

7934-2024

Klorbehandling i Driva og Litldalselva 2023

- Andre behandlingsår



Rapport

Norsk institutt for vannforskning

Løpenummer: 7934-2024

ISBN 978-82-577-7670-1
NIVA-rapport
ISSN 1894-7948

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Anders Gjørwad Hagen
Prosjektleder

Øyvind Kaste
Kvalitetssikrer

Kristoffer Kalbekken
Forskningsdirektør

© Norsk institutt for vannforskning.
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

www.niva.no

Tittel norsk/engelsk	Sider	Dato
Klorbehandling i Driva og Litldalselva 2023 – Andre behandlingsår	40	01.02.2024

Forfatter(e)	Fagområde	Distribusjon
Kjetil Olstad ³ , Anders Gjørwad Hagen ¹ , Tobias Holter ³ , Elise Solheim Garvik ¹ , Kim Magnus Bærum ³ , Peter Stig Hansen ¹ , Anne Luise Ribeiro ¹ , Marit Måsøy Amundsen ² , Kirk Meyer ¹ , Bjørnar Andre Beylich ¹ , Simen Stene ¹ , Enghild Steinkjer ³ , Geir Olav Solberg ¹ og Björn Fridqvist Nimvik ¹ .	Vannressursforvaltning	Åpen

¹Norsk institutt for vannforskning,
²Veterinærinstituttet i Oslo, ³Norsk institutt for naturforskning

Oppdragsgiver(e)	Kontaktperson hos oppdragsgiver
Veterinærinstituttet i Trondheim	Helge Bardal

Utgitt av NIVA

200297

Sammendrag

I august 2023 ble den andre av to kjemiske behandlinger gjennomført mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Drivaregionen. I de to elvene Driva og Litldalselva ble kloramin brukt som hovedkjemikalium. Klorbehandlingene ble gjennomført av et samarbeid mellom NIVA og NINA i henhold til kontrakt med Veterinærinstituttet som overordnet oppdragsgiver. I denne rapporten oppsummeres metodikk og resultater fra klorbehandlingene. Det ble gjort jevnlig målinger for å følge opp effekten av alle små og store doseringspunkter. I hovedelva viste analyse av disse prøvene at det generelt ble oppnådd en samlet behandlingseffekt på mer enn 90 mikrogramdøgn for alle stasjoner. I sidebekkene var det én av 188 stasjoner som ikke nådde målet på 90 mikrogramdøgn. Sannsynligheten for at det skal ha overlevd *G. salaris* i dette området høyt oppe i Litldalselva er imidlertid ansett som svært liten. Basert på funn fra behandlingen i 2022 ble behandlingen i 2023 utvidet, og dedikert personell ble allokert til å gjennomføre kritiske undersøkelser. Ved 34 punkter ble det gjort ett eller flere tiltak for å bedre behandlingen, og hvor det også ble gjort flere undersøkelser i etterkant for å vurdere effekten av tiltaket. Behandlingen var totalt sett vellykket, særlig gitt de vannføringsmessige utfordringene i forbindelse med ekstremværet «Hans».

Emneord: Atlantisk laks, *Salmo salar*, *Gyrodactylus salaris*, kloramin, behandling

Keywords: Atlantic salmon, *Salmo salar*, *Gyrodactylus salaris*, chlorine, treatment

Innholdsfortegnelse

Forord	4
Sammendrag	5
1 Introduksjon	6
2 Materialer og metode	7
2.1 Behandlingsområdet	7
2.2 Værmessige forhold og vannføring under behandlingen	7
2.3 Behandling i hovedelvene Driva og Litldalselva	10
2.4 Behandling i sidebekker	14
2.5 Behandling av andre områder	17
2.6 Bestemmelse av klorkonsentrasjon i felt	18
2.7 Kartløsning og navigering i felt	23
2.8 Rapportering i felt	24
2.9 HMS og informasjon	25
3 Resultater	26
3.1 Doseringssystemene og dosering i hovedelvene	26
3.2 Dosering og vannkjemi i sidebekkene	28
3.3 Behandling av andre områder	30
3.4 Vannkjemi i hovedelvene	31
4 Oppsummering og konklusjon	39
5 Referanser	40

Forord

Våren 2022 fikk Veterinærinstituttet i oppdrag fra Statsforvalteren i Møre og Romsdal å planlegge og gjennomføre bekjempelse av *Gyrodactylus salaris* ved bruk av CFT-Legumin (inneholder rotenon) og klor (tilsatt som kloramin) i Drivaregionen. I august 2022 og august 2023 ble selve behandlingene i regionen gjennomført. I de to elvene Driva og Litldalselva ble kloramin brukt som hovedkjemikalium. Klorbehandlingene ble gjennomført av gruppen «Gyroklor» i henhold til rammeavtale med Veterinærinstituttet som overordnet prosjekthaver (rammeavtale datert 7. juli 2022, prosjektreferanse 41300 på Veterinærinstituttet). Det er Miljødirektoratet som overordnet finansierer behandlingen.

I denne rapporten oppsummeres metodikk og resultater fra klorbehandlingene som ble gjennomført i Driva og Litldalselva i august 2023. Prosjektet «Gyroklor» er organisert som et samarbeid mellom NIVA, Veterinærinstituttet og NINA. Koordinerende og administrativt ansvar har ligget hos NIVA.

Anders Gjørwad Hagen (NIVA) har vært prosjektleder, spesifisert overordnet utforming av doseringsanleggene, samt ledet behandlingen og rapporteringsarbeidet. Tobias Holter (NINA), Kjetil Olstad (NINA), Elise Solheim Garvik (NIVA) og Kim Magnus Bærum (NINA) har vært sentrale i planleggingen og gjennomføringen av behandlingen og rapporteringen, samt bidratt i utviklingsarbeidet for doseringsutstyr. Peter Stig Hansen (NIVA) har spesifisert og konstruert styreskapet og elektronikkdelen av doseringsskapet, med bistand fra Björn Nimvik (NIVA). Alle tre har deltatt på behandlingen. Anne Luise Ribeiro (NIVA) og Marit Amundsen (VI) har ledet feltlaboratoriet og gjennomført kloranalyser under feltarbeidet og rapportert resultatene. Geir Olav Solberg og Simen Stene, begge NIVA, har også bidratt under byggingen av doseringsenhetene. Kirk Meyer (NIVA) har konstruert blandeenheten til sidebekkanleggene.

I tillegg til de som er nevnt ovenfor, ble behandlingen gjennomført med hjelp fra en rekke personer fra NIVA, NINA og Veterinærinstituttet, i tillegg til innleid personell.

Behandlingen som rapporteres her er gjennomført i Sunndal kommune, Møre og Romsdal. Inger Helene Sira hjalp til med koordinasjon og kommunikasjon av prosjektet lokalt i Driva.

Vi ønsker å takke oppdragsgiver, Sunndal JFF, Statkraft, Trønderenergi, NEAS, og alle innleide i prosjektet.

Oslo, 31.01.2024

Anders Gjørwad Hagen,

prosjektleder

Sammendrag

Våren 2022 fikk Veterinærinstituttet i oppdrag fra Statsforvalteren i Møre og Romsdal å planlegge og gjennomføre bekjempelse av *G. salaris* ved bruk av CFT-Legumin (inneholder rotenon) og klor (tilsatt som kloramin) i Drivaregionen. Den første av to kjemiske behandlinger i regionen ble gjennomført i august 2022. Den andre og tentativt siste ble gjennomført i august 2023. I de to elvene Driva og Litldalselva ble kloramin brukt som hovedkjemikalium. Klorbehandlingene ble gjennomført av gruppen «Gyroklor» i henhold til kontrakt med Veterinærinstituttet som oppdragsgiver. I denne rapporten oppsummeres metodikk og resultater fra klorbehandlingen i 2023.

Behandlingsområdet for klorbehandlingen omfattet alt vann på lakseførende strekning for begge elvene, inkludert alt tilløpsvann. I tillegg omfattet også behandlingsområdet brakkvannsområdet i båthavna ved munningen til Litldalselva.

Basert på tidligere forsøk ble det definert en målsetting om å oppnå minimum 90 mikrogramdøgn aktivt klor i alle behandlede vannveier, da dette erfaringsmessig er tilstrekkelig til å utrydde parasitten. I hovedelva innebar dette å oppnå konsentrasjoner på minst 10-15 µg klor per liter rett før neste påfriskdosering. I sideelvene var det ønsket å oppnå en kontinuerlig drift med 15 til 20 µg aktivt klor per liter vann før samløp med en annen behandlet vannvei.

Det ble gjort jevnlig målinger for å følge opp effekten av alle små og store doseringspunkter. I hovedelvene viste analyse av disse prøvene at det generelt ble oppnådd en samlet behandlingseffekt på mer enn 90 mikrogramdøgn for alle stasjoner. I sidebekkene var det en av 188 stasjoner som ikke nådde målet på 90 mikrogramdøgn. Sannsynligheten for at det skal ha overlevd *G. salaris* i dette området høyt oppe i Litldalselva er imidlertid ansett som svært liten.

I løpet av behandlingen i 2022 ble det gjort utvidede undersøkelser for å kontrollere om det var tilfredsstillende behandlingskjemi også i det som var definert som potensielt problematiske områder i hovedelva og i sidebekkene. Basert på funn herfra ble behandlingen i 2023 utvidet, og dedikert personell ble allokert til å gjennomføre kritiske undersøkelser. Ved 34 punkter ble det gjort ett eller flere tiltak for å bedre behandlingen, og hvor det også ble gjort flere undersøkelser i etterkant for å vurdere effekten av tiltaket.

Behandlingen var totalt sett vellykket, særlig gitt de vannføringsmessige utfordringene i forbindelse med ekstremværet «Hans».

1 Introduksjon

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* har laks (*Salmo salar*) som hovedvert. Parasitten fører til økt dødelighet på lakseunger og kan drastisk redusere laksebestander. *G. salaris* er en fremmedart i Norge, og ble introdusert til norske elver på 70-tallet. Den *G. salaris*-infiserte laksen ble spredt ut i flere norske elver før parasitten ble oppdaget. Parasitten har per 2023 blitt påvist i 53 norske elver og er ansett som en stor trussel mot norsk villaks. Norske myndigheter har som mål å utrydde parasitten fra elver hvor den er etablert (Anon 2014). Ved inngangen av 2023 var Drivaregionen og Drammensregionen de gjenstående vassdragene med bekreftet tilstedeværelse av *G. salaris* (Hansen mfl. 2022). I elvene som inngår i Drivaregionen er det påbegynt behandling, mens det foreløpig ikke er iverksatt kjemiske tiltak mot parasitten i Drammensregionen. Norske elver har blitt friskmeldt etter bruk av fiskesperrer og/eller kjemisk behandling. Et eksempel er bruk av CFT-legumin som inneholder rotenon, som har sikret friskmelding av en rekke norske elver (se for eksempel: Adolfsen mfl. 2017). Det har også blitt utarbeidet ulike behandlingsmetoder for å utrydde parasitten uten å drepe verten, for eksempel ble Lærdalselva friskmeldt etter behandling med surt aluminium (se for eksempel: Hindar mfl. 2015).

De siste årene har det blitt utviklet en behandlingsmetode der klor brukes for å bekjempe *G. salaris* i elver. Bruk av klor baseres på at kloramin i svært lave konsentrasjoner fjerner *G. salaris* fra lakseunger uten at det påvises negative konsekvenser for fisken (Hagen mfl. 2021a, Hagen mfl. 2021b, Hagen mfl. 2014, Hagen mfl. 2018, Olstad mfl. 2021, Hytterød mfl. 2021, Hagen mfl. 2019b). Under en klorbehandling er det avgjørende at alle mulige bærere av *G. salaris* eksponeres for virksomme klorkonsentrasjoner over en tilstrekkelig lang periode. I praksis innebærer dette at alle vannforekomster opp til vandringshinder for anadrom fisk må behandles. Klorbehandlingen følger samme grunnleggende doseringsprinsipp som behandling med surt aluminium (se for eksempel: Hindar mfl. 2015). Dette innebærer at hovedelva behandles med kloraminløsning fra en doseringsstasjon ved øverste vandringshinder og at påfriskstasjoner nedover elva sørger for å opprettholde ønsket klorkonsentrasjon ned til elvemunningen. Tilløpselver, sidebekker og øvrige tilløp med rennende vann behandles på samme måte, men med mindre doseringsstasjoner. Det er ikke hensiktsmessig å bruke kloramin i vannforekomster med svært lav eller ingen vanngjennomstrømming (for eksempel dammer eller delvis tørre/sakterennende bekkeløp) på grunn av tidkrevende logistikk for dosering og innblanding. Slike forekomster behandles derfor med CFT-legumin gjennomført av Veterinærinstituttet, seksjon for miljø og smittetiltak.

Våren 2022 fikk Veterinærinstituttet i oppdrag fra Statsforvalteren i Møre og Romsdal å planlegge og gjennomføre bekjempelse av *G. salaris* med bruk av CFT-legumin og klor i Drivaregionen. Veterinærinstituttet engasjerte NIVA med prosjektpartnere for å gjennomføre den delen av behandlingen som omfatter bruk av klor. I 2017 ble det bygget en fiskesperre 23 km fra elvemunningen i Driva for å avgrense området hvor det var nødvendig med kjemisk behandling. Denne fiskesperra er øverste vandringshinder for anadrom fisk i Driva. I forbindelse med Veterinærinstituttets kartleggingsarbeid før behandlingen (se kapittel 2.4.4) ble det vurdert at sikkert vandringshinder for anadrom fisk i Litldalselva lå om lag 300 m nedstrøms utløpet av Dalavatnet. Av praktiske hensyn ble imidlertid den øverste behandlingstasjonen i Litldalselva lagt omkring 100 m oppstrøms dette punktet. I 2021 ble det gjennomført en storskala utprøving av klordosering i Driva og noen utvalgte sideelver (Hagen mfl. 2022). I august 2022 ble første året av fullskala behandling gjennomført i Driva, Litldalselva og tilhørende sidebekker (Olstad mfl. 2023). I henhold til oppdraget omfatter tiltaket i de to elvene en kjemisk behandling over to år på rad. Denne rapporten redegjør for behandlingen som ble gjennomført i Driva og Litldalselva august 2023 (andre behandlingsår). I rapporten legges det vekt på beskrivelse av metodikk og teknologi som ble brukt, i tillegg til andre relevante forhold som lå til grunn. Under resultatkapitlet presenteres og diskuteres resultater og funn som gir grunnlag for å vurdere sannsynligheten for å nå målet om utryddelse av parasitten.

2 Materialer og metode

2.1 Behandlingsområdet

Det overordnede tiltaket for fjerning av *G. salaris* har foregått over to år (2022 og 2023) og omfattet hele Drivaregionen med elvene Driva, Litldalselva, Usma og Batnfjordelva som de største. Usma og Batnfjordselva, i tillegg til en rekke mindre vassdrag, har blitt behandlet med CFT-legumin for å utrydde parasitten. Disse tiltakene er gjennomført av Veterinærinstituttet, seksjon for miljø og smittetiltak. Denne rapporten omfatter imidlertid kun de tiltakene som ble gjennomført med klor i Driva og Litldalselva i løpet av august 2023. Tiltaksområdet her omfatter alt vann, inkludert tilløpsvann fra sidefeltene, på lakseførende strekning. I tillegg omfatter også behandlingsområdet båthavna ved elvemunningen til Litldalselva. Øvre vandringshinder i hovedelvene, og dermed øvre grense for lakseførende strekning, er definert som fiskesperra i Driva og 300 meter nedstrøms utløpet av Dalavatnet i Litldalselva. I tillegg til naturlige vannveier, omfatter også tiltaksområdet utløpsvannet fra Driva kraftverk og Grøa kraftverk i Driva og Aura kraftverk i Litldalselva. Sistnevnte ble behandlet med rotenon av Veterinærinstituttet seksjon for miljø og smittetiltak.

2.2 Værmessige forhold og vannføring under behandlingen

August 2023 var preget av store nedbørmengder i forbindelse med ekstremværet «Hans». Nedbørmengdene førte til et midlertidig stopp i fremdriften for opprigging da utstyr måtte flomsikres, fiskesperra var ufarbar og det var stor fare for skred i perifere områder langs dalsidene. Utstyr ble tidlig sikret, noe som ga lite tap av materiell. Disse værforholdene førte imidlertid til en forskyvning av behandlingsperioden på tre dager. I tillegg til denne forskyvningen var behandlingsperioden for hovedelvene preget av høy vannføring, mye partikler og midlertidig behandlingsstopp på to døgn grunnet en ny runde med høy vannføring som følge av mye nedbør i Oppdal. Midlertidig behandlingsstopp trenger ikke å være til hinder for en tilstrekkelig behandling. Det er mer avgjørende at den samlede kloreksponeringen er tilfredsstillende høy (>90 mikrogramdøgn, se kapittel 2.6) i løpet av behandlingsperioden.

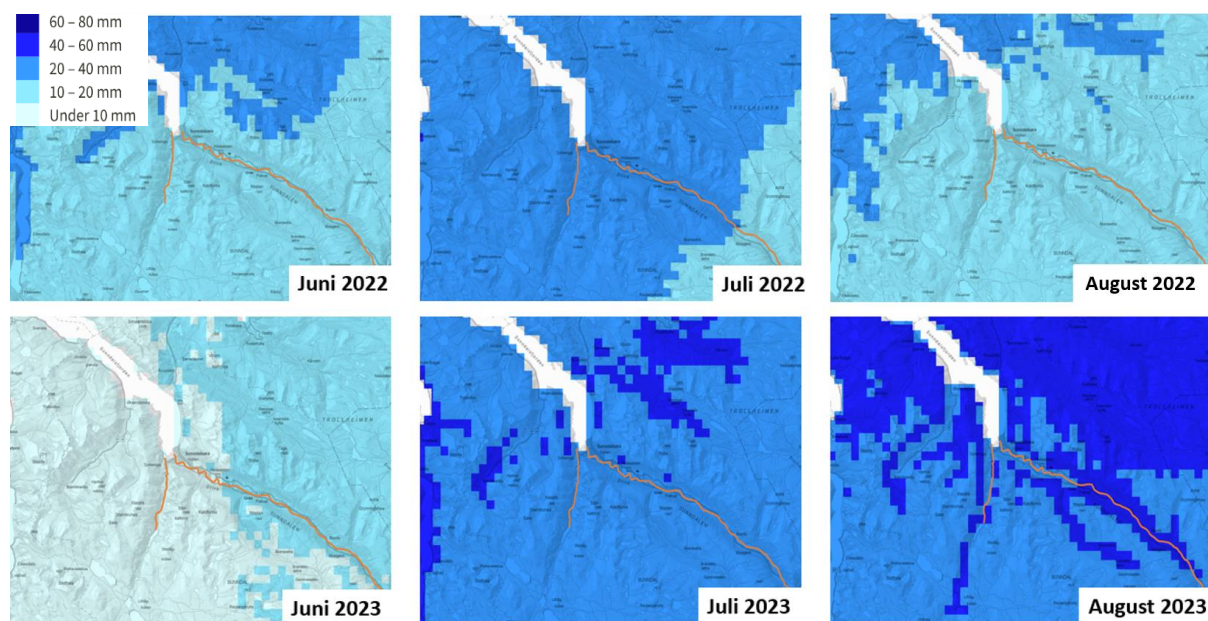
Under forsøksbehandlingen i 2021 og klorbehandlingen i 2022 ble det konkludert med at doseringsanleggene er svært robuste med tanke på å opprettholde tilstrekkelig dosering tross høy vannføring. Dette var erfaringen også i 2023, da høyeste vannføring under behandlingsperioden var 629 m³/s, mot 129 m³/s i 2021 og 68 m³/s i 2022. Det ble imidlertid ikke dosert kloramin på høyere vannføring enn 120 m³/s ved fiskesperra i 2023. Den største utfordringen med tanke på å opprettholde riktig konsentrasjon av klor i elvevannet var i sidebekkene, som kunne mangedobles under kraftig nedbør. Periferistasjonene er av mindre skala og ikke like robuste med tanke på slike store og raske vannføringsøkninger. Utilstrekkelig behandling i sidebekkene vil gi tilførsel av ubehandlet vann i hovedelvene og ha en forynnende effekt på klorkonsentrasjonen i hovedelva.

Høy vannføring vil transportere og distribuere klor raskere nedover vassdraget. Dette vil kunne føre til at klorkonsentrasjonen holder seg høy over en lenger strekning i elva, gitt at nedbrytningstiden av klor ikke er endret. Ved høy vannføring vil imidlertid ofte vannet ha høyere innhold av partikler og løst organisk materiale. Avrenning fra myrområder som drenerer til hovedelva vil tilføre løst organisk materiale bidra med redusert pH. Lav pH og mye løst organisk materiale bryter ned klor mer effektivt slik at det må tilsettes mer klor. Høy vannføring vil oftest også føre til mer partikler (turbiditet) i vannet som kan gi større sannsynlighet for unøyaktige kloranalyser.

Tidligere erfaringer fra behandlinger i Driva og Lærdalselva tilsier at det er gunstig med høy vannføring som dekker pytter og dammer langs elvekanten (Hindar mfl. 2015, Hagen mfl. 2021b, Olstad mfl. 2023). Dette reduserer sannsynligheten for refugier for smittet fisk i disse områdene. Høy vannføring og dermed høy vannhastighet gir en god og stabil klorkonsentrasjon nedover elva. Stabil og tilstrekkelig høy

vannføring er gunstig også i sidebekkene slik at klorkonsentrasjonen opprettholdes på ønsket nivå fram til utløpet. Vannføringen ønskes likevel ikke så høy at det ikke kan doseres ut nok kjemikalier med vanlige sidebekk-anlegg.

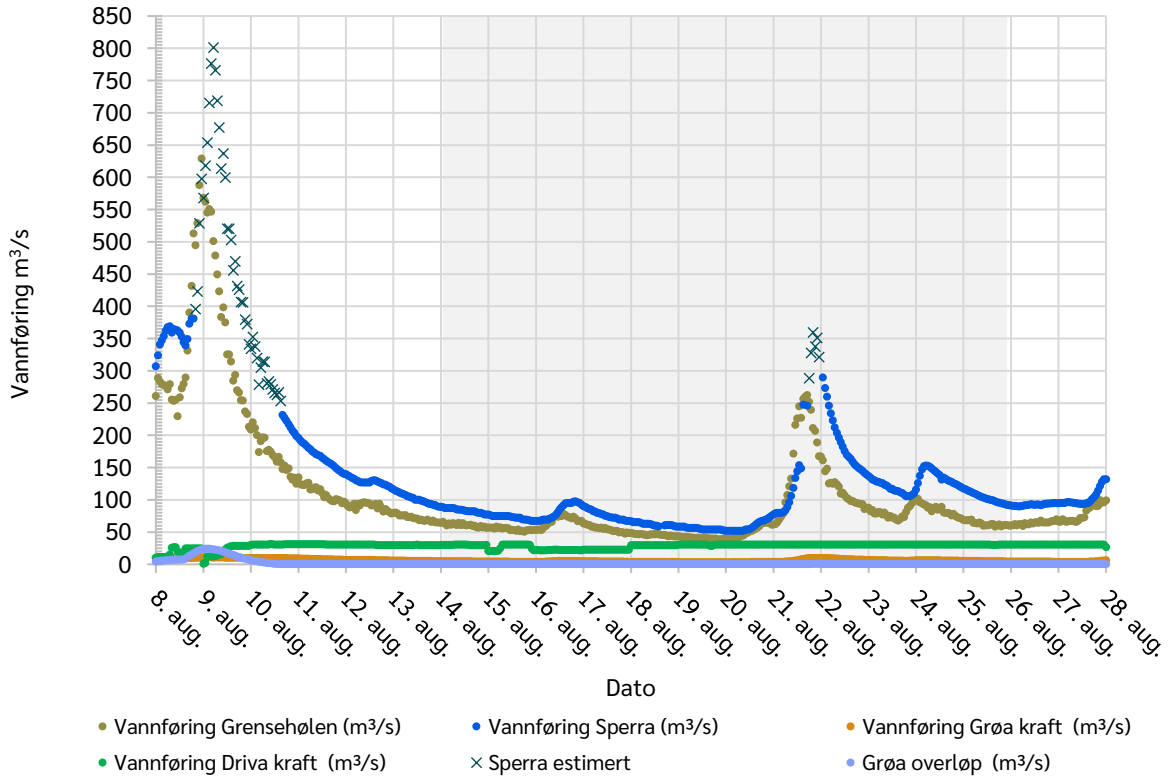
Erfaringen fra forsøksbehandlingen i 2021 og behandlingen i 2022 har gitt kunnskap om hvordan vannføring i sidebekkene endres ved ulike nedbørsmengder. En snørik vinter i 2022 ga vanntilførsel i sidebækker som året før var tørre under kartleggingen. Vinteren i 2023 var mindre snørik enn i 2022, men noe mer enn 2021. Dette gjorde det mulig å anslå hvilke bekker som trolig hadde vann fra snøsmelting. Siden vannføringen i bekker kan endre seg raskt, var det avsatt tid for stedlig kartlegging før behandlingen startet.



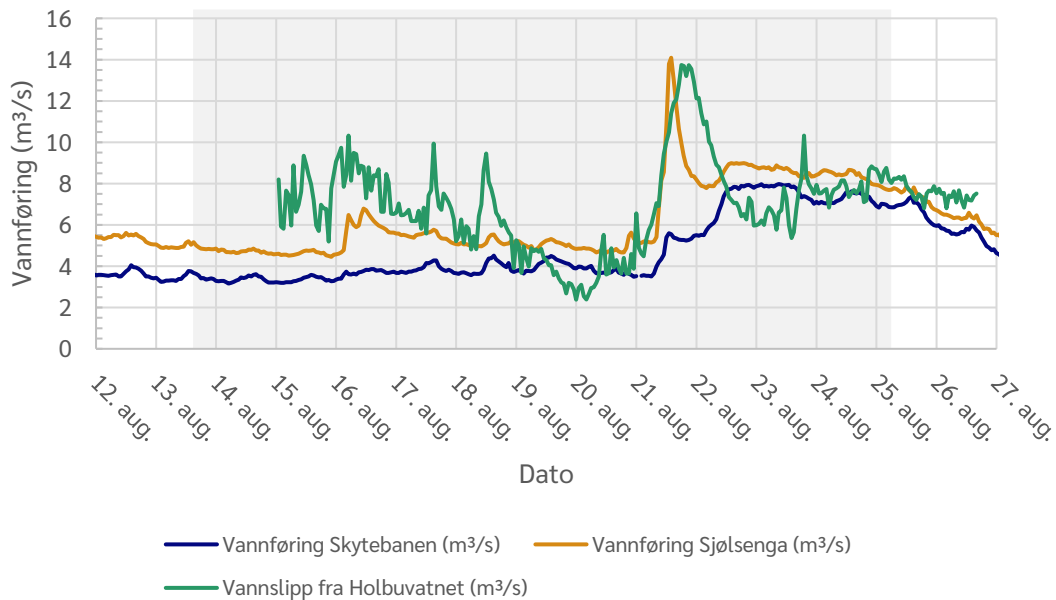
Figur 1. Kartbilde som viser nedbørsmengden i juni, juli og august 2022 og 2023. Driva og Litldalen er markert med rød strek i kartet. Kartdata hentet fra www.senorge.no

Det var mye nedbør i nedbørsfeltet til Driva og Litldalselva før behandlingsperioden (Figur 1). Dette ga et jordsmonn med relativt høy vannmetningsgrad, med begrenset evne til å holde mer vann. Selv om Ekstremværet «Hans» var over i Sunndalsøra da behandlingen endelig kom i gang (13. august), ble det enkelte dager mye nedbør. Dette gjorde at den høye vannføringen i Driva opprettholdt seg gjennom behandlingsperioden. Målestasjonen til NVE ved Grensehølen viste gjennomsnittlig vannføring på 73 m³/s (38-262) i behandlingsperioden. Til sammenligning viste målestasjonen gjennomsnittlig vannføring på 36 m³/s (28-53) i samme periode i 2022. Dette resulterte i at enkelte anlegg gikk på tilnærmet maksimal kapasitet og kjemikalietankene ved enkelte stasjoner fort ble tomme. Dette førte til en omfattende kjemikalielogistikk i forbindelse med etterfylling og bytting av IBC-dunker. Driva kraftverk hadde stabil vannføring gjennom turbinene på gjennomsnittlig 29 m³/s. Grøa kraftverk hadde gjennomsnittlig vannføring gjennom turbinen på 5 m³/s (Figur 2).

Vannføringen i Litldalselva har tidligere blitt målt ved et vannføringspunkt etablert ved broen ved skytebanen (ved Bruhaugen) (Olstad mfl. 2023). I 2023 ble det satt opp en nivåsensor for å måle vannstand ved dette punktet slik at disse dataene kunne omregnes til vannføring. Det ble også satt opp en tilsvarende nivåsensor ved brua over Litldalselva ved Sjølsenga. Vannføringsmålingene kan sees i sammenheng med kjent vannmengde sluppet fra Holbuvatnet omtrent ni kilometer oppstrøms øverste doseringspunkt. Vannslippet fra Holbuvatnet hadde forsinket effekt på vannføringen i Litldalselva, siden vannmassene ble fordrøyet gjennom Dalavatnet (Figur 3).



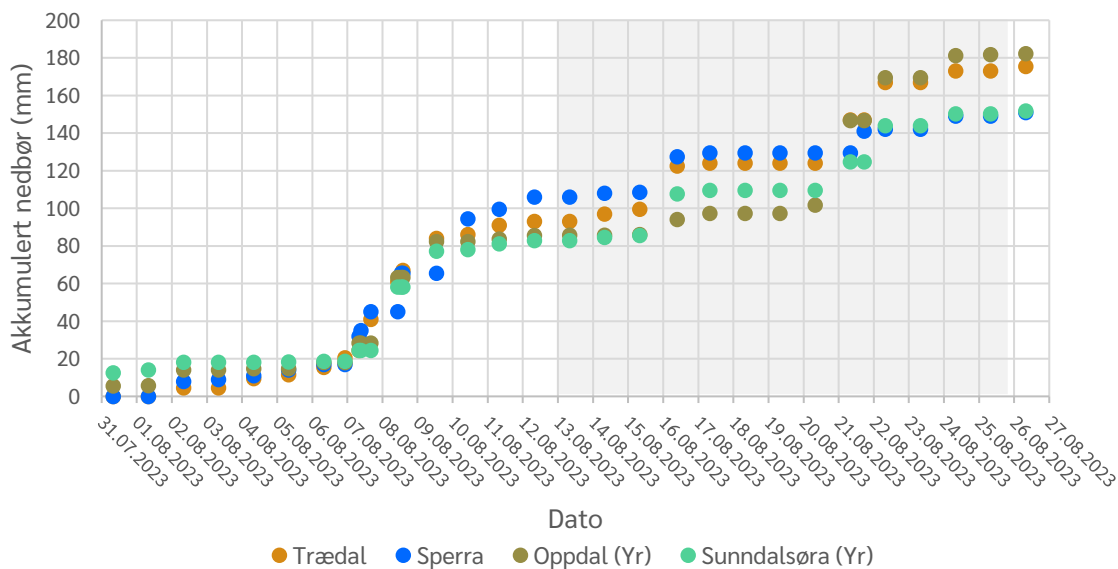
Figur 2. Vannføring i Driva i august. Sensoren som målte vannføring på fiskesperra, ble demontert før de to vannføringstoppene for å unngå skader på denne. Vannføring på fiskesperra for perioden uten sensor er derfor estimert ut fra forholdet i vannføring mellom Grensehølen og fiskesperra. Gråsjatteringer representerer behandlingsperioden.



Figur 3. Vannføring i Litldalselva under behandlingen. Vannslipp fra Holbuvatnet er data fra Aura kraftverk/Statkraft. Gråsjatteringer representerer behandlingsperioden.

Det ble etablert to manuelle målestasjoner for nedbør; ved Snøvasmelan (fiskesperra) og ved hovedkvarteret på Trædal. Det ble også innhentet nedbørsdata for Oppdal og Sunndalsøra fra YR.no.

Målt nedbør i Oppdal ble brukt som indikasjon på forventede endringer i vannføring i Driva elv. Lokal nedbør i Sunndalsøra ble brukt som indikasjon på forventede endringer i sidebekker. Før behandlingen (særlig 7.-11. august) og første del av behandlingsperioden (16.-17. august) kom det mest nedbør ved fiskesperra og Trædal (figur 4). Mot slutten av behandlingen (særlig 21.-23. august) kom det noe større nedbørsmengder i Oppdal. For eksempel kom det 45 mm den 21. august i Oppdal, men bare 15 mm i Sunndalsøra og 23 mm på Trædal. Denne store nedbørsmengden ved Oppdal og Trædal gjør at akkumulert nedbør der er høyere i siste del av behandlingen sammenlignet med Sunndalsøra og fiskesperra. Den store nedbørsmengden lokalt nær Trædal og oppover Litldalen 21. august førte til stor vannføringsøkning ved Sjølsenga.



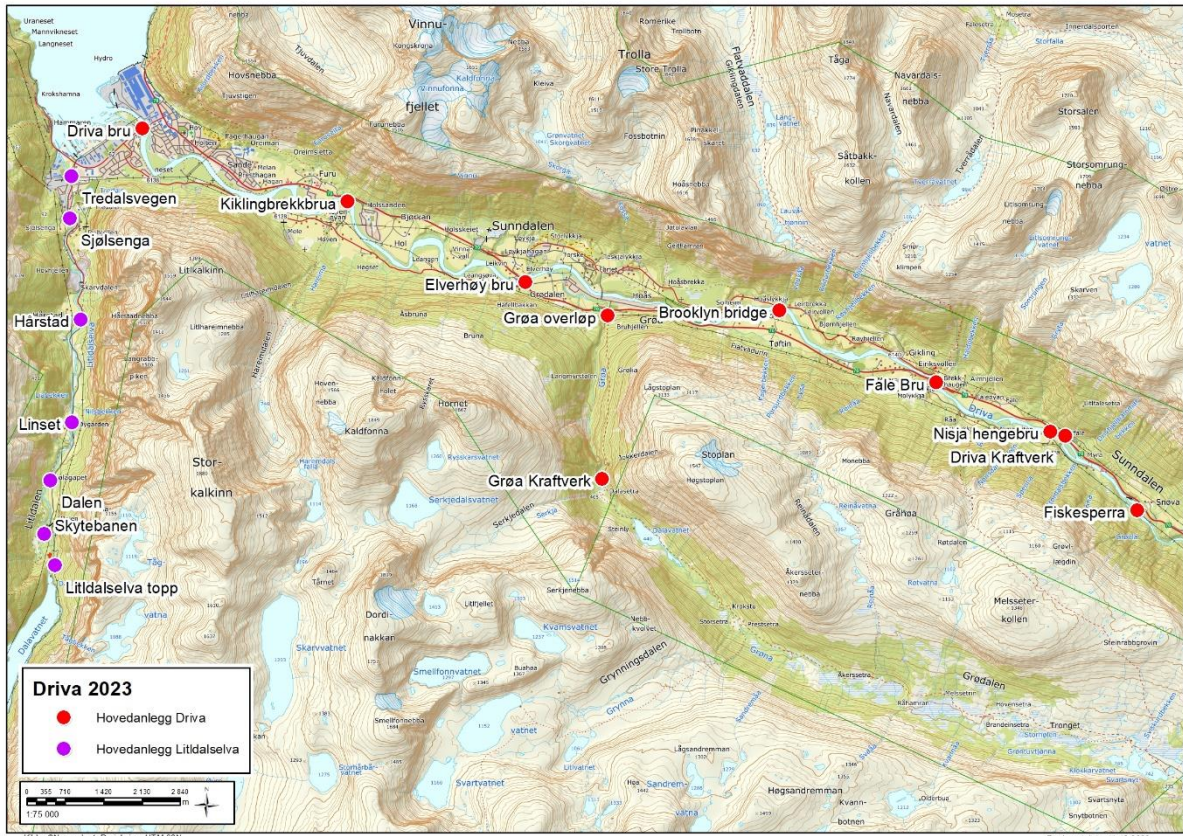
Figur 4. Akkumulert nedbør ved Trædal og Fiskesperra (våre stasjoner) og Oppdal/Sundalsøra (www.yr.no). Gråsjattering representerer behandlingsperioden (begge elver samlet).

2.3 Behandling i hovedelvene Driva og Litldalselva

For å ha best mulige forutsetninger for å lykkes med en klorbehandling må det være tilstrekkelig mengder klor i alt elvevannet til enhver tid gjennom hele behandlingsperioden. Desto flere doseringsstasjoner som settes opp i et vassdrag, desto jevnere klorkonsentrasjon er det mulig å oppnå nedover vassdraget. Det er derfor viktig å ikke ha for lang avstand mellom hvert doseringspunkt, ettersom klorkonsentrasjonen reduseres med økt distanse og tid.

Det ble rigget opp 17 doseringsstasjoner langs vassdragene. 15 av disse var plassert på de samme lokalitetene som under behandlingen i 2022 (Figur 5). I tillegg ble det opprettet to nye stasjoner. En stasjon ved Nisja hengebru like nedstrøms utløpet fra Driva kraftverk, og en stasjon i det naturlige elveløpet i Grøa oppstrøms utløpet fra Grøa kraftverk. Med 17 anlegg jevnt fordelt i vassdragene var det mulig å holde klorkonsentrasjonen på et tilfredsstillende nivå i hovedelvene.

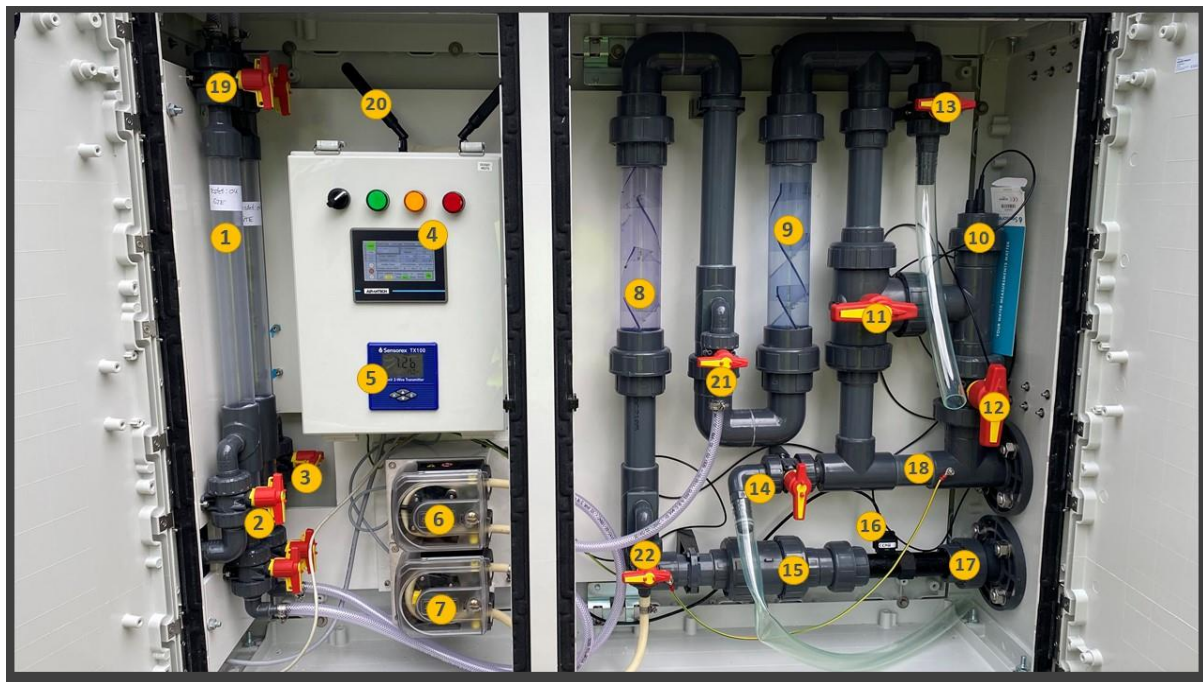
Under behandlingen ble jobben med daglig tilsyn av stasjonene, kjemikalielogistikk og andre oppgaver fordelt på syv lag á to personer. Lagene som gjennomførte tilsyn av anleggene hadde i oppgave å registrere kjemikalienivåer i IBC-dunkene og sikre god drift med tanke på HMS og kvalitet.



Figur 5. Kart over hovedanlegg i Driva og Litldalen. Totalt var det 10 stasjoner i Driva og syv i Litldalen.

2.3.1. Doseringsskapene

Doseringsskapene som ble brukt under behandlingen var de samme som ble brukt under den første behandlingen i 2022 (Olstad mfl. 2023). Det ble bygget tre nye skap før behandlingen i 2023 for å supplere med to nye stasjoner og ha tre komplette doseringsskap i reserve. Figur 6 viser innsiden av et doseringsskap og alle dets komponenter.



- | | |
|---|--|
| 1. Lufterør for innkommende kjemikalier | 11. Bypass ventil for pH-sensor |
| 2. Ammoniumklorid inn i skap | 12. Bypass ventil for pH-sensor |
| 3. Hypokloritt inn i skap | 13. Tappeventil for prøvetaking av blandevann og utlufting ved tømning av systemet |
| 4. Kontrollpanel for start/stop system modus (man/auto) etc. samt lokalt display for pumpehastigheter | 14. Tappeventil for prøvetaking av blandevann og utlufting ved tømning av systemet |
| 5. pH-transmitter med lokalt display | 15. Tilbakeslagsventil |
| 6. Peristaltisk pumpe for dosering av ammoniumklorid | 16. Vannstrøm-måler |
| 7. Peristaltisk pumpe for dosering av hypokloritt | 17. Vann inn i skap |
| 8. Blanderør for hypokloritt | 18. Ferdig blandet doseringsløsning ut |
| 9. Blanderør for ammoniumklorid | 19. Åpne/stenge ventil på topp av lufterør |
| 10. Brønn for pH-sensor | 20. 4G antenner |
| | 21. Ventil for ammoniumklorid inn i blanderør |
| | 22. Ventil for hypokloritt inn i blanderør |

Figur 6. Illustrasjon over doseringskap. Foto: Jarle Håvardstun/NIVA

2.3.2. Forbedringer av anleggene

Det ble kun gjort små generelle endringer på doseringsskapene. Touchdisplayet ble gjort mer brukervennlig, og det ble gjort forbedringer på maskinvare slik at stasjonene logger data selv om de ikke er påkoblet mobilnettverk. Både doseringsstasjonen ved fiskesperra og Driva bru hadde stort kjemikalieforbruk på grunn av vannføringen. For å forenkle kjemikalielogistikken ble det montert en slangestuss med Y-kobling i PVC mellom to IBC-er. Doseringsstasjonen fikk på denne måten økt kjemikaliekapasiteten fra 1 m³ til 2 m³ for begge kjemikalier.

Pumpen ved Fale bru har tidligere tatt inn en del grus sammen med vannet. Dette påvirket sensorene i doseringsanlegget slik at det ble utløst automatisk sikkerhetsstopp. For å unngå slike stopp av anlegget ble det derfor montert et sedimenteringsrør mellom vannpumpen og doseringsskapet.

Sedimenteringsrøret fungerte ved at diameteren på en meter lengde av vannrøret ble økt, slik at vannhastigheten der sank og grus sedimenterte til bunnen av røret. Røret kunne demonteres for rens.

2.3.3. Online overvåkning og datalogging

Alle doseringsanleggene i Driva og Litldalselva utenom Grøa kraftverk (som var koblet på lokalt nettverk) var konstant påkoblet nettverk via 4G. Doseringsanleggene ved Skytebanen og Litldalen topp hadde varierende dekning i 2022. Dette ble utbedret i 2023 ved montering av en 4G-antenne. Med dette ble det en kontinuerlig overvåkning og datalogging på alle stasjonene. En programmerbar logisk styringsenhet (PLS) målte og logget data (vannhastighet gjennom skapet, pumpehastighet og pH) slik at dette kunne fremstilles grafisk på ulike web-grensesnitt. Parametere slik som ønsket pumpepose og endringer i vannføring kunne justeres under drift gjennom fjerntilgang. Fjerntilgangen gjorde det også mulig å starte og stoppe anlegg uten å fysisk være til stede. Loggførte data ble benyttet under- og etter behandlingen for kontroll, dokumentasjon og oppfølging.

2.3.1. Måling av vannføring i elvene

Vannføring ble beregnet basert på en målt vannstand på et sted hvor sammenhengen mellom vannføring og vannstand er kjent. For Driva ble det etablert en slik kjent korrelasjon under konstruksjonen av fiskesperra i 2017. Denne ble brukt for å estimere vannføringen for doseringsstasjonen ved fiskesperra. Det ble montert en vannstandsmåler ved fiskesperra basert på ultralyd (Maxbotix MB7389-100). Sensoren ble plassert i passende avstand over vannivået der den målte avstanden til vannoverflaten. Avstanden ble omregnet til vannivå i PLS-en. Ultralydsensoren har en oppløsning på én millimeter og et måleområde på 0,3-5 m. Sensoren er i tillegg enkel å plassere siden den monteres over vannoverflaten. Den målte vannstanden og den kjente sammenhengen mellom vannføring og vannstand gjør det mulig å beregne vannføring fortløpende og dermed dosere kjemikalier automatisk. I 2022 var det lite data tilgjengelig for vannføring og vannstand i Litldalen, og kjente vannføringsdata ble i hovedsak hentet ut fra Statkraft sine målinger fra slipp av vann ved Holbuvatnet. Det ble derfor montert to vannstandsmålere i Litldalselva, ved Skytebanen og Sjølsenga (se kapittel 2.2).

2.3.2. Automatisk og manuell dosering

Doseringsanlegget ved fiskesperra ble styrt i automatisk modus basert på målt vannføring. De resterende doseringsanleggene i Driva og Litldalselva ble styrt manuelt.

Automatisk modus

Den matematiske sammenhengen mellom vannstand og vannføring ble konfigurert til PLS i doseringsskapet. Den automatiske styringen baseres på innmating av data fra vannstandsensor og doseringen beregnes ut fra dette. Systemet kan i prinsippet også kobles til andre systemer som kan angi en verdi for vannstand eller vannføring. Doseringsanleggene ved Driva kraftverk og Grøa kraftverk ble likevel styrt manuelt basert på vannføring rapportert fra driftssentralene, siden det var relativt stabil vannføring fra kraftverkene.

Manuell modus

Når doseringsanlegget er satt i manuell modus, må justeringer legges inn manuelt. Dette gjøres enten over 4G-nettverket eller ved å fysisk justere på innstillingene på touchdisplayet i doseringsskapet. Klordosen og vannføringen kan endres separat. Hvis vannføringen øker og det er ønskelig å beholde klordosen, kan for eksempel vannføringen alene justeres i kontrollpanelet.

2.3.3. Overvåkning av operasjonelle grenseverdier

For å sikre stabil klordosering ble pumperotasjon, pH, vannstrømmen gjennom skapet (l/min) og strømforsyning overvåket kontinuerlig. Hvis noen av parameterne falt utenfor fastsatte grenseverdier ble det sendt ut en alarm via SMS til vakttelefon. Vedvarende avvik utover fastsatte grenser førte til

automatisk stopp. Overvåkningen foregikk lokalt i PLS-en og systemet kunne derfor stoppe doseringen selv om nettverksforbindelsen ikke var tilgjengelig. Et batteri gjorde det mulig å sende SMS til vakttelefonen hvis strømtilførselen ble brutt. Strømbrydd skjedde et fåtall ganger under behandlingen som følge av at et bensindrevet aggregat var gått tom for drivstoff. SMS-varsling fungerte slik det skulle.

2.3.4. Overvåkning av væsknivået i IBC

Det har tidligere vært vanskelig å avlese volumene på de sorte IBC-tankene som inneholdt natriumhypokloritt. Dette har medført en driftsrisiko, siden anlegg kan stoppe automatisk på grunn av manglende kjemikalier til doseringen. Når dette skjer på natten, vil det være kostbart å rykke ut for å starte doseringen igjen. For å kunne overvåke kjemikalienivået i IBC-ene (hypokloritt og ammoniumklorid) på en bedre måte ble det derfor utviklet sensorer for å måle væsknivået. Nivåsensoren bestod av en ultralydsensor festet til et IBC-lokk og montert på slik at den målte ovenfra og ned på kjemikalet etter samme prinsipp som vannstandsensoren. Informasjon fra ultralydsensoren ble loggført automatisk hver halvtime. På denne måten kunne væsknivået overvåkes konstant og kontrolleres opp mot observasjoner fra den daglige kontrollen. Volumet ble lagt inn i Excel hvor dimensjonen på den peristaltiske pumpe slangen (marpren) og pumperotasjonen gjorde det mulig å regne ut omtrentlig når IBC-en ville være tom slik at skifte av IBC kunne gjøres i god tid.

2.4 Behandling i sidebekker

I dette kapittelet omtales behandling av sidebekker som ble behandlet med klor (omtalt som «periferi»). For å sikre tilstrekkelig klorkonsentrasjon i alle små og store vannveier, var det nødvendig med små og portable doseringsenheter i de sidebekkene som skulle behandles. I likhet med behandlingen i 2022, ble det brukt tre tilnærminger for dosering; blandestasjoner, hypoklorittstasjoner og tablettstasjoner. Disse er nærmere beskrevet nedenfor (Olstad mfl. 2023).

2.4.1. Blandestasjoner

På stasjoner hvor det var behov for å oppnå en stabil konsentrasjon av aktivt klor med varighet over en lengre strekning, ble det brukt små anlegg for blanding av hypokloritt og ammoniumklorid til kloramin. Ved de fleste av de små doseringsanleggene i sidebekkene foregikk doseringen ved at hypokloritt og ammoniumkloridløsning ble pumpet ned til en blandestav nedsenket i bekken (Figur 7). Selve innblandingen av kjemikalier foregikk dermed i den nedsenkede blandestaven. Kjemikalier ble pumpet ved hjelp av en tokenals peristaltisk slangepumpe. Doseringspumpen ble drevet av to 12V batterier koblet i serie. Ved seks stasjoner i Hareima, Somrungen, Fossa, Reinåa og Skorga (to stasjoner i sistnevnte) ble det laget blandestasjoner med større pumpekapasitet (tokenals peristaltisk slangepumpe) for å kunne oppnå tilstrekkelig behandlingskonsentrasjon (Figur 7). De nedsenkede blandestasjonene som ble benyttet ved disse stasjonene var utviklet etter behandlingen i 2022 (Olstad mfl. 2023).



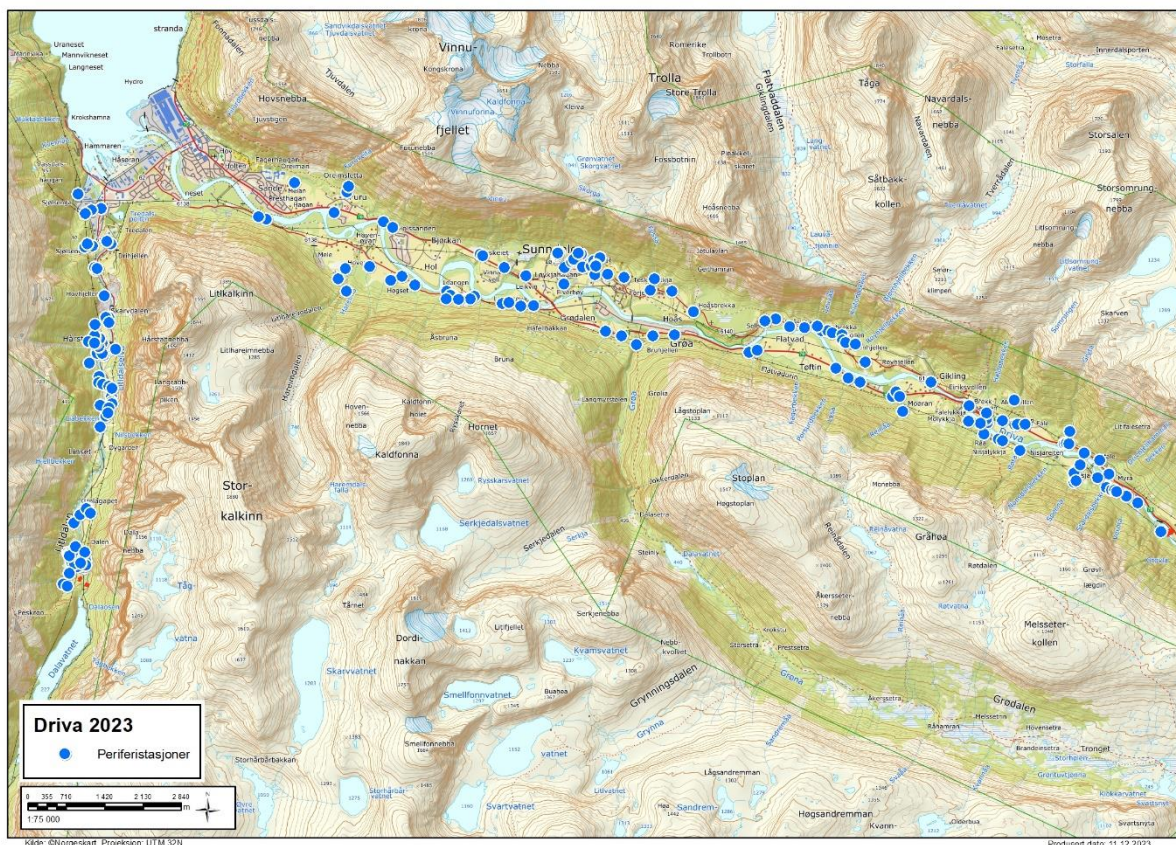
Figur 7. Venstre: Standard blandestasjon fra behandlingen i 2023. Hypokloritt og ammoniumklorid ble pumpet, ved hjelp av en tokenals peristaltisk slangepumpe, ned til en blandestav nedsenket i bekken, hvor selve innblandingen foregikk. (Foto: Stine Marie Iversen/NIVA). Høyre: Øverst i sidebekken Skorga ble det behandlet fra to separate punkter, begge ved hjelp av peristaltiske pumper med større kapasitet enn standardpumpene (Foto: Petter Nergaard/NIVA).

2.4.2. Hypoklorittstasjoner

I likhet med kloramin vil hypokloritt gi aktivt klor når det doseres til vann. Med hypokloritt som doseringskjemikalium vil imidlertid konsentrasjonen av aktivt klor avta mye raskere enn ved dosering av kloramin. Dosering av hypokloritt vil i tillegg være vanskeligere å justere inn med tanke på en nøyaktig og stabil dose. Direkte dosering av hypokloritt ble derfor kun brukt i enkelte bekker og sig med lav vannføring og kort transportstrekning og hvor det i tillegg var lite sannsynlig at det oppholdt seg fisk. I 2022 ble kjemikallet dosert som drypp ved hjelp av små membranpumper (piezopumpe; Olstad mfl. 2023). Under behandlingen i 2023 ble det imidlertid brukt tilsvarende pumper som ved små blandestasjoner; peristaltisk slangepumpe (se kapittel 2.4.1), men med bruk av kun en av to tilgjengelige kanaler.

2.4.3. Tablettstasjoner

I små sig og bekker med svært liten vannføring klor tilsatt i form av klortabletter. Dette er av samme type som brukes til desinfeksjon av vannet i private svømmebasseng. Basert på tidligere tester (Hagen mfl. 2022) ble det valgt brukt 20 grams tabletter av merket «Swim&Fun klor week tab». Disse tablettene inneholdt >95% triklorisocyanursyre og <5% borsyre. Slike tabletter ble utplassert i plastnett som så ble sikret med flaggline. Tablettene er designet for å løse seg opp i løpet av cirka syv dager under «bassengforhold». Tre tabletter tilsatt i en bekk med jevn vannføring på 1 l/s tilsvarer en dose på gjennomsnittlig 90 µg aktivt klor per liter vann i én uke. I realiteten vil dosen variere noe med hvor sterk vannstrøm tablettene blir utsatt for (høy vannstrøm => raskere oppløsning) og overflaten på tablettene (dosen blir lavere når overflaten av tablettene blir mindre). De innledende forsøkene (Hagen mfl. 2022) viste at triklorisocyanursyre var nesten like reaktivt som hypokloritt og ble målt som fritt klor. I tillegg til de systematisk plasserte stasjonene, ble klortabletter i noen tilfeller lagt enkeltvis i områder hvor det var mistanke om diffuse oppkommer av grunnvann.



Figur 8. Generell oversikt over omfanget og fordelingen av periferistasjoner under behandlingen i 2023.

2.4.4. Kartleggingsgrunnlaget

Alle vannforekomster i regionen har vært kartlagt av Veterinærinstituttet, seksjon for miljø og smittetiltak. Denne kartleggingen, i tillegg til flere befaringer i området, ble lagt til grunn under planleggingen av behandlingen i periferien i 2022 (Olstad mfl. 2023). I 2023 ble behandlingsstrategien i periferi basert på kunnskapen fra 2022, sammen med nye befaringer. Dette dannet grunnlaget for å klassifisere områder som enten sannsynlige kandidater for rotenonbehandling eller potensielle områder for klorbehandling (Figur 8). Som i 2022 ble det gjort løpende vurdering av tiltaksstrategien og hvorvidt noe burde endres underveis i rigging og behandling. Alle slike vurderinger ble gjort i samarbeid med aksjonsledelsen fra Veterinærinstituttet som hadde ansvar for rotenonbehandling. På forhånd var det også gjort antagelser om forventet vannføring i forbindelse med behandlingen. Dette ga grunnlag for å karakterisere hvert enkelt punkt i forhold til egnet behandlingsmetode; kloramin (blandestasjon), hypokloritt eller tabletter. Også her ble det gjort løpende vurderinger underveis under rigging og behandling om hvorvidt tilnærmingen burde endres.

2.4.5. Rigging oppstart og drift

Under riggeperioden for behandlingen inntraff ekstremværet «Hans» med store mengder nedbør (se kapittel 2.2), noe som medførte et todagers avbrudd i alt arbeid med forberedelser. Ekstremværepisoden hadde konsekvenser for strategiske valg i forbindelse med rigging og oppstart. Majoriteten av blandestasjoner og hypoklorittstasjoner i periferien ble rigget og gjort klare til oppstart i løpet av perioden 3. – 6. august. Alle slike stasjoner ble testet etter rigging ved å pumpe fluorescein gjennom slangene for visuell kontroll av pumpefunksjonalitet. Den 6. august var det hovedfokus på å starte opp og stille inn flest mulig stasjoner slik at det ville ta kortest mulig tid å starte opp igjen etter flommen som fulgte av ekstremværet. Ved oppstart av pumpestasjoner og utlegging av tablettstasjoner ble det

gjort en skjønnsmessig vurdering av vannføring for bestemmelse av startdose. Løpende justering av doser ble deretter gjort på bakgrunn av analyser gjort ved hjelp av komparator (se kapittel 2.6.3). Den 7. august var hovedfokus på å stanse alle anlegg og å flytte utstyr til trygt område med tanke på den ventede vannføringsøkningen. Etter ekstremværet ble dagene i tidsrommet 10. – 13. august brukt til å rigge ferdig, starte opp behandlingen på alle stasjoner, slik at all dosering var i gang til utsatt behandlingsstart den 13. august.

Målsettingen for behandlingen var å oppnå en kontinuerlig drift med 15 til 20 µg aktivt klor per liter vann i alle vannveier som ble behandlet. Dette sørget for tilstrekkelig klorkonsentrasjon over tilstrekkelig tid i henhold til målsettingen. For å sikre og dokumentere god behandling ble det gjort daglige analyser av vannprøver fra prøvepunkter før samtløp med en annen behandlet vannvei. Vannprøvene ble analysert ved hjelp av komparator (se kapittel 2.6.3.). Ved avvik i forhold til målkonsentrasjon ble det gjort manuell justering av den aktuelle pumpen før ny analyse ble gjennomført. I tillegg til analyse av vannprøve ble det samtidig gjort rutinemessig kontroll av hver enkelt doseringsstasjon for å sikre god drift med tanke på HMS og kvalitet.

Under behandlingen ble jobben med daglig ettersyn og justeringer av stasjonene fordelt på ni lag á to personer. Hvert lag ble tildelt et utvalg av stasjoner som lå geografisk nær hverandre. Lagene skulle sikre ettersyn og innrapportering av analyseresultater og eventuelle feil eller justeringsbehov. I tillegg til de ni driftslagene var det tilgjengelig tre lag á to personer med primær oppgave å rette opp eventuelle feil på anlegg i tillegg til at disse lagene sto for driften av blandestasjonene i de største sidebakkene. Denne arbeidsfordelingen sikret daglig ettersyn og løpende feilretting på alle operative stasjoner.

2.5 Behandling av andre områder

2.5.1. Båthavna

I 2022 ble det besluttet at ferskvannslaget i båthavna skulle behandles for å redusere sannsynligheten for at området skulle representere et refugium for gyrosmittet fisk. Doseringen foregikk ved at det ble satt opp to peristaltiske pumper til to slanger montert på påhengsmotoren, slik at det ble pumpet ammoniumklorid og natriumhypokloritt direkte ut i vannet bak motoren. Kjemikaliene ble da umiddelbart blandet sammen av propellen på påhengsmotoren. For å få en god innblanding ble det festet en murstamp med tau bak båten slik at dette fungerte som drivanker. Denne gjorde det mulig å øke turtallet på propellen slik at innblandingen ble bedre, uten at hastigheten på båten økte (Figur 9 og Figur 10).



Figur 9. Test med fluorescein i båthavna for å vurdere horisontal innblanding av doseringen.

Gjennom behandlingsperioden i 2023 ble det dosert klor til båthavna ved to anledninger. Første dosering skjedde 15. august etterfulgt av ny dosering den 19. august. Ferskvannslaget og vannmassearealet ble beregnet til omtrent 67.000 m³ i 2022. Sterk vind natt til 20. august førte til økt salinitet i havna, trolig grunnet omrøring og innblanding av sjøvann i ferskvannslaget som følge av

vinden. Ledningsevnen i vannet i båthavna ble undersøkt ved å ta YSI-målinger (YSI600) tre ganger etter siste behandling for å undersøke sjiktet/dybden på ferskvannslaget.



Figur 10. Bilde av doseringsslanger montert på motoren. Foto. Solveig Storfjell/NIVA

2.5.2. Undersøkelser i sjøen utenfor elvemunningene

Det ble gjennomført undersøkelser av salinitet og klorkonsentrasjon i sjøen utenfor munningen av Driva og Litldalselva 25. august for å få dannet et bilde av varigheten av klorkonsentrasjonen utover fjorden og dybden av ferskvannslaget. Det ble brukt en CTD (SAIV SD-204). Det ble også tatt klormålinger med komparator fra overflatevannet ved de ulike lokalitetene.

2.5.3. Tilleggsundersøkelser og effektkontroll

I første halvdel av behandlingsperioden, fra og med oppstartsdatoen 13. august, hadde to lag i oppgave å undersøke effekten av behandlingen ut over den daglige rutinesjekken av behandlingsstasjonene. Lagene skulle lete etter områder med utilstrekkelig behandling. Komparator ble brukt til å vurdere klorkonsentrasjonen i stedlige vannprøver. Innledningsvis ble det gjort undersøkelser i punkter og områder som var sett ut og kartfestet før behandlingen startet. Underveis i behandlingen ble det i tillegg etablert nye punkter til undersøkelse. Ved vurdering av om et område skulle undersøkes nærmere, ble det blant annet tatt hensyn til mulige fortyningseffekter fra ubehandlede vannveier, som kunne resultere i for lave klorverdier. Typiske vannveier som dette kunne for eksempel være grunnvann eller vanntransport gjennom porøse masser, noe som er kjent for å medføre redusert konsentrasjon av aktivt klor. Ved påvisning av områder med utilfredsstillende vannkjemi ble det gjort tiltak for å styrke behandlingen hvis mulig. Avhengig av hva slags utfordring punktet representerte, ble det iverksatt nødvendige tiltak slik som bruk av klortabletter i områder med diffuse oppkommer, etablering av nye doseringspunkter (tabletter, hypokloritt eller blandestasjoner) eller bruk av CFT-legumin. Ved allerede etablerte anlegg kunne det være aktuelt å oppjustere dosen.

I siste halvdel av behandlingsperioden ble det vurdert at nye tiltak ikke ville ha tid til å oppnå ønsket effekt. Lagene fikk derfor som hovedoppgave å følge opp tidligere etablerte tiltak og å dokumentere utviklingen av klorkjemi i kritiske punkter gjennom et forløp med varierende vannføring.

2.6 Bestemmelse av klorkonsentrasjon i felt

Analyse av klorkonsentrasjon er essensielt for gjennomføring av klorbehandlinger. Som i behandlingen i 2022, er konseptet «Mikrogramdøgn» brukt som rettesnor med tanke på vurderingsgrunnlag for effekt av behandlingen på *G. salaris*. «Mikrogramdøgn» er produktet av gjennomsnittlig døgnkonsentrasjon av

aktivt klor og antall døgn, og er derfor vurdert som en hensiktsmessig benevning på totalbelastning av behandlingen. For ytterligere beskrivelse av bakgrunnen for dette konseptet, se Olstad mfl. (2023).

2.6.1. Vannprøver fra hovedelvene

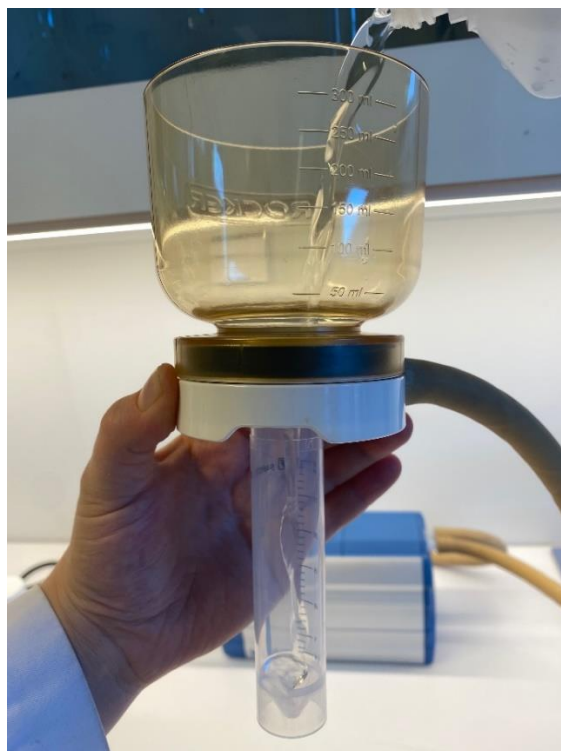
Vannprøver ble hentet inn fra elvene hver morgen av representanter fra Sunndal Jeger- og Fiskeforening og Sunndal kommune. Det var prøver fra totalt 19 lokasjoner, hvorav 12 var fra hovedelva Driva og syv var fra Litldalselva. Vannprøvene ble hentet like oppstrøms hvert doseringspunkt. Disse prøvepunktene representerte området der klorkonsentrasjonen potensielt ville være lavest, og slik ble det overvåket at hele elva ble effektivt behandlet. Det ble også tatt daglig vannprøve ved utløpet til Driva for å overvåke konsentrasjonen ut i fjorden. Vannprøvene ble tatt med justerbar vannprøvehenter, en teleskopstang med en plastkopp på enden. Denne ble senket ned omtrent 5-10 cm. Under overflaten midt i strømmen, og innholdet ble overført til en 0,5L prøveflaske. Prøvene ble levert til feltlaboratoriet for analyse umiddelbart etter innhenting. Rett nedstrøms den øverste doseringsstasjonen i hovedelva (fiskesperra) ble det som tidligere anlagt to prøvestasjoner for sjekk av doseringen derfra, en på hver side av elva. Dette ble gjort for å kunne identifisere eventuell skjevfordeling av doseringsløsning over elveprofilen ved fiskesperra. Det ble montert kraner på hver dyse slik at det var mulig å stille inn utløpet av doseringsløsning fra hver dyse og finjustere til utløpshastighet på to liter doseringsløsning per minutt over hele bredden av dyserørene.

2.6.2. Kloranalyser på feltlaboratoriet

Vannprøvene ble filtrert til tre sentrifugerør gjennom et membranfilter med porestørrelse 0,45 µm ved hjelp av en vakuumpumpe (Figur 11). Filtratet (25 ml) ble tilsatt 0,15 ml fosfatbuffer¹ og deretter ristet før 0,15 ml av en fargereagens basert på N,N-dietyl-p-fenylendiaminsulfat (DPD)² ble tilsatt. Til slutt ble alle prøvene tilsatt én dråpe med mettet kaliumjodidløsning og ristet. Prøvene stod deretter beskyttet fra direkte lys i 60 minutter før absorbans av lys med bølglengde 510 nm ble målt med et Shimadzu UV1240 mini-spektrofotometer i kyvetter med fem centimeter lysvei. Absorbans i ubehandlet elvevann (referanseprøven) ble trukket fra og differansen mellom resultat i referansevann og prøve ble brukt til å beregne klorkonsentrasjonen (aktiv klor) basert på en standardkurve. Referanseprøvene ble hentet oppstrøms øverste doseringspunkt i begge elvene og ble testet mot ubehandlet vann nedover elvene før doseringsstart for å bekrefte at referanseverdien var representativ nedover begge vassdragene.

¹ 30 g dinatriumhydrogenfosfat, 46 g kaliumdihydrogenfosfat og 0,8 g dinatrium-EDTA i 1 liter MilliQ

² 1,5 g DPD, 2 ml konsentrert svovelsyre og 0,2 g dinatrium-EDTA i 1 liter MilliQ



Figur 11. Hver vannprøve ble filtrert gjennom et membranfilter ved bruk av en vakuumpumpe før tilsetning av reagenser. Vannprøvene ble analysert som tekniske triplikater. Foto: Anne Luise Ribeiro/NIVA

I enkelte sidevassdrag og i Driva kraftverk og Grøa kraftverk var det ikke mulig å samle inn vannprøver oppstrøms doseringspunktet som med sikkerhet kunne brukes som referanse for kloranalyse. Det var da nødvendig å bruke behandlet vann tilsatt avkloringsmiddel fra HACH (malonsyre $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$) for å redusere klorkonsentrasjonen i vannet til null. Avkloringsmiddelet har også en viss effekt på fargereaksjonen til DPD, og det måtte derfor korrigeres for. Dette ble gjort ved å ta hensyn til avkloringsmiddelets effekt på reelle referanseprøver uten klorinnhold.

Det ble laget en standardkurve hver morgen ved å fortynne en konsentrert klorløsning med kjent konsentrasjon til 50 ml MilliQ-vann (Figur 12). Deretter ble 0,3 ml fosfatbuffer og 0,3 ml DPD tilsatt til alle prøverørene. Rørene ble ristet etter tilsetning av hvert kjemikalium før de ble satt mørkt i 15 minutter. Absorbans ble deretter avlest i spektrofotometer. Reagenser til kloranalysen ble lagd omtrent hver andre dag på feltlaboratoriet ved hjelp av en finvekt. Ved hver produksjonsrunde ble det lagd nok til å fordele ut reagensene til periferilagene og deres komparatorsett. Feltlaboratoriet og periferilagene med komparatorer brukte dermed alltid samme løsning.



Figur 12. Standardene ble lagt ferske hver morgen og dannet beregningsgrunnlag for klorkonsentrasjonene som ble målt utover dagen. Foto: Marit Måsøy Amundsen/Veterinærinstituttet

2.6.3. Bestemmelse av klorkonsentrasjon ved bruk av komparator

I perifere vannforekomster slik som sidebekker ble klorkonsentrasjonen målt hver dag ved bruk av komparator av merket Lovibond Nessleriser 2150 (Figur 13). Denne metoden gir ikke et like nøyaktig analysesvar som laboratorieanalyser, men den kan gjennomføres ute i felt ved den aktuelle lokalitet og analysesvaret foreligger innen 10 minutter. Det ble brukt komparator med to rør på 113 mm og en fargeskive med nyanser av magenta, tilpasset DPD som fargereagens, til å anslå omtrentlig klorkonsentrasjon i sidebekkene. Testen ble utført ved å fylle de to rørene med 50 ml ellevann. Deretter ble det i det ene røret tilsatt syv dråper fosfatbuffer, syv dråper DPD og én dråpe mettet kaliumjodidløsning før begge rørene ble satt inn i komparatoren. Fargeskiven med ulike fargenyanser av magenta dekket det reagensfrie prøverøret. De ulike magenta-nyansene er knyttet til en kjent klorkonsentrasjon og fungerer som en referanse mot det andre prøveglasset tilsatt reagens. Etter ett minutt ble prøvene avlest ved at skiven ble rotert til fargen stemte overens med den aktuelle vannprøven.

Under periodene med høy vannføring var ellevannet også partikkelrikt. Finkornede partikler kan påvirke analysene i feltlaboratoriet ved å øke absorbansen under måling av klor, noe som gir usikre målinger. Som en støtte i vurderingen av analysesvarene, ble det derfor valgt å gjennomføre komparatortester av vannprøvene parallelt med tradisjonell analyse fra og med 16. august og ut behandlingsperioden (26. august).



*Figur 13. Avlesning av estimert klorkonsentrasjon ved hjelp av komparator.
Foto: Marit Måsøy
Amundsen/Veterinærinstituttet*

2.6.4. Beregning av klorforbruk

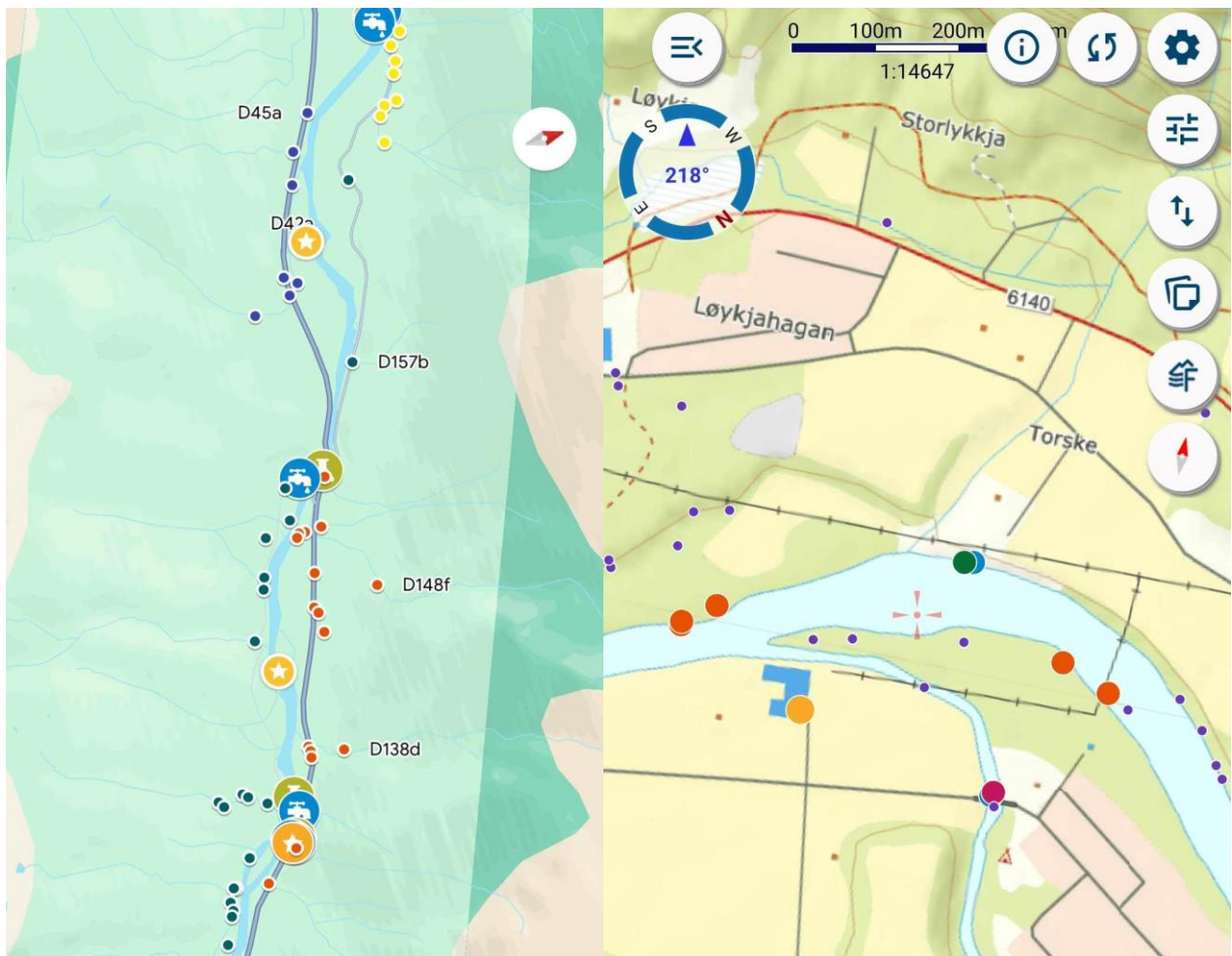
Begrepet klorforbruk brukes for å forklare hvor stor andel av en tilsatt dose som blir brutt ned momentant etter tilsetning. Et høyt klorforbruk er ikke gunstig siden kjemikalieforbruket blir høyt og varigheten av klorkonsentrasjonen blir dårligere sammenlignet med en vannforekomst som har lavt klorforbruk. Klorforbruket varierer over tid, særlig i forbindelse med større vannføringsendringer. Organisk materiale, mangan og lav pH er eksempel på faktorer som påvirker klorforbruket negativt. For å bestemme klorforbruket til en vannforekomst titreres vannet med klor. Det vil si at det tilsettes relevante doser klor (som monokloramin) til vannprøver for deretter å måle hvor mye aktivt klor som er igjen i prøvene.

Den 4., 15., 20. og 23. august ble det gjennomført titreringer av vannprøver fra seks lokasjoner i hovedelva Driva (Fiskesperra, Driva Kraftverk, Grøa Kraftverk) og en lokasjon i Litldalselva for å beregne klorforbruket før oppstart av behandlingen. Bestemmelse av aktivt klor ble utført etter 30 minutters reaksjonstid. Hensikten var å beregne klordosene som skulle tilsettes ved oppstarten av behandlingen. Prøvene ble tilsatt henholdsvis 0, 50, 100 og 150 µl av en monokloraminløsning (400 mg Cl₂-ekvivalenter/l). Dette tilsvarer tilsats av 0, 40, 80 og 120 µg aktiv klor (som monokloramin) per liter (heretter kalt nominell konsentrasjon). Klorforbruk (%) er betinget av dose og reaksjonstid og ble beregnet som $X\% = 100 \cdot (1 - \text{målt konsentrasjon} / \text{nominell konsentrasjon})$.

Da det var ustabile værforhold i behandlingsperioden, ble doseringen til tider satt på vent. I perioder der det var ustabile værforhold og klordoseringen ble stanset, slik at elva var uten klor, ble det gjort titreringer av ellevannet for å undersøke endringen i klorforbruket. Ved gjentagende undersøkelser av klorforbruket og overvåking av vannføringen var det mulig å estimere ved hvilken vannføring det var mulig å starte opp doseringsanleggene igjen uten å underdosere.

2.7 Kartløsning og navigering i felt

For at mannskapet skulle finne frem til doseringsstasjoner, prøvepunkter og temperaturloggere i felt ble det opprettet og delt et elektronisk kart fra Google som alle deltakere hadde tilgjengelig på telefonen (Figur 14). Etersom Google sitt basekart har begrenset oppløsning var det i tillegg nødvendig å bruke applikasjonen «Norgeskart friluftsliv» som tilbyr topografisk norgeskart. All informasjonen i Google-kartet var til enhver tid synkronisert til kartet i applikasjonen Norgeskart friluftsliv. Dette ble gjort ved å lenke kartene sammen med en KML (Keyhole Markup Language) nettverkskobling. Denne løsningen fungerte godt, og deltakerne kunne bestemme hvilket kart som var mest hensiktsmessig å bruke for å navigere til de ulike punktene i felt. Feltledelsen hadde også muligheten til å legge til informasjon i allerede eksisterende punkter i kartet, eller opprette nye punkter fortløpende. Det kunne for eksempel legges til midlertidige punkter for at en konkret og tidsavgrenset arbeidsoppgave skulle bli gjennomført på anvist sted.



Figur 14. Illustrasjon av kartløsning bruk for å navigere seg i felt

2.8 Rapportering i felt

I gjennomsnitt var det 39 personer på jobb hver dag gjennom hele behandlingsperioden. Dette frembrakte store mengder informasjon som måtte dokumenteres og vurderes fortløpende gjennom arbeidsdagen. For å gjennomføre dette på en effektiv måte, ble det besluttet å bruke det digitale rapporteringsverktøyet FastField (www.fastfieldforms.com, © 2021 Merge Mobile, Inc.) under behandlingsperioden i 2023. Dette er en applikasjon som lar deg skreddersy et rapporteringsskjema som brukeren deretter finner i appen og sender inn digitalt. I begynnelsen av feltperioden ble det opprettet en bruker til alle prosjektmedarbeidere i applikasjonen FastField. Alle deltakere fikk opplæring i verktøyet før de startet med feltarbeid. Det ble opprettet ulike skjemaer avhengig av hva som skulle rapporteres inn (Figur 15). I tillegg ble det opprettet et avviksskjema og et forbedringsskjema. Brukeren benyttet seg av aktuelle skjemaer avhengig av arbeidsoppgaven. Ved bruk av et slikt system kunne feltledere følge med fortløpende på innrapporterte data og deretter ta vurderinger slik som endringer i dose, bytte av batterier, påfylling av kjemikalier med mer. FastField var også tidsbesparende med tanke på etterarbeid ved endt arbeidsdag ettersom alle data allerede var registrert i portalen. Dataene kunne enkelt eksporteres ut i ønsket format for videre analyse. Skjemaene fungerte også som en sjekklister over oppgaver som skulle gjennomføres på lokaliteten. FastField bidro slik til at det sjeldent var gjøremål som ble glemt på de ulike lokasjonene. Det ble sendt inn totalt 4394 skjemaer i løpet av feltperioden. Skjemaet «Periferi 2023» hadde flest innsendte skjemaer med hele 3476 skjemaer innsendt. Utvalgte data som kom inn i FastField-databasen ble fortløpende videresendt til programvareplattformen Superset. Denne plattformen brukes for å visualisere innrapporterte data i sanntid.

Doseringsanlegg 2023

Doseringsanlegg

Lokalitet*

Driva: Kraftverk

Dato*

Aug 16, 2023

Tidspunkt*

10:47

Er anlegget i oppriggingsfasen?

Hensikt med besøket*

Feilsøking

Byttet marpren?

Hvilken marprendimensjon byttet du til?

8

RPM AMMO?

43

RPM HYPO?

Figur 15. Eksempel på hvordan et skjema i FastField kan se ut

2.9 HMS og informasjon

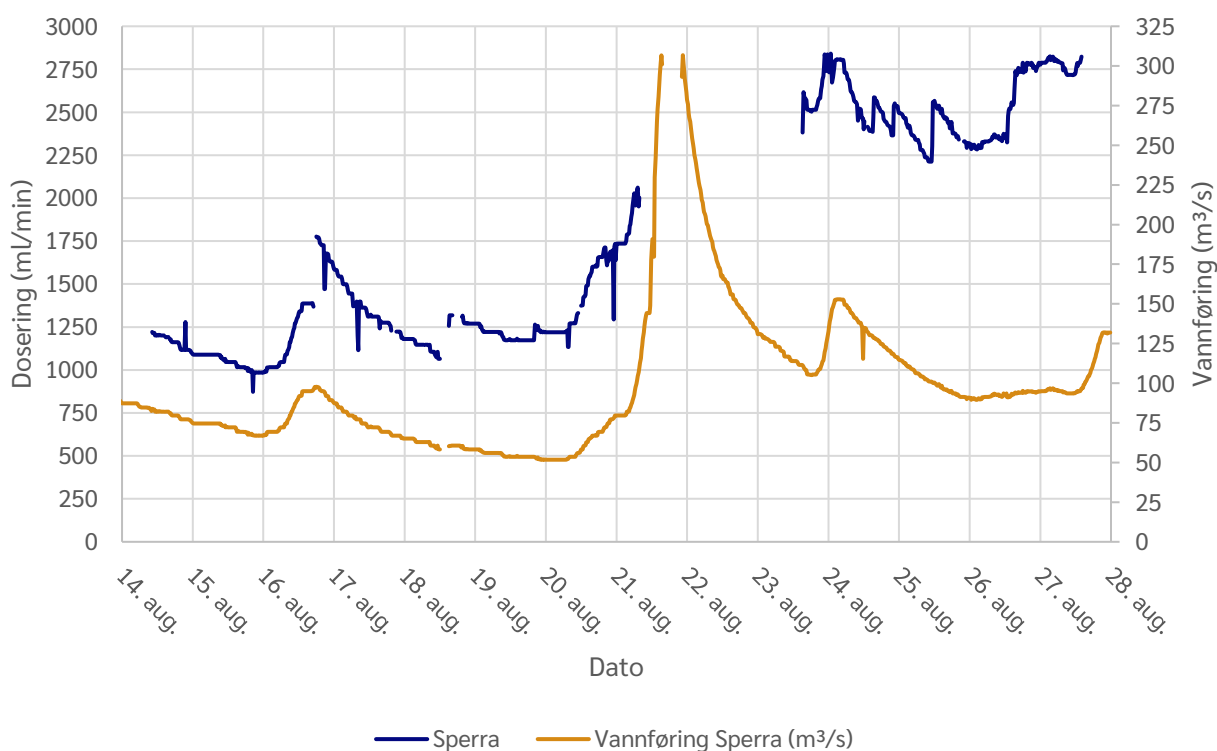
Det ble i 2022 innført en rekke tiltak for å sikre en trygg arbeidsdag for ansatte og trygg ferdsel for publikum. Blant annet ble det sendt ut en lokasjonsbasert SMS med informasjon om prosjektet. Lokale nødetater fikk også informasjon om prosjektet i forkant. Informasjon om behandlingen ble også gjort tilgjengelig på Sunndal kommune sine nettsider. I forbindelse med behandling var det økt fokus på enda bedre og mer hensiktsmessig sikring av stasjoner ved bruk av sperrebånd, gjerder og skilting.

Som tidligere år var det satt opp skilt ved fiskesperra som var spesifikt rettet mot elvepadlere. Informasjonsskilt var plassert ved kjente utfartsområder og i butikker rundt i kommunen. I tillegg var alle stasjoner utstyrt med infoskilt som beskrev prosjektet, informasjon om de kjemikaliene som var i bruk samt forholdsregler ved eksponering. Det var også oppgitt kontaktinformasjon til prosjektleder og feltadministrasjon. Alle ansatte i prosjektet brukte refleksvest med institusjonslogo for å sikre god synlighet. Under behandlingen i 2022 ble det opprettet et system for innrapportering av avvik via FastField appen. Alle avvik ble gjennomgått og tiltak ble innført i prosedyrer for å sikre etterlevelse i feltperioden 2023.

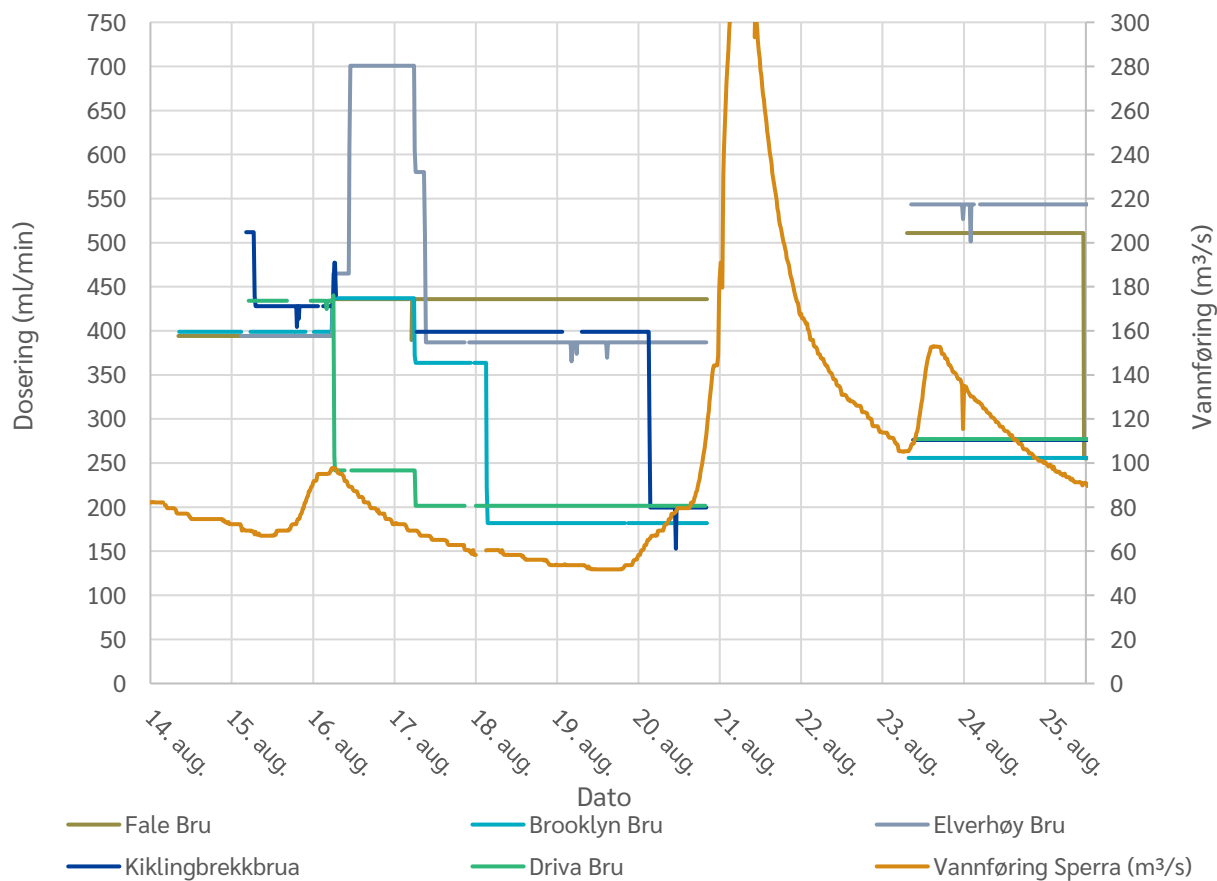
3 Resultater

3.1 Doseringssystemene og dosering i hovedelvene

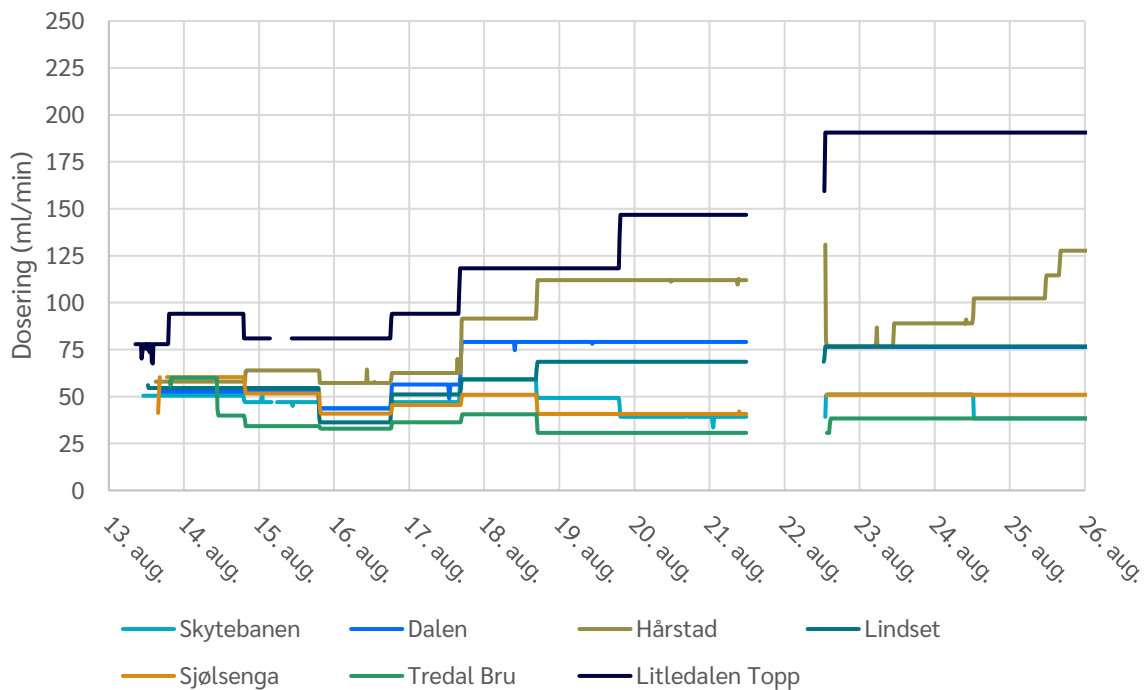
Doseringsanleggene fungerte stabilt og etter hensikten gjennom behandlingen. Et fåtall driftsavvik var knyttet til høy vannføring, slik som innsug av biologisk materiale som gress og mose i vannpumpene. Det vanligste avviket skyldes at slikt materiale festet seg til vannstrømsmålerne i doseringsanleggene. Dette kunne føre til feilaktige vannstrømsmålinger som utløste automatisk stans av anlegget. Anleggene i Driva ble stanset som følge av høy vannføring fra 21.-23. august (Figur 16 og Figur 17). I Litldalselva var vannføring slik at anleggene kunne dosere i store deler av perioden, men doseringen ble stanset midlertidig 21.-22. august på grunn av lokalt mye nedbør og stor vannføring (Figur 18).



Figur 16. Oversikt over vannføringsstyrt dosering (milliliter/minutt) på fiskesperra (dosering angitt i blå farge med akse på venstre side)



Figur 17. Oversikt over dosering i milliliter/minutt fra hovedanlegg i Driva. Vannføring ved fiskesperra er angitt med oransje farge, med akse på høyre side



Figur 18. Oversikt over dosering i milliliter/minutt for hovedanlegg i Litldalselva

3.2 Dosering og vannkjemi i sidebekkene

Før august 2023 var det antatt høy vannmetningsgrad i jordsmonnet på grunn av relativt store nedbørsmengder i løpet av sommeren (se kapittel 2.2), men det var lite snø i fjellet sammenlignet med 2022. De store nedbørsmengdene i løpet av første halvdel av august førte til ytterligere tilførsel av vann slik at mange bekker hadde høyere vannføring sammenlignet med hva som er observert ved behandlinger og arbeid i området under tidligere år.

I løpet av tiltaksperioden ble det startet dosering fra 195 punkter i sidebekker til Driva og Litldalselva. Disse punktene var fordelt mellom blandestasjoner, hypoklorittstasjoner og tablettstasjoner (se beskrivelse i kap. 2.4). De fleste stasjonene ble startet to til fire dager før den definerte behandlingsperioden, slik at mange av bekkene hadde klorbehandling også noen dager før definert periode. Av de 195 stasjonene ble fem stasjoner avsluttet og omgjort til rotenonpunkter, og to stasjoner ble avsluttet fordi vannveiene tørket ut. Omgjøring av klorpunkt til rotenonpunkt foregikk i samråd med Veterinærinstituttet, seksjon for miljø og smittetiltak. Dette gjaldt typisk på punkter med stillestående eller veldig sakteflytende vann hvor effektiv klorbehandling ikke var hensiktsmessig eller mulig.

Ved avslutningen var det dermed totalt 188 aktive klorbehandlingspunkter i drift. Fordeling per behandlingsform er vist i Tabell 1. I forkant av behandlingen i 2023 ble det gjennomført endringer i beslutningsprosessen for valg av behandlingsmetode i periferi. Blant annet ble det ved oppstart av behandlingen gjennomført flere felles befaringer med Veterinærinstituttet, seksjon for smittetiltak. Totalt ble det behandlet ved 26 flere stasjoner i 2023 enn i 2022 (se også: Olstad mfl. 2023). Ved 17 av disse ble det behandlet med klortabletter. For majoriteten av disse ble behandlingsmåte avgjort i forbindelse med felles befaring og i praksis omgjort fra rotenonbehandling i 2022 til klorbehandling i 2023. I tillegg ble det behandlet med ni flere blandestasjoner i 2023 enn i 2022. Fem av disse ble rigget i et bekkesystem i øvre deler av Litldalselva (L101 og L102) som ikke ble behandlet med verken klor eller rotenon i 2022 (Bardal 2024, under utarbeidelse).

Tabell 1. Fordeling av antall stasjoner per klorbehandlingsmetode i sidebekker til Driva og Litldalselva under behandlingen i august 2023.

	Driva	Litldalselva	Sum
Blandestasjoner	88	38	126
Hypoklorittstasjoner	11	4	15
Tablettstasjoner	25	22	47
Sum	124	64	188

Resultatene fra den totale behandlingsperioden (10. – 27. august) viste at 182 av 188 stasjoner oppnådde mer enn 90 mikrogramdøgn, som generelt regnes som tilstrekkelig klor-eksponering for effektiv bekjempelse av *G. salaris*. Av disse lå 174 stasjoner på over 150 mikrogramdøgn, noe som anses som veldig god behandlingseffekt. Åtte stasjoner hadde målinger på mellom 150 og 90 mikrogramdøgn. Av de seks stasjonene som ikke oppnådde 90 mikrogramdøgn ble fire supplert med rotenonbehandling mot slutten av perioden. Ved en stasjon ble det behandlet i en kum uten mulighet for å ta prøver for å vurdere effekten av behandlingen. Her ble det imidlertid dosert på en slik måte at sannsynligheten for tilstrekkelig behandling er vurdert som god. Stasjon L105 står dermed igjen som den eneste stasjonen hvor det var lav sum av mikrogramdøgn klorbehandling (Tabell 2).

Tabell 2. Beskrivelse av stasjoner med klorverdier lavere enn 90 mikrogramdøgn under behandlingen i 2023.

Stasjon	Behandling	Mikrogramdøgn	Problem	Kommentar
D144	Tablett	-	Dosering i kum. Lot seg ikke måle	Rotenon mot slutten av behandlingen
D147a	Tablett	80	Delvis nedsenket i elva ved høy vannføring	Rotenon mot slutten av behandlingen
D4	Tablett	65	Delvis nedsenket i elva ved høy vannføring	Rotenon mot slutten av behandlingen
D83i5	Blanding	89	Lang behandlingsstrekning	Rotenon mot slutten av behandlingen
L41	Hypokloritt	-	Dosering i kum. Lot seg ikke måle	Vurdert godt behandlet
L105	Blanding	73	Kort doseringstid	Lav dose

I forbindelse med løpende tilleggsundersøkelser og effektkontroll ble det avdekket to områder i periferibehandlingen i Litldalselva som ikke hadde tilfredsstillende klorkjemi. I det ene av disse, en dam med gjennomstrømmende bekk, ble det lagt ut ekstra klortabletter langs bredden. I det andre området, et sideløp til hovedelva litt oppstrøms Sjølsenga, ble det etablert en ekstra blandestasjon. Begge disse områdene ble vurdert til at det var viktig å oppnå god behandling. Det ble også konkludert med at dette ble oppnådd som følge av de ekstra tiltakene som ble iverksatt.

Oppsummert var det derfor bare én stasjon (L105 i Litldalselva) hvor det reelt kan ha vært noe lavere dosering enn ønsket i løpet av behandlingsperioden. Fra behandlingspunktet og ned til hovedelva går denne bekken for det meste i rør. Det reelle refugiet hvor eventuell laks skal ha kunne stått med *G. salaris* som ville kunne overleve behandlingen er derfor svært begrenset. For at *G. salaris* skal ha kunne overlevd behandlingen vil det i tillegg være en forutsetning at laksen ikke har beveget seg ut i hovedelva i perioden, siden dette i sum ville medføre økt klordose.

Det konkluderes derfor med at majoriteten av sidebekker og tilhørende systemer som har vært behandlet med kloramin har hatt en tilfredsstillende klorkonsentrasjon for effektiv fjerning av *Gyrodactylus salaris*.

I overlevelsesforsøk med ørretunger (Olstad mfl. 2021) døde kun én fisk ved eksponering for 45 µg klor/l over en periode på 12 dager. I det samme forsøket døde 11 av 20 fisk ved eksponering for 75 µg klor/l. Under behandlingen i 2023 ble det målt gjennomsnittsverdier høyere enn 45 µg klor/l ved seks stasjoner. Ved to av disse stasjonene var gjennomsnittsverdien høyere enn 75 µg klor/l. Av de seks bekkene som fikk behandling med gjennomsnittskonsentrasjoner høyere enn 45 µg klor/l var fem av dem korte sig og småbekker. Den sjettede bekken var 220 meter lang. Dette er imidlertid en liten bekk med lav vannføring i en grøft inn i Negardsskorga. Under kartleggingen gjennomført av Veterinærinstituttet (se kapittel 2.4.4) ble samtlige av de seks lokalitetene karakterisert som vannforekomster uten oppgang av fisk eller med svært lav sannsynlighet for oppgang av fisk.

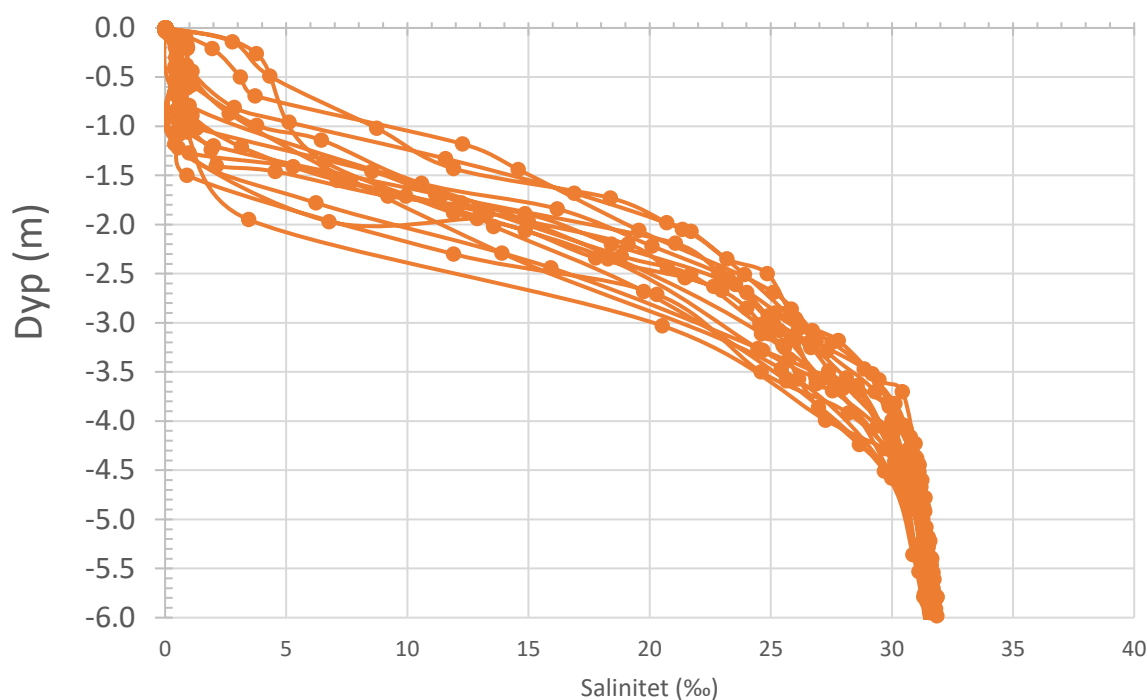
3.3 Behandling av andre områder

3.3.1. Båthavna

Båthavna ble behandlet 15. og 19. august. Det ble gjennomført undersøkelser av ledningsevne tre ganger og klorinnhold to ganger etter 19. august. Etter siste behandling av båthavna den 19. august var salinitetsnivået ved overflaten 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ innerst i båthavna og 17.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ytterst, og temperaturen var gjennomsnittlig 15°C. Dette tilsvarer en salinitet på 12,6 ‰ og 15,1‰ som igjen tilsvarer at *G. salaris* maksimalt kan overleve i to døgn (Soleng og Bakke 1997). Den 25. august ble det tatt komparatorprøver på seks ulike punkter i båthavnområdet. Dette var seks dager etter siste behandling i båthavna og prøvene viste et gjennomsnitt på 18 $\mu\text{g}/\text{L}$. Den målte klorkonsentrasjonen kan også skyldes at vann fra Litldalselva har flytt inn i området.

3.3.2. Undersøkelser i sjøen utenfor elvemunningene

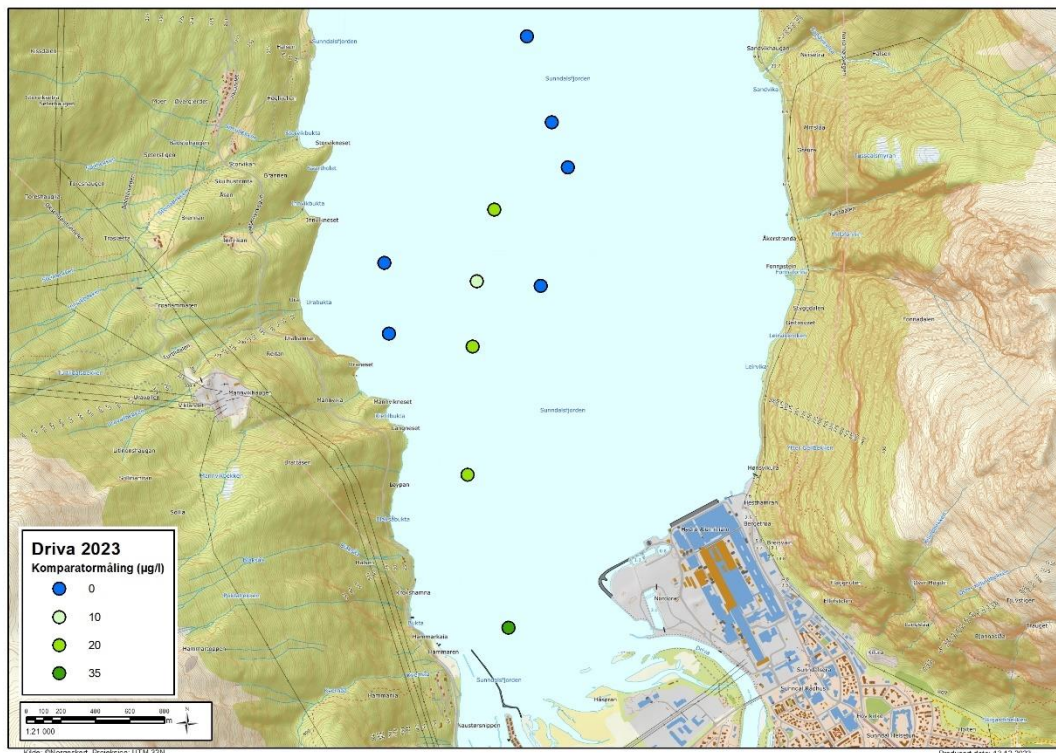
Resultatene fra CTD-undersøkelsene samlet for alle lokaliteter (Figur 19) viste en markert haloklin ved omkring 3-5 meters dyp, der saliniteten økte fra 25 til 32 ‰. Temperaturen målt i undersøkelsene var 13-14°C ved én meters dyp. *G. salaris* kan overleve kun kort tid (under et døgn) ved salinitet over 20 ‰ (jf. for eksempel Soleng og Bakke 1997). Den øverste meteren av vannlaget var under 10 ‰, som gir en levetid for *G. salaris* på over tre døgn ved 12°C.



Figur 19. Salinitetsdata fra CTD-trekk ved 11 lokaliteter (se Figur 20) i sjøen utenfor munningen av Driva.

Målingene av klorkonsentrasjonen fra overflatevann ved lokalitetene viste variasjon mellom 0 og 35 μg aktivt klor/l. Målingene som ble foretatt der hvor hovedstrømmen fra Driva fløt utover fjorden (visuelt bedømt) var høyere (10-35 $\mu\text{g}/\text{l}$) enn til sidene for denne strømmen (0 $\mu\text{g}/\text{l}$). Det ble målt tilstrekkelig klorkonsentrasjon for å ha god effekt mot *G. salaris* i overflatevannet langs hovedstrømmen ut til 2,6 km fra munningen av Driva (Figur 20). Fisk som har oppholdt seg i vannvolumer med 10 μg klor/l eller mer må forventes å ha blitt tilstrekkelig behandlet. Områdene i fjorden med for lav eller ingen klor i vannet vil kunne representere et refugium for smittet laks. Sannsynligheten for at laksunger skal bruke pelagialen i fjorden som habitat er imidlertid ansett som liten. Mo mfl. (2018) fant for eksempel ikke laksunger eller smolt i trålfangst i Drammensfjorden og konkluderte med at *G. salaris* sannsynligvis ikke

har et refugium på laks her i august/september. Det er i tillegg rimelig å anta at høyt predasjonstrykk fra andre arter også reduserer sannsynligheten for at pelagialen i fjorden kan være et refugium.



Figur 20. Lokasjoner for CTD- og komparatormålinger i fjorden. Komparatorprøvene ble tatt fra overflatevann, og fargekodene viser konsentrasjonen som ble målt.

3.4 Vannkjemi i hovedelvene

3.4.1. Vannkjemiske forutsetninger

3.4.1.1. Generelle vannanalyser Driva

Vannet i Driva og Litldalselva er vanligvis svært klart med konsentrasjon av organisk materiale (TOC) omkring 1 mg/l. Ved fire anledninger ble det samlet inn vannprøver for analyse ved NIVAs laboratorium. Prøver tatt 4. august var før dosering, prøver tatt 16. august var etter ekstremværet «Hans» og dagen etter start av dosering i Driva. Prøver tatt 19. august var før en forventet nedbørsperiode og prøver tatt 24. august var etter en nedbørsperiode og vannføringsøkning.

Det var generelt høy vannføring i Driva i behandlingsperioden grunnet mye nedbør i nedbørsfeltet og høy vannmetningsgrad i jordsmonnet. Midtveis i behandlingen (20–21. august) kom det 45 mm i Oppdal og vannføringen økte og hadde en topp på 262 m³/s ved Grensehølen (Figur 2). Hovedanleggene i Driva ble derfor midlertidig stoppet til vannføringen ble vurdert lav nok til å starte igjen (Figur 17 og Figur 18).

Vannkjemireultatene (Tabell 3) fra fiskesperra viste to til fem ganger så høyt kjemisk oksygenforbruk (KOF-Mn) i 2023, sammenliknet med august 2022 (Olstad mfl. 2023). Prøvene fra 2022 ble tatt på normal vannføring (Elverhøy bru, 90 m³/s). Alle prøvene i 2023 ble tatt på høyere vannføring enn dette, men eksakte vannføringstall fra Elverhøy finnes ikke for perioden. KOF-Mn-verdiene og innholdet av jern og mangan ved fiskesperra økte (16/19. august) etter nedbørsperioder lokalt, men økte ytterligere etter en nedbørsperiode i Oppdal (24. august) og påfølgende økning av vannføring i elva. Klornedbrytningen har i tidligere undersøkelser (Hagen mfl. 2021a) vært nærmest korrelert med KOF-Mn, jern, mangan og TOC, men KOF-Mn ser ut til å kunne være viktigst for nedbrytningen av klor («klorforbruket»).

Klorforbruket øker typisk med økende verdier for KOF-Mn. Analysene av klorforbruket i Litldalselva og Driva (Tabell 4) viste også høyere klorforbruk i Driva enn i Litldalselva, i tråd med det som kunne forventes ut fra verdiene for TOC og KOF-Mn (Tabell 3 og Tabell 5). Klorforbruket i Driva ved fiskesperra gjennom behandlingen viste en økende trend, men med variasjoner mellom prøvetakingene (Tabell 4). Det er ingen systematisk og åpenbar sammenheng mellom kun TOC eller kun KOF-Mn og klorforbruket som er målt, og prøvene er heller ikke tatt fra samme dag med unntak av 4. august. Denne datoen er det imidlertid indikasjoner på sterkest samsvar mellom pH og TOC, og klorforbruket. Dette kan indikere at pH også påvirker nedbrytningen av klor, noe som er i tråd med tidligere funn der det var indikasjoner på at lav pH bidro til at organiske stoffer reagerer mer effektivt med klor (Hagen mfl. 2019a)

Tabell 3. Oversikt over kjemiske analyseresultater fra prøvene som ble tatt i Driva under dosering i 2023. Analysene ble utført av NIVALab samt hos underleverandør Eurofins. Prøver tatt 4. august var før dosering, prøver tatt 16. august var etter ekstremværet «Hans» dagen etter start av dosering i Driva. Prøver tatt 19. august var før en forventet nedbørsperiode og prøver tatt 24. august var etter en nedbørsperiode og vannføringsøkning. Kond. er forkortelse for konduktivitet, Alk. er forkortelse for alkalinitet.

Måleparameter								
Stasjon	Dato	Fe	Mn	TOC	KOF-Mn	Kond.	pH	Alk.
	2023	µg/l	µg/l	mg/l	mg O2/l	mS/m		mmol/l
Fiskesperra	04.08	37	1,44	2,8	1,1	3,15	7,15	0,220
Driva Kraftverk	04.08	13	0,82	1,5	0,91	1,48	6,64	0,089
Grøa Kraftverk	04.08	26	0,73	1,5	1,1	1,72	6,49	0,084
Driva bru	04.08	35	1,44	1,6	1,1	2,94	7,12	0,196
Fiskesperra	16.08	72	2,77	2,0	1,5	3,46	7,11	0,232
Driva Kraftverk	16.08	16	0,79	1,4	0,90	1,46	6,68	0,089
Grøa Kraftverk	16.08	21	0,65	1,3	0,89	1,58	6,61	0,077
Driva bru	16.08	138	4,37	1,8	1,4	3,17	7,17	0,202
Fiskesperra	19.08	31	1,15	1,6	1,3	3,95	7,26	0,262
Driva Kraftverk	19.08	29	1,45	1,5	1,3	1,75	6,80	0,107
Grøa Kraftverk	19.08	18	0,68	1,3	1,1	1,90	6,62	0,081
Driva bru	19.08	68	2,30	1,4	1,2	3,32	7,20	0,208
Fiskesperra	24.08	72	2,21	2,7	2,4	3,38	7,10	0,224
Driva Kraftverk	24.08	17	1,01	1,2	0,98	1,69	6,82	0,100
Grøa Kraftverk	24.08	33	0,95	1,8	1,6	1,70	6,57	0,076
Driva bru	24.08	166	4,74	2,6	2,4	3,09	7,09	0,191

Tabell 4. Klorforbruk i % før og under behandlingen.

Klorforbruk i % ved ulike tilsatser															
Stasjon	04.08.2023			15.08.2023			20.08.2023			23.08.2023 (tidlig morgen)			23.08.2023 (midt på dagen)		
	Nominell Konsen- trasjon (µg/l)	40	80	120	40	80	120	40	80	120	40	80	120	40	80
Fiskesperra Referanse	51	35	25	49	29	21				75	60	47	64	43	36
Driva kraftverk	46	30	22	45	23	15				56	38	30	58	37	31
Grøa kraftverk	63	44	36	48	32	22				72	57	46	72	61	50
Litldalen Referanse				34	18	11	43	25	17						

3.4.1.1. Generelle vannanalyser Litldalselva

Vannet i Litldalselva hadde mindre partikler og hadde blant annet lavere TOC, konduktivitet og KOF-Mn enn i Driva. Verdiene for TOC og KOF-Mn var imidlertid høyere i Litldalselva i 2023 enn i 2022, slik at det trolig har vært en viss påvirkning fra nedbørsepisodene også på vannkjemien i Litldalselva. Klorforbruket var lavere i Litldalselva enn i Driva, noe som reflekteres i forskjellene mellom elvene mht. verdiene for TOC og KOF-Mn (Tabell 5).

Tabell 5. Oversikt over kjemiske analyseresultater fra prøvene som ble tatt i Litldalen under dosering i 2023. Analysene ble utført av NIVALab samt hos underleverandør Eurofins. Prøver tatt 4. august var før dosering, prøver tatt 16. august var etter ekstremværet «Hans» og to dager etter start av dosering i Litldalselva. Prøver tatt 19. august var før en forventet nedbørsperiode og prøver tatt 24. august var etter en nedbørsperiode og vannføringsøkning.

Måleparameter								
Stasjon	Dato	Fe	Mn	TOC	KOF-Mn	Kond.	pH	Alk.
	2023	µg/l	µg/l	mg/l	mg O ₂ /l	mS/m		mmol/l
Dalavatnet	04.08	2,5	0,28	0,95	0,51	1,86	6,59	0,079
Tredalsbrua	04.08	12	0,47	0,56	0,43	2,52	6,66	0,098
Dalavatnet	16.08	5,5	0,39	0,98	0,73	1,79	6,63	0,082
Tredalsbrua	16.08	57	1,93	1,0	0,84	2,16	6,70	0,089
Dalavatnet	19.08	6,7	0,50	0,96	0,83	1,73	6,61	0,081
Tredalsbrua	19.08	22	1,01	0,62	0,56	2,50	6,77	0,093
Dalavatnet	24.08	7,7	0,50	1,1	0,78	1,66	6,60	0,080
Tredalsbrua	24.08	23	1,09	0,89	0,75	2,15	6,63	0,087

3.4.1.2. Turbiditet Driva

I Driva var det generelt høyere partikkelinnhold (turbiditet) i 2023 enn i 2022, med en variasjon mellom 0,5 og 3,8 NTU (Tabell 6). Til sammenligning hadde Driva en variasjon mellom 0,4 og 1,2 NTU i 2022. Driva hovedelv hadde også visuelt en mørkere/mer blakket farge i 2023 enn i 2022 og hadde i gjennomsnitt dobbelt så høy turbiditet ved «Bommen nord» i 2023 sammenlignet med 2022. Dette er trolig grunnet den høye nedbørsmengden gjennom behandlingsperioden, og at enkelte kraftige nedbørsperioder førte til en del mindre ras i nedbørsfeltet både før og under behandlingen. Prøvepunktene Driva kraftverk utløp og Driva bru hadde de største variasjonene i turbiditet gjennom behandlingsperioden. Driva kraftverk utløp hadde en turbiditet på 3,0 NTU den 19. august. Årsaken til den store variasjonen ved kraftverksutløpet er ukjent, men det førte trolig til et forhøyet klorforbruk den 19. august. Klorkonsentrasjonen ved utløpet til Driva kraftverk var 9 µg/l denne dagen sammenlignet med 16 µg/l dagen før og etter. Driva bru hadde en turbiditet på 3,8 NTU den 23. august som trolig er en respons på nedbørsmengden som kom 21. august. Turbiditetsøkningen ble først og fremst registrert i Driva hovedelv og i mindre grad i sideelvene Grøa, Somrungen og Hareima som var stabile rundt 0,7-0,8

NTU (Tabell 6). Målingene viser at det var høyere turbiditet nedstrøms fiskesperra enn ved fiskesperra. Dette betyr at partiklene sannsynligvis har kommet inn i elva fra partikkelrike sidebekker, eller fra ras i hovedelv eller sidebekker. Den kortvarige turbiditetsøkningen fra Driva kraftverk kan skyldes mindre ras i nærheten av inntakstunnelene til kraftverket og partikkeltransport gjennom turbiner og utløp.

Tabell 6. Gjennomsnittlig turbiditet ved ulike doseringsstasjoner i Driva gjennom behandlingsperioden

Driva		Turbiditet (NTU)		
	Gjennomsnitt	Maks	Min	Antall målinger
Bommen nord	1,4	1,9	1,2	4
Driva kraftverk (utløp)	1,6	3,0	1,0	6
Elverhøy	2,1	2,7	1,4	6
Somrungen	0,8	0,8	0,7	4
Grøa	0,7	0,8	0,6	6
Hareima	0,7	0,9	0,5	4
Driva bru	2,9	3,8	1,9	6

3.4.1.1. Turbiditet Litldalselva

Vannkjemiverdiene i Litldalselva ble i mindre grad påvirket av nedbør sammenlignet med Driva, antagelig siden elva drenerer fra Dalavatnet som virker utjevne på grunn av oppholdstiden i innsjøen. I Litldalselva var turbiditeten lavere og mer stabil enn i Driva hovedelv med 0,7-1,6 NTU. Vannet i Litldalselva fremstod visuelt som klart og ufarget gjennom behandlingsperioden sammenlignet med Driva hovedelv som var mer blakket. Turbiditeten var stabil gjennom behandlingsperioden med marginale forskjeller (opp til 0,4 NTU mellom stasjonene, se Tabell 7). Til sammenligning var forskjellen mellom stasjonene i Litldalen i 2022 på opp til 0,3 NTU, i en periode med betraktelig mindre nedbør. Likevel var turbiditet på stasjonene i Litldalselva i gjennomsnitt nær dobbelt så høy i 2023 som i 2022.

Tabell 7. Gjennomsnittlig turbiditet ved tre ulike doseringsstasjoner i Litldalselva gjennom behandlingsperioden

Litldalselva		Turbiditet (NTU)		
	Gjennomsnitt	Maks	Min	Antall målinger
Dalavatnet	0,7	0,8	0,6	6
Skytebanen	0,8	0,9	0,6	5
Tredalsbrua	1,1	1,6	0,9	4

3.4.1.2. pH og konduktivitet i Driva

Verdierne for konduktivitet og pH i Driva var tilstrekkelig like mellom prøvestasjonene til at målingene fra alle prøvestasjonene de enkelte dagene i selve hovedløpet i elva ble slått sammen (Tabell 8). Det ble

ikke funnet forskjeller mellom stasjonene som har praktisk verdi i vurderingen av behandlingen. Konduktiviteten og pH var høyere i hovedelva enn i Driva kraftverk og Grøa kraftverk. Grøa kraftverk hadde omtrent lik pH i 2023 som i 2022, men lavere pH enn selve Driva elv. Dette kan skyldes drenering fra sure myrområder i nedbørsfeltet til Grøa. Driva hovedelv og Driva kraftverk hadde ganske like pH-verdier som i 2022, men Driva hovedelv hadde høyere konduktivitet enn i 2022. Driva og Grøa kraftverk hadde ganske lik gjennomsnittlig konduktivitet som i 2022. Høyere konduktivitet i Driva i 2023 enn tidligere år kan ha sammenheng med nedbørsperiodene og vannføringsøkningen.

Tabell 8. Konduktivitet og pH i Driva under behandlingsperioden

Driva	Konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				pH			
	Gjennomsnitt	Maks	Min	Antall målinger	Median	Maks	Min	Antall målinger
Driva hovedelv	34	40	31	70	7,3	7,4	7,1	68
Driva kraftverk dosesjekk	17	18	16	10	7,0	7,3	6,9	10
Grøa dosesjekk	18	19	16	10	6,8	6,9	6,6	10

3.4.1.3. pH og konduktivitet i Litldalselva

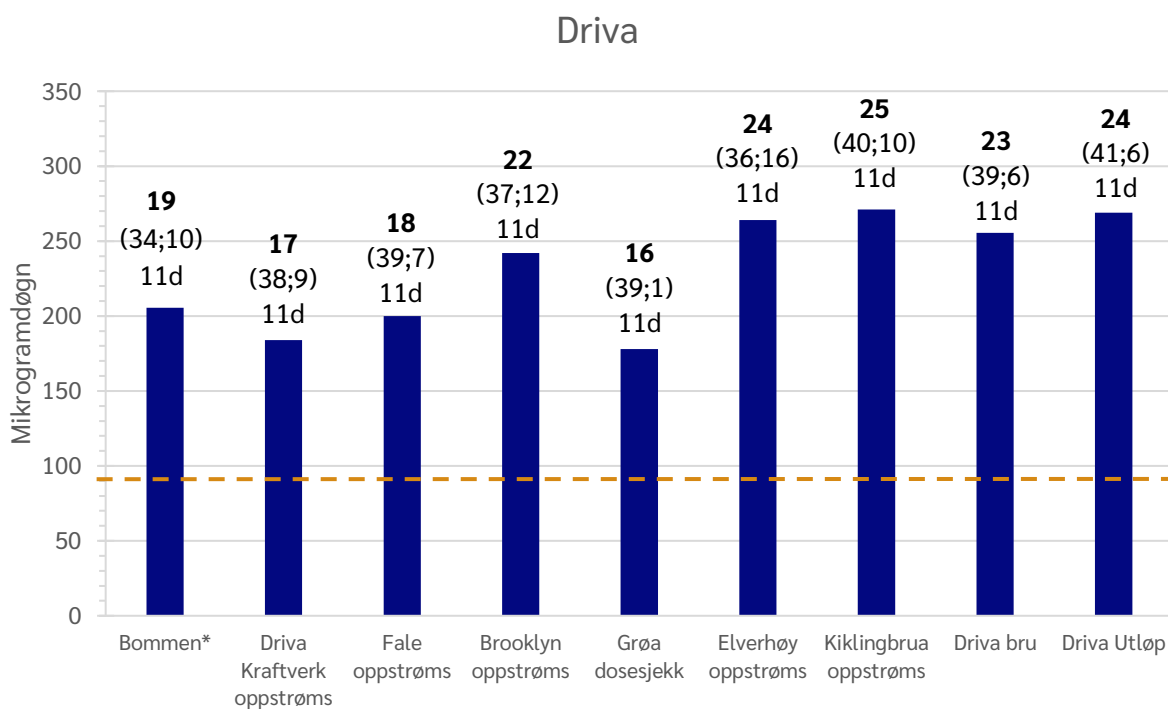
Det var lavere konduktivitet og pH i Litldalselva (Tabell 9) enn i Driva hovedelv. pH var likevel ikke så lav at det ga et høyt klorforbruk. Dette skyldes også at verdiene for TOC var lave for Litldalselva. Litldalselva hadde tilnærmet lik konduktivitet og pH som i 2022. Det var svakt økende konduktivitet mellom stasjonene nedover vassdraget, som kan skyldes tilførsler fra bekker lenger ned i nedbørsfeltet. Ellers var det ingen forskjeller som hadde betydning for behandlingen.

Tabell 9. Konduktivitet og pH i Litldalselva under behandlingsperioden

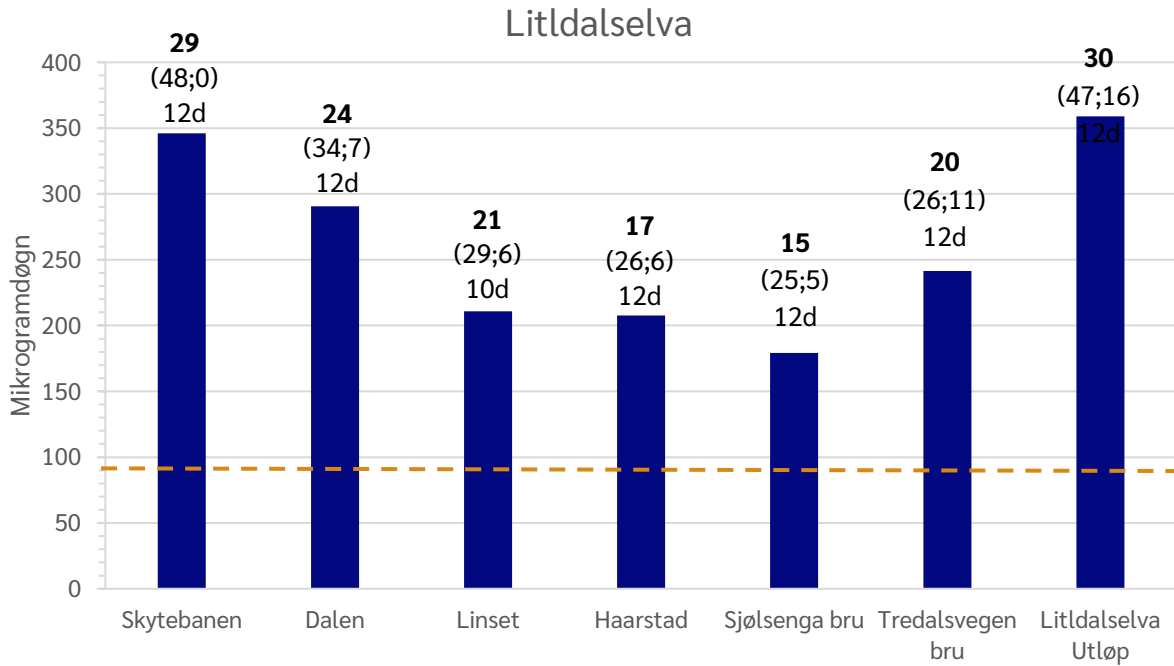
Litldalselva	Konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				pH			
	Gjennomsnitt	Maks	Min	Antall målinger	Median	Maks	Min	Antall målinger
Dalavatnet ref.	18	20	16	10	6,8	7,0	6,7	10
Skytebanen	19	21	18	10	6,8	6,9	6,6	10
Oppstrøms Dalen	20	21	19	10	6,8	7,0	6,6	10
Linsset	21	22	19	8	6,8	6,9	6,6	9
Haarstad	23	24	21	10	6,8	6,9	6,6	10
Sjølsenga bru	24	25	22	10	6,8	7,0	6,7	10
Tredalsvegen bru	24	26	22	10	6,9	7,1	6,8	10

3.4.2. Klorverdier i hovedelvene

Mikrogramdøgnverdiene som ble beregnet fra vannprøvene i felt viste at alle stasjonene i begge vassdrag har fått mer enn 90 mikrogramdøgn, som vurderes som tilstrekkelig for å fjerne *G. salaris* fra laks (Figur 21 og Figur 22). I Driva er stasjonen «Bommen» et gjennomsnitt av stasjonene «Bommen nord» og «bommen sør» som er de to nevnte prøvestasjonene for å sjekke dosen distribuert fra fiskesperra. Alle stasjonene i Driva har en behandlingsperiode på til sammen 11 dager. I Litldalselva hadde alle stasjonene 12 dager med klormålinger utenom Linset som hadde 10. Dette skyldes at vannprøven ble tatt på feil sted to av dagene på grunn av en misforståelse om prøvetakingspunkt. Selv med ni dager analyseresultater har Linset også fått en samlet kloreksponering som tilsvarer langt over 90 mikrogramdøgn, og den reelle verdien må antas å være høyere enn det som oppgis i figuren.



Figur 21. Mikrogramdøgn per stasjon i Driva for hele behandlingsperioden. Stiplet linje representerer 90 mikrogramdøgn. Verdiene over stolpene representerer **gjennomsnittlig** konsentrasjon (i µg/l) samt maks- og min-verdier (i parentes) og antallet dager tallene er beregnet fra. * Stasjonen «Bommen» er et gjennomsnitt av alle verdiene fra stasjonene «Bommen nord» og «Bommen sør».



Figur 22. Mikrogramdøgn per stasjonen i Litldalselva for hele behandlingsperioden. Stiplet linje representerer 90 mikrogramdøgn. Verdiene over stolpene representerer gjennomsnittlig konsentrasjon (i µg/l) samt maks- og min-verdier (i parentes) og antallet dager tallene er beregnet fra.

3.4.3. Tilleggsundersøkelser og effektkontroll

Det ble definert totalt 78 punkter i Driva og Litldalselva før behandlingen startet, der det skulle gjennomføres løpende tilleggsundersøkelser og effektkontroll. Alle disse punktene ble undersøkt i løpet av første del av behandlingen. I tillegg ble det etablert og undersøkt 20 nye punkter under behandlingen. Ved 24 av punktene ble det gjort en enkelt oppfølgende undersøkelse for dobbeltsjekk av behandlingen. Ved 34 punkter ble det gjort ett eller flere tiltak for å bedre behandlingen. Ved disse punktene ble det også gjort flere undersøkelser i etterkant for å vurdere effekten av tiltaket, eventuelt å sette i verk andre tiltak. Åtte av disse punktene befant seg i området nedenfor det øverste doseringspunktet i Litldalselva. Dette er et område hvor det er mange kjente oppkommer av grunnvann, både til overflate og under vann i elveløpet. På bakgrunn av dette ble målkonsentrasjonen for doseringen i denne delen av Litldalselva lagt noe høyere enn resten av elva underveis i behandlingen (16. august; Figur 18). I tillegg ble det iverksatt ekstra behandling fra små blandestasjoner og med tabletter i flere punkter. Totalt sett vurderes behandlingen i dette området å ha vært tilfredsstillende på det meste av strekningen.

I et område på sørsiden av elva umiddelbart nedstrøms fiskesperra i Driva tar elva flere mindre løp gjennom mindre øyer i elva. I dette området er det også oppkommer av vann både fra siden (elvbredden) og gjennom grusen i elva. Et av tiltakene for å bedre behandlingen i dette området var å grave opp tidligere avsperrede sideløp for vannet slik at vann med god klorkonsentrasjon kunne strømme fritt til området. Det ble i tillegg gjennomført rotenonbehandling i stillestående vann mellom øyene mot slutten av behandlingsperioden (Bardal 2024, under utarbeidelse). Dette området viste seg å være et problematisk område og i ettertid er det åpenbart at frekvensen av undersøkelser i dette området burde vært høyere. Noe av grunnen for at det ikke ble gjort flere undersøkelser var at flere områder var vanskelig tilgjengelige i forbindelse med flomsituasjoner og generelt høy vannføring som reduserte muligheten for trygg ferdsel i området.

4 Oppsummering og konklusjon

Før august 2023 var det antatt relativt høy vannmetningsgrad i terrenget på grunn av relativt store nedbørsmengder i løpet av sommeren, men det var lite snø i fjellet sammenlignet med 2022. De store nedbørsmengdene i løpet av første halvdel av august førte til at mange bekker hadde høyere vannføring enn det som er observert ved behandlinger og arbeid i området tidligere år.

Doseringsanleggene i hovedelva Driva og Litldalselva fungerte stabilt og etter hensikten gjennom behandlingen. Et fåtall driftsavvik var knyttet til høy vannføring og innsug av biologisk materiale som gress og mose i vannpumpene. Mikrogramdøgnverdiene som er beregnet fra vannprøvene i felt viser at alle stasjonene i begge vassdrag har fått mer enn 90 mikrogramdøgn, noe som er tilstrekkelig for å fjerne *G. salaris* fra laks som har stått i behandlet vann.

I sidebekkene var det ved avslutningen totalt 188 aktive klorbehandlingspunkter i drift fordelt mellom blandestasjoner, hypoklorittstasjoner og tablettstasjoner. Av alle punkter behandlet med klor i periferien var det bare én stasjon hvor det reelt kan ha vært noe lavere dosering enn ønsket i løpet av behandlingsperioden, og hvor det ikke ble behandlet med alternative metoder. Sannsynligheten for at det skal ha overlevd *G. salaris* i dette området høyt oppe i Litldalselva er imidlertid ansett som svært liten.

Tilleggsundersøkelser langs kanter i elvene avdekte punkter med lavere klorverdier enn ønskelig. Det ble iverksatt tiltak på disse punktene for å sikre tilstrekkelig klorbehandling. Skiftende vannstand og vannføring gjennom behandlingen kan ha hatt både positive og negative effekter på muligheten til å sikre behandling perifert langs elvebredden. Mange pytter vil ha vært oversvømt ved den generelt høye vannføringen, slik at eventuelle smittede fisker der har mottatt behandling. Ved de høyeste vannføringene har behandlingen derimot vært midlertidig stanset, slik at oversvømte områder vil ha blitt stående uten klorbehandling når vannet senere trakk seg tilbake. Slike stående vannområder var særlig synlig i området rett nedstrøms fiskesperra. De avsnørte områdene der ble behandlet med rotenon enten planmessig eller som tiltak ved funn av lave klorverdier.

De gjentatte vannføringsendringene øker sannsynligheten for at enkeltfisk kan ha unnsuppet en av behandlingsskjemikaliene. Området ovenfor fiskesperra har en uavklart smittesituasjon for *G. salaris*. Det kan derfor ikke utelukkes at det vil påvises *G. salaris* i området nedstrøms sperra i 2024, og det vil i så fall være vanskelig å si om dette skyldes behandlingsforholdene eller om det er smittet fisk som har fulgt vannet fra området oppstrøms fiskesperra.

Totalt sett har behandlingen vært vellykket til tross for værutfordringer og skiftende vannføring.

5 Referanser

- Adolfson, P., H. Bardal, A. N. Wist, S. Aune, R. Sandodden, og A. Moen. 2017. "Bekjempelse av *Gyrodactylus salaris* i Skibotnregionen 2015 og 2016." *Veterinærinstituttets rapportserie* nr. 22a.
- Anon. 2014. "Handlingsplan mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* for perioden 2014-2016." *Miljødirektoratet*:114.
- Bardal, mfl. 2024. "VI-rapport." *Veterinærinstituttet (under utarbeidelse)* nr. 7-2024.
- Hagen, A. G., S. Hytterød, K. Olstad, Ø.A. Garmo, M. Darrud, T.H. Holter, J. Svendsen, T.A. Mo, C. Escudero-Oñate, E. Martínez-Francés, og M. Gjessing. 2018. "Forsøksbehandling med monokloramin mot *Gyrodactylus salaris* i elva Glitra." *NIVA-rapport* nr. 7238-2018:27.
- Hagen, A.G., I. Becsan, C. Escudero, Ø.A. Garmo, E. Grønneberg, P.S. Hansen, T. Holter, S. Hytterød, E. Martínez-Francés, K. Olstad, A.L. Ribeiro, og J. Rusch. 2021a. "Forsøksbehandling med monokloramin mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Driva." *NIVA-rapport (7575-2021)*:40.
- Hagen, A.G., I. Becsan, Ø.A. Garmo, P.S. Hansen, T.H. Holter, K. Olstad, O.A.S. Skogan, M.M. Amundsen, og A.L. Ribeiro. 2021b. "Forsøksbehandling med monokloramin mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* ved flere doseringspunkter i Driva." *NIVA-rapport (7617-2021)*:39.
- Hagen, A.G., T. Holter, K. Olstad, Ø. Garmo, P.S. Hansen, R. Høgberget, O.A.S. Skogan, A.L. Ribeiro, M.M. Amundsen, I. Becsan, og K. Meyer. 2022. "Storskala utprøving av klordosering i Driva 2021." *NIVA-rapport* nr. 7724-2022:55.
- Hagen, A.G., S. Hytterød, og K. Olstad. 2014. "Low concentrations of sodium hypochlorite affect population dynamics in *Gyrodactylus salaris* (MalMBERG, 1957): practical guidelines for the treatment of the Atlantic salmon, (*Salmo salar* L.) parasite." *Journal of Fish Diseases* nr. 37 (12):1003-1011.
- Hagen, A.G., S. Hytterød, K. Olstad, Ø.A. Garmo, M. Darrud, T. H. Holter, og E. Martínez-Francés. 2019a. "Utvikling av klormetoden mot *Gyrodactylus salaris*. Felteforsøk i Batnfjordelva." *NIVA-rapport* nr. 7359-2019:44.
- Hagen, A.G., S. Hytterød, K. Olstad, Ø.A. Garmo, M. Darrud, T. H. Holter, E. Martínez-Francés, E. Höglund, S. Uhlig, og C.K. Fæste. 2019b. "Effekter på laks (*Salmo salar*) ved eksponering for monokloramin." *NIVA-rapport* nr. 7358-2019:37.
- Hansen, H., S.N. Mohammad, H.I. Welde, og M.M. Amundsen. 2022. "The post-treatment surveillance programme for *Gyrodactylus salaris* in Norway 2021. Surveillance program report." *Veterinærinstituttets rapportserie*:6.
- Hindar, A., A.G. Hagen, S. Hytterød, R. Høgberget, A. Moen, K. Olstad, og Ø. Garmo. 2015. "Tiltak med ALS for utryddelse av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva i 2011 og 2012." *NIVA-rapport (6701-2015)*:75.
- Hytterød, S., K. Olstad, J. Rusch, Ø.A. Garmo, M.C. Gjessing, M. Kraugerud, og A.G. Hagen. 2021. "Effekter av kloramineksponering på stor, voksen laks (*Salmo salar*)." *NIVA-rapport (7576-2021)*:30.
- Mo, T.A., J. Museth, G. Bremset, og B. Finstad. 2018. "Har laksunger opphold i Drammensfjorden og i områder utenfor elvemunningene?" *NIVA-rapport* nr. 1450.
- Olstad, K., A.G. Hagen, T. Holter, K.M. Bærum, Ø. Garmo, P.S. Hansen, A.L. Ribeiro, M.M. Amundsen, K. Meyer, B.A. Beylich, og S. Stene. 2023. "Klorbehandling i Driva og litldalselva 2022 - Første behandlingsår." *NIVA-rapport (7817-2023)*:43.
- Olstad, K., T. Holter, A.G. Hagen, A.L. Ribeiro, M.M. Amundsen, og Ø. Garmo. 2021. "Tålegrense hos ørret (*Salmo trutta*) og effekt på *Gyrodactylus salaris* ved eksponering for monokloramin." *NIVA-rapport (7616-2021)*:21.
- Soleng, A., og T. A. Bakke. 1997. "Salinity tolerance of *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea): laboratory studies." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* nr. 54 (8):1837-1864. doi: 10.1139/f97-089.



Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressursspørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.