

# Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2010



**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

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2010	Løpenr. (for bestilling) 6152-2011	Dato April 2011
	Prosjektnr. Undemr. O-26061	Sider Pris 20
Forfatter(e) Øyvind A. Garmo Liv Bente Skancke	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon Fri
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA


Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernnavdelingen	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Formålet med dette prosjektet er å følge den vannkjemiske utviklingen i Modalselva samt å støtte opp om tolkning og forståelse av de biologiske endringene som skjer i vassdraget. Modalselva har, i likhet med mange andre elver på Vestlandet, svært lite ioner og forsuringsfølsom vannkvalitet. Vannkvaliteten i Modalselva har blitt bedre som følge av redusert tilførsel av langtransportert forurensning. Alle prøver de to siste årene har hatt positive verdier for syrenøytraliserende kapasitet (ANC). Måleserien begynte i 1980, og den hittil høyeste årsmiddelverdien for pH samt den laveste årsmiddelverdien for labilt aluminium ble registrert i 2010. ANC og pH er lavere enn grensene for god tilstand som er foreslått i veilederen utarbeidet i forbindelse med Vannforskriften, men kriteriet for god tilstand var oppfylt mht. labilt aluminium. Overvåkingen i 2010 avdekket ingen alvorlige sjøsaltepisoder med påfølgende pH-fall. Det ble nødvendig å flytte prøvetakingssted våren 2002, og dette har medvirket til at flere av parametrene nå viser mindre svingninger enn tidligere.</p>
---

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Overvåking</li> <li>2. Vannkemi</li> <li>3. Forsuring</li> <li>4. Tidstrender</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Monitoring</li> <li>2. Water Chemistry</li> <li>3. Acidification</li> <li>4. Trends</li> </ol>
---	---



Øyvind A. Garmo  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

**Modalselva i Hordaland;**  
vannkjemisk overvåking i 2010

## Forord

Vannkjemisk overvåking av Modalselva var en del av Statlig program for forurensningsovervåking i perioden 1980 - 2003, finansiert av Statens Forurensningstilsyn. I april 2003 ble overvåkingsstasjonen lagt ned som følge av budsjettkutt.

Fra og med 2006 har den vannkjemiske overvåkingen blitt videreført. I denne perioden har overvåkingen vært finansiert av Miljøvernavdelingen ved Fylkesmannen i Hordaland. Kontaktperson har vært Kjell Hegna. Prøvetaker i 2010 har vært Kjell Langeland.

Hamar, april 2011

*Øyvind A. Garmo*

---

## **Innhold**

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Metodikk</b>	<b>8</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
<b>4. Referanser</b>	<b>17</b>
<b>Vedlegg A. Vannkjemiske analyser</b>	<b>18</b>

---

## Sammendrag

Modalselva i Modalen kommune i Hordaland har en vannkvalitet som er typisk for elver på Vestlandet, med svært ionefattig og forsuringfølsom vannkvalitet. Her er naturens tålegrense for forsuring også svært lav ettersom kalsiumverdiene er lave ( $< 0,5$  mg/L). I tillegg er konsentrasjonene av organisk karbon også svært lave (årsmiddelverdier  $< 2$  mg C/L med unntak av i 2001).

Modalselva var i perioden 1980-2003 en del av Statlig program for forurensningsovervåking i regi av SFT (nå Klima- og forurensningsdirektoratet - Klif). NIVA fortsatte prøvetakingen et par måneder i 2004. Overvåkingen ble gjenopptatt i 2006, finansiert av Fylkesmannen i Hordaland.

Luftbåren tilførsel av sulfat har hatt en gradvis reduksjon gjennom måleperioden 1980-2010. Aritmetisk årsmiddelverdi av beregnet ikke-marin sulfat var ca. 20-30  $\mu\text{ekv/L}$  på begynnelsen av 1980-tallet,  $\leq 21$   $\mu\text{ekv/L}$  på 1990-tallet, og har etter 2005 vært  $\leq 11$   $\mu\text{ekv/L}$ . Dette gir en sterk reduksjon fra 1980-verdien på 23  $\mu\text{ekv/L}$  til verdien for 2010 på 10  $\mu\text{ekv/L}$ . Den hittil laveste årsmiddelverdien er 5  $\mu\text{ekv/L}$  (2008).

Nedgangen i sulfat indikerer bedring i forsuringssituasjonen og har gitt bedre vannkvalitet i form av økt alkalitet, ANC og pH, og lavere konsentrasjoner av labilt aluminium (LAl) gjennom måleperioden. Årsmiddelverdien for pH har økt fra 5,2-5,5 på 1980-tallet til 5,7-5,9 mellom 2006 og 2009. I 2010 hadde årsmiddelverdien økt til 6,0, som er maksimumsverdi så langt i måleserien.

Prøver fra Modalselva som viser alkalitet eller ANC nær 0  $\mu\text{ekv/L}$  forekommer sjeldnere enn før. Etter 2005 har årsmiddelverdiene for alkalitet økt fra 6  $\mu\text{ekv/L}$  til 10  $\mu\text{ekv/L}$  i 2010. Enkeltverdiene for alkalitet i prøver fra 2010 hadde en spredning på 2-19  $\mu\text{ekv/L}$  og ANC-verdiene lå i intervallet 4-24  $\mu\text{ekv/L}$ . Dette er kun mindre endringer i forhold til året før.

LAl, dvs. den delen av aluminium som antas å være giftig for fisk og andre organismer med gjeller, har avtatt fra årsmiddelkonsentrasjoner opp mot 50-65  $\mu\text{g/L}$  på slutten av 1980-tallet og begynnelsen av 1990-tallet, til 7-11  $\mu\text{g/L}$  i 2006-2009. I 2010 ble årsmiddelet for LAl beregnet til 4  $\mu\text{g/L}$ , noe som er det laveste innen måleserien så langt.

I mai 2002 ble prøvetakingspunktet flyttet lenger opp i elvestrengen. Nitrat i prøver tatt fra det nye punktet viste mindre svingninger og mye lavere maksimumskonsentrasjoner enn i prøver fra det opprinnelige prøvetakingspunktet. I siste femårsperiode har nitratkonsentrasjonene ligget i intervallet 30-145  $\mu\text{g/N L}$ .

Overvåkingen avdekket ingen sterke sjøsaltepisoder i Modalselva i 2010.

## Summary

Title: Monitoring water chemistry in river Modalselva, Hordaland County, W. Norway in 2010

Year: 2011

Author: Øyvind A. Garmo and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5887-5

River Modalselva has very low ionic strength and an acid sensitive water quality which is typical for rivers in Western Norway. Calcium levels are very low ( $< 0.5$  mg/L) and so is the critical load with respect to deposition of acids. Concentrations of organic carbon are also very low (annual means  $< 2$  mg C/L except in 2001).

Between 1980 and 2003, Modalselva was monitored through the governmental programme for monitoring of pollution led by SFT (now the Climate and Pollution Agency – Klif). NIVA continued to sample for a couple of months in 2004. The monitoring was resumed in 2006, funded by the county governor of Hordaland.

Airborne delivery of sulphate has been gradually reduced between 1980 and 2010. Arithmetic annual mean of calculated non-marine sulphate was approximately 20-30  $\mu\text{eqv/L}$  in the beginning of the 1980s,  $\leq 21$   $\mu\text{eqv/L}$  in the 1990s, and  $\leq 11$   $\mu\text{eqv/L}$  after 2005. There is a large decrease from the 1980 value of 23  $\mu\text{eqv/L}$  to the 2010 value of 10  $\mu\text{eqv/L}$ . The lowest annual mean so far is 5  $\mu\text{eqv/L}$  (2008).

The decrease in sulphate indicates an improvement of the acidification status and better water quality, i.e. higher alkalinity, ANC and pH, and lower concentrations of labile aluminium (LAl) through the measurement period. The annual mean of pH has increased from 5.2-5.5 in the 1980s to 5.7-5.9 between 2006 and 2009. In 2010 the annual mean pH was 6.0, which is the highest value so far.

Samples that show alkalinity or ANC near 0  $\mu\text{eqv/L}$  occurs less frequent than before. After 2005, annual mean alkalinity has increased from 6  $\mu\text{eqv/L}$  to 10  $\mu\text{eqv/L}$  in 2010. Measured alkalinity varied between 2-19  $\mu\text{eqv/L}$  in 2010 and calculated ANC between 4-24  $\mu\text{eqv/L}$ . These ranges are similar to those from the previous year.

LAl, i.e. the fraction of aluminium that is assumed to be toxic to fish and other aquatic organisms with gills, has declined from annual means of 50-65  $\mu\text{g/L}$  at the end of the 1980s and beginning of the 1990s, to 7-11  $\mu\text{g/L}$  between 2006 and 2009. In 2010 the annual mean of LAl was calculated to 4  $\mu\text{g/L}$ , which is the lowest value so far.

In May 2002, the point of sampling was moved further upstream. Nitrate in samples taken from the new point shows smaller spread and much lower maxima compared to measurements in samples from the original point. Nitrate concentrations have varied between 30-145  $\mu\text{g N/L}$  in the last five years.

No significant sea salt episodes were registered in River Modalselva in 2010.

# 1. Innledning

Modalselva var fra 1980 til 2003 en del av Statlig program for forurensningsovervåking i regi av Statens Forurensningstilsyn. I april 2003 ble overvåkingsstasjonen lagt ned som følge av budsjettkutt. NIVA fortsatte prøvetakingen et par måneder i 2004. Overvåkingen ble deretter gjenopptatt i 2006 og videreført med Fylkesmannen i Hordaland som oppdragsgiver.

Formålet med dette prosjektet er å videreføre overvåkingen av den vannkjemiske utviklingen samt å støtte opp om tolkning og forståelse av de biologiske endringene som skjer i vassdraget.

Modalselva i Modalen kommune i Hordaland er svært ionefattig, og kalsiumverdiene er svært lave (<0,5 mg/L). Dette gir en forsurningsfølsom vannkvalitet hvor naturens tålegrense for forsuring også er svært lav. Denne vannkvaliteten er typisk for elver på Vestlandet.

Laksen ble borte fra vassdraget tidlig på 1970-tallet. I årene 1993 til 1997 ble det ikke registrert ungfisk i Modalselva (Bjerknes *et al.* 2007). I perioden 2003 - 2006 ble det påvist laks, men tettheten var lav (1-6 individer per 100 m<sup>2</sup>). Nyetableringen av laks settes i sammenheng med at hovedløpet har fått bedre vannkvalitet noe som er dokumentert gjennom den vannkjemiske overvåkingen av Modalselva.



## 2. Metodikk

Prøvetaking og analysemetodikk er som beskrevet i program for ”Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør” (Klif 2010). Siden 2006, har det vært lagt opp til månedlig prøvetaking i Modalselva. I 2010 ble det tatt 13 prøver. Det var ingen prøvetaking i mai eller november, men det ble tatt to prøver i juni. I tillegg ble det tatt to ekstraprøver i april i forbindelse med det store vulkanutbruddet på Island. Resultatene fra analysene av sistnevnte skilte seg ikke nevneverdig ut og er derfor inkludert i beregningen av årsmiddelverdier.

Prøvene i Modalselva i 2010 ble analysert mhp. pH, konduktivitet, alkalitet, total nitrogen, ammonium, nitrat, total organisk karbon (TOC), klorid, sulfat, reaktivt aluminium, ikke-labilt aluminium, kalsium, kalium, magnesium og natrium. Labilt aluminium beregnes som differansen mellom reaktivt og ikke-labilt aluminium, og ANC beregnes som differansen mellom ekvivalenter av sterke basekationer (kalsium, magnesium, natrium og kalium) og sterke syreanioner (klorid, sulfat og nitrat).

Prøvetakingsstasjonen var opprinnelig ved Farestveit. Mot slutten av 1999 ble det observert brå endringer i vannkjemien. Etter en nøyere gjennomgang av data begynte vi å få mistanke om at tilsig rett oppstrøms prøvetakingsstasjonen gav ustabil vannkvalitet. Det var spesielt TOC som viste store svingninger. I løpet av 2001 ble det tatt prøver forskjellige steder i elva for å se om andre prøvetakingspunkter kunne egne seg bedre. Prøvetakingsstedet ble deretter flyttet til omtrent midtveis mellom Haugen og Espeneset, OV 3346 NS 67491 (**Figur 1**), noe som er ca 1 km oppstrøms Farestveit. Første prøve på det nye stedet ble tatt i mai 2002.



**Figur 1.** Kart som viser hele nedbørsfeltet til Modalselva (venstre figur), og et kart i mindre målestokk (høyre figur) som viser litt mer detaljert lokalisering av prøvetakingsstasjonen f.o.m. mai 2002 (rødt punkt).

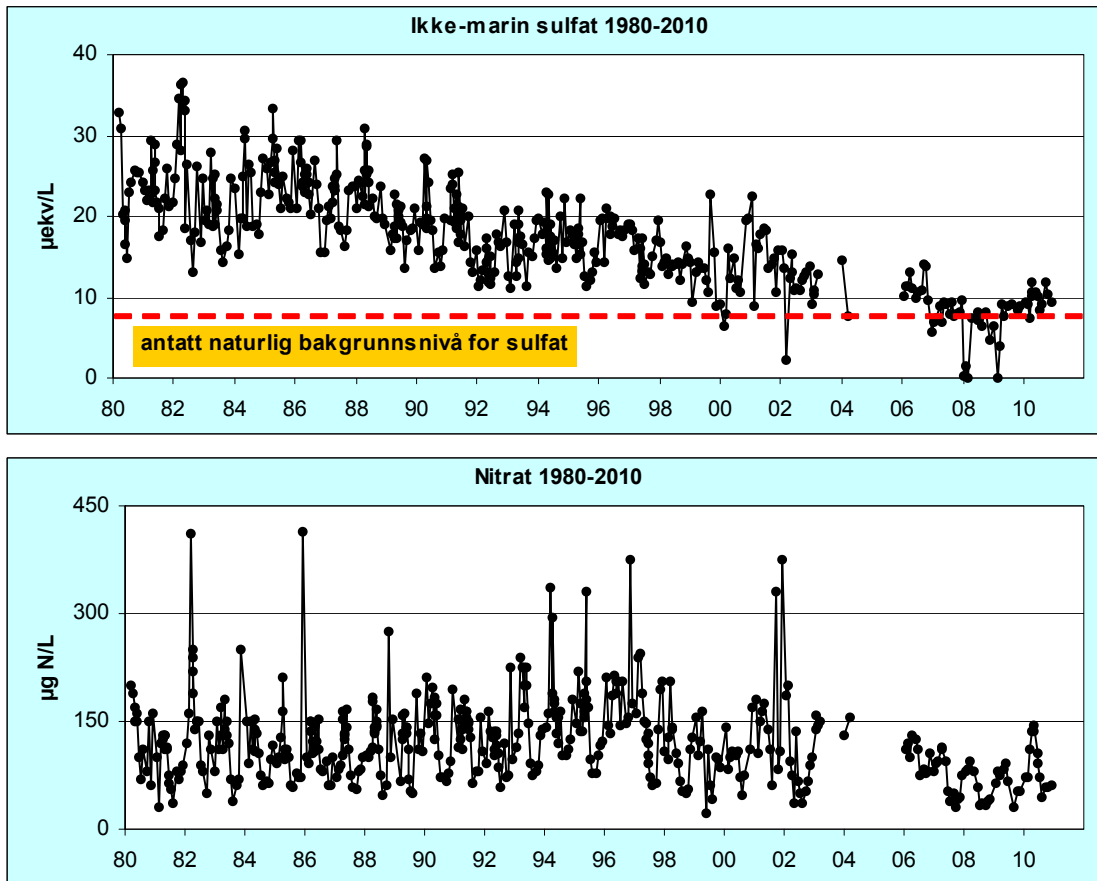
### 3. Resultater

Det er nå over 30 år siden målingene av vannkjemi startet i Modalselva. Siden den gang har prøvetakingsfrekvensen variert, og det er heller ikke hvert år det har blitt tatt prøver. Vi har likevel valgt å sammenligne årsmidler for å illustrere tendenser. **Tabell 1** og **Tabell 2** i Vedlegg A inneholder hhv. primærdata for dette rapporteringsåret (2010) og årsmiddelverdier for utvalgte parametere for hele tidsperioden. For årene 2002, 2004 og 2005 er det ikke beregnet årsmidler på grunn av flytting av prøvetakingssted (2002) og mangelfull prøvetaking (2004 og 2005). Resultatene av enkeltmålinger for tidsrommet 1980 - 2010 er presentert grafisk for et utvalg av parametere i **Figur 2** til **Figur 8**. Figurer med gjennomsnittsverdier for hvert enkelt år er vist for ni parametere i **Figur 9**. Resultater fra tidligere år er rapportert i SFT (2003 og tidligere rapporter i samme serie) og Skjelkvåle og Skancke (2007-2010).

#### Sulfat og nitrat

Det har vært en klar reduksjon i konsentrasjonen av ikke-marin sulfat ( $\text{SO}_4^*$ ), dvs. sulfat som tilføres via forvitring av berggrunn eller surt nedfall, siden prøvetakingen startet i 1980. På 1980-tallet lå ikke-marin sulfat i området 13-37  $\mu\text{ekv/L}$  (171 prøver), og på 1990-tallet 9-27  $\mu\text{ekv/L}$  (164 prøver) (**Figur 2**). På 2000-tallet var maksimumsverdien av  $\text{SO}_4^*$  redusert til 22  $\mu\text{ekv/L}$  (av 98 prøver). Årsmiddel av  $\text{SO}_4^*$  har sunket fra maksimalverdien på 27  $\mu\text{ekv/L}$  i 1982 til minimumsverdien på 5  $\mu\text{ekv/L}$  i 2008; i 2010 var årsmiddelverdien 10  $\mu\text{ekv/L}$  (**Figur 9**). Det er tidligere beregnet at ”naturlig bakgrunnsnivå” for ikke-marin sulfat er ca 8  $\mu\text{ekv/L}$  (Henriksen *et al.* 1988). Det er sannsynlig at bakgrunnsverdien i Modalselva er enda lavere (se også avsnittet om basekationer).

Så lenge prøvetakingsstasjonen var ved Farestveit, var det store svingninger i nitratkonsentrasjonene både innen samme år og mellom år (**Figur 2**, **Figur 9**). Verdiene kunne svinge mellom < 30 og 415  $\mu\text{g N/L}$ . Det ble et markant skille ved flyttingen av prøvetakingsstedet lenger opp i elva i 2002. Etter dette er høyeste registrerte konsentrasjon 157  $\mu\text{g N/L}$ , og forskjellene i nitratkonsentrasjon mellom årene synes også å være mindre. I tidsrommet 2006-2010 har verdiene ligget i intervallet 30-145  $\mu\text{g N/L}$  med relativt små variasjoner fra år til år.



**Figur 2.** Alle enkeltobservasjoner av ikke-marin sulfat og nitrat for perioden 1980-2010. Antatt naturlig bakgrunnsnivå for ikke-marin sulfat er markert med rød, stiplet linje.

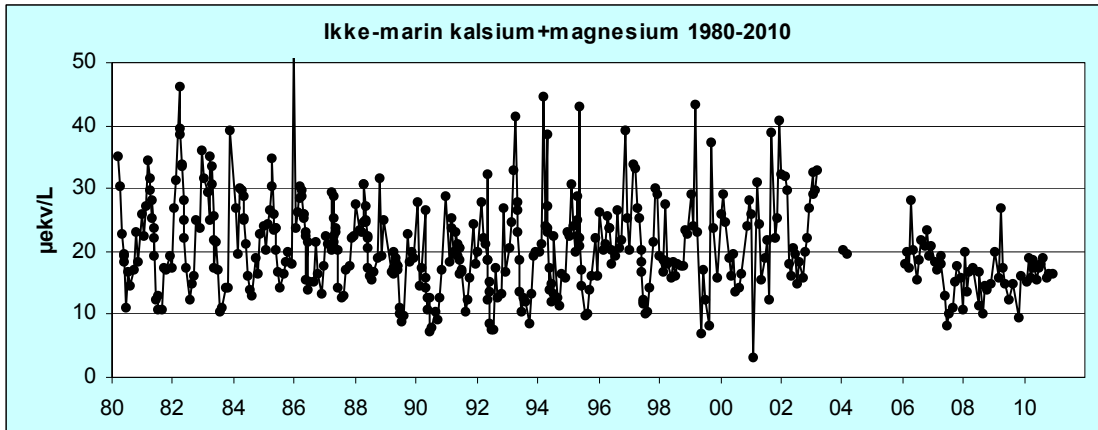
### Basekationer

Modalselva ligger i et område hvor berggrunnen forvitrer sakte (dvs. den brytes veldig sakte ned) og avgir svært lite ioner til vann. Forvitringen skjer hovedsakelig i jordsmonnet, og når jordsmonnet er tynt og sparsomt går forvitningsprosessene sakte. I tillegg mottar dette området mye nedbør. Nedbørsnormalen for 1961-1990 angir nedbørsmengdene i Modalen til ca 2900 mm per år, og slike årlige nedbørsmengder gir høy fortynning. Alle disse tre faktorene sammen (treg forvitring, tynt jordsmonn, store nedbørsmengder) fører til at konsentrasjonen av ioner (inklusive sulfat, se avsnittet over) i vannet er lav. Konsentrasjonene av basekationer svinger noe fra år til år. Svingningene kan være forårsaket av variasjoner i årlig nedbørsmengde og fordelingen av nedbør gjennom året.

Svært få av prøvene som er tatt i Modalselva siden 1980, har vist kalsiumkonsentrasjon  $>0,8$  mg/L. De fleste målinger av kalsium og magnesium har ligget under hhv.  $<0,5$  mg/L og  $<0,2$  mg/L, noe som er svært lavt. Dette indikerer at vannet er svært forsurningsfølsomt, og at vilkårene for vannlevende organismer er marginale. På samme måte som for nitrat, er det mindre svingninger i verdiene etter flyttingen av prøvetakingsstasjonen i 2002.

Enkeltresultater (**Figur 3**) og årsmidler (**Figur 9**) av kalsium og magnesium fra perioden 2006-2010 er blant de laveste som er registrert gjennom hele overvåkingstidsrommet. Ved nedbørstasjonen i Modalen ble det registrert svært lite nedbør i begynnelsen og slutten av året i 2010, og årsnedbøren ble bare ca 65 % av normalen for 1961-1990 (met.no). Likevel ble det

ble også i 2010 registrert svært lave konsentrasjoner for kalsium og magnesium. Årsmiddelverdien av kalsium og magnesium for 2010 ble hhv. 0,34 og 0,12 mg/L, og summen av ikke-marin kalsium + magnesium 17  $\mu\text{ekv/L}$ .



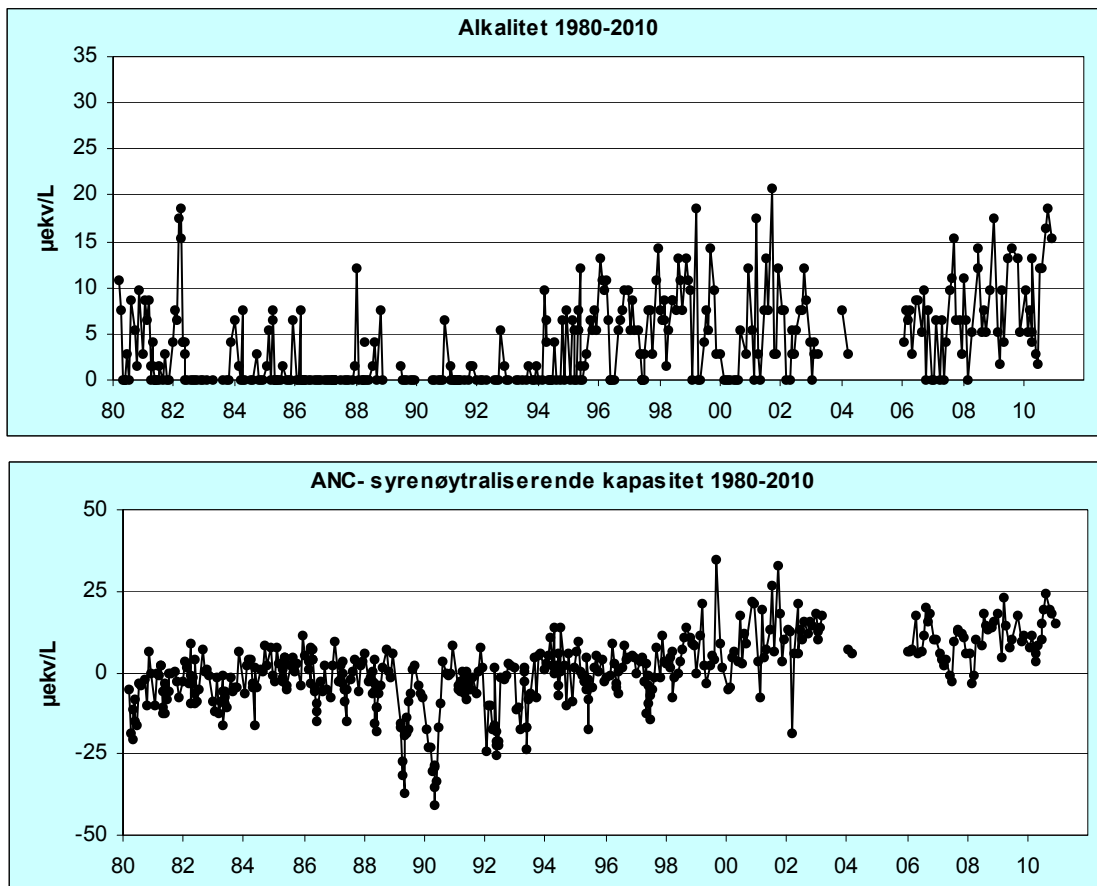
**Figur 3.** Alle enkeltobservasjoner av ikke-marin Ca+Mg for perioden 1980-2010.

### Alkalitet og ANC

Alkalitet og ANC er begge mål på vannets evne til å bufre tilførsel av syre, men førstnevnte måles ved titrering og sistnevnte beregnes som differansen mellom summen av sterke basekationer og summen av sterke syreanioner. Nedgangen i sulfat indikerer bedring i forsuringssituasjonen og har gitt bedre vannkvalitet i form av økt alkalitet, ANC og pH, og lavere konsentrasjoner av labilt aluminium gjennom måleperioden (se delkapitler under om de to sistnevnte).

Mange av prøvene på 1980- og 1990-tallet hadde alkalitet nær 0  $\mu\text{ekv/L}$ , og i perioden 1980-1993 hadde fire av årene årsmiddelverdi på 0  $\mu\text{ekv/L}$  (Tabell 2, Vedlegg A). I perioden 1994-1999 synes det å være en tendens til økning i årsmiddelverdien for alkalitet (2-8  $\mu\text{ekv/L}$ ), men i 2000 var det igjen en reduksjon til 2  $\mu\text{ekv/L}$ . Flyttingen av prøvetaksingssted kan virke inn også her, men synes mindre tydelig enn for parameterene omtalt foran. Fra 2006 har det vært en fin økning fra 6  $\mu\text{ekv/L}$  og til 10  $\mu\text{ekv/L}$  i 2010. Enkeltverdiene svinger noe gjennom året, og siste år lå verdiene i området 2-19  $\mu\text{ekv/L}$  (Figur 4).

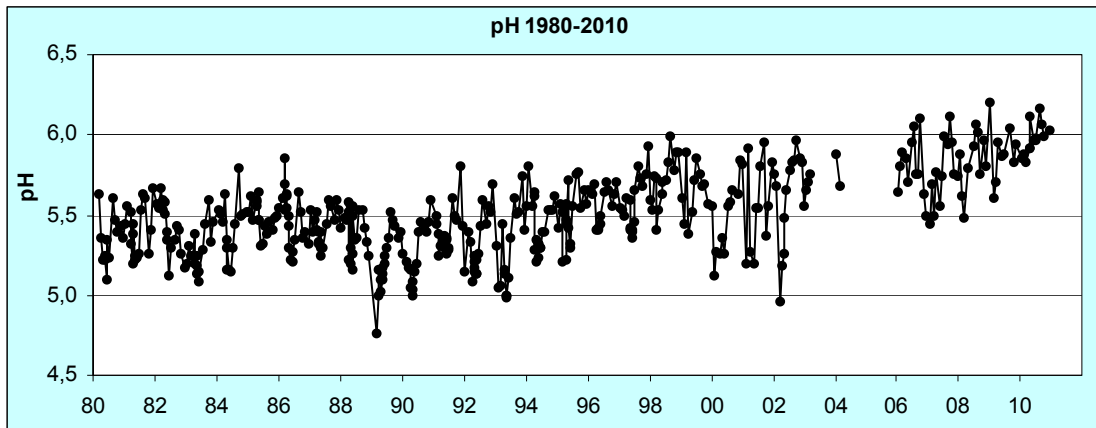
Gjennom måleperioden har det vært en økning av ANC i Modalselva. Verdiene har endret seg fra negative årsmiddelverdier for ANC ned mot -17  $\mu\text{ekv/L}$  (1990) til > 10  $\mu\text{ekv/L}$  i noen år på 2000-tallet. Verdiene svinger noe, men med unntak av årsmiddelverdien i 2007 (6  $\mu\text{ekv/L}$ ) har verdiene ligget på 10-13  $\mu\text{ekv/L}$  de siste fem årene. I 2009 og 2010 hadde ingen enkeltprøve negativ verdi for ANC (verdiene har svingt mellom 4 og 24  $\mu\text{ekv/L}$ ). Henriksen *et al.* (1995) foreslo at kritisk verdi for ANC mht. innlandsørret ligger omkring 10  $\mu\text{ekv/L}$  i svært ionefattig vann. I klassifiseringsveilederen som er utarbeidet i forbindelse med Vannforskriften, er grenseverdien mellom god og moderat tilstand mht. ANC satt til 40  $\mu\text{ekv/L}$  i årsmiddelverdi for vanntyper som Modalselva (lavland, kalkfattig og klar elv med laks) (Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2009). Ionekonsentrasjonene i Modalselva er imidlertid så lave at det neppe er realistisk å forvente at årsmiddelverdien for ANC skal nå 40  $\mu\text{ekv/L}$ .



**Figur 4.** Alle enkeltobservasjoner av alkalitet og beregnede verdier for ANC for perioden 1980-2010.

## pH

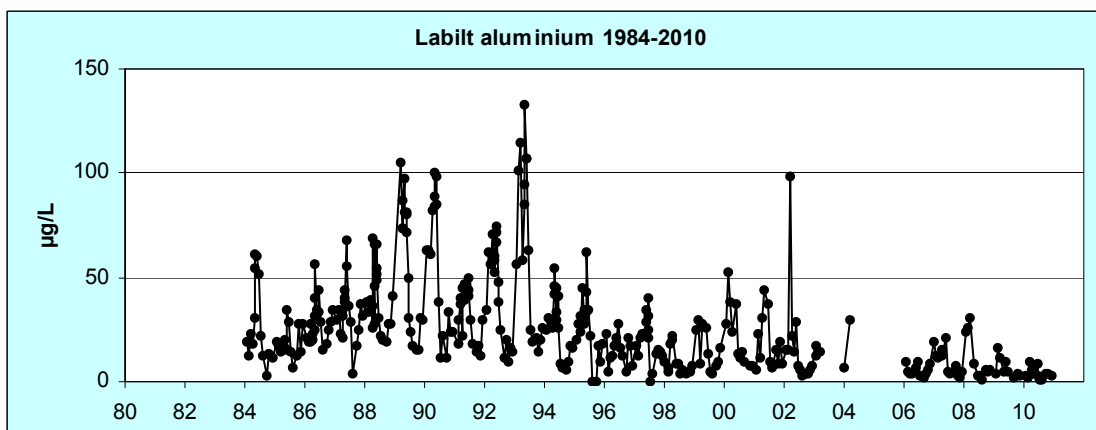
Hele måleperioden sett under ett, viser at det har vært en økning i årsmiddelverdi for pH i Modalselva (**Figur 5**, **Figur 9**). Verdiene har økt fra pH 5,2-5,5 på 1980-tallet til pH 5,7-5,9 i siste halvdel av 2000-tallet. Årsmiddelverdien for pH har økt hvert år siden 2007 (5,8-6,0), og de 13 prøvene i 2010 ga den hittil høyeste årsmiddelverdien innen denne måleserien. Fem av prøvene i 2010 hadde pH-verdi på 5,8-5,9, mens de øvrige hadde  $\text{pH} \geq 6,0$  med en maksimumsverdi for året på 6,17. I klassifiseringsveilederen som er utarbeidet i forbindelse med Vannforskriften, er grenseverdien mellom god og moderat tilstand mht. pH satt til 6,2 som minimumsverdi for vanntyper som Modalselva (lavland, kalkfattig og klar elv med laks) (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009).



*Figur 5. Alle enkeltobservasjoner av pH for perioden 1980-2010.*

### Aluminium

Labilt aluminium (LAl) representerer former for aluminium som antas å være giftig for fisk og andre gjellelevende organismer. Det er maksimumskonsentrasjonene av labilt aluminium som har størst økologisk relevans, og disse er i dag mye lavere enn på 1980- og 1990-tallet selv om verdiene fortsatt svinger noe fra år til år. Løseligheten av aluminium er kontrollert av pH, slik at når pH øker vil LAl avta. Som vist over, har pH økt gjennom måleperioden og likeledes har maksimalverdien for LAl blitt redusert. I 1993 ble det registrert flere enkeltprøver med LAl-verdi  $> 100 \mu\text{g/L}$  i Modalselva (*Figur 6*). Etter 2005 har maksimumsverdien vært  $31 \mu\text{g/L}$  i stikkprøvene. Selv om det ble tatt færre prøver per år de siste årene enn på 1990-tallet, illustrerer dette at vannkjemien har blitt bedre. I 2010 var verdiene for labilt aluminium lave ( $1\text{-}10 \mu\text{g/L}$ ). I klassifiseringsveilederen som er utarbeidet i forbindelse med Vannforskriften, er grenseverdien mellom god og moderat tilstand mht. LAl satt til  $10 \mu\text{g/L}$  i maksimumsverdi for vann typer som Modalselva (lavland, kalkfattig og klar elv med laks) (Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2009).



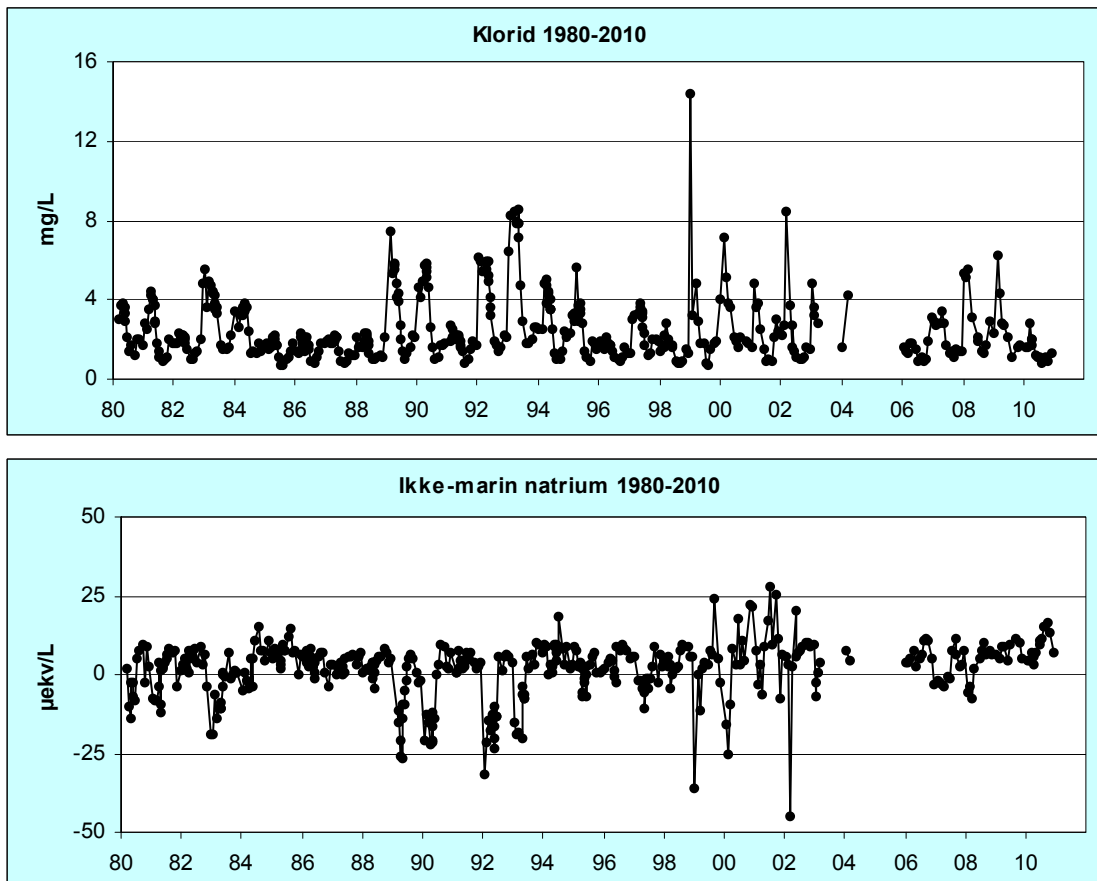
*Figur 6. Alle enkeltobservasjoner av labilt aluminium (LAl) for perioden 1984-2010.*

### ”Sjosalter” – klorid og natrium

Det har vært en sterk reduksjon i tilførsler av langtransporterte, forsurende komponenter med luft og nedbør de to-tre siste tiårene, og dette har hatt en positiv effekt på vannkvaliteten i

Sør-Norge. Sjøsaltepisoder er en annen faktor som kan påvirke vannkvaliteten i negativ retning. Sjøsaltepisoder oppstår fra tid til annen i forbindelse med kraftige vinterstormer som kan bringe store mengder sjøsalter inn over land. I områder som er kronisk forsuret, kan ionebytte i jorda der natrium fra sjøsaltet holdes tilbake, mens  $H^+$ - og  $Al^{3+}$  ioner vaskes ut sammen med klorid, gi kraftig økning i klorid, fall i pH, økt LAI og negative verdier for ANC. I områder som ikke er forsuret vil det være kalsium og magnesium som byttes ut med natrium, slik at økt tilførsel av sjøsalter ikke fører til en forsureningsepisode.

Analyser av prøver fra Modalselva har vist at dette vassdraget kan være utsatt for sjøsaltepisoder. Det har imidlertid ikke vært avdekket noen sterke sjøsaltepisoder i stikkprøvene som har vært tatt etter mars 2002. I 2010 var årets maksimumsverdier for hhv. klorid og natrium kun 2,86 og 1,75 mg/L. Som skrevet om i tidligere avsnitt i denne rapporten, ble det ikke avdekket alvorlige pH-fall, høye verdier for labilt aluminium eller negative verdier for ANC dette året.

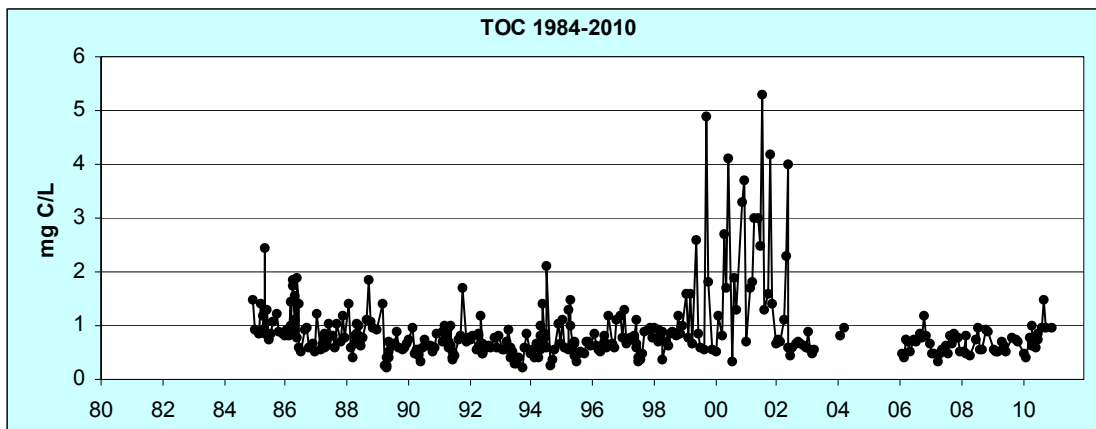


**Figur 7.** Alle enkeltobservasjoner av "sjøsalter" – klorid og natrium for perioden 1980-2010.

### Organisk materiale

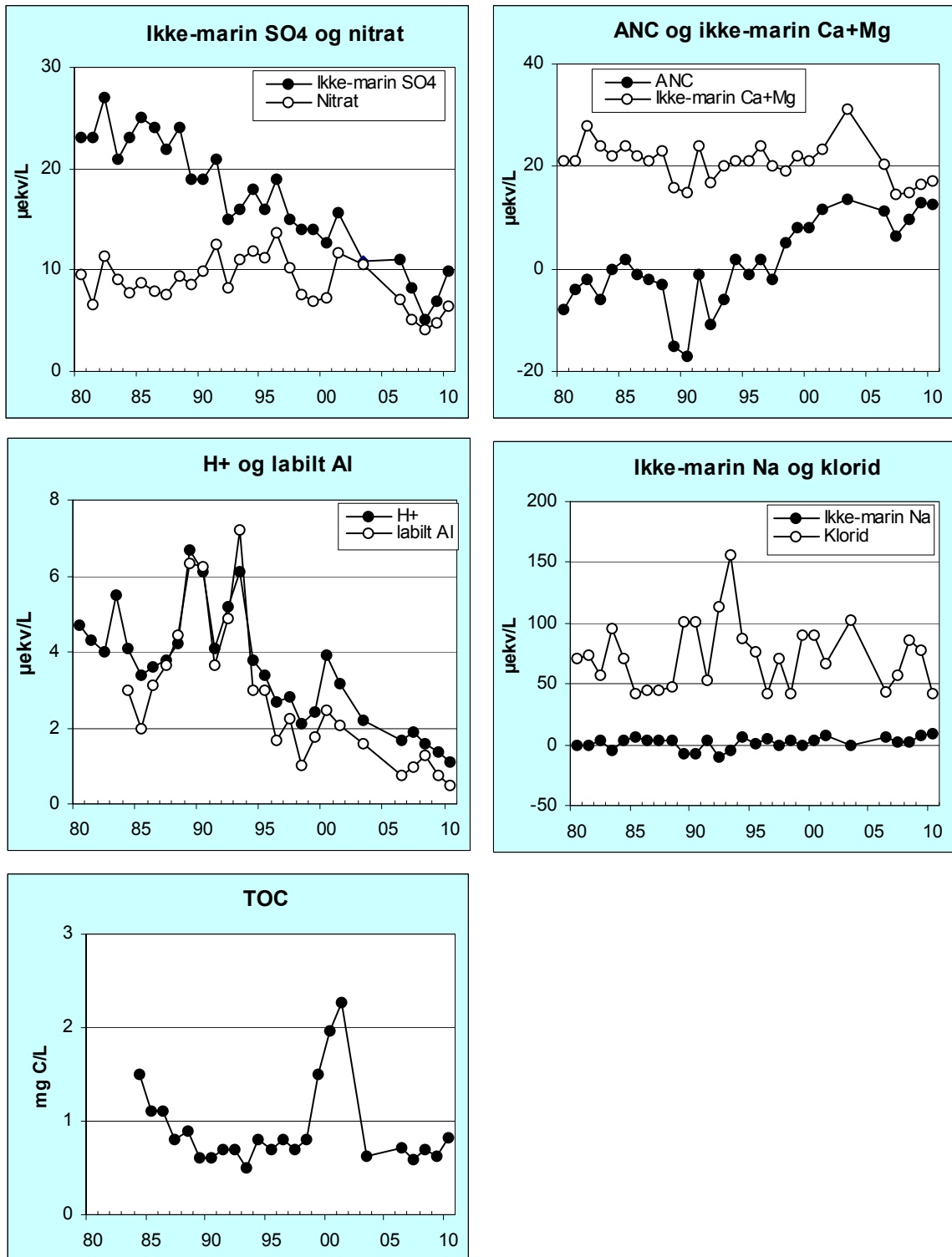
Det ble registrert uvanlig høye konsentrasjoner av totalt organisk karbon (TOC) i stikkprøvene fra slutten av 1999 til mai 2002 (opp mot 5 mg C/L, mot < 3 mg C/L før 1999). I tillegg var det større svingninger i verdiene enn vanlig for en rekke andre kjemiske parametere; nitrat, alkalitet, pH, basekationer og ANC. Dette førte til at prøvetakingsstedet ble

flyttet i mai 2002. Prøvene tatt etter flyttingen viser kun mindre svingninger i TOC-verdiene (**Figur 8**). De siste fem årene har årsmiddelverdiene for TOC vært 0,6-0,8 mg C/L. Det siste året varierte verdiene i stikkprøvene mellom 0,4 mg/L og 1,5 mg/L.



**Figur 8.** Alle enkeltobservasjoner av total organisk karbon for perioden 1984-2010. Legg merke til perioden 1999-2002, som er omtalt og forklart spesielt i teksten.





**Figur 9.** Trender i et utvalg av vannkjemiske måleparametere for perioden 1980-2010. Hvert punkt representerer aritmetisk middelværdi av alle målingene gjennom året. Det er ingen verdier for årene 2002, 2004 og 2005. Punktene for 2003 er basert på kun fire prøver.

## 4. Referanser

- Bjerknes, V., Gabrielsen, S.E. & Halvorsen, G.A. 2007. Vurdering av vannkjemiske og biologiske tiltak i Modalsvassdraget. En pilotstudie. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). LNO-5508. 38 s
- Direktoratsgruppa Vanddirektivet, 2009. Veileder 01: 2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann, 179 s.
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T. S., Sevaldrud, I. S. & Brakke, D. F. 1988. Lake acidification in Norway-present and predicted chemical status. *Ambio* 17: 259-266.
- Henriksen, A., Posch, M., Hultberg, H. & Lien, L. 1995. Critical loads of acidity for surface waters - Can the ANClimit be considered variable? *Water Air Soil Pollut.* 85: 2419-2424.
- Klif 2010. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2009. Statlig program for forurensningsovervåking 1078/2010. TA-2696/2010.
- met.no 2011. Nedbørhøyder for 2010 fra meteorologisk stasjon Modalen, samt normalperioden 1961-1990. Meteorologisk institutt, Oslo.
- SFT 2003. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2002. Rapport 886/2003. Statlig program for forurensningsovervåking. Statens forurensningstilsyn, Oslo.
- Skjelkvåle, B. L. & Skancke, L. B. 2007. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2006, p 17, NIVA-rapport OR-5388, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo.
- Skjelkvåle, B. L. & Skancke, L. B. 2008. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2007, p 17, NIVA-rapport OR-5599, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo.
- Skjelkvåle, B. L. & Skancke, L. B. 2009. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2008, p 23, NIVA-rapport OR-5802, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo.
- Skjelkvåle, B. L. & Skancke, L. B. 2010. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2009, p 19, NIVA-rapport OR-5973, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo.

## Vedlegg A. Vannkjemiske analyser

Tabell 1. Vannkjemi for 13 enkeltobservasjoner i Moddalselva i 2010.

Dato	pH	Kond	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Aik	A/R	A/II	LAI	TOC	Tot-N	NH <sub>4</sub>	ANC
		mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg N/L	µekv/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg C/L	µg N/L	µg N/L	µekv/L
29.01.2010	5,85	0,98	0,30	0,13	0,99	0,11	1,60	0,67	71	10	11	8	3	0,50	111	5	7
22.02.2010	5,88	1,00	0,38	0,13	1,00	0,12	1,62	0,67	71	5	8	6	2	0,41	109	5	12
22.03.2010	5,83	1,55	0,38	0,15	1,75	0,16	2,86	0,75	110	8	29	19	10	0,78	145	4	7
19.04.2010	5,91	1,08	0,36	0,14	1,11	0,17	1,76	0,81	135	5	20	14	6	0,71	160	6	6
21.04.2010	5,91	1,16	0,38	0,14	1,18	0,15	2,00	0,77	135	4	15	11	4	0,99	170	3	4
26.04.2010	6,11	1,34	0,39	0,15	1,29	0,16	2,02	0,79	145	13	24	17	7	0,64	205	24	8
14.06.2010	5,97	0,91	0,29	0,11	0,90	0,13	1,22	0,68	105	3	14	<5		0,58	131	3	10
28.06.2010	5,96	0,84	0,31	0,11	0,84	0,14	1,06	0,63	93	2	13	10	3	0,73	180	11	15
15.07.2010	5,98	0,86	0,36	0,09	0,88	0,14	1,10	0,56	71	12	12	11	1	0,85	150	7	19
17.08.2010	6,17	0,77	0,33	0,09	0,77	0,12	0,76	0,55	44	12	12	11	1	0,95	129	5	24
23.09.2010	6,06	0,91	0,30	0,10	1,01	0,14	1,13	0,73	57	16	32	28	4	1,5	155	4	20
14.10.2010	5,99	0,82	0,29	0,10	0,82	0,13	0,93	0,63	59	19	17	13	4	0,97	137	3	18
14.12.2010	6,03	0,93	0,34	0,10	0,90	0,21	1,32	0,63	61	15	13	10	3	0,98	185	13	15
<b>Mid</b>	<b>5,96</b>	<b>1,01</b>	<b>0,34</b>	<b>0,12</b>	<b>1,03</b>	<b>0,14</b>	<b>1,49</b>	<b>0,68</b>	<b>89</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>0,81</b>	<b>151</b>	<b>7</b>	<b>13</b>
<b>Min</b>	<b>5,83</b>	<b>0,77</b>	<b>0,29</b>	<b>0,09</b>	<b>0,77</b>	<b>0,11</b>	<b>0,76</b>	<b>0,55</b>	<b>44</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>&lt;5</b>	<b>1</b>	<b>0,41</b>	<b>109</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Max</b>	<b>6,17</b>	<b>1,55</b>	<b>0,39</b>	<b>0,15</b>	<b>1,75</b>	<b>0,21</b>	<b>2,86</b>	<b>0,81</b>	<b>145</b>	<b>19</b>	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>1,50</b>	<b>205</b>	<b>24</b>	<b>24</b>

**Tabell 2.** Gjennomsnittsverdier for perioden 1980 til 2010. Hvert tall representerer aritmetisk middelværdi for alle observasjoner gjennom året. Ingen data for 2002 (prøvetaksstasjonen ble flyttet i mai dette året), 2004 (kun to prøver) og 2005 (ingen prøvetaking). Dataene for 2003 er basert på kun fire prøver.

År	pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	SO <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> µg N/L	Alk µekv/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAI µg/L	TOC mg C/L	Tot-N µg N/L	NH <sub>4</sub> µg N/L	H <sup>+</sup> µekv/L	ANC µekv/L	CM* µekv/L	SO <sub>4</sub> * µekv/L	Na* µekv/L	
1980	5,33	0,43	0,19	1,37	0,21	2,5	1,5	135	4	57						4,7	-8	21	23	-1	
1981	5,37	0,43	0,2	1,41	0,2	2,6	1,5	92	2	52						4,3	-4	21	23	0	
1982	5,40	0,49	0,2	1,17	0,23	2,0	1,6	160	5	48						4,0	-2	28	27	3	
1983	5,26	0,48	0,27	1,78	0,22	3,4	1,5	126	1	64						5,5	-6	24	21	-5	
1984	5,38	0,43	0,21	1,49	0,21	2,5	1,4	108	2	41	14	27	1,5			4,1	0	22	23	4	
1985	5,47	0,41	0,17	1,01	0,20	1,5	1,4	122	2	37	19	18	1,1			3,4	2	24	25	7	
1986	5,44	0,39	0,16	1,00	0,18	1,6	1,4	110	0	45	17	28	1,1			3,6	-1	22	24	4	
1987	5,42	0,37	0,16	0,98	0,17	1,6	1,3	107	0	46	13	33	0,8			3,8	-2	21	22	3	
1988	5,38	0,40	0,18	1,01	0,17	1,7	1,4	131	2	52	12	40	0,9	198	10	4,2	-3	23	24	3	
1989	5,18	0,37	0,26	1,83	0,19	3,6	1,4	119	0	69	12	57	0,6	170		6,7	-15	16	19	-7	
1990	5,22	0,37	0,25	1,81	0,21	3,6	1,4	138	1	66	10	56	0,6	191		6,1	-17	15	19	-8	
1991	5,38	0,44	0,18	1,17	0,22	1,9	1,3	175	3	46	13	33	0,7	238		4,1	-1	24	21	4	
1992	5,28	0,42	0,28	2,01	0,22	4,0	1,3	116	1	62	18	44	0,7	169		5,2	-11	17	15	-10	
1993	5,22	0,52	0,38	2,99	0,24	5,5	1,5	155	0	80	15	65	0,5	210		6,1	-6	20	16	-4	
1994	5,42	0,44	0,23	1,85	0,22	3,1	1,3	166	2	50	23	27	0,8	225		3,8	2	21	18	6	
1995	5,47	0,42	0,22	1,55	0,19	2,7	1,2	156	4	50	23	27	0,7	202		3,4	-1	21	16	1	
1996	5,56	0,41	0,16	0,94	0,25	1,5	1,1	192	6	35	19	15	0,8	259		2,7	2	24	19	5	
1997	5,55	0,40	0,21	1,39	0,21	2,5	1,1	144	5	38	19	20	0,7	194		2,8	-2	20	15	-1	
1998	5,68	0,35	0,14	0,94	0,15	1,5	0,9	106	8	28	18	9	0,8	172		2,1	5	19	14	4	
1999	5,62	0,46	0,25	1,8	0,29	3,2	1,1	97	7	55	39	16	1,5	202		2,4	8	22	14	0	
2000	5,41	0,45	0,24	1,85	0,18	3,2	1,1	102	2	84	62	22	2,0	194		3,9	8	21	13	4	
2001	5,50	0,44	0,21	1,49	0,31	2,3	1,1	165	8	74	56	18	2,3	274		3,2	11	23	16	8	
2002																					
2003	5,66	0,58	0,32	2,00	0,24	3,6	1,0	148	2	29	15	14	0,6	204		2,2	13	31	11	-1	
2004																					
2005																					

År	pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	SO <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> µg N/L	Alk µekv/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAI µg/L	TOC mg C/L	Tot-N µg N/L	NH <sub>4</sub> µg N/L	H+ µekv/L	ANC µekv/L	CM* µekv/L	SO <sub>4</sub> * µekv/L	Na* µekv/L
2006	5,77	0,39	0,13	0,99	0,14	1,53	0,74	100	6	18	11	7	0,7	166	7	1,7	11	20	11	6
2007	5,72	0,31	0,15	1,18	0,14	2,04	0,68	70	6	21	13	9	0,6	134	6	1,9	6	15	8	2
2008	5,79	0,35	0,18	1,75	0,17	3,03	0,67	58	8	25	14	11	0,7	129	6	1,6	10	15	5	3
2009	5,86	0,37	0,16	1,72	0,14	2,77	0,70	66	9	20	13	7	0,6	125	5	1,4	13	16	7	8
2010	5,96	0,34	0,12	1,03	0,14	1,49	0,68	89	10	17	13	4	0,8	151	7	1,1	13	17	10	9

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)