

# Behandling med aluminiumsulfat (AIS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Halsan- og Hestdalsvassdragene



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Behandling med aluminiumsulfat (AIS) mot lakseparasitten <i>Gyrodactylus salaris</i> i Halsan- og Hestdalsvassdragene.	Løpenr. (for bestilling) 5578-2008	Dato 2008-06-04
	Prosjektnr. Udemnr. O-27214/O-28114	Sider Pris 32
Forfatter(e) Sigurd Hytterød <sup>1</sup> , Arne Jørgen Kjøsnes, Rolf Høgberget, Anders G. Hagen og Atle Hindar	Fagområde Gyrobekjemping	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Nordland	Trykket CopyCat
<sup>1</sup> Veterinærinstituttet, seksjon for parasittologi		

Oppdragsgiver(e) Veterinærinstituttet, seksjon for miljø- og smittetiltak	Oppdragsreferanse
--	-------------------

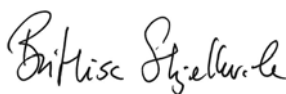
**Sammendrag**

Kjemisk behandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Halsanelva og Hestdalselva ble gjennomført i oktober 2007 med aluminiumsulfat (AIS) som hovedkjemikalium. Begrensede mengder rotenon ble brukt i stillestående vann og mindre vannforekomster der det ikke var hensiktsmessig å bruke AIS. Denne rapporten omhandler kun AIS-behandlingen. Tiltaket var planlagt som en 14 dagers behandling med oppstart 8. oktober. Ugunstige forhold med mye nedbør og høy vannføring førte til avbrudd i gjennomføringen. Ny behandling ble startet den 23. oktober med moderert målsetning om 6-8 dagers kontinuerlig behandling. Gjennomføringen gikk som planlagt til tross for at vannføringen var svært variabel og til tider mer enn tre ganger høyere enn det som var satt som øvre grense for behandling. I begge elvene ble det oppnådd ønsket vannkjemi med lavmolekylært uorganisk Al (Al<sub>i</sub>) på minst 20 µg Al/l og pH < 6,0 i en sammenhengende periode på 7-8 dager. Det er derfor grunn til å tro at behandlingen har redusert infeksjonen av *G. salaris* i de områdene av vassdraget som har blitt behandlet med AIS.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Gyrodactylus salaris</i></li> <li>2. Laks</li> <li>3. AIS-behandling</li> <li>4. Vassdrag</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Gyrodactylus salaris</i></li> <li>2. Atlantic Salmon</li> <li>3. AIS-treatment</li> <li>4. River</li> </ol>
--	---



Atle Hindar  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

**Behandling med aluminiumsulfat (AlS) mot  
lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Halsan- og  
Hestdalsvassdragene**

## Forord

NIVA har på oppdrag fra Veterinærinstituttet (VI, Seksjon for miljø og smittetiltak) planlagt og utført kjemisk behandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Halsan- og Hestdalselva. Behandlingsplanen var klar 21. september 2007, og behandlingen med aluminiumsulfat (AIS) ble utført i oktober 2007.

VI's kontaktperson under behandlingen har vært Asle Moen.

VI, Seksjon for parasittologi, har deltatt under planlegging og gjennomføring av AIS-behandling. Under AIS-behandlingen var Arne Jørgen Kjosnes, NIVA og Sigurd Hytterød, VI feltansvarlige. Anders Gjørwad Hagen, Rolf Høgberget og Theodor Norendal, alle NIVA, hadde delansvar for hhv. kjemiske analyser/HMS, utstyr (pH-styring/dosering) og elektronikk, mens Normann Olsen (eget firma) hadde ansvar for pumper/slanger.

Oslo/Grimstad, 4. juni 2008



*Atle Hindar,  
prosjektleder*

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Målsetting med behandlingen	7
1.3 ALS-metoden	7
<b>2. Materialer og metoder</b>	<b>9</b>
2.1 Hydrologi og vannkjemi	9
2.2 Gjennomføring	12
2.3 Kjemikalietilsetting	13
2.4 Kjemikalieologistikk	14
2.5 Prøvetaking og vannkjemianalyser	14
2.6 Vannføring	16
2.7 Fisk og <i>G. salaris</i> -infeksjon	16
<b>3. Resultater</b>	<b>16</b>
3.1 Vannføring	16
3.2 Syredosering og pH-styring	17
3.2.1 Fjellforsen	18
3.2.2 Navarselva	19
3.2.3 Halsanforsen	20
3.2.4 Forsmoforsen	21
3.2.5 Øverjordsvatnet	22
3.3 Vannkjemi og temperatur	23
3.4 Kjemikalieforbruk	25
<b>4. Diskusjon</b>	<b>25</b>

---

## Sammendrag

Kjemisk behandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Halsanelva og Hestdalselva ble gjennomført i oktober 2007 med aluminiumsulfat (AlS) som hovedkjemikalium. Begrensede mengder rotenon ble brukt i stillestående vann og mindre vannforekomster der det ikke var hensiktsmessig å bruke AlS. Denne rapporten omhandler kun AlS-behandlingen. Tiltaket var planlagt som en 14 dagers behandling med oppstart 8. oktober. Ugunstige forhold med mye nedbør og høy vannføring førte til avbrudd i gjennomføringen. Ny behandling ble startet den 23. oktober med moderert målsetning om 6-8 dagers kontinuerlig behandling. Gjennomføringen gikk som planlagt til tross for at vannføringen var svært variabel og til tider mer enn tre ganger høyere enn det som var satt som øvre grense for behandling. I begge elvene ble det oppnådd ønsket vannkjemi med lavmolekylært uorganisk Al ( $Al_i$ ) på minst 20  $\mu\text{g Al/l}$  og  $\text{pH} < 6,0$  i en sammenhengende periode på 7-8 dager. Det er derfor grunn til å tro at behandlingen har redusert infeksjonen av *G. salaris* i de områdene av vassdraget som har blitt behandlet med AlS. Det anbefales at elvene følges opp med undersøkelse for infeksjon av *G. salaris*, og det bør gjennomføres tetthetsundersøkelser for å beskrive utviklingen til laksebestanden i de to elvene.

## Summary

Title: Treatment against the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* with use of aluminium-sulphate in the rivers Halsanelva and Hestdalselva.

Year: 2008

Authors: Sigurd Hytterød, Arne Jørgen Kjøsnes, Rolf Høgberget, Anders Gjørwad Hagen and Atle Hindar

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5313-9

Aluminium sulphate (AlS) was used in an attempt to reduce the infection of the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* in the rivers Halsanelva and Hestdalselva in Nordland County, Norway. A limited amount of rotenone was used in still-waters and other small water-bodies where treatment with AlS was inappropriate. This report is based on the AlS-treatment. The treatment was scheduled for two weeks in October 2007, however, due to extremely high flows in the rivers the treatment was interrupted after only three days and resumed one week later. The flow rates exceeded the expected values for the last week of treatment, but with increased chemical dosage an acceptable water chemistry ( $Al_i > 20 \mu g Al/l$ ) was achieved for 7-8 days in both rivers. Infection from *G. salaris* is therefore probably reduced in treated areas. Further analyses of the *G. salaris* infection and salmon population are recommended.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* ble innført til Norge tidlig på 1970-tallet, og er i dag sett på som en av de største truslene mot atlantisk villaks (*Salmo salar*) (NOU 1999:9). Hittil har 46 norske vassdrag vært infisert av parasitten. I noen vassdrag har utryddelsestiltak vært vellykket, og per i dag er *G. salaris* påvist i 25 norske laksevassdrag. I Halsanelva og Hestdalselva ble *G. salaris* påvist for første gang i 2002. Begge vassdragene ble behandlet med CFT-Legumin (rotenon) i april 2003, men parasitten ble på nytt påvist i Halsanelva i 2004 og i Hestdalselva i 2006. Laksebestanden i begge elvene har blitt sterkt redusert som følge av at fisken er infisert med *G. salaris* (Lo 2008).

## 1.2 Målsetting med behandlingen

For målsettingen med tiltaket vises det til søknad av 1. februar 2007 fra Fylkesmannen i Nordland om tillatelse for gjennomføring av kjemisk behandling:

*Formålet med en kjemisk behandling av vassdrag i Halsfjorden mot gyro er todelt:*

- *Forhindre at parasitten fører til utryddelse av de utrydningstrua laksestammene i Halsanelva og Hestdalselva. Halsanelva har kun en sterkt redusert yngelbestand og sjøvannsreserve tilbake. Situasjonen i Hestdalselva er noe bedre i og med at yngelen der ble reinfisert av gyro senere (2006) enn i Halsanelva (2004). Laksestammene i de to elvene er verken tatt vare på i sædbanken eller i levende genbank, og vil stå i akutt fare for å dø ut dersom det ikke blir gjennomført en bekjempelse av parasitten i 2007.*
- *Redusere faren for spredning av lakseparasitten til uinfiserte laksevassdrag i Halsfjorden, Vefsnfjorden og Leirfjorden via vandring av infisert laksesmolt i brakkvannslaget i fjordene. De vassdragene med laks som ligger nærmest Halsanelva og Hestdalselva, og som trolig er mest utsatt for å bli smittet, er Aunelva (Vestvågelva) og Grytåga. Av disse er det kun Aunelva som har en egen stamme av laks.*

## 1.3 AIS-metoden

Det har lenge vært kjent at aluminium (Al) løst i vann har effekt på lakseparasitten *G. salaris* (Soleng m. fl. 1999, Poléo m. fl. 2004a). At denne effekten er betydelig sterkere på parasitten enn på atlantisk laks (*Salmo salar*) (Soleng m. fl. 1999, Poléo m. fl. 2004b), gjør Al til et potensielt middel i kampen mot *G. salaris*. Lovende resultater fra laboratorieforsøk ledet til storskala forsøk i Batnfjordselva, Møre og Romsdal i 2003 (Lydersen m. fl. 2004). Forsøket viste at Al har ønsket virkning på parasitten, også når det tilsettes til ellevann i stor skala. Det ble også observert viktige sammenhenger mellom Al-konsentrasjon, vannets surhetsgrad og eksponeringstid. Året etter, i 2004, ble forsøket utvidet fra kun behandling i øvre del av Batnfjordselva med ett doseringsanlegg, til behandling av hele vassdraget. Gjennom videre utvikling og utprøving i større vassdrag (Pettersen m. fl. 2007, Kjøsnes m. fl. 2007) har



aluminiumsulfat (AIS)-behandling i kombinasjon med fiskesperrer og bruk av begrensede mengder CFT-Legumin utviklet seg til å bli hovedmetode i kampen mot *G. salaris*.

Det er imidlertid visse forutsetninger som må være på plass for at det skal lykkes å utrydde parasitten fra et vassdrag ved tilsetning av kjemikalier. Alt vann i et vassdrag der det kan finnes *G. salaris*-infisert fisk, må tilsettes syre og Al slik at pH senkes og vannet får en bestemt Al-konsentrasjon over en gitt tidsperiode. Denne Al-konsentrasjonen kan variere fra elv til elv og er avhengig av vannkvaliteten. I Halsan- og Hestdalselva ble hensiktsmessig nivå for lavmolekylært uorganisk aluminium ( $Al_i$ ) vurdert til å være mellom 20 og 40  $\mu g$  Al/l. Nivået ble satt forholdsvis lavt fordi vannet er klart og fordi det var svært viktig å skåne alle individer i de sterkt reduserte laksebestandene. Doseringsteknikken som brukes ved AIS-behandling er basert på teknikken for kjemikalietilsetning i forsurrede vassdrag (vannglassdosering). AIS tilsettes i forhold til vannføring, mens pH brukes som styringsparameter for syretilsetning. Dette er avgjørende for at elvevannet skal få en kjemisk sammensetning som fjerner *G. salaris* fra laks. For lav dose vil ikke gi tilstrekkelig behandling, mens for kraftig kan føre til skade på fisk og annen akvatisk fauna. Vannføringsproporsjonal dosering er ressurskrevende, spesielt hvis alle små bekkesig skal tilsettes AIS. Derfor brukes CFT-Legumin (rotenon) i perifere vannforekomster der det kan tenkes å finnes fisk. Virkningen av Al er tidsbegrenset og effekten på parasitten vil dø ut hvis vann avsnøres og blir stillestående som følge av vannføringsendringer. I slike avsnørte dammer brukes CFT-Legumin for å forhindre at det skal oppstå refugier der parasitten kan overleve behandlingen. Denne måten å kombinere bruk av AIS og CFT-legumin ble gjennomført allerede i Batnfjordselva i 2004, og er benyttet ved alle påfølgende behandlinger, inklusiv behandlingen som det redegjøres for her.

Det er kjent gjennom forskning på effektene av sur nedbør at laks, og da særlig smolt, kan skades av lav pH og forhøyet aluminiumskonsentrasjon (Poleo og Muniz 1993). Under behandlingen av Lærdalselva i 2005 og 2006 ble det også observert at voksen laks og sjørret (*Salmo trutta*) er betydelig mer følsomme for Al enn det som er tilfelle for yngel og ungfisk hos de nevnte artene (Pettersen m. fl 2007). I tillegg er det andre forsuringfølsomme organismer som kan skades. I forbindelse med behandlinger i Batnfjordselva, Lærdalselva og Steinkjervassdragene ble det registrert endringer i invertebratfaunaen (Bongard 2005, Halvorsen og Heegaard 2007, Kjærstad og Arnekleiv 2007). Den mest påtakelige effekten ble observert i Lærdalselva der en kraftig bestandsreduksjon, samt treg rekolonisering, ble observert for den forsuringfølsomme døgnfluen *Baetis rhodani* (Halvorsen og Heegard 2007).

AIS-metoden er i stadig utvikling og det jobbes blant annet med forbedring av doseringsteknologien. I 2007 ble det utviklet og tatt i bruk utstyr for å regulere syretilsetning med pH som styringsparameter (Høgberget 2008). Det forventes at teknikken vil gi bedre kontroll på surhetsgraden under behandling, og at den gjør det mulig å holde pH på et stabilt nivå gjennom hele behandlingsperioden. Ved å forhindre episodisk lave pH-verdier, kan uønskede effekter på akvatisk fauna reduseres.

## 2. Materialer og metoder

### 2.1 Hydrologi og vannkjemi

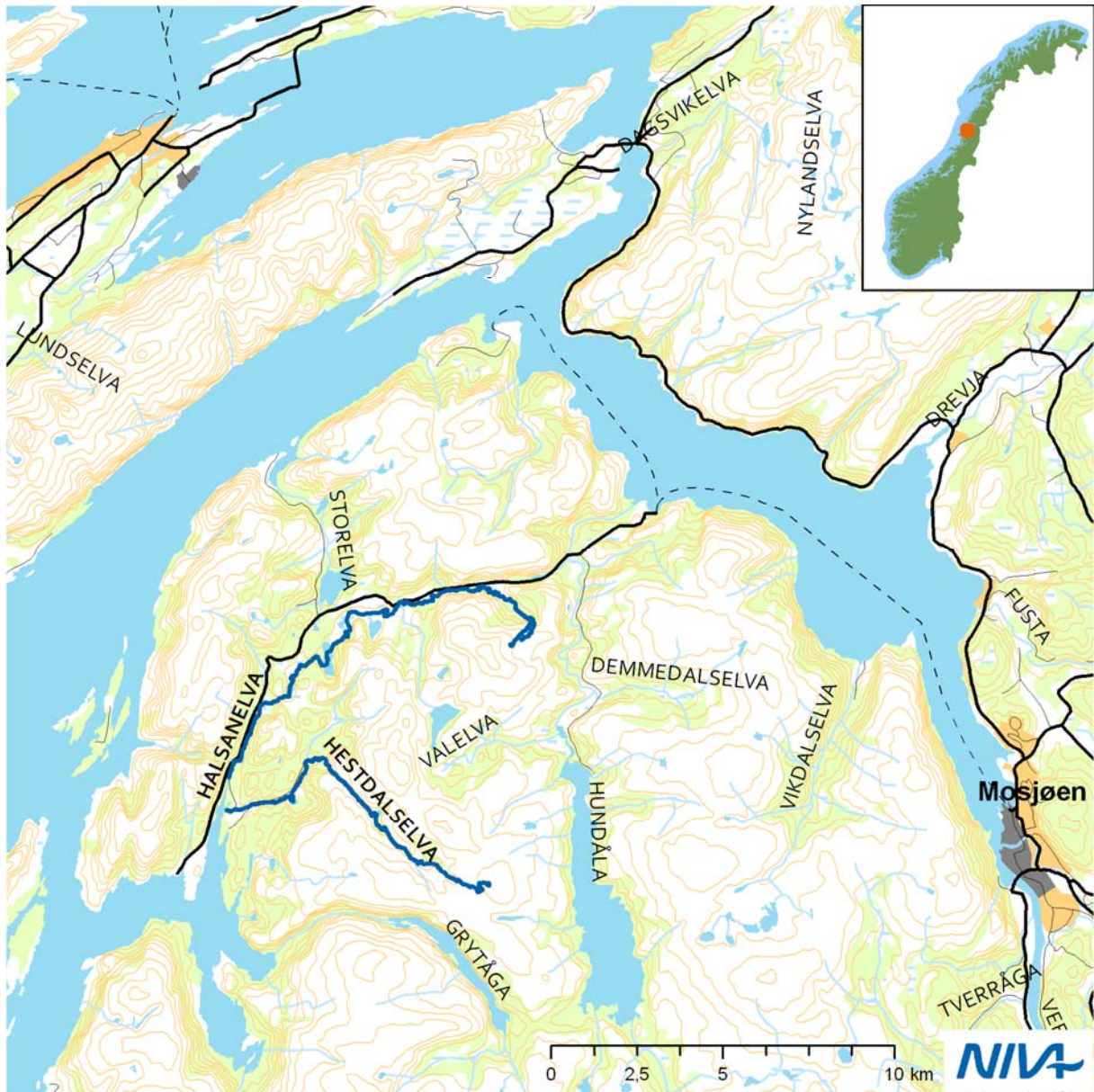
Halsanelva og Hestdalselva er to små elver som ligger i Vefsn kommune, Nordland. Begge elvene munner ut innerst i Halsfjorden (**Figur 1** og **Figur 2**).

Vann fra to sideløp, Navarselva (fra nordvest) og Fjellforsen (fra øst) renner sammen og blir til Halsanelva. De to sideløpene renner sammen forholdsvis langt nede i det 37 km<sup>2</sup> store nedbørfeltet. Spesifikk avrenning er 57 l/s/km<sup>2</sup> og årsmiddelvannføringen er dermed 2,1 m<sup>3</sup>/s. Vannføringen er betydelig høyere ved Fjellforsen enn i Navarselva fordi hovednedbørfeltet ligger oppstrøms Fjellforsen. Vannkjemiske målinger viser at alkaliteten i Navarselva er betydelig høyere enn ved Fjellforsen, hhv 329 og 98 µekv/l (prøver fra 9. november 2007). Navarselva har også klart høyest kalsiuminnhold. I Halsanforsen etter samløpet er alkaliteten målt til 122 µekv/l, se data i vedlegg 1.

Hestdalselvas nedbørfelt er 24 km<sup>2</sup> og spesifikk avrenning er 66 l/s/km<sup>2</sup>. Dette gir en årsmiddelvannføring på 1,5 m<sup>3</sup>/s. I Hestdalselva ble alkaliteten målt til 109 µekv/l den 9. november 2007.

Begge vassdrag ligger nær kysten og er sjøsaltpåvirket, med kloridkonsentrasjoner på 3-6 mg/l. pH ligger nær 7,0 i begge elvene, se vedlegg 1.

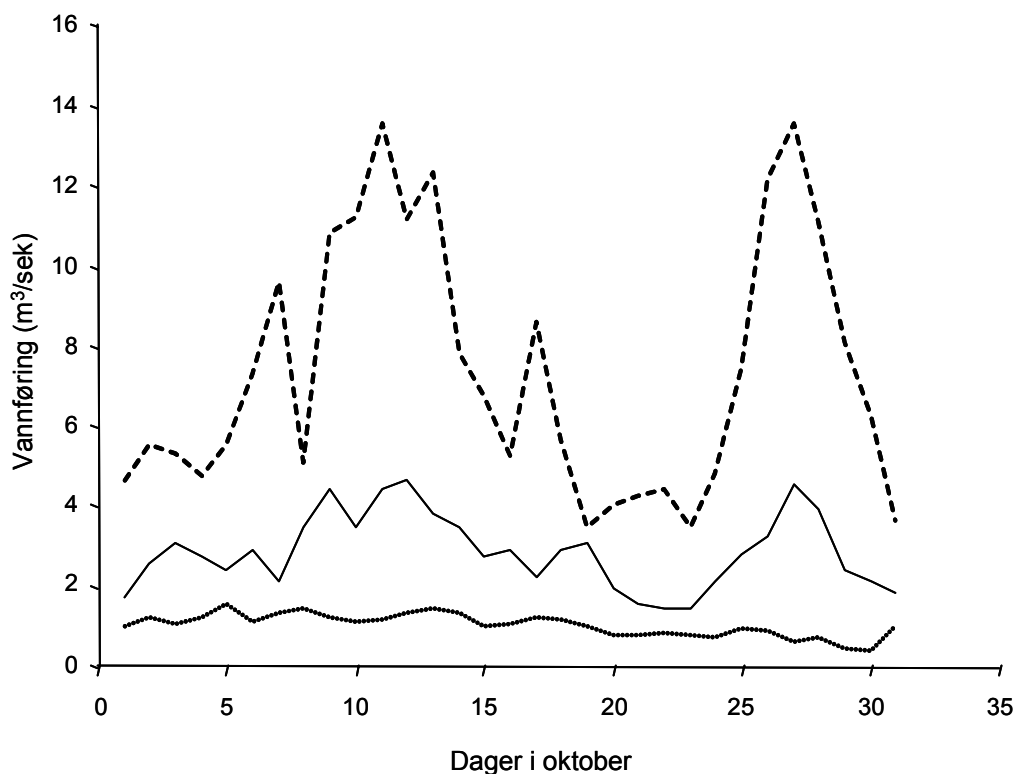
I forbindelse med vurdering av behandlingsskapasitet i oktober, ble det innhentet data fra den uregulerte NVE-stasjonen 151.11 Lavvatn for perioden 1970-2001 (**Figur 3**). Stasjonen ligger bare 16 km sørøst for utløpene av de to elvene, og vannføringer ble regnet om til å gjelde for Halsan- og Hestdalselva ved å bruke forholdet mellom nedbørfeltene. Beregnet døgnmiddelvannføringer for Halsanelva i perioden viste at vannføringen lå under estimert maksimumsgrense for behandling i 25 av 31 dager i oktober.



**Figur 1.** Halsan- og Hestdalselva vest for Mosjøen i Nordland.



**Figur 2.** Nedbørfeltene til Halsan- og Hestdalselva. Kilde: NVE Atlas



**Figur 3.** Estimert vannføring, oppgitt som median (hel linje), 1.kvartil (finstiplet linje) og 3. kvartil (grovstiplet linje), for oktober på NVE-stasjonen 151.11 Lavvatn, 16 km sørøst for Halsan- og Hestdalselva. Beregningen er basert på data fra perioden 1970-2001.

## 2.2 Gjennomføring

Behandlingen ble startet 6. oktober 2007 i begge elvene. Mye nedbør like etter oppstart førte til en vannføringsøkning, og den 8. oktober måtte behandlingen avbrytes. Vannføringen var da langt høyere enn det som var oppgitt som maksimal grense for gjennomføring. Den 11. oktober var vannføringen synkende og utsiktene gode for hydrologiske forhold innenfor de oppgitte vannføringsgrensene. Kjemikalietilsettingen ble startet i begge elvene, men måtte på nytt avbrytes den 14. oktober pga for høy vannføring. Denne gangen steg vannivået i elvene svært mye, spesielt i Hestdalselva, noe som førte til ødeleggelser på doseringsutstyret. Værprognosene for de kommende dagene var dårlige med tanke på gjennomførbarhet, og det ble i samråd med oppdragsgiver bestemt å utsette behandlingen frem til værmelding viste økt sannsynlighet for kontinuerlig kjemikalietilsetting i 6-8 dager. Andre behandlingsperiode som startet 23. oktober, ble gjennomført som planlagt, og varte t.o.m. 30. oktober.

## 2.3 Kjemikalietilsetting

NIVA har i samarbeid med Azko Chemical AS, utviklet doseringsutstyr for tilsetting av vannglass ( $\text{SiO}_2$ ) til forsurede elver. Denne teknologien har NIVA vidererutviklet til et system for tilsetting av flytende kjemikalier (AIS og svovelsyre) fra mobile doseringsenheter. Enhetene som brukes i hovedelver og store sidebekker består av 20 fots stålkonteinere med en  $10 \text{ m}^3$  lagringstank for kjemikalier, doseringspumpe og elektroskap med utstyr for bearbeiding av inn- og utgående signaler. Konteinerne fungerer også som Faradays bur, og er derfor godt beskyttet mot induserte spenninger ved tordenvær. I små bekker og vannsig brukes mindre doseringsanlegg som består av en Intermediate Bulk Container (IBC) som rommer  $1 \text{ m}^3$  kjemikalieløsning. Kjemikaliet doseres ut enten ved hjelp av en batteridrevet pumpe, eller ved naturlig fall, der mengden justeres med en reduksjonsventil.

Doseringsteknikken for kjemikalietilsetting er fortsatt i utvikling. I Halsan- og Hestdalselva ble syre og Al tilsatt i to separate kjemikalieløsninger. Svovelsyredoseringen (30 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) i hovedelvene ble justert ved hjelp av PI regulering (P=proporsjonalbånd, I=Integrasjonstid) med pH som styringsparameter, mens Al, i form av AIS (4,3 % Al), ble tilsatt med vannføring som styringsparameter. For en grundig beskrivelse av doseringsteknikken for kjemikalietilsetting vises det til Høgberget (2008).

Plassering av doseringsstasjoner er angitt på **Figur 4**. Store doseringsanlegg ble brukt i Halsanelva på følgende stasjoner: Navarselva ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), Fjellforsen ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  og AIS) og Halsanforsen (AIS). På de resterende doseringstasjonene ble kjemikalier tilsatt fra IBC-anlegg bestående av én eller flere IBC-tanker (seriekoblede). Ved alle hovedstasjoner ble kjemikalier tilsatt med automatisk styrte pumper der enten vannføring eller pH fungerte som styringsparameter. I sidebekkene ble kjemikalier tilsatt med fast dose, og justeringer foregikk manuelt basert på estimert vannføring.

I Hestdalselva ble det tilsatt AIS og  $\text{H}_2\text{SO}_4$  fra en hovedstasjon ovenfor Forsmoforsen og fra tre påfriskningsstasjoner henholdsvis oppstrøms- og nedstrøms Øverjordsvatnet samt ved Hestdalsbrua. Utvalgte sidebekker ble også behandlet med AIS og  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . På grunn av vanskelig fremkommelighet langs Hestdalselva ble det her brukt seriekoblede IBC-er som erstatning for de store doseringsanleggene.

I Hestdalselva har vannet lang oppholdstid når det renner gjennom Øverjordsvatnet. Den lange oppholdstiden var forventet å skape utfordringer med å opprettholde ønsket vannkjemi. Derfor ble det satt opp en ekstra doseringsstasjon for AIS og  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i bekken sør i vannet. Midtveis i behandlingen viste resultater fra vannkjemiske analyser at det i tillegg var behov for kjemikalietilsetting ved innløpet til Øverjordsvatnet. Dermed ble det tilsatt AIS og  $\text{H}_2\text{SO}_4$  fra én stasjon mer enn det som var planlagt i Hestdalselva.

Fremkommeligheten langs vassdragene er begrenset, og ved Fjellforsen i Halsanelva var det to forhold som gjorde at det måtte brukes en annen type doseringsutstyr enn det som er standardisert for metoden. Avstanden fra beholdningstanken for syre til doseringspunktet i elva var lang, ca 400 meter, og med en høydeforskjell på ca 30 meter ville dette gitt for stort mottrykk ved dosering med de pumpene som vanligvis brukes til kjemikalietilsetting. I tillegg var det ikke muligheter for nettstrøm. I Fjellforsen ble det derfor, etter uttesting, benyttet en doseringspumpe (membranpumpe) som egnet seg godt for stort mottrykk. Et bensindrevet

aggregat ble benyttet som strømkilde. Membranpumpe ble brukt både til AIS- og H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ved AIS-tilsetningen ble pumpen brukt til å skyve AIS-løsningen opp til en mellomstasjon, i tilnærmet samme høyde som doseringspunktet i elva. Derfra ble AIS tilsatt ved hjelp av standard doseringsutstyr med vannføring som styringsparameter. Tilsetningen av H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> foregikk med PI-regulering direkte fra membranpumpen og med pH som styringsparameter.

## 2.4 Kjemikalielogistikk

Både pumpekapasitet og lagerkapasitet for kjemikalier ble dimensjonert i forhold til forventet vannføring (estimerer basert på data fra NVE) og en på forhånd fastsatt maksimalvannføring. Denne var satt til det dobbelte av årsmiddelvannføringen, hhv. 4,2 m<sup>3</sup>/s i Halsanelva og 3,0 m<sup>3</sup>/s i Hestdalselva.

### Halsanelva

Ved årsmiddelvannføring på 2,1 m<sup>3</sup>/s og de nevnte alkalitetene var samlet døgnforbruk for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Navarselva og Fjellfossen estimert til 3,0 m<sup>3</sup>. Totalforbruk for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ved 14 dagers behandling var dermed beregnet til 42 m<sup>3</sup>. I Navarselva og Fjellfossen ble det plassert ut doseringsutstyr med en samlet lagerkapasitet på 42 m<sup>3</sup>, slik at Halsanelva i teorien skulle kunne behandles uten påfylling av H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i 14 dager ved middelvannføring. Doseringsutstyr for AIS ble også dimensjonert slik at behandlingen kunne gjennomføres på vannføringer rundt det dobbelte av middelvannføringen.

### Hestdalselva

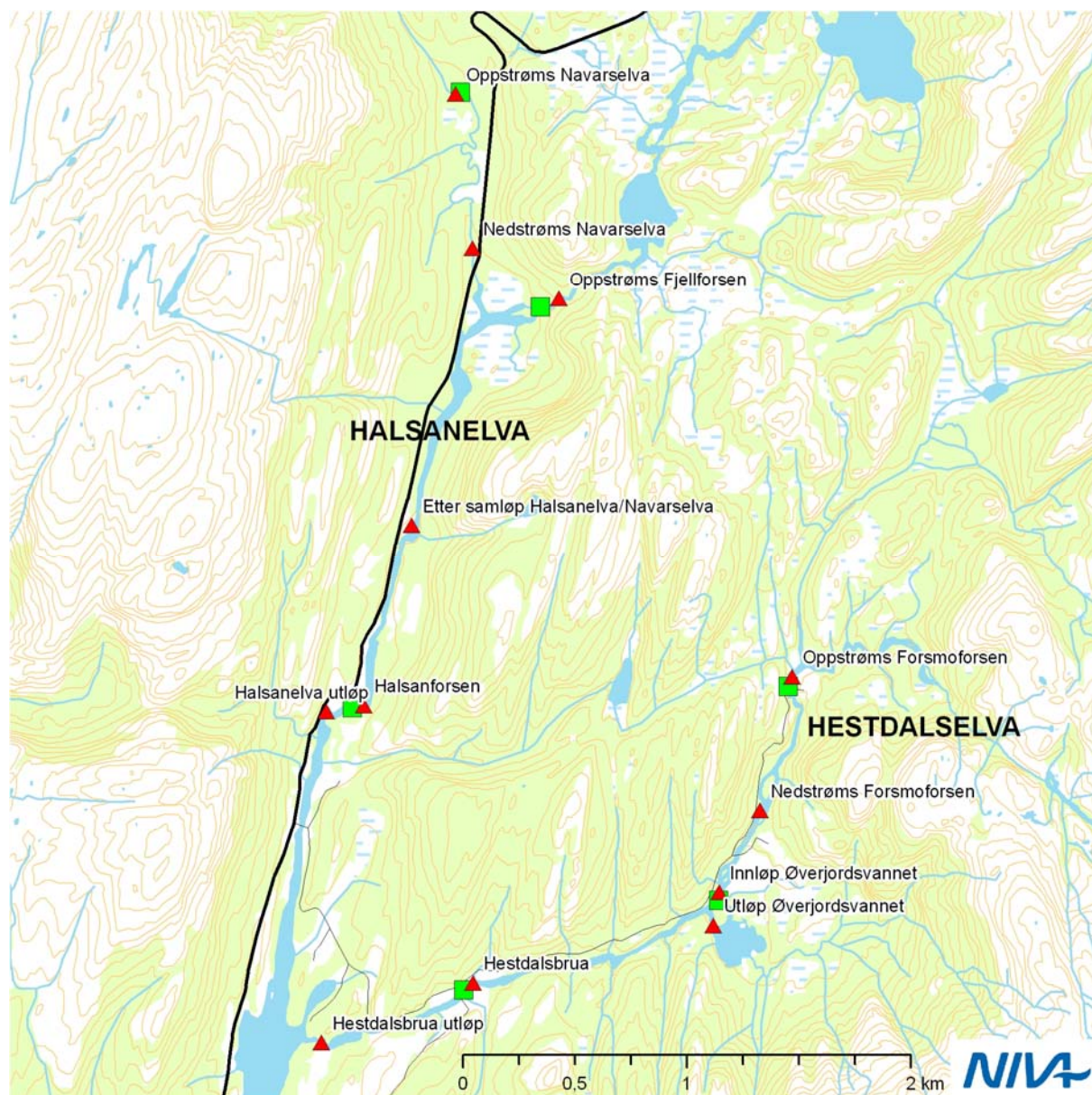
Ved årsmiddelvannføring på 1,5 m<sup>3</sup>/s og nevnt alkalitet var døgnforbruket for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ved Forsmoforsen estimert til 1,9 m<sup>3</sup>. Totalforbruk for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ved 14 dagers behandling var dermed beregnet til 26,6 m<sup>3</sup>. Ved Forsmoforsen var lagerkapasiteten for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 26 m<sup>3</sup> og behovet for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ville derfor ikke være en begrensende faktor selv med vannføring på 3,0 m<sup>3</sup>/s. Lagerkapasiteten for AIS var også dimensjonert for behandling med vannføring på 3,0 m<sup>3</sup>/s.

## 2.5 Prøvetaking og vannkjemianalyser

I behandlingsperioden ble det daglig tatt vannprøver for analyse av Al, pH, vanntemperatur og konduktivitet. Det ble samlet inn vannprøver fra følgende stasjoner (se **Figur 4**);

I Halsanelva: Oppstrøms Navarselva, nedstrøms Navarselva, oppstrøms Fjellfossen, etter samtløp Navarselva og Halsanelva, Halsanfossen og Halsanelva utløp.

I Hestdalselva: Oppstrømt Forsmoforsen, nedstrøms Forsmoforsen, innløp Øverjordsvatnet, utløp Øverjordsvatnet, Hestdalsbrua og Hestdalselva utløp.



**Figur 4.** Kart som viser prøvetakingsstasjoner (rød trekant) og doseringsstasjoner (grønn firkant) i Halsan- og Hestdalselva

Vannkjemien i Øverjordsvatnet ble fulgt opp med to prøvetakinger, den 27. og 30. oktober. Prøver ble tatt på fem stasjoner begge ganger. Den 30. oktober ble det også analysert prøver fra vann som ble hentet opp fra det dypeste punktet i Øverjordsvatnet.

pH, temperatur og konduktivitet ble målt ved hjelp av et pH/konduktivitet-meter, WTW multiparametermåler, pH/Cond 340i utstyrt med konduktivitetcelle og Hamilton pH elektrode. Al ble analysert ved hjelp av Barnes/Driscoll-metoden som er en velegnet fraksjoneringsmetode for Al i vann, spesielt under feltforhold (Barnes 1975, Driscoll 1984, Lydersen m. fl. 1994). Analysene ble foretatt ved NIVAs mobile feltlaboratorium. I tillegg ble det før, midtveis og etter behandlingen samlet inn vannprøver for en mer omfattende analyse av vannkjemien. Disse analysene ble utført ved NIVAs akkrediterte laboratorium. Ved enkelte stasjoner ble det samlet inn dobbelt sett med vannprøver for analyse både i felt og ved NIVAs lab. På grunn av oppstykket behandling som følge av flere avbrudd, er vannkjemireultatene



fra perioden 7.-14. oktober kun presentert i vedlegg 1 (Tabell 2 og 3). Disse resultatene diskuteres ikke i rapporten. Feltanalysene av vannprøver fra behandlingsperioden 23.-30. oktober er presentert under resultatkapittelet, mens analysene fra NIVAs lab presenteres i vedlegg 1 (Tabell 1).

## 2.6 Vannføring

Vannføringen i de to elvene ble målt med en QTRACE-Basic System - Q0100100. Det ble gjort målinger ved ulike vannføringer, og vannivået ble relatert til et fast vannføringsmerke som på forhånd var satt opp i begge elvene. En vannføringskurve for hele behandlingsperioden er laget på bakgrunn av de målte verdiene og daglige nivåavlesninger.

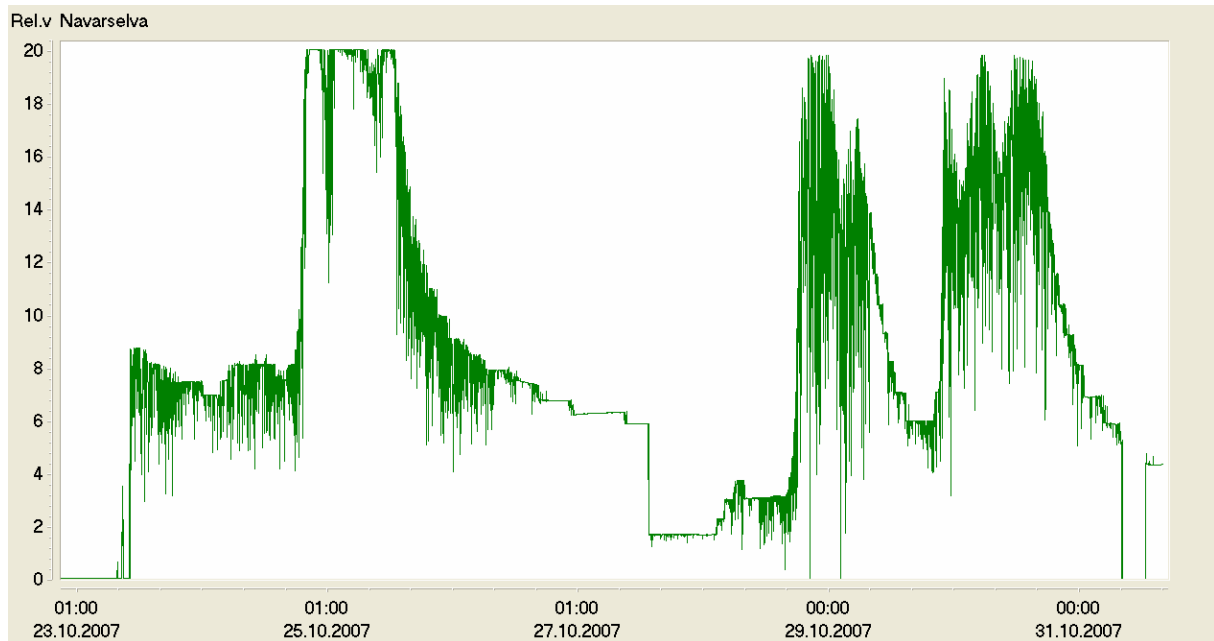
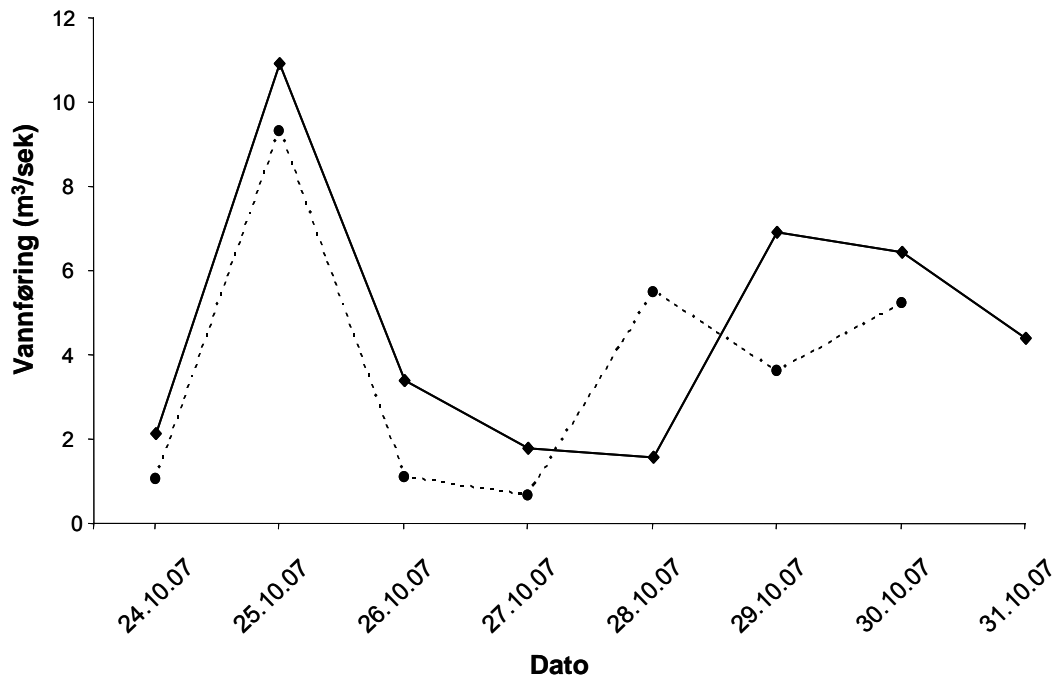
## 2.7 Fisk og *G. salaris*-infeksjon

For behandlingens effekt på fisk og *G. salaris*-infeksjon vises det til rapport fra Veterinærinstituttet (Moen m. fl. under utarbeidelse).

# 3. Resultater

## 3.1 Vannføring

Vannføringen i de to elvene var svært varierende i hele behandlingsperioden, og til tider langt høyere enn det som var satt som grense for gjennomførbar behandling. Vannføringen endret seg raskest i Hestdalselva, men det ble også registrert store vannføringsendringer innenfor et tidsrom på noen få timer i Halsanelva. Mens behandlingen pågikk varierte vannføringen mellom 1,5 og 12 m<sup>3</sup>/sek i Halsanelva og mellom 0,7 og 10 m<sup>3</sup>/sek i Hestdalselva (**Figur 5**). I perioden med opphold i behandlingen var høyeste registrerte vannføring ca 40 m<sup>3</sup>/sek i Halsanelva og 30 m<sup>3</sup>/sek i Hestdalselva, det vil si opp mot 10 ganger høyere enn det som var satt som høyeste vannføring for gjennomførbar behandling.



**Figur 5.** Vannføring i Halsanelva (hel linje) og Hestdalselva (stiplet linje) i perioden 24.-30. oktober 2007 (øverste figur) og relativ vannstand i Hestdalselva (nederste figur).

### 3.2 Syredosering og pH-styring

Det ble montert anlegg for datalogging og pH-styring av syredosering følgende steder:

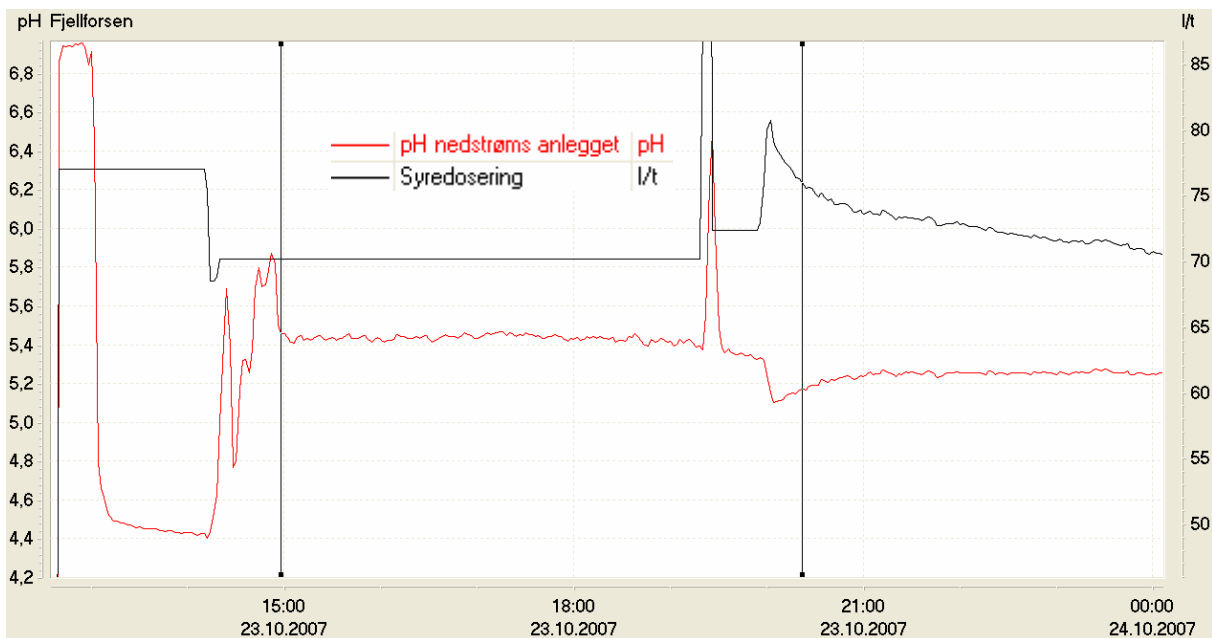
- Fjellforsen, Navarselva og Halsanforsen i Halsanelva
- Forsmoforsen og nedstrøms Øverjordsvatnet i Hestdalselva.

pH nedstrøms syredoseringen og styringssignalet for AIS-doseringen, ble registrert og logget på de nevnte stasjonene. I Navarselva ble styringssignal for AIS-dosering og vannstand logget. Data ble innsamlet hvert 2. minutt, og datalogg ble lagret lokalt ved hvert doseringspunkt. Det ble etablert automatisk stopp ved alarmsituasjoner. Fjernovervåking ble imidlertid ikke etablert fordi radiodekningen på GSM-mobiltelefonnettet ikke var tilgjengelig i området. Tilsyn med doseringsutviklingen ble derfor basert på manuelt innsamlete data.

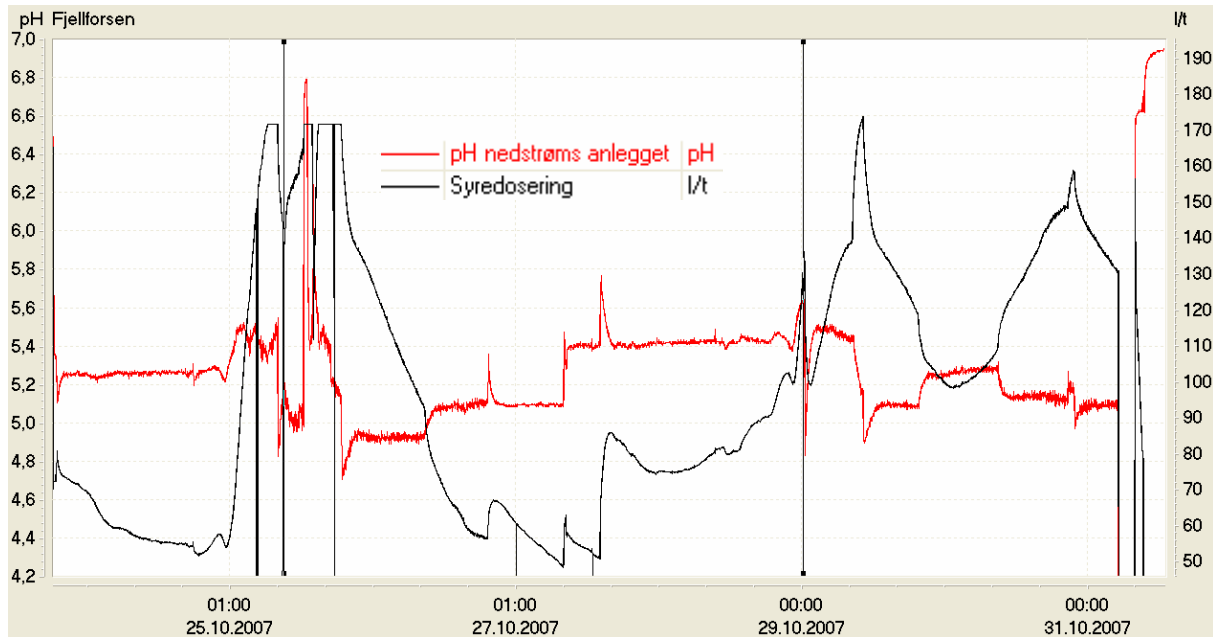
Nedenfor er forløpet for pH og syredosering beskrevet, først i Halsanelva, deretter i Hestdalselva.

### 3.2.1 Fjellforsen

Syredoseringen ble først startet med fast dose (rett linje i **Figur 6**). Samtidig ble pH kalibrert. Fordi pH-elementet var plassert ca 500m fra doseringspunktet, tok kalibreringen lang tid. Dette synes på tiden med pH nær 7 og nær 4. Ved fast dosering på 70 l syre/t innstilte pH seg til ca. 5,4. Ved start av automatisk regulering den 23. oktober ble pH raskt justert til settpunktverdien som var pH 5,3. Ved flom natt til 25. oktober var det full effekt på doseringsanlegget ved manuell stilling av pumpevolumet. Pumpekapasiteten økte da slik at god effekt også kunne produseres ved vannføring opp mot 10 m<sup>3</sup>/s. Også ved senere vannføringsvariasjoner ble pumpevolumet justert. Settpunktet for pH ble justert flere ganger fordi syren ikke ble homogen innblandet med elvevannet når vannføringen kom over et visst nivå. Ved siste flom fulgte ikke doseringen med helt tilbake til normalvannføring (**Figur 7**). Dette var fordi strømaggregatet stoppet tidlig på morgenen og fordi behandlingen etter planen skulle avsluttes samme dag.



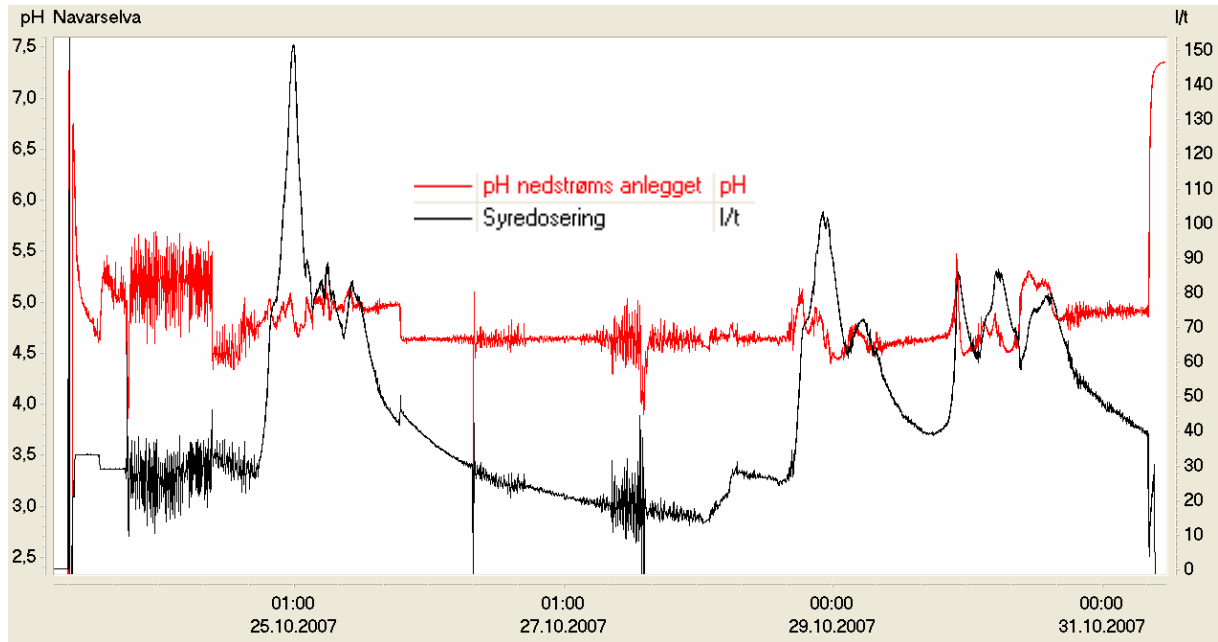
**Figur 6.** Syredosering og pH nedstrøms Fjellforsen doseringspunkt ved oppstart av behandlingen.



**Figur 7.** Syredosering og pH nedstrøms doseringspunkt Fjellforsen gjennom hele behandlingsperioden. Kurven viser resultater av automatisk pH- regulering ved PI-metoden. Doseringssignalet forandres ved manuell justering av pumpevolum, og er markert med to vertikale linjer. pH økte etter behandlingsslutt til bakgrunnsnivået i elva.

### 3.2.2 Navarselva

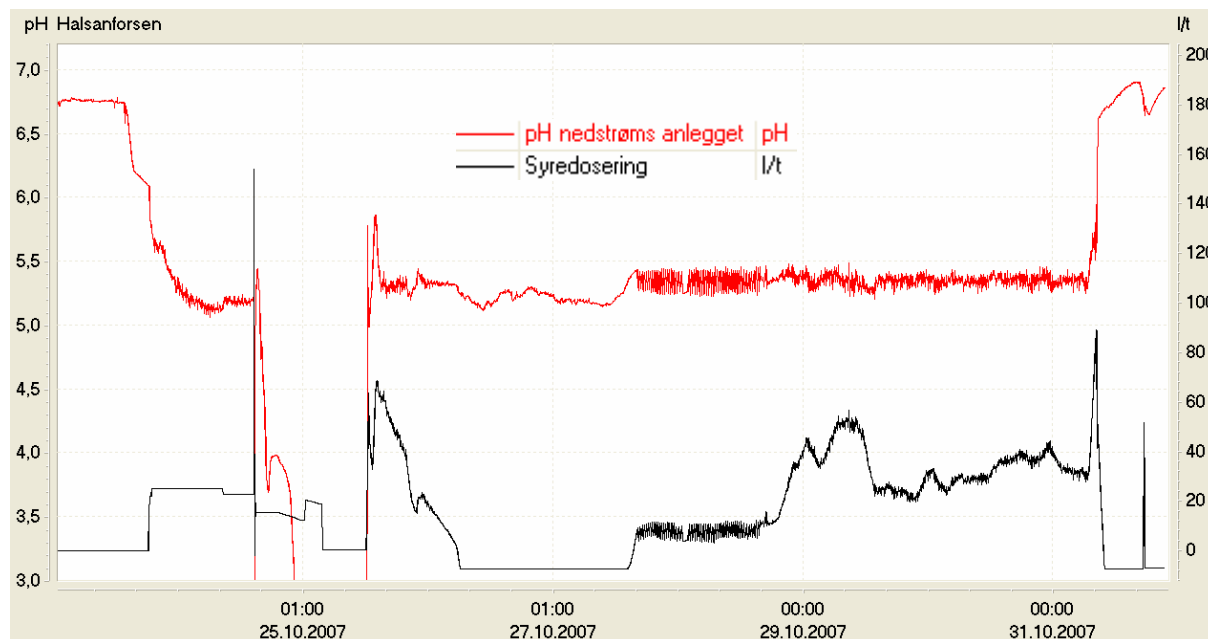
På grunn av lang tilbakemeldingstid ved lave vannføringer, ble det til tider meget vanskelig å justere pH med automatisk regulering. Derfor ble doseringen startet med manuell innstilling (rett doserinslinje; se **Figur 8**). Forsøk med automatisk styring førte til for variabel pH i elva slik at pH-settpunktet måtte justeres manuelt. Stabil pH oppsto ikke før flommen begynte om kvelden den 24. oktober (gikk da på automatisk styring). pH justerte seg meget tilfredsstillende ved flom. Den 30. oktober ble det foretatt to små justeringer av settpunktet. Det ble først satt fra 4,7 til pH 5,2, siden til 5,0. Dette ble gjort fordi Navarselva ble for sur helt ned mot Halsanelva. Doseringen ble stoppet om morgenen den 31. oktober



**Figur 8.** Syredosering og pH nedstrøms Navarselva doseringsanlegg gjennom hele behandlingsperioden høsten 2007.

### 3.2.3 Halsanfossen

Ved Halsanfossen ble doseringen startet om kvelden den 23. oktober etter at effekten fra doseringen i Navarselva og Fjellfossen ble registrert. pH ble redusert fra pH 6,8 til pH 6,1 (**Figur 9**). Den første tiden ble det dosert med fast dosering. Imidlertid oppsto et brudd på strømforsyningen som resulterte i at loggedata gikk tapt og syredoseringen opphørte. Bruddene ses i figuren. Halsanfossen var da uten påfriskende syredosering i nesten ett døgn. Etter oppstart (med automatisk regulering med settpunkt pH 5,3) avtok doseringen meget raskt fordi elva oppstrøms fossen ble surere, og om morgenen den 26. opphørte doseringen helt. Fra den 27. oktober om ettermiddagen, ble det igjen behov for dosering. Doseringen varierte da noe gjennom behandlingen, men var aldri særlig høy fra dette doseringsanlegget.



**Figur 9.** Syredosering og pH nedstrøms Halsanforsen doseringsanlegg gjennom hele behandlingsperioden. Reguleringen var meget stabil under hele behandlingen.

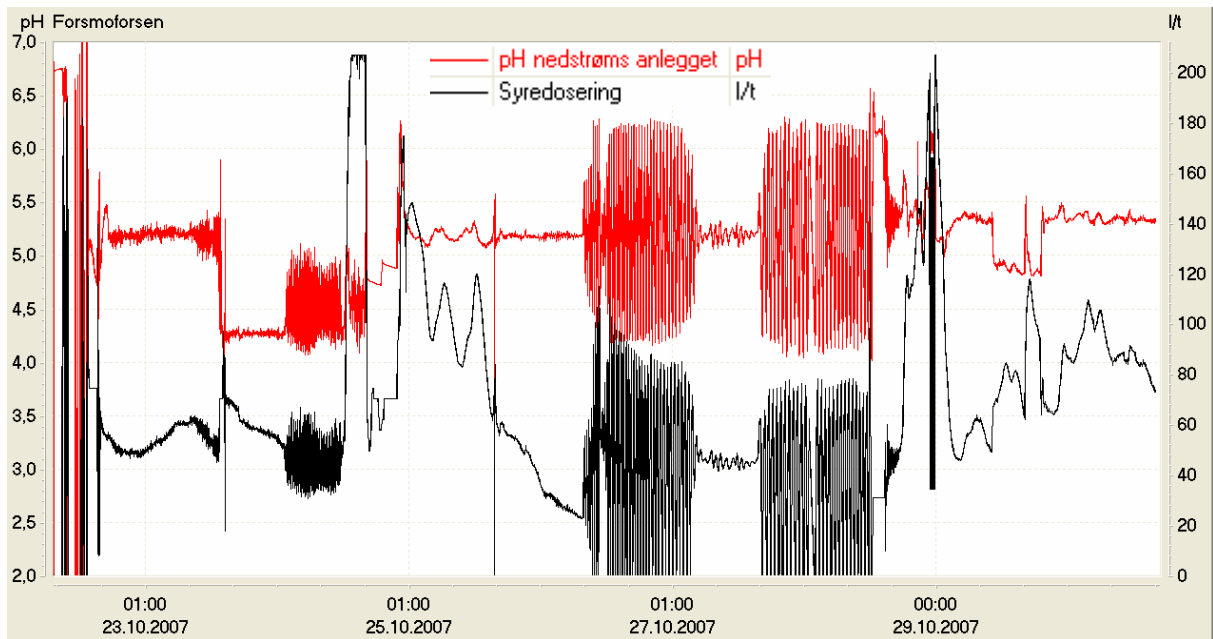
### 3.2.4 Forsmoforsen

Automatisk dosering startet sent på formiddagen den 22. oktober (**Figur 10**). Settpunktet ble først satt til pH 5,2, for siden å bli satt ned til pH 4,3 (etter et døgn). Dette nivået ble valgt fordi syreløsningen ikke ble homogent innblandet ved målepunktet. For lang tilbakemeldingstid ved lav vannføring var også en av årsakene til at doseringen ble ustabil. Den første flommen førte til høy dosering i elva. Senere ble vannføringen så høy at en hjelpepumpe ble satt i drift med fast dosering for å øke doseringskapasiteten. Samtidig ble pH-målepunktet flyttet lenger ned i elva der syreinnblandingen var homogen.

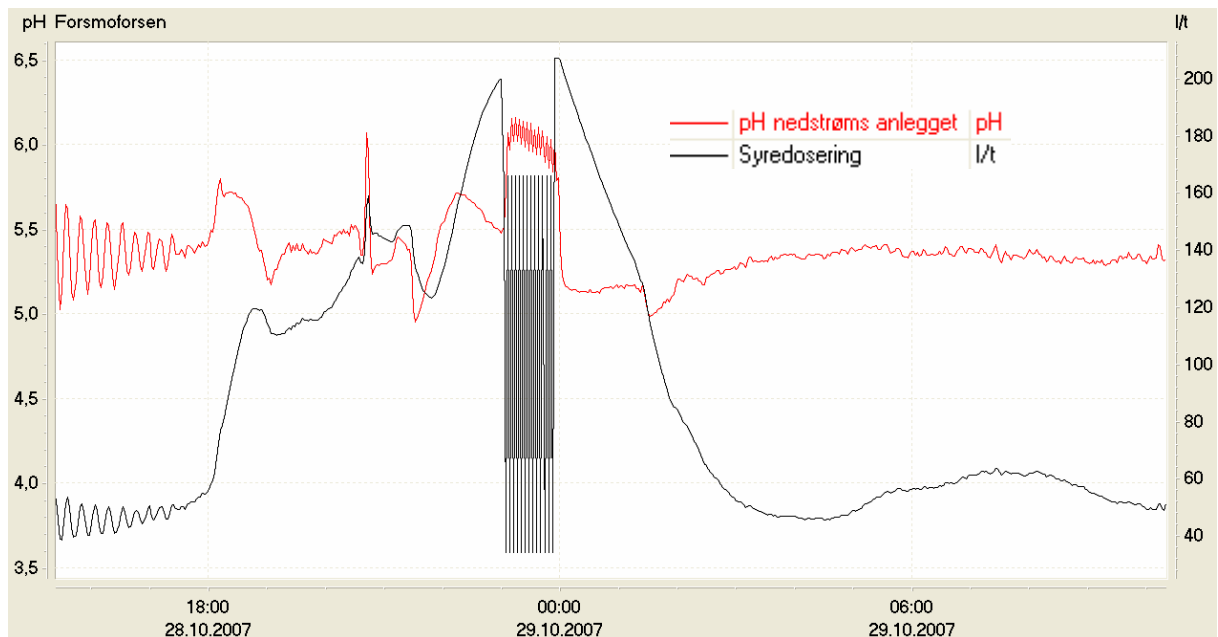
På grunn av problemer med svært variable forhold på pH-målepunktet nedstrøms doseringen, ble det den 24. oktober etablert et vannuttak fra fast montert pumpe. Under flom ble pH-flottøren flyttet til et kar på land med gjennomstrømmende pumpevann. Dette sikret en mer jevn dosering under flommen samtidig som faren for at utstyr (pH-elektroden) skulle gå tapt ble mindre.

Ved flomtoppen om kvelden den 28. oktober ble syrebehovet så høyt at nødstop for overdosering ble utløst. Dette førte til ”av-på”dosering i ca 1 time før nødstoppsfunksjonen ble utkoblet (**Figur 11**). Samtidig ble doseringen fra den ekstra pumpen satt til full dosering (ca 600 ml/min). Etter at denne ekstrapumpen bidro med mer syre normaliserte syredoseringen seg og settpunktet ble igjen nådd.

Problemer med god pH-måling under varierende vannføringsforhold og derav ustabil dosering i perioder, påvirket ikke vannkjemien i lakseførende strekning nevneverdig siden doseringen var trukket langt oppstrøms oppvandringshinderet. Elva var dessuten meget turbulent og ga gode muligheter for homogen kjemikaliefordeling. Doseringen ble avsluttet den 30. oktober.



**Figur 10.** Syredosering og pH nedstrøms Forsmoforsen doseringsanlegg gjennom hele behandlingsperioden.



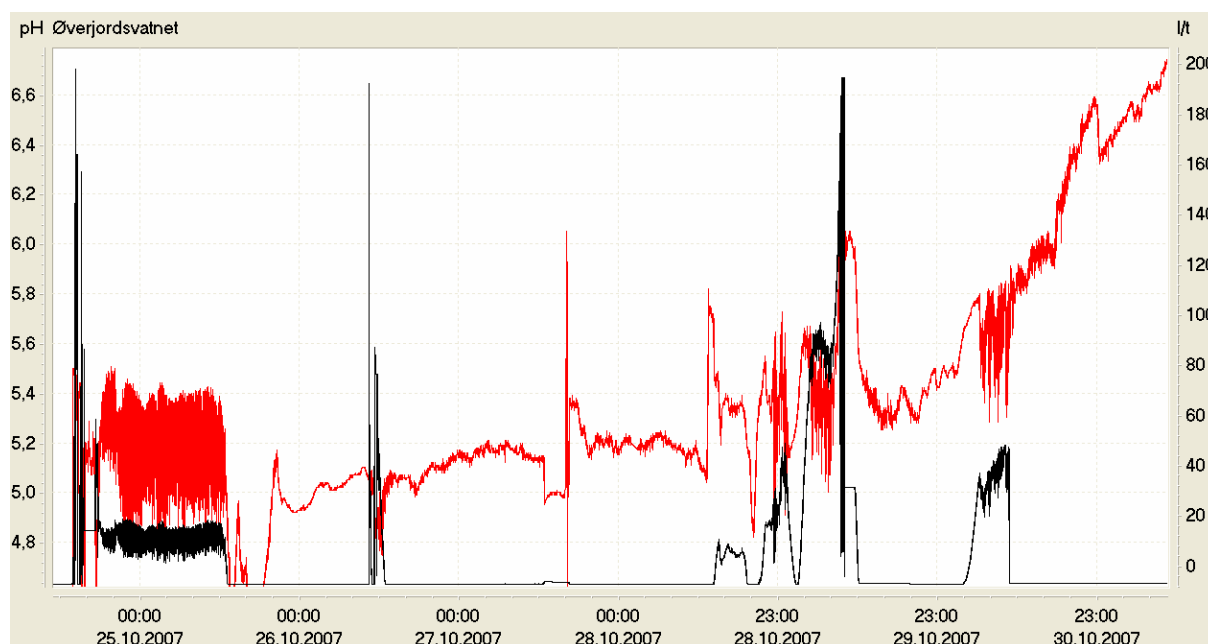
**Figur 11.** Syredosering og pH nedstrøms Forsmoforsen doseringsanlegg den 29. oktober 2007. Figuren viser hvordan doseringen ble forstyrret av at stopp ved at alarm ble utløst.

### 3.2.5 Øverjordsvatnet

I den laminære strømmen ut av Øverjordsvatnet ble det bygget ”strømbrytere” i form av ledegjerder for å få tilstrekkelig omrøring og homogen innblanding. Dette ble gjort for å skape de hydrologiske forhold som er nødvendig for at automatisk syreregulering skal fungere. Til

tider var det problemer med å benytte denne automatisk styringen på denne stasjonen. Doseringen fra anlegget begynte med manuell innstilling (14 l/t) på ettermiddagen den 24. oktober, og pH ble regulert til 5,2 (**Figur 12**). Automatisk regulering resulterte i ustabil pH mellom 4,8 og 5,4.

Syredoseringen opphørte den 25. oktober fordi elvevannet ved doseringspunktet hadde lavere pH enn settpunktetsverdien. Først ved andre flom, den 28. oktober, ble det igjen behov for syredosering. I forkant av denne flommen ble pH kalibrert med feiljustert felt-pHmeter, noe som senere ble rettet opp (se figuren). Behandlingen ble stoppet om morgenen den 30. oktober.

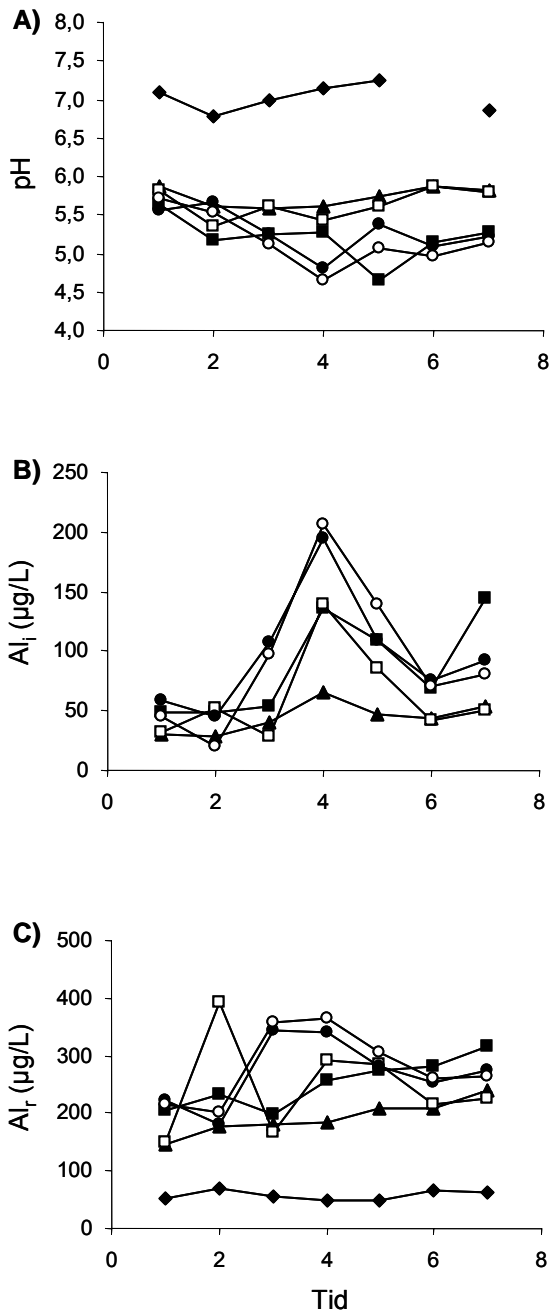


**Figur 12.** Syredosering og pH nedstrøms doseringspunktet ved Øverjordsvatnet gjennom hele behandlingsperioden.

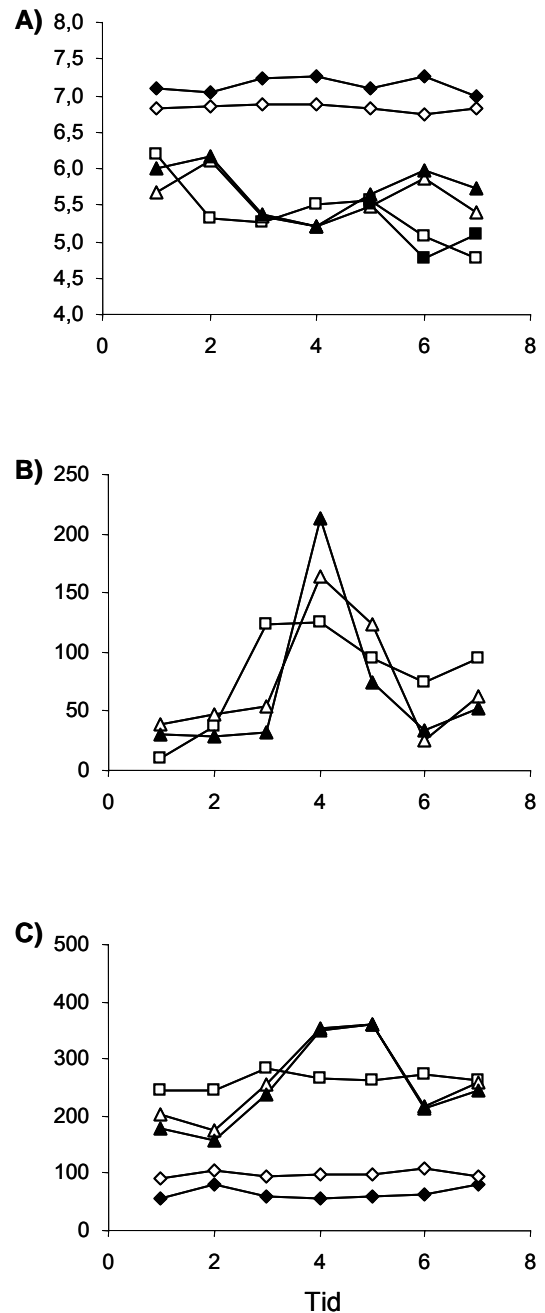
### 3.3 Vannkjemi og temperatur

Vanntemperaturen var tilnærmet lik i begge elver i behandlingsperioden, og varierte mellom 4,7 og 9,5 °C. Variasjonene skyldes endringer i lufttemperatur gjennom døgnet og påvirkning av smeltevann i forbindelse med snøsmelting. Resultater fra vannkjemianalysene viser at Al-konsentrasjonen varierte mye i begge elvene under behandlingen (**Figur 13** og **Figur 14**), og det var størst variasjon i Al<sub>i</sub>. pH varierte mellom de ulike stasjonene, men det var også en relativt stor variasjon fra dag til dag på enkelte stasjoner.





**Figur 13.** pH (A),  $Al_i$  (B) og  $Al_r$  (C) ved prøvetakingsstasjonene Forsmoforsen oppstr. ( $\blacklozenge$ ), Forsmoforsen nedstr. ( $\blacksquare$ ), Øverjordsvatnet innløp ( $\blacktriangle$ ), Øverjordsvatnet utløp ( $\square$ ), Hestdalsbrua ( $\bullet$ ) og Hestdalselva utløp ( $\circ$ ) i Hestdalselva i perioden 24.-30. oktober. Tid er angitt i dager



**Figur 14.** pH (A),  $Al_i$  (B) og  $Al_r$  (C) ved prøvetakingsstasjonene Navarselva oppstr. ( $\blacklozenge$ ), Navarselva nedstr. ( $\diamond$ ), Fjellforsen oppstr. ( $\square$ ), Halsanelva samløp ( $\triangle$ ), Halsanforsen ( $\blacktriangle$ ) og Halsanelva utløp ( $\blacksquare$ ; kun pH siste tre dager) i Halsanelva i perioden 24.-30. oktober. Tid er angitt i dager.

På dag to i behandlingen ble det målt høy konsentrasjon av totalaluminium ( $Al_r$ ) ved stasjon Øverjordsvatnet utløp ( $391 \mu\text{g Al/l}$ ). Relativ lav  $Al_i$ -verdi ( $52 \mu\text{g Al/l}$ ) til tross for lav pH (5,34) ved samme stasjon denne dagen indikerer at den høye  $Al_r$ -verdien er feil. Åpenbart for

høye Al-verdier kan være resultat av kontaminert prøve der for eksempel grus eller sand har fulgt med i vannflasken under prøvetaking. Dette er en sannsynlig forklaring på det avvikende resultatet.

Vannkjemien i Øverjordsvatnet ble fulgt opp med to prøvetakinger, den 27. og 30. oktober. Analyseresultatene viser at kjemikalierne ble homogent innblandet. (Tabell 1).

**Tabell 1.** Temperatur, konduktivitet, pH og labilt Al i Øverjordsvatnet.

Øverjordsvatnet 27. okt.	Temp (°C)	Kond (µS/cm)	pH (-log[H <sup>+</sup> ])	Ali (µg/l)
Øverjordsvatnet sørvest	5,8	29	5,62	
Øverjordsvatnet nordvest	5,6	41	4,83	55
Øverjordsvatnet senter	5,6	33	5,60	30
Øverjordsvatnet nordøst	5,5	36	5,68	33
Øverjordsvatnet sørøst	5,8	32	5,65	29
<b>Øverjordsvatnet 30. okt.</b>				
Øverjordsvatnet sørvest	6,1	28	5,54	13*
Øverjordsvatnet nordvest	6,1	25	5,66	13*
Øverjordsvatnet senter	6,0	27	5,63	27
Øverjordsvatnet nordøst	6,0	31	5,65	28
Øverjordsvatnet sørøst	5,8	29	5,51	43
Øverjordsvatnet innløp	6,0	23	5,94	28
Øverjordsvatnet 5m dyp	6,0	27	5,58	29

\*Lav Al-konsentrasjon skyldes at AIS-tilsetningen i søndre innløpsbekk ble stoppet før prøvetakingen den 30. oktober. Vannkjemien i nordvestre- og sørvest deler av Øverjordsvatnet ble sterkt påvirket av denne bekken

### 3.4 Kjemikalieforbruk

Totalt forbruk av 30 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> og AIS (4,3 % Al) var henholdsvis 155 og 29 tonn. Det betyr et samlet utslipp av Al og H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> på henholdsvis 1,2 og 46,5 tonn. Det ble bestilt og levert totalt 255 tonn 30 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> og 46,7 tonn AIS. Det ble altså igjen en rest på ca 100 tonn H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 17,7 tonn AIS som kan brukes ved neste behandling.

## 4. Diskusjon

Det ble oppnådd vannkjemiske betingelser i begge elvene over en tidsperiode som skulle tilsi at *G. salaris*-infeksjonen ble kraftig redusert som følge av behandlingen. Undersøkelser av laksunger med hensyn på antall parasitter, før og etter behandlingen støtter denne antagelsen (Moen m. fl. under utarbeidelse).

Behandlingen ble gjennomført i en periode med mye nedbør og store vannføringsendringer. I korte perioder var vannføringen mer enn tre ganger så høy som det som på forhånd var satt som øvre grense for behandling. Opprettholdelse av lav pH og forhøyet Al-konsentrasjon under de rådende forhold skapte mye ekstra arbeid for de som gjennomførte tiltaket.

Doseringsutstyr måtte omdisponeres for å opprettholde ønsket vannkjemi i hovedelvene. Dette førte til at enkelte sidebekker, som i utgangspunktet skulle behandles med AIS, ikke ble behandlet, eller at de ble behandlet med CFT-legumin. Ut fra antagelsen om at hovedmengden av fisk infisert med *G. salaris* oppholdt seg i hovedelvene, ble det altså prioritert å opprettholde behandlingen der, fremfor å behandle enkelte sidebekker. Det skal også nevnes at noen av disse bekkene i utgangspunktet hadde en vannkvalitet som tilsier at *G. salaris* ikke kan etablere seg på laksunger (pH<5,9 og Al>200). Beslutningen om å prioritere hovedelvene ble tatt med tanke på å nå den overordnede målsetningen om å redde den truede laksestammen og å redusere smittepresset til nærliggende vassdrag.

Høy vannføring skapte utfordringer for kjemikalilogistikken. Beregning av bestillingstidspunkt og kjemikalievolum ved påfyllingsbehov var vanskelig på grunn av den lange transportavstanden fra Østlandet til Mosjøen. I tillegg måtte kjemikalierne transporteres ved hjelp av ferge fra Mosjøen til Halsan. Kjemikalietilgang ble imidlertid aldri en begrensende faktor for behandlingen av Halsan- og Hestdalselva i 2007, men logistikken førte til at det ble kjøpt og levert betydelig mer kjemikalier enn det som ble brukt. Dermed ble det stående igjen betydelige mengder kjemikalier på doseringsanleggene. I ettertid har NIVA innledet samarbeid med Solberg Industri, som leverer svovelsyre, for å utvikle et mobilt anlegg for produksjon av egnede doseringsløsninger. Dette vil forenkle transporten av kjemikalier og øke doseringskapasiteten, noe som vil bidra til at AIS-metoden kan gjennomføres ved høyere vannføring enn hva som er tilfelle i dag. Det er også et mål at den nye logistikken skal redusere kjemikaliekostnadene.

I Halsanelva måtte lagertanken for kjemikalier plasseres i stor avstand fra doseringspunktet i Fjellforsen. I tillegg måtte doseringsløsningen pumpes ca 30 høydemeter for at kjemikalietilsettingen skulle foregå oppstrøms vandringshinder for anadrom fisk. Det ble benyttet en membranpumpe for å håndtere lang avstand og mottrykk. I tillegg måtte bensinaggregat brukes for å kompensere for manglende nettstrøm. Både Pumpe og strømkilde fungerte som forventet, noe som styrker fleksibiliteten til denne doseringsmetodikken.

Laks regnes blant de mest Al-sensitive artene vi kjenner (Grande m. fl. 1978, Poléo m. fl. 1997). I tillegg er det stor forskjell i følsomhet hos laksens ulike livsstadier, der særlig smolten er sensitiv (Jensen og Leivestad 1989, Poléo og Muniz 1993). Erfaringer fra tidligere behandlinger har vist at også voksen laks er svært følsom for surt Al-holdig vann (Pettersen m. fl. 2007). Det ble observert voksen laks i elvene på behandlingstidspunktet, og i tråd med tiltakshavers målsetning ble det derfor valgt Al- og pH-nivå med tanke på å bevare disse fiskene. Samtidig skulle målet om å redusere parasittinfeksjonen ivaretas. Dette stilte store krav til nøyaktig kjemikalietilsetning, som var en utfordring ved store fluktueringer i vannføring. Resultatene viser at det var stor variasjon i pH- og Al-nivå mellom de ulike prøvetakingsstasjonene, samt stor dagsvariasjon på enkelte stasjoner. Årsaken var at syredoseringen ble ujevn ved de store og raske endringene i vannføring. Syredosering ved vekslende vannføring var en nyttig erfaring. Det ble gjort viktige observasjoner, blant annet med hydrologiske endringer i forhold til plassering av pH-elektroden nedstrøms doseringspunktet. Riktig plassering er avgjørende for stabil syretilsetting, særlig ved store fluktueringer i vannføring. Erfaringene anses som en viktig del i den metodiske utviklingen og vil bidra til at jevnere dosering kan oppnås ved neste AIS-behandling.

Periodevis lave pH-nivåer er årsaken til at det er større variasjon i konsentrasjon for  $Al_i$  enn for  $Al_r$ . Mengden av  $Al_i$  er i tillegg til å være avhengig av mengden  $Al_r$ , også avhengig av pH og temperatur i vannet. En kraftig økning i  $Al_i$  på dag fire i behandlingen skyldes at det ble tilsatt for mye  $AlS$  og syre i forhold til vannføring. Dette gjelder for begge elvene. Årsaken var raskt synkende vannføringen kombinert med modifisering av doseringsutstyret for å håndtere høy vannføring. En pH-senkning i kombinasjon med høy  $Al_r$ -konsentrasjon ga for høye  $Al_i$ -verdier i begge elvene denne dagen. Justeringer brakte  $Al$ -konsentrasjon og pH tilbake på ønsket nivå. Det ble ikke observert økt dødelighet av fisk i denne perioden.

Resultater fra vannkjemiske analyser viser at det ble oppnådd en  $Al$ -konsentrasjon og pH-nivå i begge elver over en sammenhengende periode som tidligere har vist seg å fjerne parasitten fra laksunger. I tillegg ble det oppnådd ønsket vannkjemisk i korte perioder under behandlingen den 6.-8. og 11.-14. oktober. (vedlegg 1). Resultater som viser at det ikke var *G. salaris* på undersøkt fisk etter behandlingen (Moen m. fl. under utarbeidelse), gir grunn til å anta at infeksjonen av *G. salaris* er betydelig redusert. Registrering av svært få døde voksne laks, hhv 4 og 1 i Halsan- og Hestdalselva (Moen m. fl. under utarbeidelse) viser at behandlingen har vært skånsom for fisken og at vannkjemistrategien derfor har vært vellykket. Det anbefales at elvene følges opp med undersøkelse for infeksjon av *G. salaris*, og det bør gjennomføres tetthetsundersøkelser for å beskrive utviklingen til laksebestanden i de to elvene.

En samlet vurdering av vannkjemien i Halsan og Hestdalselva under behandlingen fra 24. til 30. oktober er gitt i **Tabell 2**. Tabellen baserer seg på pH og konsentrasjon av  $Al_i$ . Grønn farge betyr at pH har vært lavere enn 6,0 og at  $Al_i$ -konsentrasjonene er målt til å være like høy eller høyere enn nedre grense på  $20 \mu g Al_i/l$ .

**Tabell 2.** Vurdering av vannkjemien m.h.p. fjerning av *G. salaris*. Vurderingen er basert konsentrasjonen av  $Al_i$  på prøvetakingsstasjonene. Grønn farge betyr  $pH < 6,0$  og  $Al_i \geq 20 \mu g/l$ .

Prøvetakingsstasjon	24.okt	25.okt	26.okt	27.okt	28.okt	29.okt	30.okt
Navarselva oppstr øms dosering							
Fjellfossen oppstr øms dosering							
Navarselva nedstr øms/før samløp							
Halsanelva saml øp							
Halsanfossen							
Forsmofossen oppstr øms dosering							
Forsmofossen nedstr øms							
Øverjordsvatnet innl øp							
Øverjordsvatnet utl øp							
Hestdalsbrua							
Hestdalselva utl øp							

Oppstrøms behandlet elvestrekning

Vannkjemisk vurdert til å fjerne *G. salaris*

Vannkjemisk vurdert som usikker for fjerning av *G. salaris*

Tabellen viser at det har vært behandlende vannkjemi i 7 dager på seks av åtte målestasjoner.

Denne første behandlingen med AIS bør følges opp ved at vassdragene behandles igjen, og fortrinnsvis sammen med de andre vassdragene i smitteregion Vefsn.

## **5. Konklusjon**

Det ble ved behandling med AIS i Halsan- og Hestdalselva i Nordland oppnådd vannkjemi over en periode på 6-7 dager som tilsier at infeksjonen av *G. salaris* er kraftig redusert i begge elvene. Ingen parasitter ble påvist på fisk i elva etter behandling (Moen m. fl. under utarbeidelse), noe som bekrefter denne antagelsen. Det skal også nevnes at behandlingen ble gjennomført med svært lav dødelighet av laks (Moen m. fl. under utarbeidelse). Det konkluderes derfor med at målet med denne førstegangsbehandlingen i Halsan- og Hestdalselva er nådd.

## Referanser

- Barnes, R. B. 1975. The determination of specific forms of aluminium in natural water. *Chem. Geol.* 15, 177-191.
- Bongård, T. 2005 Effekter på bunndyr av aluminiumstilsetning mot *G. salaris* i Batnfjordselva, 2003 og 2004. *NINA-rapport 9*, 20 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.
- Grande, M., Muniz, I.P. and Andersen, S. 1978. The relative tolerance of some salmonids to acid waters. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20: 2076-2084.
- Høgberget, R. 2008. Forsøk med automatisk pH-styring og kontroll av syredosering i vassdrag. *NIVA-rapport 5636-2008*. 19 s.
- Kjærstad, G. & Arnekleiv, J.V. 2007. Aluminiumbehandling mot *Gyrodactylus salaris* i Ogna og Figga i 2006 – effekter på bunndyr. *NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Notat 2007*, 2. 19 sider
- Kjøsnes, A.J., Urke, H.A., Hytterød, S., Guttvik, K.T., Pettersen, R.A., Høgberget, R., Moen, A., Sandodden, R., Hagen, A.G., Rustadbakken, A., Olsen, N., Øxnevad, S.A., Håvardstun, J. Stensli, J.H. & Lydersen, E. (2007). Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Steinkjervassdragene 2006. *NIVA-rapport 5373-2007*, 23 s.
- Lo, H. 2008. Status og tiltak for laksestammer, s. 48-52. I: Sandodden R. (red.). Utredning av kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* av vassdrag i smitteregion Vefsnfjorden, Leirfjorden og Halsfjorden. *Notat, Veterinærinstituttet*.
- Lydersen, E., Poléo, A. B. S., Nandrup Pettersen, M., Riise, G., Salbu, B., Kroglund, F. og Rosseland & B. O. 1994. The importance of "in situ" measurement to relate toxicity and chemistry in dynamic aluminium freshwater systems. *J. Ecol. Chem.* 3, 357-365.
- Lydersen, E., Bakke, T.A., Høgberget, R., Håvardstun, J., Hytterød, S., Kristensen, T., Mo, T.A., Pettersen, R.A., Poléo, A.B.S., Rosseland, B.O., Øxnevad, S.A. (2004). Al-behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Batnfjordselva. *NIVA-rapport 4783-2004*, 15 s.
- Moen, A., Bardal, H. & Stensli, J. H. Rapport under utarbeidelse.
- Poléo, A.B.S. & Muniz, P. I. 1993. The effect of aluminium in soft water at low pH and different temperatures on mortality, ventilation frequency and water balance in smoltifying Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Environ. Biol. Fish.* 36, 193-203
- Poléo, A.B.S., Schjolden, J., Hansen, H., Bakke, T.A., Mo, T.A., Rosseland, B.O. & Lydersen, E. (2004a). The effect of various metals on *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Parasitology*, 128, 1-9.

Polèo, A.B.S., Lydersen, E. & Mo, T.A. (2004b). Aluminium mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. *Norsk Veterinærtidsskrift*, **3**, 176-180.

Pettersen, R.A., Hytterød, S., Mo, T.A., Gjørwad Hagen, A., Flodmark, L., Høgberget, R., Olsen, N., Kjøsnes, A.J., Øxnevad, S.A., Håvardstun, J., Kristensen, T., Sandodden, R. Moen, A. & Lydersen, E. 2006. Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2005/2006-Rapport til SFT. *NIVA-rapport 5239-2006*, 50 s.

Soleng, A., Polèo, A.B.S., Alstad, N.E.W. & Bakke, T.A. 1999. Aqueous aluminium eliminates *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon. *Parasitology* 119, 19-25.

## Vedlegg 1

Tabell 1: Vannkjemi i Halsan- og Hestdalselva. Alle analyser er foretatt ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Lokalitet	Dato	pH	Kond mS/m	Alk-E µekv/l	Tot-N/L µg/l N	NO3-N µg/l N	TOC mg/l C	Cl mg/l	SO4 mg/l	Al/R µg/l	Al/II µg/l	LAL µg/l	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	
Fjellfossen oppstr.	07.05.07	6,85	4,11	86	101	16	1,2	7,38	1,50	19	13	6	2,12	0,31	0,65	4,14	
	09.09.07	6,89		96			3,1										
	06.10.07	6,99	4,11	113	150	28	2,3	6,64	1,58	27	21	6	2,55	0,35	0,64	3,95	
	24.10.07	6,68	3,02	64			2,3		1,21								
	25.10.07	6,67	2,99	64			2,3		1,26								
	26.10.07	6,73	2,98	68			2,1		1,29								
	27.10.07	6,70	3,00	68			2,1		1,29								
	28.10.07	6,79	3,02	70			2,0		1,30								
	29.10.07	6,72	2,96	69			2,2		1,30								
	30.10.07	6,73	2,91	68	155	33	2,3	4,73	1,29	43	38	5	1,68	0,24	0,44	3,08	
Navarselva oppstr.	23.05.07	7,02	5,38	140	92	21	1,5	9,76	1,94	29	14	15	3,47	0,31	0,74	5,29	
	09.09.07	7,51		329			1,6										
	06.10.07	7,44	6,32	303	71	3	1,2	7,73	1,88	23	11	12	5,98	0,28	0,87	5,00	
	24.10.07	7,17	4,48	184			1,5		1,67								
	25.10.07	6,87	3,54	101			1,9		1,58								
	26.10.07	7,18	4,91	226			1,3		1,74								
	27.10.07	7,27	5,23	245			1,2		1,76								
	28.10.07	7,19	4,68	204			1,3		1,70								
	29.10.07	7,16	3,96	167			1,6		1,56								
	30.10.07	6,87	3,00	90	80	<1	1,9	4,43	1,42	39	31	8	2,02	0,14	0,38	3,17	
Halsanelva samløp	06.10.07	7,05	4,38	136	141	22	2,2	6,80	1,60	26	21	5	2,99	0,35	0,67	4,11	
	24.10.07	5,56	3,82	3			2,2		6,12								
	25.10.07	5,99	3,33	14			2,3		4,22								
	26.10.07	5,30	3,78	0			2,0		6,27								
	27.10.07	5,08	4,18	0			1,9		7,39								
	28.10.07	5,36	4,14	0			1,9		7,59								
	29.10.07	5,76	3,38	7			2,3		5,24								
	30.10.07	5,40	3,49	0	132	25	2,3	4,62	5,76	161	96	65	1,74	0,21	0,43	3,12	
Halsanfossen	07.05.07	6,95	4,22	100	92	12	1,2	7,40	1,60	18	12	6	2,28	0,30	0,64	4,16	
	23.05.07						1,5										
	09.09.07	7,01		120			3,2										
	06.10.07	7,07	4,40	136	141	19	2,3	6,77	1,61	28	22	6	3,02	0,35	0,68	4,19	
	24.10.07	5,89	3,69	10			2,1		5,54								
	25.10.07	6,08	3,32	17			2,4		4,05								
	26.10.07	5,21	3,80	0			2,0		6,33								
	27.10.07	5,10	4,23	0			2,0		7,50								
	28.10.07	5,50	4,03	1			1,9		7,21								
	29.10.07	5,97	3,33	12			2,5		4,92								
30.10.07	5,58	3,34	3	134	23	2,4	4,62	5,37	150	107	43	1,77	0,21	0,42	3,09		
Hestdalselva oppstr.	07.05.07	6,96	2,89	98	59	20	0,51	4,08	1,31	11	5	6	1,98	0,14	0,32	2,75	
	23.05.07						0,75										
	09.09.07	6,93		107			2,2										
	06.10.07	7,31	4,52	214	53	3	0,88	5,44	1,32	19	9	10	4,44	0,19	0,58	3,44	
	24.10.07	7,01	3,33	125			0,94		1,16								
	25.10.07	6,71	2,27	56			1,2		1,10								
	26.10.07	7,06	3,16	132			0,94		1,19								
	27.10.07	7,10	3,74	174			0,84		1,24								
	28.10.07	7,13	3,73	172			0,84		1,29								
	29.10.07	6,85	2,15	80			1,3		1,02								
30.10.07	6,89	2,27	82	80	8	1,3	2,85	1,09	29	23	6	1,89	0,10	0,24	2,14		
Hestdalselva utløp	06.10.07	6,91	3,92	102	105	4	1,9	6,52	1,56	29	24	5	2,36	0,27	0,57	3,99	
	24.10.07	5,80	3,89	8			1,8		6,67								
	25.10.07	5,47	2,75	2			2,2		3,67								
	26.10.07	4,98	3,86	0			2,0		6,73								
	27.10.07	4,67	5,09				1,7		9,81								
	28.10.07	5,05	4,62	0			1,9		9,12								
	29.10.07	4,96	3,25	0			2,4		5,51								
	30.10.07	5,09	3,26	0	105	4	2,4	3,64	5,96	184	99	85	1,56	0,14	0,34	2,77	



**Tabell 2:** pH, Kond ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ),  $\text{Al}_r$  og  $\text{Al}_i$  ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) i Halsanelva i perioden 6.-14 oktober.

Lokalitet	Dato	pH	Kond	Al <sub>r</sub>	Al <sub>i</sub>
Fjellforsen oppstr.	06.10.08	7,28	44	95	
	07.10.08	7,01	46	98	0
	08.10.08				
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08	7,00	39	99	
	13.10.08	7,08	40	89	9
14.10.08	6,87	36	119		
Navarselva oppstr.	06.10.08	7,30	61	50	19
	07.10.08	7,33	59	61	
	08.10.08				
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08	7,22	62	44	13
	13.10.08	7,31	63	47	
14.10.08	7,03	30	99		
Navarselva nedst.	06.10.08	7,52	66	60	46
	07.10.08	6,65	68	199	
	08.10.08				
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08	4,98	85	254	94
	13.10.08	6,13	79	95	18
14.10.08	6,22	34	176	12	
Halsanelva samløp	06.10.08	7,17	39	94	31
	07.10.08	6,29	48	216	
	08.10.08				
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08	5,90	48	161	22
	13.10.08	5,91	50	209	30
14.10.08	6,83	36	160		
Halsanforsen	06.10.08	7,16	43	93	
	07.10.08	6,51	47	187	13
	08.10.08				
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08	5,87	50	158	21
	13.10.08	6,19	50	195	17
14.10.08	6,74	36	177		
Halsanelva utløp	06.10.08				
	07.10.08				0
	08.10.08				
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08				
	13.10.08	5,89	51	192	16
14.10.08					

**Tabell 3:** pH, Kond ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ),  $\text{Al}_r$  og  $\text{Al}_i$  ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) i Hestdalselva i perioden 6.-14 oktober.

Lokalitet	Dato	pH	Kond	Al <sub>r</sub>	Al <sub>i</sub>
Forsmoforsen oppstr.	06.10.08	7,28	44	50	
	07.10.08	7,20	41	56	0
	08.10.08				
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08	7,22	46	50	
	13.10.08	7,33	45	42	10
14.10.08	6,95	21	86		
Forsmoforsen nedstr.	06.10.08			0	
	07.10.08	6,10	45	294	17
	08.10.08				
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08	5,58	52	279	88
	13.10.08	5,48	52	263	144
14.10.08	6,71	21	124		
Øverjordsvatnet innløp	06.10.08	7,08	43	57	33
	07.10.08	6,12	45	282	
	08.10.08	6,67	28		
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				90
	12.10.08	5,68	52	228	85
	13.10.08	5,69	53	201	
14.10.08	6,70	22	129		
Øverjordsvatnet utløp	06.10.08	6,71	38	77	
	07.10.08	6,07	45	264	44
	08.10.08	6,53	29		
	09.10.08		0		
	10.10.08		0		
	11.10.08		0		
	12.10.08	5,86	47	214	45
	13.10.08	5,86	47	175	24
14.10.08	6,59	22	134		
Hestdalsbrua	06.10.08				
	07.10.08	6,04	43	196	30
	08.10.08	6,15	31		
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08	5,90	46	177	35
	13.10.08	5,49	51	204	49
14.10.08	6,50	22	156		
Hestdalselva utløp	06.10.08	6,84	41	97	
	07.10.08				0
	08.10.08				
	09.10.08				
	10.10.08				
	11.10.08				
	12.10.08	5,77	47	183	62
	13.10.08	5,25	53	233	80
14.10.08	6,53	22	153		

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 samfunnsliv.



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)