fant at i muslingpopulasjoner med god status, var tettheten av ørretyngel (0+) større enn 5 individ pr. 100 m² (5–23 individ). Basert på dette skal ikke mangel på vertsfisk være begrensende for en vellykket rekruttering hos elvemusling i Fulldøla. Dessverre var antall ørret på den strekningen av elva der de fleste muslingene sto, vesentlig lavere enn i resten av vassdraget (B.M. Larsen egne obs.). Dette er det vanskelig å gjøre noe med (f.eks. ved habitatforbedringer). Det er heller ikke mulig for ørret å vandre opp til muslinglokaliteten nedenfra. Det er dessuten begrenset med gyte- og oppvekstområder for ørret like ovenfor muslinglokaliteten, og følgelig blir tilførselen av nedvandrende ørret også liten. Et tiltak for å øke rekrutteringen hos elvemusling på muslinglokaliteten, kan være å flytte 25–50 ørretunger fra andre steder i elva og sette ut på strekningen. Gjøres dette i månedsskiftet juli/august, kan det bidra til at flere ørretunger blir infestert med muslinglarver på gjellene. Skal dette ha en effekt, forutsetter det at muslingene som etter hvert vil slippe seg av fisken kan overleve de første leveårene i substratet. I dag er det tvil om habitatkvaliteten i dette området er god nok til det.

For å styrke elvemuslingbestanden i Fulldøla kan kultivering og utsetting av anleggsproduserte småmuslinger være et egnet tiltak. Dette vil kunne hjelpe muslingen over den første kritiske fasen, som den første tiden nedgravd i substrat av dårlig kvalitet innebærer. I Norge har vi et kultiveringsanlegg for elvemusling på Austevoll utenfor Bergen. Kultiveringen er basert på innsamling av stammuslinger som overføres til anlegget, der de holdes for infestering av fisk direkte i kultiveringsanlegget (Jakobsen et al. 2017). Det er, som et minimum, anbefalt å holde mellom 20 og 50 muslinger, helst flere, for å sikre at mest mulig av den genetiske variasjonen i bestanden blir representert (jfr. Karlsson et al. 2016). Det kan være vanskelig å oppfylle dette i Fulldøla, der det i 2022 bare ble påvist 66 individer. Fordelen i Fulldøla er imidlertid at alle(?) muslingene er hermafroditter (tvekjønnet individ der begge kjønn utvikles enten samtidig eller til forskjellig tid) og bidrar i produksjonen av muslinglarver.

Det er alltid en viss risiko ved det å flytte muslinger fra elva til anlegget, men det gir samtidig muligheten til å produsere et stort antall muslinger som etter to–tre år i anlegget kan tilbakeføres og settes ut i Fulldøla. Det er naturlig å velge ulike utsettingsområder både nedenfor og ovenfor dagens utbredelsesområde. Redoksmålingene har vist at det er områder (lommer) i alle deler av Fulldøla som kan ha god nok habitatkvalitet. Kultivering og utsetting er imidlertid ikke ment å erstatte nødvendige restaureringstiltak i elva. Målet må hele tiden være å gjenskape gode nok leve- og oppvekstområder for muslingene, slik at bestanden gjenoppretter en naturlig rekruttering.

I vilkårene til vassdragskonsesjonen for Follsja kraftverk er det i tillegg til pålagt minstevannføring (250 l/s) stilt krav om skylleflommer, opprinnelig på minimum 2100 l/s to ganger per dag i to dager i tidsrommet 15. april – 15. mai. Fra 2019 ble dette endret til én gang per dag i to dager i tidsrommet 15. april – 15. mai og én gang per dag i to dager i tidsrommet 15. august – 15. september.

Effekten en skylleflom hadde på vannkvaliteten ble første gang undersøkt i august 2018 (Larsen 2018a) og senere i mai og august 2019 og 2020, da det ble sluppet en kortvarig flom (puls) av tre timers varighet i to påfølgende dager. Det var størst transport av suspendert materiale (partikler av jordslam, finsand og silt) og organisk materiale (begroing av alger og moser) i forbindelse med det første vannslippet, og turbiditeten gikk ned fra 3,5–5,8 FTU i den første pulsen til 0,9–2,3 FTU i den andre. Normal turbiditet i Fulldøla er <0,5 FTU. Larsen (2012) har, med utgangspunkt i livssyklusen til elvemusling, anført at de beste periodene for en skylleflom vil være om våren (før muslinglarvene slipper seg av fisken) og om høsten/senhøsten (etter at muslinglarvene har festet seg til fisken). I tillegg kan vannslipp være nødvendig om sommeren (juli), for å dempe algeveksten og øke oksygeninnholdet i perioder med høy vanntemperatur.

Under forutsetning av at man skal benytte den samme vannmengden til skylleflommer som tidligere, er det fortsatt mulig å fordele vannet som benyttes til skylleflommer i dag på en litt annen måte. Vi ser at det fortsatt akkumuleres mye jordslam og organisk materiale i elveløpet, på grunn av for liten variasjon i vannføring gjennom året. En skylleflom, slik det er forsøkt i 2019–2022, med en kortvarig flom (puls) av tre timers varighet i to påfølgende dager er åpenbart mest effektiv den første dagen. Et alternativ er å flytte vannslippet som ble benyttet den andre dagen til bruk som to kortvarige flommer (pulser) (2100 l/s) av tre timers varighet på to ulike tidspunkt, f.eks. i midten av juni (10.–20. juni) og i midten av juli (10.–20. juli). Et annet alternativ er å bruke vannslippet som en kortvarig flom (puls) av tre timers varighet, men i to påfølgende dager i midten av juni, med en høyere vannføring, tilsvarende ca. 3000 l/s, den første dagen og en mindre opprensning den andre dagen, med en vannføring på 1200 l/s. Vannføringen under dagens skylleflommer tilsvarer det som er beregnet som naturlig middelvannføring i Fulldøla (midlere avløp fra Follsja) og tilsvarer det opprinnelige vandekte arealet i elva, men representerer på ingen måte «flomvannføring». Ytterligere forbedringer i bruken av skylleflommer som tiltak for å redusere nedslamming av gyte- og oppvekstområdene for fisk og rekrutteringsområdene for elvemusling (**figur 31**), vil kreve et større vannslipp fra Follsja enn det konsesjonen pålegger i dag. Vi har ikke i denne omgang gått inn i den diskusjonen. Behovet for en mer dynamisk vannføring er imidlertid til stede, da det naturlig har vært få perioder med overvann på Follsja etter at kraftverket ble startet i 2015. Det er bare tre perioder av fire–fem ukers varighet høsten 2015, 2020 og 2022, som peker seg ut med spesielt høy vannføring. Det betyr at i det meste av tiden har vannføringen vært stabil og lik minstevannføringen.

Det er allerede gjennomført noen tiltak i Fulldøla siden 2018. Det viktigste var forslaget om en endring i bruken av de konsesjonspålagte skylleflommene. Dette skaffet tilveie mer generell kunnskap om skylleflommer som tiltak, som igjen er fulgt opp med innsamling av vannprøver og etterundersøkelser/overvåking av fisk og elvemusling samt nye redoksmålinger (denne undersøkelsen) (se Larsen 2018a). Forslaget om kalking på utløpet av Follsja er ikke lenger berettiget, da pH har økt tilstrekkelig de siste årene til å tilfredsstille vannkvaliteten til elvemusling.

Tiltak som fortsatt kan være aktuelle, for å opprettholde bestandene av elvemusling og ørret, kan være:

- Ny endring av rutinene for kjøring av skylleflommer. Dagens rutine er å kjøre én flomtopp med varighet på tre timer hver dag i to påfølgende dager vår (15. april – 15. mai) og høst (15. august – 15. september). Det foreslås å endre dette og begrense det til én flomtopp med varighet på tre timer bare én dag i de samme tidsrommene (vår og høst). I tillegg må det suppleres med en tilsvarende flomtopp med varighet på tre timer i én dag i midten av juni (10.–20. juni) og én dag i midten av juli (10.–20. juli). Alternativt kan det kjøres en todagers skylleflom i midten av juni. Denne kjøres som en kortvarig flom (puls) av tre

timers varighet hver dag. Vannføringen bør da tilsvare ca. 3000 l/s den første dagen mens det bare kjøres en mindre opprensning den andre dagen, med en vannføring på 1200 l/s. Da bortfaller skylleflommen i midten av juli

- Innsamling av stammuslinger for bruk til kultivering og oppdrett av muslinger. Etter to-tre vekstsesonger i anlegg, vil disse kunne egne seg for tilbakeføring og utsetting
- Innsamling og flytting av ørret opp til lokaliteten med elvemusling, for at et større antall muslinglarver skal få tilgang på riktig vertsart
- Følge opp eventuelle tiltak med etterundersøkelser/overvåking av musling (antall og lengdefordeling) og nye redoksmålinger.



Figur 31. I elver der finpartikulært materiale fyller hulrommene i substratet og legger seg som et teppe over bunnen, vil de unge muslingene ha problemer med å overleve. Et lett tramp med foten synliggjør problemet. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Ved en eventuell endring i rutinene for kjøring av skylleflommer anbefales det å følge opp dette med nye vannprøver i to år (2023 og 2024), gjerne supplert med nye redoksmålinger før og etter skylleflommen i august 2024. Lokalteter med overvåking av elvemusling skal i utgangspunktet undersøkes hvert sjette år, i tråd med Norsk standard NS-EN 16859:2017 (Veiledning for overvåking av elvemuslingpopulasjoner (*Margaritifera margaritifera*) og deres livsmiljø). En ny undersøkelse av elvemusling, fisk og redokspotensial, etter samme opplegg som i 2022, bør derfor gjennomføres senest i 2028. I denne seksårsperioden bør samtidig kultivering som tiltak utredes videre.

Fordelen med å kunne anvende elvemusling som et ledd i naturovervåkingen, er artens høye krav til vannkvalitet og habitat. Spesielt interessant er det at elvemuslingen kan oppnå en imponerende høy levealder (150–250 år). Selv om rekrutteringen har vært helt fraværende i mange år, vil bestander av elvemusling kunne ta seg opp igjen så sant årsaken til rekrutteringssvikt og bestandsnedgang blir fjernet. Elvemuslingen i Fulldøla er avhengig av at ørret også er til stede, da de i et tidlig larvestadium må leve en periode på fiskeungenes gjeller for å bli ferdig utviklet. Elvemusling kan derfor bare overleve på lang sikt i vassdraget når det samtidig har en god bestand av ørret.

9 Referanser

- Bauer, G. 1987. Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. – Journal of Animal Ecology 56(2): 691–704.
- Bauer, G. 1989. Die bionomische strategie der flussperlmuschel. – Biologie in unserer Zeit 19: 69–75.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing – Theory and practice with special emphasis on salmonids. – Hydrobiologia 173: 9–43.
- Degerman, E., Andersson, K., Söderberg, H., Norrgrann, O., Henrikson, L., Angelstam, P. & Törnblom, J. 2013. Predicting population status of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*, L.) in central Sweden using instream and riparian zone land-use data. – Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 23: 332–342.
- Direktoratsgruppen vanddirektivet 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.
- Folseraas, T.A. 2003. Registrering av kulturminner i Fulldøla. – Rapport. 26 s. + vedlegg.
- Geist, J. & Auerswald, K. 2007. Physicochemical streambed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). – Freshwater Biology 52: 2299–2316.
- Gregeresen, H. 2011. Kartlegging av elvemusling i Fulldøla, Notodden kommune. – Sweco AS. Rapport 145691–1. 27 s.
- Gustavsen, P.Ø. 2010. Elvemusling i Fulldøla, Notodden kommune. Juni 2010. – Gustavsen naturanalyser. Rapport nr. 3–2010. 5 s.
- Heggenes, J. & Lande, A. 1998. Utbredelse og bestandsstatus for elveperlemusling i Øvre Tinnelva, Notodden i Telemark, 1998. – LFI. Rapport nr. 182. 25 s.
- Henrikson, L., Bergström, S.-E., Norrgran, O. & Söderberg, H. 1998. Flodpärlmuslan i Sverige – dokumentation, skyddsvärde och åtgärdsförslag för 53 bestånd. Del II i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H. (red.). Flodpärlmuslan i Sverige. – Naturvårdsverket. Rapport 4887. 138 s.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 1997. Endringer i utbredelse av ørekyte i Norge: årsaker og effekter. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Fagrapport 13. 16 s.
- Jakobsen, P., Wathne, I. & Jakobsen, R. 2017. Årsrapport 2016 for prosjektet: Storskala produksjon av elvemusling som bevaringstiltak. – Upublisert rapport til Miljødirektoratet og Fylkesmannen i Hordaland fra Universitetet i Bergen. 23 s.
- Jansen, W., Bauer, G. & Zahner-Meike, E. 2001. Glochidial mortality in freshwater mussels. – s. 185–211 i: Bauer, G. & Wächtler, K. (eds.) 2001. Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida. – Ecological Studies, Vol. 145. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Karlsson, S., Larsen, B.M., Eriksen, L., Hagen, M. & Balstad, T. 2016. Elvemusling – evaluering av en kultiveringsmetode. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1257. 19 s.
- Kiland, H. & Simonsen, J.H. 1999. Fisk og botndyr. Naturfaglege undersøkingar i samband med planlagt bygging av Omnesfossen kraftverk i Hjartdal kommune. – Sørnorsk økosenter. Rapport.
- Killeen, I.J. 2006. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L., 1758) in the River Ehen, Cumbria: Report on the 2006 survey. – Upublisert rapport til Environment Agency, Penrith.

- Larsen, B.M. 2012. Elvemusling og konsekvenser av vassdragsreguleringer – en kunnskapsoppsummering. – Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Rapport Miljøbasert vannføring 8–2012. 165 s.
- Larsen, B.M. 2017. Overvåking av elvemusling i Norge. Oppsummering av det norske overvåkingsprogrammet i perioden 1999–2015. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1350. 152 s.
- Larsen, B.M. 2018a. Elvemusling og fisk i Fulldøla, Telemark. Kartlegging i forbindelse med Follsjå kraftverk. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1600.
- Larsen, B.M. 2018b. Overvåking av elvemusling i Oгна, Rogaland. Tiltaksovervåking elvemusling 2017–2018. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1582. 45 s.
- Larsen, B.M. & Hartvigsen, R. 1999. Metodikk for feltundersøkelser og kategorisering av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. – Norsk institutt for naturforskning. NINA-Fagrapport 37. 41 s.
- Magerøy, J.H. 2020. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Oslo og Akershus fra 2017 til 2019. Redoksmålinger i Askerelva, Movassbekken, Nitelva, Raudsjøbekken, Sognsvannsbekken og Tunnsjøbekken. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1697.
- Magerøy, J.H. 2021. Evaluering av habitatkvalitet for ung elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Oslo og Viken. Redoksmålinger fra Hobøelva og Leira i 2020 samt Tunnsjøbekken i 2019 og 2020, med tidsserier fra Askerelva og Sognsvannsbekken. — Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1920.
- Magerøy, J.H. & Larsen, B.M. 2019. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Trøndelag i 2018. Redoksmålinger i Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva, Slørdalselva og Terningelva. – Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1623. 66 s.
- Petersson, E. 2019. Flodpärlmusslan i relation till vattenkemi och bottenfauna i Västernorrland. – Länsstyrelsen Västernorrland. Publikation nr. 2019–9. 30 s.
- Roer, O. A. 2005. Fulldøla kraftverk. Virkninger på biologisk mangfold- friluftsliv. – Faun Naturforvaltning AS. Rapport. 21 s.
- Samlet plan (Guri Ravn (red.)) 1996. Follsjå. Regulering, overføring og utbygging av Follsjåområdet. Samlet plan for vassdrag. – Direktoratet for naturforvaltning. Vassdragsrapport nr. 13. 49 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2014. Kartlegging av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. Telemark 2014. – Naturfaglige konsulenttjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport. 19 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2016. Kartlegging av elvemusling *Margaritifera margaritifera* og vertsfisk for larvestadiet. Telemark 2015. – Naturfaglige konsulenttjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport. 23 s.
- Skinner, A., Young, M. & Hastie, L. 2003. Ecology of the Freshwater Pearl Mussel. – Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No. 2 English Nature, Peterborough. 16 s.
- Söderberg, H. 1998. Undersökningstyp: Övervakning av flodpärlmussla. Bilaga 2 i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. – Naturvårdsverket. Rapport 4887. 138 s.
- Söderberg, H., Norrgrann, O., Törnblom, J., Andersson, K., Henrikson, L. & Degerman, E. 2008. Vilka faktorer ger svaga bestånd av flodpärlmussla? En studie av 111 vattendrag i Västernorrland. – Länsstyrelsen Västernorrland. Kultur- och naturavdelningen. Rapport 8–2008. 28 s.
- Young, M. & Williams, J. 1984. The reproductive biology of the freshwater mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in Scotland. I. Field studies. – Arch. Hydrobiol. 99: 405–422.

- Ziuganov, V., Zotin, A., Nezhlin, L. & Tretiakov, V. 1994. The freshwater pearl mussels and their relationships with salmonid fish. – VNIRO Publishing House, Moscow. 104 s.
- Økland, J. & Økland, K.A. 1998. Database for funn av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge, etter arkivet til Jan og Karen Anna Økland. – Upublisert database NINA, Trondheim.
- Österling, M., 2006. Ecology of freshwater mussels in disturbed environments. – Dissertation, Karlstad University studies 2006: 53. 31 s.

10 Vedlegg

10.1 Fastsettelse av økologisk tilstand og naturindeks hos elvemusling

Klasse	Tilstand miljømål	Definisjon	Naturindeks	Definisjon
Svært god	Miljømål tilfredsstilt	Mer enn 10–15 % <50 mm og noen av disse <20 mm; livskraftig	1	Mer enn 10 % <50 mm og noen av disse <20 mm, stor bestand; livskraftig
God		Noen <50 mm og <20 mm skal også forekomme, muligens livskraftig	0,8	Noen <50 mm og noen av disse <20 mm; muligens livskraftig
Moderat	Tiltak nødvendig for å nå miljømål	Noen <50 mm (ingen <20 mm) eller alle >50 mm; ikke livskraftig	0,6	Noen <50 mm; ikke livskraftig
Dårlig			0,4	Alle >50 mm, moderat/stor bestand (>500 ind.); utdøende
Svært dårlig		Ikke definert ²	0	Dokumentert forekomst som har forsvunnet; utdødd

¹ Økologisk status behøver imidlertid ikke være dårlig selv om det observeres en merkbar reduksjon i populasjonsstørrelse da antall muslinger naturlig kan avta raskt i en aldrende bestand på grunn av naturlig dødelighet (høy alder)

² En bestand av voksne (og unge) muslinger kan dø ut som et direkte resultat av svært dårlig økologisk status. Mer sannsynlig er det imidlertid at bestander reduseres og forsvinner på grunn av manglende rekruttering som inntraff for mange år siden, i en periode med moderat eller dårlig økologisk status. Det vi opplever i dag er bare slutfasen som et resultat av dette, i.e. bestanden forsvinner fordi de siste muslingene dør naturlig av alderdom

10.2 Fastsettelse av poengklasser for bedømmelse av levedyktighet hos elvemusling

Söderberg (1998) og Henrikson et al. (1998) foreslo en poengmodell for å bedømme verneverdien (som også sier noe om levedyktigheten) av ulike lokaliteter med elvemusling. Modellen er senere modifisert av Larsen & Hartvigsen (1999). Det er valgt seks kriterier som er viktige for overlevelsen til en populasjon på lang sikt (populasjonsstørrelse, gjennomsnittstetthet, utbredelse, minste musling, andel muslinger mindre enn 20 mm og andel muslinger mindre enn 50 mm), og det gis 0–6 poeng innenfor hvert kriterium. Samlet poengsum plasserer musling-populasjonen 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).

Bedømmelse av elvemuslingens levedyktighet i Fulldøla i 2018.

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	1
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	1(2) ¹
4 Minste musling funnet (mm)	>50	41–50	31–40	21–30	11–20	≤10	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	2
Sum							8(9)

¹ Det blir to poeng om utbredelsen også inkluderer funn av muslinglarver på gjellene til ørret

Bedømmelse av elvemuslingens levedyktighet i Fulldøla i 2022.

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	1
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	1(2) ¹
4 Minste musling funnet (mm)	>50	41–50	31–40	21–30	11–20	≤10	1
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
Sum							4(5)

¹ Det blir to poeng om utbredelsen også inkluderer funn av muslinglarver på gjellene til ørret

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.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-5012-2

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