

Gjellealuminium på smolt i Agder og Rogaland våren 2023



Biota Naturkompetanse AS

Edvard Griegs vei 3A, 5059 Bergen

Foretaksnummer 929 669 789

www.biota.no

Rapport

Gjellealuminium på smolt i Agder og Rogaland våren 2023	Rapportnr. 28	Dato 13.02.2024
Forfattere Bjart Are Hellen	Antall sider 27	ISBN nr. 978-82-94075-09-6
Oppdragsgiver Statsforvalterne i Agder og i Rogaland	Oppdrag gitt (dato) 03.04.2023	

Kvalitetssikring		
Navn og stilling Linn Eilertsen	Dato 01.11.2023	Signatur 

Emneord	
Labilt aluminium	Arendalsvassdraget
DGT	Lygna
Gjellealuminium	Dirdalsvassdraget
TOC	Frafjordelva
Vannkjemi	Jørpelandsvassdraget

Forsidebilde: Laksesmolt nede i Dirdalsåna, klar for å få dissekert ut en gjellebue.

FORORD

Biota Naturkompetanse AS har på oppdrag fra Statsforvalteren i Agder og Rogaland undersøkt vannkvalitet, mengde av gjellealuminium og målt aluminium i vannet med passive prøvetakere (DGT) på tre stasjoner i fem vassdrag, to i Agder og tre i Rogaland.

Feltundersøkelser ble utført i perioden 17. april til 3. mai 2023. Bjart Are Hellen, som er cand. scient. i ferskvannsøkologi, hadde ansvaret for feltarbeidet og har utarbeidet rapporten.

Biota Naturkompetanse AS takker Odd Neset, Alf Friestad, Geir Johnsen, Hallgeir Vildalen, og Arild Jørpeland for god assistanse i forbindelse med feltarbeidet.

Takk også til Kjetil Vidar Kittelsen, Arne Kristensen, Terje Gilja, Bjørn Kjetil Frafjord, Jon Haaland og Trond Erik Børresen for tilrettelegging og informasjon i forbindelse med feltarbeidet og om vassdragene, og takk til elveeierlagene i de fem vassdragene som gav tillatelse til å gjennomføre disse undersøkelsene.

Miljødirektoratet og Statsforvalteren ønsker å styrke kunnskapsgrunnlaget knyttet til vannkvalitet og forurensningstilstand og påvirkning på laks. Denne rapporten er den del av et analyseprogram som inkluderer gjellealuminium og vannprøver i utvalgte laksevassdrag våren 2023. 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 Statsforvalterne i Agder og Rogaland for oppdraget.

INNHold

Sammendrag	2
Innledning.....	3
Lokalitetene	4
Metode	6
Resultater	8
Diskusjon/Oppsummering.....	18
Referanser	21
Vedlegg	22

SAMMENDRAG

Hellen B A 2024. Gjellealuminium på smolt i Agder og Rogaland våren 2023. Biota rapport nr. 28. 27 sider. ISBN 978-82-94075-09-6.

I dette oppdraget ble vannkjemiske forhold knyttet til forsurening og mengdene av aluminium på fiskegjeller undersøkt en gang i april og en gang i mai 2023 i fem vassdrag: Arendalsvassdraget og Lygna i Agder og Dirdalsvassdraget, Frafjordelva og Jørpelandsvassdraget i Rogaland. Konsentrasjonen av aluminium ble også registrert med en passiv prøvetaker mellom de to måletidspunktene. Totalt ble tre lokaliteter i hvert vassdrag undersøkt, fire av vassdragene er avsyret med kalk eller silikatlut. I disse fire vassdragene lå en av stasjonene i hver elv oppstrøms avsyringen, og fungerte som referansestasjon.

De to elvene i Agder hadde et innhold av totalt organisk karbon (TOC) på mellom 4 og 6 mg/l, mens konsentrasjonen i de tre Rogalandselvene var under 2 mg/l. Det er satt et pH-mål for kalkingen i tre av vassdragene. Målet var nådd for begge vassdragene i Agder, mens det i Frafjordelva var nådd midt i vassdraget, men var 0,1 til 0,2 pH-enheter under målet nederst i elven.

Resultatene fra de avsyrede vassdragene viste en betydelig effekt av avsyringen. pH var høyere på avsyrede stasjoner, og konsentrasjonen av labilt aluminium (LAI) og mengden gjellealuminium var redusert. For Agderelvene ble det imidlertid målt relativt høye konsentrasjoner av labilt aluminium også på de kalkpåvirkede stasjonene, og i forhold til klassifiseringsveilederen lå verdiene i tilstandsklasse «moderat» til «dårlig». I Frafjordelva var tilstanden «god» på kalket strekning med hensyn på labilt aluminium, mens den var på grensen mellom «god» og «moderat» på silikatbehandlet strekning i Jørpelandsvassdraget.

Det var god korrelasjon mellom LAI og mengden gjellealuminium for fylkene separat, mens det var en sterk korrelasjon mellom pH og gjellealuminium i Agder, i Rogaland var denne korrelasjonen svak. Basert på dette resultatet er pH en bedre måleparameter for å uttrykke mengden gjellealuminium i elver med moderate mengder med TOC, mens labilt aluminium korrelerer bedre med mengden gjellealuminium i elver med lite TOC (klare elver). Korrelasjonene, særlig i Agder, bygger på et relativt lite materiale, noe som øket usikkerheten. For mengder av gjellealuminium på under 100 µg/g gjelle, er det svake korrelasjoner og dette spekteret representerer «god», «moderat» og delvis «dårlig» tilstandsklasser.

Det var god korrelasjon mellom reaktivt aluminium målt med passiv prøvetaker (DGT-aluminium) og mengden gjellealuminium, denne sammenhengen så ut til å være lite påvirket av innholdet av TOC i vannet. Korrelasjonen bæres imidlertid av høye konsentrasjoner av gjellealuminium, og når en ser på verdier med gjellealuminium på mindre enn 50 µg/g gjelle, er det ingen korrelasjon mellom de to parameterne, og dette spekteret representerer «god» og «moderat» tilstandsklasse. Dette kan indikere at målingene med de passive prøvetakerne eller gjellealuminium ved så lave verdier har for stor usikkerhet til at de er egnet til å fange opp endringer ved lave konsentrasjoner.

INNLEDNING

Mange vassdrag i Sør-Norge har vært utsatt for forsurening, men siden 1990-tallet har forsureingssituasjonen bedret seg. I den siste overvåkningsrapporten fra kalkede vassdrag ble det konkludert med at kalking fortsatt var nødvendig i mange vassdrag for å sikre at de mest forsurelsfølsomme organismene skal kunne leve og reprodusere i de kalkede elvene (Hellen mfl. 2022). Forvaltningen ved Miljødirektoratet og Statsforvalteren arbeider systematisk med optimalisering, planlegging og gjennomføring av kalkingsprosjekter for å motvirke forsurening i innsjøer og laksevassdrag. Det har de siste årene vært en betydelig reduksjon i kalkforbruket i mange av laksevassdragene i Norge. Hellen mfl. (2022) foreslo at en ytterligere reduksjon av pH-mål, som vil gi redusert kalkbehov, eller at opphør av kalking ikke bør gjennomføres uten et bedre datagrunnlag for giftig aluminium i ukalkede deler av vassdragene, og bør følges opp med økt kontroll av biologiske effekter, som for eksempel akkumulering av aluminium på gjellene hos laks.

Analyse av aluminium på gjeller hos fisk ble innført og var en viktig støtteparameter i forskningsvirksomheten knyttet til forsureningsproblematikk 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, Kroglund og Rosseland 2004, Teien mfl. 2006). Studier har vist at det er en sammenheng mellom mengden gjellealuminium hos smolten og overlevelsen i sjø (Kroglund 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 er derfor inkludert i dette prøvetakingsprogrammet. Formålet er å finne ut om bruk av DGT gir sammenlignbare resultater med analyse av gjellealuminium.

Det er også ønskelig å få svar på om kalkingen er tilstrekkelig, og om annen optimalisering er nødvendig, evt. om kalkingen kan avsluttes.

LOKALITETENE

Det ble utført undersøkelser i fem vassdrag, to i Agder og tre i Rogaland. I hvert vassdrag ble det gjort undersøkelser på tre stasjoner (**Tabell 1**). I Arendalsvassdraget og Lygna i Agder og i Frafjordelva i Rogaland pågår det kalking, mens det i Jørpelandssåna i Rogaland er avsyring med silikatlut. I Dirdalsåna (Rogaland) er det ikke avsyringstiltak. I vassdragene med avsyring ble det samlet inn prøver tatt fra én stasjon i hvert vassdrag som ikke var påvirket av avsyringen (referansestasjon), samt to stasjoner på avsytet strekning, fortrinnsvis midt i vassdraget og i nedre del.

Kalkingsmålet i undersøkelsesperioden for de tre kalkede vassdragene var pH 6,4, for Jørpelandssåna er det ikke satt et konkret pH-mål for avsyringen.

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 1. og 2. prøvetakingsrunde.

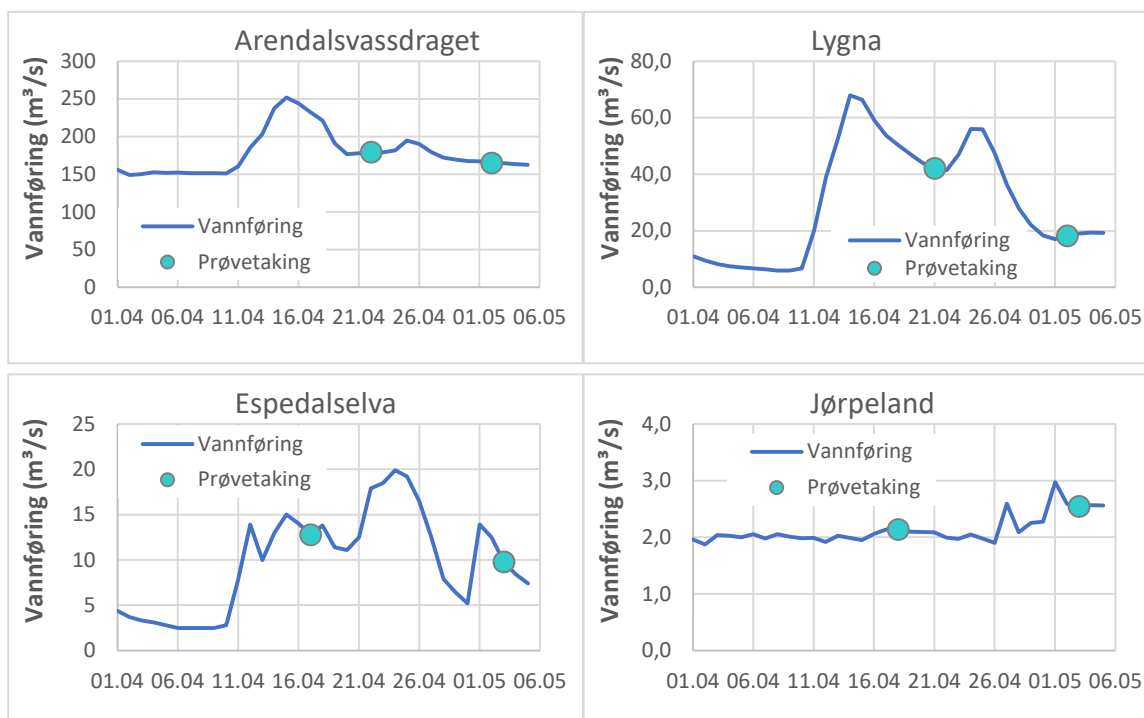
Vassdrag (navn og nr.)	Lokalitetsnavn	Vann lok ID	UTM X	UTM Y	Dato 1. runde	Dato 2. runde
Arendalsvassdr.	Songeelva, oppstrøms	019-101022	479908	6495739	21.apr	02.mai
019.Z	Songeelva, nede	019-92697	478571	6485470	21.apr	02.mai
	Nidelva, nede	019-81548	479233	6473895	21.apr	02.mai
Lygna	Lygna, oppstrøms	024-31985	395610	6471930	22.apr	02.mai
024.Z	Lygna, midt	024-114672	394329	6462479	22.apr	02.mai
	Lygna, nede	024-59756	387507	6448612	22.apr	02.mai
Dirdalsåna	Dirdalselva, oppe	030-44501	345296	6519066	17.apr	03.mai
030.2Z	Dirdalselva, Giljabekken	030-106588	341356	6521675	17.apr	03.mai
	Dirdalselva, nede	030-114674	337702	6525284	17.apr	03.mai
Frafjordelva	Frafjordelva, oppe	030-58761	347134	6525620	17.apr	03.mai
030.Z	Frafjordelva, Nordalsåna	030-58760	346927	6525758	17.apr	03.mai
	Frafjordelva, nede	030-58757	343835	6525894	17.apr	03.mai
Jørpelandssåna	Jørpeland, oppstrøms	032-59587	333860	6548135	18.apr	03.mai
032.Z	Jørpeland, midt	032-59837	331745	6546243	18.apr	03.mai
	Jørpeland, nede	032-59840	330406	6545662	18.apr	03.mai

Vannføring

Det var betydelig snøsmelting og en del nedbør før den første prøvetakingsrunden, og vannføringen var høy både i Arendalsvassdraget og i Lygna. Det var fortsatt betydelig snøsmelting ved den andre prøvetakingsrunden i Arendalsvassdraget, mens vannføringen hadde falt noe i Lygna til prøvetakingstidspunktet i begynnelsen av mai (**Figur 1**).

Det er ikke vannføringsmåler i Dirdalselva eller i Frafjordelva, men vannføringen i nabovassdraget Espedalselva gir et relativt godt uttrykk for vannføringen i Frafjord og Dirdalsvassdraget. Målingen viser at det var relativt høy vannføring ved første prøvetaking, men at den var noe redusert ved prøvetakingen i mai. Dette stemmer også godt overens med inntrykket en fikk av vannføringen i Dirdalsvassdraget og Frafjordelva under feltarbeidet.

I Jørpelandsvassdraget var det minste vannføring på strekningen ved prøvetakingen i april, og bare litt høyere vannføring i mai (**Figur 1**).



Figur 1. Vannføring med markert prøvetakingstidspunkt i de undersøkte vassdragene. Oppe til venstre: Vannføring i Arendalsvassdraget, data fra NVE-målestasjon: Rygene total (19.127). Oppe til høyre: Vannføring i Lygna, data fra NVE-målestasjon Tingvatnet (24.9). Nede til venstre: Vannføring i Espedalselva, som her er brukt som uttrykk for vannføringen i nabovassdraget Frafjordelva og i Dirdalsvassdraget, data er hentet fra figur med [vannføringskurve](#) på nettsiden til [Espedalselva Elveeigarlag](#). Nede til høyre: Vannføring ved målestasjon Fiskeklubben i Jørpelandsåna, data mottatt fra Torbjørn Ims Østby, Lyse Produksjon.

METODE

Vannprøver

Ved hvert besøk på prøvetakingsstasjonene ble det tatt vannprøver. Prøven ble oppbevart mørkt og kjølig fram til de bli levert inn til det akkrediterte laboratoriet Eurofins og analysert for pH, turbiditet, magnesium, natrium, kalsium, kalium, klorid, sulfat, nitrat, total reaktiv aluminium (TRAL), ikke-løslig aluminium (ILAL), total alkalinitet (ALK), Pt-farge og TOC. Basert på analyseresultatene ble løslig aluminium (LAI) og ANC beregnet.

Gjelleprøver

Det ble samlet inn gjeller fra 5 laks eller ørret på tre stasjoner i hvert vassdrag ved to anledninger (**Tabell 1**). Det ble primært fanget fisk som var i ferd med å smoltifisere, men på enkelte stasjoner som lå oppstrøms anadromt vandringshinder var det bekkeørret som ble 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 seks vassdrag i Vestland inkludert i datagrunnlaget (Hellen 2023 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 var en tendens mot at ørret hadde en høyere konsentrasjon av aluminium på gjellene ($p=0,08$), det var særlig de to stasjonene nederst i Dirdalselva og i Jørpelandsåna i april som drev signifikantnivået opp, uten disse stasjonene var det ingen antydning til sammenheng mellom art og aluminiumskonsentrasjon ($p=0,81$). Både laks og ørret ble derfor brukt samlet i den videre dataanalysen.



Figur 2. Laksesmolt fra stasjonen nederst i Songeelva i Arendalsvassdraget den 21. april 2023.

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.

Den ene forsendelsen til NIVA ble feilsendt av posten og brukte så lang tid at det for to av prøvene ikke var mulig å gjøre analyser av gjellene.

På laboratoriet ble gjellene frysetørket og oppløst i syre, og konsentrasjonen av aluminium (Al), jern (Fe) og kobber (Cu) 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 3**.

Passiv prøvetaker (DGT)

De passive prøvetakerne ble hengt ut på de samme stasjonene som 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.

Prøvetakerne ble hengende fra første til andre prøvetakingsrunde, og prøvetakingsperioden varierte fra 11 til 17 dager. Etter innsamling ble prøvene 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 Dirdalselva, klar for å få dissekert ut en gjellebue. Høyre: Nett med passiv prøvetaker i Jørpelandsåna, en lakseparr kom også med på bildet. 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 veileder 02:2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann.

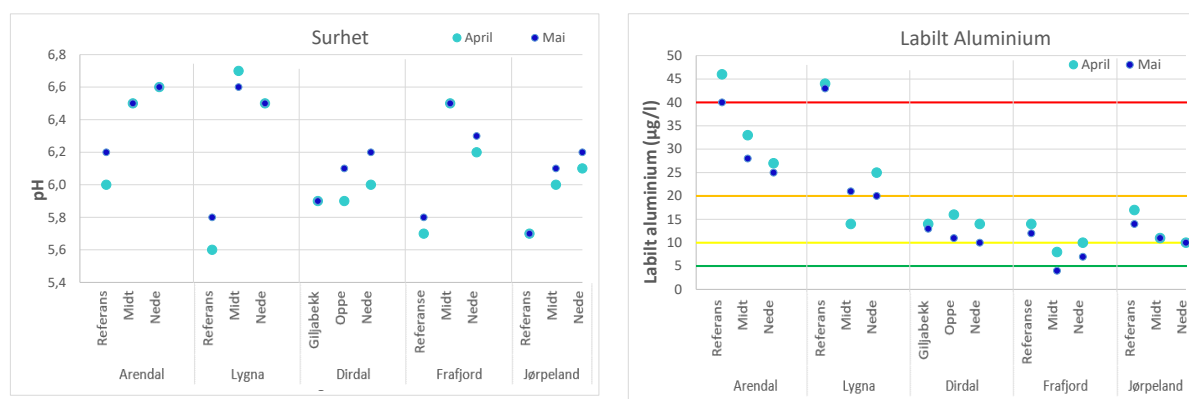
RESULTATER

Vannkjemi

Det var relativt liten variasjon i pH mellom de to prøvetidspunktene, størst avvik var 0,2 pH-enheter, og med unntak av den midterste stasjonen i Lygna, var pH enten lik eller høyere i mai enn i april. Også mengden av labilt aluminium var relativt lik mellom de to tidspunktene, og størst avvik var 7 µg/l. Med unntak av den midterste stasjonen i Lygna var konsentrasjonene av labilt aluminium lavere i mai enn i april, og med noen få unntak lå verdiene i samme tilstandsklasse (**Figur 4**).

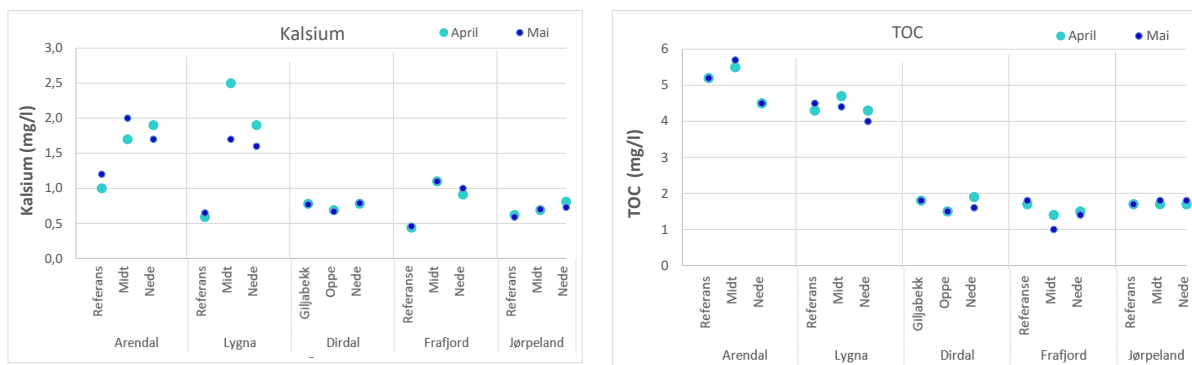
Referansestasjonen i Lygna som lå i Lisleåna ved Helle, oppstrøms kalkdosereren, hadde de laveste pH-verdiene med målinger fra 5,6 til 5,8 i hhv. april og mai, og blant de høyeste konsentrasjonene av labilt aluminium med mellom 40 og 50 µg/l. Også referansestasjonen i Songeelva i Arendalsvassdraget hadde relativt høy konsentrasjon av labilt aluminium med verdier på hhv. 44 og 43 µg/l. Det var også disse to vassdragene som hadde de høyeste pH-verdiene på kalket del med verdier mellom 6,5 og 6,7. Trass i høy pH var konsentrasjonen av labilt aluminium relativt høy på kalket del og var fra 14 til 25 µg/l i Lygna og fra 25 til 33 µg/l i Arendalsvassdraget (**Figur 4**). Konsentrasjonen av labilt aluminium tilsvarer «svært dårlig» tilstandsklasse på referansestasjonene og «moderat» til «dårlig» tilstand på kalket del i disse to vassdragene.

I Dirdalsvassdraget, som ikke er kalket, var det pH mellom 5,9 og 6,2, og konsentrasjonen av labilt aluminium lå mellom 10 og 16 µg/l som gir «moderat» tilstandsklasse. I Frafjordelva og Jørpelandsåna var pH fra 5,7 til 5,8 på referansestasjonene, mens den økte nedover i vassdraget. I Frafjordelva var den mellom 6,2 og 6,5 på kalket strekning, mens den var mellom 6,0 og 6,2 på silikatbehandlet strekning i Jørpelandsåna. Konsentrasjonen av labilt aluminium var mellom 12 og 17 µg/l på referansestasjonene i de to vassdragene, noe som tilsvarer «moderat» tilstandsklasse. På de to kalkete stasjonene i Frafjordelva var konsentrasjonen av labilt aluminium mellom 4 og 10 µg/l, som gir «god» tilstand. I Jørpelandsvassdraget var konsentrasjonen fra 10 til 11 µg/l, som er på grensen mellom «god» og «moderat» tilstand (**Figur 4**).



Figur 4. Surhet (pH) og konsentrasjon (µg/l) av labilt aluminium på de undersøkte stasjonene i april og mai 2023. 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**.

De kalkete delene av Arendalsvassdraget og Lygna hadde en betydelig høyere konsentrasjon av kalsium sammenlignet med Frafjordelva som også kalkes. De laveste verdiene av kalsium var det på referansestasjonen i Lygna og på referansestasjonen i Frafjordelva (**Figur 5**). I Arendalsvassdraget var det relativt høy konsentrasjon av kalsium også på referansestasjonen.



Figur 5. Kalsiumkonsentrasjonen (mg/l) og konsentrasjon totalt organisk karbon (mg TOC/l) på de undersøkte stasjonene i april og mai 2023. For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

Innholdet av TOC (totalt organisk karbon) var betydelig høyere i Agder enn i Rogaland (**Figur 5**). I Agder lå konsentrasjonen mellom 4 og 6 mg/l, mens det i Rogalandselvene var mellom 1 og 2 mg/l.

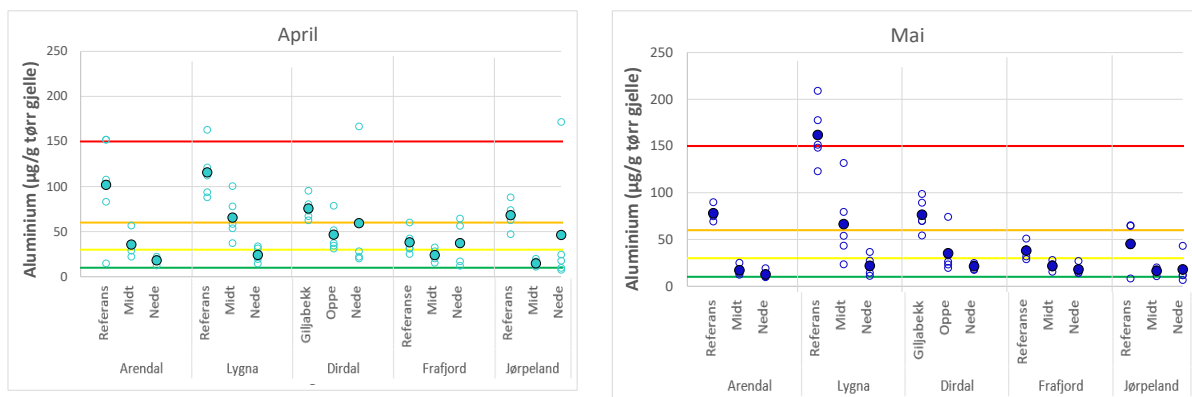


Figur 6. Vannprøver innsamlet 2. og 3. mai i tre elver i Rogaland til venstre og i to elver i Agder til høyre. Vannet i Agder har betydelig mer farge enn det fra Rogaland.

Gjelleprøver

De høyeste gjennomsnittlige konsentrasjonene av aluminium på gjellene ble målt på referansestasjonene i Arendalsvassdraget og i Lygna, og i Arendalsvassdraget kom referansestasjonene i tilstandsklasse «moderat» både i april og mai. I Lygna kom referansestasjonen i tilstandsklasse «dårlig» i april og «svært dårlig» i mai. Det var også enkeltmålinger med høye konsentrasjoner av gjellealuminium nede i Dirdalselva og Jørpelandlåna i april, begge disse enkeltmålingene var på ørret. Det var noe variasjon i konsentrasjonene av gjellealuminium mellom enkeltfisk på hver stasjon, men variasjonen avtok når konsentrasjonen gikk ned (**Figur 7**).

På de to kalkete stasjonene i Arendalsvassdraget var gjennomsnittlig konsentrasjon av aluminium på gjellene 35 og 18 µg/g gjelle i april og 16 og 12 µg/g gjelle i mai. For april gir dette tilstandsklasse «moderat» nederst i Songeelva, og «god» nederst i vassdraget, i mai var det «god» tilstand på begge stasjonene. På kalket del i Lygna var tilstanden «dårlig» på den midterste stasjonen både i april og mai, mens den var «god» på den nederste stasjonen på begge måletidspunktene (**Figur 7**).

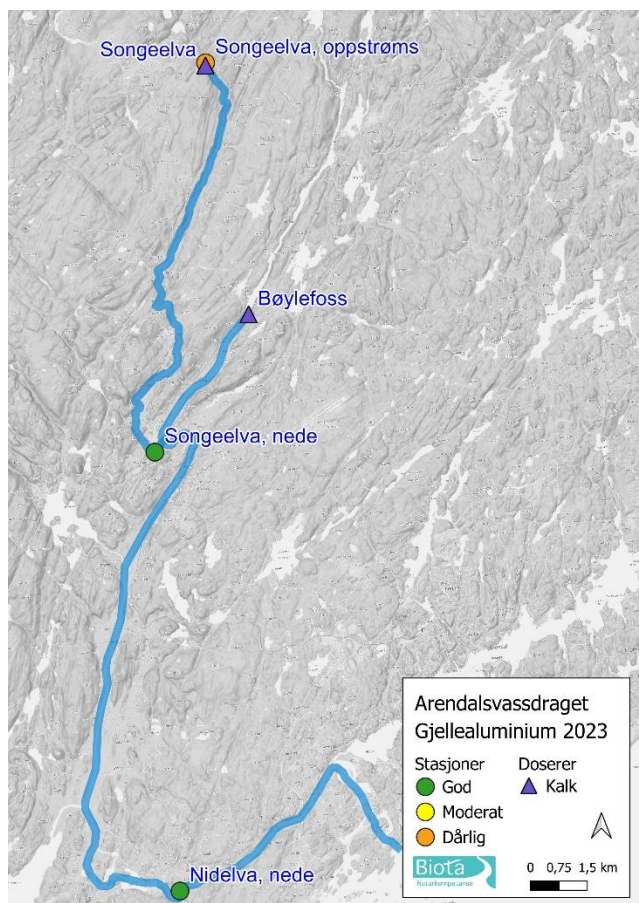


Figur 7. Mengde av aluminium på gjellene til undersøkt fisk i to vassdrag i Agder og tre i Rogaland i april og mai 2023. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er tilstandsklasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er tilstandsklasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig». For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

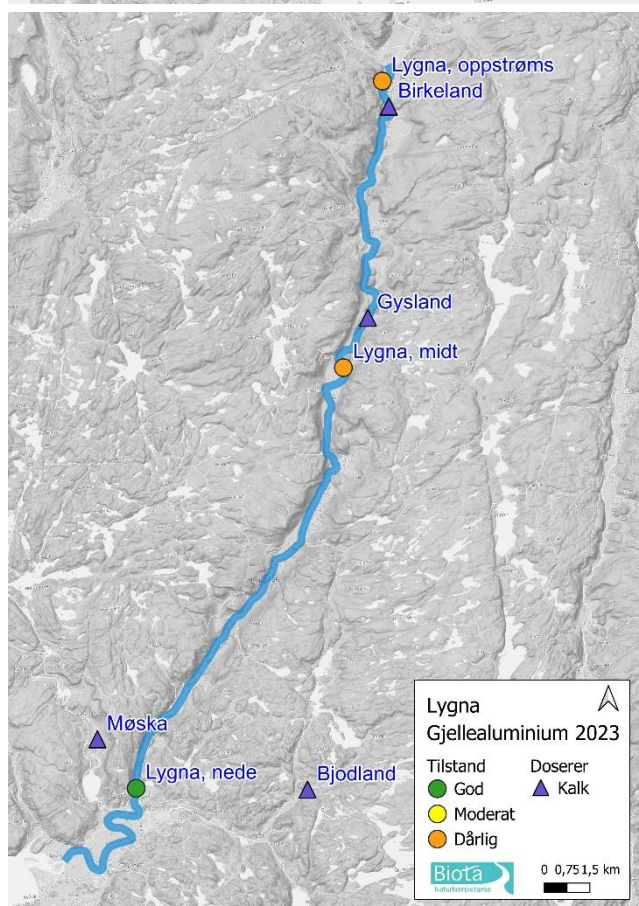
Giljabekken i Dirdalsvassdraget hadde gjennomsnittsverdier på 76 µg/g gjelle både i april og mai, som gir tilstandsklasse «dårlig». På de to stasjonene i hovedelven var det «dårlig» tilstand i april, det var det også på den øverste stasjonen i mai, mens den nederste stasjonen kom i tilstandsklasse «moderat» i mai. I Frafjordelva tilsier gjennomsnittlig verdi av gjellealuminium «moderat» tilstand på referansestasjonen (Nordalsåna) både i april og mai. På den midterste stasjonen var tilstanden «god» både i april og mai, mens den nede i vassdraget var «moderat» i april og «god» i mai (**Figur 7**).

I Jørpelandlåna var mengden av gjellealuminium på referansestasjonen oppstrøms silikatanlegget på 68 og 45 µg/g gjelle i hhv. april og mai, dette tilsvarer tilstandsklasse «dårlig» og «moderat». På den midterste stasjonen var det relativt lave mengder med aluminium på gjellene og både i april og mai og stasjonen kom i tilstandsklasse «god». Nede i Jørpelandlåna var det litt mer aluminium på gjellene i april og stasjonen fikk da tilstandsklasse «moderat», mens den var «god» i mai (**Figur 7**).

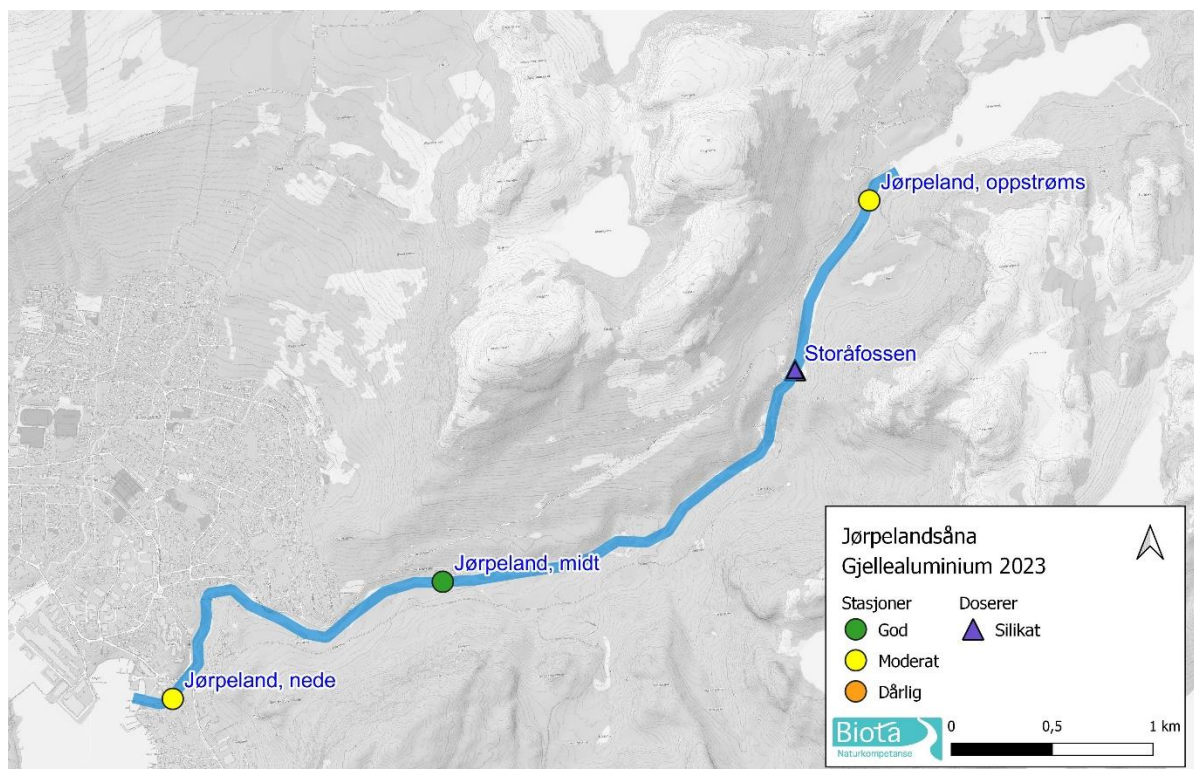
Tilstandsklasse basert på gjennomsnittlig konsentrasjon av gjellealuminium for prøvetakingen i april og mai for enkeltstasjoner i hvert av de fem vassdragene er vist i **Figur 8** til **Figur 11**.



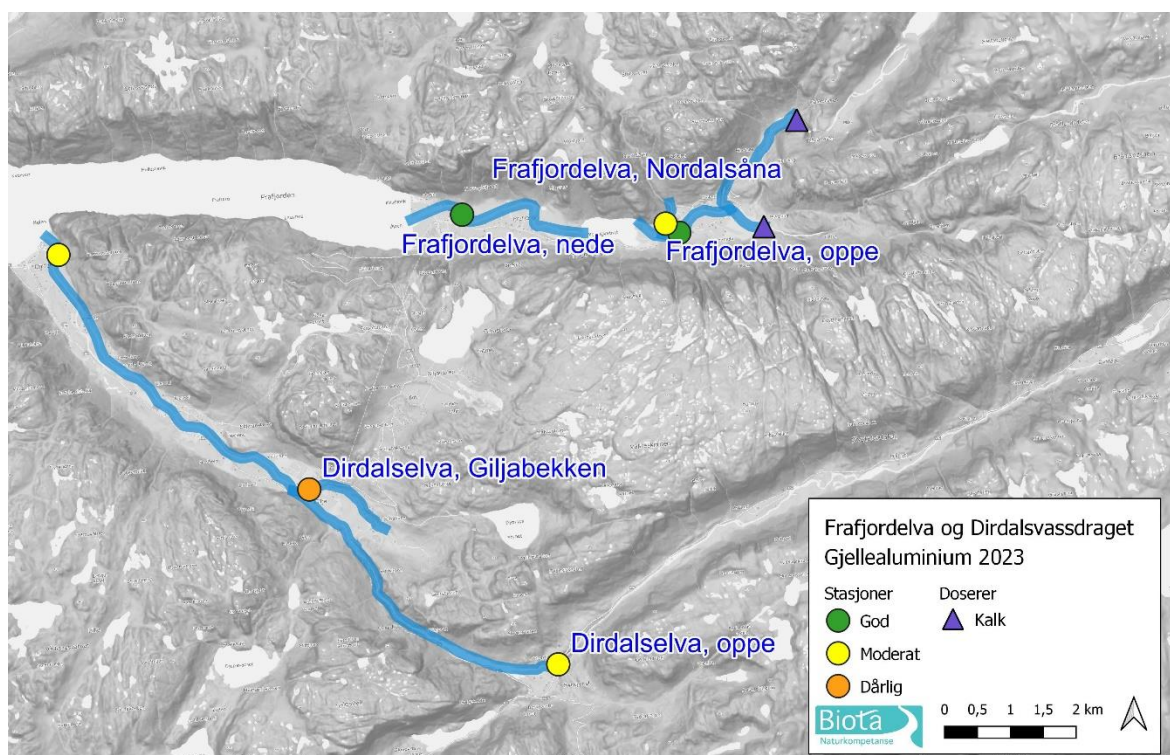
Figur 8. Arendalsvassdraget med plassering av stasjoner for gjeleprøvetaking i april og mai 2023. Tilstandsklasse iht. veileder 02:2018 basert på gjelealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene målt i april og mai er vist i kartet.



Figur 9. Lygna med plassering av stasjoner for gjeleprøvetaking i april og mai 2023. Tilstandsklasse iht. veileder 02:2018 basert på gjelealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene målt i april og mai er vist i kartet.



Figur 10. Jørpelsånavassdraget med plassering av stasjoner for gjelleprøvetaking i april og mai 2023. Tilstandsklasse iht. veileder 02:2018 basert på gjellealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene målt i april og mai er vist i kartet.

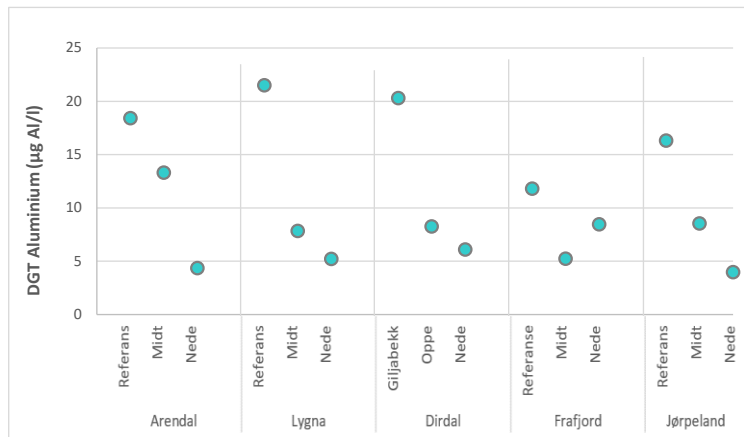


Figur 11. Frafjordelva og Dirdalselva med plassering av stasjoner for gjelleprøvetaking i april og mai 2023. Tilstandsklasse iht. veileder 02:2018 basert på gjellealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene målt i april og mai er vist i kartet.

Passiv prøvetaker (DGT)

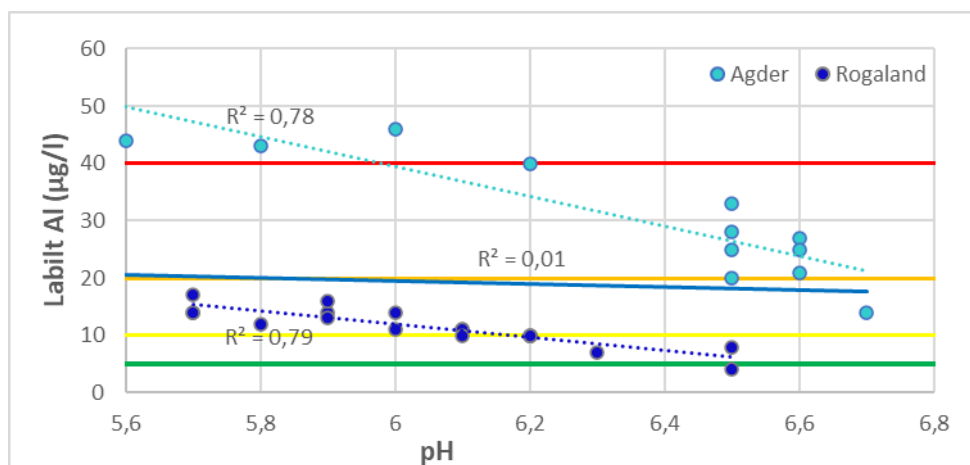
De passive prøvetakerne viste relativt stor variasjon mellom de ulike stasjonene. De høyeste verdiene ble målt i referanselokalitetene i Arendalsvassdraget og Lygna, samt i Giljabekken i Dirdalsvassdraget. Det var også relativt høye verdier av aluminium på den midterste stasjonen i Arendalsvassdraget (nederst i Songeelva) og på referansestasjonen i Jørpelandssåna (**Figur 12**). I alle de undersøkte vassdragene var det lavere verdier av DGT-aluminium på de avsyrede strekningen sammenlignet med referansestasjonen.

Figur 12. Reaktivt aluminium målt med DGT (DGT-Al) i to vassdrag i Agder og tre i Rogaland fra slutten av april til begynnelsen av mai 2023. For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.



Sammenheng mellom pH og labilt aluminium

For hele materialet samlet er det ingen korrelasjon mellom pH og konsentrasjonen av labilt aluminium, men for målingene i Agder og Rogaland separat er det sterke korrelasjoner mellom pH og konsentrasjonen av LAI (**Figur 13**). Konsentrasjonen av labilt aluminium er to til tre ganger høyere i de to Agdervassdragene enn i de tre elvene i Rogaland ved de samme pH-verdiene.



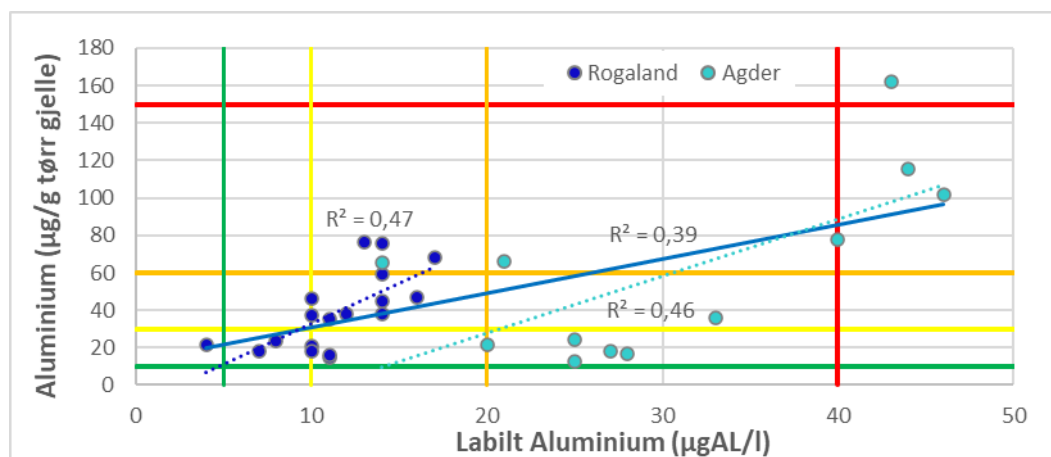
Figur 13. Sammenheng mellom pH og konsentrasjon av labilt aluminium i vannprøvene fra april og mai 2023 på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre i Rogaland. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er klasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig» iht. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Rogaland (stiplet mørkeblå).

Sammenheng mellom labilt aluminium og gjellealuminium

For hele det innsamlede materialet var det en moderat positiv korrelasjon mellom konsentrasjonen av labilt aluminium i de vannkjemiske prøvene og mengden aluminium på gjellene fra de samme stasjonene (**Figur 14**). Sammenhengen bæres imidlertid av punktene med høye verdier av labilt aluminium. For konsentrasjoner av labilt aluminium lavere enn 40 µg/l er det ingen korrelasjon med mengden aluminium på gjellene når en vurderer hele datamaterialet samlet.

For Agder er det med unntak av målingene fra den midterste stasjonen i Lygna, en svært god sammenheng mellom målt konsentrasjon labilt aluminium og mengden av aluminium på gjellene (**Figur 14**). Det er imidlertid ingen korrelasjon i Agder for LAI under 40 µg/l, eller gjellealuminium på mindre enn 100 µg/g gjelle. For Rogaland er det også en relativt god korrelasjon mellom konsentrasjonen av labilt aluminium og mengden av aluminium på gjellene (**Figur 14**).

Med unntak av de to målingene på den midterste stasjonen i Lygna er det generelt slik at lave konsentrasjoner av labilt aluminium i Rogalandselvene gir like mye gjellealuminium som betydelig høyere konsentrasjoner av labilt aluminium i Agderelvene.



Figur 14. Sammenheng mellom labilt aluminium i vannprøvene og mengde av aluminium på gjellene (µg Al/g tørr gjelle) på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre i Rogaland i slutten av april og i begynnelsen av mai 2023. 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. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Rogaland (stiplet mørkeblå).

Tilstandsvurdering basert på labilt aluminium og gjellealuminium

I forhold til vanddirektivets klassegrenser ble vannkvaliteten med hensyn på labilt aluminium vurdert som referanseverdi på én stasjon, to stasjoner kom i kategorien «god», mens 16 stasjoner kom i tilstandsklasse «moderat». Av tilstandsklassene «dårlig» og «svært dårlig» var det hhv. 7 og 4 stasjoner (**Tabell 2**). Når en vurderte tilstandsklassene for de samme stasjonene med hensyn på mengden gjellealuminium kom 12 i kategorien «god», 9 i «moderat», mens hhv. 8 og 1 stasjon kom i kategoriene «dårlig» og «svært dårlig».

Tilstanden ble vurdert likt for 12 av målepunktene med de to tilnærmingene, mens klassifiseringen kom i dårligere kategori i 13 tilfeller om en brukte labilt aluminium i vannprøvene som måleparameter sammenlignet med om en brukte gjellealuminium. For fem tilfeller ble klassifiseringen bedre 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 Veileder 02:2018 på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre i Rogaland i slutten av april og i begynnelsen av mai 2023, totalt 30 målepunkt. Samlet for alle målepunktene er vist i svart, mens det i parentes er ført opp registreringer i Agder i lyseblått og Rogaland i mørkeblått.

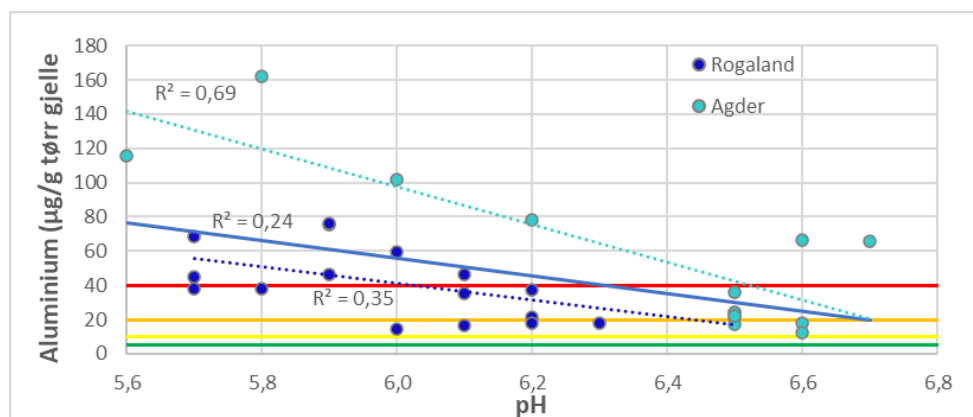
Labilt Al ($\mu\text{g Al/l}$)	Gjellealuminium ($\mu\text{g Al/g}$ tørr gjelle)					Totalt
	Referanse	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig	
Referanse		1 (0 - 1)				1 (0 - 1)
God		2 (0 - 2)				2 (0 - 2)
Moderat		4 (0 - 4)	8 (0 - 8)	4 (1 - 3)		16 (1 - 15)
Dårlig		5 (5 - 0)	1 (1 - 0)	1 (1 - 0)		7 (7 - 0)
Svært dårlig				3 (3 - 0)	1 (1 - 0)	4 (4 - 0)
Totalt	0	12 (5 - 7)	9 (1 - 8)	8 (5 - 3)	1 (1 - 0)	30 (12 - 18)

Det var særlig for målepunktene som kom i tilstandsklasse «god» basert på mengden av gjellealuminium det var stort avvik fra tilstandsklasse basert på konsentrasjonen av labilt aluminium. Av disse 12 prøvepunktene kom fem i tilstandsklasse «dårlig» basert på labilt aluminium, mens fire fikk tilstandsklasse «moderat», to fikk «god» og en kom i referanseklassen (Tabell 2).

Dataene viser et tydelig mønster i at det særlig i Agderelvene er store forskjeller i fastsettelsen av tilstandsklasse mellom de to målemetodene og tilstandsklassifisering basert på labilt aluminium gir generelt betydelig dårligere klassifisering enn ved bruk av gjellealuminium.

Sammenheng mellom pH og gjellealuminium

Det er en svak negativ korrelasjon mellom pH og mengden av aluminium på gjellene for hele det undersøkte materialet. For Agder er det en sterk korrelasjon mellom de to parameterne, men for stasjoner med pH mindre enn 6,0 eller mindre enn $100 \mu\text{g Al/g}$ gjelle er det ingen korrelasjon for Agder. For Rogaland er det en moderat korrelasjon mellom pH og mengden aluminium som ble målt på gjellene.

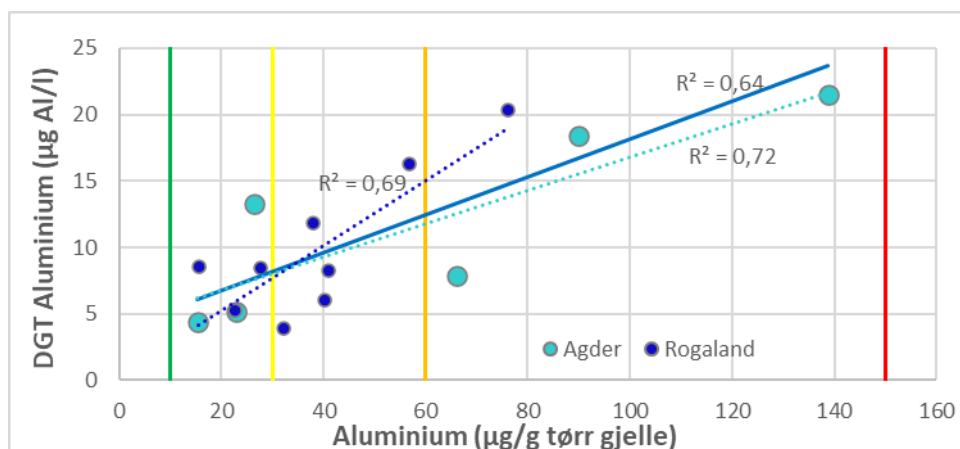


Figur 15. Sammenheng mellom pH i vannprøvene og mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g}$ tørr gjelle) på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre i Rogaland i slutten av april og i begynnelsen av mai 2023. Til venstre for grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er klasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig» iht. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Rogaland (stiplet mørkeblå).

Sammenheng mellom gjellealuminium og DGT-Al

For hele det innsamlede materialet er det en sterk positiv korrelasjon mellom gjennomsnittlig mengde av aluminium på gjellene i april og mai og DGT aluminium på de samme stasjonene. Det er

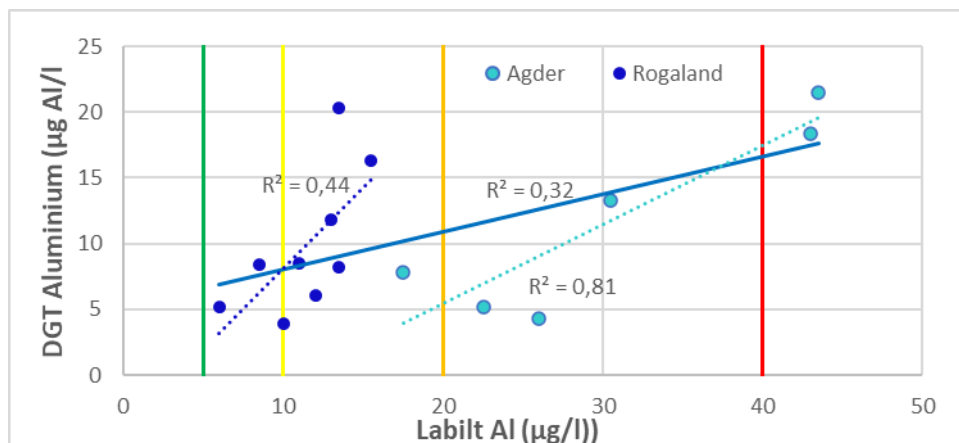
også en tilsvarende positiv korrelasjon om en ser på de to fylkene hver for seg (**Figur 16**). Når en ser bort fra stasjoner med DGT aluminium på over 15 $\mu\text{g Al/l}$ er det tilnærmet ingen korrelasjon mellom de to måleparameterne. For stasjoner med mindre enn 50 $\mu\text{g Al}$ per g tørr gjelle er det heller ingen korrelasjon mellom de to måleparameterne.



Figur 16. 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 femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre i Rogaland fra slutten av april til begynnelsen av mai 2023. 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. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Rogaland (stiplet mørkeblå).

Sammenheng mellom labilt aluminium og DGT-Al

Det var en moderat korrelasjon mellom gjennomsnittlig konsentrasjon av labilt aluminium målt på hver stasjon i april og mai og DGT-aluminium (**Figur 17**). Det blir svært små endringer i korrelasjonen om en benytter konsentrasjonene av labilt aluminium i april og mai separat opp mot DGT-Al. Korrelasjonen bæres primært av de høyeste verdiene, og som en ser av **Figur 17** får en på stasjoner der en måler mellom 10 og 15 µg/l labilt aluminium verdier på mellom 4 og 20 µg/l i DGT-aluminium, noe som dekker omtrent hele spekteret av DGT-aluminium i denne undersøkelsen.



Figur 17. Sammenheng mellom gjennomsnittlig konsentrasjon av labilt aluminium i vannprøvene fra april og mai og reaktivt aluminium målt med DGT (DGT-Al (µg Al/l)) på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre i Rogaland fra slutten av april til begynnelsen av mai 2023. 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. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Rogaland (stiplet mørkeblå).

Om en ser på Rogalands- og Agderelvene separat, er det en svært god korrelasjon mellom målt konsentrasjon av labilt aluminium og DGT-aluminium i de to Agderelvene. Korrelasjonen er også noe bedre for Rogalandselvene alene enn når hele materialet analyseres samlet (**Figur 17**).

Som for gjellealuminium er det generelt slik at lave konsentrasjoner av labilt aluminium i Rogalandselvene gir like mye DGT-aluminium som betydelig høyere konsentrasjoner av labilt aluminium i Agderelvene.

DISKUSJON/OPPSUMMERING

Tre av de undersøkte vassdragene har et pH-styrt kalkingsmål, dette er Arendalsvassdraget, Lygna og Frafjordelva. Kalkingsmålet varierer gjennom året, men er høyest i perioden før og i smoltutvandringsperioden, i alle de tre vassdragene var pH-målet 6,4 i undersøkelsesperioden. I Arendalsvassdraget og i Lygna var kalkingsmålet nådd på begge stasjonene som var kalket både i april og i mai. I Frafjordelva var kalkingsmålet nådd midt i vassdraget både i april og mai, mens nederst i vassdraget var pH 6,2 i april og 6,3 i mai, altså litt under kalkingsmålet. I Jørpelandsvassdraget som er avsyret med silikatlut var pH 5,7 på referansestasjonen både i april og mai, mens den var mellom 6,0 og 6,2 på de to avsyrede stasjonene lenger nede i vassdraget. I Dirdalsvassdraget er det ikke avsyringstiltak.

Det er stor forskjell i innholdet av TOC i de to Agderelvene sammenlignet med de tre elvene i Rogaland. TOC i vannet kan binde opp labilt aluminium og gjøre dette mindre fritt tilgjengelig i vannet (Gensemer & Playle 1999). Det har derfor i de fleste sammenhenger som er gjennomgått i denne undersøkelsen også vært nødvendig å se på resultatene fra de to fylkene hver for seg. 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 framtiden.

I Arendalsvassdraget var konsentrasjonen av labilt aluminium (LAI) fra mellom 40 og 50 µg/l på referansestasjonen og mellom 25 og 33 µg/l på de kalkede stasjonene. I Lygna var konsentrasjonen av LAI ca. 45 på referansestasjonen, og mellom 14 og 25 µg/l på stasjonen påvirket av kalking. I henhold til vanndirektivets klassifiseringsveileder tilsvarer dette «svært dårlig» tilstand på referansestasjonene og «dårlig» tilstand på kalkede stasjoner i Arendalsvassdraget og «moderat» til «dårlig» tilstand på de kalkede stasjonene i Lygna.

I Frafjordelva sank LAI-konsentrasjonen fra i underkant av 15 µg/l, som gir «moderat» tilstandsklasse til mellom 4 og 10 µg/l, som tilsvarer «god» tilstandsklasse på de kalkede stasjonene. I Jørpelandsvassdraget sank konsentrasjonen av LAI fra rundt 15 µg/l på referansestasjonen til rundt 10 µg/l på de silikatbehandlede stasjonene. Resultatene indikerer at kalkingen og silikatbehandlingen fører til mindre gjellealuminium, og at nivået på kalkingen er på et riktig nivå i forhold til å oppnå ønsket mengde gjellealuminium i forhold til tilstandsklassevurderingen i veileder 02:2018. Resultatene fra Dirdalselva, og særlig Giljaelva der det er stabilt høye tettheter av ungfisk (Enge 2020), kan indikere at det ikke alltid er en forventet biologisk respons (overlevelse) på den registrert vannkjemien og den målte mengden med gjellealuminium. Tilsvarende er også registrert i Uskedalselva (Sægrov mfl. 2024).

Økt pH, som gav redusert konsentrasjon av labilt aluminium på de avsyrede strekningene gav også en reduksjon i mengden av aluminium på gjellene til fisken som ble undersøkt. I Arendalsvassdraget gikk tilstanden fra dårlig på referansestasjonen til «god» på de kalkede stasjonene med hensyn på gjellealuminium. I Lygna var det «dårlig» tilstandsklasse på referansestasjonen, på grensen mellom «moderat» og «dårlig» midt i vassdraget og «god» tilstand nede. Kalkingen har dermed den ønskede effekten på konsentrasjonen av gjellealuminium i Arendalsvassdraget, mens effekten er mer usikker i Lygna der det er relativt stor forskjell i gjellealuminiumskonsentrasjonen på de to kalkete stasjonene.

I Frafjordelva var LAI konsentrasjonen i underkant av 40 µg/g gjelle på referansestasjonen som gir «moderat» tilstand, på de kalkede stasjonene var det «god» tilstand på den øverste stasjonen, mens det på den nederste stasjonen var «moderat» tilstand i april og «god» i mai. I Jørpelandsvassdraget gikk tilstanden med hensyn på gjellealuminium fra «moderat» og «dårlig» på referansestasjonen til

«god» på den midterste stasjonen og «moderat» og «god» tilstand i hhv. april og mai på den nederste stasjonen. I begge vassdragene fører avsyringen til reduserte konsentrasjoner av gjellealuminium.

I de to Agderelvene gav tilstandsklassifiseringen basert på analysene av labilt aluminium et betydelig dårligere inntrykk av tilstanden enn det mengden av aluminium på gjellene tilsa. Av totalt 12 målepunkt i Arendalsvassdraget og Lygna kom 9 i en dårligere tilstandsklasse om en gjorde vurderingen basert på LAI-konsentrasjonen sammenlignet med mengden gjellealuminium. Og for fem av disse målepunktene var tilstandsvurderingen to tilstandsklasser dårligere med LAI-målinger enn med måling av gjellealuminium. For Rogalandselvene var det et betydelig bedre samsvar mellom de to målemetodene. Av 18 målepunkt kom fire i bedre tilstandsklasse basert på gjellealuminium enn basert på LAI, mens åtte målepunkt kom i samme tilstandsklasse med de to tilnærmingene, de fire siste målepunktene fikk dårligere tilstandsklasse basert på gjellealuminium. Ingen av vurderingene med de to tilnærmingene hadde større avvik enn én tilstandsklasse i Rogaland. Fra en lignende undersøkelse utført i Vestland i 2023, var det godt samsvar mellom tilstandsklassen basert på labilt aluminium og gjellealuminium for to av elvene, mens det i Daleelva i Høyanger ble en betydelig dårligere tilstandsklasse basert på målt gjellealuminium sammenlignet med resultatene basert på målt LAI i vannprøvene (Kålås mfl. 2024). Tilsvarende er også registrert i Uskedalselva i perioden 2020-2023 (Kålås & Hellen 2021, 2022, Hellen & Eilertsen 2024).

Det var en sterk korrelasjon mellom pH og mengden gjellealuminium i Agder, mens denne sammenhengen var svak i Rogaland. Undersøkelsen i Vestland i 2023 viste, som i Agder, en god sammenheng mellom pH og gjellealuminium, mens det ikke var noen sammenheng mellom gjellealuminium og konsentrasjonen av labilt aluminium i vannet (Kålås mfl. 2024).

I en studie fra tre elver i Agder kom Hindar mfl. (2015) fram til at det var knyttet relativt stor usikkerhet til målinger av labilt aluminium når pH lå i intervallet 6,0-6,4, og de anbefalte at man i større grad vektla resultatene fra pH, eventuelt supplert med gjelleundersøkelser for å vurdere kalkingseffektene. Resultatene fra Agder samsvarer i så måte godt med resultatene og konklusjonene til Hindar mfl. (2015). For Rogaland er det derimot en bedre sammenheng mellom målte konsentrasjoner av labilt aluminium og mengden gjellealuminium. Konsentrasjonen av labilt aluminium kunne dermed se ut til å gi en bedre forklaring på konsentrasjonen av gjellealuminium i elver med lave konsentrasjoner av TOC. Resultatene fra tre elver i Vestland i 2023 samsvarer imidlertid ikke med dette funnet, og det er særlig Daleelva som skiller seg ut (Kålås mfl. 2024). Tilsvarende manglende sammenheng er også registrert i Uskedalselva (Kålås & Hellen 2021, 2022, Hellen & Eilertsen 2024). Både Uskedalselva og Daleelva er elver med svært lite TOC og svært lav alkalitet.

Det var en god korrelasjon i mengden aluminium målt på gjellene med gjelleprøver og DGT-aluminium registrert med de passive prøvetakerne. For verdier av DGT-aluminium under 15 µg/l eller gjellealuminium under 50 µg/l er det imidlertid ingen korrelasjon. Dette kan bety at de passive prøvetakerne eller gjellealuminium ved så lave verdier har for mye usikkerhet, slik at de i liten grad er egnet til å fange opp endringer ved lave konsentrasjoner. Fra tilsvarende undersøkelse utført i Vestland i 2023 var bildet noenlunde det samme, men det var en noe svakere korrelasjon mellom aluminium målt på gjellene med gjelleprøver og DGT-aluminium registrert med de passive prøvetakerne (Kålås mfl. 2024).

For Rogalandsprøvene er det imidlertid en relativt god korrelasjon mellom labilt aluminium og gjellealuminium også for verdier under 50 µg/g gjelle, noe som kan indikere at gjellealuminium gir et noe mer riktig bilde ved lave konsentrasjoner enn DGT-aluminium gjør.

Resultatene fra Vestland i 2023 viser også en god korrelasjon for verdier under 50 $\mu\text{gAL/g}$ gjelle (Kålås mfl. 2024). Antall målepunkt med DGT er imidlertid bare halvparten så mange som antallet målepunkt med gjellealuminium, noe som gjør at det er noe større usikkerhet for disse resultatene.

REFERANSER

- Enge, E. 2020. Fiskeundersøkelser i Rogaland i 2019. Rapport av 02.05.2020. 58 sider
- Garmo Ø & Skancke L B 2021. Overvåking av langtransportert forurensset 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 B A, Garmo Ø, Sægrov H, Kaste Ø, Eikland K A, Velle G, Saksgård R og Lungrin E. 2022. Kalking i forsurede laksevassdrag i Norge – status og trender per 2021. I Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør - Tiltaksovervåking i 2021.
- Hellen B A & Eilertsen L. 2024. Gjellealuminium på smolt i PO3 og PO4 våren 2023. Biota rapport 29. 10 sider.
- Hindar A, Garmo Ø & Teien H-C. 2004. Sammenhengen mellom labilt aluminium og pH i kalkede laksevassdrag., 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.
- Kvellestad A & Larsen B M. 1999. Histologisk undersøkning av gjeller fra fisk som del av overvåking av ungfiskbestandar 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 B A. 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, Irgens C, Johnsen G H & Kålås S. 2023. Status for laksefisk i Uskedalselva med vurdering av behov for videre kalking. Rådgivende Biologer AS, rapport 4095, 20 sider, ISBN 978-82-349-0092-1
- 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.
- Veileder 02:2018. Direktoratgruppen vanndirektivet 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann.

VEDLEGG

Vedlegg 1. Vannkjemiske analyseresultater.

Elv	Mnd	Stasjon	pH	Farge (mg Pt/l)	TOC (mg/l)	Turbiditet (FNU)	Aluminium (Al) (µg/l)	Reaktivt Al (µg/l)	Illabilt 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)
Arendalsvassdrage	April	Referanse	6	44	5,2	0,47	210	85	39	46	0,023	50,67	33,69	0,4	1	2,14	0,37	1,6	220	1,59
	April	Midt	6,5	50	5,5	0,72	210	66	33	33	0,045	88,42	70,66	0,53	1,7	3,1	0,45	2,3	280	1,88
	April	Nede	6,6	38	4,5	0,91	190	52	25	27	0,053	107,99	93,60	0,4	1,9	3,41	0,41	2,6	250	1,41
	Mai	Referanse	6,2	44	5,2	0,5	200	82	42	40	0,033	72,40	55,33	0,46	1,2	2,37	0,43	1,8	130	1,75
	Mai	Midt	6,5	52	5,7	0,57	200	67	39	28	0,053	112,96	94,49	0,62	2	3,59	0,53	2,7	200	2,29
	Mai	Nede	6,6	41	4,5	0,79	200	60	35	25	0,05	89,35	74,63	0,3	1,7	2,2	0,29	1,6	150	1,13
Lygna	April	Referanse	5,6	45	4,3	0,45	170	78	34	44	<0,01	34,06	19,96	0,18	0,59	1,97	0,2	1,6	140	0,97
	April	Midt	6,7	47	4,7	0,92	170	41	27	14	0,094	117,69	102,43	0,2	2,5	3	0,26	1,9	180	0,88
	April	Nede	6,5	46	4,3	0,48	160	54	29	25	0,05	94,16	80,26	0,2	1,9	2,88	0,26	2	190	0,91
	Mai	Referanse	5,8	47	4,5	0,41	160	80	37	43	0,013	25,49	10,76	0,2	0,65	2,56	0,23	1,8	100	1,42
	Mai	Midt	6,6	49	4,4	0,51	160	55	34	21	0,046	87,48	73,16	0,21	1,7	2,72	0,26	1,9	150	0,91
	Mai	Nede	6,5	48	4	0,51	160	59	39	20	0,041	76,16	63,27	0,21	1,6	2,98	0,27	2	170	1,04
Dirdal	April	Oppe	5,9	13	1,5	0,15	87	35	19	16	<0,01	43,76	39,60	0,16	0,69	4,97	0,33	3,4	140	0,91
	April	Giljabekk	5,9	15	1,8	0,24	90	34	20	14	<0,01	49,48	44,31	0,25	0,78	4,63	0,42	3,1	170	1,05
	April	Nede	6	14	1,9	0,17	84	33	19	14	0,016	47,82	42,37	0,32	0,78	5,06	0,36	3,4	170	1,02
	Mai	Oppe	6,1	12	1,5	0,24	77	30	19	11	0,015	-120,32	-123,81	0,16	0,67	9,64	0,32	3,1	140	1,72
	Mai	Giljabekk	5,9	16	1,8	0,24	94	34	21	13	0,013	-101,76	-106,22	0,22	0,77	8,91	0,41	2,9	240	1,73
	Mai	Nede	6,2	13	1,6	0,2	76	27	17	10	0,018	36,58	32,14	0,19	0,79	4,9	0,36	3,2	180	1,19
Frafjord	April	Referanse	5,7	15	1,7	0,2	75	33	19	14	<0,01	33,42	28,47	0,16	0,44	4,92	0,39	3,1	60	0,76
	April	Midt	6,5	13	1,4	0,16	86	25	17	8	0,033	53,88	49,97	0,15	1,1	3,91	0,32	2,5	180	0,78
	April	Nede	6,2	14	1,5	0,18	84	28	18	10	0,022	53,22	48,96	0,17	0,91	4,29	0,36	2,8	130	0,82
	Mai	Referanse	5,8	17	1,8	0,24	76	31	19	12	<0,01	24,88	19,54	0,12	0,46	4,43	0,36	2,7	78	0,82
	Mai	Midt	6,5	8,9	1	0,2	66	17	13	4	0,035	43,06	40,60	0,16	1,1	4,46	0,36	2,6	180	0,93
	Mai	Nede	6,3	12	1,4	0,22	71	22	15	7	0,024	40,07	36,21	0,16	1	4,44	0,36	2,6	160	0,93
Jørpeland	April	Referanse	5,7	14	1,7	0,22	90	37	20	17	<0,01	43,51	38,67	0,2	0,62	5,29	0,43	3,4	100	0,9
	April	Midt	6	14	1,7	0,21	88	32	21	11	0,018	47,83	42,99	0,19	0,69	5,34	0,41	3,5	97	0,92
	April	Nede	6,1	13	1,7	0,2	83	31	21	10	0,018	45,89	41,09	0,2	0,81	5,57	0,41	3,5	100	0,99
	Mai	Referanse	5,7	14	1,7	0,28	87	33	19	14	<0,01	15,83	11,04	0,18	0,59	5,67	0,39	3,2	100	1,04
	Mai	Midt	6,1	14	1,8	0,28	80	31	20	11	0,014	36,60	31,47	0,19	0,7	5,56	0,4	3,5	110	1,1
	Mai	Nede	6,2	15	1,8	0,25	91	31	21	10	0,016	38,70	33,61	0,19	0,73	5,75	0,42	3,6	110	1,1

Vedlegg 2. Oversikt over pH, reaktivt og labilt aluminium og mengden gjellealuminium på de 15 stasjonene i april og mai og som gjennomsnitt, samt DGT-aluminium.

Vassdrag (navn og nr.)	Lokalitets navn	Vann lok ID	Dato		pH			Reaktiv AL (µg/l)			Labilt AL (µg/l)			Gjellealuminium (µg/g gjelle)			DGT aluminium µg/l
			April	Mai	April	Mai	Snitt	April	Mai	Snitt	April	Mai	Snitt	April	Mai	Snitt	
Arendalsvassdr.	Songeelva, oppstrøms	019-101022	21.apr	02.mai	6	6,2	6,1	85	82	83,5	46	40	43	101,94	78,08	90,01	18,4
019.Z	Songeelva, nede	019-92697	21.apr	02.mai	6,5	6,5	6,5	66	67	66,5	33	28	30,5	35,77	16,98	26,38	13,3
	Nidelva, nede	019-81548	21.apr	02.mai	6,6	6,6	6,6	52	60	56	27	25	26	18,17	12,55	15,36	4,35
Lygna	Lygna, oppstrøms	024-31985	22.apr	02.mai	5,6	5,8	5,7	78	80	79	44	43	43,5	115,70	161,7	138,7	21,5
024.Z	Lygna, midt	024-114672	22.apr	02.mai	6,7	6,6	6,65	41	55	48	14	21	17,5	65,64	66,33	65,98	7,83
	Lygna, nede	024-59756	22.apr	02.mai	6,5	6,5	6,5	54	59	56,5	25	20	22,5	24,22	21,87	23,04	5,2
030.2Z	Dirdalselva, Giljabekken	030-106588	17.apr	03.mai	5,9	5,9	5,9	34	34	34	14	13	13,5	75,80	76,39	76,09	20,3
	Dirdalselva, oppe	030-44501	17.apr	03.mai	5,9	6,1	6	35	30	32,5	16	11	13,5	46,65	35,19	40,92	8,25
	Dirdalselva, nede	030-114674	17.apr	03.mai	6	6,2	6,1	33	27	30	14	10	12	59,37	21,23	40,30	6,08
030.Z	Frafjordelva, Nordalsåna	030-58760	17.apr	03.mai	5,7	5,8	5,75	33	31	32	14	12	13	38,13	37,94	38,03	11,8
	Frafjordelva, oppe	030-58761	17.apr	03.mai	6,5	6,5	6,5	25	17	21	8	4	6	23,94	21,62	22,78	5,22
	Frafjordelva, nede	030-58757	17.apr	03.mai	6,2	6,3	6,25	28	22	25	10	7	8,5	37,29	17,90	27,60	8,44
Jørpelandssåna	Jørpeland, oppstrøms	032-59587	18.apr	03.mai	5,7	5,7	5,7	37	33	35	17	14	15,5	68,25	45,15	56,70	16,3
032.Z	Jørpeland, midt	032-59837	18.apr	03.mai	6	6,1	6,05	32	31	31,5	11	11	11	14,81	16,38	15,60	8,52
	Jørpeland, nede	032-59840	18.apr	03.mai	6,1	6,2	6,15	31	31	31	10	10	10	46,32	17,96	32,14	3,95

Vedlegg 3. 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.

Fylke	Kommune	Vassdrag	Elvedel	Vann Id	Dato	Art	Lengde (mm)	Aluminium	Jern	Kobber
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	22.04.2023	Laks	113	-	-	-
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	22.04.2023	Ørret	100	35,2	405,7	4,0
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	22.04.2023	Laks	125	22,2	684,0	4,6
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	22.04.2023	Laks	122	56,8	1235,6	4,2
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	22.04.2023	Laks	123	28,9	787,6	2,7
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	22.04.2023	Laks	144	12,5	413,2	2,1
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	22.04.2023	Laks	129	18,4	475,7	2,4
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	22.04.2023	Laks	145	20,0	755,4	2,3
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	22.04.2023	Laks	149	22,2	495,1	2,2
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	22.04.2023	Laks	113	17,7	563,9	2,5
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	22.04.2023	Ørret	172	107,7	379,3	1,8
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	22.04.2023	Ørret	137	152,1	571,5	1,8
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	22.04.2023	Ørret	116	83,2	556,0	2,2
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	22.04.2023	Ørret	133	14,8	542,1	1,9
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	22.04.2023	Ørret	136	152,0	486,0	1,8
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	02.05.2023	Laks	136	12,2	516,3	1,8
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	02.05.2023	Laks	130	15,7	495,6	2,1
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	02.05.2023	Laks	141	17,8	349,9	2,6
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	02.05.2023	Laks	123	25,0	431,3	2,2
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Midt	019-92697	02.05.2023	Ørret	118	14,2	250,0	1,5
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	02.05.2023	Laks	119	19,1	627,6	2,0
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	02.05.2023	Laks	141	13,2	434,7	2,2
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	02.05.2023	Laks	114	9,6	482,9	2,0
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	02.05.2023	Laks	130	10,5	456,6	2,1
Agder	Grimstad	Arendalsvassdraget	Nede	019-81548	02.05.2023	Laks	151	10,3	413,7	1,7
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	02.05.2023	Ørret	143	77,7	751,8	2,1
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	02.05.2023	Ørret	129	74,9	691,8	2,2
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	02.05.2023	Ørret	113	69,2	638,0	1,9
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	02.05.2023	Ørret	110	78,8	552,5	1,9
Agder	Froland	Arendalsvassdraget	Oppe	019-101022	02.05.2023	Laks	146	89,9	676,1	1,9
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	22.04.2023	Laks	118	53,8	532,2	2,5
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	22.04.2023	Laks	119	58,6	928,9	2,9
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	22.04.2023	Laks	153	37,3	698,1	2,0
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	22.04.2023	Ørret	222	77,9	606,7	1,4
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	22.04.2023	Ørret	199	100,5	632,2	1,5
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	22.04.2023	Ørret	168	33,7	355,8	2,0
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	22.04.2023	Ørret	125	21,7	345,3	3,5
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	22.04.2023	Laks	123	19,6	590,4	2,4
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	22.04.2023	Laks	103	14,6	323,8	1,8

Fylke	Kommune	Vassdrag	Elvedel	Vann Id	Dato	Art	Lengde (mm)	Aluminium	Jern	Kobber
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	22.04.2023	Laks	92	31,5	587,6	4,0
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	22.04.2023	Ørret	190	93,8	634,3	1,7
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	22.04.2023	Ørret	207	88,2	488,6	1,3
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	22.04.2023	Ørret	155	121,3	434,0	1,8
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	22.04.2023	Ørret	122	112,1	536,1	1,7
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	22.04.2023	Ørret	136	163,1	517,6	2,3
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	02.05.2023	Laks	116	23,5	502,0	2,0
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	02.05.2023	Laks	113	43,3	577,1	2,1
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	02.05.2023	Laks	118	53,8	675,6	2,0
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	02.05.2023	Laks	108	79,4	545,1	2,4
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Midt	024-114672	02.05.2023	Ørret	148	131,7	854,6	2,3
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	02.05.2023	Ørret	145	11,0	408,4	2,1
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	02.05.2023	Laks	115	36,6	752,3	2,6
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	02.05.2023	Laks	115	14,4	626,2	2,3
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	02.05.2023	Laks	115	20,1	736,3	2,9
Agder	Lyngdal	Lygnavassdraget	Nede	024-59756	02.05.2023	Laks	115	27,2	753,1	3,1
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	02.05.2023	Ørret	119	148,2	634,7	2,0
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	02.05.2023	Ørret	168	151,3	692,0	1,5
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	02.05.2023	Ørret	149	177,6	665,7	1,5
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	02.05.2023	Ørret	127	122,9	592,6	1,6
Agder	Hægbostad	Lygnavassdraget	Oppe	024-31985	02.05.2023	Ørret	113	208,9	510,7	2,0
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	17.04.2023	Laks	116	95,5	583,2	2,3
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	17.04.2023	Laks	141	80,5	449,0	2,1
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	17.04.2023	Laks	145	67,3	640,5	2,0
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	17.04.2023	Laks	115	73,2	414,8	2,0
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	17.04.2023	Laks	137	62,6	559,2	2,1
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	17.04.2023	Laks	120	22,3	515,6	1,9
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	17.04.2023	Ørret	138	166,7	609,0	2,7
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	17.04.2023	Laks	121	28,3	759,8	2,3
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	17.04.2023	Laks	109	-	-	-
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	17.04.2023	Laks	115	20,3	613,2	2,4
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	17.04.2023	Laks	108	37,3	654,3	2,0
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	17.04.2023	Laks	110	78,8	1025,2	2,1
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	17.04.2023	Laks	116	34,4	696,4	2,3
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	17.04.2023	Laks	114	31,2	469,9	2,2
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	17.04.2023	Laks	119	51,6	530,5	2,2
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	03.05.2023	Laks	145	69,8	553,4	2,1
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	03.05.2023	Laks	164	89,3	541,0	1,9
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	03.05.2023	Laks	134	98,7	480,5	2,5
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	03.05.2023	Laks	126	69,9	305,6	2,4
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Giljabekken	030-106588	03.05.2023	Ørret	141	54,3	292,6	1,7
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	03.05.2023	Laks	117	18,0	689,5	2,6
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	03.05.2023	Laks	126	24,8	574,1	2,1

Fylke	Kommune	Vassdrag	Elvedel	Vann Id	Dato	Art	Lengde (mm)	Aluminium	Jern	Kobber
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	03.05.2023	Laks	133	23,3	568,7	2,1
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	03.05.2023	Laks	119	17,5	279,1	2,4
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Nede	030-114674	03.05.2023	Laks	107	22,5	358,0	2,4
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	03.05.2023	Laks	115	23,2	442,2	1,8
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	03.05.2023	Laks	121	26,3	642,6	2,0
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	03.05.2023	Laks	120	74,1	800,3	1,9
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	03.05.2023	Laks	125	32,9	508,6	1,9
Rogaland	Gjesdal	Dirdalsvassdraget	Oppe	030-28350	03.05.2023	Laks	117	19,5	644,0	2,0
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	17.04.2023	Laks	127	12,2	506,0	2,0
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	17.04.2023	Laks	118	64,5	958,3	2,5
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	17.04.2023	Laks	109	17,1	483,3	1,8
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	17.04.2023	Laks	108	56,5	565,8	1,6
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	17.04.2023	Ørret	158	36,1	419,4	1,8
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	17.04.2023	Laks	107	31,8	480,7	1,6
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	17.04.2023	Laks	128	60,1	457,0	1,9
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	17.04.2023	Ørret	122	25,3	411,1	1,6
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	17.04.2023	Laks	114	31,1	620,9	2,0
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	17.04.2023	Laks	139	42,4	403,2	1,7
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	17.04.2023	Laks	120	15,4	318,7	1,8
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	17.04.2023	Laks	128	20,3	533,3	1,7
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	17.04.2023	Laks	148	32,5	385,2	2,3
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	17.04.2023	Laks	122	28,2	330,4	1,9
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	17.04.2023	Ørret	132	23,3	214,1	1,5
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	03.05.2023	Laks	112	16,3	478,6	2,5
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	03.05.2023	Laks	134	26,8	626,7	2,8
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	03.05.2023	Laks	124	14,7	627,5	2,2
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	03.05.2023	Laks	120	14,0	579,4	2,4
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nede	032-59841	03.05.2023	Ørret	118	17,7	494,4	2,0
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	03.05.2023	Laks	146	39,1	430,9	1,8
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	03.05.2023	Laks	118	28,9	574,1	2,4
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	03.05.2023	Laks	130	31,8	448,7	2,1
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	03.05.2023	Laks	128	50,9	457,3	2,1
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Nordalsåna	030-58758	03.05.2023	Laks	135	39,0	385,7	1,9
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	03.05.2023	Laks	116	28,0	472,2	3,0
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	03.05.2023	Laks	118	20,0	449,8	1,9
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	03.05.2023	Laks	121	23,6	611,5	2,3
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	03.05.2023	Laks	133	15,4	672,7	2,1
Rogaland	Gjesdal	Frafjordelva	Oppe	030-58759	03.05.2023	Laks	122	21,0	626,3	2,2
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	18.04.2023	Laks	128	19,9	457,8	2,4
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	18.04.2023	Laks	110	16,9	645,2	2,7
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	18.04.2023	Laks	118	11,1	321,5	1,8
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	18.04.2023	Laks	119	13,4	450,7	1,9
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	18.04.2023	Laks	128	12,7	492,0	2,0

Fylke	Kommune	Vassdrag	Elvedel	Vann Id	Dato	Art	Lengde (mm)	Aluminium	Jern	Kobber
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	18.04.2023	Laks	110	24,5	601,3	2,8
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	18.04.2023	Laks	114	7,7	287,9	1,8
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	18.04.2023	Laks	123	17,8	450,0	1,9
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	18.04.2023	Laks	130	9,8	329,4	1,8
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	18.04.2023	Ørret	120	171,7	533,8	3,0
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	18.04.2023	Ørret	116	62,8	261,2	1,9
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	18.04.2023	Ørret	128	88,1	418,6	1,9
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	18.04.2023	Ørret	137	69,2	229,3	1,1
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	18.04.2023	Ørret	137	73,9	583,2	2,1
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	18.04.2023	Ørret	172	47,2	301,4	1,5
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	03.05.2023	Laks	125	16,7	552,5	2,8
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	03.05.2023	Laks	118	16,6	399,3	2,1
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	03.05.2023	Laks	115	17,9	531,9	2,3
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	03.05.2023	Laks	160	20,1	319,3	1,6
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Midt	032-59837	03.05.2023	Ørret	105	10,6	202,4	2,2
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	03.05.2023	Laks	120	16,5	668,5	2,3
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	03.05.2023	Laks	132	11,8	374,5	2,0
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	03.05.2023	Laks	121	43,1	501,3	2,3
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	03.05.2023	Ørret	161	6,6	432,6	1,6
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Nede	032-59841	03.05.2023	Ørret	114	11,8	207,7	3,2
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	03.05.2023	Ørret	122	8,3	325,8	1,9
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	03.05.2023	Ørret	114	44,2	539,6	2,0
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	03.05.2023	Ørret	109	65,1	290,3	2,0
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	03.05.2023	Ørret	147	43,8	361,5	1,8
Rogaland	Strand	Jørpelandsvassdraget	Oppe	032-59587	03.05.2023	Ørret	116	64,4	331,4	1,7