

Gjellealuminium på smolt i tre Vestlandselver våren 2024



Bjart Are Hellen og
Thomas Tveit Furset
22.04.2025

Biota Naturkompetanse AS

Edvard Griegs vei 3A, 5059 Bergen

Foretaksnummer 929 669 789

www.biota.no

Rapport

Tittel Gjellealuminium på smolt i tre Vestlandselver våren 2024	Rapportnr. 70	Dato 22.04.2025
Forfattere Bjart Are Hellen og Thomas Tveit Furset	Antall sider 23	ISBN nr. 978-82-94075-45-4
Oppdragsgiver Statsforvaltaren i Vestland	Oppdrag gitt (dato) 12. april 2024	

Kvalitetssikring		
Navn og stilling Linn Eilertsen, daglig leder	Dato 24.02.2025	Signatur 

Emneord	
Vannkjemi	pH
Labilt aluminium	Kalking
DGT	Uskedalselva
Gjellealuminium	Daleelva (Høyanger)
TOC	Flekk- og Guddalsvassdraget

Forsidebilde: Daleelva, oppe 15. mai 2024. Foto: Christine Pötsch.

FORORD

Biota Naturkompetanse AS har på oppdrag fra Statsforvalteren i Vestland tatt vannprøver og gjelleprøver av fisk, samt satt ut passive prøvetakere (DGT) for vurdering av sammenhengen mellom aluminium og vannkvalitet på to-tre stasjoner i tre vassdrag i Vestland våren 2024.

Feltundersøkelsene ble utført i perioden 23. april til 15. mai 2024. Feltarbeidet ble utført av cand. scient. Bjart Are Hellen, MSc. Thomas Tveit Furset og MSc. Christine Pötsch. Hellen og Furset har utarbeidet rapporten.

Biota Naturkompetanse takker elveeierlagene i de tre vassdragene som gav tillatelse til å gjennomføre disse undersøkelsene.

Miljødirektoratet og Statsforvalterne ønsker å styrke kunnskapsgrunnlaget knyttet til vannkvalitet og forurengningstilstand og påvirkning på laks. Denne rapporten er del av et analyseprogram som inkluderer gjellealuminium og vannprøver i utvalgte laksevassdrag våren 2024. Undersøkelsene vil kunne brukes som en indikator på tilstanden og underlag i vurderingene av status i laksevassdraget og vurdering av evt. nedjustering/avslutning av kalking.

Vannprøvene og de passive prøvetakerne ble analysert av Eurofins, analysene av gjellene ble utført av NIVA.

Vi takker Statsforvalteren i Vestland ved Joachim Holmøyvik for oppdraget.

INNHold

Sammendrag	2
Lokalitetene	4
Metode	6
Resultater	8
Vannkjemi	8
Gjelleprøver	10
Passiv prøvetaker (DGT)	13
Sammenheng mellom pH og aluminium	14
Sammenheng mellom labilt aluminium og gjellealuminium	15
Tilstandsvurdering basert på labilt aluminium og gjellealuminium	15
Sammenheng mellom pH og gjellealuminium	16
Sammenheng mellom gjellealuminium og DGT-Al	16
Sammenheng mellom labilt aluminium og DGT-Al	17
Diskusjon/Oppsummering	18
Referanser	20
Vedlegg	21

SAMMENDRAG

Hellen BA & Furset TT. 2025. Gjellealuminium på smolt i tre Vestlandselver våren 2024. Biota rapport nr. 70. 23 sider. ISBN 978-82-94075-45-4.

I dette oppdraget ble vannkjemiske forhold knyttet til forsurening og mengdene av aluminium på fiskegjeller undersøkt en gang i begynnelsen av mai og en gang midt i mai 2024 i Uskedalselva, Daleelva og Flekke- og Guddalsvassdraget i Vestland. Det ble også plassert ut passive prøvetaker (DGT) i slutten av april, de passive prøvetakerne ble byttet ved første prøvetakingsrunde, og nye lå ute fram til andre prøvetakingsrunde midt i mai. I Uskedalselva og Flekke- og Guddalsvassdraget, som er kalket, ble en stasjon oppstrøms og to stasjoner nedstrøms kalkdosereren undersøkt. I Daleelva, der det ikke er avsyringstiltak, ble to stasjoner på anadrom strekning undersøkt.

Det er satt et pH-mål på 6,2 og 6,0 i undersøkelsesperioden i hhv. Uskedalselva og Flekke- og Guddalsvassdraget. pH-målet var nådd på alle de kalkete stasjonene. Uskedalselva og Daleelva hadde et innhold av totalt organisk karbon (TOC) på mellom 0,5 og 1 mg/l, mens det i Flekke- og Guddalsvassdraget var mellom 1,5 og 2,5 mg/l. Mengden reaktivt aluminium var under 15 µg/l i Uskedalselva og i Daleelva, men lå rundt 25 µg/l i Flekke- og Guddalsvassdraget

Det var markert høyere pH på de avsyrede stasjonene enn referansestasjonene i Flekke- og Guddalsvassdraget, mens det var relativt små forskjeller i Uskedalselva. Det ble generelt målt svært lave konsentrasjoner av labilt aluminium (LAI), det var en svak tendens til noe lavere nivå av LAI på de avsyrede stasjonen.

Mengden av gjellealuminium gikk markert ned fra referansestasjonen til de kalkete stasjonene i Flekke- og Guddalsvassdraget, i forhold til klassifiseringsveilederen lå verdiene i tilstandsklasse «moderat» på referansestasjonen, og god på de to kalkete stasjonene. I Uskedalselva var det også en svak tendens til redusert mengde gjellealuminium fra referansestasjonene til de avsyrede stasjonene, men her kom alle stasjonene i tilstandsklasse «moderat». Mest gjellealuminium ble det registrert i Daleelva, her kom begge stasjonen i tilstandsklasse «dårlig». For DGT-aluminium var det bare en veldig svak tendens til høyere mengde på referansestasjonene. Mest DGT-aluminium ble det målt i Daleelva.

Det var en neglisjerbar negativ sammenheng mellom LAI og mengden gjellealuminium. Resultatene indikerer at det er vanskelig å få gode målinger av LAI ved de pH-verdien som er i de undersøkte vassdragene, men kan også være påvirket av at det er lite reaktivt aluminium i vassdragene som inngår i denne undersøkelsen.

Det var en relativt god sammenheng mellom målte verdier av gjellealuminium og mengden reaktivt aluminium målt med passiv prøvetaker (DGT-aluminium). Sammenhengen bæres imidlertid i stor grad av en høy verdi i Daleelva, som hadde betydelig mer gjellealuminium enn noen annen lokalitet i denne undersøkelsen.

INNLEDNING

Mange vassdrag i Sør-Norge har vært utsatt for forsurening, men siden 1990-tallet har forsureningssituasjonen bedret seg. Forvaltningen ved Miljødirektoratet og Statsforvalteren arbeider systematisk med optimalisering, planlegging og gjennomføring av kalkingsprosjekter for å motvirke forsurening i innsjøer og laksevassdrag. De siste årene har kalkingen på sommeren/høsten blitt gradvis redusert eller har opphørt i flere av laksevassdragene i Vestland. Nivåene av labilt (giftig) aluminium i enkelte av vassdragene fylket har i flere år vært så lave at man i tillegg har redusert pH-målet (Sægrov mfl. 2024). Det har de siste årene vært en betydelig reduksjon i kalkforbruket i mange av laksevassdragene i Norge. I forbindelse med nedtrappingen av kalkingen og en eventuell ytterligere nedtrapping eller stans i kalkingen er det et ønske om å øke kontrollen av de biologiske effektene av en slik reduksjon og det har derfor blitt gjennomført overvåking av mengden av aluminium på fiskegjellene til presmolt i kalkete vassdrag de siste årene.

Analyse av aluminium på gjeller hos fisk ble innført og var en viktig støtteparameter i forskningsvirksomheten knyttet til forurensningsproblematikk på 1990-tallet, metoden ble særlig benyttet i forsøk, men det foreligger også en god del målinger fra vassdrag (Rosseland mfl. 1992, Kvellestad & Larsen 1999, Poléo mfl. 2002, Krogslund og Rosseland 2004, Teien mfl. 2006). Studier har vist at det er en sammenheng mellom mengden gjellealuminium hos smolten og overlevelsen i sjø (Krogslund mfl. 2007). Det er relevant å inkludere gjellealuminium i overvåkingen for å få en bedre vurdering av om aluminium i vannet fremdeles er giftig for fisken.

Analyse av gjellealuminium innebærer fangst av fisk og avliving av denne før prøvetaking. Det er et mål om å redusere bruk av levende dyr i forsøk. Bruk av passive prøvetakere for å registrere aluminium (Diffusive gradient thin films (DGT)) kan være en alternativ metode som er enklere, reduserer bruk av levende dyr og som eliminerer noen usikkerheter knyttet til analyse av gjellealuminium. Metoden ble inkludert i dette prøveprogrammet i 2023 og viste god sammenheng mellom gjellealuminium og DGT-aluminium ved høye konsentrasjoner av labilt aluminium (Hellen 2024, Kålås mfl. 2024), men at det var ønskelig med flere prøvepunkter for å kunne konkludere i hvilken grad metoden er egnet til å erstatte gjellealuminium.

Det er også ønskelig å få svar på om kalkingen i de undersøkte vassdragene er tilstrekkelig, eller om annen optimalisering er nødvendig, evt. om kalkingen kan avsluttes.

LOKALITETENE

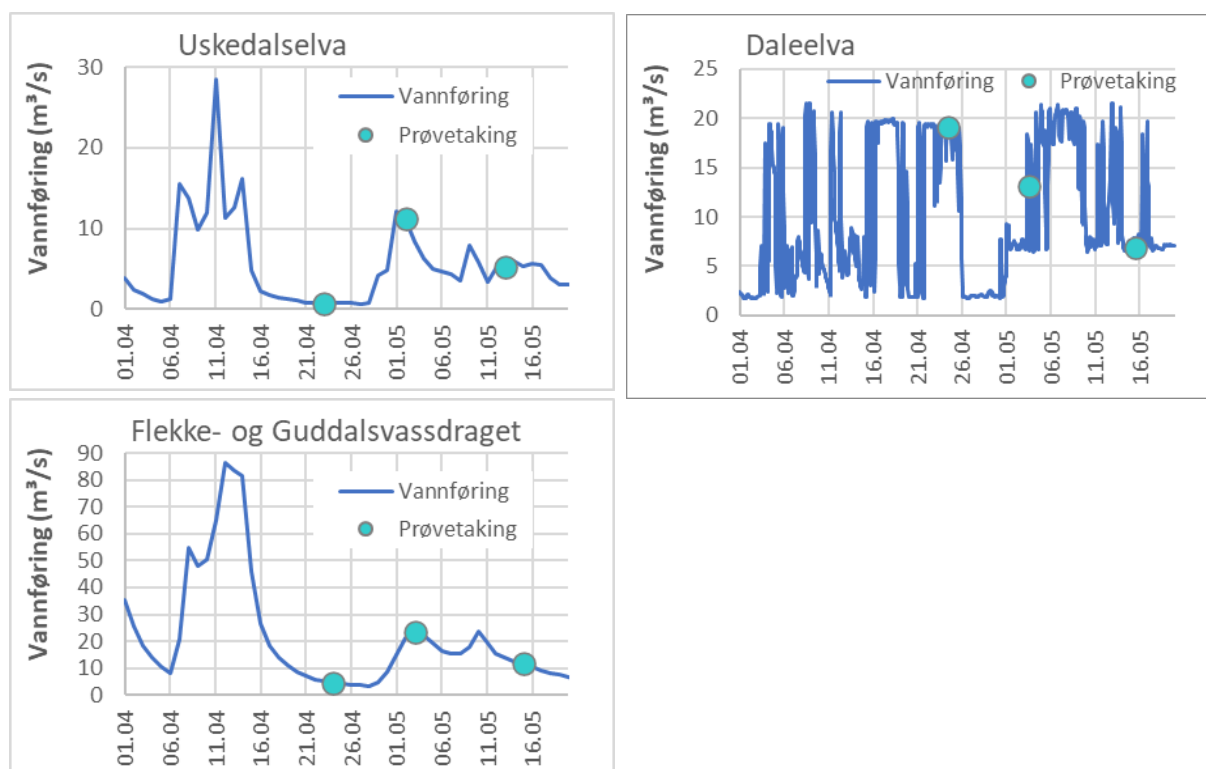
Det ble utført undersøkelser i tre vassdrag: Uskedalselva, Daleelva i Høyanger og Flekke- og Guddalsvassdraget, der Daleelva er det eneste vassdraget som ikke blir kalket. I Daleelva ble to stasjoner undersøkt, mens det i de to andre vassdragene, som er kalket, ble gjort undersøkelser på en stasjon oppstrøms kalkingen (referansestasjon) og på to stasjoner på avsyret strekning nedstrøms kalkdosereren (**Tabell 1**). Kalkingsmålet i Uskedalselva er $\text{pH} \geq 6,2$ i perioden 1. januar - 1. juli, $\text{pH} \geq 6,0$ resten av året, mens kalkingsmålet er $\text{pH} = 6,0$ hele året i Flekke- og Guddalsvassdraget.

Tabell 1. Lokalteter der det ble samlet inn gjelleprøver. Vassdrag, lokalitetsnavn, Vannlokalitets ID (fra vannmiljø.no), UTM koordinater i sonebelte 32 V, og dato for utlegg av DGT-sensor og 1. og 2. prøvetakingsrunde.

Vassdrag (navn og nr.)	Lokalitets- navn	Vann lok ID	UTM X	UTM Y	Utlegg DGT	Dato 1. runde	Dato 2. runde
Uskedalselva 045.2Z	Oppe	045-79615	329618	6643379	23. april	2. mai	13. mai
	Midt	045-79612	326677	6646871	23. april	2. mai	13. mai
	Nede	045-58816	324941	6647537	23. april	2. mai	13. mai
Daleelva 079.Z	Oppe	079-16983	345828	6792476	24. april	3. mai	15. mai
	Nede	079-116982	343437	6791095	24. april	3. mai	15. mai
Flekk- Guddal 082.Z	Oppe	082-58877	315028	6794310	24. april	3. mai	15. mai
	Midt	082-50056	305384	6797364	24. april	3. mai	15. mai
	Nede	082-79579	304507	6799442	24. april	3. mai	15. mai

Vannføring

I Uskedalselva og i Flekke- og Guddalsvassdraget var det stor snøsmelting i midten av april, men det var relativt lav vannføring da DGT-sensorene ble lagt ut i slutten av april. Deretter var det igjen en periode med relativt høye temperaturer og snøsmelting, noe som varte gjennom første prøvetakingsrunde i mai og fram til den siste prøvetakingsrunden (**Figur 1**). Vannføringen i Daleelva er preget av kjøringen i Eiriksdal kraftverk som har utløp øverst på den anadrome strekningen, dette gir raske endringer i vannføring gjennom døgnet. Fra 1. mai øker minsteslipet fra kraftstasjonen til 6 m³/s. I Daleelva var det relativt høy vannføring da DGT'en ble lagt ut i slutten av april, deretter fulgte en periode med lav vannføring i noen dager, mens vannføring igjen økte før prøvetaking i begynnelsen av mai, og var så på et relativt høyt nivå fram mot prøvetaking igjen i midten av mai.



Figur 1. Vannføring med markert prøvetakingstidspunkt i de undersøkte vassdragene. Oppe til venstre: Vannføring i Uskedalselva, data fra NVE-målestasjon: Djupevad (42.2.0), skalert med en faktor på 1,445 (Petterson 2008). Oppe til høyre: Vannføring i Daleelva (Data fra Statkraft). Nede: Vannføring i Flekke- og Guddalsvassdraget, data fra NVE-målestasjon: Nautsundvatnet (82.4.0).

METODE

Vannprøver

Ved hvert besøk på prøvetakingsstasjonene ble det tatt vannprøver. Prøvene ble oppbevart mørkt og kjølig fram til de ble levert inn til det akkrediterte laboratoriet Eurofins og analysert for pH, turbiditet, magnesium, natrium, kalsium, kalium, klorid, sulfat, nitrat, total reaktiv aluminium (TRAL), ikke-labilt aluminium (ILAL), total alkalinitet (ALK), Pt-farge og TOC. Der konsentrasjonen var lavere enn kvantifiseringsgrensen er det i databehandlingen satt en verdi som er under kvantifiseringsgrensen, for blant annet å kunne illustrere resultatet i figurer. Alle resultater er presentert i **Vedlegg 1**, og her fremgår det også hvilke analyser som var under kvantifiseringsgrensen. Basert på analyseresultatene ble labilt aluminium (LAI) og ANC og ANC_{TOC} beregnet.

Gjelleprøver

Det ble samlet inn gjeller fra 5 laks eller ørret på to-tre stasjoner i hvert vassdrag ved to anledninger (**Tabell 1**). Det ble primært fanget fisk som var i ferd med å smoltifisere, men på den øverste stasjonen i Flekke- og Guddalsvassdraget som lå oppstrøms anadromt vandringshinder ble bekkeørret samlet inn. For å ha referanser til disse ørretene, ble det også fanget enkelte ørret på anadrome stasjoner. Det ble gjort en test på om det var forskjell i konsentrasjonen av aluminium på laks og ørret som var fanget på de samme stasjonene. For å gjøre testen sikrere ble data fra tilsvarende undersøkelse utført i 13 vassdrag i Vestland, to i Rogaland og to i Agder inkludert i datagrunnlaget, totalt 112 stasjoner (Hellen & Eilertsen 2024, Hellen 2024, Hellen & Furset 2025, Hellen & Furset 2025 under utarbeidelse). Siden konsentrasjonen av aluminium på gjellene ikke var normalfordelt ble det gjort en test med en Linear mixed model tilpasset REML i statistikkprogrammet R. Testen viste at det ikke var noen forskjell i mengden av aluminium på gjellene hos laks og ørret ($p=0,52$). Både laks og ørret ble derfor brukt samlet i den videre dataanalysen.



Figur 2. Laksesmolt fra stasjonen midt i Ekso den 11. mai 2024.

All fisk som ble fanget ble avlivet, lengdemålt og artsbestemt i felt. Andre gjellebue på høyre side fra hver av fiskene ble dissekert ut i felt og lagt i emballasje, fryst ned og sendt til NIVA sitt laboratorium i Oslo for analyse. Alle fiskene ble tatt med for videre analyse på laboratoriet, her ble fisken veid og kjønn og kjønnsmodningsgrad ble fastsatt. Alderen på fiskene ble avlest ved bruk av otolitter.

På laboratoriet ble gjellene frysetørket og oppløst i syre, og konsentrasjonen av aluminium (Al), jern (Fe) og kobber (Cu) ble bestemt ved ICP-OES (Induktivt kopla plasma emisjons-spektroskopi). Konsentrasjonen av Al, Fe og Cu på gjellene er oppgitt i μg per gram tørr gjelle, og resultatene for enkeltfisker er vist i **Vedlegg 2**.

Passiv prøvetaker (DGT)

De passive prøvetakerne ble hengt ut på de samme stasjonene hvor det ble samlet inn fisk og tatt vannprøver. I prøvetakerne er det gel som er diffusjonsbarriere for ioner. Ionene fanges opp av en adsorbent (Chelex ionebytter) som har evne til å fange opp metallioner. Opptaket i en DGT styres av konsentrasjonsforskjellen i vannet på utsiden av membranen og en adsorbent (ionebytter i gel) på innsiden.

Det ble hengt ut DGT-sensorer på alle stasjonene 9 dager før første prøvetakingsrunde. Prøvetakerne ble byttet ut på første prøvetakingsrunde og det ble hengt ut nye prøvetakere som hang ute fra første til andre prøvetakingsrunde (11-12 dager). Etter innsamling ble prøvetakerne oppbevart kjølig og mørkt og sendt til NIVA sitt laboratorium i Oslo for analyse. Av ulike grunner ble prøvene videresendt til Eurofins sitt analyselaboratorium i Oslo og analysert der.

Etter eksponering ble metallene løst ut fra absorbenten og ble bestemt med klassisk ICPMS (ICP-Plasma-MasseSpektrometri). Middelkonsentrasjonen over prøvetakingstiden ble beregnet ut fra den mengde som ble fanget opp, hvor lenge prøvetakere hadde hengt ute og temperatur i prøvetakingsperioden.



Figur 3. Venstre: Laksesmolt nede i Daleelva i 2024, klar for å få dissekert ut en gjellebue. Høyre: Nett med passiv prøvetaker i Ekso i 2024. Prøvetakeren ligger i det øverste «rommet» i nettet, i det nederste «rommet» er det et lodd som sørger for at nettet hele tiden ligger under vann. Nettet er festet i en vaier på land som sørger for at prøvetakeren ikke legger seg ned på bunnen.

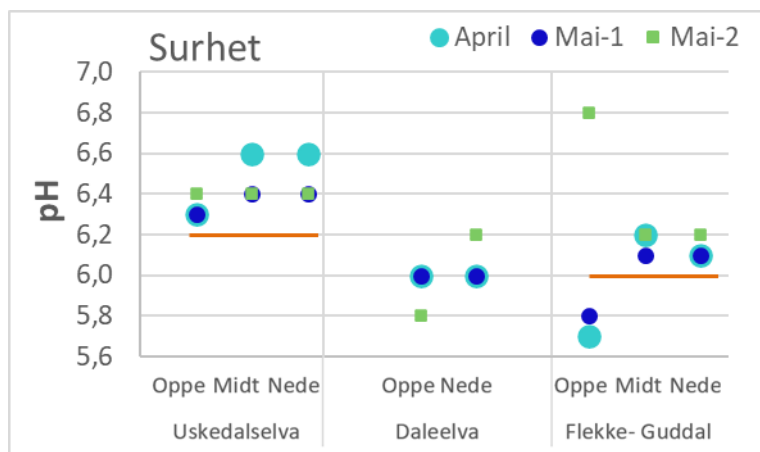
Tilstandsklasser

Vurderinger av tilstandsklasser for labilt aluminium og gjellealuminium er gjort i henhold til grenser fastsatt for smolt i klassifiseringsveilederen (Vannportalen 2025). Dersom ikke annet er angitt er verdier for gjellealuminium som overstiger intervallet for beste tilstandsklasse angitt som tilstandsklasse «god».

RESULTATER

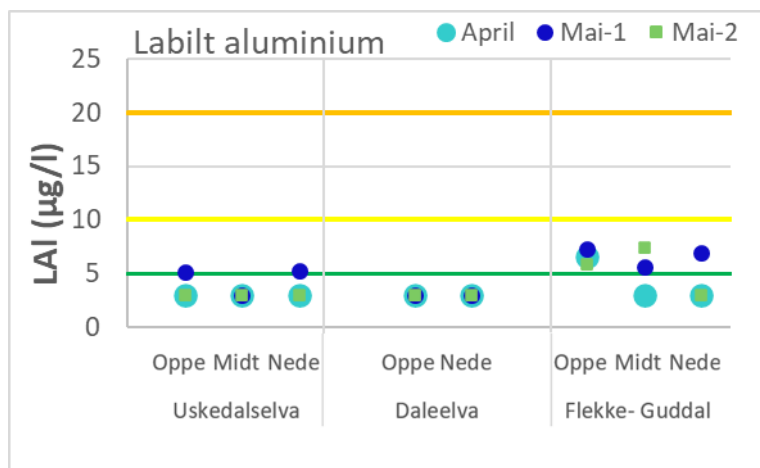
Vannkjemi

I Uskedalselva var pH på referansestasjonen mellom 6,1 og 6,4, mens pH på de to kalketestasjonene var mellom 6,4 og 6,6 (**Figur 4**). I Daleelva, der det ikke kalkes, var pH 5,8 oppe og 6,2 nede i midten av mai, mens den i slutten av april og begynnelsen av mai var 6,0 på begge stasjonene. I Flekke- og Guddalsvassdraget var pH 5,7 og 5,8 ved de to første målepunktene, og 6,8 ved siste prøvetaking på referansestasjonen. På de to kalkete stasjonene var alle målingene mellom pH 6,1 og 6,2 (**Figur 4**).



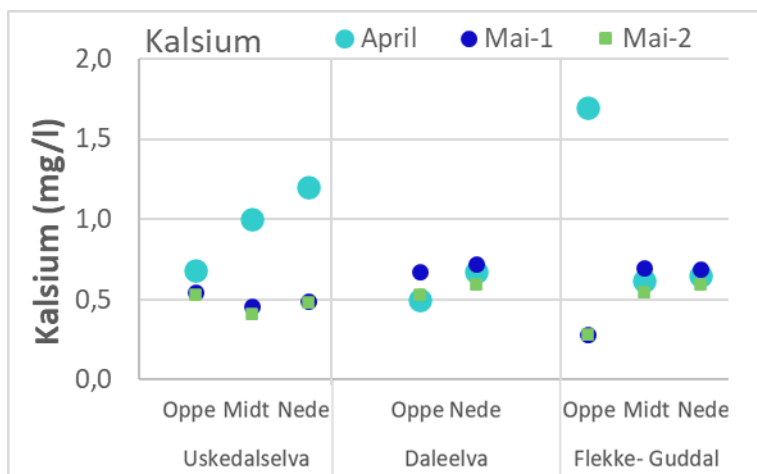
Figur 4. Surhet (pH) på de undersøkte stasjonene i slutten av april og i begynnelsen av og midt i mai 2024. For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**. Kalkingsmålet er vist med røde linjer.

Det var generelt lite labilt aluminium i alle de tre undersøkte elvene, på alle prøvetakingstidspunktene. I Uskedalselva var konsentrasjonene fem $\mu\text{g/l}$ eller mindre på alle prøvetakingstidspunktene. I Daleelva var det mindre enn fem $\mu\text{g/l}$ både oppe og nede i elven på alle tidspunktene. I Flekke- og Guddalsvassdraget var det litt mer variasjon. På referansestasjonen ble det målt fra 6-7 $\mu\text{g/l}$, mens det på de to kalkete stasjonene var fra mindre enn 5 $\mu\text{g/l}$ til 7 $\mu\text{g/l}$ med labilt aluminium. (**Figur 5, Vedlegg 1**).



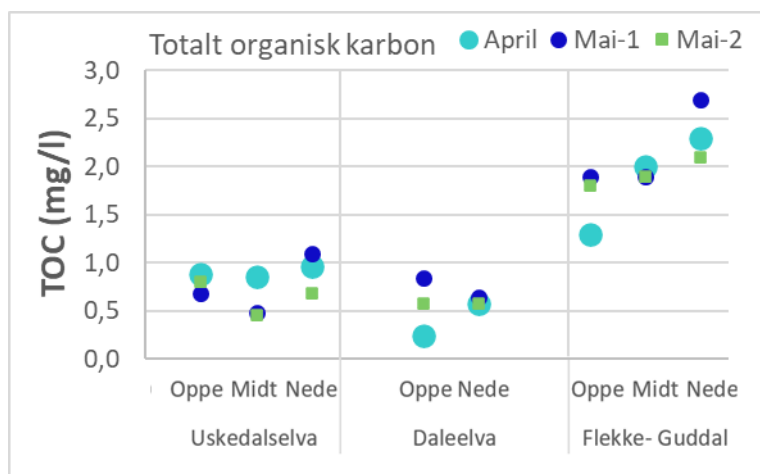
Figur 5. Konsentrasjon ($\mu\text{g/l}$) av labilt aluminium på de undersøkte stasjonene i slutten av april og i begynnelsen av og midt i mai 2024. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er tilstandsklasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat» og over oransje er tilstandsklasse «dårlig». For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

I Uskedalselva var det høyest konsentrasjon av kalsium i april, og høyest var konsentrasjonen på de to kalkete stasjonene. I mai var konsentrasjonen av kalsium litt høyere på referansestasjonen, sammenlignet med de to kalkete stasjonene, men forskjellene var små. I Daleelva var det liten variasjon i kalsiumkonsentrasjonene og verdiene ble målt fra 0,5 til 0,7 mg/l. Den høyeste kalsiumkonsentrasjon ble målt oppe i Flekke- og Guddalsvassdraget i april, denne avvek veldig fra de andre målingene og er sannsynligvis ikke korrekt. I mai var kalsiumkonsentrasjonen 0,3 mg/l på referansestasjonen. På de to kalkete stasjonene varierte kalsiumkonsentrasjonen mellom 0,6 og 0,7 mg/l (**Figur 6**).



Figur 6. Kalsiumkonsentrasjonen (mg/l) på de undersøkte stasjonene i slutten av april og i begynnelsen av og midt i mai 2024. For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

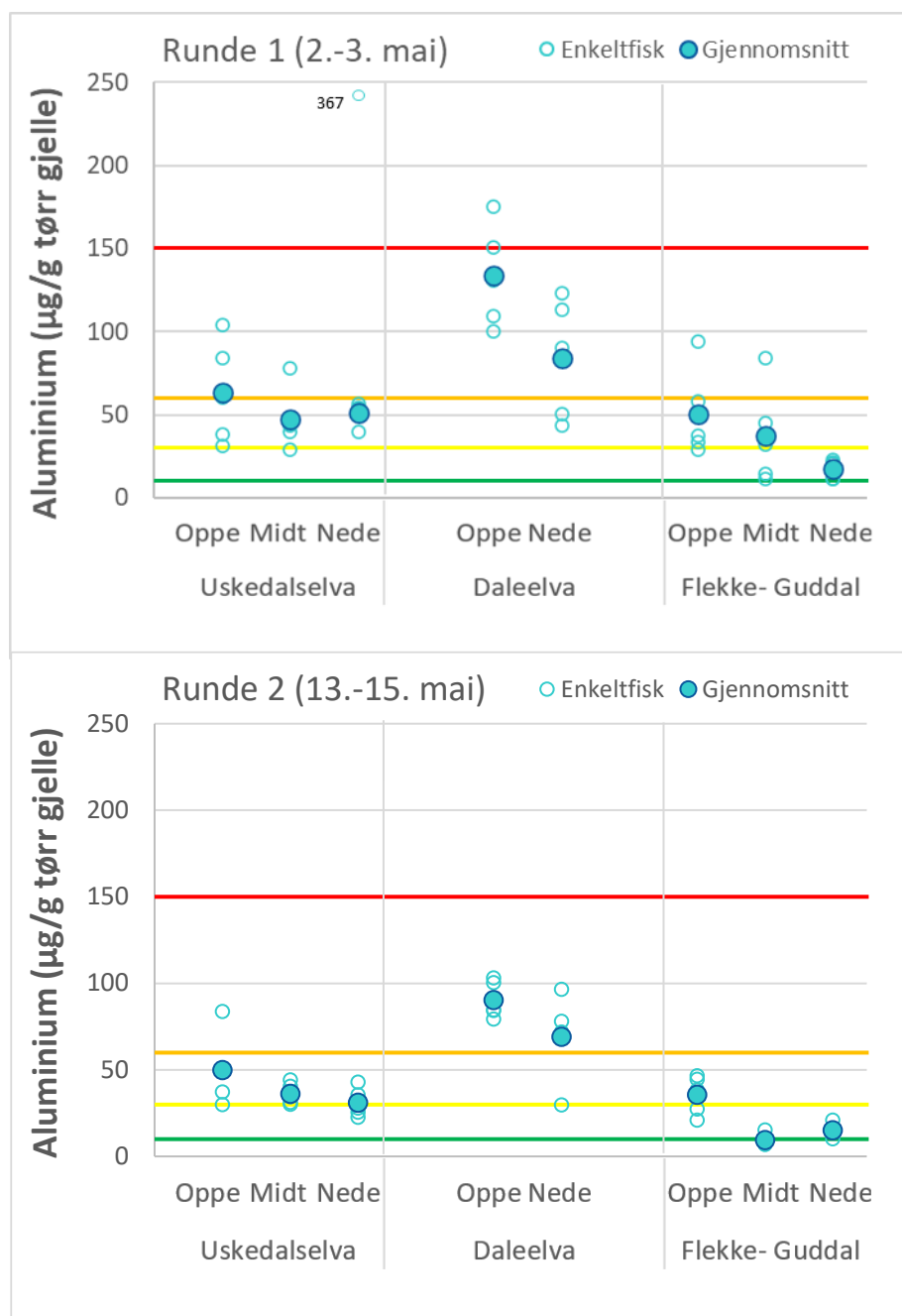
Innholdet av TOC (totalt organisk karbon) var lavest i Daleelva, med variasjon fra mindre enn 0,3 mg/l til 0,8 mg/l oppe i elven, mens det var 0,6 mg/l på stasjonen nede i vassdraget. Det var også lave konsentrasjoner i Uskedalselva, her varierte konsentrasjonen fra 0,7 til 0,9 mg/l oppe og fra 0,5 til 1,1 mg/l på de to kalkete stasjonene. I Flekke- og Guddalsvassdraget var det betydelig høyere konsentrasjon av TOC, med unntak av aprilmålingen oppe i vassdraget som hadde 1,3 mg/l, var det fra 1,9 til 2,7 mg/l (**Figur 7**). Det er generelt relativt liten variasjon i TOC mellom de ulike prøvetidspunktene for hver enkelt stasjon.



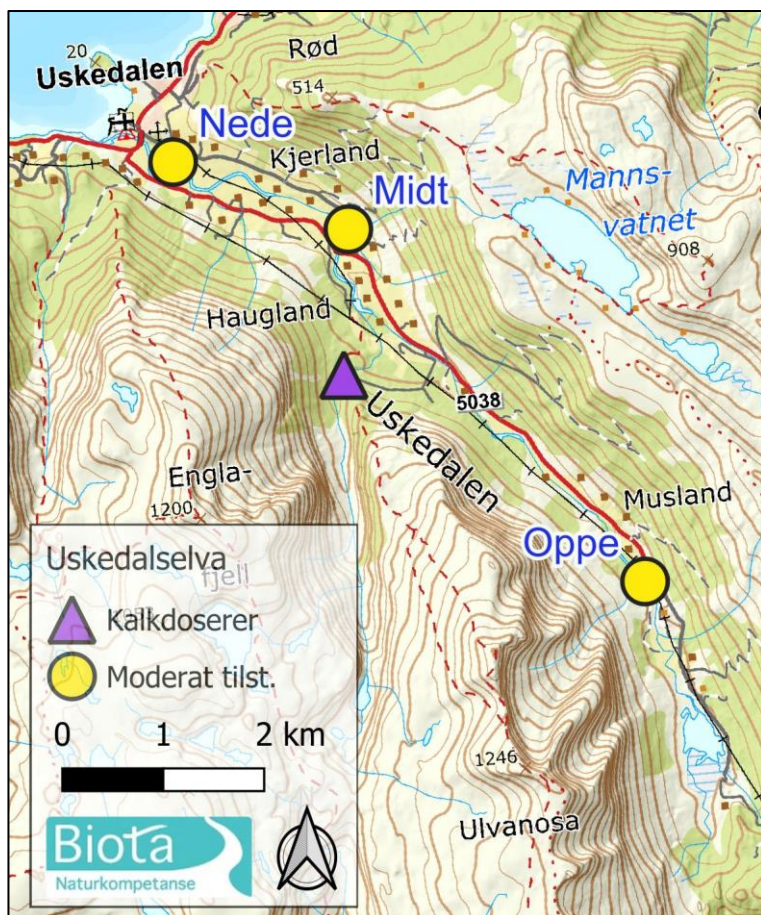
Figur 7. Konsentrasjon totalt organisk karbon (mg TOC/l) på de undersøkte stasjonene i slutten av april og i begynnelsen av og midt i mai 2024. For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

Gjelleprøver

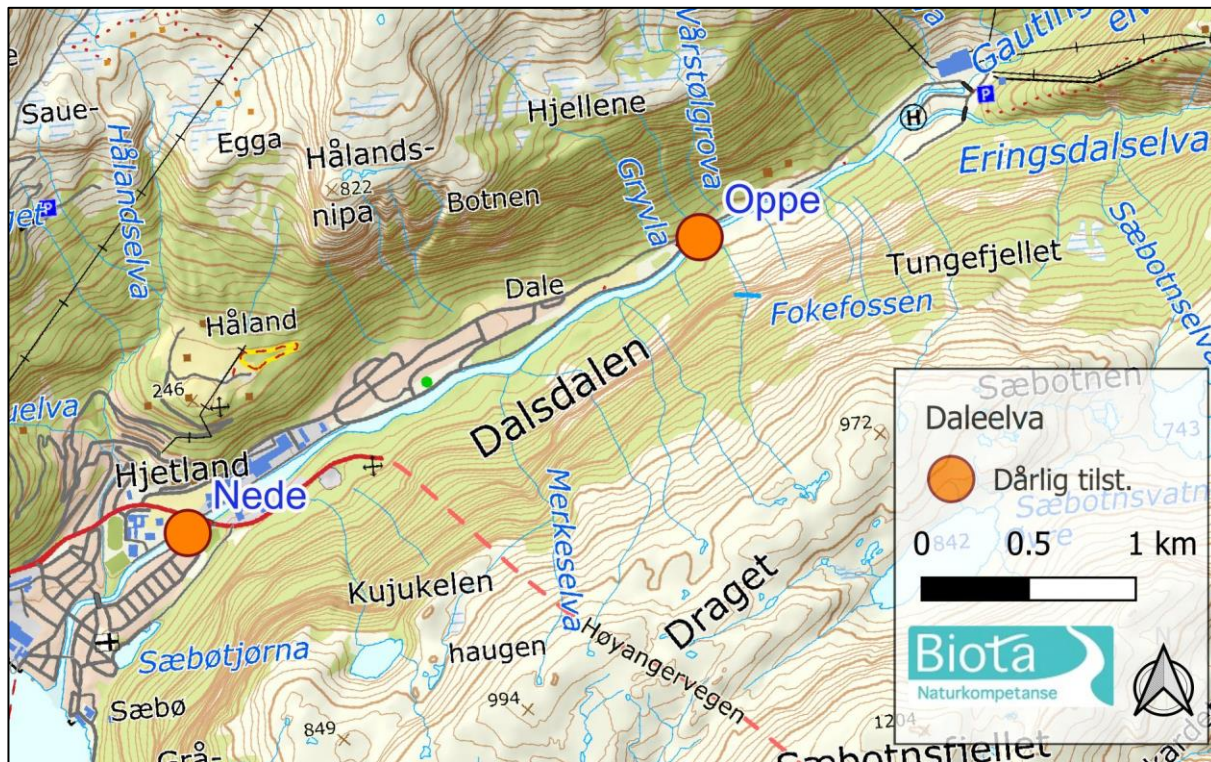
De høyeste gjennomsnittlige konsentrasjonene av aluminium på gjellene ble målt oppe i Daleelva med gjennomsnittlige konsentrasjoner på 134 og 90 $\mu\text{g/g}$ gjelle for de to tidspunktene, dette gav tilstandsklasse «dårlig» for begge stasjonene. Også i Uskedalselva var det relativt høye verdier av gjellealuminium med gjennomsnittlige verdier fra 30 til 63 $\mu\text{g/g}$ gjelle. Størst mengde av gjellealuminium var det på referansestasjonen, alle stasjonene kom i tilstandsklasse «moderat». En fisk nede i Uskedalselva skilte seg veldig ut og hadde 367 $\mu\text{g/g}$ gjelle (**Figur 8**), det er sannsynlig at denne verdien ikke er representativ for stasjonen og det aktuelle individet er utelatt fra gjennomsnittet på stasjonen og for videre analyse. Også i Flekke- og Guddalsvassdaget var det mest gjellealuminium på referansestasjonen, med i gjennomsnitt hhv. 51 og 35 $\mu\text{g/g}$ gjelle på de to tidspunktene, dette gav tilstandsklasse «moderat». På de kalkete stasjonene var det mellom 9 og 38 $\mu\text{g/g}$ gjelle, og begge disse stasjonene kom i tilstandsklasse «god» (**Figur 8**).



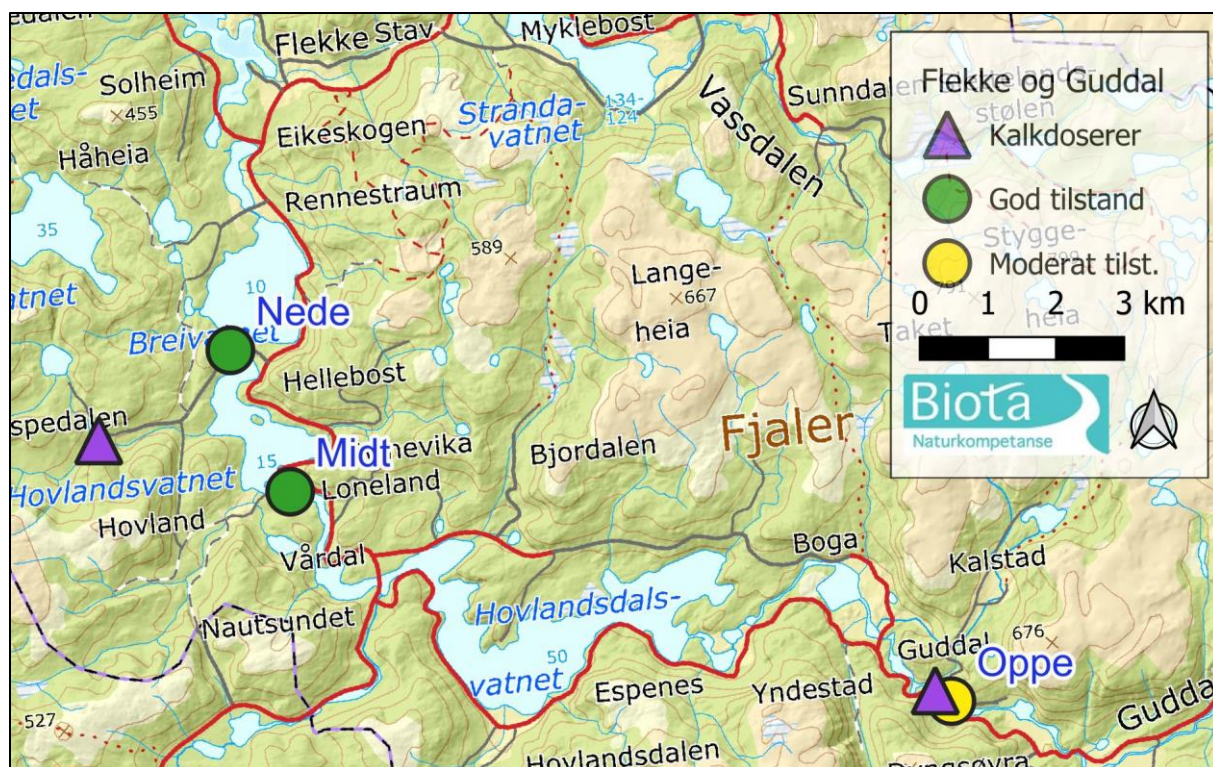
Figur 8. Mengde av aluminium på gjellene til undersøkt fisk i begynnelsen av (oppe) og midt (nede) i mai 2024. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er tilstandsklasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er tilstandsklasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig». For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**. Gjennomsnittsverdi for stasjonen nede i Uskedalselva i begynnelsen av mai er beregnet uten «uteligger» på 367 $\mu\text{g/l}$.



Figur 9. Uskedalselva med plassering av kalkdoserer og stasjoner for gjelleprøvetaking i mai 2024. Tilstandsklasse iht. Vannportalen (2025) basert på gjellealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene for de to måletidspunktene.



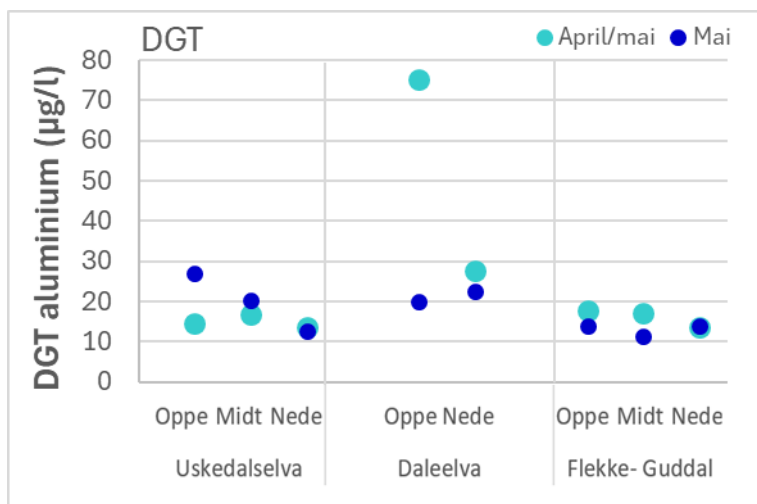
Figur 10. Daleelva med plassering av stasjoner for gjelleprøvetaking i mai 2024. Tilstandsklasse iht. Vannportalen (2025) basert på gjellealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene for de to måletidspunktene.



Figur 11. Flekke- og Guddalsvassdraget med plassering av kalkdoserere og stasjoner for gjelleprøvetaking i mai 2024. Tilstandsklasse iht. Vannportalen (2025) basert på gjellealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene for de to måletidspunktene.

Passiv prøvetaker (DGT)

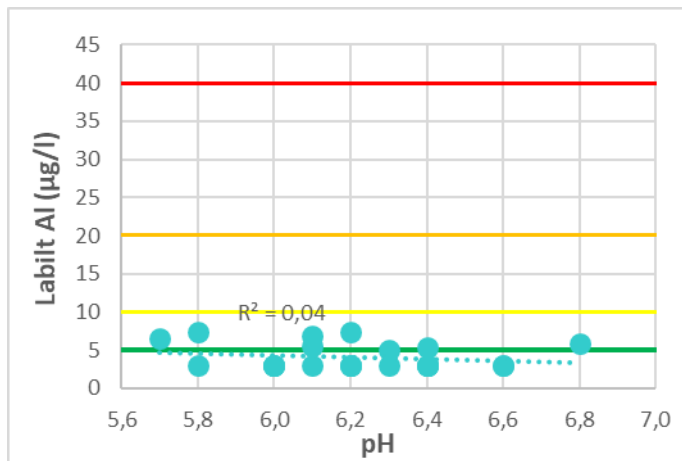
De passive prøvetakerne viste noe variasjon mellom stasjonene i de enkelte elvene. Med unntak av den øverste stasjonen i Daleelva, og dels i Uskedalselva var det relativt små forskjeller mellom de to prøvetakingsperiodene på den samme stasjonen. Det er ingen markert forskjell mellom referansestasjonene og de kalkete stasjonene i Uskedalselva og i Flekke- og Guddalsvassdraget (**Figur 12**). Lavest gjennomsnittlig mengde med DGT-aluminium er det i Flekke- og Guddalsvassdraget med i snitt 15 µg/l, i Uskedalselva var snittet 17 µg/l. I Daleelva var et i gjennomsnitt 37 µg/l i Daleelva, men uten den høye verdien på den øverste stasjonen i april var snittet for denne elven 23 µg/l.



Figur 12. Reaktivt aluminium målt med DGT (DGT-Al) i tre vassdrag i Vestland fra slutten av april til begynnelsen av mai og fra begynnelsen til midt i mai 2024. For detaljer om utlegg- og innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

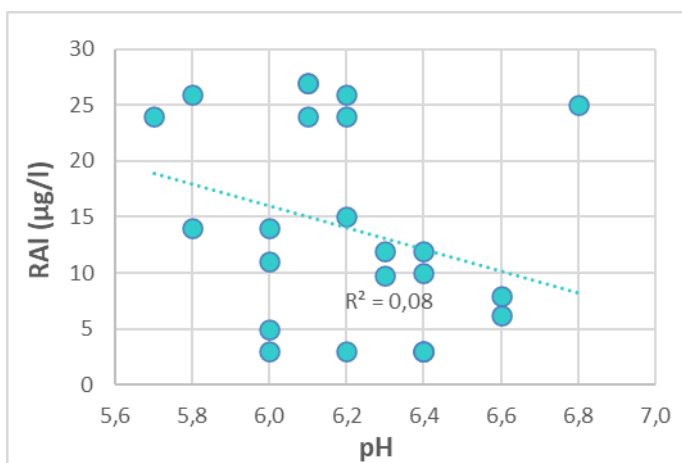
Sammenheng mellom pH og aluminium

Konsentrasjonen av labilt aluminium varierte lite mellom de åtte stasjonene og var fra mindre enn 5 µg/l til 7 µg/l, mens pH varierte mellom 5,7 og 6,8. Det var ingen korrelasjon mellom pH og konsentrasjonen av labilt aluminium ($r^2=0,04$) (Figur 13).



Figur 13. Sammenheng mellom pH og konsentrasjon av labilt aluminium i vannprøvene fra slutten av april og i begynnelsen av og midt i mai 2024 på åtte stasjoner fra tre vassdrag i Vestland. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er klasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig» iht. tilstandsklasser i Vannportalen (2025). Stiplet linje viser beste lineære tilpasning.

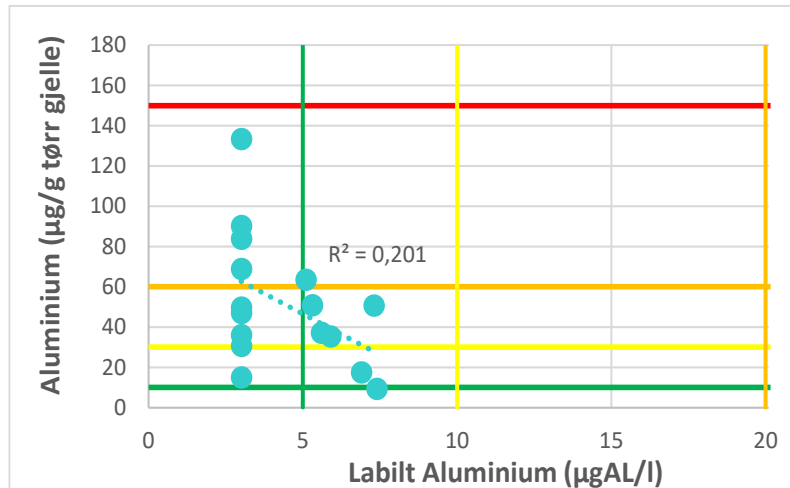
Det er en moderat positiv sammenheng mellom reaktivt aluminium (RAI) og labilt aluminium ($r^2=0,53$). Sammenhengen mellom pH og konsentrasjonen av RAI blir følgelig også svært dårlig ($r^2=0,08$) (Figur 14).



Figur 14. Sammenheng mellom surhet (pH) og konsentrasjon av reaktivt aluminium (RAI) i vannprøvene fra slutten av april og i begynnelsen av, og midt i mai 2024, på åtte stasjoner fra tre vassdrag i Vestland. Stiplet linje viser beste lineære tilpasning.

Sammenheng mellom labilt aluminium og gjellealuminium

Det var ingen til en neglisjerbar negativ sammenheng mellom konsentrasjonen av labilt aluminium i de vannkjemiske prøvene og mengden aluminium på gjellene fra de samme stasjonene ($r^2=0,201$) (Figur 15).



Figur 15. Sammenheng mellom labilt aluminium i vannprøvene og mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g tørr gjelle}$) på åtte stasjoner fra tre vassdrag i Vestland i begynnelsen av og midt i mai 2024. Under eller til venstre for grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er klasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig» iht. Vannportalen (2025). Stiplet linje viser beste lineære tilpasning.

Tilstandsvurdering basert på labilt aluminium og gjellealuminium

I forhold til vanndirektivets klassegrenser ble vannkvaliteten med hensyn på labilt aluminium vurdert som «svært god» på ni målepunkt og «god» på de siste syv punktene (Tabell 2). Når en vurderte tilstandsklassene for de samme stasjonene med hensyn på mengden gjellealuminium kom én i kategorien «referanseverdi», mens to kom i kategorien «god», og hhv. åtte og fem stasjoner kom i kategoriene «moderat» og «dårlig».

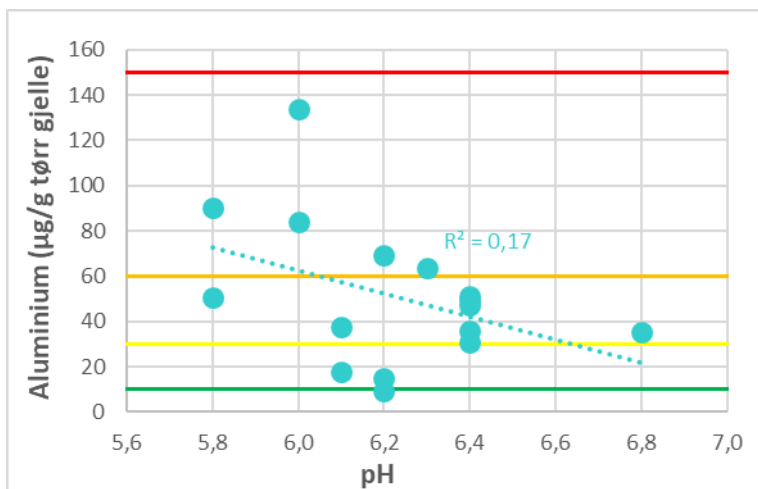
Tilstanden ble vurdert likt for ett av målepunktene med de to tilnærmingene, mens klassifiseringen kom i bedre kategori i 14 tilfeller om en brukte labilt aluminium i vannprøvene som måleparameter sammenlignet med om en brukte gjellealuminium. For ett tilfelle ble klassifiseringen dårligere med labilt aluminium som klassifiseringsparameter enn med gjellealuminium som utgangspunkt (Tabell 2).

Tabell 2. Tilstandsklasse basert på labilt aluminium i vannprøvene og mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g tørr gjelle}$) etter klassifiseringsveilederen (Vannportalen 2025) på åtte stasjoner i tre vassdrag i Vestland i begynnelsen av og midt i mai 2024, totalt 16 målepunkt.

Labilt Al ($\mu\text{g Al/l}$)	Gjellealuminium ($\mu\text{g Al/g tørr gjelle}$)					Totalt
	Referanse	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig	
Svært god	0	1	4	4	0	9
God	1	1	4	1	0	7
Moderat	0	0	0	0	0	0
Dårlig	0	0	0	0	0	0
Svært dårlig	0	0	0	0	0	0
Totalt	1	2	8	5	0	16

Sammenheng mellom pH og gjellealuminium

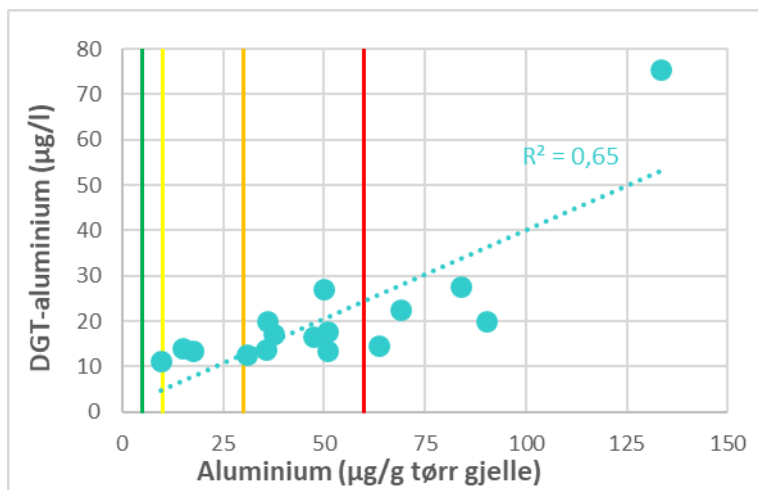
Det er ingen til neglisjerbar negativ korrelasjon mellom pH og mengden av aluminium på gjellene for hele det undersøkte materialet ($r^2=0,17$).



Figur 16. Sammenheng mellom pH i vannprøvene og mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g tørr gjelle}$) på åtte stasjoner fra tre vassdrag i Vestland i begynnelsen av og midt i mai 2024. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er klasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig» iht. i Vannportalen (2025). Stiplet linje viser beste lineære tilpasning.

Sammenheng mellom gjellealuminium og DGT-Al

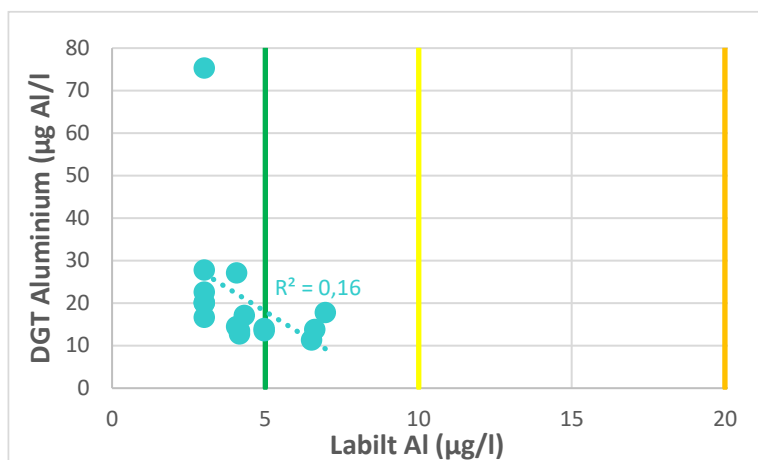
Det er en god sammenheng mellom gjennomsnittlig mengde av aluminium på gjellene i begynnelsen av mai og midt i mai og DGT aluminium på de samme stasjonene ($r^2=0,65$). Målepunktet oppe i Daleelva i begynnelsen av mai er viktig for styrken til korrelasjonen, og uten dette målepunktet ville r^2 vært på 0,44 (**Figur 17**).



Figur 17. Sammenheng mellom gjennomsnittlig mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g tørr gjelle}$) og reaktivt aluminium målt med passiv prøvetaker DGT (DGT-Al ($\mu\text{g Al/l}$)) på åtte stasjoner fra tre vassdrag i Vestland i begynnelsen av og midt i mai 2024. Til venstre for grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», til høyre for oransje linje er klasse «dårlig» iht. i Vannportalen (2025). Stiplet linje viser beste lineære tilpasning.

Sammenheng mellom labilt aluminium og DGT-Al

Det var en svak til neglisjerbar negativ korrelasjon ($r^2=0,16$) mellom gjennomsnittlig konsentrasjon av labilt aluminium målt på hver stasjon i april og mai og DGT-aluminium (Figur 18).



Figur 18. Sammenheng mellom gjennomsnittlig konsentrasjon av labilt aluminium i vannprøvene fra april og mai, og fra de to målepunktene i mai og reaktivt aluminium målt med DGT (DGT-Al (µg AL/l)) fra siste målepunkt på åtte stasjoner fra tre vassdrag i Vestland i 2024. Til venstre for grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», til høyre for oransje linje er klasse «dårlig» iht. i Vannportalen (2025). Stiplet linje viser beste lineære tilpasning.

DISKUSJON/OPPSUMMERING

Uskedalselva og Flekke- og Guddalsvassdraget har et pH-styrt kalkingsmål. I Uskedalselva varierer kalkingsmålet gjennom året, men er høyest i perioden før og i smoltutvandringsperioden med pH 6,2. I Flekke- og Guddalsvassdraget er kalkingsmålet pH 6,0 hele året. Kalkingsmålet var nådd i begge elvene da det ble tatt prøver i forbindelse med denne undersøkelsen. På referansestasjonene i Flekke- og Guddalsvassdraget oppstrøms kalkingen var pH fra 0,2 til 0,3 enheter under kalkingsmålet i april og begynnelsen av mai. I Uskedalselva var pH over kalkingsmålet også på referansestasjonen.

Det er noe høyere innhold av TOC i Flekke- og Guddalsvassdraget sammenlignet med de to andre elvene som har en veldig lav konsentrasjon av TOC. TOC i vannet kan binde opp labilt aluminium og gjøre dette mindre fritt tilgjengelig i vannet (Gensemer & Playle 1999). Konsentrasjonen av TOC har økt i mange vassdrag de siste 20-30 årene (Garmo & Skancke 2021), og er et forhold en bør ta i betraktning når en skal vurdere sammenhenger som inkluderer aluminium i fremtiden.

Målt konsentrasjon av labilt aluminium (LAI) var svært lav i alle elvene på alle målepunktene. I Uskedalselva og i Daleelva var konsentrasjonen 5 µg/l eller mindre, mens den var 7 µg/l eller mindre i Flekke- og Guddalsvassdraget, alle elvene kommer dermed i enten «god» eller «svært god» tilstand basert på konsentrasjonen av labilt aluminium.

Det er normalt en relativt god sammenheng mellom pH og labilt aluminium, men det er også erfart at det kan være vanskelig å måle riktig mengde labilt aluminium når pH er mellom 6,0 og 6,4 i kalkete vassdrag (Hindar mfl. 2015). I denne undersøkelsen var konsentrasjonen av LAL stort sett under det som er forventet for målepunktene med lavest pH, det kan ikke utelukkes at disse verdiene avviker fra faktiske verdier i vassdraget. Samtidig var det relativt lave nivåer av reaktivt aluminium for noen av målepunktene, og i noen tilfeller virker derfor resultatet plausibelt.

Gjelleprøvene viste en lavere mengde med gjellealuminium på de kalkete stasjonene sammenlignet med referansestasjonene. Forskjellene var relativt små i Uskedalselva, mens de var tydeligere i Flekke- og Guddalsvassdraget.

I Uskedalselva er det gjort undersøkelser av gjellealuminium også i perioden 2020 til 2023 (Kålås & Hellen 2021, 2022, Hellen & Eilertsen 2024). Disse fire årene har gjennomsnittlig mengde av gjellealuminium variert mellom 47 og 319 µg/g gjelle på stasjonene. I 2020 og 2021 var mengden av gjellealuminium størst på den øverste stasjonen, mens det i 2022 og 2023 var mest gjellealuminium på den midterste stasjonen. Mengden av gjellealuminium i 2024 var på det laveste nivået som er registrert. Gjennomsnittlig mengde gjellealuminium tilsvarer «moderat» tilstand på alle stasjonene i Uskedalselva i 2024.

Tabell 3. Mengden gjellealuminium (µg Al/g tørr gjelle) på tre stasjoner i Uskedalselva i perioden fra 2020 – 2024. Fargekodene angir tilstandsklassen oppgitt i klassifiseringsveilederen (Vannportalen 2025). Gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig» tilstandsklasse.

Stasjon	22.04.2020	28.04.2021	26.04.2022	27.04.2023	02.05.2024	13.05.2024
Oppe	201	95	234	141	64	50
Midt	99	76	319	184	47	36
Nede	152	47	204	55	51	31
Gjennomsnitt	151	73	252	127	54	39

I Flekke- og Guddalsvassdraget ble det også gjort målinger av gjellealuminium på de to kalkete stasjonene i slutten av april 2020. Gjennomsnittlig mengde av gjellealuminium var da 10 µg/g tørrvekt gjelle på begge stasjonene (Kålås & Hellen 2021). Dette er noe lavere enn det som ble registrert i 2024 da gjennomsnittlig mengde av gjellealuminium var mellom 9 og 37 µg/g gjelle. Gjennomsnittlig mengde gjellealuminium tilsvarer «moderat» tilstand på den øverste stasjonen og «god» tilstand på de to kalkete stasjonene i Flekke- og Guddalsvassdraget i 2024.

I Daleelva er det ikke kalket, her ble det målt et høyere nivå av gjellealuminium på den øverste stasjonen sammenlignet med den nederste. Det ble også tatt prøver av gjellealuminium i Daleelva i 2023, da var det mest gjellealuminium oppe tidlig i mai, mens det var mest gjellealuminium nede midt i mai (Kålås mfl. 2024). I snitt var det mindre gjellealuminium oppe i 2023 sammenlignet med i 2024, mens det var på omtrent samme nivå de to årene på den nederste stasjonen. Det ble utført undersøkelser av gjellealuminium på fra 5-10 stasjoner i Daleelva i ni av årene i perioden 2004 – 2016 (Ugedal mfl. 2016). I gjennomsnitt for alle stasjonene var det mellom 74 og 348 µg/g gjelle, og dette tilsvarer «svært dårlig» tilstand seks av årene, og «dårlig» tilstand to av årene. Gjennomsnittlig mengde gjellealuminium tilsvarer «dårlig» tilstand på begge stasjonene i 2024, det ser dermed ut til å være en tendens mot et lavere nivå av gjellealuminium de to siste årene sammenlignet med det som ble registrert i perioden 2004-2016.

Det var en neglisjerbar sammenheng mellom konsentrasjonen av labilt aluminium og mengden av gjellealuminium, det var det også mellom pH og gjellealuminium. Resultatene indikerer at de vannkjemiske prøvene ikke klarer å fange opp de faktiske verdiene av labilt aluminium i vannet, men kan også være påvirket av at det var svært lite reaktivt aluminium på mange av stasjonene, også de med lavest pH.

Tilstandsklassifiseringen basert på analysene av labilt aluminium gir et betydelig bedre inntrykk av tilstanden enn det mengden av aluminium på gjellene tilsa. Av 16 målepunkt fikk hele 14 målepunkt bedre tilstandsklasse basert på labilt aluminium sammenlignet med gjellealuminium. Tilsvarende ble også registrert i andre Vestlandselver i 2023 og 2024 og det er en tydelig tendens til at elver med lite TOC gir dårligere tilstandsklasse basert på gjellealuminium sammenlignet med tilstandsklasse basert på labilt aluminium (Hellen & Furset 2024)

Det var en relativt god sammenheng mellom mengden aluminium målt på gjellene med gjelleprøver og DGT-aluminium registrert med de passive prøvetakerne, men det er særlig de stasjoner med mye gjellealuminium som bærer korrelasjonen. For lokaliteter med mindre enn 100 µg Al per g tørr gjelle er det bare en svak korrelasjon mellom de to parameterne. Også andre undersøkelser fra Vestlandselver har vist at det ofte er dårlig sammenheng mellom gjellealuminium og DGT-aluminium når mengden gjellealuminium er lav (Hellen 2024, Hellen & Furset 2024, Kålås mfl. 2024).

I dette studiet ble det brukt en DGT-sensor for hvert målepunkt, i en studie fra tre elver med 10 målepunkter i Vestland i 2023 ble det lagt ut to til tre DGT-sensorer på hvert målepunkt, disse viste stort sett relativt godt samsvar mellom de ulike DGT-sensorene (Kålås mfl. 2024). På to av målepunktene med tre sensorer var det imidlertid 3-4 ganger så høye verdier registrert i den sensoren som målte mest i forhold til den som målte minst DGT-aluminium. Dette indikerer at det kan hefte en del usikkerhet og tilfeldig variasjon med DGT-målingene, og at en bør bruke flere DGT-sensorer på hvert målepunkt for å få sikrere resultater.

REFERANSER

- Garmo Ø & Skancke L B 2021. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Vannkjemiske effekter 2020. Miljødirektoratet rapport M-2102 – 2021.
- Gensemer R W & Playle R C. 1999. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29(4), 315-450.
- Hellen BA 2024. Gjellealuminium på smolt i Agder og Rogaland våren 2023. Biota rapport nr. 28. 27 sider. ISBN 978-82-94075-09-6.
- Hellen BA & Eilertsen L 2024. Gjellealuminium på smolt i PO3 og PO4 våren 2023. Biota rapport 29. 10 sider. 978-82-94075-09-6.
- Hellen BA & Furset TT. 2024a. Gjellealuminium på smolt i Agder, Rogaland og Vestland våren 2024. Biota rapport nr. 57. 29 sider. ISBN 978-82-94075-34-8.
- Hellen BA & Furset TT 2025. Gjellealuminium på smolt i PO3 og PO4 våren 2024. Biota rapport under utarbeidelse 15 sider.
- Pettersson L-E 2008 Beregning av totalavløp til Hardangerfjorden. NVE-rapport 9-2008.
- Hindar A, Garmo Ø & Teien H-C. 2015. Sammenhengen mellom labilt aluminium og pH i kalkede laksevasdrag., NIVA Rapport LNR 6872-2015, 31 pp., ISBN 978-82-577-6607-8.
- Kroglund F & Rosseland B O. 2004. Effekter av forsurede episoder på parr- og smoltkvalitet til laks., NIVA Rapport LNR 4797-2004, 45 pp., ISBN 82-577-4475-1.
- Kroglund F, Finstad B, Stefansson S O, Nilsen T O, Kristensen T, Rosseland B O, Teien H C & Salbu B 2007. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon post-smolt survival. *Aquaculture*. 273: 360-373.
- Kveltestad A & Larsen B M. 1999. Histologisk undersøkning av gjeller fra fisk som del av overvåking av ungfiskbestander i lakseførende vassdrag. - NINA Fagrapport 36: 1-76.
- Kålås S, Furset T T & Sægrov H. 2024. Undersøkning av gjellealuminium på laksesmolt i tre vassdrag i Vestland fylke i 2023 - inkludert utprøving av DGT som alternativ metode. Rådgivende Biologer AS, rapport 4130, 36 sider, ISBN 978-82-349-0106-5.
- Kålås S. & Hellen BA. 2021. Gjellealuminium på smolt i fem vassdrag i Vestland fylke. Rådgivende Biologer AS, rapport 3487, 26 sider.
- Kålås S. & Hellen B A. 2022. Gjellealuminium på smolt i Uskedalselva i Kvinnherad og Storelva i Samnanger i Vestland fylke. Rådgivende Biologer AS, rapport 3727, 16 sider, ISBN 978-82-8308-954-7.
- Poléo A B S, Schjolden J & Hytterød S. 2002 Effekter av ulike vannkvaliteter i Suldalsvassdraget på presmolt og smolt av laks (*Salmo salar*). Suldalslågen – Miljørapport nr. 18
- Rosseland B O, Blakar I A, Bulger A, Kroglund F, Kvellstad A, Lydersen E, Oughton D H, Salbu B, Staurnes M & Vogt R. 1992. The mixing zone between limed and acidic river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids, *Environ. Pollut.*, 78(1-3), 3-8, 1992.
- Sægrov H, Kålås S, Kaste Ø, Eikland KA, Velle G, Saksgård R og Lungrin E. 2024. Kalking i forsurede laksevasdrag i Norge – status og trender per 2023. I Kalking i laksevasdrag skadet av sur nedbør -Tiltaksovervåking i 2023. M-2850.
- Teien, H C, Kroglund F, Salbu B & Rosseland B O. 2006 Gill reactivity of aluminium-species following liming, *Sci. Total Environ.*, 358(1-3), 206-220.
- Ugedal, O, Bongard T, Jensås JG, & Østborg G. 2016. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Daleelva i Høyanger. Årsrapport 2015. NINA Rapport 1277, 30 sider.
- Vannportalen 2025. Veileder for klassifisering av miljøtilstand i kyst- og ferskvann. Versjon 28.01.2025. <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/>

VEDLEGG

Vedlegg 1. Vannkjemiske analyseresultater.

Elv	Dato	Stasjo	pH	Farge (mg/l)	TOC (mg/l)	Turbiditet (FNU)	Aluminium (µg/l)	Reaktivt Al (µg/l)	Illibilt Al (µg/l)	Labilt Al (µg/l)	Alkalitet (mmol/l)	ANC (µekv/l)	ANC(TOC) (µekv/l)	Kalium (K) (mg/l)	Kalsium (Ca) (mg/l)	Klorid (Cl) (mg/l)	Magnesium (Mg) (mg/l)	Natrium (Na) (mg/l)	Nitrat (NO3 N) (µg/l)	Sulfat (SO4) (mg/l)
Uskedalselva	23.apr	Oppe	6,3	9,1	0,89	0,22	58	9,8	8,5	3	0,038	38,71	36,32	0,24	0,68	3,59	0,29	2,3	61	0,92
	23.apr	Midt	6,6	6,4	0,86	0,19	49	6,2	<5,0	3	0,042	64,24	62,09	0,37	1	3,78	0,45	2,4	120	1
	23.apr	Nede	6,6	9,3	0,96	0,27	57	7,9	7,8	3	0,049	74,29	71,87	0,45	1,2	3,72	0,47	2,4	180	1,05
	02.mai	Oppe	6,3	5,6	0,69	0,43	68	12	7	5,1	0,02	40,00	38,12	0,18	0,55	2,47	0,21	1,8	60	0,64
	02.mai	Midt	6,4	<5,0	0,48	0,22	37	10	5,5	3	0,018	30,14	28,98	0,14	0,46	2,04	0,23	1,4	100	0,54
	02.mai	Nede	6,4	5,4	1,1	0,34	35	12	6,8	5,3	0,02	33,50	30,22	0,15	0,49	2,14	0,23	1,5	93	0,56
	13.mai	Oppe	6,4	7,1	0,81	0,27	40	<5,0	<5,0	3	0,025	38,34	35,91	0,15	0,53	1,92	0,17	1,5	13	0,76
	13.mai	Midt	6,4	5,5	0,46	0,39	32	<5,0	<5,0	3	0,022	32,77	31,56	0,12	0,41	1,51	0,21	1,2	72	0,59
	13.mai	Nede	6,4	6,8	0,68	0,26	33	<5,0	<5,0	3	0,023	35,39	33,46	0,14	0,48	1,7	0,21	1,3	74	0,6
Daleelva	24.apr	Oppe	6	<5,0	<0,30	0,51	49	<5,0	<5,0	3	0,012	18,52	18,17	0,23	0,5	2,69	0,23	1,5	53	0,79
	24.apr	Nede	6	<5,0	0,58	0,56	50	5	<5,0	3	0,013	14,79	13,41	0,26	0,67	3,16	0,25	1,6	68	1,01
	03.mai	Oppe	6	6,2	0,84	0,41	47	11	7,8	3	0,014	27,31	24,98	0,21	0,67	2,87	0,25	1,6	57	0,78
	03.mai	Nede	6	6,7	0,65	0,38	52	14	10	3	0,018	27,80	26,15	0,22	0,72	2,72	0,23	1,6	93	0,89
	15.mai	Oppe	5,8	5,1	0,58	0,54	43	14	11	3	0,015	28,71	27,10	0,19	0,53	2,22	0,2	1,4	11	0,78
	15.mai	Nede	6,2	5,6	0,58	0,38	81	<5,0	<5,0	3	0,015	32,88	31,32	0,22	0,59	2,17	0,24	1,4	42	0,88
Flekk- og Guddalsvassdraget	24.apr	Oppe	5,7	11	1,3	0,21	91	24	17	6,6	0,026	62,37	59,21	0,36	1,7	5,36	0,52	3,1	290	1,76
	24.apr	Midt	6,2	23	2	0,37	86	24	22	3	0,015	1,03	-4,75	0,28	0,62	6,44	0,5	3	37	1,13
	24.apr	Nede	6,1	23	2,3	0,33	92	24	21	3	0,015	38,34	31,47	0,28	0,65	5,33	0,51	3,1	98	0,96
	03.mai	Oppe	5,8	20	1,9	0,3	69	26	19	7,3	<0,01	24,96	18,91	0,18	0,28	2,54	0,19	1,7	17	0,48
	03.mai	Midt	6,1	21	1,9	0,33	88	27	21	5,6	0,018	40,41	34,79	0,26	0,7	5,15	0,48	2,9	41	0,86
	03.mai	Nede	6,1	22	2,7	0,3	84	27	20	6,9	0,019	44,13	35,81	0,27	0,69	5,17	0,49	3	50	0,86
	15.mai	Oppe	6,8	18	1,8	0,27	54	25	19	5,9	0,011	22,94	17,18	0,23	0,28	2,29	0,18	1,5	5,7	0,56
	15.mai	Midt	6,2	21	1,9	0,32	72	26	19	7,4	0,019	37,00	31,20	0,23	0,55	4,25	0,4	2,5	6,3	0,82
	15.mai	Nede	6,2	22	2,1	0,43	82	15	13	3	0,017	40,32	33,89	0,25	0,59	4,6	0,44	2,7	6,4	0,88

Vedlegg 2. Oversikt over enkeltfisker, fangststed, data, art, lengde og mengden av aluminium, jern og kobber ($\mu\text{g/g}$ gjelle), tabellen fortsetter på de neste sidene.

Vassdrag	Elvedel	Dato	Art	Lengde (mm)	Aluminium	Jern	Kobber
Uskedalselva	02.05.2024	Oppe	Laks	123	60,12	544,53	2,53
Uskedalselva	02.05.2024	Oppe	Laks	127	38,49	435,63	2,07
Uskedalselva	02.05.2024	Oppe	Ørret	125	104,29	321,49	2,24
Uskedalselva	02.05.2024	Oppe	Laks	134	30,99	357,81	2,21
Uskedalselva	02.05.2024	Oppe	Laks	127	84,26	407,30	2,55
Uskedalselva	02.05.2024	Midt	Ørret	128	29,39	560,74	2,06
Uskedalselva	02.05.2024	Midt	Ørret	108	44,56	372,12	2,38
Uskedalselva	02.05.2024	Midt	Ørret	121	43,61	297,42	2,17
Uskedalselva	02.05.2024	Midt	Ørret	114	78,37	620,72	38,99
Uskedalselva	02.05.2024	Midt	Ørret	111	40,11	366,00	2,03
Uskedalselva	02.05.2024	Nede	Laks	130	54,20	245,55	2,44
Uskedalselva	02.05.2024	Nede	Laks	130	56,76	515,70	2,85
Uskedalselva	02.05.2024	Nede	Laks	124	53,33	553,35	2,52
Uskedalselva	02.05.2024	Nede	Laks	120	367,21	488,26	28,03
Uskedalselva	02.05.2024	Nede	Laks	112	39,49	535,85	2,57
Uskedalselva	13.05.2024	Oppe	Ørret	152	29,92	644,58	2,23
Uskedalselva	13.05.2024	Oppe	Ørret	111	48,78	792,00	2,10
Uskedalselva	13.05.2024	Oppe	Ørret	107	37,24	800,30	2,52
Uskedalselva	13.05.2024	Oppe	Laks	109	49,03	445,29	2,19
Uskedalselva	13.05.2024	Oppe	Ørret	100	83,70	601,12	2,09
Uskedalselva	13.05.2024	Midt	Ørret	118	34,48	510,13	2,35
Uskedalselva	13.05.2024	Midt	Ørret	109	44,16	403,42	2,16
Uskedalselva	13.05.2024	Midt	Ørret	115	30,07	428,23	2,27
Uskedalselva	13.05.2024	Midt	Ørret	115	40,42	437,60	2,19
Uskedalselva	13.05.2024	Midt	Laks	106	31,16	727,50	2,12
Uskedalselva	13.05.2024	Nede	Laks	111	42,90	322,14	2,52
Uskedalselva	13.05.2024	Nede	Laks	122	35,53	576,96	2,86
Uskedalselva	13.05.2024	Nede	Laks	116	22,55	431,69	2,43
Uskedalselva	13.05.2024	Nede	Laks	122	25,46	381,09	2,26
Uskedalselva	13.05.2024	Nede	Ørret	108	27,80	353,29	3,15
Daleelva	03.05.2024	Oppe	Ørret	121	131,18	434,33	2,35
Daleelva	03.05.2024	Oppe	Laks	119	150,78	333,88	2,35
Daleelva	03.05.2024	Oppe	Laks	119	109,59	431,25	2,69
Daleelva	03.05.2024	Oppe	Ørret	120	175,54	491,00	17,41
Daleelva	03.05.2024	Oppe	Laks	112	100,48	431,76	2,44
Daleelva	03.05.2024	Nede	Ørret	133	122,87	549,54	1,99
Daleelva	03.05.2024	Nede	Laks	130	113,10	441,20	2,62
Daleelva	03.05.2024	Nede	Ørret	113	43,28	502,01	2,82
Daleelva	03.05.2024	Nede	Laks	125	90,06	724,92	4,37
Daleelva	03.05.2024	Nede	Ørret	110	50,62	638,21	2,47
Daleelva	15.05.2024	Oppe	Laks	109	84,51	475,58	2,03
Daleelva	15.05.2024	Oppe	Ørret	128	79,21	318,15	1,59
Daleelva	15.05.2024	Oppe	Ørret	123	103,04	396,57	1,91
Daleelva	15.05.2024	Oppe	Laks	112	84,17	607,27	2,21
Daleelva	15.05.2024	Oppe	Laks	100	100,23	477,30	1,90
Daleelva	15.05.2024	Nede	Laks	123	96,44	346,26	2,25
Daleelva	15.05.2024	Nede	Laks	115	69,31	427,52	3,05
Daleelva	15.05.2024	Nede	Laks	112	77,98	344,61	1,79
Daleelva	15.05.2024	Nede	Laks	112	71,80	324,07	1,91
Daleelva	15.05.2024	Nede	Laks	104	29,65	122,38	0,48

Vassdrag	Elvedel	Dato	Art	Lengde (mm)	Aluminium	Jern	Kobber
Flekke- Guddal	03.05.2024	Oppe	Ørret	136	58,36	715,45	2,11
Flekke- Guddal	03.05.2024	Oppe	Ørret	139	37,70	574,67	3,14
Flekke- Guddal	03.05.2024	Oppe	Ørret	139	29,31	647,98	1,95
Flekke- Guddal	03.05.2024	Oppe	Ørret	180	94,29	1169,81	2,08
Flekke- Guddal	03.05.2024	Oppe	Ørret	192	34,00	630,96	2,29
Flekke- Guddal	03.05.2024	Midt	Laks	145	32,26	352,74	2,47
Flekke- Guddal	03.05.2024	Midt	Laks	119	11,11	537,26	2,23
Flekke- Guddal	03.05.2024	Midt	Laks	120	14,18	341,46	5,41
Flekke- Guddal	03.05.2024	Midt	Laks	130	45,02	794,42	9,18
Flekke- Guddal	03.05.2024	Midt	Laks	109	84,24	852,61	2,76
Flekke- Guddal	03.05.2024	Nede	Laks	130	21,06	342,50	3,80
Flekke- Guddal	03.05.2024	Nede	Laks	142	23,13	582,70	3,11
Flekke- Guddal	03.05.2024	Nede	Laks	123	11,10	428,49	2,56
Flekke- Guddal	03.05.2024	Nede	Laks	134	11,59	711,18	2,46
Flekke- Guddal	03.05.2024	Nede	Laks	138	20,87	556,33	4,16
Flekke- Guddal	15.05.2024	Oppe	Ørret	154	20,79	453,29	1,59
Flekke- Guddal	15.05.2024	Oppe	Ørret	200	38,17	342,53	1,43
Flekke- Guddal	15.05.2024	Oppe	Ørret	162	27,29	243,35	1,54
Flekke- Guddal	15.05.2024	Oppe	Ørret	110	44,54	425,00	1,99
Flekke- Guddal	15.05.2024	Oppe	Ørret	109	46,52	478,53	1,88
Flekke- Guddal	15.05.2024	Midt	Laks	117	8,58	356,31	2,23
Flekke- Guddal	15.05.2024	Midt	Ørret	120	6,87	318,10	1,83
Flekke- Guddal	15.05.2024	Midt	Laks	112	7,91	474,33	1,94
Flekke- Guddal	15.05.2024	Midt	Laks	135	15,16	315,61	1,97
Flekke- Guddal	15.05.2024	Midt	Laks	139	8,50	286,08	1,71
Flekke- Guddal	15.05.2024	Nede	Laks	142	14,09	646,83	2,25
Flekke- Guddal	15.05.2024	Nede	Laks	141	20,79	505,29	2,41
Flekke- Guddal	15.05.2024	Nede	Laks	135	15,89	595,55	2,12
Flekke- Guddal	15.05.2024	Nede	Laks	121	10,06	542,53	1,90
Flekke- Guddal	15.05.2024	Nede	Laks	138	14,36	532,03	1,95
Flekke- Guddal	15.05.2024	Nede	Laks	138	14,36	532,03	1,95