

# Tiltak med ALS for utryddelse av lakseparasitten Gyrodactylus salaris i Lærdalselva i 2011 og 2012





**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Tiltak med AIS for utryddelse av lakseparasitten <i>Gyrodactylus salaris</i> i Lærdalselva i 2011 og 2012	Løpenr. (for bestilling) 6701-2014	Dato 26.2.2015
	Prosjektnr. Undernr. 12419	Sider 75
Forfatter(e) Atle Hindar, Øyvind Garmo, Anders Gjørwad Hagen, Sigurd Hytterød (VI), Rolf Høgberget, Asle Moen (VI) og Kjetil Olstad (NIVA)	Fagområde Fisk	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Veterinærinstituttet; Miljødirektoratet	Oppdragsreferanse 05-11/ksk, 7.6.2011; Kontrakt 14080037
--	--

**Sammendrag**

Etter videreutvikling av AIS-metoden fikk NIVA i oppdrag av Veterinærinstituttet å starte tiltak for å utrydde *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva. NIVA og samarbeidspartnere behandlet Lærdalselva med surt aluminium i 2011 og 2012. Begge årene ble vassdraget behandlet i to 14-dagers perioder avbrutt av en pause på ca. to uker. I hovedelva ble det tilsatt 37 % svovelsyre for å redusere pH til målområdet 5,7-5,9 og to forskjellige aluminiumsulfat (AIS)-løsninger for å gi en konsentrasjon av uorganisk monomert aluminium (Al<sub>i</sub>) på 25-30 µg/L. I den første behandlingsperioden i 2011 ble de vannkjemiske målene nådd i deler av vassdraget. I andre periode i 2011 og i begge periodene i 2012 ble de vannkjemiske målene nådd i hele vassdraget. Begge år ble CFT-Legumin (rotenon) tilsatt i stillestående eller isolerte vannforekomster der det kunne finnes laksunger. Det var sterkt fokus på fiskeatferd og grunnvannsproblematikk, og i 2012 ble det gjennomført ekstra tiltak for å kunne behandle fisk i skjulte habitater og i områder der behandlingseffekten kunne være redusert. Slike tiltak var overrisling og oversprøyting med vann tilsatt AIS og bruk av elektriske felt for å skremme fisk opp fra grus og ut i behandlet elvevann. Før behandlingen i 2011 ble *G. salaris* påvist på laksunger ved 14 av 18 undersøkte lokaliteter. Like før, under og etter behandlingen i 2012 ble parasitten ikke påvist på undersøkt fisk. Begge år var det mye voksen laks og sjøørret i elva. De viste normal atferd og så ikke ut til å være påvirket av behandlingen.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Laks	1. Atlantic Salmon
2. <i>Gyrodactylus salaris</i>	2. <i>Gyrodactylus salaris</i>
3. Utryddelse	3. Eradication
4. Aluminiumsulfat	4. Aluminium sulphate



Atle Hindar  
Prosjektleder



Øyvind Kaste  
Forskningsleder

Tiltak med AIS for utryddelse av  
lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i  
Lærdalselva i 2011 og 2012

## Forord

Etter flere smittebegrensende behandlinger og etter videreutvikling av ALS-metoden, startet tiltak for å utrydde *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva i 2011. Tiltakene ble avsluttet i 2012.

Behandlingen ble utført på oppdrag fra Veterinærinstituttet og ble gjennomført med svovelsyre og aluminiumsulfat som hovedkjemikalier. I tillegg gjennomførte Veterinærinstituttet behandling med CFT-Legumin (rotenon) i perifere og stillestående vannforekomster.

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane har vært tiltakshaver, og Gøsta Hagenlund har vært myndighetenes ansvarlige og vår kontaktperson i forbindelse med behandlingen.

En planleggingsgruppe bestående av Atle Hindar (prosjektleder), Anders Gjørwad Hagen (NIVA), Sigurd Hytterød (VI), Rolf Høgberget (NIVA), Øyvind Garmo (NIVA), Kjetil Olstad (NINA), Normann Olsen (eget firma) og Asle Moen (VI) planla og ledet behandlingen.

En rekke personer i og utenfor NIVA og VI, samt flere lokale entreprenører og enkeltpersoner har vært involvert i prosjektet. Elveeigarlaget i Lærdal bidro på mange måter, blant annet med vannprøvetaking. Torkjell Grimelid bistod blant annet med observasjoner av voksen fisk under behandlingen. Statens naturoppsyn bistod med drift av elektriske felt under behandlingen i 2012.

Under behandlingen var det en løpende bestilling av kjemikalier. Behandlingen hadde ikke latt seg gjennomføre uten den fleksibiliteten kjemikalieleverandørene Solberg Industri AS og Kemira Chemicals AS viste. Det var også et kontinuerlig og godt samarbeid med Østfold Energi om vannføringen i vassdraget for å tilpasse den til behandlingen.

I behandlingsperiodene var vi så heldige å få disponere Kapteinsgarden ved Ljøsne, der vi hadde hovedkvarter. Vi leide i tillegg lagerplass hos Olav Wendelbo og hadde utstyrstilgang på hans gård. Vi vil takke ham for tilrettelegging og hjelp med en rekke praktiske forhold under oppholdet.

Asle Moen har vært Veterinærinstituttets kontaktperson, og han ledet også rotenon-behandlingen.

Vi takker alle for et svært godt samarbeid i alle faser av prosjektet.

Grimstad, 26. februar 2015

*Atle Hindar,  
prosjektleder*

---



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Vassdraget</b>	<b>7</b>
2.1 Hydrologi og regulering	7
2.2 Vannkjemi	9
<b>3. Behandlings- og doseringsstrategi</b>	<b>9</b>
<b>4. Gjennomføring</b>	<b>11</b>
4.1 Forberedelser og opprigging	11
4.2 Behandling og behandlingsmetoder	12
4.2.1 Hovedelv og sideelver	13
4.2.2 Småbekker og bekkesig	16
4.2.3 Overrisling med vann tilsatt AIS langs elvekant og forbygninger	16
4.2.4 Elektriske felt	16
4.2.5 Behandling med CFT-Legumin	17
4.3 Prøvetakings- og analysemetoder	22
4.3.1 Prøvetaking og vannkjemiske analyser	22
4.3.2 Fisk og infeksjon av <i>G. salaris</i>	22
4.4 Nedrigging og opprydding	23
<b>5. Resultater</b>	<b>23</b>
5.1 Vannføring	23
5.2 Vanntemperatur	25
5.3 Vannkjemi	27
5.3.1 Hovedelva	27
5.3.2 Sideelver	28
5.3.3 IBC-stasjoner	35
5.3.4 Områder med ekstra behandlingstiltak	36
5.3.5 Områder med mindre tilfredsstillende behandling	36
5.4 Kjemikalieforbruk	37
5.5 Kartlegging og overvåking av <i>Gyrodactylus salaris</i> før og under behandling	38
5.6 Overvåking av effekter på fisk under behandlingen	39
<b>6. HMS-forhold</b>	<b>40</b>
<b>7. Oppsummering</b>	<b>40</b>
<b>8. Referanser</b>	<b>41</b>
<b>Vedlegg A. Vannkjemiske resultater</b>	<b>42</b>
<b>Vedlegg B. Bilder av områder med spesialbehandling</b>	<b>71</b>

## Sammendrag

Etter videreutvikling av AIS-metoden fikk NIVA i oppdrag av Veterinærinstituttet å starte tiltak for å utrydde *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva i 2011. Tidligere utryddelsesbehandlinger og smittereduserende behandlinger, både med CFT-Legumin (rotenon) og AIS, hadde ikke utryddet parasitten. Smittebegrensende behandlinger med AIS-metoden ble gjennomført i 2008 og 2009.

Behandlingen i 2011-2012 ble gjennomført etter en strategi som i større grad enn tidligere tok hensyn til behandlingstid, vanntemperatur, vannføring, fiskeadferd og fiskens følsomhet for aluminium. Behandlingen av vassdraget ble gjennomført som to 14-dagers perioder avbrutt av en pause på ca. to uker midtveis. Behandlingen ble gjennomført slik både i 2011 og 2012. Tiltakene begge år ble gjennomført i tidsrommet august-september, en periode der det ble antatt at mulighetene for utryddelse var best mulig.

Vannføringen var forholdsvis høy i vassdraget under behandlingene begge år. Stor vannføring kan representere en fordel fordi vannhastigheten fører til at effekten av aluminium mot parasitten opprettholdes over en lengre elvestrekning enn ved mindre vannføring. Stor vannføring førte også til at grusøyre i elva var oversvømt med behandlet elvevann. Vanntemperaturen i elva var nær eller lavere enn nedre grense for optimal behandling i siste periode i 2012. Selve behandlingene gikk i hovedsak etter planen, men oppstarten i 2011 var noe preget av utfordringer med deler av doseringsutstyret.

Det ble tilsatt tre ulike kjemikalier til hovedelva; 37 % svovelsyre for å redusere pH til målområdet 5,7-5,9 og to forskjellige AIS-løsninger (AIS 4,3 % og A30) for å gi en konsentrasjon av uorganisk monomert aluminium ( $Al_i$ ) på 25-30  $\mu g/L$ . AIS 4,3 % inneholder 4,3 % aluminium og har pH 2, mens A30 inneholder 30 % svovelsyre og 0,5 % Al. I større sideelver og i Erdalselva ble det også tilsatt 37 % svovelsyre og de to AIS-løsningene, mens det i mindre bekker kun ble tilsatt A30. Her var pH-målet noe lavere og  $Al_i$ -målet noe høyere enn i hovedelva. Doseringen av 37 % svovelsyre i hovedelva og store sideelver ble justert automatisk med pH nedstrøms dosering som styreparameter. Dosering av AIS ble gjort automatisk og vannføringsproporsjonalt, og deretter finjustert etter måling av  $Al_i$  ved feltlaboratoriet. Ved IBC-stasjoner ble pH kontrollert manuelt og justert fortløpende.

Behandlingen ble gjennomført som forventet med tilfredsstillende måloppnåelse i andre periode i 2011 og i begge periodene i 2012. De vannkjemiske målene ble ikke tilfredsstillende nådd i den første behandlingsperioden i 2011. I 2012 ble det også gjennomført ekstratiltak for å kunne behandle fisk i skjulte habitater og i områder der behandlings-effekten kunne være redusert. Slike tiltak var overrisling og oversprøyting med vann tilsatt A30, samt elektriske felt for å skremme fisk ut fra grusen og ut i behandlet elvevann.

Svakheter ved behandlingen kan være noe lavere vanntemperatur enn ønskelig i 2012, at enkelte lokaliteter fikk for kort tid med tilfredsstillende behandling (riktige nivåer av  $Al_i$  og pH) med AIS og at det kan være områder som har blitt oversett av de manngardslagene som gjennomførte behandling med CFT-Legumin.

Undersøkelse av laksunger for *G. salaris* før behandlingen i 2011 viste at laksunger på 14 av 18 undersøkte lokaliteter var infiserte. Ved undersøkelser like før behandlingen i 2012 og underveis i behandlingen i 2012, ble *G. salaris* ikke påvist. Dette viser at behandlingen hadde en kraftig reduserende effekt på infeksjonen. Videre undersøkelser for *G. salaris* i Friskmeldingsprogrammet for *G. salaris* vil vise om behandlingen har utryddet parasitten. Fisken i elva så ikke ut til å bli synlig påvirket av AIS-behandlingen. Begge år ble det observert mye laks og sjørørret i elva, og de viste normal atferd under behandlingen.

## Summary

Title: Treatment with AIS to eradicate the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* in River Lærdalselva in 2011 and 2012.

Year: 2015

Authors: Atle Hindar, Øyvind Garmo, Anders Gjørwad Hagen, Sigurd Hytterød, Rolf Høgberget, Asle Moen and Kjetil Olstad.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6436-4

River Lærdalselva was infected by the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* in 1996, and the river was treated with CFT-Legumin (rotenone) the year after. This treatment failed and the river was then treated three times with acid aluminium in one year (spring/autumn 2005 and spring 2006). *G. salaris* was discovered again in 2007, however.

After further development of the AIS-method (use of acidic aluminium to eradicate *G. salaris*), treatment of River Lærdalselva started up in 2011. This time the treatment period was increased from typically 8-10 days to 28 days with a pause of about two weeks half way. The same treatment strategy was applied the following year in 2012. Also, the timing was changed in order to avoid the cold river water in spring and late autumn. Optimal water temperature and flow for treatment was in August and September. This also ensured minimal interference with the salmon and trout spawning.

During treatment, the river was characterized by relatively high flow and cold temperatures both years. The treatment was mainly conducted according to plan, but was disturbed somewhat by technical issues in the first treatment period in 2011.

Reduced river pH and increased  $Al_i$  (dissolved inorganic monomeric Al) was achieved by continuous addition of three chemicals; 37 % sulphuric acid to reduce pH to target levels of 5.7-5.9 and aluminium sulphate solutions with 4,3 % and 0,5 % Al to increase the  $Al_i$ -concentrations to 25-30  $\mu\text{g/L}$ . In more ion-rich and humic waters, target pH was lower and  $Al_i$  higher. The water chemistry results from the field lab showed that the water chemistry targets were not satisfactory reached in the first treatment period in 2011, but were on target thereafter.

Supplementary measures were introduced in some areas in 2012 in order to sufficiently treat all salmon fry. Treated water was used for periodic irrigation of hidden habitats for salmon fry, such as river banks with coarse gravel above the water table and over embankments made of block material. Also, electric fields were used to force fry from the gravel and out in treated river water.

River temperatures close to the limit for optimal treatment (7-8 °C) in late September each year and short treatment periods in some smaller streams may represent weak points of the AIS-treatment. Also, small water bodies may have been overlooked on treatment with CFT-Legumin. However, electrofishing and examination of salmon fry for parasites on two occasions in 2012 (before and during treatment) revealed no *G. salaris*.



# 1. Innledning

Lærdalselva har vært behandlet mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* en rekke ganger etter at parasitten ble påvist i 1996. CFT-Legumin (rotenon) ble brukt to ganger i forsøk på utryddelse i 1997, men dette lyktes ikke. Deretter ble aluminiumsulfat (AIS) brukt i et samlet forsøk på utryddelse i 2005 og 2006, men heller ikke dette lyktes. Smittereduserende behandlinger ble deretter gjennomført med AIS i 2008 og 2009 (Hagen mfl. 2009; 2010).

Etter videreutvikling av AIS-metoden (Hindar mfl. 2013) i tråd med DNs handlingsplan (DN 2008), fikk NIVA i oppdrag å starte tiltak for å utrydde *G. salaris* i Lærdalselva i 2011. Behandlingen ble utført i to påfølgende år. Framdriftsrapporter er laget på grunnlag av behandlingen begge år, mens den foreliggende rapporten gir en mer fullstendig oversikt over det samlede tiltaket.

## 2. Vassdraget

### 2.1 Hydrologi og regulering

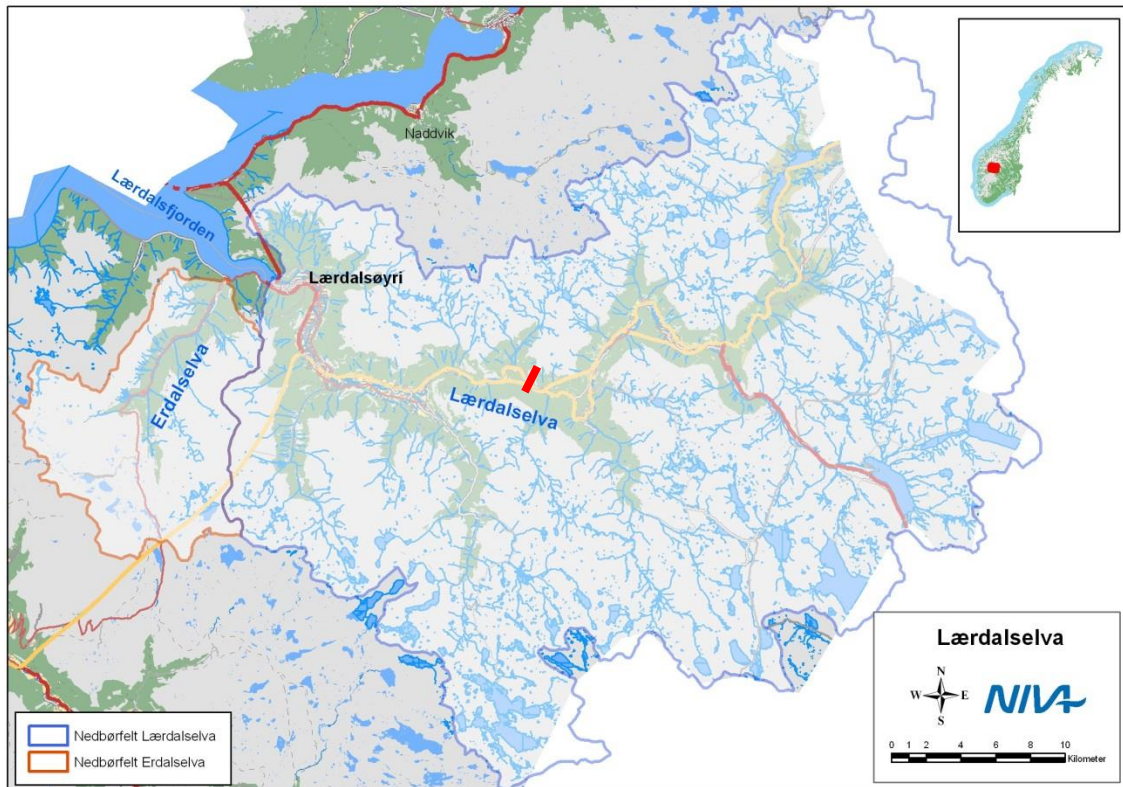
Lærdalselva er 44 km lang og munner ut i Lærdalsfjorden innerst i Sognefjorden, i Sogn og Fjordane fylke (**Figur 1**). Lærdalselvas nedbørfelt er 1188 km<sup>2</sup>, hvorav ca 1000 m<sup>2</sup> ligger høyere enn 900 m.o.h., og spesifikk avrenning er 30,6 L/s km<sup>2</sup>.

Erdalselva er også behandlet, selv om det aldri er påvist *G. salaris* der. Erdalselva munner ut i Lærdalsfjorden bare 3 km lenger ut enn Lærdalselva, og betraktes som del av samme behandlingsområde. Nedbørfeltet er 138 km<sup>2</sup>. Middelvannføringen i de to vassdragene er hhv. 36,4 m<sup>3</sup>/s og 4,4 m<sup>3</sup>/s.

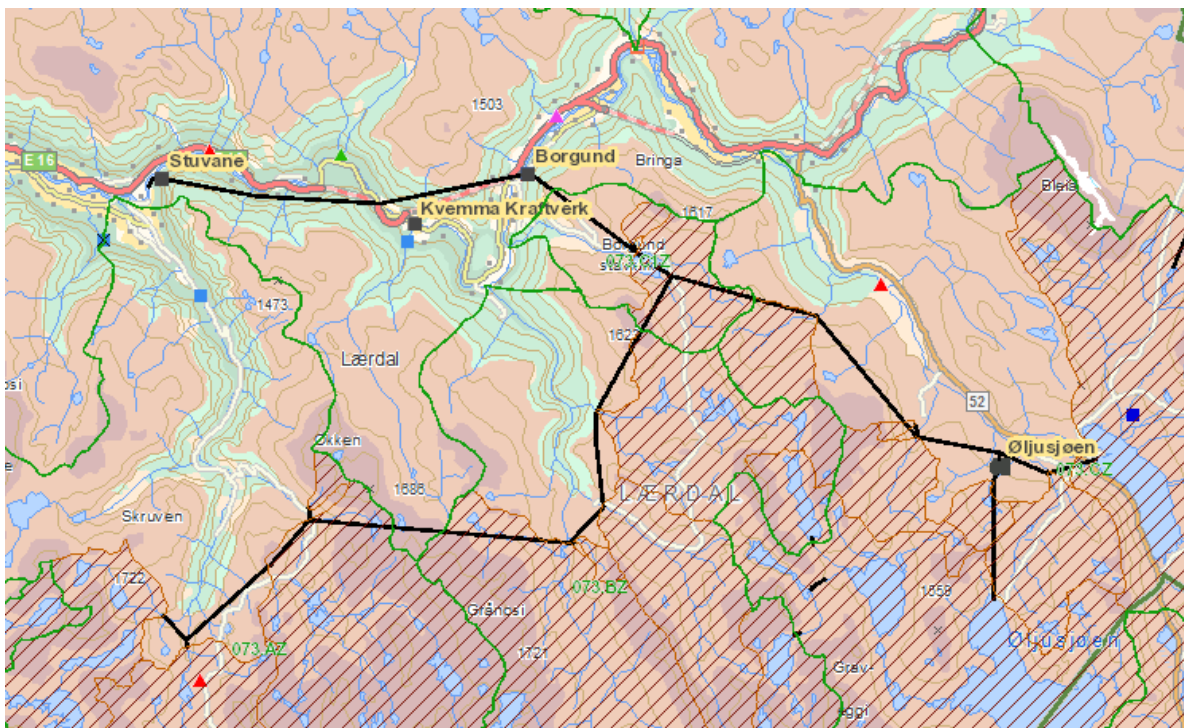
Lærdalsvassdraget er regulert av Østfold Energi AS. Reguleringen har direkte innvirkning på vannføringen i elva fra Sjurhaugfoss og til utløpet ved Lærdalsøyri, dvs. hele den strekningen som er behandlet. Sjurhaugfoss ligger 24 km fra utløpet og er vandringshinderet for anadrom fisk.

Reguleringen innebærer overføring av øvre del av sideelven Nivla mot Borgund kraftverk (**Figur 2**). Øvrige sideelver i behandlingsområdet er uregulerte. Fra Borgund kraftverk går avløpet i tunnel til Stuvane kraftverk, og avløpet fra Stuvane kommer inn i hovedelva oppstrøms Nivla. Av hensyn til fisken, blir det i perioder med lite vann i hovedelva sluppet vann via en tunell som kommer ut like nedstrøms Sjurhaugfoss. Lukene som regulerer vanntilførselen ble imidlertid holdt stengt i forbindelse med behandlingen etter at tunnelene var behandlet med CFT-Legumin i forkant av hovedbehandlingene begge år.

Historisk sett er vannføringen i Lærdalselva stabil fram til slutten av april når snøsmeltingen i fjellene tar til. Vårflommen begynner å avta medio juli og er over i begynnelsen av august. Vannføringen blir da i økende grad nedbørvhengig. Flerårsmiddelet (1997 – 2007) for vannføring i de valgte behandlingsperiodene i august og september er 25-30 m<sup>3</sup>/s.



**Figur 1.** Lærdalselva ligger ca 135 km inne i Sognefjorden, i Sogn og Fjordane fylke. Figuren viser nedbørfeltet til Lærdalselva og til Erdalselva. Rød tverrstrek viser vandringshinder ved Sjurhaugfoss.



**Figur 2.** Reguleringer med overføringen fra Nivla (sør for Stuvane i figuren). Vannveien mellom Borgund og Stuvane kraftverk krysser elva og E16 ved Sjurhaugfoss.

## 2.2 Vannkjemi

Vannet i Lærdalselva er klart og kalkfattig. Totalkonsentrasjon av organisk karbon (TOC) er vanligvis mellom 0,5 og 2 mg/L, og kalsiumkonsentrasjonen er lavere enn 4 mg/L. Vannets alkalitet (bufferevne) er mellom 50 og 100  $\mu\text{ekv/L}$  og pH er mellom 6,5 og 6,9.

Produksjonsvannet fra kraftverkene kommer fra fjellet og er svært saltfattig, har lav alkalitet og er klart. Sideelven Nivla bærer preg av at fjellvannet er borte som følge av reguleringen, og er mer ionerik på grunn av mye grunnvannsinnsig. Den har også forholdsvis høy alkalitet. Flere av de mindre sidebekkene renner gjennom jordbruksland, og har både mer organisk stoff og er mer kalkrike enn hovedelva.

Forskjeller i vannkjemi påvirker kjemikalietilsetningen ved behandling. Høy alkalitet er det samme som stor bufferkapasitet, og det må tilsettes forholdsvis mye syre for å få pH ned til ønsket nivå. Ionerikt vann trenger erfaringsmessig også høyere aluminiumskonsentrasjon for å oppnå ønsket effekt mot *G. salaris*, se neste kapittel.

## 3. Behandlings- og doseringsstrategi

I forbindelse med metodeutviklingen for AIS-metoden og etter innspill fra eksterne forskere, ble behandlingsstrategien gjennomgått på nytt i 2010. Det vises til eget dokument som ble oversendt Veterinærinstituttet og Direktoratet for naturforvaltning (DN) i februar 2011. Denne strategien ble lagt til grunn for behandlingen i 2011 og 2012, med målsetning om å utrydde *G. salaris* fra Lærdalselva.

Strategien går i korthet ut på at behandling skjer i to påfølgende år, at det hvert av årene behandles i to tidsperioder på 14 dager avbrutt med en pause og at tidspunktet for behandlingen er lagt til en periode med optimal vanntemperatur.

Behandling over en lang periode, til sammen 28 dager med ønsket vannkjemi (pH og  $\text{Al}_i$ , se **Tabell 1**), anses å øke sannsynligheten for å utrydde *G. salaris* fra vassdrag med bruk av AIS-metoden. Etter innstilling av riktig vannkjemi med svovelsyre og AIS, behandles det først i to uker, etterfulgt av en pause på ca. to uker, før ny innstilling mot vannkemimålene og så en behandling i to nye uker. Pausen legges inn for at fisken skal kunne restituere seg og klare den lange behandlingsperioden. Dette er også en kjærkommen pause for de som gjennomfører behandlingen. Infeksjonen vil i denne tiden ikke blomstre opp, men heller bli redusert på grunn av antatte ettervirkninger av behandlingen.

Under videreutviklingen av AIS-metoden var det sterkt fokus på fiskeatferd, habitatbruk og grunnvannsproblematikk. Ett av prosjektene var en litteraturgjennomgang som grunnlag for å knytte kunnskap om slike forhold til behandlingsstrategi (Heggenes mfl. 2011). I dette arbeidet kom det fram at salmonider aktivt oppsøker grunnvannsoppkommer med høyere temperaturer om vinteren. Tilsvarende oppsøkes grunnvannsområder og kaldere sideelver om sommeren hvis elvetemperaturen blir for høy. Forsøk i regi av AIS-utviklingsprosjektet viste også at laksunger kan bevege seg inn i og forholdsvis langt (60 cm horisontalt i forsøk) i elvesubstrat med egnet kornstørrelse (Brabrand mfl. 2010). Det ble derfor antatt at kaldt elvevann kunne være direkte begrensende for effekten av kjemisk behandling.

Optimal vanntemperatur for behandling er en vanntemperatur der laksunger er aktive og i liten grad foretrekker mulige refugier i grunnvannsframspring og skjulte habitater langs elvekanten og i grusøyre i elva. Vi valgte 7-8 °C som nedre temperaturgrense for elvevannet. Lærdalselva er forholdsvis kald om sommeren, og elvetemperaturen kommer sjelden over 15 °C.



Sommertemperaturen ble derfor ikke ansett som en begrensende faktor for behandlingen. En periode utenom de kalde årstidene og som ikke er preget av kaldt smeltevann, ble regnet som optimal. I Lærdalselva er dette tidsrommet fra begynnelsen av august og fram mot oktober.

I denne perioden unngår en også at behandling skjer i den viktigste gytetida. Tidligere behandlinger i Lærdalselva har vist at dødelighet på sjørret kan oppstå hvis behandlingsperioden overlapper med gytetiden (Pettersen mfl. 2007).

Målet med doseringen av svovelsyre i hovedelva var å redusere pH fra det naturlige nivået på 6,5-6,9 og ned til omlag 5,7-5,9. I dette pH-området vil tilsatt aluminium være på en uorganisk monomer form ( $Al_i$ ). Tilsetning av  $AlS$ -løsninger skulle gi en konsentrasjon av  $Al_i$  på 25-30  $\mu g/L$  (**Tabell 1**). Dette er verdier for pH og  $Al_i$  som er virksomme mot *G. salaris* uten å være akutt giftige for fisk. Den eksakte virkningsmekanismen er ikke klarlagt, men det er gjort forsøk som indikerer at  $Al$  dreper *G. salaris* (Hytterød og Olstad 2010).

I de delene av vassdraget hvor vannet var mer ionerikt, ble disse målene justert ved at pH-målet ble satt lavere og  $Al_i$ -målet høyere.

**Tabell 1.** Vannkjemiske mål ved behandlingen. Oppstrøms-stasjoner for vannprøvetaking (gråskravert) er med for oversiktens skyld.

<b>Mål for pH og <math>Al_i</math></b>		
<b>Stasjon</b>	<b>pH</b>	<b><math>Al_i</math></b>
	$-\log(H^+)$	$\mu g/L$
Sjurhaug oppstrøms		
Galdane	5,7 - 5,9	25 - 30
Seltun	5,7 - 5,9	25 - 30
Bjørkum	5,7 - 5,9	25 - 30
Fluen	5,7 - 5,9	25 - 30
Kraftgata	5,7 - 5,9	25 - 30
Båthølen	5,7 - 5,9	25 - 30
Nivla oppstrøms		
Nivla sagbruk	5,5 - 5,8	50 - 70
Nivla utløp	5,3 - 5,7	50 - 70
Senda oppstrøms		
Senda påfrisk	5,4 - 5,8	50 - 70
Senda utløp	5,3 - 5,7	50 - 70
Bø	5,7 - 5,9	25 - 30
Gamle Boll	5,7 - 5,9	25 - 30
Kuvella oppstrøms		
Kuvella nedstrøms	5,4 - 5,8	40 - 60
Molde	5,7 - 5,9	25 - 30
Hauge	5,7 - 5,9	25 - 30
Ofta oppstrøms		
Ofta nedstrøms	5,3 - 5,7	40 - 60
Sykehusbrua	5,7 - 5,9	25 - 30
Øye	5,7 - 5,9	25 - 30
Stødna oppstrøms		
Stødna nedstrøms	5,4 - 5,7	50 - 70
Erdalselva oppstrøms		
Erdalselva nedstrøms	5,4 - 5,8	40 - 60

## 4. Gjennomføring

Følgende framdrift for opprigging, behandling og nedrigging var planlagt og ble fulgt:

2011:

Opprigging	1. august til 12. august
Behandling	12. august til 28. august, hvorav innjustering første tre dager
Pause	29. august til 15. september
Behandling	16. september til 2. oktober, hvorav innjustering første tre dager
Nedrigging	3. oktober til 8. oktober

2012:

Opprigging	23. juli til 5. august
Behandling	6. august til 22. august, hvorav innjustering første tre dager
Pause	23. august til 5. september
Behandling	6. september til 22. september, hvorav innjustering første tre dager
Nedrigging	23. september til 30. september

Innjustering i denne forbindelse betyr at kjemikaliedoseringen stilles inn slik at de vannkjemiske målene nås.

### 4.1 Forberedelser og opprigging

Behandlingen begge år ble forberedt gjennom hele det inneværende året. Det ble avholdt regelmessige prosjektmøter i en prosjektgruppe bestående av kjernepersonell, og framdriften ble fulgt ved bruk av Microsoft Project. Begge år ble det avholdt kurs for prosjektmedarbeidere, blant annet om behandlingsstrategi, kjemikalierne, bruk av programmerbare pumper og alle forhold omkring helse, miljø og sikkerhet (HMS). Det ble utarbeidet en omfattende sikker jobb analyse, slik at risiko ved alle arbeidsoperasjoner var vurdert og minimert. Prosjektmedarbeiderne ble også opplært i varslingsrutiner ved uhell og førstehjelp ved syreeksposering.

Innkjøp av utstyr ble gjort i henhold til den utstyrsavtalen NIVA hadde med Veterinærinstituttet og daværende DN. De største doseringsanleggene var i hovedsak allerede på sine respektive steder etter de smittebegrensende behandlingene i 2008 og 2009. Øvrige containere ble utplassert i god tid, og alle var fylt med kjemikalier før den angitte oppriggingsperioden. IBC'er ble fylt med kjemikalier på en sentral lokalitet og deretter utplassert i henhold til angitte posisjoner i kart. Batterier og annet forbruksmateriell ble skaffet og lagret lokalt før behandlingen startet, og utplassert og montert under oppriggingen.

En rekke tillatelser og samtykker ble innhentet, både for utplassering og utslipp av kjemikalier og for utplassering av utstyr. I 2011 hadde prosjektet unntak fra kravet om ADR-bevis for lokale kjemikalietransportører, mens dette ikke ble gitt av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap i 2012. Prosjektet engasjerte derfor Sjøengen trafikkskole for å avholde ADR-kurs lokalt. Eksamen ble deretter avlagt av alle transportører innen arbeidet startet.

Begge år ble det sendt ut informasjonsskriv om behandlingen til alle husstander i Lærdal og Erdal. Alle berørte grunneiere fikk brev, der det ble opplyst om behov for bruk av eiendom til å sette opp utstyr. Det ble bedt om tilbakemelding hvis det var innvendinger eller spesielle forhold å ta hensyn til.

Vareopptelling ble gjennomført etter behandlingen i 2011, og supplerende utstyr og forbruksmateriell ble skaffet i god tid før behandlingen i 2012.

Arbeidet med å lage en bemanningsplan for deltagende personell (totalt 35 personer) ble startet tidlig begge år, og planen i 2012 ble i stor grad basert på bemanningen i 2011. En viktig endring fra 2011 til 2012 var at det alltid var to feltansvarlige til stede samtidig i Lærdal under behandlingen i 2012. Feltansvarlig ledet det praktiske arbeidet, både før, under og etter behandling. Seks av medlemmene i prosjektets kjernegruppe skiftet på å ha denne oppgaven. Endringen var et resultat av at feltleders ansvar og oppgaver tidvis kunne bli for stort for én person. Særlig var det behov for å ha mer tid til beregning av kjemikalieforbruk på hovedanlegg og bestilling av kjemikalier.

Opprigging før behandlingsstart i 2011 ble utfordrende. Det viste seg at innkjøpte slangeoverganger til IBC-doseringsstasjonene ikke tålte AIS A30, og lekkasje ble observert fra enkelte IBC'er. Det måtte derfor bestilles nye overganger og rigges på nytt. Lekkasjen ble meldt til lokalt brannvesen og Alarmsentralen i Sogn og Fjordane i henhold til varslingsprosedyre. Det ble innhentet vannprøver for å undersøke eventuelle effekter i vannforekomster nær utslippet, og resultatet av dette ble meldt til Alarmsentralen SF. Det ble påvist forhøyede Al-verdier og lavere pH i to dager som følge av utslippet, men de mest påvirkede områdene var allerede behandlet med CFT-legumin, og det er derfor lite trolig at det var fisk til stede som kunne bli påvirket. Det ble ikke påvist endringer i vannkjemi i hovedelva som følge av utslippet.

Oppstarten ble noe forsinket som følge av utslippet. Det var også tekniske utfordringer med oppstart av enkelte sideelver i 2011. Det ble derfor avsatt mer ressurser til opprigging i 2012.

## **4.2 Behandling og behandlingsmetoder**

Oppstart av behandlingen begge år ble gjort etter at klarsignal var gitt fra Fylkesmannen i Sogn og Fjordane.

Feltansvarlig ledet en arbeidsgruppe på ca. 15 personer under behandlingen. Personellet ble organisert i team. Det var eget team for hovedanleggene og tre IBC-team. IBC-teamene driftet hvert sitt område, og ble ledet av en IBC-ansvarlig. Det var også egne team som gjennomførte behandling i spesialområder.

En overvåkingssentral ble etablert på Kapteinsgården ved Ljøsne. Sentralen ringte automatisk og på faste tidspunkt GSM-modemer tilknyttet hver logger på hoveddoseringsanleggene. På den måten ble loggdata hentet til lokal PC. Loggerne var i tillegg programmert til å ringe en vakttelefon ved alarmsituasjoner. Alarm ble gitt ved unormalt styringssignal og pH.

På det daglige morgenmøtet ble arbeidslag organisert og oppgaver fordelt. Data fra loggere i elva og fra feltlaboratoriet ble innhentet og sammenholdt med de vannkjemiske mål som var satt. Ved uakseptable avvik ble doseringen justert og fulgt opp med nye vannprøver. Hjelp til prøvetaking fra Lærdal elveeigarlag var til svært stor nytte begge år. Et arbeidslag på 10 personer fordelte denne oppgaven seg imellom etter opplæring.

I alle faser av prosjektet var det fokus på HMS. NIVAs sikker jobb analyse for prosjektet inneholder prosedyrer for håndtering av uhell, skader og andre avvik. Noen mindre personskader og uhell ble fulgt opp og rapportert.

I behandlingspausen ble alle IBC-tanker samlet på en sentralt plassert lagerplass for påfylling av kjemikalier, og deretter kjørt ut igjen. Alle batterier ble tatt inn til lading og alle pumper satt på midlertidig lager. I behandlingspausen i 2011 ble enkelte slangestrekking rigget på nytt fordi wirene var for tynne og fordi slangedysene var for trange slik at de ble tilstoppet. I behandlingspausen i 2012 ble det rigget utstyr for bruk av elektriske felt, se under.



Oppstarten i 2011 var preget av diverse uheldige omstendigheter, blant annet slangeoverganger som ikke tålte kjemikaliene, se tidligere omtale. Igangsettingen av IBC-punkter ble derfor noe forsinket. I 2012 gikk innkjøringen i hovedelva, sideelver og spesialområder som planlagt. Etter pausen dette året gikk innjustering til vannkjemimålene i hovedelva raskere enn planlagt, og behandlingen ble forlenget med ca. ett døgn. Det ble da til sammen 16 dagers behandling etter pausen.

#### 4.2.1 Hovedelv og sideelver

Dosering av svovelsyre og AIS-blandinger i Lærdalselva med større sideelver og i Erdalselva skjedde fra hoveddoseringsanlegg (**Figur 3**) på følgende måte:

- pH-styrt tilsetning av 37 % svovelsyre oppstrøms lakseførende strekning i elva ved Sjurhaugfoss fra en 50 m<sup>3</sup> tank og tre 12 m<sup>3</sup> glassfibertanker. Også i Erdalselva og sideelvene Nivla og Kuvella ble det dosert 37 % svovelsyre med pH-styrt dosering.
- Vannføringsstyrt tilsetning av AIS 4,3 % oppstrøms lakseførende strekning i elva ved Sjurhaugfoss fra to 20 fots containere med 12 m<sup>3</sup> glassfibertanker, samt i Nivla, Kuvella og Erdalselva.
- Manuelt justert vannføringsproporsjonal dosering av 37 % svovelsyre og 4,3 % AIS i kraftverkstunnel ved Sjurhaugfoss
- pH-styrt dosering av AIS A30 fra 10 stk 12 m<sup>3</sup> doseringsanlegg fordelt nedover i hovedelva (påfriskning), samt påfriskning ved Nivla sagbruk.
- Vannføringsstyrt dosering av AIS og pH-styrt dosering av 37 % svovelsyre ble også benyttet fra små anlegg (IBC-containerer med volum på 1 m<sup>3</sup>) i sideelvene Senda, Ofta og Stødna. Kun Ofta hadde vannføringsstyrt syredosering.

Bufferkapasiteten i elva måtte reduseres for å få pH innenfor målområdet oppstrøms Sjurhaugfoss før tilsetning av AIS 4,3 %. Det ble dosert 37 % svovelsyre for å oppnå denne effekten. For å sikre kapasitet til å håndtere høy vannføring ble det benyttet to doseringspumper med doseringskapasitet på opp til 3 m<sup>3</sup>/time. Doseringen ble styrt av pH målt nedstrøms doseringen (set-punktsregulering). pH ble målt med en elektrode som var plassert på en flytende miniplattform (pH-båt). pH-båten ble plassert på et punkt der det ble antatt homogen syreinnblanding i ellevannet. Ved Sjurhaugfoss ble syre utdosert 280 m oppstrøms anlegget fra en slange med mange dysepunkter, som var strukket på tvers av elva. Mellom doseringspunkt og pH-båt var det en elvesving med kraftig turbulens i vannet slik at nær homogen innblanding ble oppnådd, og måleverdier derfor antatt representative for reell pH i elven. Anleggets totale lagringskapasitet for syre var ca. 80 m<sup>3</sup>.

I det surgjorte ellevannet ble det dosert AIS med vannføringsproporsjonal dosering. Vannføring ble beregnet på grunnlag av en vannstandsmåler ved anlegget. Doseringskapasiteten var 420 L/time.

Konsentrasjonen av giftig aluminium avtar nedover i vassdraget pga Al-polymerisering og fortykning fra vanntilsig. For å opprettholde gifteffekten på parasitten ble det dosert med AIS-løsninger fra 10 doseringsstasjoner videre nedover til utløpet, se **Figur 3**. Beholdningstanken i hvert anlegg var fylt med maksimum 10 m<sup>3</sup> av AIS A30. Alle disse anleggene var utstyrt med et loggesystem som lagret og videresendte data fra sensorer for pH oppstrøms og nedstrøms anlegget, prosess-signalet som doseringspumpen doserte etter, og i noen tilfeller i 2012 også kjemikalienivået i tanken (**Figur 4**). På Sjurhaugfoss var det etablert tanknivå-målere på alle beholdningstankene.

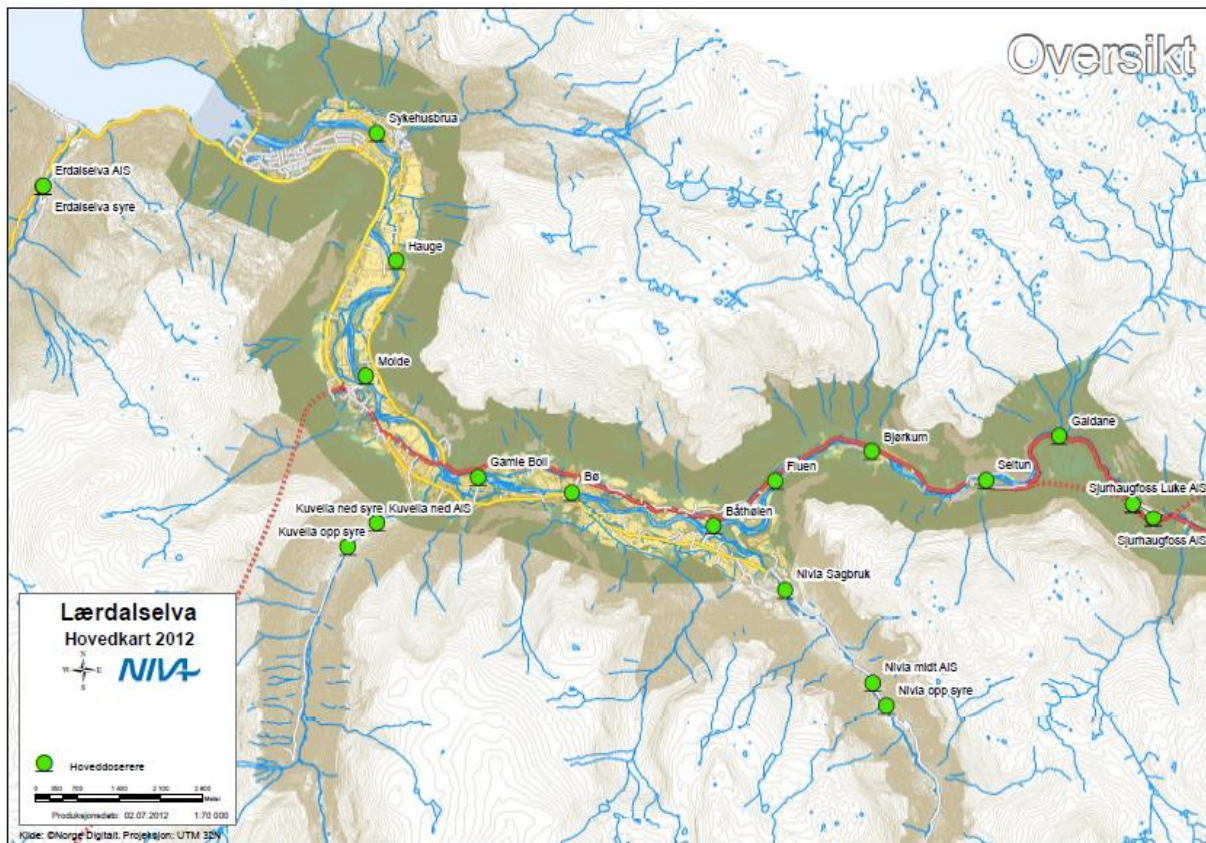
Samarbeidet med Østfold Energi AS (ØE) var avgjørende for en godt gjennomført behandling, og hyppig kontakt med regulanten var viktig på grunn av fare for stor vannføring og høy magasinifylling. ØE tok i stor grad hensyn til våre ønsker for vannføring under behandlingen.

Vannet i kraftverkstunnelen fra Borgund kraftverk og ned til Sjurhaugfoss ble behandlet med CFT-Legumin allerede i april begge år. Det lot seg gjøre etter stans av kraftverket. Det var derfor ikke nødvendig å behandle vannet i tunnelen mellom Borgund kraftstasjon og Sjurhaugfoss med AIS under

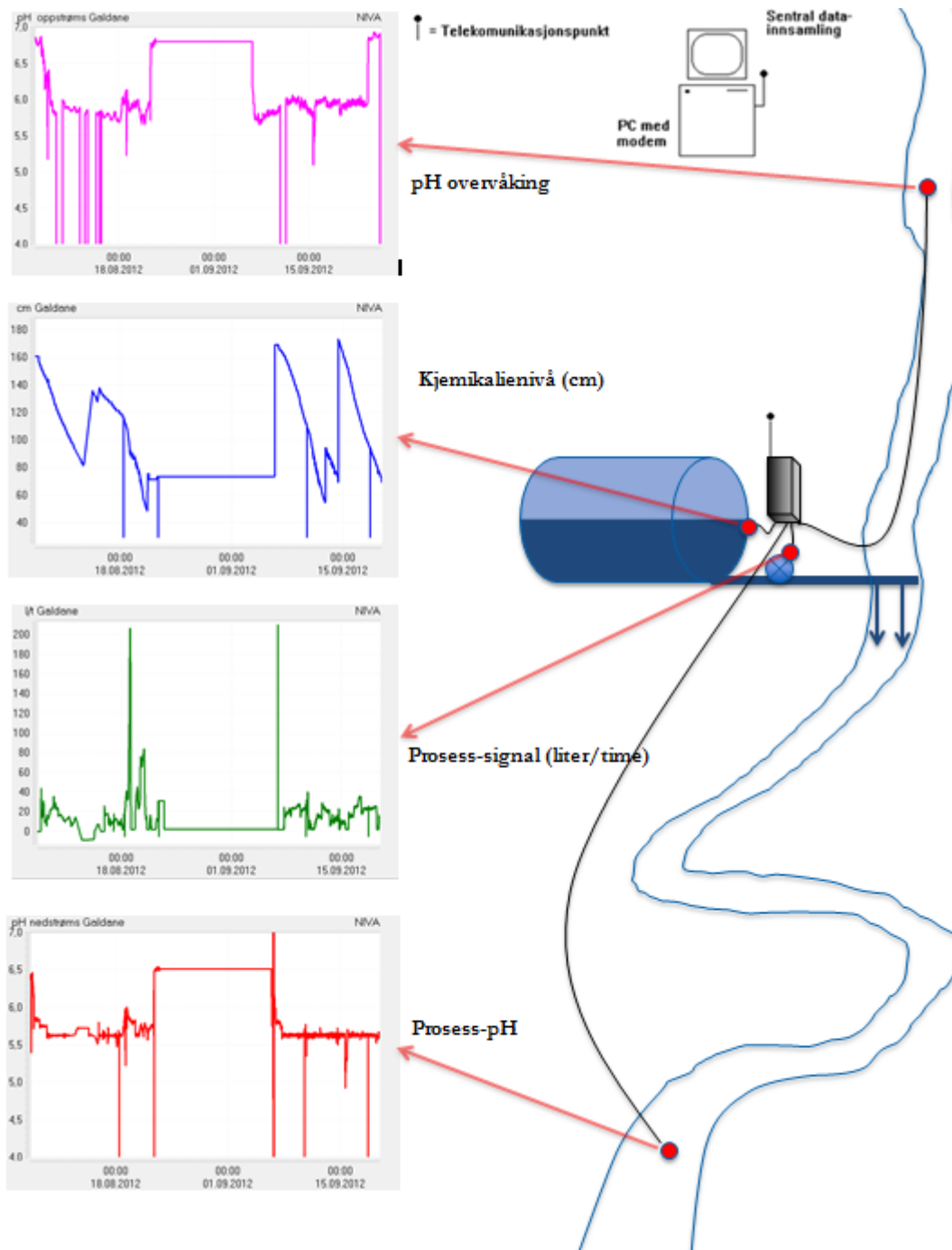
behandlingen. For å sikre at vannet fra Borgund kraftstasjon hadde ønsket kjemisk sammensetning (**Tabell 1**) før det ble sluppet ut i hovedelva ved Stuvane, ble 37 % svovelsyre og AIS 4,3 % dosert inn i kraftverktunellen ved Sjurhaugfoss. Doseringen ble justert manuelt etter de vannmengdene som ble oppgitt fra Borgund kraftstasjon.

Det var også store doseringsanlegg med tilsvarende utstyr i Erdalselva og de største sideelvene Kuvella og Nivla. Doseringsprinsippene var noe forskjellig fra hovedelva. I Erdalselva var alle anleggene plassert på samme sted. Tilsetningspunktet for svovelsyre var oppstrøms anlegget og tilsetningen av AIS et stykke nedstrøms. Vanskelige topografiske forhold i Kuvella og manglende mobilnettdækning medførte at anleggene der ble plassert på to steder (**Figur 3**). To anlegg (totalt 20 m<sup>3</sup>) med 37 % svovelsyre og samlet doseringskapasitet på 420 L/time ble plassert øverst. I 2012 ble kommunikasjonen med disse anleggene etablert med radiosamband mellom signalgivere på anlegget og logger i teledekningsposisjon på et av de to nederste anleggene. pH ble etterjustert med 37 % svovelsyre lenger nede i elva, og der ble det også tilsatt 4,3 % AIS.

På den øverste stasjonen i Nivla var det 200 m mellom tilsetning av 37 % svovelsyre og 4,3 % AIS for å sikre god innblanding av syre, og dermed riktig pH før tilsetning av AIS. pH ble justert i nedre del med AIS A30 som ble tilført som fast dose og proporsjonalt med vannføring.



**Figur 3.** Oversikt over hoveddoseringsstasjoner i Lærdalselva under behandlingen i 2012. Påfriskningsstasjonen for AIS nederst i Nivla er ikke med på dette kartet.



**Figur 4.** Skjematisk oversikt som viser hvordan et doseringsanlegg i Lærdalselva fungerte. Styringssignalet for pH fra målinger 300-800 m nedstrøms ble overført via ledning eller som radiosignal. Kurvene er hentet fra doseringsanlegget ved Galdane i 2012. Vertikale dropp skyldes manglende data og er satt til 0.

For nøyaktig dosering av svovelsyre og AIS i sideelvene Senda og Stødna, ble det etablert separate doseringssystemer for syre og AIS på samme måte som ved Sjurhaugfoss og de store sideelvene. Disse var identisk med de store anleggene, men beholdningstankene bestod av 1 m<sup>3</sup> IBC-konteinere. Loggeren manglet overføringsmulighet til sentral databank. Den hadde bare mulighet til å logge pH. I Senda ble AIS 4,3 % dosert 80 m nedstrøms syretilsetningen. pH ble etterjustert med et

påfriskningsanlegg for AIS 1200 m lenger ned i elva. Et fastdoseanlegg med vannproporsjonal dosering for svovelsyre og AIS ble benyttet i Ofta. IBC-konteinere var beholdningstanker.

#### 4.2.2 Småbekker og bekkesig

I småbekker og bekkesig var det ca 130 doseringsstasjoner. AIS A30 ble tilsatt fra små doseringsanlegg (totalt ca. 150 IBC-konteinere med volum på 1 m<sup>3</sup>) med manuelt justerbare pumper. Ingen av disse hadde eksterne styringssignaler, men gjennom hele behandlingen ble de manuelt justert av personell fra IBC-team, basert på målt pH nedstrøms. pH ble målt med feltutstyr slik at justeringer kunne skje umiddelbart.

#### 4.2.3 Overrisling med vann tilsatt AIS langs elvekant og forbygninger

I områder av vassdraget der behandlet vann fortynnes eller skyves vekk av grunnvannsframspring vil det kunne være en stor utfordring å sikre at laksunger får tilstrekkelig lang eksponering for behandlet vann. Dette er grunnvannstilsig og skjulte habitater i grove steinurer/forbygninger og grusøyrer.

Som en følge av dette, ble det i 2012 iverksatt overrisling fra perforerte slanger langs elvekanten. På utvalgte stasjoner ble vanningspumper eller trykkvannsanlegg brukt til å føre vann gjennom modifiserte vanningslanger. Trykkvannsanlegg ble stilt til disposisjon av grunneiere. Vannet ble tilsatt AIS fra IBC-konteinere. Slike ekstratiltak ble rigget på følgende sju stasjoner til behandlingen i 2012, se også bilder i **Vedlegg B** :

- I området Mo og Saltkjelen: ca 600 m perforert slange fra «Gamle Mo» til «Robin»
- I området Mo og Saltkjelen: ca 200 m perforert slange i «Enberg»
- Ved Blaaflat og Bø: ca 80 m perforert slange i «Nedre Lysne»
- Ved Tønjum: ca 250 m perforert slange i «Skolehølen»
- I området ved Hauge / Rock: ca 300 m perforert slange i kilen ved «Robinson»
- I området ved Hauge / Rock: ca 300 m perforert slange fra «Svinaleet» til «Rock»
- I området oppstrøms Ofta: ca 150 m perforert slange i «Muren i Hunderi» i hvv 1. og 2. periode

I første halvdel av første periode var ekstradoseringen av AIS gjennom overrislingsslangene ca 10 L/time. I siste halvdel av første periode og hele andre periode ble dette oppjustert til ca 20 L/time.

Effekten av spesialtiltakene ble vurdert basert på pH-målinger i felt. Dette ble primært gjort tidlig i de to behandlingsperiodene for å ha mulighet til justeringer. Målinger ble gjort i vannforekomster så langt inn i substratet som mulig (for eksempel mellom steiner i ur).

Enkelte områder ble overspylt med AIS-holdig vann flere ganger ved hjelp av mobil vannpumpe i 2012 («traktorpumpe», grønn ramme i kart i **Vedlegg B** ).

#### 4.2.4 Elektriske felt

Forsøk med bruk av elektriske felt ble gjennomført i elva Skjerka i Tvedestrand sommeren 2012. Basert på positive resultater derfra (Hindar mfl. 2013) ble teknikken tatt i bruk i Lærdalselva. Oppbygging av apparatet bygger på prinsippene som benyttes i ordinære el-fiskeapparater, men apparatens effekt kunne økes. Tiltaket ble faset inn etter behandlingspausen i 2012.

Det ble utviklet en prosedyre for bruk av utstyret, og det ble gjennomført opplæring av personell for betjening av apparatet. En person var sikkerhetsansvarlig i forbindelse med arbeidet. Strømsetting ble gjennomført av sikkerhetsansvarlig og to assistenter. Etter opprigging bestod assistentenes arbeid i å flytte elektroder (metallstaver) slik at et større areal kunne dekkes på hvert sted. Spenningen ble justert ved hvert sett av staver slik at ønsket strømstyrke ble oppnådd.

Det ble rigget opp utstyr for el-felt på fire lokaliteter i løpet av behandlingspausen:

- Cirka 100 kobberstaver på hver side av en traktorvei langs sørlige elvebredd ved Robinsonhølen i Saltkjelen, til sammen ca. 140 m
- 6 x 3 stk på nordsiden av Robinsonhølen i Saltkjelen (ca 50 m)
- 14 x 3 stk fra Sandbank på nordsiden av elva og ned til fotballbanen ved Ljøsne skole (120 m)
- 7 x 3 stk langs et sideløp på nordsiden av elva ved Hauge (ca 60 m)

De to øverste av disse lokalitetene er i Saltkjelen-området (bilde 13 i **Vedlegg B.** ), Sandbank er i bilde 12 og Hauge i bilde 4. Alle de fire lokalitetene ble behandlet inntil 7-8 ganger i løpet av den tiden hovedbehandlingen pågikk.

#### 4.2.5 Behandling med CFT-Legumin

CFT-Legumin ble benyttet i områder med stillestående vann i nær tilknytning til hovedelva og i små sig i områder hvor det ikke var hensiktsmessig å benytte AIS. CFT-Leguminløsningen bestod av blant annet 2,5 % rotenon og 2,5 % piperonylbutoksid (PBO), hvor rotenon gir den dødelige effekten på fisk. PBO er en synergist som gjør det mulig å redusere konsentrasjonen av rotenon i løsningen, samtidig som effekten opprettholdes. De resterende stoffene i blandingen er nødvendig for å få løst virkestoffene opp i vann på en effektiv måte. CFT-Legumin er letal for laks ved en konsentrasjon på ca. 0,3 ppm, og laks er således en av artene som tåler absolutt minst av dette stoffet.

Vannforekomster som ikke var tilgjengelig eller ikke egnet for behandling med AIS, skulle behandles med CFT-Legumin. I alt 465 punkter var kartlagt og beskrevet med anbefalt behandlingsmetode (AIS eller CFT-Legumin) før behandlingen. Dette var alt fra vandringshindre i hovedelv og store bekker, til dammer, bekker, grøfter, sig, rør, kummer, flomløp m.m., der det kunne være infisert fisk. Av disse ble ca 300 behandlet med CFT-Legumin. Foruten noen større avsnørte dammer, dreide dette seg utelukkende om mindre vannforekomster.

Under hovedbehandlingen ble det lagt ekstra stor vekt på sikker behandling i bekkesig. Disse skulle behandles med rotenon i øvre del og med AIS i nedre del. En del justeringer av den oppsatte grensen mellom de to behandlingsformene ble foretatt under behandlingen på grunn av endringer i hydrologiske forhold.

Til utdosering av CFT-Legumin ble det benyttet hagekanner, bærbar pumpe og små dryppstasjoner. Rennende vann ble behandlet med et CFT-Legumindrypp i fire timer, og dosert etter vannmengde. I små sig og stillestående vann ble det dosert med kanne. Større dammer ble dosert med pumpe for å sikre god innblanding. Ved behandling med CFT-Legumin mot laks, skal det doseres slik at all fisk i det behandlede området eksponeres for en konsentrasjon på minst 0,5 ppm CFT-Legumin. For å ta høyde for ufullstendig innblanding og nedbrytning, doseres det normalt til en konsentrasjon på 1 ppm CFT-Legumin.

#### Behandlingen i 2011

Allerede 28.- 29. april 2011 ble det gjennomført behandling med CFT-Legumin i kraftverkstunellen fra Borgund kraftverk og ned til Stuvane kraftverk. Tunellen ble tilgjengelig i forbindelse med vedlikehold og stans av kraftverket. Ved tidligere behandlinger av Lærdalselva har denne kraftverkstunellen blitt behandlet med AIS. Tunnelen har til tider kontakt med elva via Sjurhaug luker, slik at fisk teoretisk sett kan vandre helt opp til turbinene ved Borgund. Hele strekningen ble undersøkt og alle vannforekomster ble behandlet med CFT-Legumin. En voksen ørret ble funnet helt oppe ved turbinene ved Borgund og en mindre fisk ble observert i en større dam ved Sjurhaug luker før behandling. Fisken ved Sjurhaug luker ble ikke funnet etter behandling.

Med forsikringer fra Østfold Energi om at Sjurhaug luker ble holdt lukket til behandlingene i 2011 var avsluttet, bidro denne behandlingen til at kun nedre deler av kraftverkstunnelen (fra Sjurhaug luker) måtte behandles under hovedbehandlingen i 2011.

Det var planlagt tre behandlinger med CFT-Legumin i perifere vannforekomster; en gang mot slutten av første behandlingsperiode og to ganger under siste behandlingsperiode. Unntak var vannforekomster som var klart avgrenset fra resten av vassdraget. Disse ble behandlet en gang under hver av behandlingsperiodene.

Helt i starten av første behandlingsperiode ble noen lange grøftesystemer behandlet for å hindre at store områder ble stående ubehandlet langt inn i behandlingsperioden. Dette var områder som det var mulig for fisk å vandre ut av under behandlingsperioden, og således unngå den planlagte behandlingen med CFT-Legumin. Ved utvandring tilstrekkelig lenge ut i behandlingsperioden, ville de ikke få den nødvendige tiden i elva til at behandlingen med AIS ville fjerne parasitten.

Under første behandlingsperiode ble det gjennomført en behandling over fire dager. Behandlingen ble gjennomført av tre tomannslag (**Tabell 2**). Ett lag gikk manngard langs hovedelva og to lag behandlet perifere punkter. Første behandlingsperiode med CFT-Legumin ble gjennomført i perioden 23. - 26. august.

Andre behandlingsperiode med CFT-Legumin, hvor behandlingen med CFT-Legumin ble gjennomført to ganger, strakk seg fra 24. september til 1. oktober. Behandlingen ble gjennomført av tre lag, hvert på to personer. Arbeidsoppgavene ble byttet om innad i laget slik at et punkt ikke ble behandlet av samme person på begge rundene. Dette som en kvalitetssikring i forhold til identifisering og dosering av behandlingpunktene.

#### Behandlingen i 2012

Som en forberedelse til behandlingene på sensommeren/høsten 2012, ble det allerede 11. april gjennomført en mindre behandling med CFT-Legumin. Basert på erfaringer fra 2011 ble Borgund kraftverk stanset og kraftverkstunnelen mellom Borgund og Sjurhaug ble behandlet med CFT-Legumin. Dette gjorde det mulig å behandle kraftverkstunnelen med surt aluminium, kun fra Sjurhaug også under hovedbehandlingen i 2012.

Behandlingen med CFT-Legumin i 2012 ble gjennomført tilnærmet likt behandlingen i 2011. Under første behandlingsperiode ble det gjennomført en behandling over fire dager. Behandlingen ble gjennomført av tre tomannslag (**Tabell 3**). Ett lag gikk manngard langs hovedelva og to lag behandlet perifere punkter. Første behandlingsperiode med CFT-Legumin ble gjennomført i perioden 7. - 10. august.

Andre behandlingsperiode med CFT-Legumin, hvor behandlingen med CFT-Legumin ble gjennomført to ganger, strakk seg fra 10. – 17. september. Arbeidsoppgavene ble, som for 2011, byttet om innad i laget slik at et punkt ikke ble behandlet av samme person på begge rundene.

Mannskapet leverte daglig rapport for sine arbeidsoppgaver. I tillegg var de utstyrt med sporloggere, som viste hvor de hadde beveget seg (**Figur 5**). Hensikten med dette var å fange opp eventuelle misforståelser, som kunne ha medført at enkelte områder ikke ble behandlet. Dette fungerte ikke som planlagt, da topografien i Lærdal medførte at GPS-en ikke alltid fikk inn nok satellitter til å orientere seg. Dette ble forbedret betraktelig til andre runde ved å plassere sporloggerne oppe på hodet på mannskapet. Resultatet ble likevel ikke optimalt. Det oppsto også noen tekniske feil med utstyret i løpet av behandlingen, slik at enkelte spor ikke ble logget.

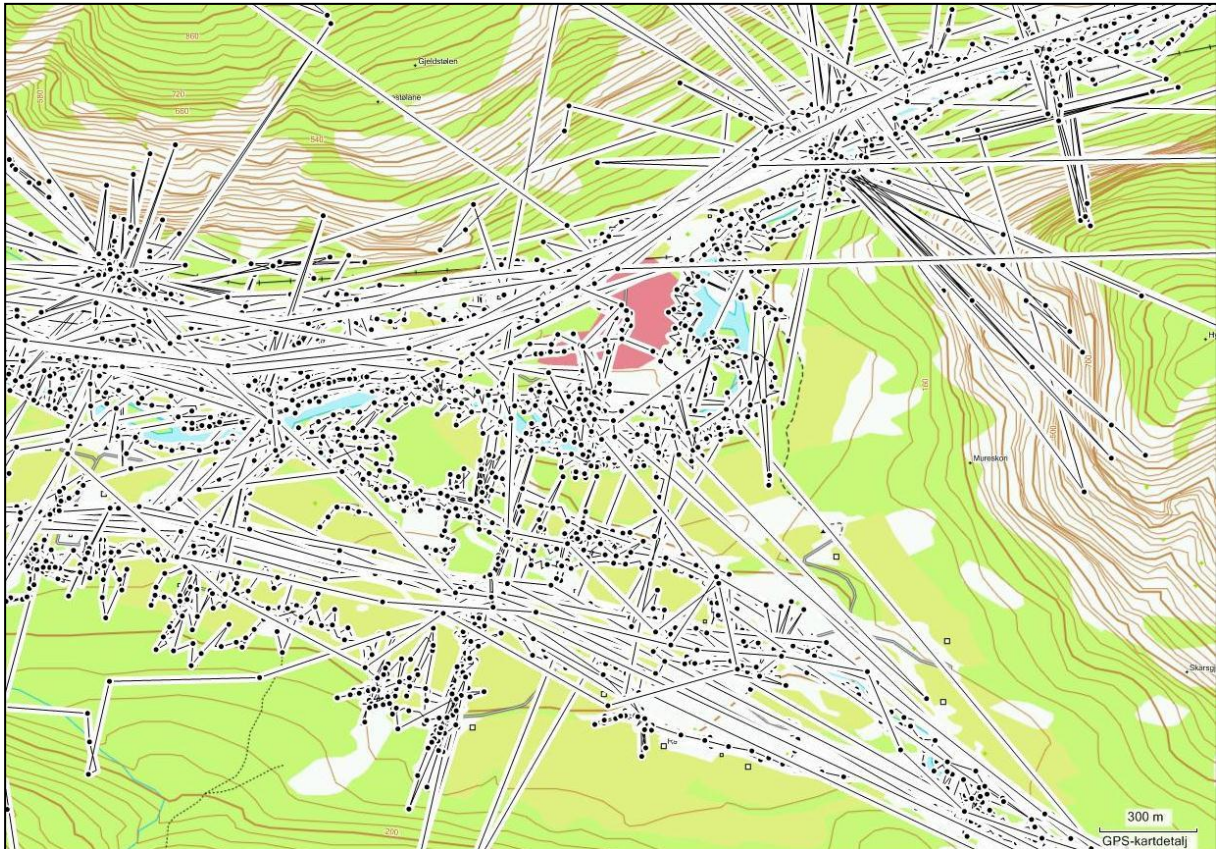


**Tabell 2.** Behandling med CFT-Legumin i perifere vannforekomster. Arbeidsfordeling, områder behandlet og forbruk av CFT-Legumin for de ulike arbeidslagene under behandlingen i 2011.

Lag	Dag	Runde	Område/Elvestrekning/Bekk	Forbruk CFT-L (L)
	28.apr	1	Kraftverkstunnelen. Øvre deler (5 km)	2,8
	29.apr	1	Kraftverkstunnelen. Nedre deler (1 km)	0,2
	09.aug	1	Startdosering. Hunderiveita, Blåflatveita og Grøto	4
1	23.aug	1	Manngard. Sjurhaugfoss – Saltkjelen.	1,5
2	23.aug	1	Perifere punkt. Sjurhaugfoss – Saltkjelen	0,9
3	23.aug	1	Manngard. Nivla. Begge sider og perifere punkt	0,4
1	24.aug	1	Manngard. Saltkjelen – Kuvella	1,5
2	24.aug	1	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Høyre side	2,3
3	24.aug	1	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Venstre side	4
1	25.aug	1	Manngard. Kuvella – Haugsjord.	1,5
2	25.aug	1	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Høyre side.	4,3
3	25.aug	1	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Venstre side	1
1	26.aug	1	Manngard. Haugsjord – munning	2
2	26.aug	1	Periferi. Haugsjord – munning. Høyre side	4,8
3	26.aug	1	Periferi. Haugsjord – munning. Begge sider	1
1	24.sept	2	Manngard. Sjurhaugfoss – Saltkjelen.	1,5
2	24.sept	2	Perifere punkt. Sjurhaugfoss – Saltkjelen	1,6
3	24.sept	2	Manngard. Nivla. Begge sider og perifere punkt	0,7
1	25.sept	2	Manngard. Saltkjelen – Kuvella	1,5
2	25.sept	2	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Høyre side	3,7
3	25.sept	2	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Venstre side	1,8
1	26.sept	2	Manngard. Kuvella – Haugsjord.	2
2	26.sept	2	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Høyre side.	3,4
3	26.sept	2	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Venstre side	2
1	27.sept	2	Manngard. Haugsjord – munning	1,5
2	27.sept	2	Periferi. Haugsjord – munning. Høyre side	3,7
3	27.sept	2	Periferi. Haugsjord – munning. Begge sider	1
1	28.sept	3	Manngard. Sjurhaugfoss – Saltkjelen.	1
2	28.sept	3	Perifere punkt. Sjurhaugfoss – Saltkjelen	1,5
3	28.sept	3	Manngard. Nivla. Begge sider og perifere punkt	0,9
1	29.sept	3	Manngard. Saltkjelen – Kuvella	1
2	29.sept	3	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Høyre side	2,9
3	29.sept	3	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Venstre side	2
1	30.sept	3	Manngard. Kuvella – Haugsjord.	1
2	30.sept	3	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Høyre side.	2
3	30.sept	3	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Venstre side	2
1	1.okt	3	Manngard. Haugsjord – munning	1
2	1.okt	3	Periferi. Haugsjord – munning. Høyre side	1,5
3	1.okt	3	Periferi. Haugsjord – munning. Begge sider	1,5
Total doseringsmengde CFT-L				74,9

**Tabell 3.** Behandling med CFT-Legumin i perifere vannforekomster. Arbeidsfordeling, områder behandlet og forbruk av CFT-Legumin for de ulike arbeidslagene under behandlingen i 2012.

Lag	Dag	Runde	Område/Elvestrekning/Bekk	Forbruk CFT-L (L)
	11.apr	1	Kraftverkstunnelen.	4
1	7.aug	1	Manngard. Sjurhaugfoss – Saltkjelen.	1,5
2	7.aug	1	Perifere punkt. Sjurhaugfoss – Saltkjelen + Grandane	1,9
3	7.aug	1	Manngard. Nivla. Begge sider og perifere punkt	0,9
1	8.aug	1	Manngard. Saltkjelen – Kuvella	1,8
2	8.aug	1	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Høyre side	4,2
3	8.aug	1	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Venstre side	2,5
1	9.aug	1	Manngard. Kuvella – Haugsjord.	1,2
2	9.aug	1	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Høyre side.	4
3	9.aug	1	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Venstre side	0,7
1	10.aug	1	Manngard. Haugsjord – munning	1
2	10.aug	1	Periferi. Haugsjord – munning. Høyre side	4,8
3	10.aug	1	Periferi. Haugsjord – munning. Begge sider	0,5
1	10.sept	2	Manngard. Sjurhaugfoss – Saltkjelen.	3
2	10.sept	2	Perifere punkt. Sjurhaugfoss – Saltkjelen	0,6
3	10.sept	2	Manngard. Nivla. Begge sider og perifere punkt	1,5
1	11.sept	2	Manngard. Saltkjelen – Kuvella	3,5
2	11.sept	2	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Høyre side	2,2
3	11.sept	2	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Venstre side	4
1	12.sept	2	Manngard. Kuvella – Haugsjord.	2
2	12.sept	2	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Høyre side.	2
3	12.sept	2	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Venstre side	1,5
1	13.sept	2	Manngard. Haugsjord – munning	2
2	13.sept	2	Periferi. Haugsjord – munning. Høyre side	2,2
3	13.sept	2	Periferi. Haugsjord – munning. Begge sider	1,5
1	14.sept	3	Manngard. Sjurhaugfoss – Saltkjelen.	2
2	14.sept	3	Manngard. Nivla og diverse øyer	2,3
1	15.sept	3	Manngard. Saltkjelen – Kuvella	2
2	15.sept	3	Periferi. Selthun – Kuvella. Høyre side	3,5
3	15.sept	3	Periferi. Saltkjelen – Kuvella. Venstre side	4,5
1	16.sept	3	Manngard. Kuvella – Haugsjord.	2
2	16.sept	3	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Høyre side.	1,4
3	16.sept	3	Periferi. Kuvella – Haugsjord. Venstre side	4
1	17.sept	3	Manngard. Haugsjord – munning	2
2	17.sept	3	Periferi. Haugsjord – munning. Høyre side	4,5
3	17.sept	3	Periferi. Haugsjord – munning. Begge sider	1,5
Total doseringsmengde CFT-L				84,7



**Figur 5.** Sporlogg for all behandling med CFT-Legumin i området Saltkjelen i 2012. Lange, rette og avvikende linjer, skyldes dårlige mottakerforhold for satellitter. En sporlogg langs Nivla mangler pga av feil i nedlastet fil, og en sporlogg langs venstre side av Lærdalselva mangler pga av funksjonsfeil hos logger.

Behandlingsmannskapet var instruert til å hele tiden se etter kritiske punkt som ikke var avmerket på kartet. Det ble ved et par anledninger funnet tilsig til elva, gjennom forbygninger/ur, som tidligere ikke var avdekket. Det ble da iverksatt tiltak slik at man fikk dosert surt aluminium i disse.

Enkelte av mannskapet var også utrustet med pH-målingsutstyr. Dette gjorde at de umiddelbart kunne sjekke om det var behandlende kjemi i områder som de følte seg usikre på. Tidligere har det kun blitt varslet som slike områder, og eget personell har dratt ut for å sjekke dem. Dette var arbeidskrevende og lite hensiktsmessig, og skapte rom for misforståelser.

#### Dødfisk-innsamling

På grunn av behandling med CFT-Legumin, var det forventet noe død fisk.

I løpet av behandlingen i 2011 ble det innsamlet og registrert 247 fisk, i hovedsak ørret (**Tabell 4**). All fisk bortsett fra tre ørreter som trolig hadde stått for nært oppunder en ALS-doserer, ble drept av CFT-Legumin. Av de 5 laksungene som ble plukket, ble 4 funnet under den første behandlingen. Disse ble alle funnet i tilknytning til bekker og to av dem et godt stykke opp i Grøto (200-300 m). Den siste laksungen ble funnet på ei øy, i en avsnørt dam med tilsig fra elva gjennom grunnen. *G. salaris* ble påvist på denne.

**Tabell 4.** Antall døde fisk etter behandling med CFT-Legumin i 2011 fordelt på art.

	Art			Totalt
	Ørret	Laks	Ål	
Antall	240	5	2	247

Totalt ble det plukket 5,1 kg fisk i 2011, dvs. en middelvekt på om lag 20 gram for de 247 fiskene.

I 2012 så behandlingsmannskapet etter død fisk der det var aktuelt. Det ble spesielt sett etter laksunger. Det ble ikke funnet laksunger i de mer perifere områdene. I løpet av behandlingen ble det kun funnet tre større fisk i elva. Noe fisk ble samlet inn til destruering, men noen grundig analyse av dette materialet ble ikke prioritert.

### 4.3 Prøvetakings- og analysemetoder

#### 4.3.1 Prøvetaking og vannkjemiske analyser

Det ble utarbeidet et prøvetakingsprogram for å overvåke vannkjemien i hovedelva, store sideelver og i Erdalselva under behandlingene. Målet med programmet var å sikre at pH og konsentrasjonen av aluminium var i samsvar med de fastsatte vannkjemimålene i **Tabell 1**. Det var i alt 26 faste stasjoner som i tidsrommene med dosering, ble prøvetatt daglig (hver morgen) av opplærte lokale medarbeidere. Prøvetakingsstasjonene var hovedsakelig plassert oppstrøms øverste doseringspunkt i elv eller sideelv (referansemåling) og rett oppstrøms påfriskningsstasjon (for å se om vannkjemimålene ble nådd fram til ny tilsetning).

Vannhenter montert på stang ble brukt for å sørge for at prøvene ble tatt et stykke ut fra elvebredden. Vannhenter og prøveflasker ble skylt minst to ganger, og prøveflaskene ble fylt helt opp og satt i kjølebagg. Umiddelbart etter prøvetaking ble prøvene levert til feltlaboratoriet. Her ble vannhenterne skylt med varmt vann for å unngå at *G. salaris* skulle overleve i vannhenteren.

I feltlaboratoriet ble ledningsevnen og pH ble målt med et WTW 340i multimeter utstyrt med Tetracon 325 målecelle og Hamilton polilyte bridge lab glasselektrode. Ledningsevne ble korrigert til verdien som tilsvarer en temperatur på 25 °C. Instrumentet ble kalibrert før hver måleserie.

Aluminium ble ionebyttefraksjonert som beskrevet i Driscoll (1984). En peristaltisk pumpe ble brukt til å pumpe prøve gjennom en kolonne med ca 1,7 mL Amberlite IR-120 (Na-form) slik at gjennomstrømmingen var ca 3,8 mL/min/mL ionebyttermasse. Før og mellom prøver ble det pumpet en løsning med 0,1 mM NaCl for å holde pH i kolonnen rundt 5,7. Reagenser og prinsipp for bestemmelse av aluminium i ionebyttet, ikke-ionebyttet og surgjort (til 0,1 M salpetersyre) fraksjon er beskrevet i detalj i Røyset (1987). Tilsats av reagenser ble imidlertid gjort manuelt. Etter en reaksjonstid på minimum 10 minutter ble aluminium bestemt ved måling av absorpsjon av lys med bølgelengde 580 nm i prøven sammenlignet med en standardkurve basert på lysabsorpsjon i løsninger med kjente aluminiumskonsentrasjoner. Aluminium bestemt i surgjort prøve, ikke-ionebyttet prøve og ionebyttet prøve betegnes som henholdsvis Al<sub>r</sub>, Al<sub>a</sub> og Al<sub>o</sub>. Uorganisk monomert aluminium, som er den aktive eller giftige formen, ble beregnet som differansen mellom Al<sub>a</sub> og Al<sub>o</sub>.

#### 4.3.2 Fisk og infeksjon av *G. salaris*

I løpet av behandlingen ble helsetilstanden til fisken overvåket. I mangel på mulighet for overvåkning av fysiologiske parametere ble denne overvåkingen basert på subjektiv observasjon og vurdering av forhold som endret pustefrekvens (gjelleaktivitet), fiskens oppsøking av strømsvake områder eller manglende fluktrespons. Erfaringsbasert kompetanse og kontinuitet (en og samme person involvert fra

start til slutt) har vært avgjørende for denne metoden. Overvåkingen ble derfor gjort av en lokal kjentmann (Torkjell Grimelid, Ljøsne Klekkeri).

Det ble gjort daglige observasjoner av fisken i Norsk Villakssenter. Akvariet i Villakssentret har imidlertid vannforsyning som tidvis kan være påvirket av brakkvann. Det er godt dokumentert at blandsoner, som oppstår når Al-holdig ferskvann blander seg med saltvann, kan være spesielt giftig for fisk. Derfor var ikke observasjoner herfra vurdert å være tiltaksstyrende alene. Ved avvikende atferd på fisk ble likevel observasjon i elva iverksatt umiddelbart.

Laksunger, primært av alder 1+ og 2+, ble samlet inn med elektrisk fiskeapparat, konservert på 96 % etanol, og undersøkt for *G. salaris* under stereolupe.

#### 4.4 Nedrigging og opprydding

Etter endt behandling begge år, ble alle IBC'er tatt inn og lagret på en oppstillingsplass ved Ljøsne. Alle kjemikalieslanger ble samlet inn og levert til destruksjon. Alle slangeoppsett for dosering fra hovedanlegg ble rigget ned. Alle batterier ble tatt inn og lagret. Etter behandlingen i 2012 ble disse gitt bort. Dette ble ansett som en bedre økonomisk løsning for prosjektet, enn å sette alle batterier på vedlikeholdslading og lagring over lang tid. Alle pumper i små doseringsenheter ble samlet inn og lagret.

Alle restvolumer av AIS-løsninger og svovelsyre ble samlet og levert tilbake til henholdsvis Kemira og Solberg Industri etter endt behandling i 2012. Enkelte ukurante kjemikalierester ble lagret på IBC for seinere destruksjon. Alle IBC'er og slike restkjemikalier ble deretter tatt hånd om av regionalt avfallsselskap.

Etter avklaring om at AIS ikke skulle brukes i Lærdalselva ved eventuell påvisning av *G. salaris* i årene etter behandling, ble det i 2014 foretatt en fullstendig opprydding også av hoveddoseringsanlegg. Alle anlegg, med unntak av den store 50 m<sup>3</sup> tanken på Sjurhaug, ble flyttet til sentralt lager for salg.

## 5. Resultater

### 5.1 Vannføring

Før, under og etter behandlingene ble det per telefon innhentet vannføringsdata fra Saudafallene AS. Dette var produksjonsdata fra Borgund kraftverk og vannføringsdata fra Lo, Seltun og Båthølen. Lo ligger rett oppstrøms Sjurhaugfoss, mens Seltun ligger i øvre del av det behandlede området. Målingene begge steder representerer naturlig tilsig. Vannføringen ved Båthølen inkluderer vannet fra Borgund og Stuvane kraftverk.

Vannføringskurvene for 2011 viser en rask økning i vannføring under innstilling av vannkjemien i første behandlingsperiode og sterkt økende vannføring igjen helt i slutten av samme periode (**Figur 6**). Vannføringen var høy i hele perioden, og lå hele tida over 20 m<sup>3</sup>/s ved målestasjon Seltun. I andre periode var vannføringen fortsatt høy, men avtakende. Laveste målte vannføring ved Seltun var 15 m<sup>3</sup>/s.

Det er verdt å merke seg at vannføringen var høy eller oppadgående ved behandlingsstart i begge periodene, noe som anses som gunstig med hensyn til grunnvannsforholdene. Under stigende vannføring trenger elvevannet ut i sideområdene langs elva. Når dette vannet er behandlet, blir disse

områdene mettet av kjemikalietilsatt elvevann. Effekten av aluminium kan imidlertid avta igjen i vannforekomster som avsnøres når elvevannet trekker seg tilbake.

Vannføring i kraftverkstunnelen ble beregnet fra oppgitt produksjon og var 10-14 m<sup>3</sup>/s i første periode. I andre periode var dette bidraget hovedsakelig 14 m<sup>3</sup>/s, men økte til 18 m<sup>3</sup>/s helt mot slutten av perioden. Fra Båthølen var derfor vannføringen over 30 m<sup>3</sup>/s i hele behandlingsperioden, og nådde et maksimum på 60 m<sup>3</sup>/s på formiddagen den 28. august.

Med ca. 190 km<sup>2</sup> restfelt nedstrøms Båthølen, spesifikk avrenning på ca. 30 L/s km<sup>2</sup> i området og vannføring på minst fem ganger middelvannføring, kan vannføringen i dette restfeltet tidvis ha vært over 30 m<sup>3</sup>/s. Det antas derfor at vannføringen ved utløpet kan ha vært 90-100 m<sup>3</sup>/s på det høyeste under behandlingen.

Vannføringen i 2012 avtok ved Båthølen fra 40 m<sup>3</sup>/s ved oppstart i første behandlingsperiode til 25 m<sup>3</sup>/s fram mot 19. august (**Figur 6**). Vannføringen på Lo, rett oppstrøms Sjurhaugfoss, avtok til 7 m<sup>3</sup>/s, som anses som helt i nedre del av optimal vannføring.

Den 19. august førte betydelige nedbørmengder til stor vannføring. Vannføringen ved Lo og Båthølen økte til henholdsvis 40 og 90 m<sup>3</sup>/s. Med ca. 190 km<sup>2</sup> restfelt nedstrøms Båthølen, spesifikk avrenning på ca. 30 L/s km<sup>2</sup> i området og vannføring på minst 10 ganger middelvannføring, kan vannføringen i dette restfeltet tidvis ha vært over 60 m<sup>3</sup>/s. Det antas derfor at vannføringen ved utløpet kan ha vært omkring eller høyere enn 150 m<sup>3</sup>/s i denne delen av behandlingsperioden.

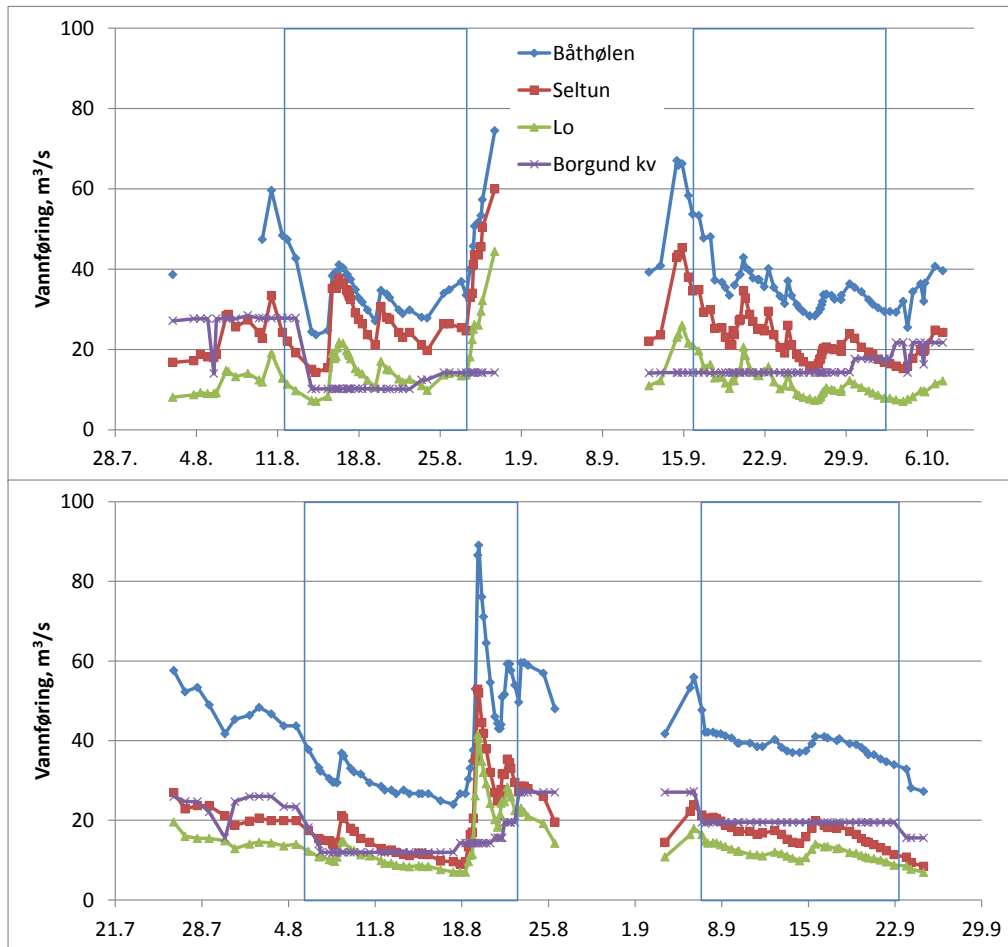
Den store vannføringen var over etter ett døgn, men vannføringen holdt seg forholdsvis høy fram til behandlingspausen. I mesteparten av første behandlingsperiode var vannføringen fra Borgund kraftverk 12-14 m<sup>3</sup>/s.

I pausen avtok vannføringen i øvre del av elva, mens produksjonen i Borgund kraftverk var maksimal, med en stabil vannføring på 27 m<sup>3</sup>/s.

Vannføringen var avtagende ved behandlingsstart i første periode og forholdsvis stabil ved oppstart i andre periode. Dette var ikke optimalt fordi økende vannføring ved oppstart anses som gunstig med hensyn til grunnvannsforholdene.

Etter behandlingspausen ble produksjonen i Borgund redusert, og vannføringen ble holdt stabil på 19 m<sup>3</sup>/s. Med denne vannføringen ble elveprofilet fylt godt opp og grusøyrier ble i stor grad oversvømt. Dette ble ansett som gunstig for å redusere antall tørrlagte grusøyrier, antall områder med grunnvannspåvirkning og antall avsnørte dammer langs elvebredden.





**Figur 6.** Vannføring ved Båthølen, Seltun, Borgund kraftverk og Lo i 2011 (øverst) og 2012 (nederst). Behandlingsperiodene er vist med blå ramme.

## 5.2 Vanntemperatur

Optimal vanntemperatur for behandling med hensyn til fiskeatferd og grunnvannsproblematikk er ansett å være ved temperaturer over 7-8 °C (notat til DN av 16.2.2011). Lærdalselva blir aldri veldig varm om sommeren (Andersen 2002), og sommertemperaturene ble ikke ansett som begrensende for behandlingen. Andersen fant at middelerdiene på Tønjum, dvs. nedstrøms samløpet med kraftgata, for 11 år på 1980- og 1990-tallet var over 10 °C til ut i oktober. Basert på blant annet disse tidligere temperaturdataene fra elva, ble derfor behandling fram mot 1. oktober anbefalt.

I 2011 varierte vanntemperaturen i behandlingsperioden (12.8.-2.10) i øvre del av hovedelva mellom 7 og 14 °C (**Figur 7**). Vannet som går gjennom Borgund og Stuvane kraftverk og kommer ut i elva mellom Fluen og Båthølen, hadde en betydelig lavere temperatur og var aldri over 12 °C. Ved Øye bru var det ubetydelige vanntemperaturendringer i forhold til Fluen.

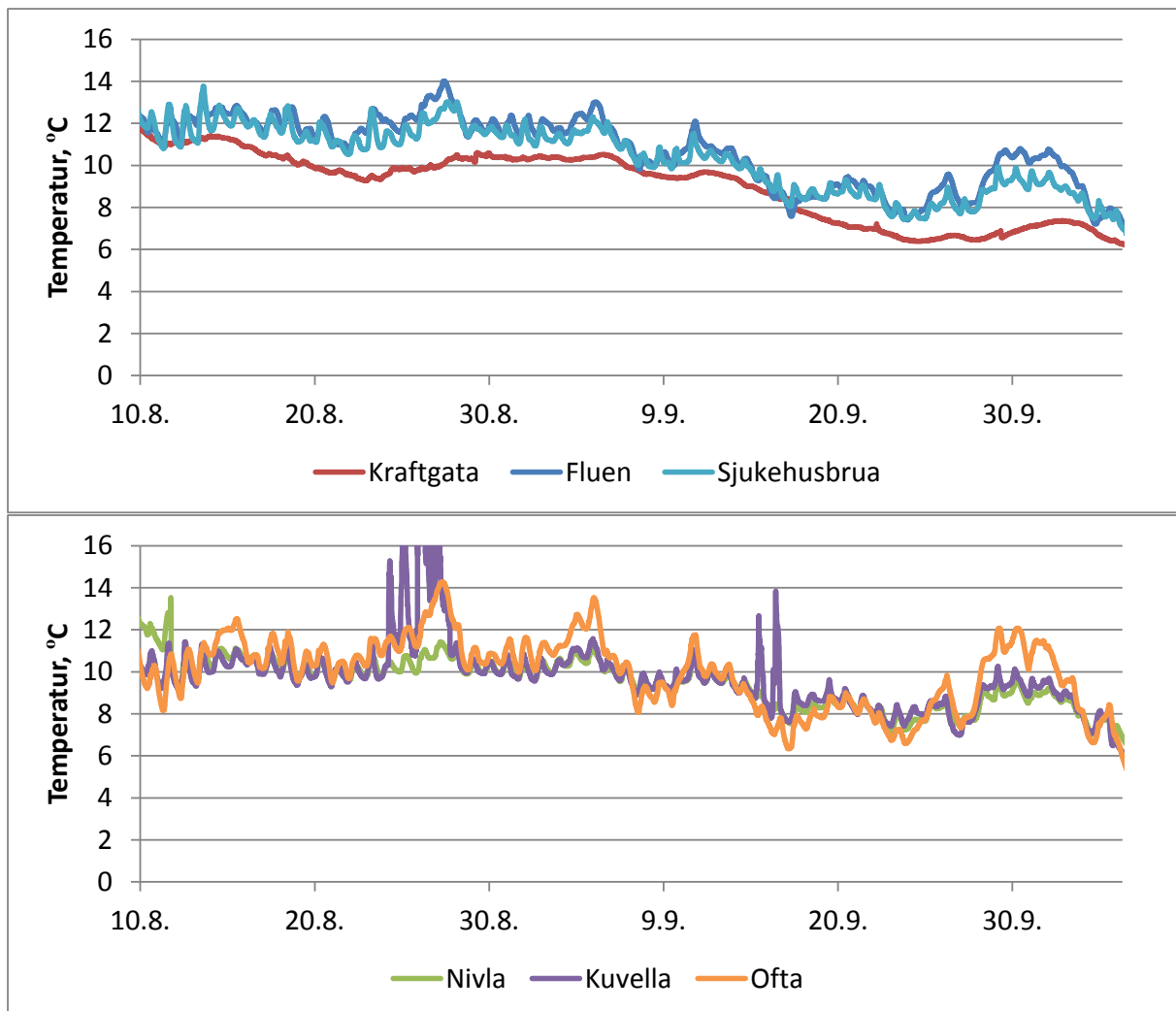
Sideelvene Nivla, Kuvella og Ofta hadde noe lavere vanntemperatur enn hovedelva i første behandlingsperiode, men mer lik i andre periode. Ofta hadde tidvis noe høyere vanntemperatur enn de to andre sideelvene.

Vanntemperaturen i hovedelva var ideell for behandling i første periode, men nær nedre grense på 7-8 °C (se **Kapittel 3**) i deler av andre periode. Det samme var tilfellet med de tre sideelvene.

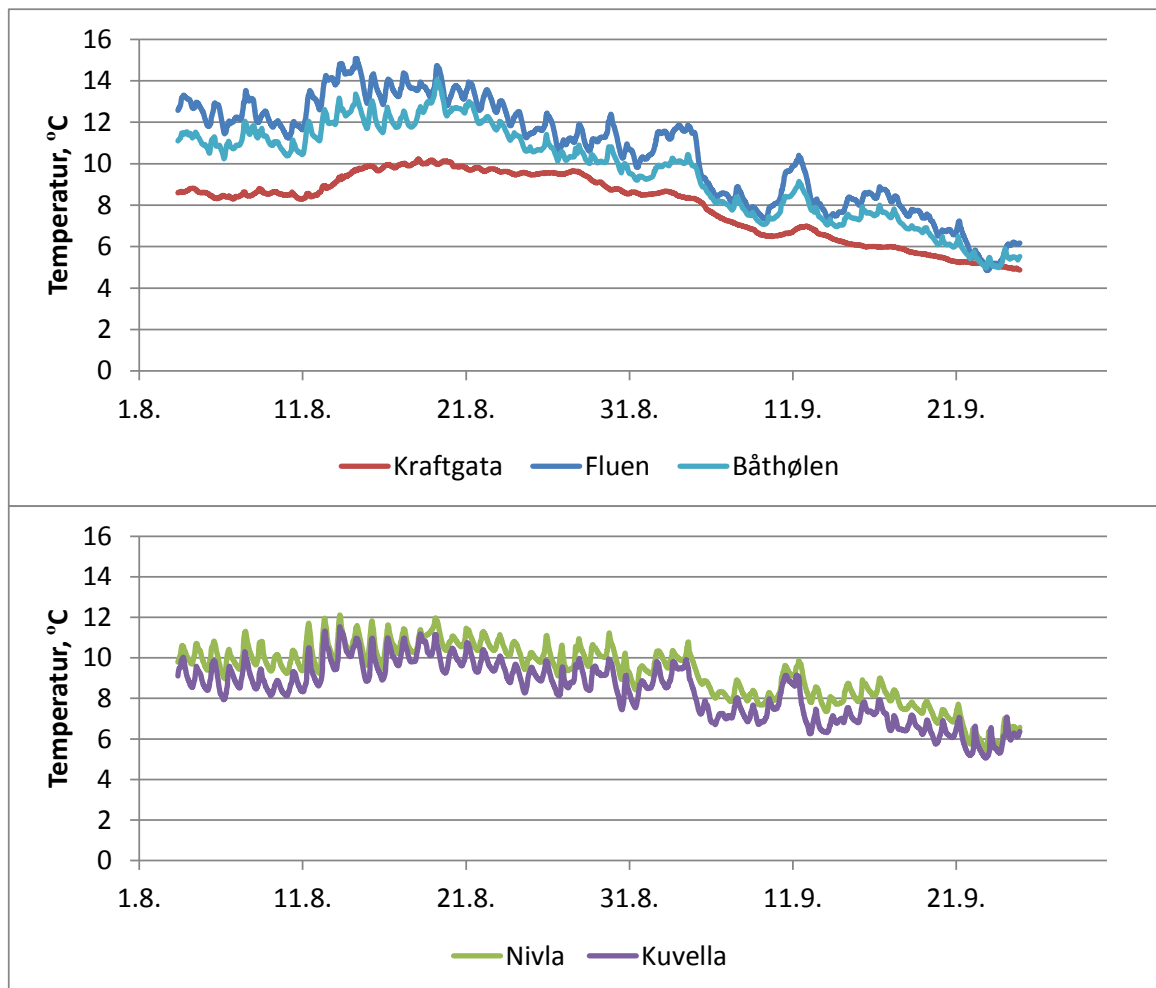
I 2012 varierte vanntemperaturen i behandlingsperioden (6.8.-22.9.) i øvre del av hovedelva mellom 5 og 15 °C (**Figur 8**, målestasjon Fluen). Vannet fra kraftverket hadde en betydelig lavere temperatur, og var aldri over 10 °C. Vanntemperaturen i Båthølen ble dermed lavere enn ved Fluen. Sideelvene Nivla og Kuvella hadde lavere vanntemperatur (8-12 °C) enn hovedelva (10-15 °C) i første behandlingsperiode, men mer lik i andre periode. Kuvella hadde lavere vanntemperatur enn Nivla fordi den er uregulert og dermed kan føre mer kaldt vann fra høyereliggende områder. Vannet i kraftgata og Kuvella hadde forholdsvis lik temperatur.

Vanntemperaturen i hovedelva var ideell for behandling i første periode, men ikke i andre periode, da temperaturen var nær eller lavere enn nedre grense for optimal behandling. Nivla og Kuvella lå også over nedre vanntemperaturgrense for optimal behandling i første periode, men hadde vanntemperaturer ved eller under nedre grense for optimal behandling i andre periode.

Vi anser at behandling ved elvetemperaturer i nærheten av nedre grense for optimal behandling kan være en mulig svakhet ved behandlingen. Det er fordi fiskens atferd og habitatbruk endres og gjør at den kan bli dårligere eksponert for behandlet elvevann.



**Figur 7.** Vanntemperatur i Kraftgata og hovedelva ved Fluen og Sjukehusbrua (øverst) og i sideelvene Nivla, Kuvella og Ofta (nederst) i perioden 10.8 – 6.10.2011. Loggeren i Kuvella har trolig stått i luft i to perioder, derfor avvikende høye temperaturer 24.-27.8. og 15.-16.9.



**Figur 8.** Vanntemperatur i Kraftgata og hovedelva ved Fluen og Båthølen (øverst) og i sideelvene Nivla og Kuvella (nederst) i perioden 3.8 – 25.9.2012.

## 5.3 Vannkjemi

Gjennomsnittsverdier og standardavvik for vannkjemiske parametere basert på daglig prøvetaking fra de faste overvåkingsstasjonene i hovedelv og større sidevassdrag, er presentert for behandlingsperiodene i 2011 (**Tabell 5** og **Tabell 6**) og 2012 (**Tabell 7** og **Tabell 8**). Enkeltresultater og resultater fra stasjoner med kontinuerlig overvåking er presentert grafisk i **Vedlegg A**. Enkeltresultater fra bekker og sig (IBC-stasjonene) er ikke tatt med i denne rapporten, men det er gjort vurderinger av behandlingen.

### 5.3.1 Hovedelva

Det vannkjemiske målet i hovedelva var at pH og konsentrasjonen av labilt aluminium ( $Al_i$ ) henholdsvis skulle ligge innenfor områdene 5,7-5,9 og 25-30  $\mu\text{g/l}$ .

I første periode i 2011 var gjennomsnittlig pH og  $Al_i$ -konsentrasjon henholdsvis høyere og lavere enn målsetningen ved alle stasjoner i hovedelva unntatt Kraftgata og Båthølen (**Tabell 5**). Prøver fra sistnevnte stasjon var imidlertid påvirket av dosering fra IBC-punkter i Saltkjelen-området og gjenspeiler i mindre grad situasjonen i hovedelva. Ved de øvrige stasjonene var det kun i 5-6 døgn at

både pH og  $Al_i$ -konsentrasjon var i nærheten av målet. I andre periode i 2011 var gjennomsnittlig pH og  $Al_i$ -konsentrasjon innenfor målområdet ved samtlige stasjoner i hovedelva (**Tabell 6**) unntatt Båthølen (se over). Vannkjemien var i nærheten av målet i 14-17 døgn (**Vedlegg A**).

Automatisk innsamlede data for pH oppstrøms påfriskningsanleggene gir et detaljert bilde av effektene av doseringen. **Figur 9** og **Figur 10** viser hvor raskt pH ble redusert til et nytt nivå ved oppstarten av behandlingene. For å følge effektene av den manuelt innstilte doseringen i kraftverktunellen ved Sjurhaugfoss, ble det i 2012 også etablert automatisk pH-logging ved utløpet av kraftgata ved Stuvane.

I 2012 var gjennomsnittlig pH og  $Al_i$ -konsentrasjon innenfor målområdet ved samtlige stasjoner i hovedelva i begge perioder (**Tabell 7** og **Tabell 8**). Ved alle stasjoner unntatt Kraftgata var vannkjemien i nærheten av målene i 13-14 døgn i første periode og i 16-17 døgn i andre periode (**Vedlegg A**). Konsentrasjonen av  $Al_i$  i nedre del av hovedelva (Molde til Øye bru) begynte i andre periode å nærme seg et for høyt nivå ( $> 5 \mu\text{g/L}$  høyere enn målområdet) på grunn av akkumulert bidrag fra all dosering i vassdraget. Det ble derfor nødvendig å justere ned aluminiums-doseringen i kraftverksvannet i 5-6 døgn. Likevel var avviket fra målkonsentrasjonen av  $Al_i$  i Kraftgata mindre enn  $5 \mu\text{g/L}$  i 13 døgn i andre periode (**Vedlegg A**).

### 5.3.2 Sideelver

I sideelvene var målområdet for pH lavere og målområdet for  $Al_i$ -konsentrasjonen høyere enn i hovedelva (**Tabell 1**). Dette skyldes mer ionerikt vann og godt bufret grunnvann som strømmer inn fra ulike kilder. Dette krever høyere konsentrasjon av  $Al_i$  for å få god effekt mot parasitten.

I første periode i 2011 var gjennomsnittlig pH for høy i Nivla, Senda og Erdalselva (**Tabell 5**). I Kuvella, Ofta og Stødna var gjennomsnittlig pH innenfor målområdet, men variasjonen var stor. I Stødna var det dessuten få målinger. Gjennomsnittlig  $Al_i$ -konsentrasjon var betydelig lavere enn målet i alle sideelver unntatt Kuvella. Antall døgn der vannkjemien var i nærheten av målet var: 5 i Nivla, 1 i Senda, 8 i Kuvella, 3 i Ofta og 2 i Stødna.

I andre periode i 2011 var måloppnåelsen betydelig bedre (**Tabell 6**). Gjennomsnittlig pH var innenfor målområdet i alle elver unntatt Erdalselva der pH var marginalt høyere enn målet. Gjennomsnittlig konsentrasjon av  $Al_i$  var innenfor målområdet i alle elver unntatt Ofta og Erdalselva der middelverdien var marginalt lavere enn målområdet. Antall døgn der vannkjemien var i nærheten av målet var: 15 i Nivla, 10 (5 i øvre deler) i Senda, 16 i Kuvella, 12 i Ofta og 11 i Stødna (**Vedlegg A**).

pH fra doseringsanleggene er vist i **Figur 9**. Disse verdiene er ikke overvåkingspunkter, men prosess-signaler, og har derfor en annen form enn overvåkingskurvene.

I 2012 var gjennomsnittlig pH og  $Al_i$ -konsentrasjon innenfor målområdet i samtlige sideelver i begge perioder (**Tabell 7** og **Tabell 8**). Antall døgn der vannkjemien var i nærheten av målet var for henholdsvis første og andre periode; 9 og 16 i Nivla, 11 og 15 i Senda, 12 og 16 i Kuvella, 7 og 12 i Ofta, 10 og 16 i Stødna og 11 og 15 i Erdalselva. I tillegg ble det registrert to døgn med svært høye  $Al_i$ -konsentrasjoner i Nivla, og ett i Kuvella, Ofta og Stødna. De høye konsentrasjonene skyldes midlertidige doseringstekniske problemer (**Vedlegg A**).

Prosess-pH i sideelvene og Erdalselva for begge år, er vist i **Figur 11** og **Figur 12**.

**Tabell 5.** Gjennomsnitt og standardavvik av konsentrasjon av labilt aluminium ( $Al_i$ ), syrereaktivt aluminium ( $Al_r$ ), pH (basert på  $H^+$ ) og konduktivitet (ledningsevne) i første behandlingsperiode i 2011.

	$Al_i$ ( $\mu\text{g/L}$ )	$Al_r$ ( $\mu\text{g/L}$ )	pH (-log( $H^+$ ))	Konduktivitet ( $\mu\text{S/cm}$ )
Sjurhaug oppstrøms		27 ± 11 ( n= 5 )	6,84 ± 0,06 ( n= 12 )	15 ± 1 ( n= 12 )
Galdane	18 ± 9 ( n= 14 )	78 ± 9 ( n= 10 )	5,88 ± 0,17 ( n= 14 )	18 ± 1 ( n= 14 )
Seltun	16 ± 7 ( n= 14 )	74 ± 8 ( n= 10 )	5,93 ± 0,14 ( n= 14 )	18 ± 1 ( n= 14 )
Bjørkum	16 ± 8 ( n= 14 )	73 ± 11 ( n= 10 )	5,92 ± 0,11 ( n= 14 )	18 ± 1 ( n= 14 )
Fluen	17 ± 8 ( n= 14 )	72 ± 14 ( n= 10 )	5,95 ± 0,10 ( n= 14 )	20 ± 1 ( n= 14 )
Kraftgata	25 ± 15 ( n= 14 )	52 ± 25 ( n= 11 )	5,82 ± 0,10 ( n= 14 )	13 ± 1 ( n= 14 )
Båthølen	25 ± 13 ( n= 14 )	71 ± 18 ( n= 10 )	5,47 ± 0,21 ( n= 14 )	21 ± 2 ( n= 14 )
Bø	20 ± 8 ( n= 13 )	70 ± 13 ( n= 8 )	5,80 ± 0,13 ( n= 12 )	20 ± 1 ( n= 12 )
Gamle Boll	22 ± 9 ( n= 14 )	71 ± 9 ( n= 9 )	5,78 ± 0,09 ( n= 14 )	21 ± 1 ( n= 14 )
Molde	15 ± 11 ( n= 8 )	67 ± 20 ( n= 4 )	5,93 ± 0,13 ( n= 6 )	23 ± 1 ( n= 6 )
Hauge	22 ± 9 ( n= 14 )	65 ± 14 ( n= 9 )	5,88 ± 0,10 ( n= 13 )	24 ± 1 ( n= 13 )
Sykehusbrua	20 ± 8 ( n= 14 )	63 ± 13 ( n= 9 )	5,95 ± 0,10 ( n= 13 )	24 ± 1 ( n= 13 )
Øye	21 ± 8 ( n= 14 )	64 ± 12 ( n= 9 )	5,88 ± 0,10 ( n= 14 )	25 ± 1 ( n= 14 )
Nivå oppstrøms		11 ± 3 ( n= 4 )	6,90 ± 0,08 ( n= 12 )	38 ± 1 ( n= 12 )
Nivå sagbruk	32 ± 27 ( n= 14 )	105 ± 45 ( n= 9 )	6,10 ± 0,31 ( n= 14 )	57 ± 7 ( n= 14 )
Nivå utløp	32 ± 25 ( n= 14 )	79 ± 33 ( n= 9 )	5,90 ± 0,29 ( n= 14 )	49 ± 3 ( n= 14 )
Senda oppstrøms		7 ± 2 ( n= 3 )	7,00 ± 0,11 ( n= 9 )	21 ± 1 ( n= 9 )
Senda påfrisk	19 ± 14 ( n= 13 )	45 ± 22 ( n= 8 )	6,15 ± 0,16 ( n= 11 )	27 ± 3 ( n= 11 )
Senda utløp	27 ± 22 ( n= 13 )	64 ± 32 ( n= 8 )	6,27 ± 0,22 ( n= 12 )	33 ± 4 ( n= 12 )
Kuvella oppstrøms		3 ± 3 ( n= 5 )	6,86 ± 0,06 ( n= 12 )	30 ± 3 ( n= 12 )
Kuvella nedstrøms	38 ± 26 ( n= 14 )	52 ± 34 ( n= 10 )	5,77 ± 0,34 ( n= 14 )	36 ± 3 ( n= 14 )
Ofta oppstrøms		26 ( n= 1 )	6,86 ± 0,05 ( n= 10 )	18 ± 1 ( n= 10 )
Ofta nedstrøms	14 ± 18 ( n= 14 )	52 ± 28 ( n= 9 )	5,64 ± 0,46 ( n= 13 )	20 ± 4 ( n= 13 )
Stødna oppstrøms		42 ± 2 ( n= 2 )	7,04 ( n= 1 )	16 ( n= 1 )
Stødna nedstrøms	24 ± 24 ( n= 8 )	150 ± 88 ( n= 5 )	5,59 ± 0,24 ( n= 4 )	33 ± 5 ( n= 4 )
Erdalselva oppstrøms		14 ± 2 ( n= 3 )	6,66 ± 0,07 ( n= 11 )	10 ± 0 ( n= 11 )
Erdalselva nedstrøms	15 ± 25 ( n= 12 )	56 ± 62 ( n= 7 )	6,25 ± 0,37 ( n= 13 )	11 ± 1 ( n= 13 )

**Tabell 6.** Gjennomsnitt og standardavvik av konsentrasjon av labilt aluminium ( $Al_i$ ), syrereaktivt aluminium ( $Al_r$ ), pH (basert på  $H^+$ ) og konduktivitet (ledningsevne) i andre behandlingsperiode i 2011.

	$Al_i$ ( $\mu\text{g/L}$ )	$Al_r$ ( $\mu\text{g/L}$ )	pH	Konduktivitet ( $\mu\text{S/cm}$ )
Sjurhaug oppstrøms		23 ± 3 ( n= 3 )	6,78 ± 0,08 ( n= 14 )	15 ± 1 ( n= 14 )
Galdane	26 ± 4 ( n= 14 )	92 ( n= 1 )	5,84 ± 0,07 ( n= 14 )	18 ± 1 ( n= 14 )
Seltun	24 ± 3 ( n= 14 )	84 ± 2 ( n= 2 )	5,85 ± 0,08 ( n= 14 )	19 ± 1 ( n= 14 )
Bjørkum	26 ± 2 ( n= 14 )	88 ± 1 ( n= 2 )	5,77 ± 0,04 ( n= 14 )	19 ± 1 ( n= 14 )
Fluen	27 ± 3 ( n= 14 )	86 ± 2 ( n= 2 )	5,80 ± 0,06 ( n= 14 )	21 ± 1 ( n= 14 )
Kraftgata	28 ± 2 ( n= 14 )	52 ± 0 ( n= 2 )	5,80 ± 0,04 ( n= 14 )	12 ± 0 ( n= 14 )
Båthølen	36 ± 3 ( n= 14 )	83 ± 2 ( n= 2 )	5,39 ± 0,06 ( n= 14 )	20 ± 1 ( n= 14 )
Bø	28 ± 3 ( n= 14 )	71 ± 2 ( n= 2 )	5,79 ± 0,07 ( n= 14 )	19 ± 1 ( n= 14 )
Gamle Boll	30 ± 3 ( n= 14 )	71 ± 5 ( n= 2 )	5,75 ± 0,08 ( n= 14 )	20 ± 1 ( n= 14 )
Molde	32 ± 2 ( n= 14 )	70 ± 3 ( n= 2 )	5,76 ± 0,06 ( n= 14 )	23 ± 1 ( n= 14 )
Hauge	31 ± 2 ( n= 14 )	70 ± 7 ( n= 2 )	5,79 ± 0,04 ( n= 14 )	23 ± 1 ( n= 14 )
Sykehusbrua	30 ± 4 ( n= 14 )	68 ± 8 ( n= 2 )	5,79 ± 0,08 ( n= 14 )	24 ± 1 ( n= 14 )
Øye	31 ± 2 ( n= 13 )	73 ± 6 ( n= 2 )	5,79 ± 0,06 ( n= 13 )	24 ± 1 ( n= 13 )
Nivå oppstrøms		12 ± 1 ( n= 3 )	6,95 ± 0,07 ( n= 14 )	38 ± 2 ( n= 14 )
Nivå sagbruk	69 ± 20 ( n= 14 )	148 ± 9 ( n= 2 )	5,71 ± 0,14 ( n= 14 )	52 ± 4 ( n= 14 )
Nivå utløp	60 ± 10 ( n= 14 )	103 ± 21 ( n= 2 )	5,63 ± 0,11 ( n= 14 )	49 ± 2 ( n= 14 )
Senda oppstrøms		8 ± 1 ( n= 3 )	6,88 ± 0,11 ( n= 14 )	24 ± 1 ( n= 14 )
Senda påfrisk	47 ± 31 ( n= 14 )	115 ± 82 ( n= 2 )	5,32 ± 0,51 ( n= 14 )	33 ± 8 ( n= 14 )
Senda utløp	55 ± 27 ( n= 14 )	132 ± 79 ( n= 2 )	5,58 ± 0,36 ( n= 14 )	37 ± 5 ( n= 14 )
Kuvella oppstrøms		0 ± 1 ( n= 2 )	6,90 ± 0,06 ( n= 14 )	31 ± 4 ( n= 14 )
Kuvella nedstrøms	56 ± 14 ( n= 14 )	102 ± 9 ( n= 2 )	5,67 ± 0,19 ( n= 14 )	37 ± 5 ( n= 14 )
Ofta oppstrøms		35 ( n= 1 )	6,85 ( n= 1 )	20 ( n= 1 )
Ofta nedstrøms	38 ± 24 ( n= 14 )	71 ± 51 ( n= 2 )	5,55 ± 0,37 ( n= 14 )	22 ± 3 ( n= 14 )
Stødna oppstrøms		42 ± 5 ( n= 2 )	6,92 ± 0,00 ( n= 2 )	17 ± 1 ( n= 2 )
Stødna nedstrøms	45 ± 10 ( n= 12 )		5,63 ± 0,12 ( n= 12 )	33 ± 5 ( n= 12 )
Erdalselva oppstrøms		14 ( n= 1 )	6,72 ± 0,04 ( n= 2 )	11 ± 0 ( n= 2 )
Erdalselva nedstrøms	39 ± 25 ( n= 11 )		5,87 ± 0,18 ( n= 11 )	13 ± 2 ( n= 11 )

**Tabell 7.** Gjennomsnitt og standardavvik av konsentrasjon av labilt aluminium ( $Al_i$ ), pH (basert på  $H^+$ ) og konduktivitet (ledningsevne) i første behandlingsperiode i 2012. Syrereaktivt aluminium ( $Al_r$ ) ble ikke målt i første behandlingsperiode.

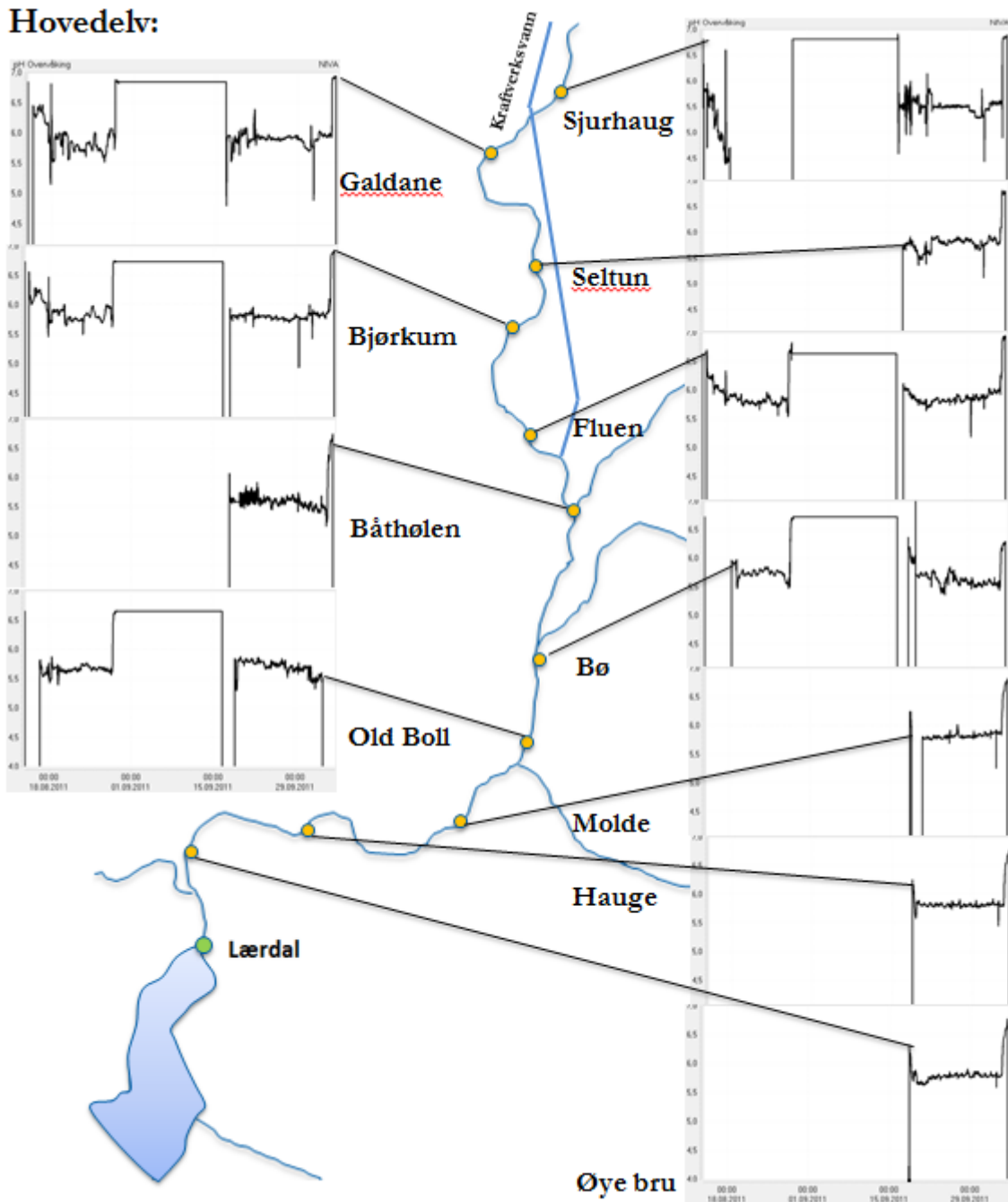
	$Al_i$ ( $\mu\text{g/L}$ )	pH (-log( $H^+$ ))	Konduktivitet ( $\mu\text{S/cm}$ )
Sjurhaug oppstrøms		$6,77 \pm 0,03$ (n= 8 )	$15 \pm 1$ (n= 8 )
Galdane	$28 \pm 5$ (n= 14 )	$5,82 \pm 0,09$ (n= 14 )	$17 \pm 1$ (n= 14 )
Seltun	$25 \pm 4$ (n= 15 )	$5,85 \pm 0,10$ (n= 15 )	$17 \pm 1$ (n= 15 )
Bjørkum	$27 \pm 4$ (n= 14 )	$5,79 \pm 0,09$ (n= 14 )	$18 \pm 1$ (n= 14 )
Fluen	$26 \pm 3$ (n= 14 )	$5,81 \pm 0,08$ (n= 14 )	$19 \pm 1$ (n= 14 )
Kraftgata	$30 \pm 4$ (n= 14 )	$5,80 \pm 0,04$ (n= 14 )	$13 \pm 1$ (n= 14 )
Båthølen	$30 \pm 5$ (n= 14 )	$5,64 \pm 0,15$ (n= 14 )	$18 \pm 2$ (n= 14 )
Bø	$29 \pm 5$ (n= 13 )	$5,76 \pm 0,08$ (n= 13 )	$19 \pm 1$ (n= 12 )
Gamle Boll	$29 \pm 3$ (n= 14 )	$5,74 \pm 0,08$ (n= 14 )	$22 \pm 9$ (n= 14 )
Molde	$31 \pm 3$ (n= 15 )	$5,78 \pm 0,06$ (n= 14 )	$22 \pm 2$ (n= 14 )
Hauge	$32 \pm 4$ (n= 14 )	$5,75 \pm 0,06$ (n= 14 )	$22 \pm 2$ (n= 14 )
Sykehusbrua	$33 \pm 4$ (n= 14 )	$5,75 \pm 0,08$ (n= 14 )	$22 \pm 2$ (n= 14 )
Øye	$33 \pm 4$ (n= 14 )	$5,73 \pm 0,06$ (n= 14 )	$23 \pm 2$ (n= 14 )
Nivå oppstrøms		$6,62 \pm 0,37$ (n= 9 )	$31 \pm 4$ (n= 9 )
Nivå sagbruk	$57 \pm 34$ (n= 14 )	$5,52 \pm 0,30$ (n= 14 )	$39 \pm 5$ (n= 14 )
Nivå utløp	$53 \pm 29$ (n= 14 )	$5,42 \pm 0,27$ (n= 14 )	$42 \pm 5$ (n= 14 )
Senda oppstrøms		$6,85 \pm 0,06$ (n= 8 )	$17 \pm 2$ (n= 8 )
Senda påfrisk	$39 \pm 16$ (n= 14 )	$5,79 \pm 0,16$ (n= 14 )	$23 \pm 3$ (n= 14 )
Senda utløp	$52 \pm 12$ (n= 14 )	$5,48 \pm 0,16$ (n= 14 )	$27 \pm 3$ (n= 14 )
Kuvella oppstrøms		$6,80 \pm 0,05$ (n= 8 )	$22 \pm 3$ (n= 8 )
Kuvella nedstrøms	$62 \pm 20$ (n= 14 )	$5,65 \pm 0,10$ (n= 14 )	$27 \pm 4$ (n= 14 )
Ofta oppstrøms		$6,74 \pm 0,16$ (n= 9 )	$18 \pm 2$ (n= 9 )
Ofta nedstrøms	$45 \pm 55$ (n= 14 )	$5,44 \pm 0,54$ (n= 15 )	$22 \pm 6$ (n= 15 )
Stødna oppstrøms		$6,92 \pm 0,06$ (n= 9 )	$20 \pm 2$ (n= 9 )
Stødna nedstrøms	$64 \pm 45$ (n= 14 )	$5,73 \pm 0,18$ (n= 14 )	$43 \pm 13$ (n= 14 )
Erdalselva oppstrøms		$6,61 \pm 0,02$ (n= 8 )	$10 \pm 1$ (n= 8 )
Erdalselva nedstrøms	$50 \pm 26$ (n= 13 )	$5,68 \pm 0,24$ (n= 14 )	$12 \pm 1$ (n= 14 )

**Tabell 8.** Gjennomsnitt og standardavvik av konsentrasjon av labilt aluminium ( $Al_i$ ), syrereaktivt aluminium ( $Al_r$ ), pH (basert på  $H^+$ ) og konduktivitet (ledningsevne) i andre behandlingsperiode i 2012.

	$Al_i$ ( $\mu\text{g/L}$ )	$Al_r$ ( $\mu\text{g/L}$ )	pH (-log( $H^+$ ))	Konduktivitet ( $\mu\text{S/cm}$ )
Sjurhaug oppstrøms		$25 \pm 6$ (n= 3 )	$6,75 \pm 0,06$ (n= 14 )	$15 \pm 1$ (n= 14 )
Galdane	$26 \pm 4$ (n= 14 )	$75 \pm 10$ (n= 3 )	$5,83 \pm 0,06$ (n= 14 )	$18 \pm 1$ (n= 14 )
Seltun	$28 \pm 3$ (n= 14 )	$73 \pm 7$ (n= 3 )	$5,79 \pm 0,04$ (n= 14 )	$18 \pm 1$ (n= 14 )
Bjørkum	$30 \pm 3$ (n= 14 )	$75 \pm 6$ (n= 3 )	$5,71 \pm 0,04$ (n= 14 )	$18 \pm 0$ (n= 14 )
Fluen	$31 \pm 2$ (n= 14 )	$73 \pm 6$ (n= 3 )	$5,76 \pm 0,05$ (n= 14 )	$20 \pm 1$ (n= 14 )
Kraftgata	$23 \pm 5$ (n= 14 )	$32 \pm 11$ (n= 3 )	$5,82 \pm 0,04$ (n= 14 )	$14 \pm 2$ (n= 14 )
Båthølen	$26 \pm 3$ (n= 14 )	$55 \pm 14$ (n= 3 )	$5,79 \pm 0,05$ (n= 14 )	$17 \pm 1$ (n= 14 )
Bø	$29 \pm 3$ (n= 14 )	$53 \pm 6$ (n= 3 )	$5,81 \pm 0,02$ (n= 14 )	$19 \pm 0$ (n= 14 )
Gamle Boll	$31 \pm 2$ (n= 14 )	$54 \pm 7$ (n= 3 )	$5,79 \pm 0,03$ (n= 14 )	$19 \pm 0$ (n= 14 )
Molde	$33 \pm 3$ (n= 14 )	$57 \pm 3$ (n= 3 )	$5,79 \pm 0,04$ (n= 14 )	$21 \pm 1$ (n= 14 )
Hauge	$33 \pm 3$ (n= 14 )	$54 \pm 4$ (n= 3 )	$5,82 \pm 0,05$ (n= 14 )	$22 \pm 1$ (n= 14 )
Sykehusbrua	$34 \pm 3$ (n= 14 )	$57 \pm 5$ (n= 3 )	$5,81 \pm 0,06$ (n= 14 )	$22 \pm 1$ (n= 14 )
Øye	$33 \pm 3$ (n= 14 )	$56 \pm 5$ (n= 3 )	$5,82 \pm 0,07$ (n= 14 )	$23 \pm 1$ (n= 14 )
Nivå oppstrøms		$14 \pm 5$ (n= 3 )	$6,85 \pm 0,09$ (n= 14 )	$33 \pm 2$ (n= 14 )
Nivå sagbruk	$60 \pm 16$ (n= 14 )	$85 \pm 33$ (n= 3 )	$5,60 \pm 0,17$ (n= 14 )	$40 \pm 2$ (n= 14 )
Nivå utløp	$62 \pm 13$ (n= 14 )	$83 \pm 17$ (n= 3 )	$5,52 \pm 0,12$ (n= 14 )	$42 \pm 2$ (n= 14 )
Senda oppstrøms		$9 \pm 2$ (n= 3 )	$6,82 \pm 0,19$ (n= 14 )	$22 \pm 3$ (n= 14 )
Senda påfrisk	$60 \pm 19$ (n= 15 )	$87 \pm 12$ (n= 3 )	$5,66 \pm 0,19$ (n= 15 )	$28 \pm 3$ (n= 15 )
Senda utløp	$67 \pm 7$ (n= 14 )	$95 \pm 6$ (n= 3 )	$5,69 \pm 0,07$ (n= 14 )	$32 \pm 4$ (n= 14 )
Kuvella oppstrøms		$5 \pm 2$ (n= 3 )	$6,80 \pm 0,06$ (n= 14 )	$25 \pm 3$ (n= 14 )
Kuvella nedstrøms	$46 \pm 10$ (n= 14 )	$66 \pm 24$ (n= 3 )	$5,66 \pm 0,09$ (n= 14 )	$30 \pm 4$ (n= 14 )
Ofta oppstrøms		$31 \pm 6$ (n= 3 )	$6,81 \pm 0,06$ (n= 14 )	$18 \pm 1$ (n= 14 )
Ofta nedstrøms	$57 \pm 48$ (n= 14 )	$76 \pm 3$ (n= 3 )	$5,28 \pm 0,32$ (n= 14 )	$23 \pm 4$ (n= 14 )
Stødna oppstrøms		$39 \pm 4$ (n= 3 )	$6,68 \pm 0,34$ (n= 14 )	$17 \pm 1$ (n= 14 )
Stødna nedstrøms	$54 \pm 14$ (n= 14 )	$98 \pm 4$ (n= 3 )	$5,47 \pm 0,07$ (n= 14 )	$31 \pm 2$ (n= 14 )
Erdalselva oppstrøms		$27 \pm 4$ (n= 3 )	$6,61 \pm 0,05$ (n= 14 )	$11 \pm 1$ (n= 14 )
Erdalselva nedstrøms	$54 \pm 13$ (n= 13 )	$98 \pm 18$ (n= 3 )	$5,43 \pm 0,21$ (n= 14 )	$14 \pm 1$ (n= 14 )

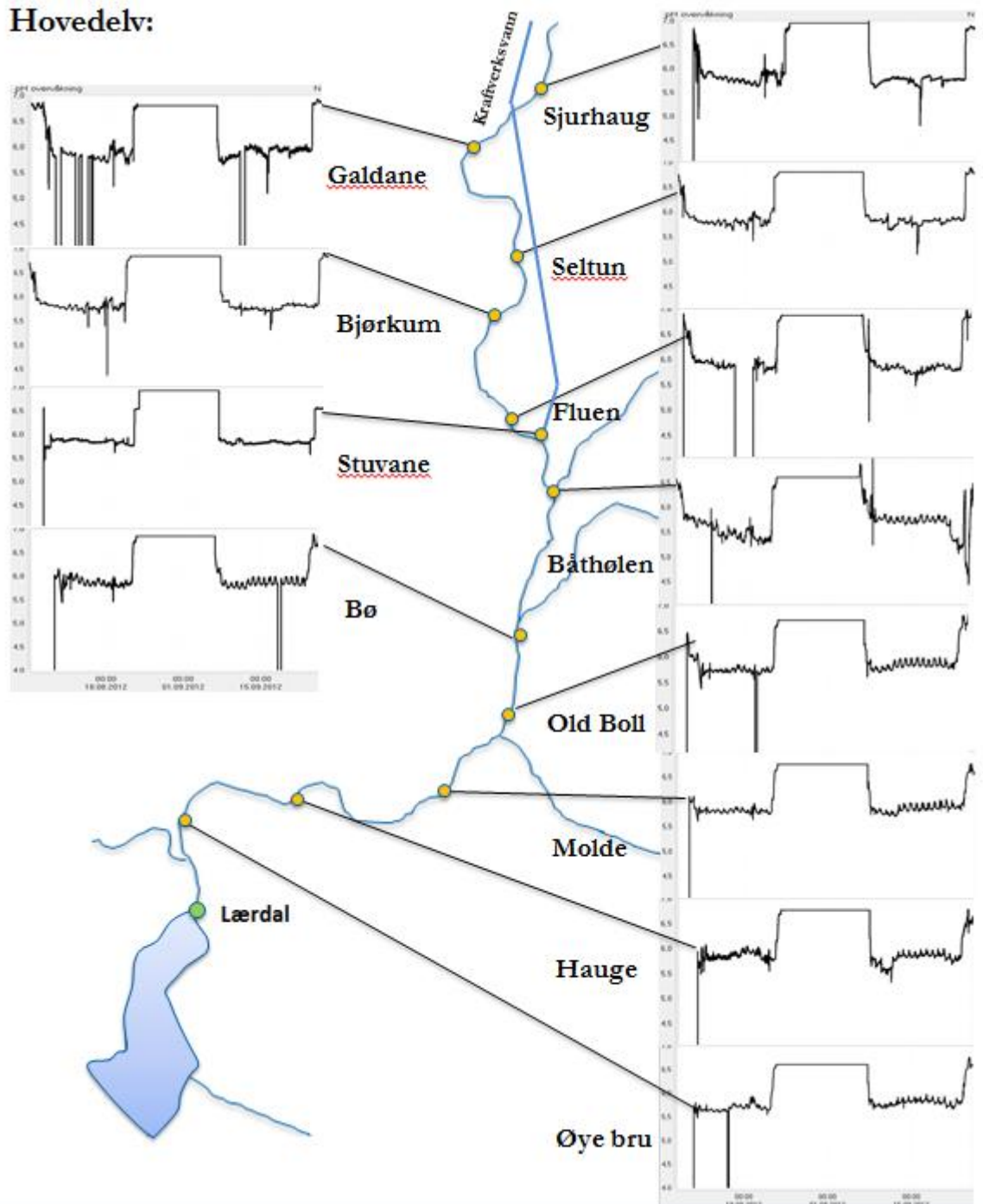


## Hovedelv:

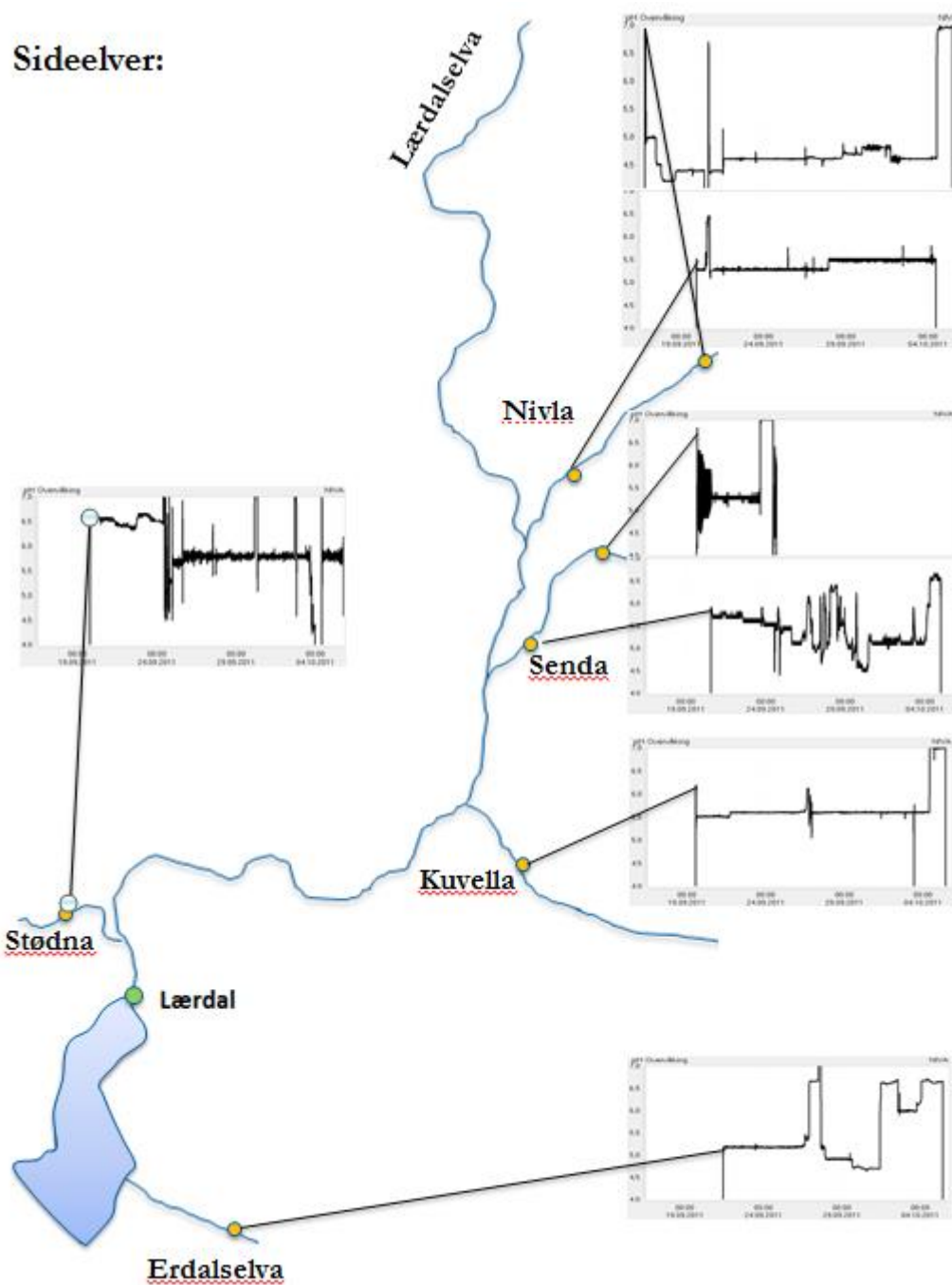


**Figur 9.** Automatisk overvåking av pH i Lærdalselva under behandlingene i 2011. Figuren viser hvordan pH ble justert ned til et nytt lavt nivå gjennom hele den aktive behandlingsperioden. Første delperiode er mangelfullt dokumentert i nedre deler av elva på grunn av manglende logg. Høy pH mellom periodene er ikke eksakt, men en ekstrapolering av siste høye verdi etter avsluttet dosering i første periode eller første høye verdi før dosering i andre periode. Vertikale dropp (til 0) vises ved ingen logget verdi.

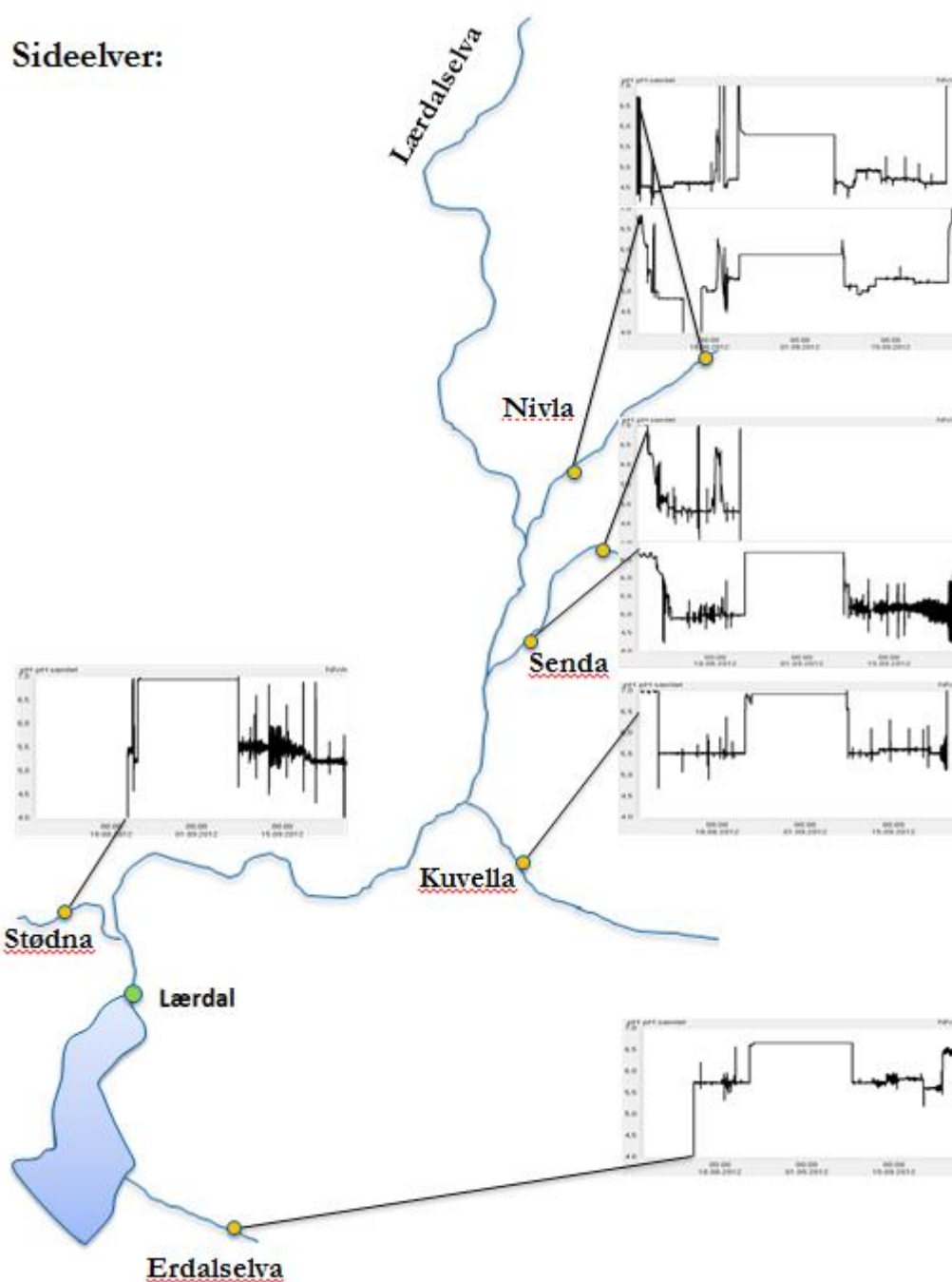
## Hovedelv:



**Figur 10.** Automatisk overvåking av pH i Lærdalselva under behandlingene i 2012. Loggen er nær komplett med original oppløsningstid på 3 minutter. Enkelte episoder med surere vann skyldes lokale tiltak i umiddelbar nærhet av målepunktet. Spesielt er dette synlig ved Båthølen i slutten av siste periode. Se også kurveforklaringer i **Figur 9**.



**Figur 11.** pH som prosess-signal i sideelver til Lærdalselva og i Erdalselva i siste del av behandlingen i 2011. Første del mangler logg. Prosess-signalet vil alltid være lavere enn overvåkingsverdier.



**Figur 12.** pH som prosess-signal i sideelver til Lærdalselva og Erdalselva under behandlingen i 2012. Logg fra første delperiode i Stødna er svært mangelfull, og data fra siste del for Senda mangler.

### 5.3.3 IBC-stasjoner

Det ble dosert kjemikalier fra 130 IBC-stasjoner. Doseringen her var generelt kraftigere enn i både hovedelv og store sidebekker. Det skyldes mer ionerikt vann og godt bufret grunnvann som strømmer inn fra synlige og mer diffuse kilder. Dette medfører behov for høyere konsentrasjon av  $Al_3$  for å få god effekt.

Alle doseringspunktene ble fulgt opp av egne team, og doseringen ble justert etter målt pH nedstrøms doseringen. Vi har ikke funnet det hensiktsmessig å presentere alle måleresultatene, men behandlingen er vurdert. Områder som kan ha blitt for dårlig behandlet i perioder (for lav dose, for kort tid) og områder med manglende dokumentasjon er omtalt stikkordsmessig under. Det er referert til nummererte IBC-punkter. Disse punktene finnes i GIS-kart fra behandlingen og er arkivert, men det blir for detaljert å vise dem fram på kart her. Vi tror imidlertid navnsettingen i teksten vil være til hjelp.

I 2011, første periode, førte feil med slangeoverganger til svært mye ekstraarbeid og forsinket oppstart og drift av IBC-stasjonene. Mot slutten av første periode var det god behandling i en del bekker, særlig fra 20. august. Før dette var det svært få områder som hadde god behandling.

Områder som ikke ble godt nok behandlet eller har manglende dokumentasjon i første periode 2011: 305 (Store Sokni): For få måledata. Doseringsdata tilsier at det har vært behandlet, men ikke hvor godt.

318. Sig ut i dam ved Seltun bru. Få måledata, men grunn til å tro at sig og dam er godt nok behandlet. Usikkert om dammen kan ha representert et refugium.

373. Sig/sumpområde nedstrøms Voll bru nordside. Få måledata, men selve sig er godt nok behandlet. Usikkert om siget kan ha representert et refugium ved utløpet i perioder.

384. Dosering langs land i Skolehølen nord. Få måledata, usikker status.

403. Dosering i utløpsvann fra grunnvannspumpe ved nedre Grønnebank/Robinson nordside. Få måledata. Mulig refugium.

408/408g. Hunderiveita. Mulig refugium ved utløp, men moderat god behandling noen dager 22.-24. august. Dårlig behandling med AIS lenger opp i veitesystemet, men der er det også behandlet med CFT-Legumin.

608/612. Bekk som renner ut i nedre del av Senda. Få måledata, men kjemikalieforbruk og én måling tilsier god behandling store deler av perioden.

661. Del av Blåflatveita. Få måledata og for dårlig pH. Representerer ikke refugium, siden 651 doserte godt ved utløp. Veita er også rotenon-behandlet.

751/757/760. Kjerringgjelet. Måledata tilsier at bekkesystemet ikke har vært noe refugium for fisk, men pH har vært litt for høy (5,8-6,3) til at bekken i seg selv kan sies å ha vært godt behandlet i første periode 2011.

802/806/811. Teiggjelet. For få måledata til å vite sikkert hvor godt bekken har vært behandlet i første periode.

900-serien (sidebekker i Stødnasystemet). For få måledata, men alle faktiske målinger viser god behandling 24.-25. august.

149a. Bekk sørside ved hølen Tui. Få, men godkjente måledata. Trolig ikke oppvandringsmulighet for fisk.

154a. Bekk i rør ved Grøthe. Ikke behandlet første periode 2011.

162e. For få måledata. God nok behandling lenger ned (162c), derfor neppe et refugium for fisk.

356a/b/h. Underbakkveita, øvre Ljøsne. Veita ble for dårlig behandlet med AIS første periode 2011, men veita er også behandlet med CFT-Legumin.

I 2011, andre periode, var det god behandling fra IBC'er i de aller fleste bekkene. Unntakene er:

612. Bekk som renner ut i nedre del av Senda. Stedvis sakteflytende og tidvis tørr, med flere vannkjemisk dårlige perioder som resultat. Bekken ble derfor rotenon-behandlet.

305 (Store Sokni) hadde for dårlig vannkjemi i totalt 4-5 dager, men kun to dager i strekk. Bekken er trolig godt nok behandlet i seg selv, men kan ha representert et refugium i kortere perioder ( $\leq$  to dager).

I 2012, begge perioder, var det god behandling i de aller fleste bekker. Unntakene er:

132. IBC-dosering langs land i Saltkjelen. Her ble det dosert ved hjelp av ejetor (overrisling), samt med punktdosering IBC. Det kommer ut mye grunnvann i området, og våre måledata tilsier at det kan ha vært enkeltpunkter og kortere perioder i området der pH ikke har vært optimal.

136c. Dosering ble startet 12.09.12, etter å ha bli oppdaget samme dag. Punktet er et sig 250 m oppstrøms utløp Nivla, som fører til dårlige vannkjemiske forhold langs land ned mot utløp Nivla. Gode vannkjemitall når behandling først ble startet, men området kan tidvis og stedvis ha representert et refugium for fisk i første periode 2012, samt 2011.

146b. Dosering ble startet 08.09.12, etter å ha bli oppdaget samme dag. Komplekst system av sig nedstrøms Bø bru på sørsiden. Siget har blitt rotenon-behandlet, men det ble oppdaget at det har definert utløp til elv. Området kan stedvis, antatt særlig ved utløp av sig, ha vært refugium for fisk fram til oppstart behandling 08.09.12.

755b. I dette området kommer det ut et rør som antas å være avrenning fra Lærdalstunellen. Dette vannet har blitt godt behandlet. Parallelt fra et annet rør kommer det også ut en bekk som går 10 m åpent i dagen før samløp med Teiggjelet. Bekken har blitt svært godt behandlet siden 08.09.12, men kan før dette ha representert et refugium for fisk. Bekken går inn i et rør, og det er ukjent kilde til denne vannforekomsten. Det kan være oppvandringsmuligheter i rør.

### **5.3.4 Områder med ekstra behandlingstiltak**

I områder som ble overrislet med vann tilsatt AIS i 2012 (avsnitt **4.2.3**), ble det målt pH langs elvekanten der det var forventet at tiltakene skulle ha effekt.

Den 10. og 11. september ble det stedvis påvist pH-verdier høyere enn ønskede målverdier for elva. Generelt ble slike påvisninger løst ved at nye hull ble boret i slangene, slik at surgjort vann ble tilført området. Dette gjelder spesielt i områdene ved Mo, Saltkjelen og ved «Nedre Lysne». På alle steder som i ettertid ble kontrollsjekket etter slike tiltak, ble det registrert pH i henhold til målsettingen.

Nederst ved slangestrekket i «Skolehølen» ble en større bakevje med pH 6,3 surgjort ved hjelp av overløpsvann fra slangestrekket. Effekten av tiltaket ble senere bekreftet ved måling av pH 4,9.

Ved ett tilfelle ble pH ved «Enberg» målt under og etter utilsiktet stopp i doseringen. Under stoppet var pH 5,9 nedstrøms rørstrekket. Ved ny måling 2-3 timer etter ny oppstart ble pH på samme sted målt til 5,1. Også ved «Svinaleet» - «Rock» den 6. september ble det målt pH 5,0 inne i steinura under behandlingen. Dette gir en god indikasjon på effekt av slike tiltak.

Resultatene fra behandling med el-felt viser at metoden kan skremme fisk ut fra områder som blir behandlet. Ved gjentatte behandlinger med el-felt i samme område ble det observert at antallet fisk som ble skremt ut ble redusert. Dette indikerer at antall fisk som oppholder seg i et område som har blitt behandlet med el-felt, er færre enn i områder som ikke blir behandlet, men dette er ikke dokumentert. Metoden har i så fall ønsket effekt. Både anvendelse og driftssikkerhet for utstyr kan imidlertid forbedres.

### **5.3.5 Områder med mindre tilfredsstillende behandling**

I 2012 ble det i alt innrapportert 32 punkter med mindre tilfredsstillende behandling. Disse kan deles i tre kategorier:

- for høy pH i vann som var/burde vært behandlet med AIS
- levende fisk i avsnørte dammer etter behandling med CFT-Legumin
- manglende melding om områder som skulle vært behandlet med AIS



AIS-punktene ble håndtert med ekstra AIS-dosering (AIS A30) eller andre endringer i eksisterende AIS-tiltak. I tre behandlingspunkter for CFT-Legumin ble det funnet levende fisk der all fisk skulle vært død etter behandling. I punkt 391 ble det funnet levende laksefisk (50-100) i to dammer. Både laks (0+) og ørret (0+) ble fanget med el-apparat i øverste dam. Begge dammene var avsnørt fra hovedløpet i tidsrommet mellom behandling med CFT-Legumin og observasjon. Det ble også funnet fire døde yngel av laksefisk i dammene, noe som indikerer at de på et tidspunkt har vært behandlet med CFT-Legumin som planlagt.

Funn av levende fisk i rotenon-behandlet område og at noen av AIS-punktene ble påvist og håndtert langt ute i behandlingsperioden, kan være svakheter i behandlingen. Det at kvalitetssikringen fanget opp dette er betryggende, men likevel viser dette at noe kan ha bli oversett.

## 5.4 Kjemikalieforbruk

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane søkte i 2011 Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) om utslippstillatelse for bruk av kjemikalier i 2011 og 2012. Det ble gitt utslippstillatelse for 23,6 tonn Al, 789,9 tonn H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> og 200 liter CFT-Legumin (rotenon) til hver av behandlingene i 2011 og 2012 (**Tabell 9**).

**Tabell 9.** Tabell hentet fra søknad om utslippstillatelse. Denne viser mengde kjemikalier det ble søkt om utslippstillatelse for.

**Tabell 1.** Maksimalt utslipp av AIS- og syreløsning i løpet av en total behandlingstid på 34 dager, inklusiv innskyting og pause midtveis. Mengde kjemikalier er også gitt i mengde ren Al og ren svovelsyre.

Type løsning	Løsning (tonn)	Tilsvarende ren Al (tonn)	Tilsvarende ren H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (tonn)
AIS (30-0,5)	1158	5,8	347,5
AIS (4,3)	411	17,7	0
AIS (25-0,75)	19	0,1	4,8
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 37 %	1183	0	437,6
<b>Totalt</b>		<b>23,6</b>	<b>789,9</b>

Følgende kjemikalier ble brukt begge år:

Svovelsyre (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 37 %

AIS 30-0,5 (A30; 30 % svovelsyre og 0,5 % Al i blandingen)

AIS 4,3 (4,3 % Al i sur aluminiumsulfat-løsning; pH ca. 2)

Til behandlingen i 2011 ble det kjøpt inn 623 tonn svovelsyre og 807 tonn AIS-løsninger.

Leverandører for de to første hovedproduktene var Solberg Industri og Kemira. Det var i tillegg en del restkjemikalier på tankene i Lærdal fra behandlingen i 2009. Det ble også fraktet restkjemikalier til Lærdal fra lager i Fredrikstad. Totalt forbruk i 2011 er beregnet til 700 tonn 37 % svovelsyre, 654 tonn AIS A30 og 152 tonn 4,3 % AIS. Dette tilsvarer 9,9 tonn Al og 455 tonn konsentrert H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Det ble brukt 75 liter CFT-Legumin.

Til behandlingen i 2012 ble det kjøpt inn 799 tonn svovelsyre og 781 tonn AIS-løsninger fra samme leverandører som i 2011. I tillegg var det en del kjemikalier på tankene i Lærdal fra behandlingen i 2011 som også ble brukt. Totalt forbruk i 2012 er beregnet til 825 tonn 37 % svovelsyre, 566 tonn AIS A30 og 196 tonn 4,3 % AIS. Dette tilsvarer 11,2 tonn Al og 474 tonn konsentrert H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, og er noe mer enn året før, men godt innenfor utslippstillatelsen. Det ble brukt 85 liter CFT-Legumin.

## 5.5 Kartlegging og overvåking av *Gyrodactylus salaris* før og under behandling

Den 22. juni 2011, dvs. før behandlingen, ble det samlet inn og undersøkt til sammen 246 laksunger fra 18 lokaliteter fordelt på lakseførende strekning i Lærdalselva (**Tabell 10**).

**Tabell 10.** Undersøkelse av laksunger for *G. salaris* før oppstart av behandling i 2011.

Stasjon	Ant fisk	Prevalens (%)
Sokna	13	0
Skjeglehølen	14	0
Langehølen	11	0
Bjørkum	12	16,7
Robinson	12	0
Sideløp nedstr Mo	27	3,7
Båthølen i Mo (bakerst)	11	9,1
Båthølen i Lysne	20	50,0
Fox	25	36,0
Bruhølen i Blåflat	15	53,3
Bøbru	23	30,4
Old pastor	12	8,3
Sanda	11	9,1
Skolehølen (bakerst)	7	42,9
Tilhenger'n (Molde)	4	25,0
Nedstr. Grønnebank	22	59,1
Skjærsbrui	5	100,0
Grasmarki	2	100,0

Undersøkelsen viste at laksunger på 14 av de 18 undersøkte lokalitetene var infisert med *G. salaris*. Enkeltfisker i denne undersøkelsen var infisert med mer enn 1000 *G. salaris*-individer.

Den 1. august 2012, før oppstart av behandling i 2012, ble det samlet inn og undersøkt 100 laksunger fordelt på 10 lokaliteter. *G. salaris* ble ikke påvist (**Tabell 11**). Denne undersøkelsen ble gjennomført for å dokumentere effekten av behandlingen i 2011, og resultatet viste at behandlingen hadde hatt en kraftig reduserende effekt på parasitten (**Tabell 11**).

Det ble i 2012 valgt stasjoner fra områder som erfaringsmessig har vist seg som potensielle problemområder med hensyn til utryddelse av *G. salaris*. Tettheten av stasjoner var høyest i områdene Saltkjelen og Rock-Skjærsbrui. Verdien av en slik undersøkelse ble vurdert som viktig for å kunne påvise eventuelle områder med infeksjon, og hvor ekstra behandlingstiltak dermed kunne være aktuelt i 2012. Undersøkelsen var også nyttig for å kunne bekrefte at giftighetsnivået for Al<sub>i</sub> var tilstrekkelig høyt under 2011-behandlingen.

Saltkjelen-området har ved flere anledninger vist seg vanskelig å behandle, og *G. salaris* har flere ganger blitt påvist her etter behandling. Det ble derfor gjort en ekstra undersøkelse i dette området under første del av tiltaket i 2012. Den 16. august ble det samlet inn 103 laksunger fra 11 stasjoner (**Tabell 12**). *G. salaris* ble ikke påvist.

**Tabell 11.** Undersøkelse av laksunger for *G. salaris* før oppstart av behandling i 2012.

Stasjon	Ant fisk
Saltkjelen	10
Båthølen	10
Fox	10
Bruhølen i Blåflat	10
Old Pastor	10
Skolehølen	10
Grønnebank	10
Skjærsbrui	10
Grasmarki	10
Villakssenteret	10

**Tabell 12.** Undersøkelse av laksunger for *G. salaris* i Saltkjelen-området under første del av behandlingen i 2012.

Stasjon	Ant fisk
Little fleece, høyre side	9
Robinson, over Båthølen i Mo	6
Nedstr. Gamle Mo	18
Robin	6
Oppstr. Lysne bru	9
Nederst Saltkjelskvitli	9
Øverst fotballbanen	10
Båthølen i Mo	9
Øverst i sideløp fra Båtehølen i Mo	14
Hushølen, over samløp Saltkjelskvitli	2
Samløp Saltkjelskvitli og sideløp Båthølen	11

## 5.6 Overvåking av effekter på fisk under behandlingen

I løpet av behandlingen i 2012 ble det observert endret atferd på laks og sjøørret i Villakssentret to ganger: den 12. og 14. september. Fisken skiftet standplass og hadde «trykkeatferd». Fullmåne og nær springflo i perioden tilsier at dette kan ha vært relatert til innsig av saltvann / brakkvann gjennom vanninntaket til akvariet. Som en følge av disse tilfellene ble det iverksatt oppfølging med rutinemessige observasjonsrunder daglig fra og med den 12. september i områdene Villakssentret – Øye bru, Skjærsbrui – Rock, Seltun – Galdane – Sjurhaugfoss. Ut over noen få enkeltpåvisninger av fisk med redusert flukttrespons ble det ikke gjort observasjoner som ble vurdert slik at tiltak burde iverksettes.

Det ble funnet tre døde fisk i elva. Av disse ble en funnet rett ved samløpet med Ofta og en i Øyehølen. Dødsårsaken er trolig utilsiktet overdosering med AIS i Ofta. Den tredje ble funnet rett ovenfor utløpet til Hunderiveita. Dødsårsaken til denne er usikker. Det ble ellers ikke observert avvikende atferd eller dødelighet på voksen fisk i elva som kan relateres til AIS-behandlingen.

## 6. HMS-forhold

Behandling med svovelsyre fra en rekke store og mindre doseringsanlegg over flere dager forutsetter sterkt fokus på helse, miljø og sikkerhet. Som grunnlag for dette var det utarbeidet en sikker jobb analyse, der alle forhold ved håndteringen av kjemikalier var gjennomgått. I tillegg var det etablert rutiner for varsling og avvik. En rekke prosedyrer for opprigging og drift var også etablert.

Før oppstart måtte alle prosjektmedarbeidere kurses i HMS og relevante arbeidsprosedyrer. Kurset ble gjennomført ved NIVA i Oslo. Medarbeidere som kom inn i prosjektet underveis, fikk tilsvarende opplæring i Lærdal.

Under behandlingen ble arbeidsdagen innledet med morgenmøte for alle prosjektmedarbeidere, med unntak av de som kun hentet vannprøver. Her var HMS fast sak på dagsorden, og hendelser og avvik ble gjennomgått. Rutiner ble endret eller innskjerpet ved behov.

Sannsynligheten for uhell ble på forhånd vurdert som forholdsvis liten, men konsekvensen for helse og miljø kunne være svært stor. Kun mindre uhell ble registrert, men uegnede slangeoverganger på IBC'er i 2011 førte til lekkasje til grunnen fra enkelte IBC-er. Ingen miljøskader ble dokumentert, men det ble en forbigående påvirkning (høy  $Al_i$  og lav pH) i bekkene ved lokalitetene.

## 7. Oppsummering

Behandlingen i 2011 var første del av utryddelsesbehandlingen mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva. Første behandlingsperiode var preget av hendelser som forsinket oppstart og at de vannkjemiske målene i forholdsvis liten grad ble nådd. Andre behandlingsperiode var imidlertid svært vellykket.

I 2012 var den tekniske gjennomføringen god, vannkjemimålene ble nådd og de supplerende tiltakene som ble tatt i bruk hadde tilsiktet virkning. Behandlingen vurderes som svært vellykket i begge behandlingsperiodene.

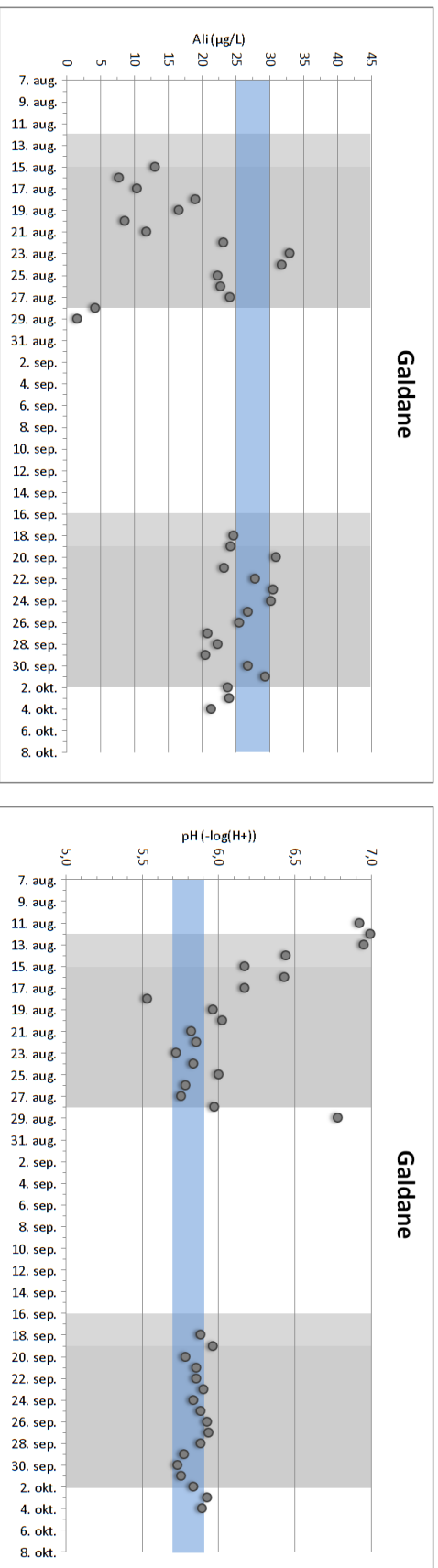
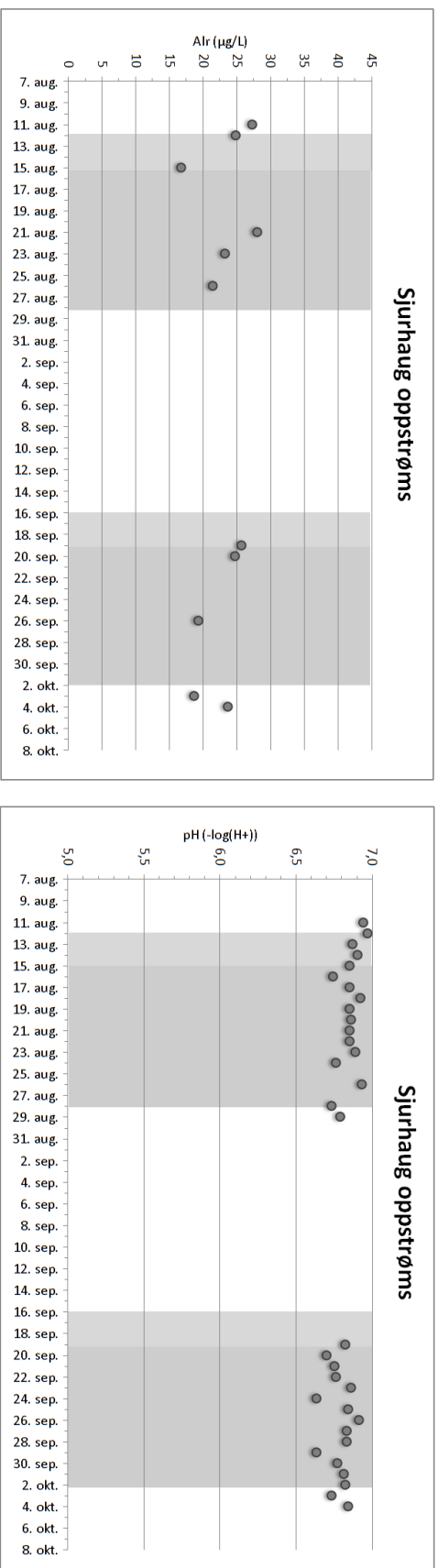
Både i 2011 og 2012 var det en svært god innsats fra alle som var direkte involvert i planlegging og gjennomføring av behandlingen og fra alle samarbeidspartnere.

Svakheter ved behandlingen kan være at forholdsvis lave vanntemperaturer i andre behandlingsperiode i 2012 kan ha påvirket laksungenes atferd og habitatbruk. Eksponeringen for behandlet elvevann kan ha blitt noe redusert. Enkelte IBC-punkter kan også ha fått for kort behandlingstid med AIS, og det kan ha vært mindre vannforekomster som ble oversett av teamene som behandlet med CFT-Legumin.

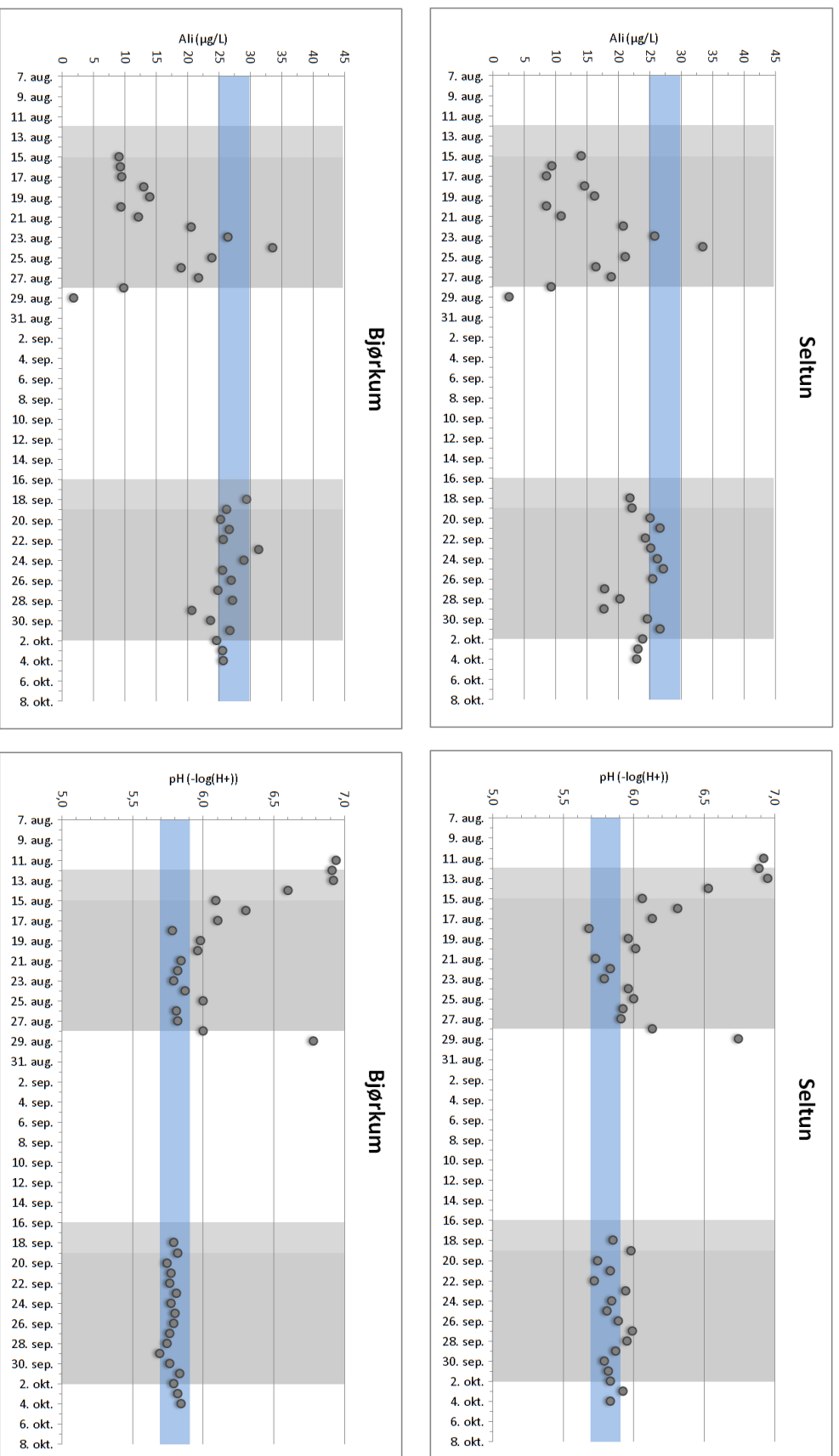
## 8. Referanser

- Andersen, A.L. 2002. Økt vekst og overlevelse hos ensomrig laks (*Salmo salar* L.) og ørret (*Salmo trutta* L.) som følge av eliminering av eldre årsklasser – en analyse av biotiske og abiotiske faktorer før og etter rotenonbehandling av Lærdalselva. Cand. scient. thesis. Zoologisk inst., Universitetet i Bergen. 91 s.
- Brabrand, Å., Bremset, G. og Heggenes, J. 2010. Laksungers bruk av bunnsubstrat: Eksperimentelle studier. LFI, Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport 282. 26 s.
- DN 2008. Handlingsplan mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. Direktoratet for naturforvaltning. 108 s.
- Driscoll, C.T. 1984. A procedure for the fractionation of aqueous aluminium in dilute acidic waters. Internat. J. Environ. Analyt. Chem. 16: 267-283.
- Hagen, A.G., Høgberget, R., Kjøsnes, A.J., Hytterød, S., Olstad, K. og Hindar, A. 2009. Smittebegrensende behandling med aluminiumsulfat (AlS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2008. NIVA-rapport 5762. 40 s.
- Hagen, A.G., Kjøsnes, A.J., Høgberget, R., Hytterød, S., Olstad, K., Garmo, Ø. og Hindar, A. 2010. Smittebegrensende behandling med aluminiumsulfat (AlS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2009. NIVA-rapport 5943. 35 s.
- Heggenes, J., Bremset, G. and Brabrand, Å. 2011. Groundwater, critical habitats, and behavior of Atlantic salmon, brown trout and Arctic char in streams. NINA, report 654, 28 pp.
- Hindar, A., Alfredsen, J.A., Alfredsen, K.T., Aune, S., Brabrand, Å., Brandt, U., Bremset, G., Christiansen, A., Garmo, Ø., Grønningsæter, Å., Hagen, A., Heggenes, J., Hytterød, S., Høgberget, R., Kjøsnes, A.J., Koestler, A., Kristensen, T., Kroglund, F., Olsen, N., Olstad, K., Tjomsland, T., Urke, H., Venseth, T., Veidel, A., Willbergh, M. 2013. Resultater fra videreutviklingen av AlS-metoden for utryddelse av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. NIVA-rapport 6531. 111 s.
- Hytterød, S. og Olstad, K. 2010. Eksperimentelle studier av aluminiumstoksisitet på *Gyrodactylus salaris*. Veterinærinstituttet, rapport 6-2010. Oslo. 22 s.
- Pettersen, R.T., Hytterød, S., Mo, T. A., Hagen, A.G., Flodmark, L.E.W., Høgberget, R., Olsen, N., Kjøsnes, A.J., Øxnevad, S., Håvardstun, J., Kristensen, T., Sandodden, R., Moen, A. og Lydersen, E. 2007. Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2005/2006 – Sluttrapport. NIVA-rapport 5349. 27 s.
- Røyset, O. 1985. Comparison of four chromogenic reagents for the flow-injection determination of aluminum in water. Anal. Chim. Acta 178: 223-230

## Vedlegg A. Vanntkjemiske resultater

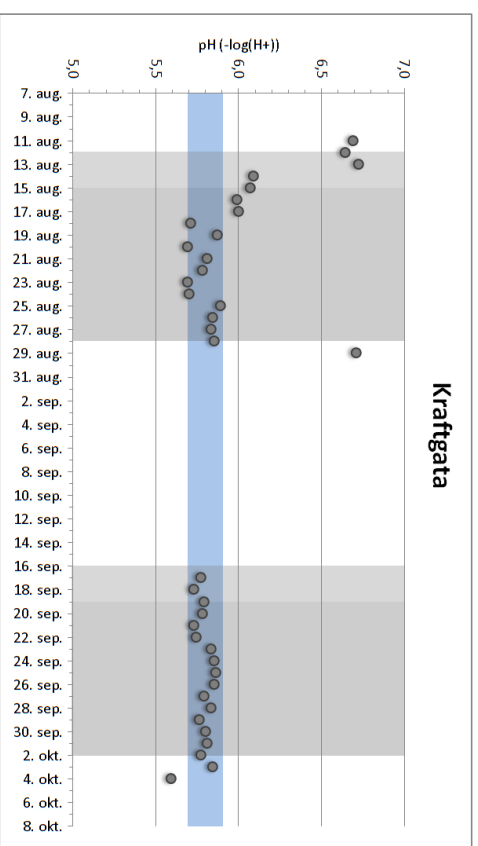
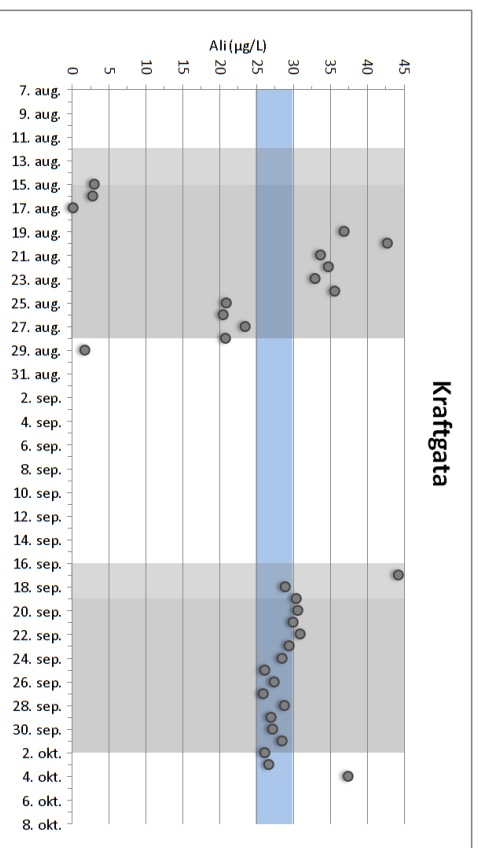
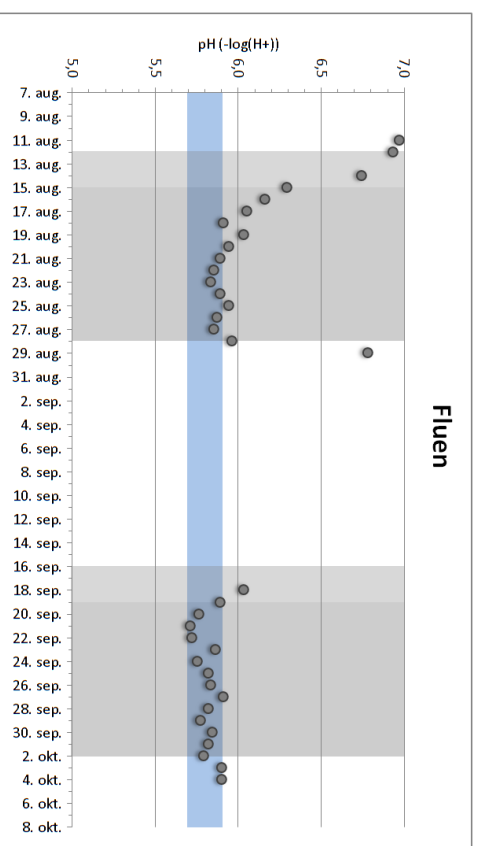
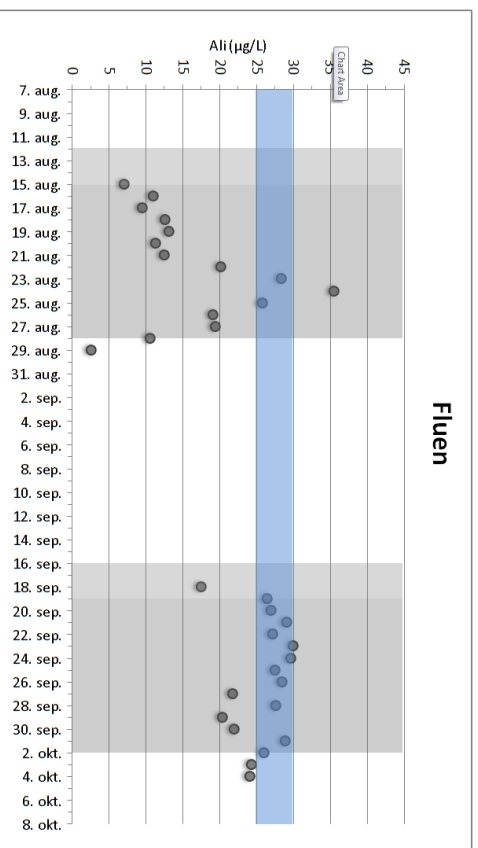


**Figur A1.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Ali) og pH i prøver fra Sjurhaug oppstrøms (referanse) og Galdane tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vanntkjemiske målområder er markert med blått.

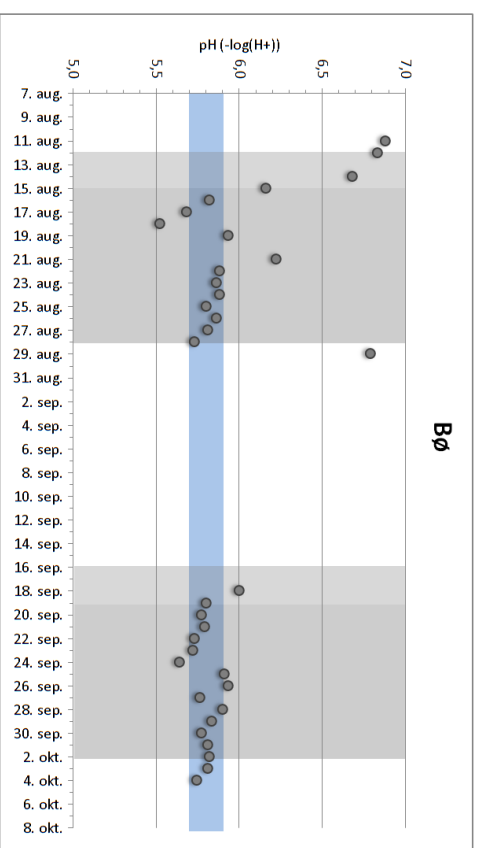
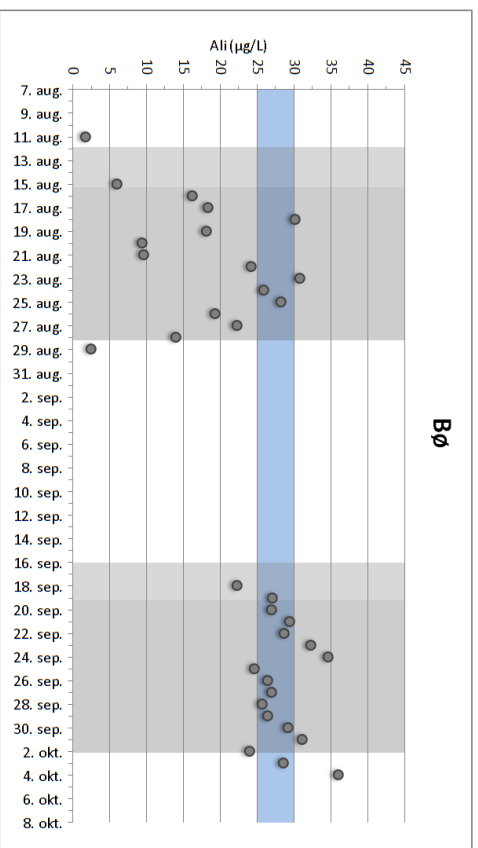
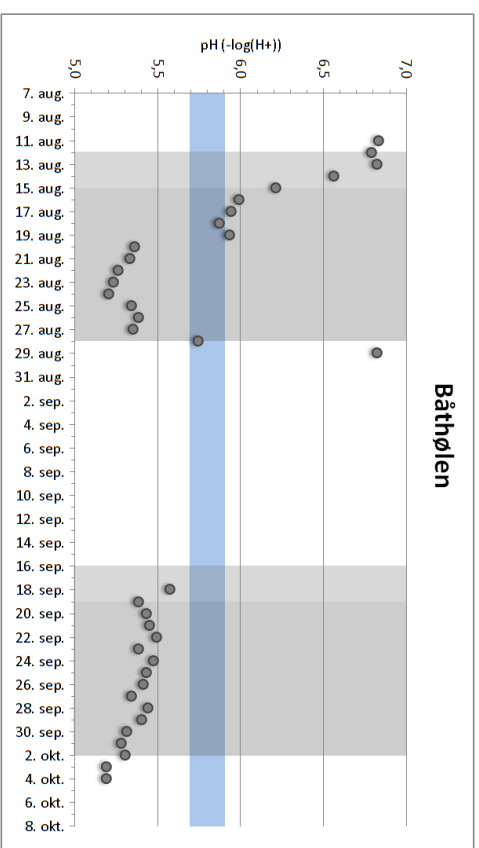
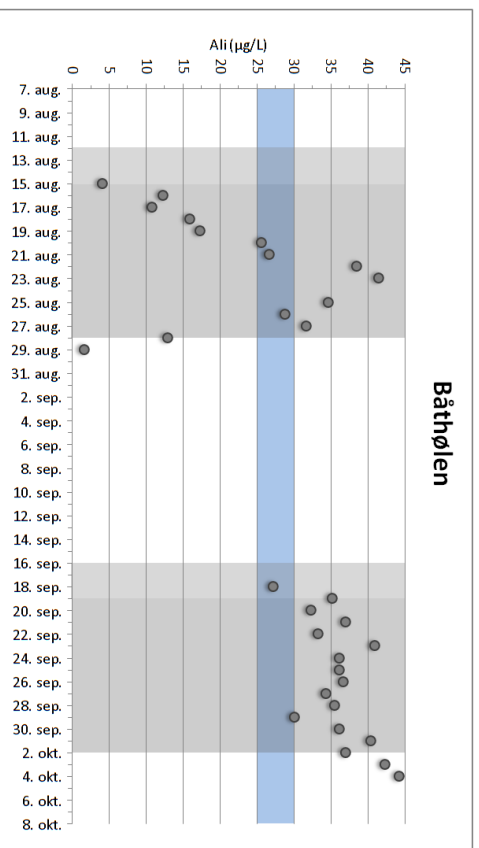


**Figur A2.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Seltun og Bjørkum tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.

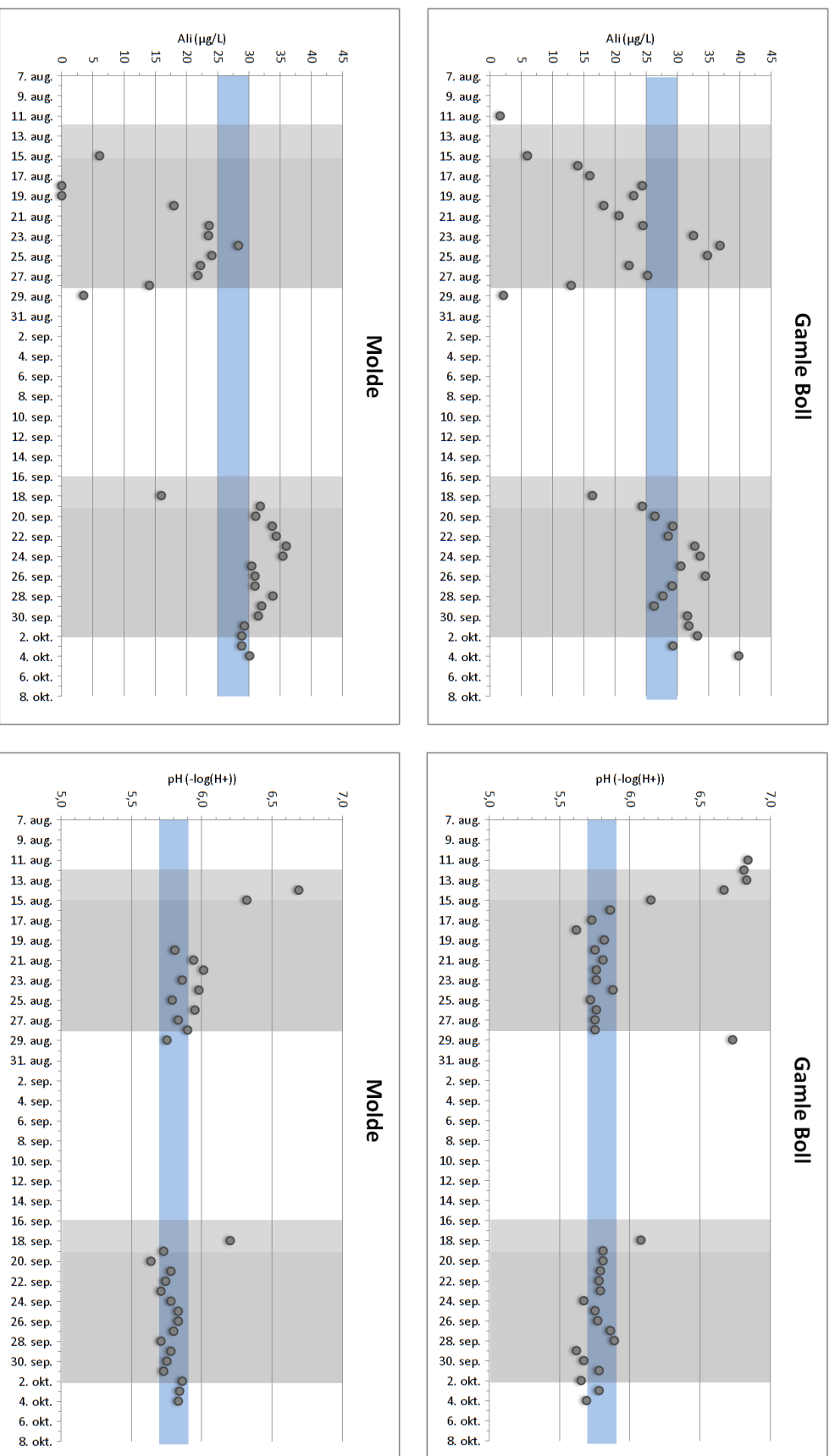




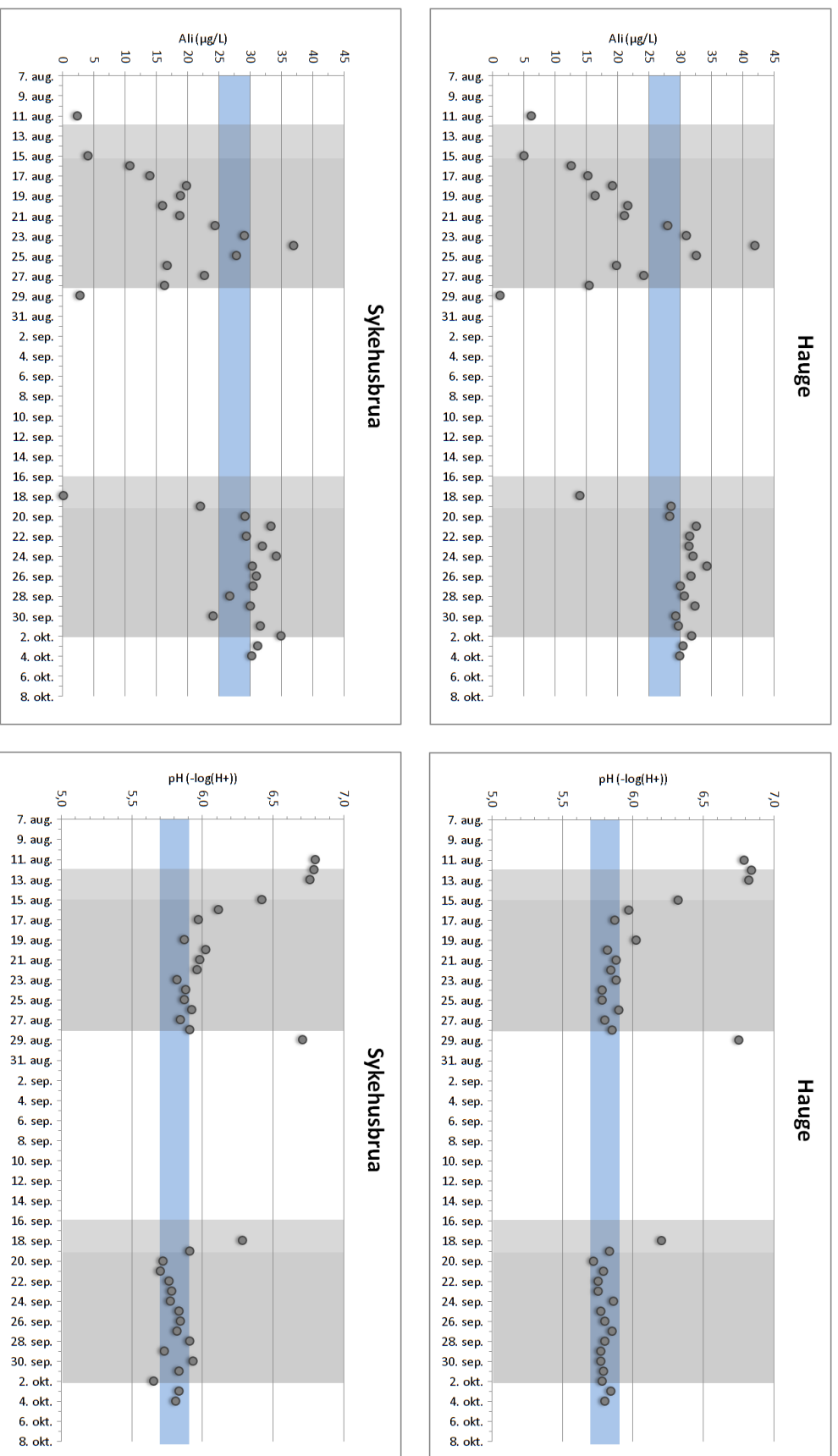
**Figur A3.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Fluens og Kraftgata tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.



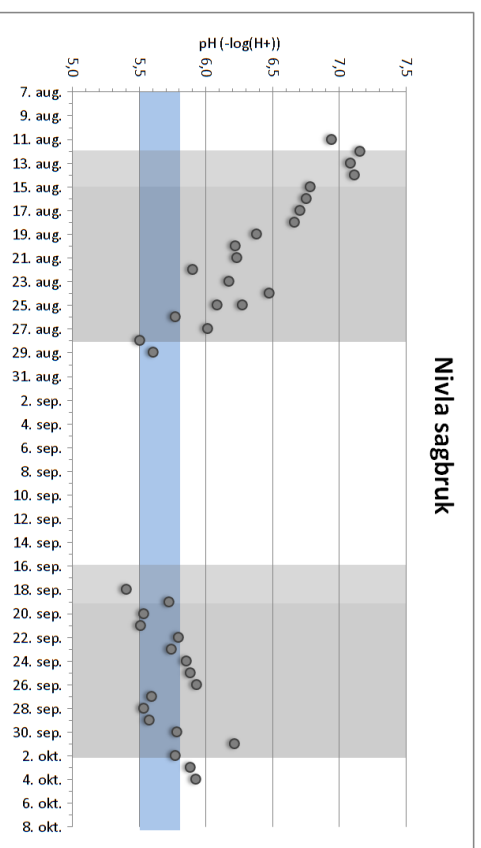
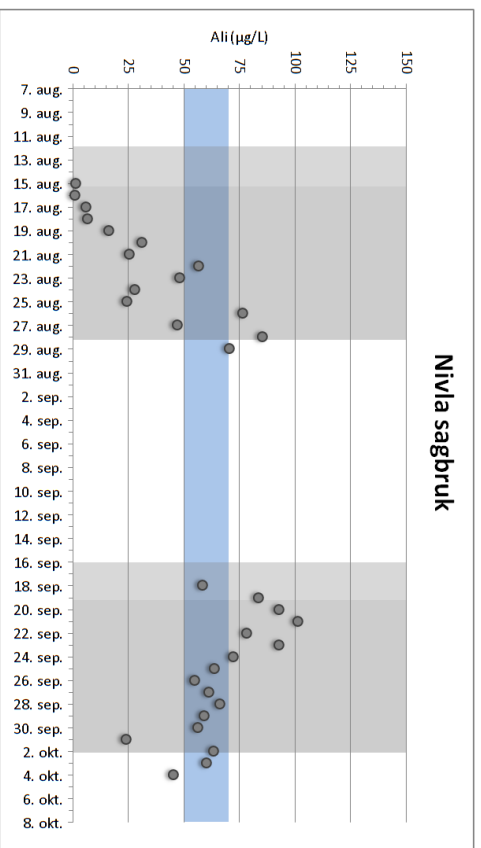
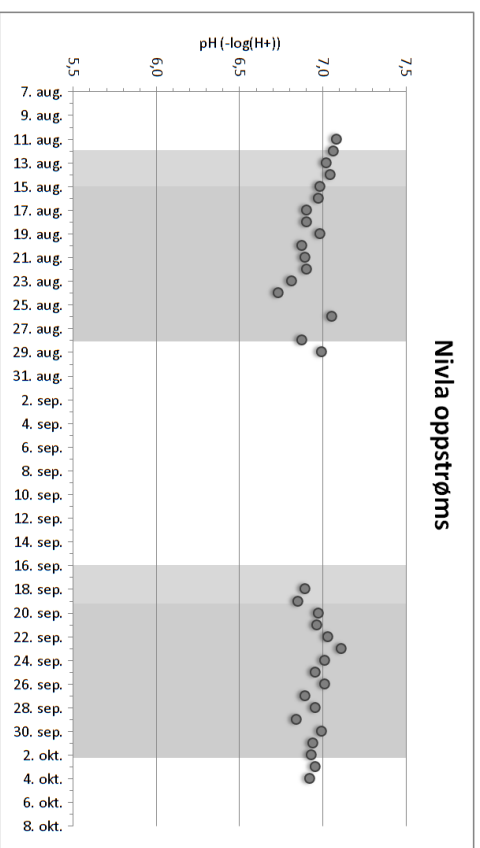
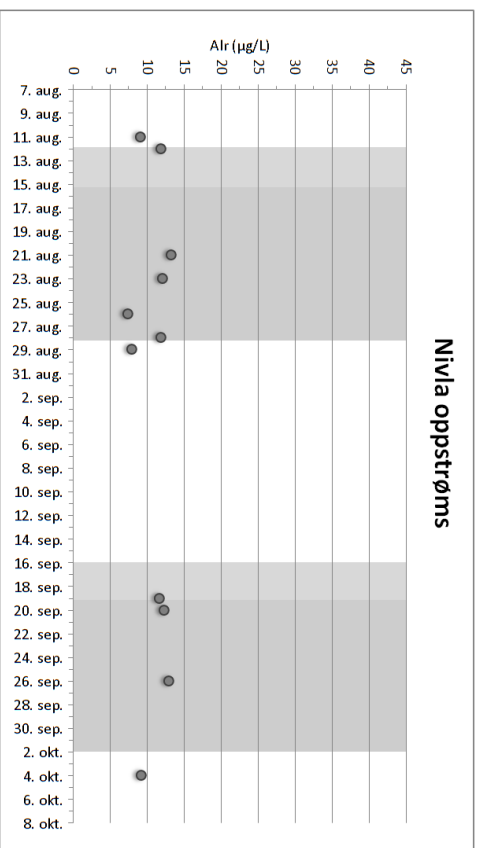
**Figur A4.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Båthølen og Bø tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.



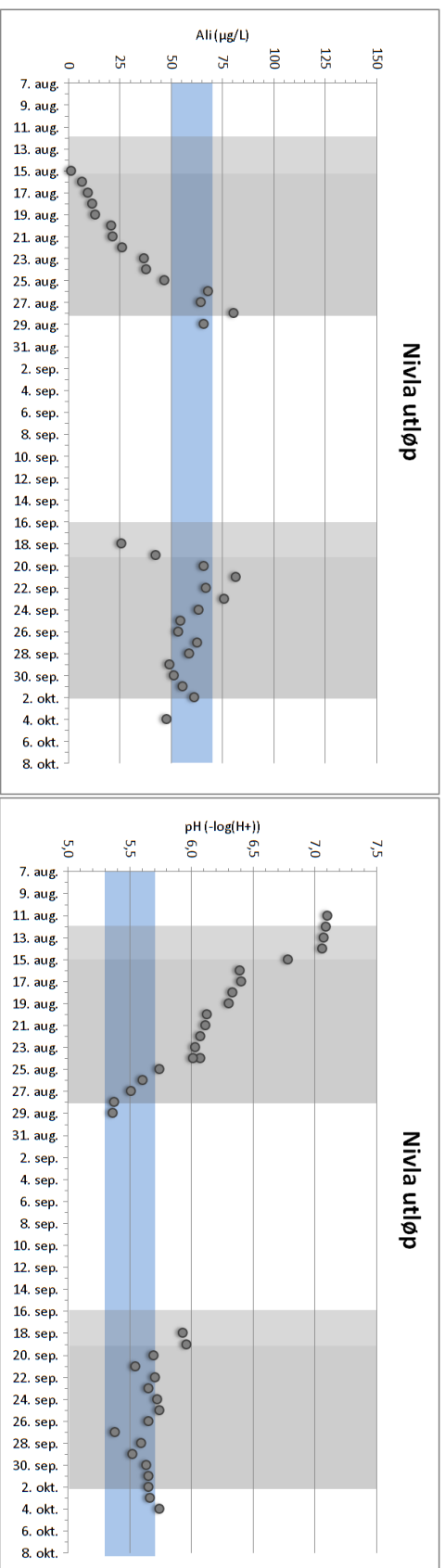
**Figur A5.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Gamle Boll og Molde tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.



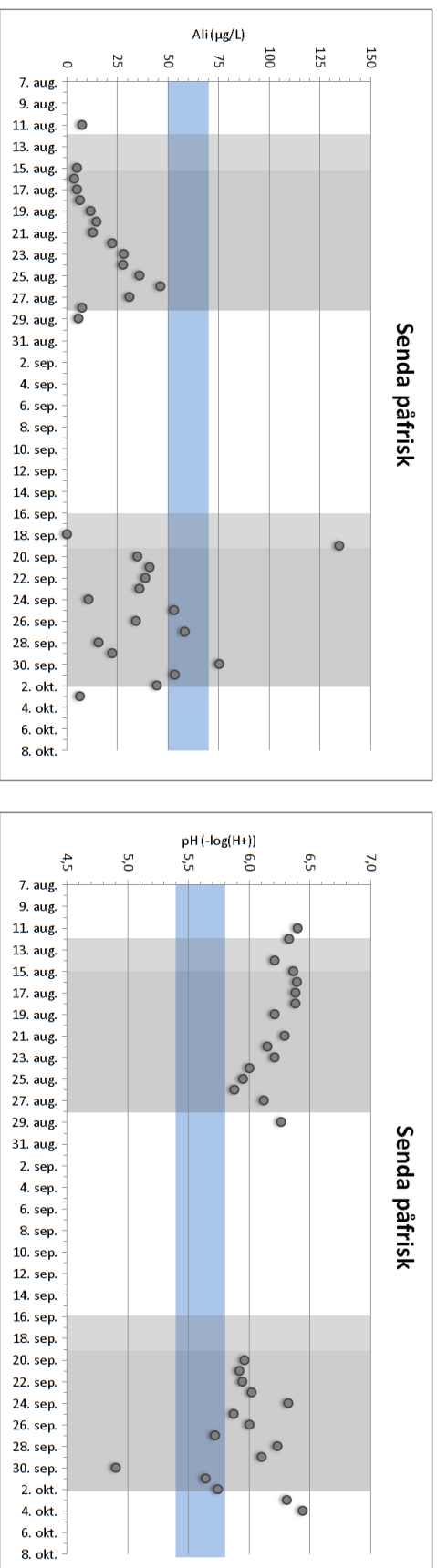
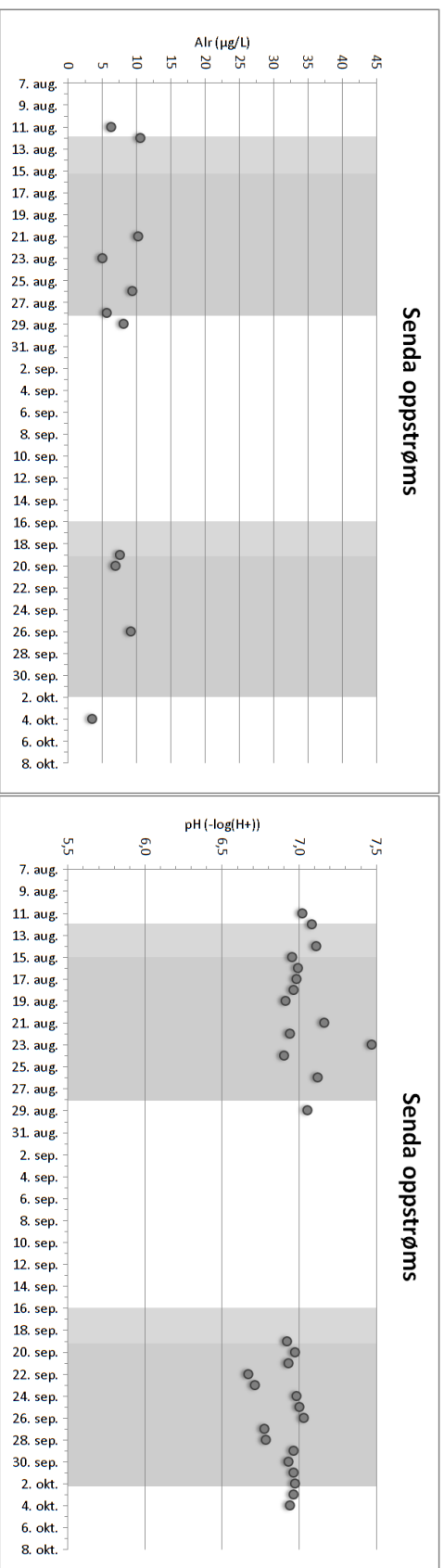
**Figur A6.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Hauge og Sykehushbrua tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.



**Figur A7.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Nivla oppstrøms (referanse) og Nivla sagbruk tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.

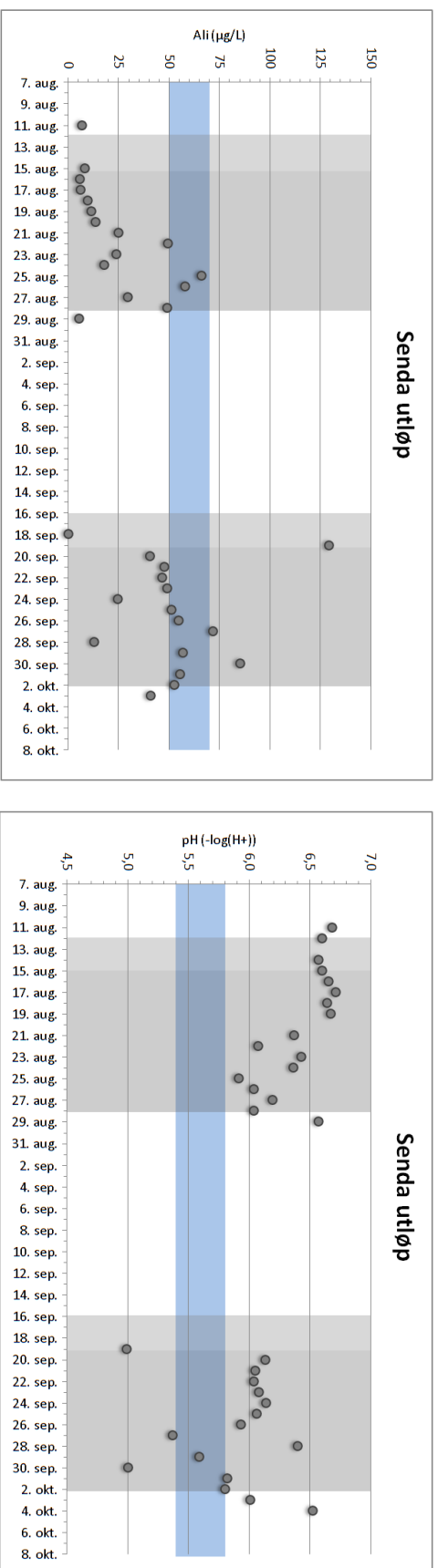


**Figur A8.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Nivla utløp tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.

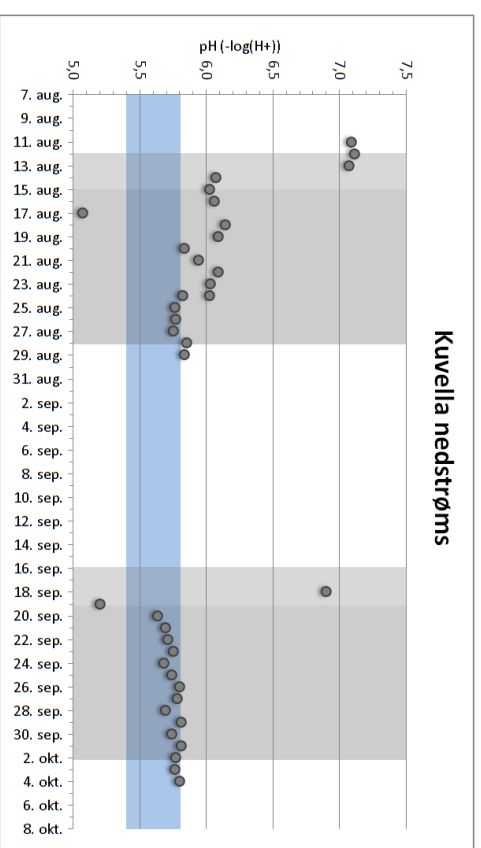
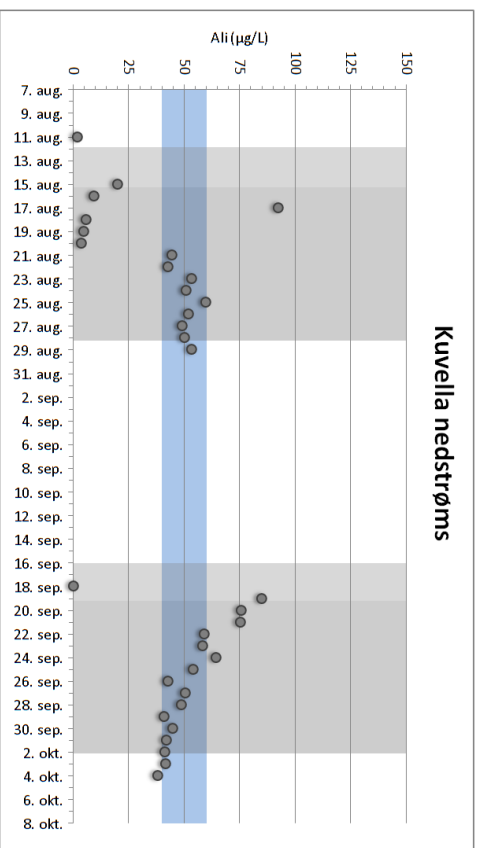
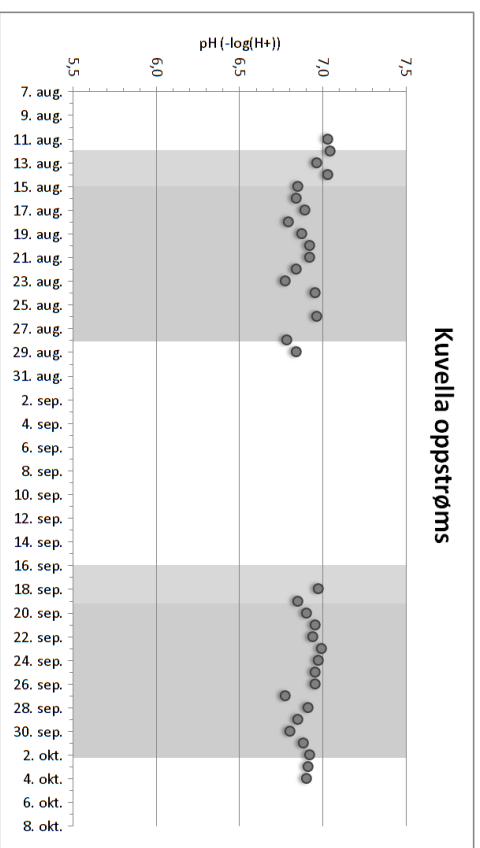
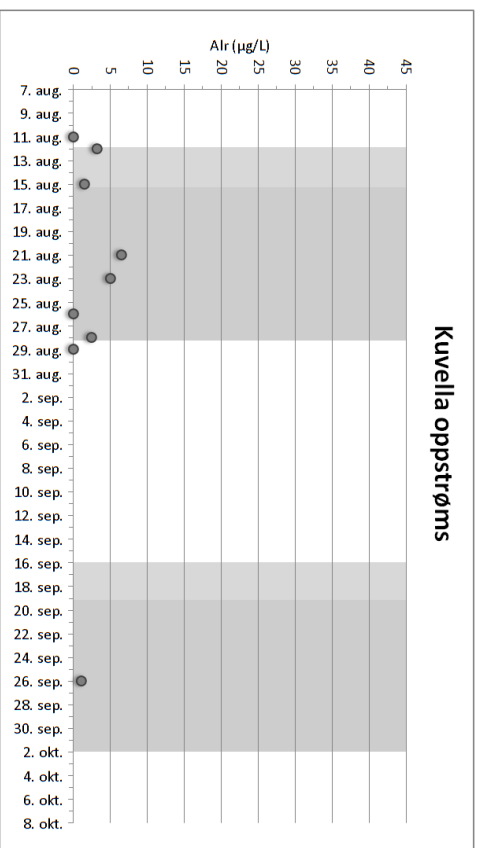


**Figur A9.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Senda oppstrøms (referanse) og Senda påfrisk tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.

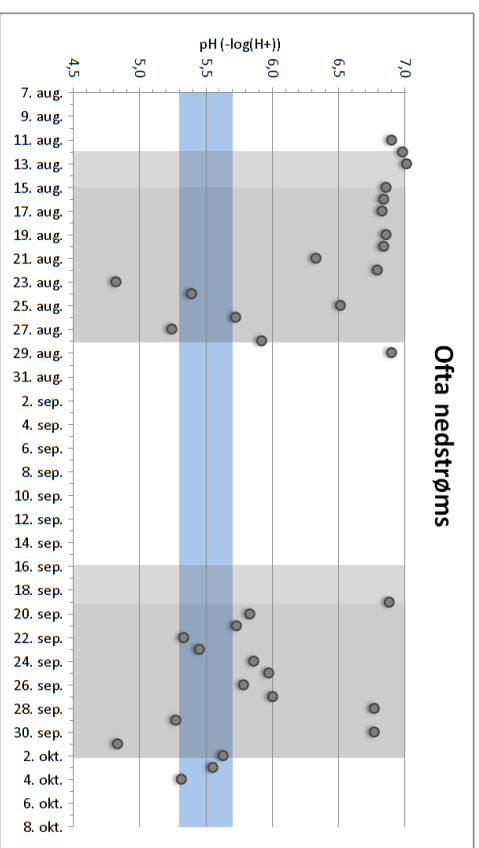
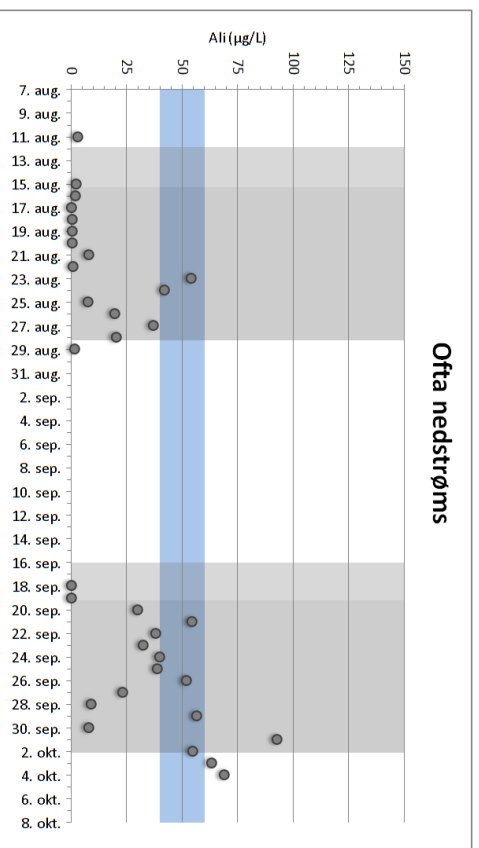
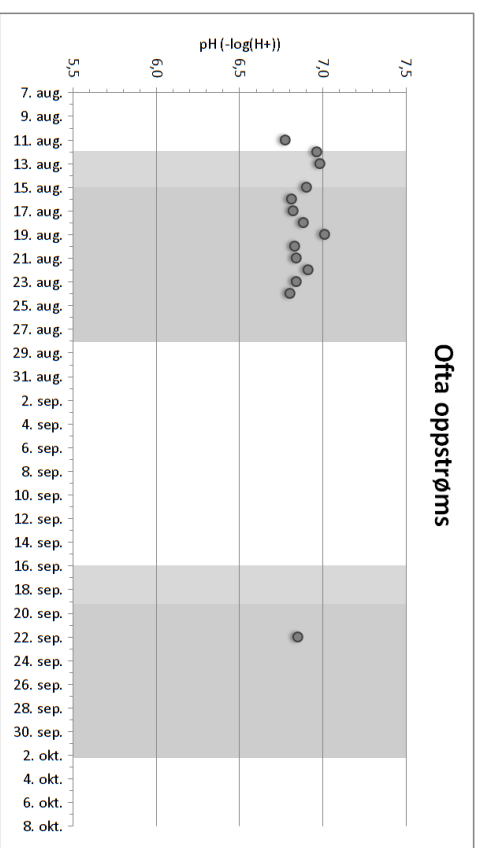
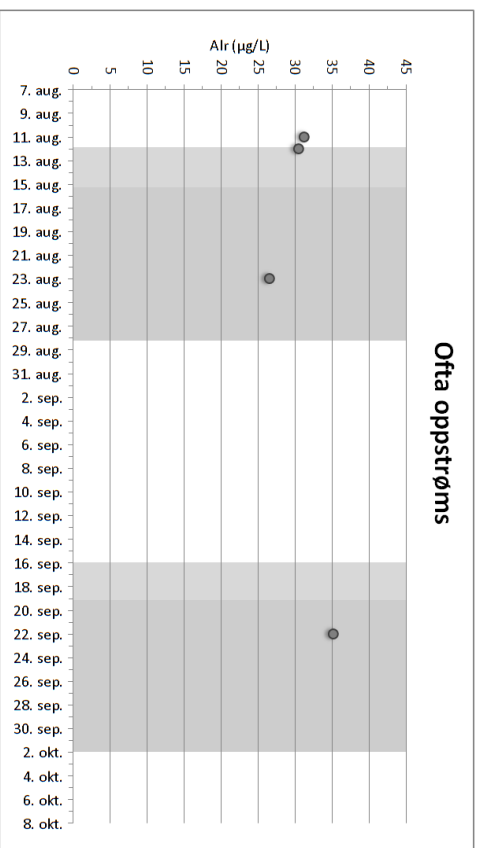




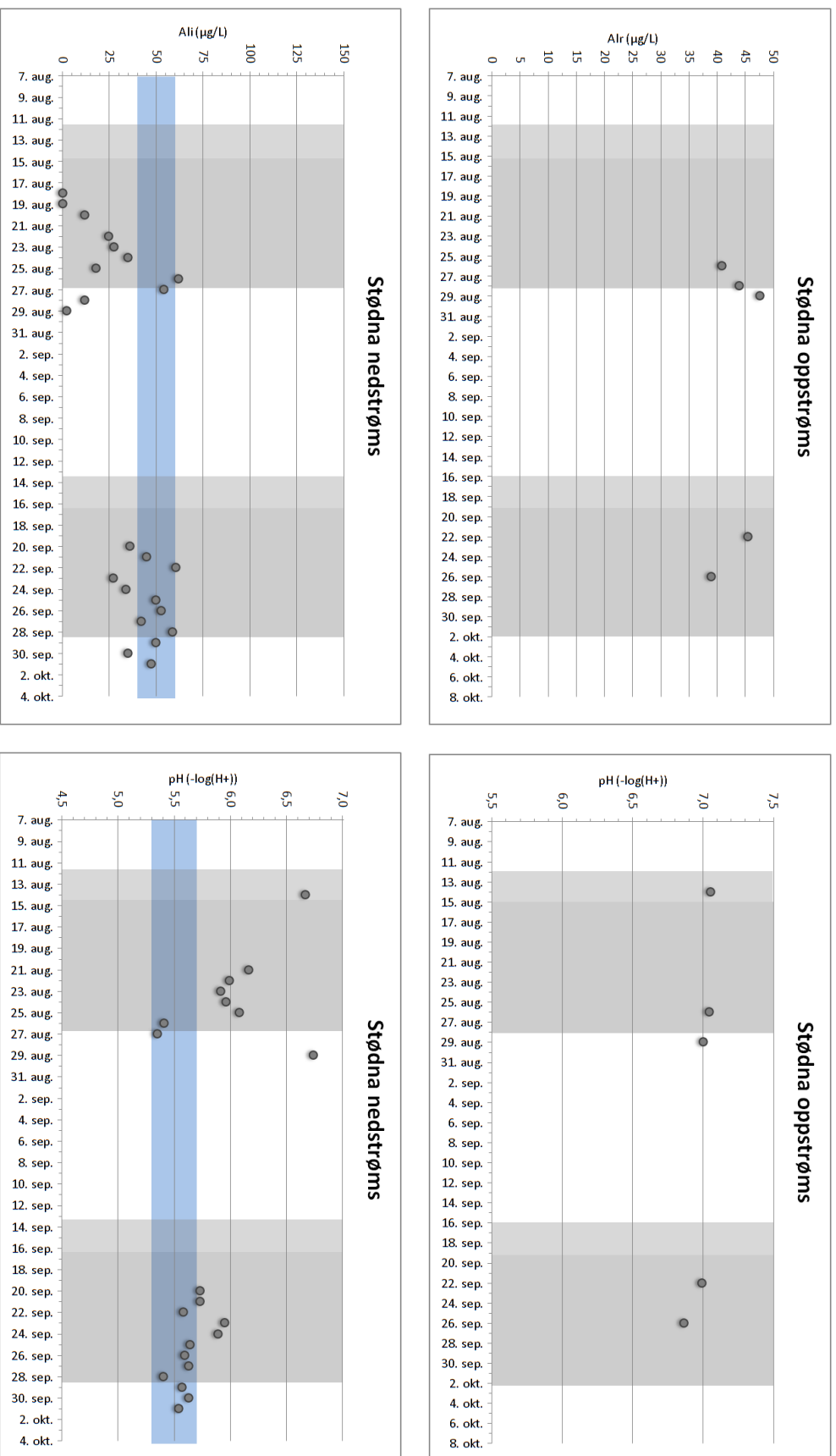
**Figur A10.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Senda utløp tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.



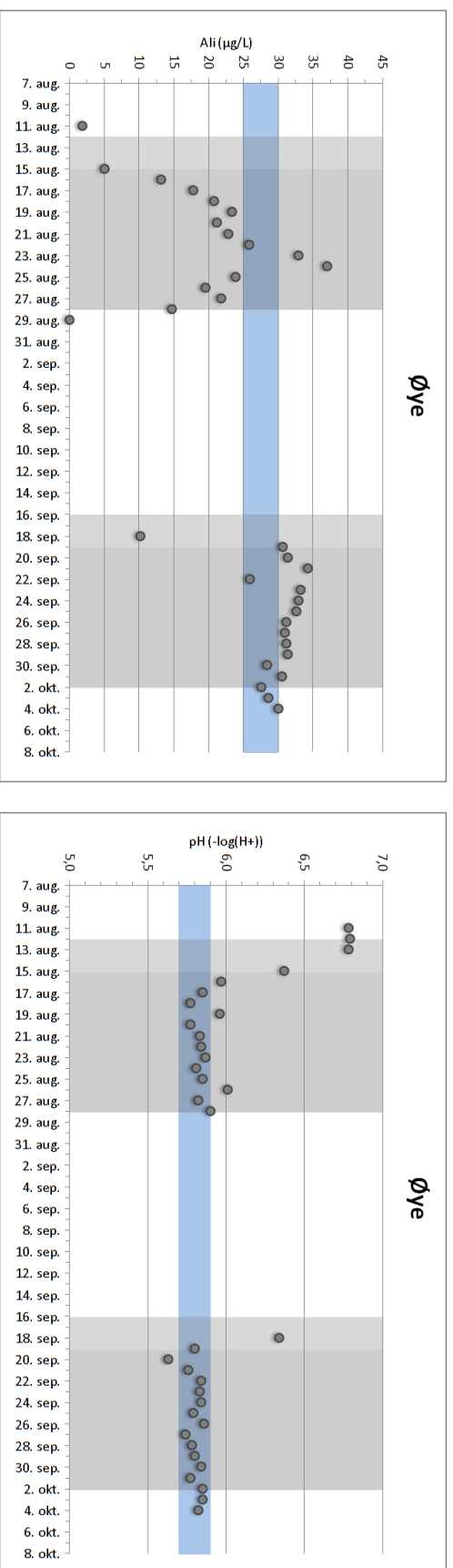
**Figur A11.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Kuvella oppstrøms (referanse) og Kuvella nedstrøms tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.



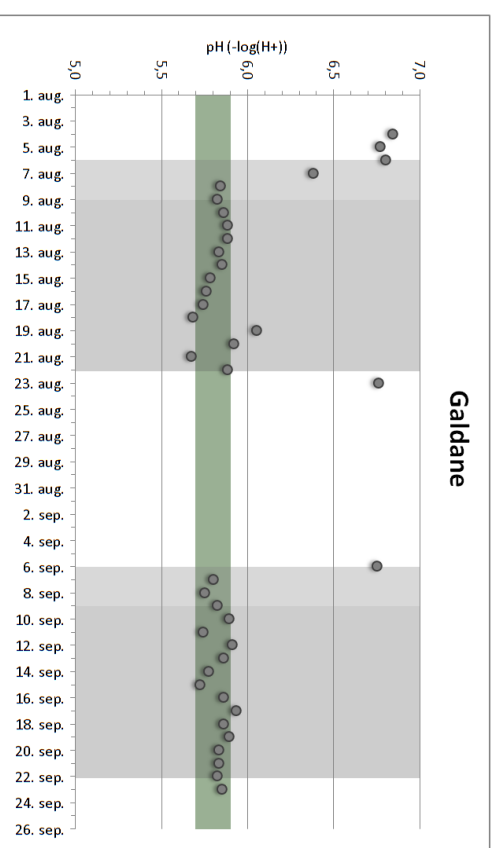
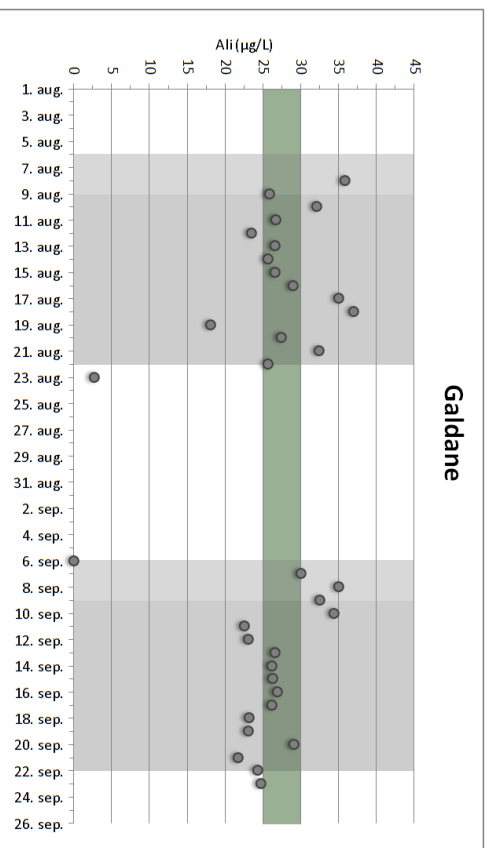
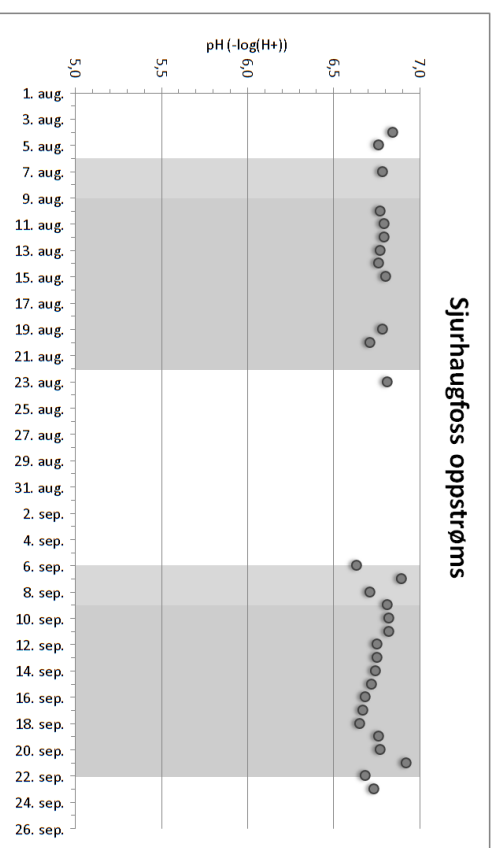
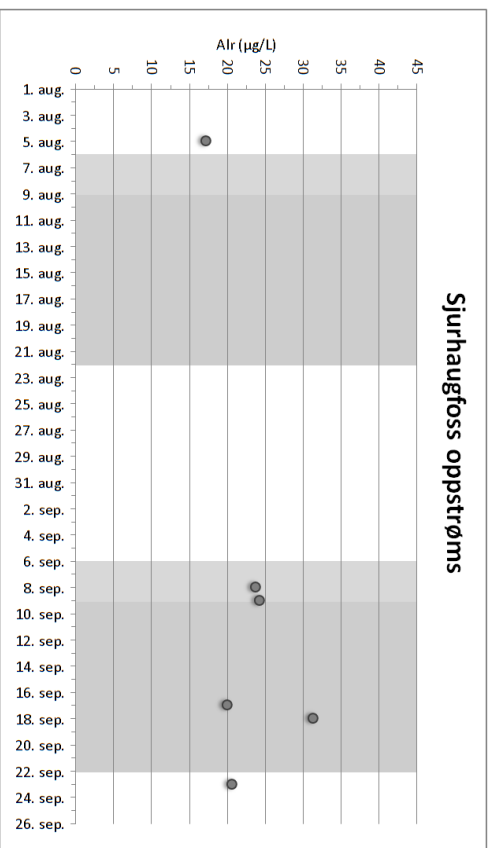
**Figur A12.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Ofte oppstrøms (referanse) og Ofte nedstrøms tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.



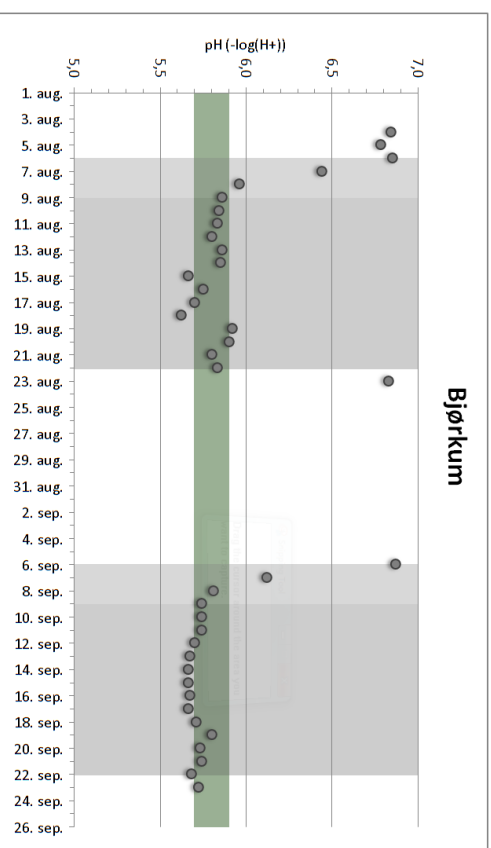
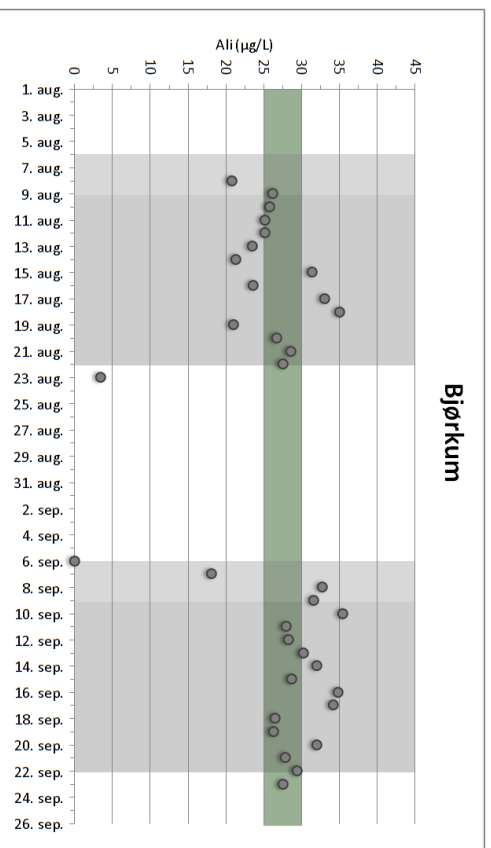
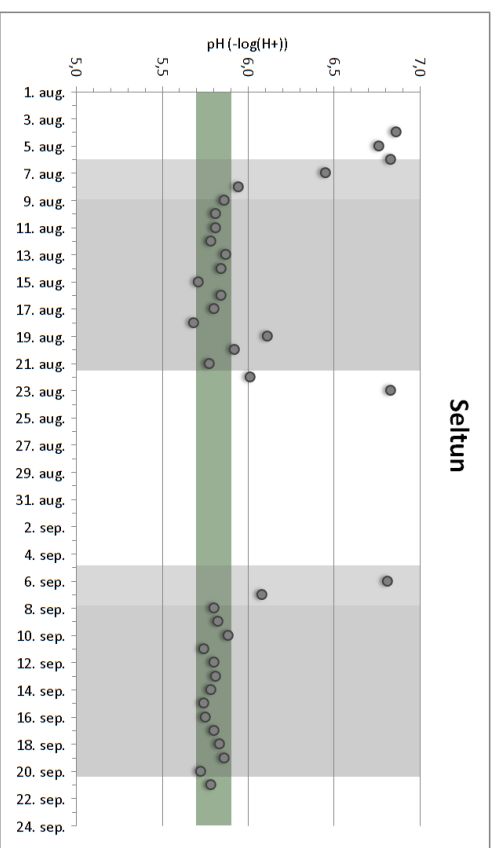
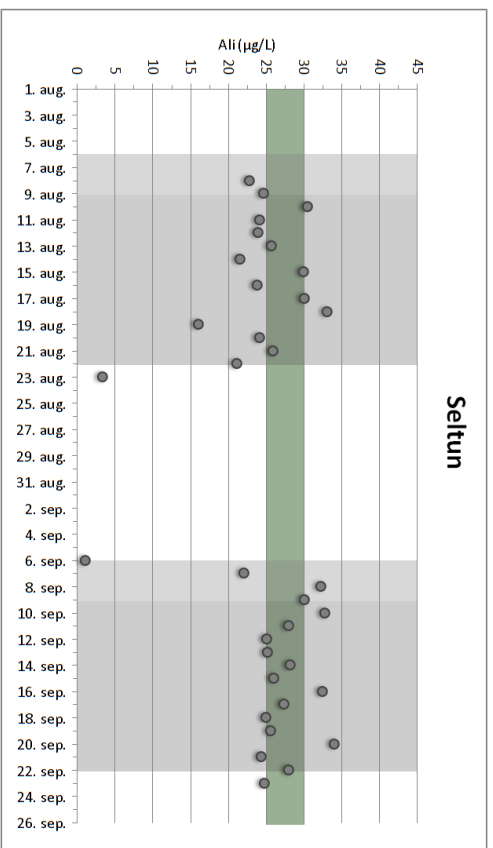
**Figur A13.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Stødna oppstrøms (referanse) og Stødna nedstrøms tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannekjemiske målområder er markert med blått.



**Figur A14.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Øye tatt i 2011. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med blått.

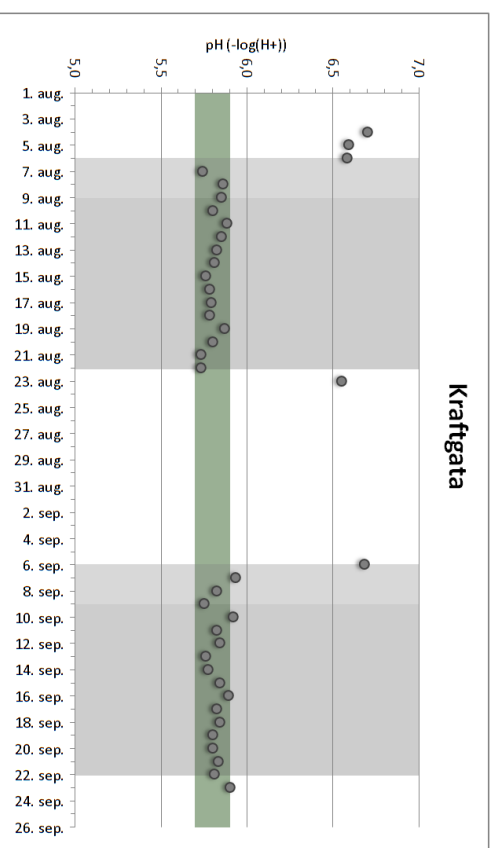
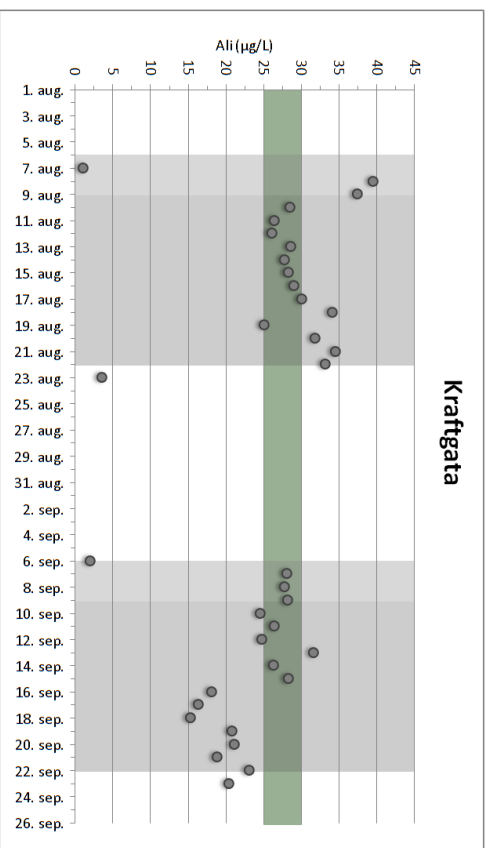
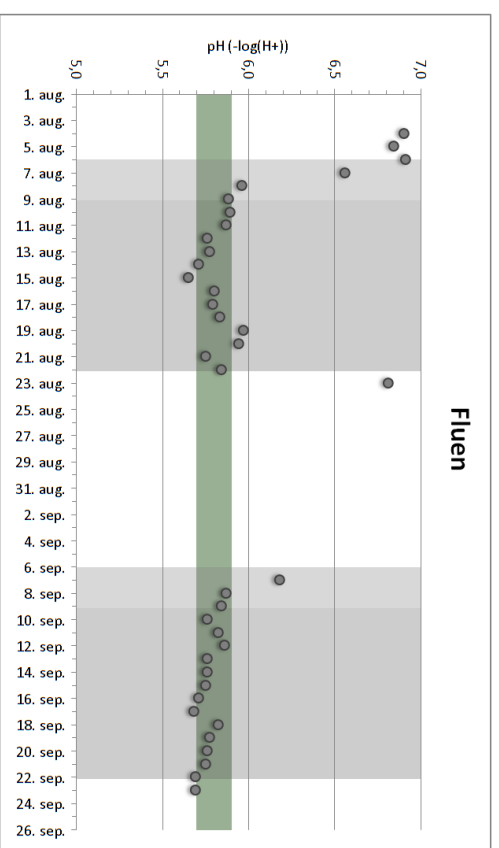
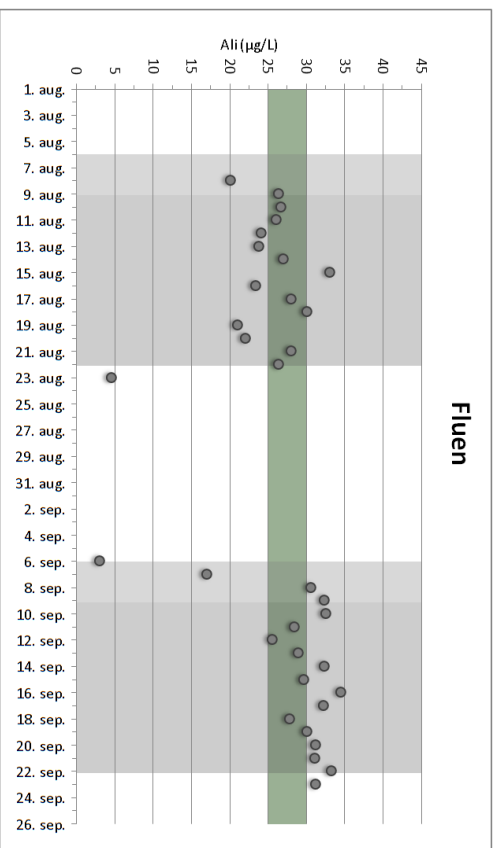


**Figur A15.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Sjurhaug oppstrøms (referanse) og Galdane tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.

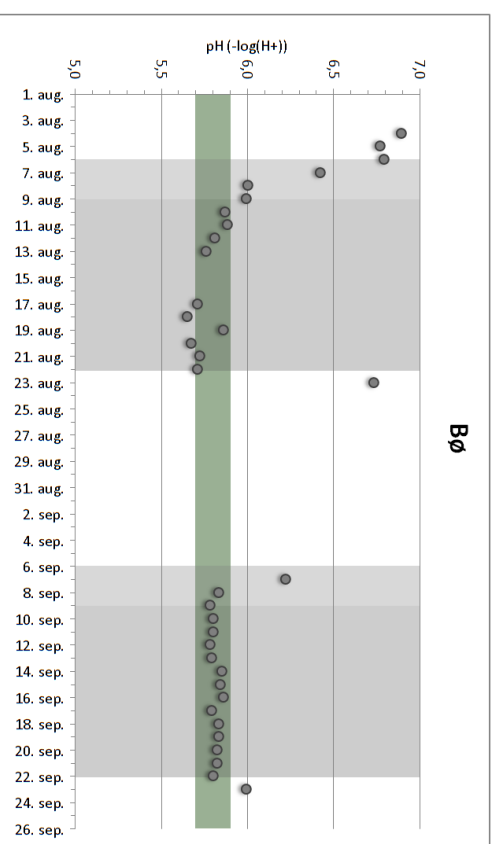
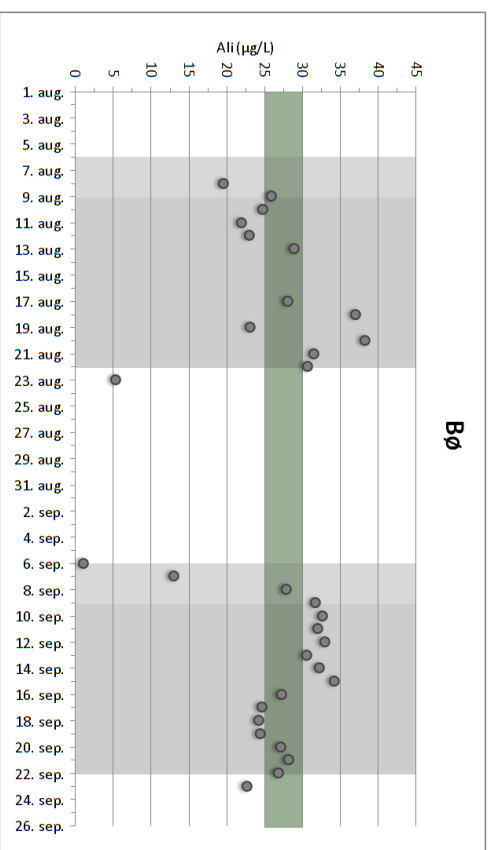
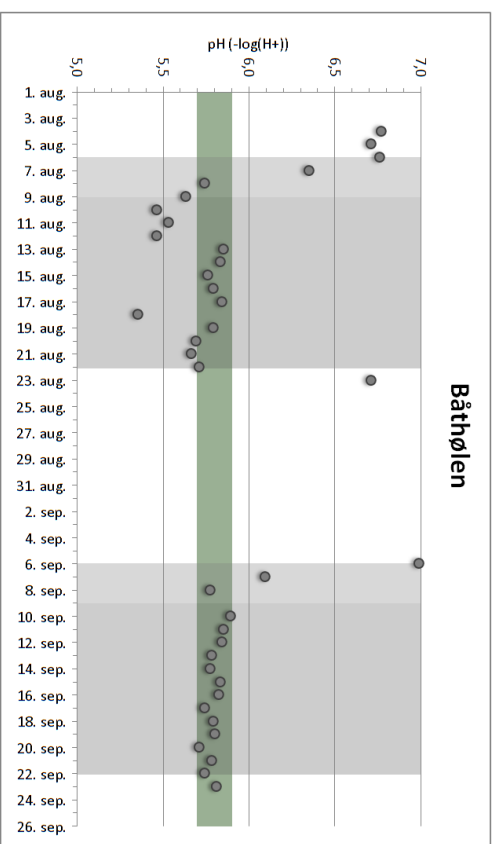
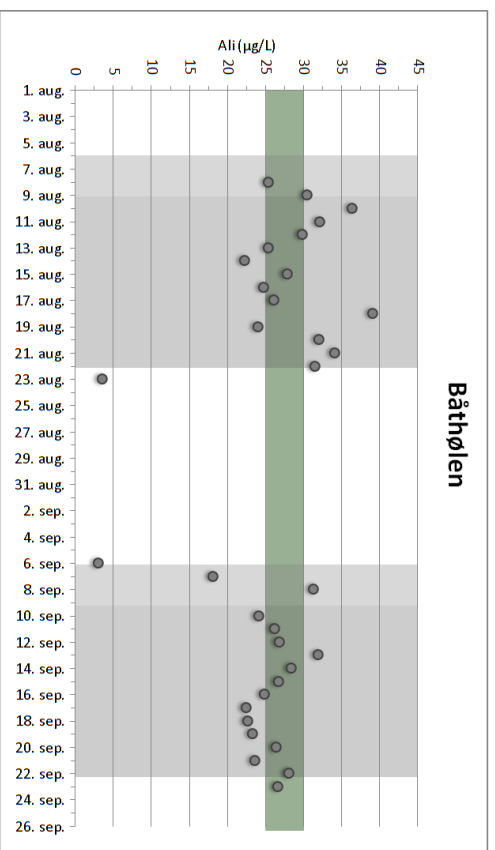


**Figur A16.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Seltun og Bjørkum tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.

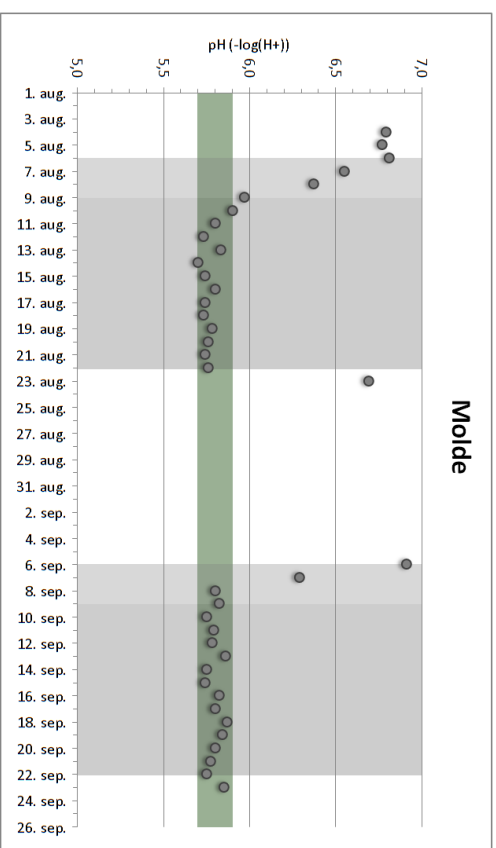
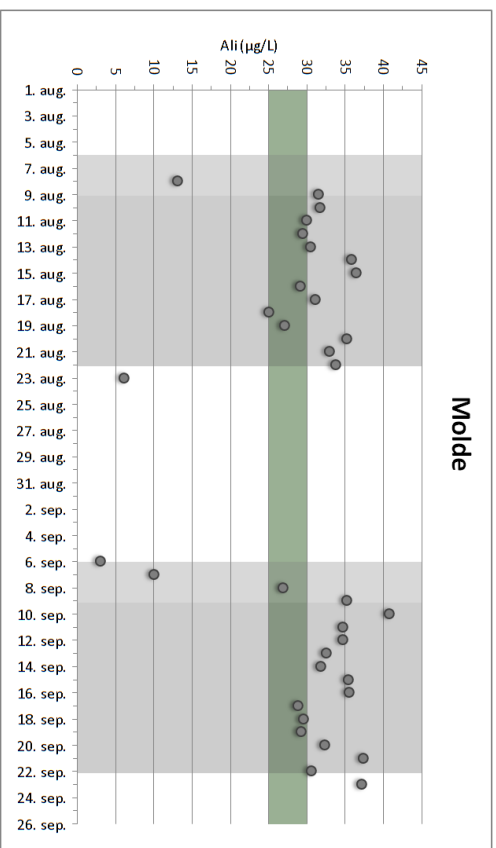
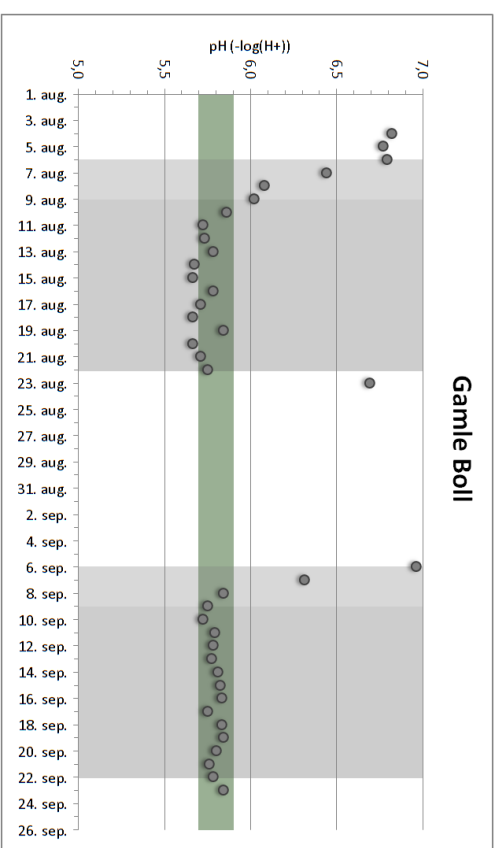
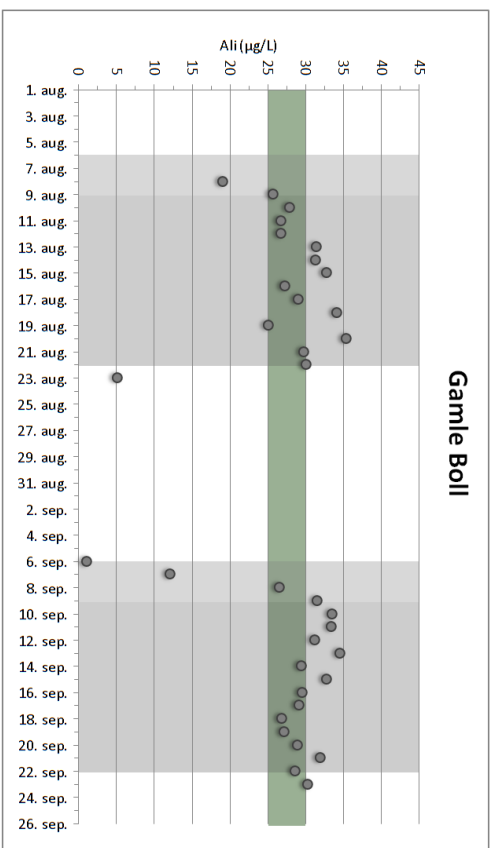




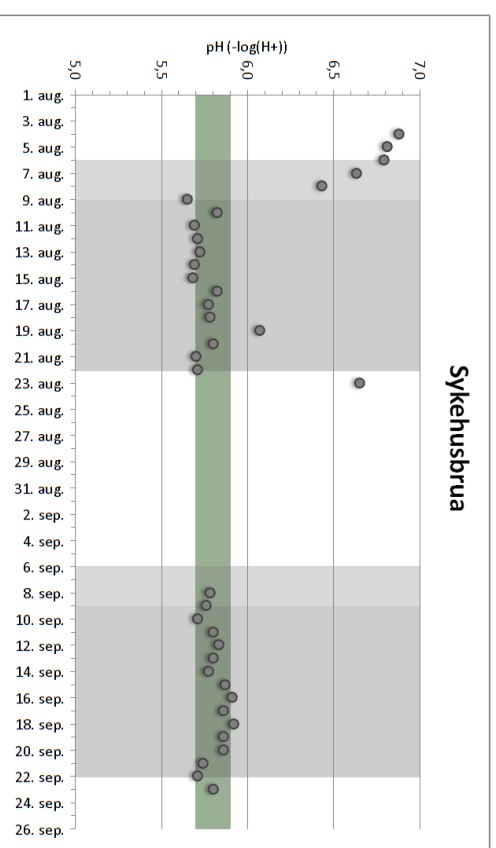
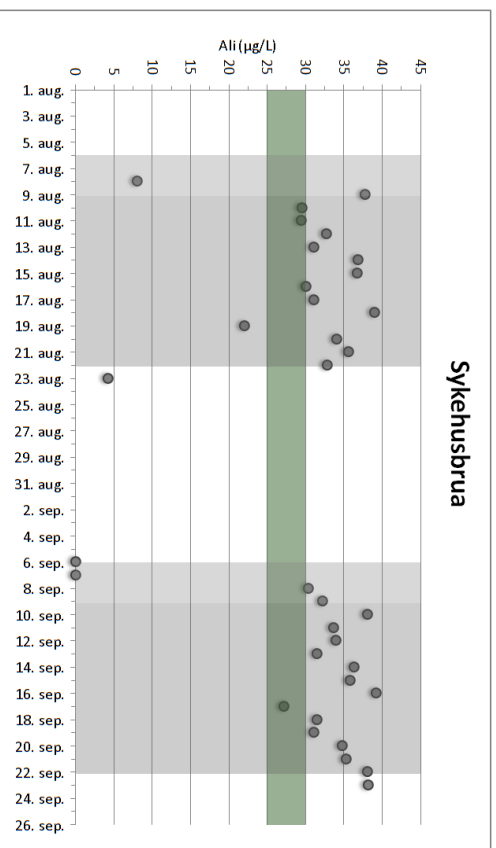
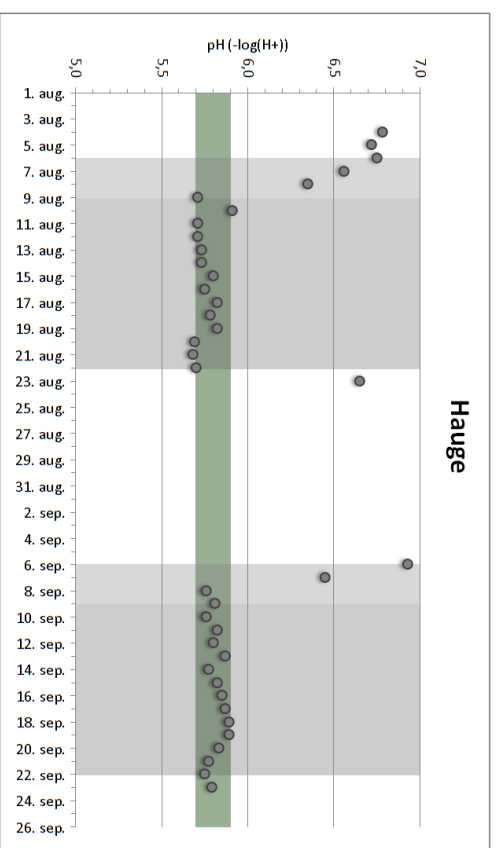
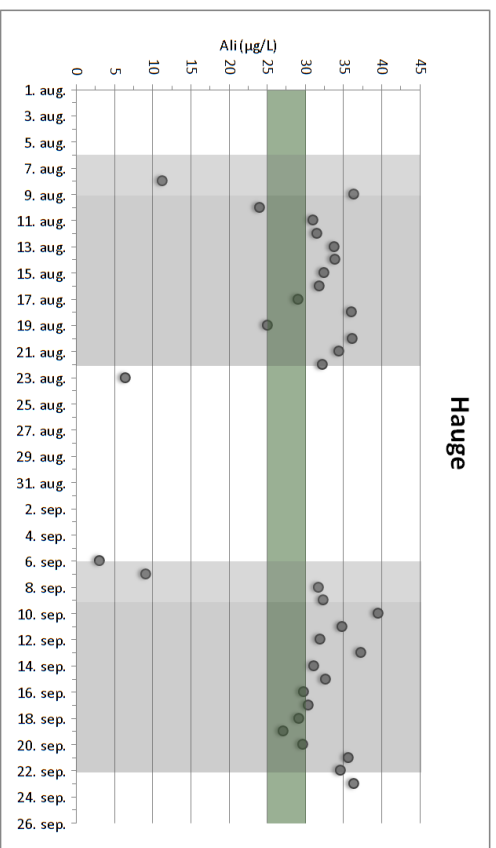
**Figur A17.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Ali) og pH i prøver fra Fluen og Kraftgata tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.



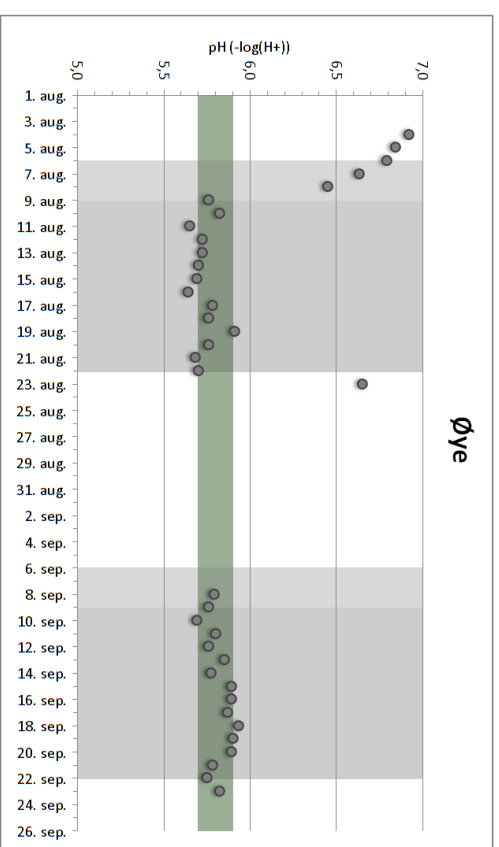
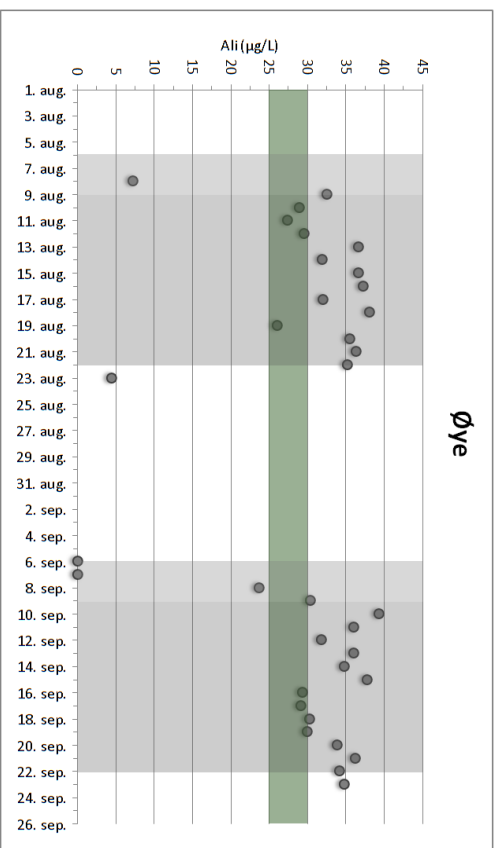
**Figur A18.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Båthølen og Bø tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.



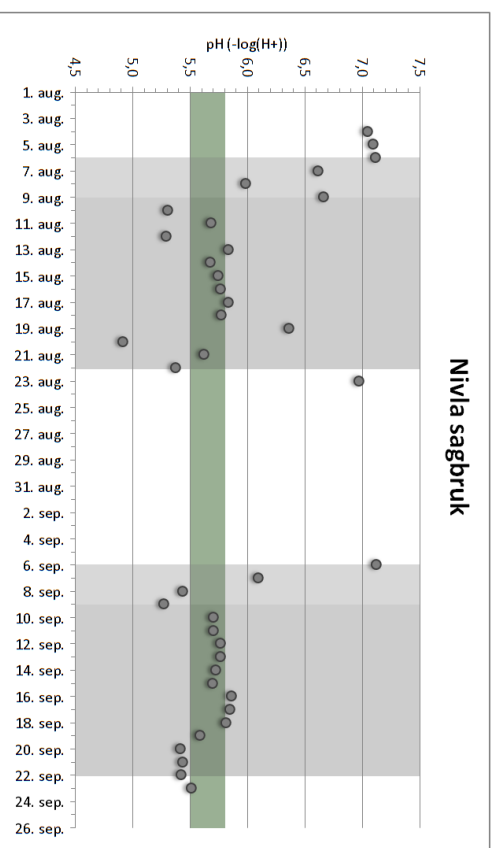
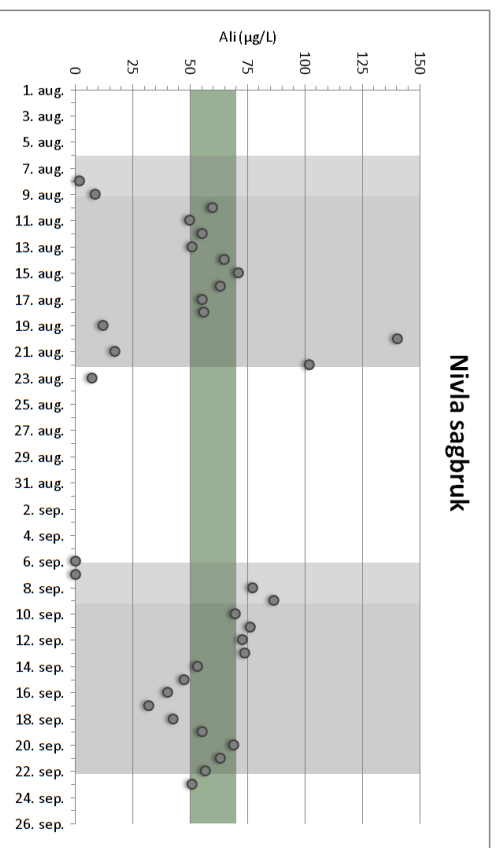
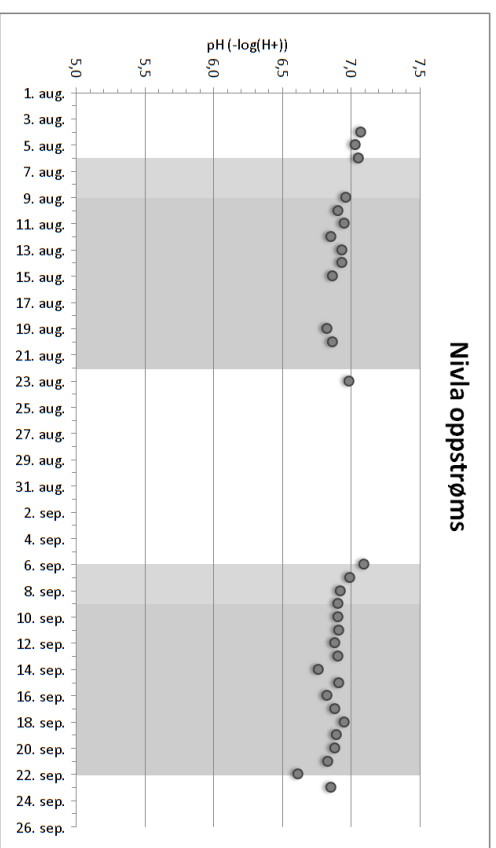
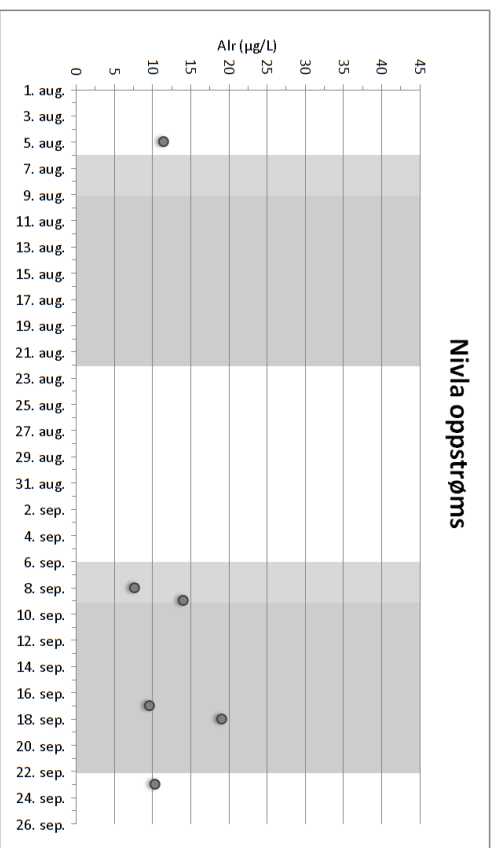
**Figur A19.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Ali) og pH i prøver fra Gamle Boll og Molde tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.



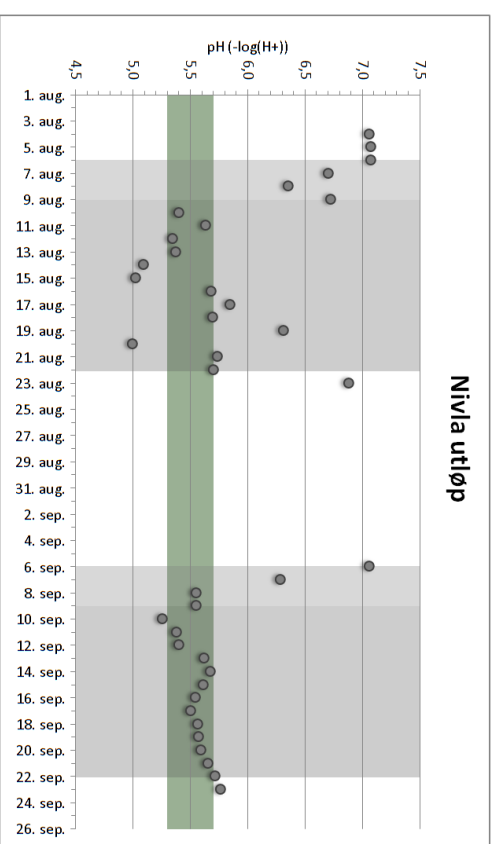
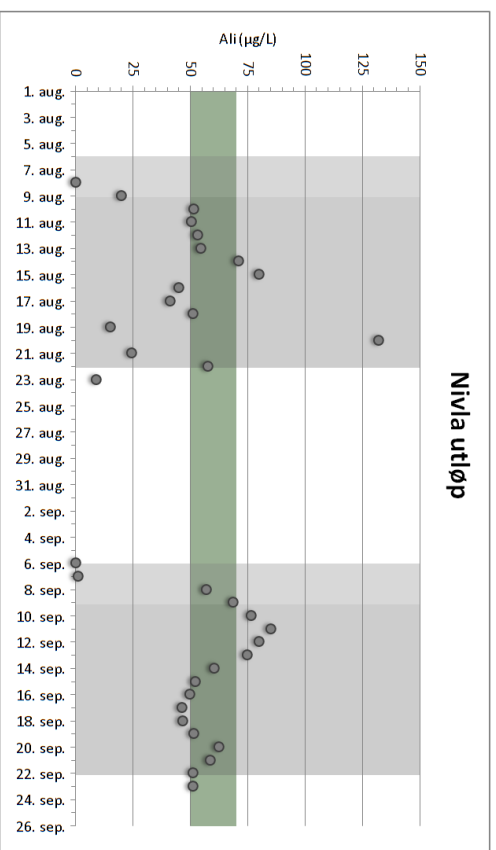
**Figur A20.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Hauge og Sykehusbrua tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grøtt. Vannkjemiske målområder er markert med grått.



**Figur A21.** Konsentrasjon av labilt aluminium ( $Al_i$ ) og pH i prøver fra Øye tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.

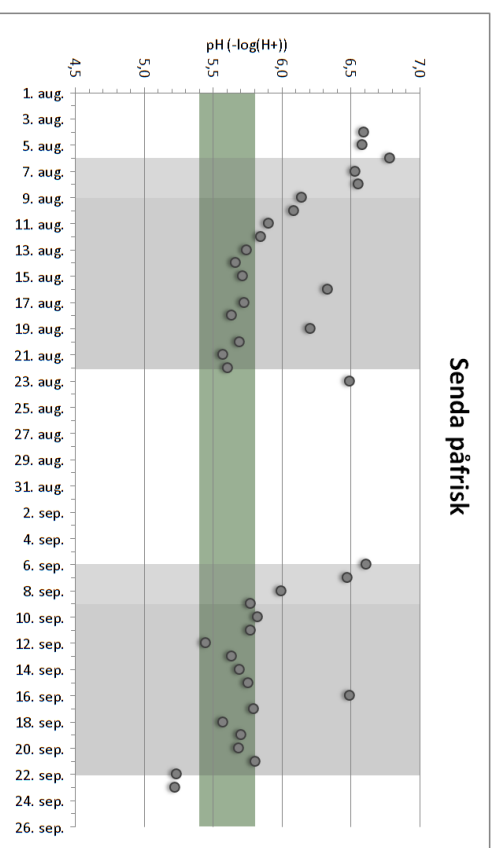
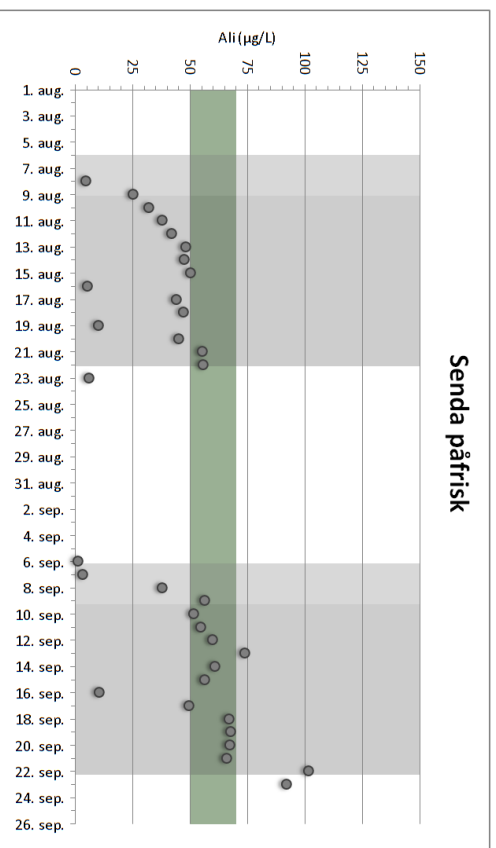
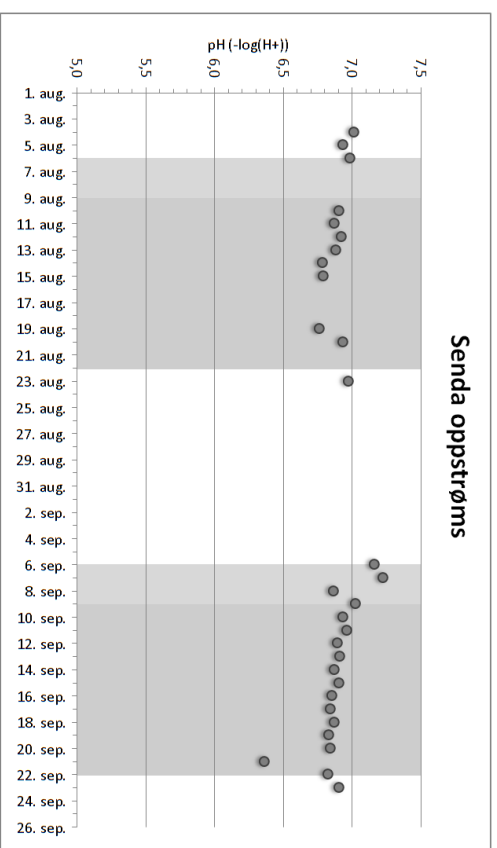
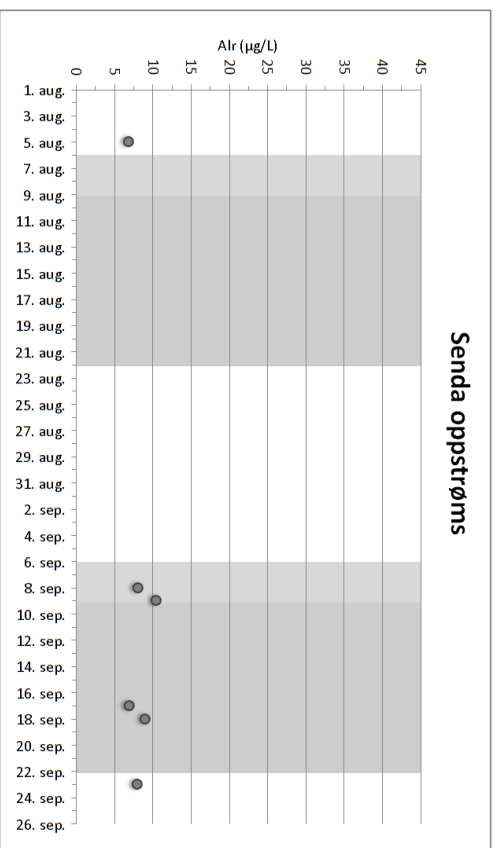


**Figur A22.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Nivla oppstrøms (referanse) og Nivla sagbruk tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.

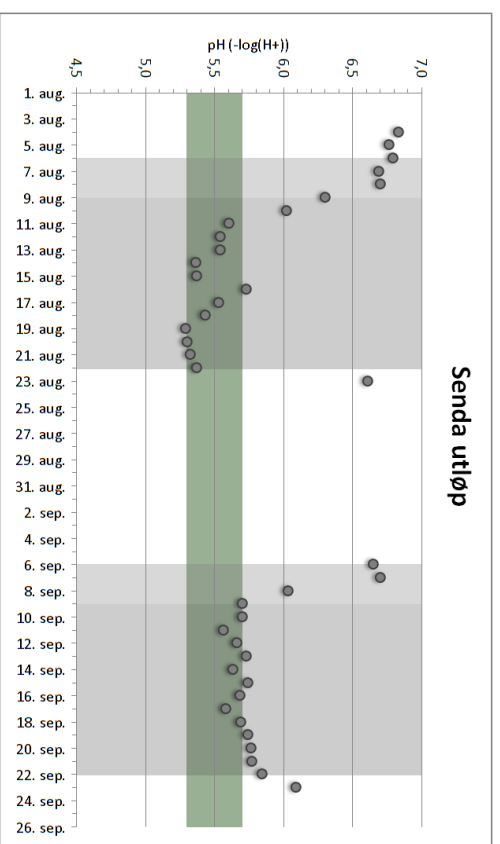
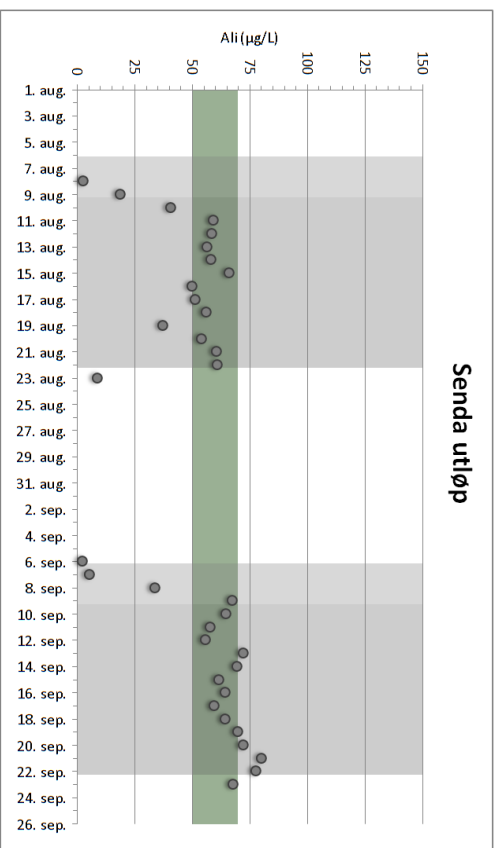


**Figur A23.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>I</sub>) og pH i prøver fra Nivla utløp tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.

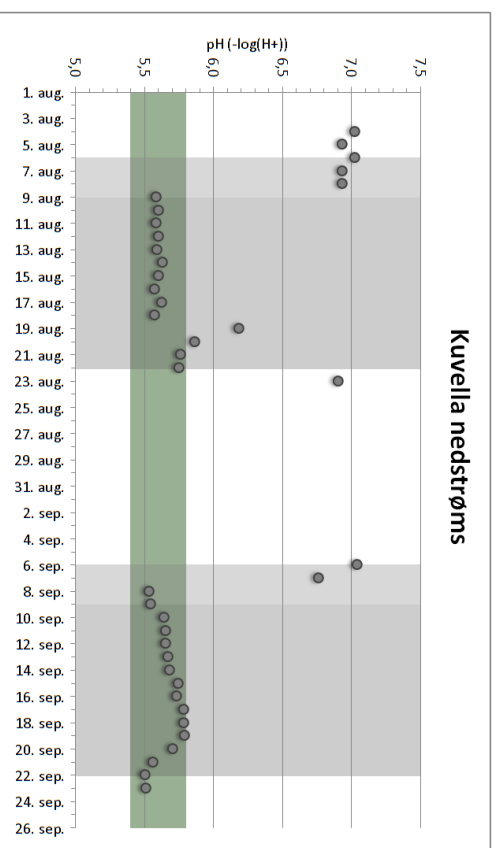
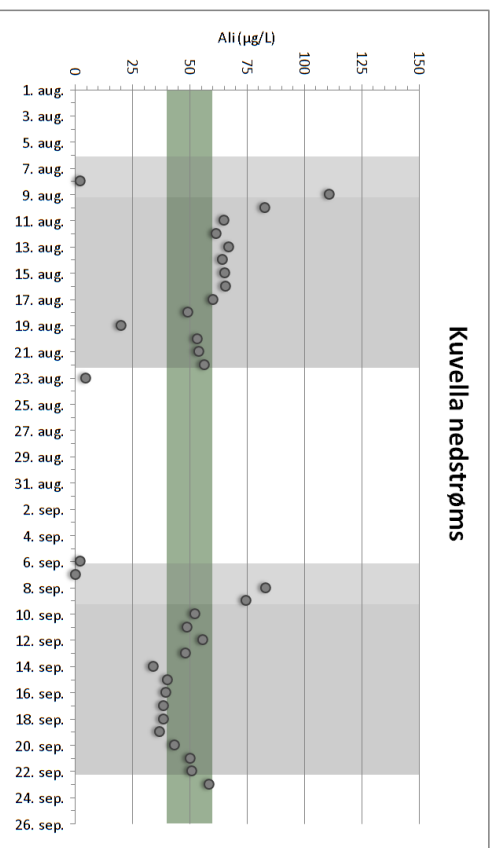
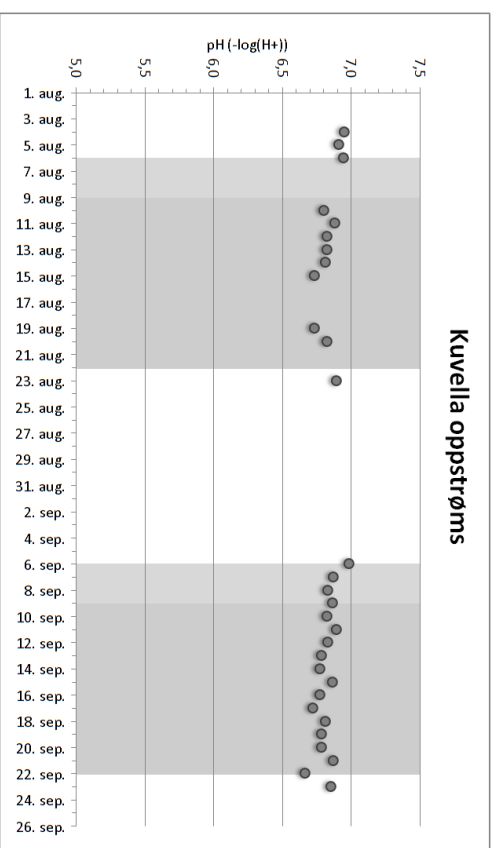
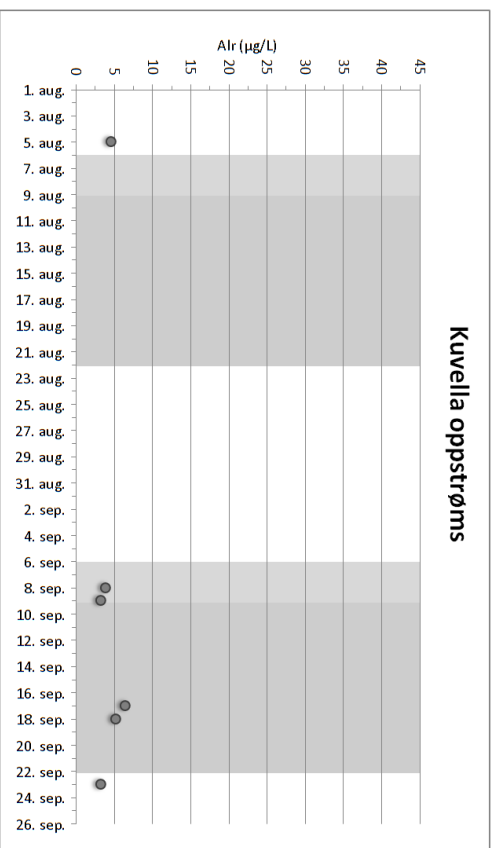




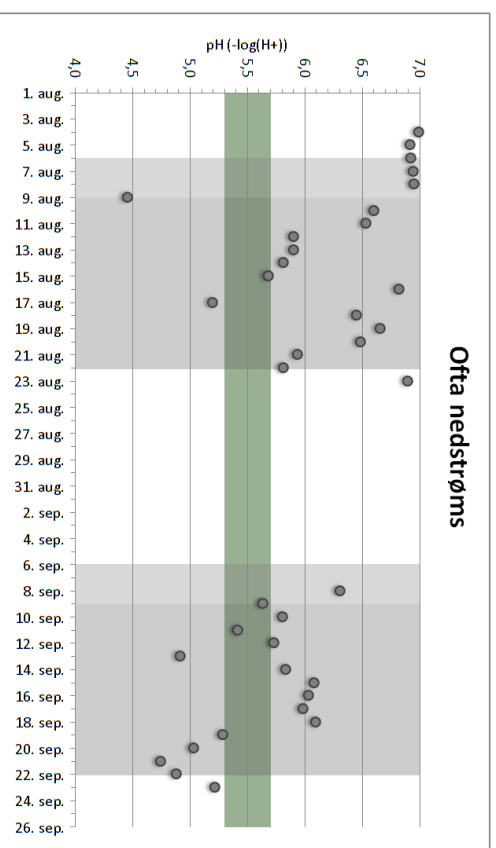
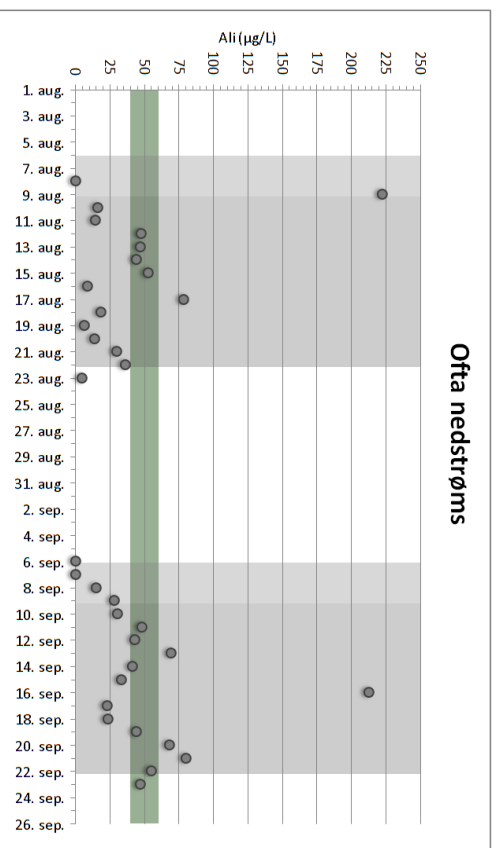
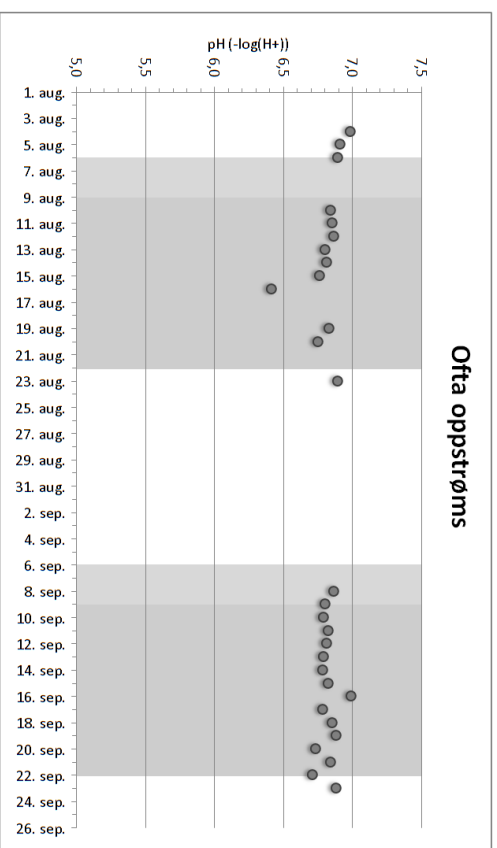
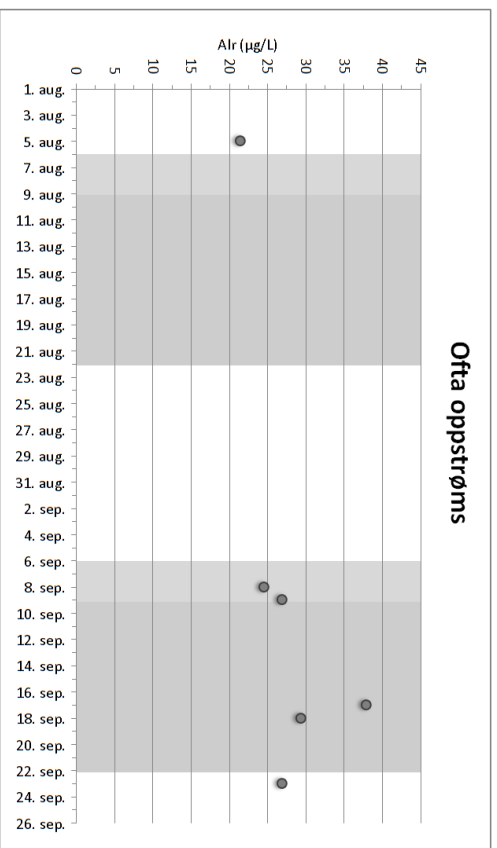
**Figur A24.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Senda oppstrøms (referanse) og Senda påfrisk tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.



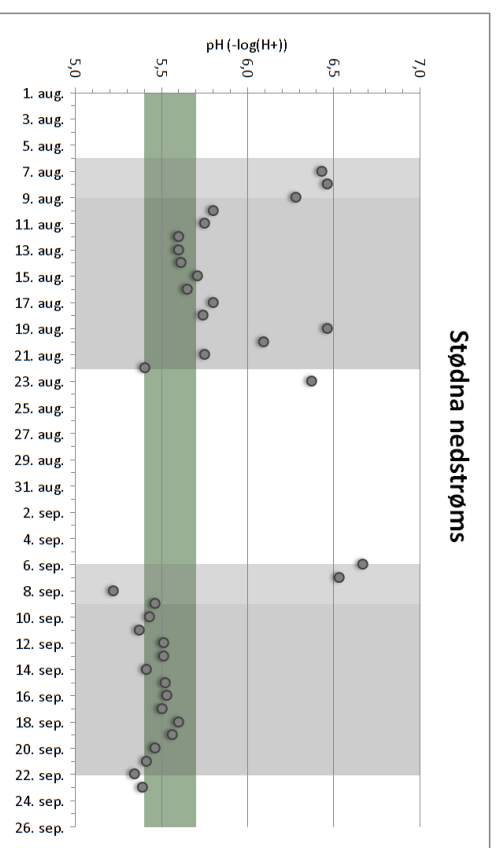
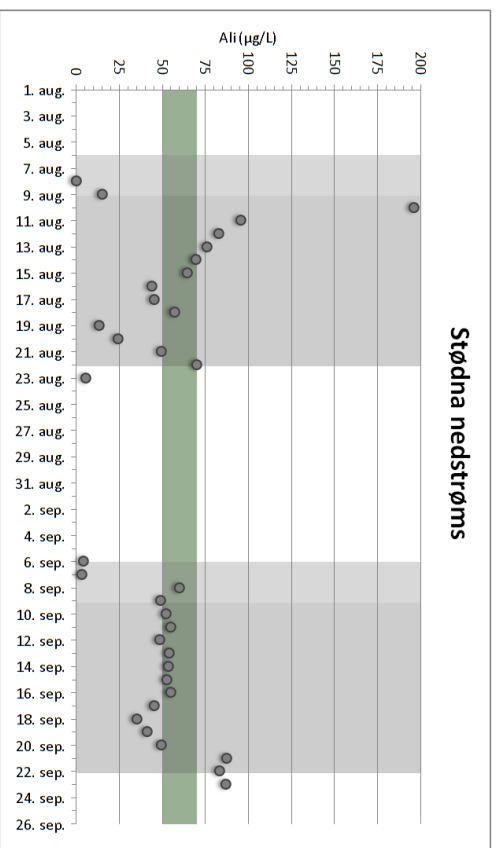
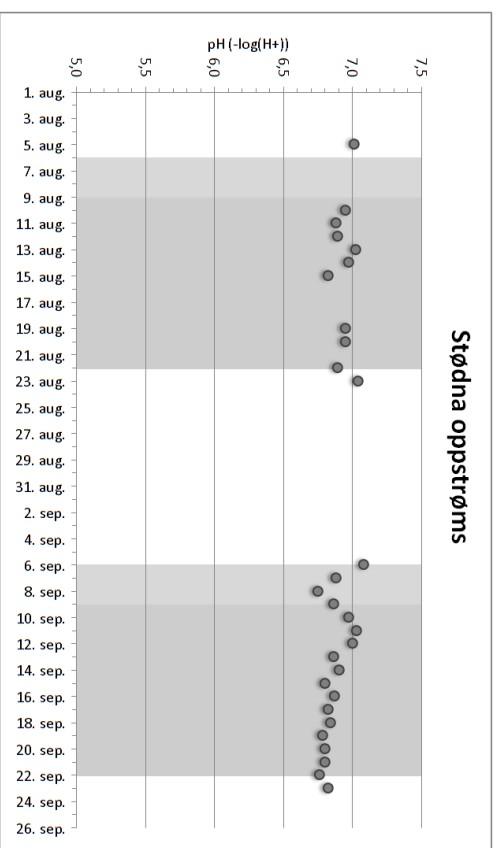
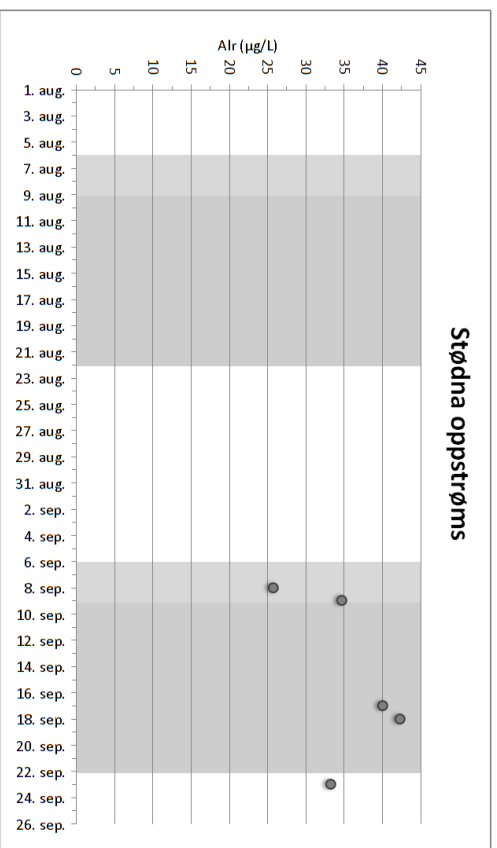
**Figur A25.** Konsentrasjon av labilt aluminium ( $\text{Al}_i$ ) og pH i prøver fra Senda utløp tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.



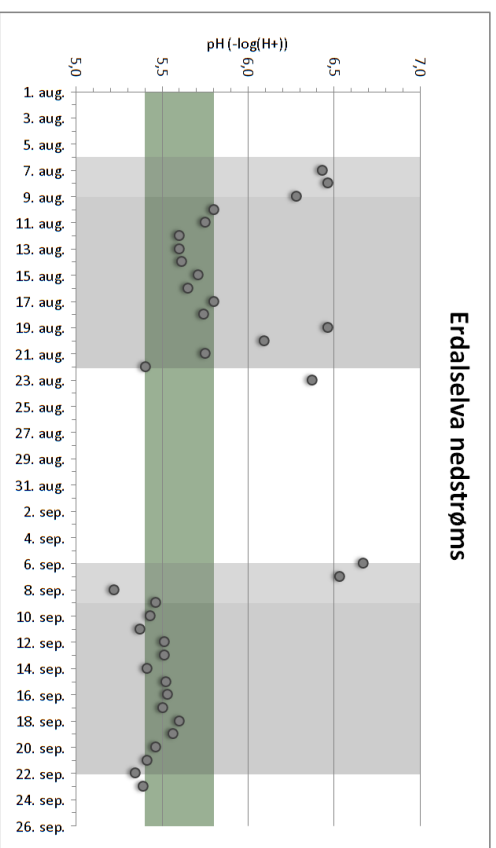
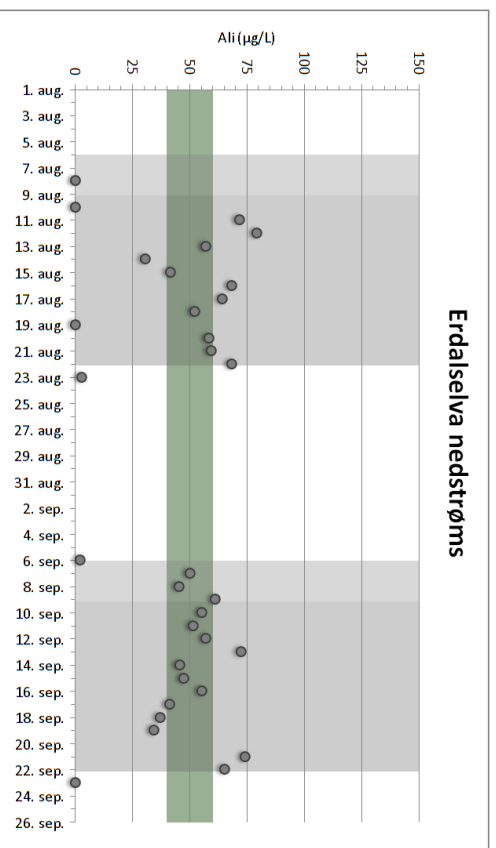
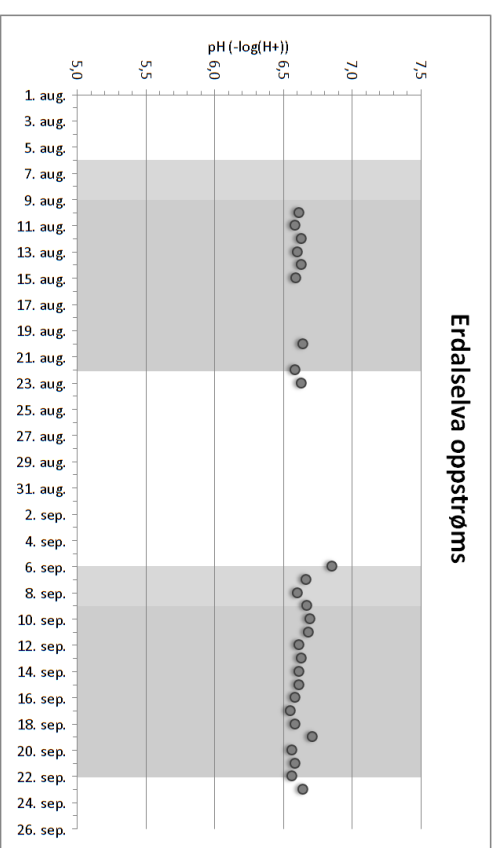
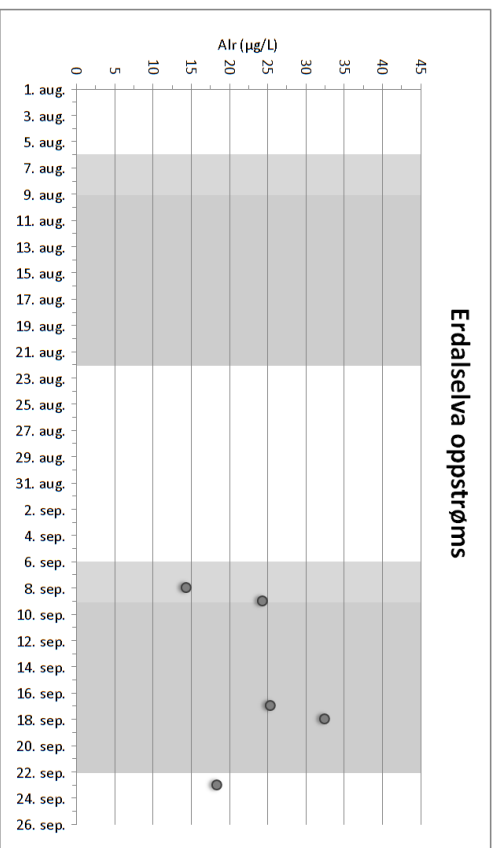
**Figur A26.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Kuvella oppstrøms (referanse) og Kuvella nedstrøms tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.



**Figur A27.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Ofte oppstrøms (referanse) og Ofte nedstrømsstat i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.



**Figur A28.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Stødna oppstrøms (referanse) og Stødna nedstrøms tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.



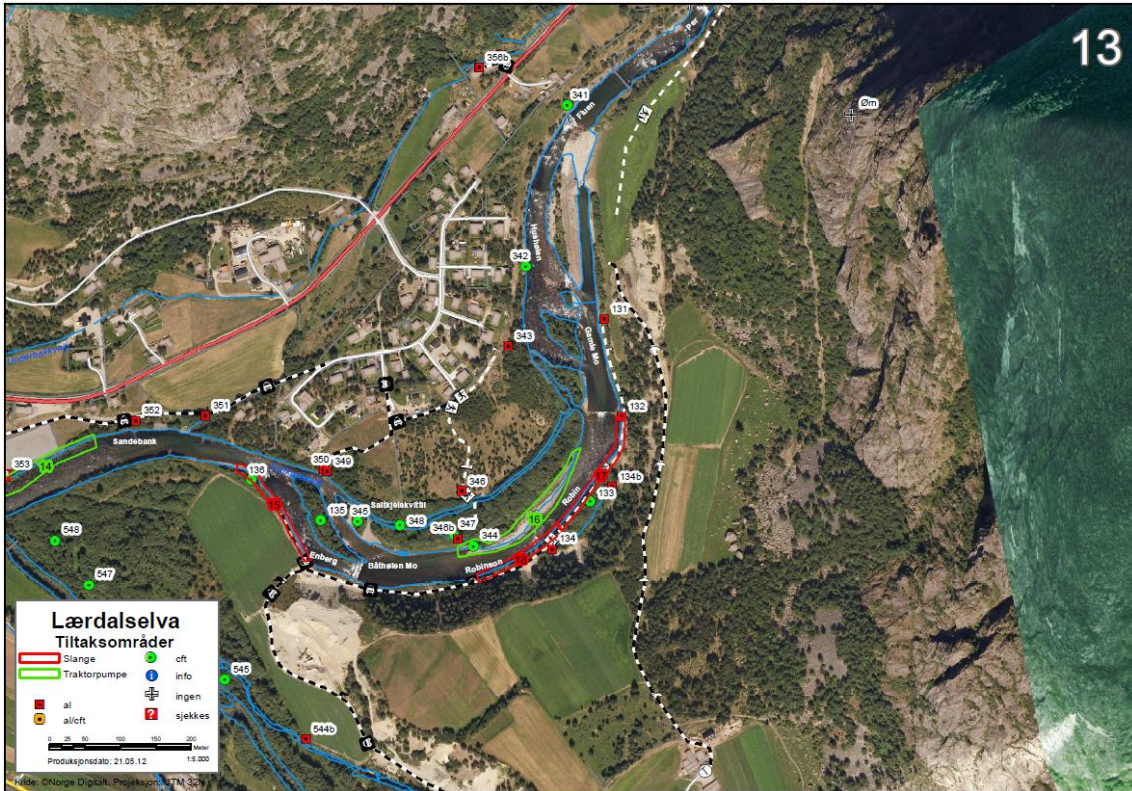
**Figur A29.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og pH i prøver fra Erdalselva oppstrøms (referanse) og Erdalselva nedstrøms tatt i 2012. Behandlingsperiodene er markert med grått. Vannkjemiske målområder er markert med grønt.

## Vedlegg B. Bilder av områder med spesialbehandling

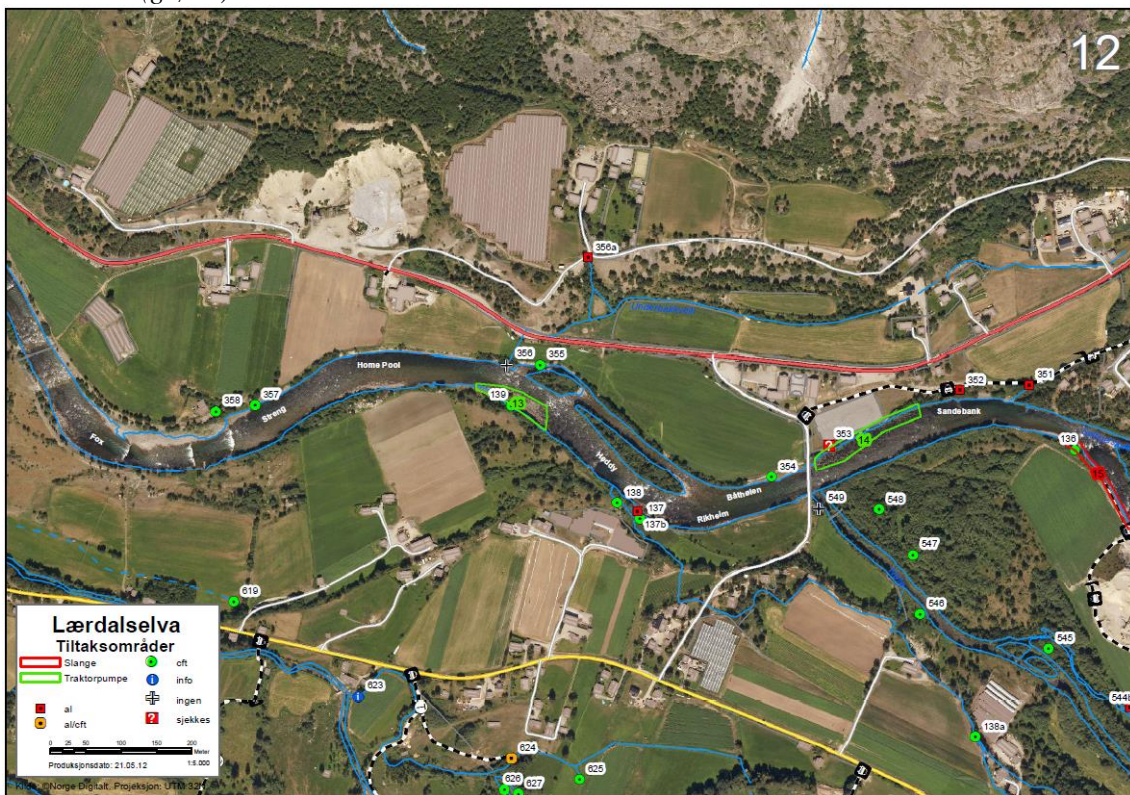


Et område (grønn ramme) ved Bjørkum der det ble gjennom ekstra doseringstiltak



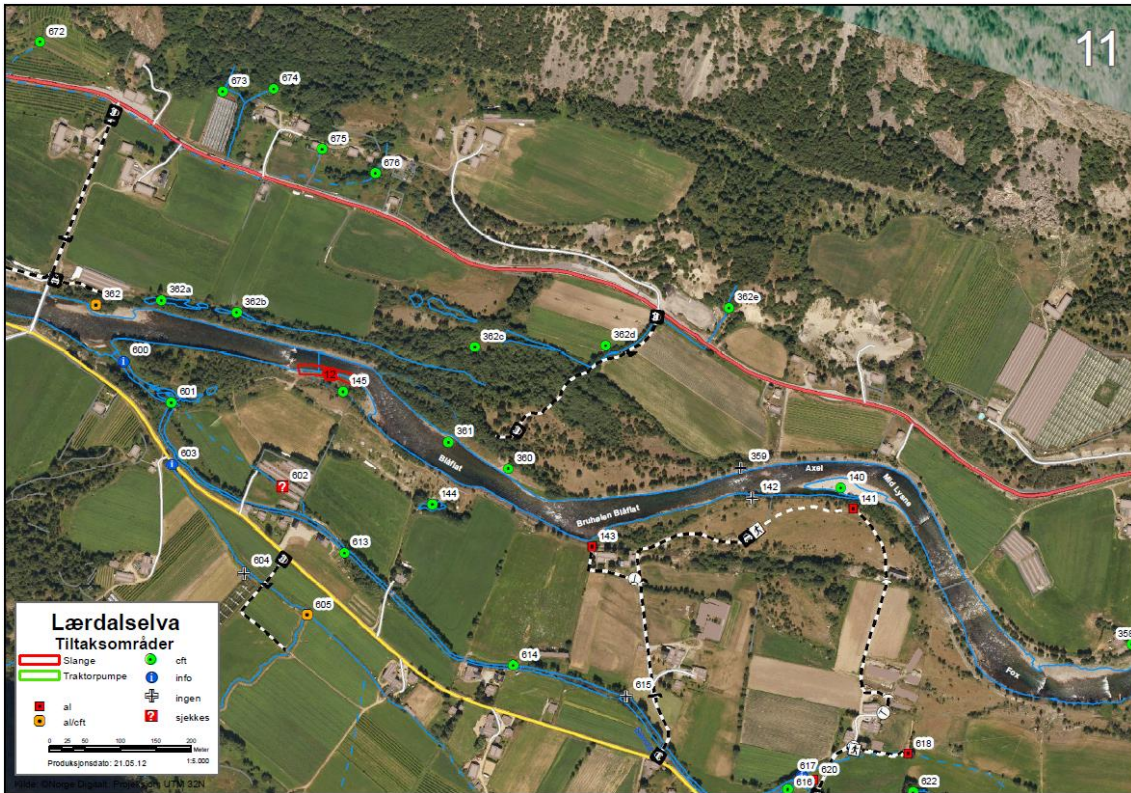


Områder (grønn og rød ramme) ved Saltkjelen der det ble gjennomført ekstra doseringstiltak i form av kontinuerlig overrisling med AIS-tilsatt vann fra perforerte slanger (rød) eller overspyling med AIS-tilsatt vann (grønn).

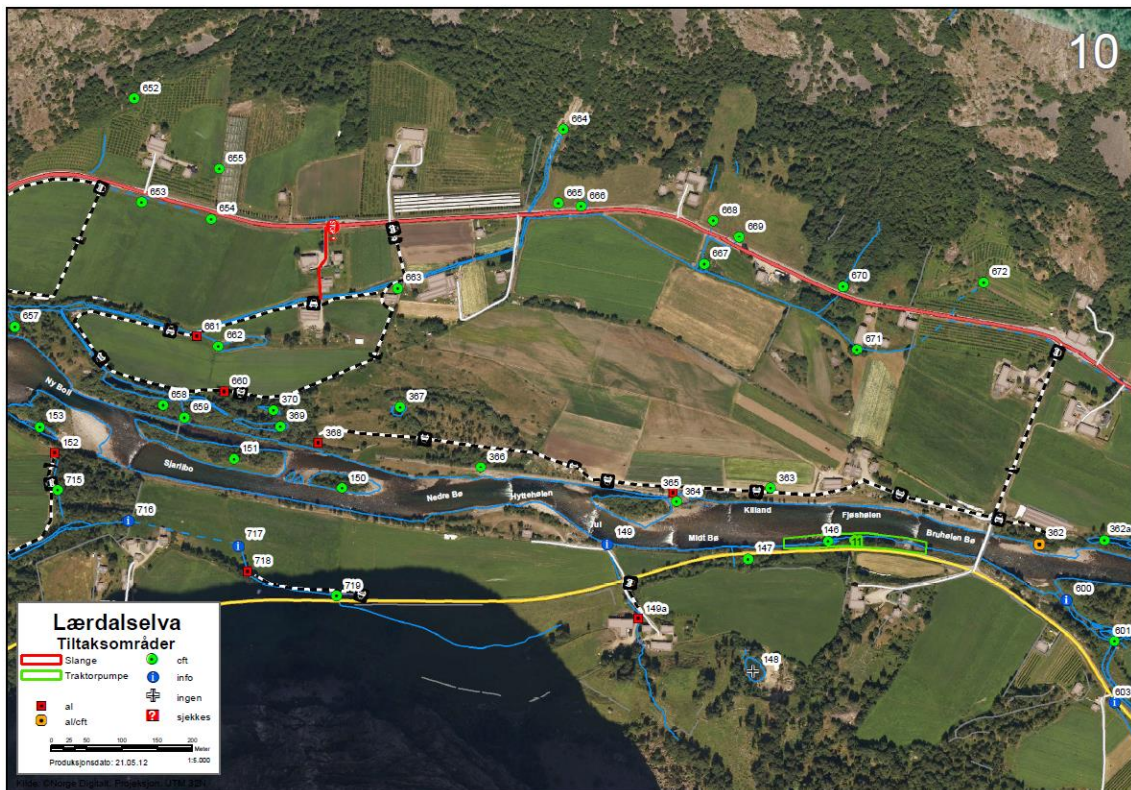


Områder (grønn ramme) ved Ljøsne/Home pool og Sandebank der det ble gjennomført ekstra doseringstiltak i form av overspyling med AIS-tilsatt vann (grønn).



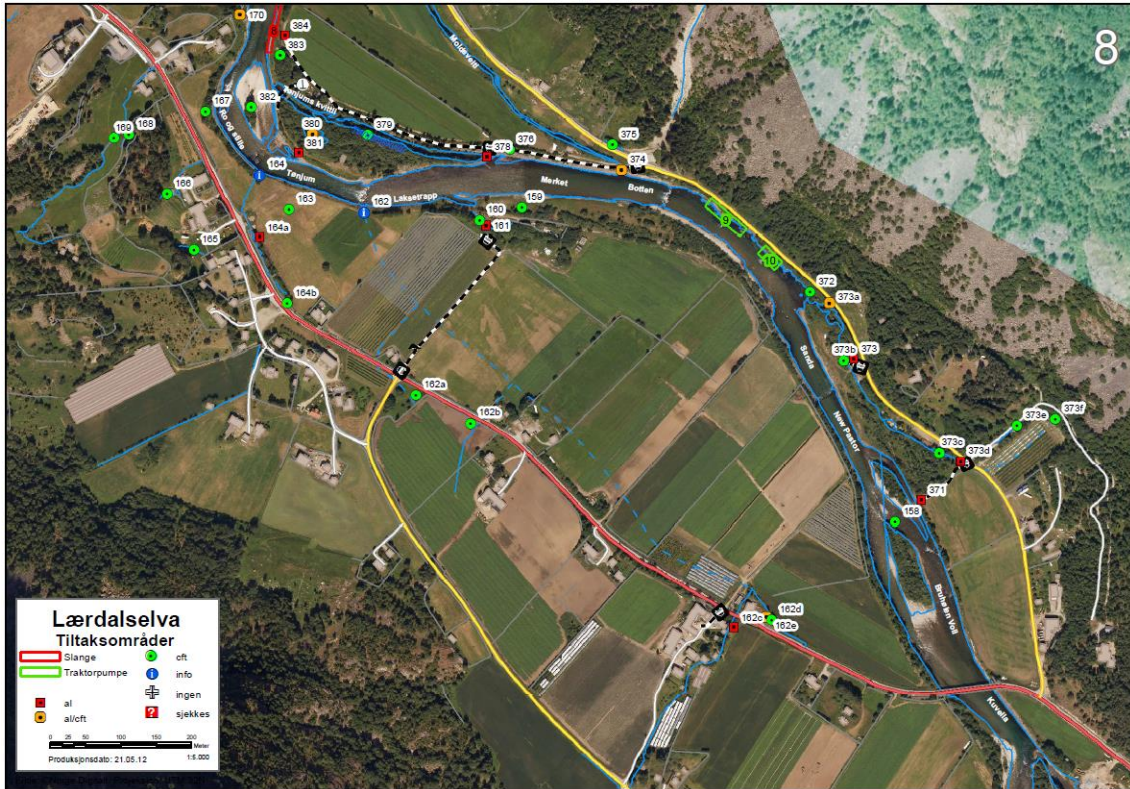


Et område (rød ramme) ved Blåflat der det ble gjennomført ekstra doseringstiltak i form av kontinuerlig overrisling med AIS-tilsatt vann fra perforert slange.

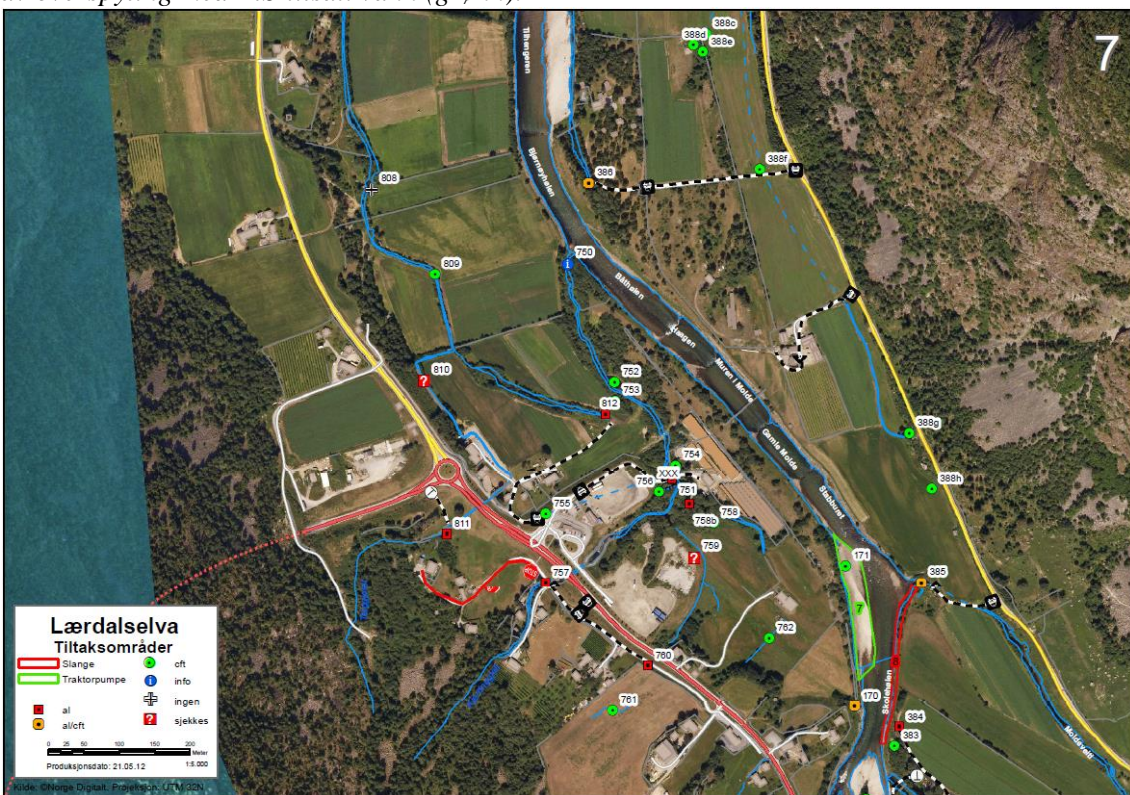


Et område (grønn ramme) ved Bruhølen Bø der det ble gjennomført ekstra doseringstiltak i form av overspyling med AIS-tilsatt vann (grønn).





To områder (grønn ramme) ved Sanda/nedre Voll der det ble gjennomført ekstra doseringstiltak i form av overspyling med AIS-tilsatt vann (grønn).

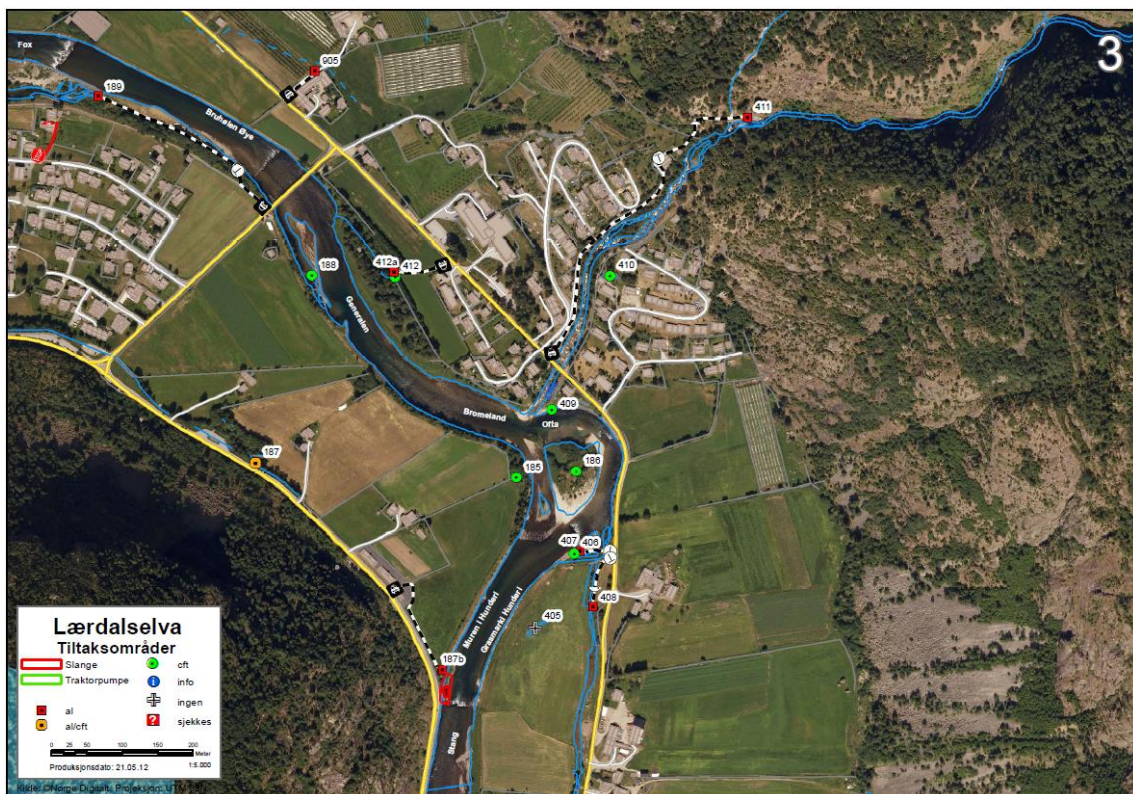


Områder (grønn og rød ramme) ved Skolehølen/Tønjum der det ble gjennomført ekstra doseringstiltak i form av kontinuerlig overrisling med AIS-tilsatt vann fra perforerte slanger (rød) eller overspyling med AIS-tilsatt vann (grønn).





Områder (grønn og rød ramme) ved Hauge/Robinson og Rock der det ble gjennomført ekstra doseringstiltak i form av kontinuerlig overrisling med ALS-tilsatt vann fra perforerte slanger (rød) eller overspyling med ALS-tilsatt vann (grønn).



Et område (rød ramme) ved Hunderi der det ble gjennomført ekstra doseringstiltak i form av kontinuerlig overrisling med ALS-tilsatt vann fra perforerte slanger.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)