

Resipientundersøkelse av Kammerfosselva ved Vafoss 2010-2011



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

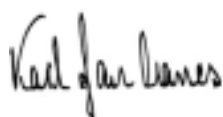
Tittel Resipientundersøkelse av Kammerfosselva ved Vafoss 2010-2011	Løpenr. (for bestilling) 6287-2012	Dato Desember 2011
	Prosjektnr. Undernr. O-10237	Sider Pris 31
Forfatter(e) Karl Jan Aanes, Tor Erik Eriksen og Jarl Eivind Løvik	Fagområde Vassdragsovervåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Telemark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Vafos AS	Oppdragsreferanse Jan Sundbø
------------------------------	---------------------------------

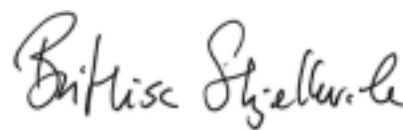
Sammendrag

Det er for Vafos AS blitt gjennomført en overvåking av Kammerfosselva i nærområdet til bedriften for å kunne vurdere hvilken betydning utslippet av prosessvann har for miljøtilstanden i resipienten. NIVAs overvåking startet opp i april 2010 og pågikk frem til mars 2011 med månedlig prøvetaking av fysisk-kjemiske parametere relatert til utslippets sammensetning. I tillegg ble det hentet inn biologiske prøver for å beskrive effekter på bunnsfaunaens sammensetning, og prøver for å dokumentere fekal påvirkning. Rapporten redegjør for resultatene fra dette arbeidet og beskriver miljøtilstanden i resipienten.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kammerfosselva 2. Vafos AS 3. Resipientundersøkelse 4. Miljøtilstand 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. The River Kammerfosselva 2. Vafos AS 3. Resipient studies 4. Environmental status
---	--



Karl Jan Aanes
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

**Resipientundersøkelse av Kammerfosselva ved
Vafoss 2010-2011**

Forord

I tilknytning til endringer i konsesjonen for treforedlingsbedriften Vafos AS ble det av Klif gitt pålegg om å gjennomføre en overvåkning av Vadfoss-/Kammerfosselva. Undersøkelsene skulle gjøres i nærområdet for å vurdere betydningen av bedriftens utslipp av prosessvann for resipientforholdene i vassdraget. NIVAs overvåkning startet opp i april 2010 og gikk frem til mars 2011 med månedlig prøvetaking av fysisk-kjemiske parametere relatert til utslippets sammensetning. I tillegg ble det hentet inn biologiske prøver for å beskrive effekter på bunnfaunaens sammensetning og eventuell fekal påvirkning. Analysene er utført ved NIVAs laboratorier i Oslo med unntak av analyser av koliforme bakterier som ble utført ved LabNett Skien.

Denne rapporten redegjør for resultatene av dette arbeidet og beskriver miljøtilstanden i resipienten. Oppdragsgiver for undersøkelsene har vært Vafos AS og bedriftens kontaktperson har vært Jan Sundbø. Hos NIVA har Tor Erik Eriksen gjennomført bunndyrundersøkelsene. Data-materialet er sammenstilt og vurdert av Jarl Eivind Løvik og Karl Jan Aanes. Sistnevnte har fungert som prosjektleder for denne undersøkelsen.

Alle takkes for et godt samarbeid

Oslo, 5. desember 2011

Karl Jan Aanes
Forskningsleder vannressursforvaltning

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn	8
3. Resultater og vurderinger	12
3.1 Fysisk-kjemisk vannkvalitet	12
3.1.1 Generell vannkvalitet	12
3.1.2 Saltholdighet, partikler og organisk stoff	13
3.1.3 Transportberegninger, STS og KOF_{Mn}	16
3.1.4 Næringsstoffer	18
3.1.5 Metaller	19
4. Biologiske undersøkelser	20
4.1 Tarmbakterier	20
4.2 Bunndyr	21
5. Litteratur	23
6. Vedlegg	24

Sammendrag

Kammerfosselva er et gjennomregulert vassdrag med flere elvekraftverk med tilhørende reguleringsmagasin. Nedstrøms dammen for Vadfoss kraftverk ligger treforedlingsbedriften Vafos AS som benytter vassdraget som resipient for prosessavløpsvann. Vassdraget er også resipient for et gammelt barkdeponi som ligger like oppstrøms bedriften. Etter pålegg fra SFT (nå Klif) er det gjennomført en overvåkning av vannkvaliteten for å få frem en oppdatert status av resipientforholdene på dette vassdragsavsnittet. Undersøkelsene var knyttet til endringer i bedriftens utslippskonsesjon.

Karakteristisk for vassdraget er et vannføringsmønster som er sterkt påvirket av regulering, og vannforekomsten betegnes derfor som en sterkt modifisert vannforekomst etter vannforskriften. Dette er forhold som har stor betydning for biologiske forhold og vassdragets egenskaper som resipient.

NIVA befarte dette vassdragsavsnittet den 29. april 2010 og fastla plassering av prøvetakingsstasjoner. Det ble lagt en referansestasjon oppstrøms bedriften og like nedstrøms Langfoss kraftverk (st. Va-0) og ovenfor barkdeponiet. Den neste stasjonen ble plassert på dammen ved Vadfoss kraftverk (st Va-1) oppstrøms bedriften. Vannprøvene herfra gir informasjon om vannkvaliteten i vassdraget etter at det har mottatt eventuell avrenning fra barkdeponiet og før det mottar avløpsvann fra Vafos AS. Det ble tilsvarende nedstrøms bedriften plassert en stasjon i Kammerfosselva på vestsiden og like nedstrøms veibroen (Va-2) og en siste stasjon noe lengre nede i vassdraget, like før innløpet til Kammerfoss kraftstasjon (Va-3).

Vannprøver for å beskrive de fysiske-kjemiske forholdene ble hentet inn en gang hver måned. Disse ble supplert med tungmetaller - og bakterieanalyser (*E.coli*) hver 4 måned i perioden fra april 2010 til og med mars 2011. Følgende parametre ble målt: pH, konduktivitet, turbiditet, suspendert tørrstoff (STS), farge, total-fosfor, total-nitrogen og kjemisk oksygenforbruk (KOF_{Mn}), samt metallene arsen, kalsium, kadmium, krom, kobber, jern, kvikksølv, mangan, nikkel, bly og sink. Undersøkelser for å få et bilde av bunndyrsamfunnets oppbygning ble gjennomført den 29. april 2010. Prøvene ble samlet inn ved bruk av båt og ved hjelp av en Van Veen grabb.

Resultatene viser at vannkvaliteten på denne strekningen av Kragerø-vassdraget er svakt sur (pH~6,2), moderat humuspåvirket (farge ~35 mg Pt/l), ionefattig (konduktivitet ~2,3 mS/m) og kalkfattig (~1,5 mg Ca/l). Basert på middelverdiene og revidert typologi for norske elve-typer kan vassdraget på den aktuelle strekningen i vanndirektiv sammenheng betegnes som et stort, kalkfattig og humøst vassdrag i lavlandet.

I følge SFTs (nå Klifs) vurderingssystem for miljøkvalitet i ferskvann karakteriseres den generelle tilstanden i vassdraget som god. Midlere verdi for turbiditet dobler seg fra Va-1 til Va-2 og vassdraget endrer her miljøtilstand fra god til mindre god, men den høyeste verdien i undersøkelses-perioden ble målt på st. nederst i vassdraget ved Kammerfoss. Turbiditeten var høyest i sommerperioden når vannføringen er nær minstevannføring, og da på stasjonene nedstrøms bedriften. Resultatene for KOF_{Mn} var i hovedtrekkene samsvarende med tidsutviklingen for turbiditet. Verdiene er generelt høye på grunn av et høyt humusinnhold, noe som er en naturlig egenskap ved dette vassdraget, men som også påvirker miljøtilstanden i resipienten når den skal vurderes. Det var små forskjeller oppstrøms Vadfoss i konsentrasjonen av organisk materiale. Midlere verdi øker fra Va-0 til Va-1 med 3,7 % mens økningen videre i vassdraget er på 40,2 %. Fra stasjon Va-2 til Va-3 avtar verdiene for KOF_{Mn} med 11 %. Ut fra analyseresultatene for farge og KOF kan det ikke spores noen markert avrenning fra barkdeponiet oppstrøms stasjon Va-1 til vassdraget.

Basert på middelverdier for undersøkelsesperioden for STS, turbiditet og KOF_{Mn} kan vannkvaliteten i vassdraget karakteriseres som meget god og god (tilstandsklasse I og II) med hensyn til suspendert tørrstoff og god og mindre god (klasse II og III) med hensyn til turbiditet. Tilsvarende gir resultatene

fra KOF_{Mn} og for vannets egenfarge tilstanden mindre god (III) på alle stasjonene, da med unntak for kjemisk oksygenforbruk på stasjon Va-2, som får miljøtilstand dårlig (tilstandsklasse IV).

Transportestimer som er gjort kan tyde på at Vafoss- Kammerfosselva på årsbasis basert på data fra denne undersøkelsesperioden ble tilført ca. 900 tonn suspendert tørrstoff og organisk stoff tilsvarende et kjemisk oksygenforbruk på ca. 1400 tonn på strekningen fra Va - 1 til Va - 2. Påslaget på denne strekningen utgjør en økning på ca. 150 % av transporten for STS og ca. 30 % for KOF. Resultatene bør anses som grove estimer ettersom de bygger på relativt få konsentrasjonsmålinger. Videre er dette en elv som er sterkt regulert, og som gjennom året har til dels store variasjoner i vanntransporten. Selv små forskjeller i konsentrasjonen oppstrøms og nedstrøms bedriften vil resultere i et stort påslag i stofftransporten.

Beregninger bedriften selv har gjort og som er basert på data fra eget program for utslippskontroll gir transportverdier som er betydelig lavere enn de estimatene som er fremkommet i denne undersøkelsen. Forhold ved hvordan prøvetakingen ble gjort på ved stasjon Va-1 kan ha påvirket resultatet da en ved denne stasjonen tok overflatevann fra magasinet mens prøvene fra stasjonen oppstrøms (Va-0) ble tatt i utløpet av kraftstasjonen. Ellers ble det gjort endringer i prosessen ved bedriften (etablert tørrbarking og oppgradert filtrering/løsningene) slik at verdiene vi presenterer her ikke er realistiske i forhold til dagens utslipp.

Næringsstoffinnholdet i vannmassene er lavt og konsentrasjonene av fosfor og nitrogen var generelt lave. Ut fra middelverdiene kan vannkvaliteten ved alle stasjonene karakteriseres som svært god, tilstandsklasse I, med hensyn til tot-P og god mht. tot-N.

For tungmetaller viste analyseresultatene at konsentrasjonene lå innenfor intervallet for tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset) i henhold til Klifs (tidligere SFTs) reviderte system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann for nær alle metallene og på samtlige av stasjonene. Unntaket var kadmium, krom, kobber og sink og da for st. V-1 og Va-2. Verdiene ga her en moderat tilstand, men verdiene som ble målt lå nær klassegrensen mellom tilstand I og II.

Den hygieniske/ bakteriologiske vannkvaliteten kan karakteriseres som svært god ut fra forekomsten av *E. coli* i vannprøvene.

Undersøkelser av vassdragets bunndyrsamfunn ble begrenset av vanskelige prøvetakings-forhold, og dataene representerer kun en enkelt prøvetaking. Videre er vassdraget sterkt påvirket av regulering noe som også preger utformingen av bunndyrsamfunnet. Størst mangfold var det i materialet fra stasjonen oppstrøms Vafoss AS. Her ble det bl.a. registrert bunndyrgrupper som livnærer seg ved å filtrere ut næringspartikler som kommer med strømmen. Dette er organismer som blir borte når belastningen med partikler/trefiber blir for stor. Like nedstrøms bedriften er faunaen redusert, en spesiell vassdrags-utforming og store variasjoner i vannstand og vannføring er her en viktig årsakssammenheng. Det ble i materialet fra Va 2A like nedstrøms Vafoss AS registrert to taksa av vårfluer som ikke trives hvis den organiske belastningen blir for stor. Prøvene som ble tatt noe lengre nedstrøms bedriften (Va 2B og Va-3) var fra et substrat som bestod av silt og relativt mye trefiber. Faunasammensetningen var her som forventet og indikerer påvirkning knyttet til organisk belastning, som i dette tilfellet tilskrives utslipp av prosessvann fra treforedlingsindustri og hvor sedimentet har en fiberbelastning.

Summary

Title: Recipient studies in the River Kammerfosselva at Vafoss

Year: 2011

Author: Karl Jan Aanes, Tor Erik Eriksen og Jarl Eivind Løvik

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6022-9

This report summarises the 2010 and 2011 results from monitoring activities of watercourse River Kammerfosselva at Vafoss. At this site the Vafos AS is located with market pulp mill for production of mechanical pulp. The investigation has included biological and chemical elements.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Vafos AS er et tresliperi/celluloseprodusent som ble grunnlagt i 1889 ved Kammerfosselva i Kragerø kommune. Bedriften eies i dag av Hellevad AS som også eier papir/cellulose produsentene Larvik Cell AS og Hellefoss AS.

Kammerfosselva nedstrøms dammen i Vafoss (figur 1) er resipient for prosessavløpsvann fra bedriften, og vassdraget like oppstrøms er resipient for avrenning fra et eldre barkdeponi. Tidligere SFT (nå Klif) hadde gitt bedriften et pålegg om å iverksette en overvåkning av vannkvaliteten i resipienten for å få frem en oppdatert status av resipientforholdene på dette vassdragsavsnittet. Undersøkelsene var knyttet til endringer i utslipps-konsesjonen (Ref Konsesjonsutkast s. 9 pkt 12).

Det undersøkte vassdragsavsnittet er en del av Kragerøvassdraget (nedførfelt ca 1242 km²) og består i hovedsak av innsjøen Toke med tilløp, beliggende i Drangedal kommune i Telemark og vassdraget nedstrøms. Elven fra Toke (Fig. 1) skifter navn flere ganger og omtales som Lundereid elva fra Toke via Dalsfoss ned til Farsjø (38 moh.), så Fossane og Tisjø fra Farsjø ned til Tveitereidvannet (27 moh.) og Vadfosselva fra Tveitereid ned til Vafoss, mens den nederste delen fra Vafoss og ned til utløpet i Kilsfjorden i Kragerø benevnes Kammerfosselva. Karakteristisk for vassdraget er en gjennomgripende regulering med syv vannkraftverk. Fem av disse ligger i Kragerø kommune langs vassdraget (fig. 1)



Kragerøvassdraget: Kraftverk fra Tokes utløp –og ned til havet: ■

Suvdøla kraftverk (1960) 30 GWh,
Suvdal kraftverk (2004) 10 GWh,

Dalsfoss kraftverk (1907) 126 GWh,
Tveitereidfoss kraftverk (1955) 14 GWh,
Langfoss kraftverk (1955) 12 GWh,
Vafoss kraftverk (1954/2008) 26 GWh og
Kammerfoss kraftverk (1958) 10 GWh.

Figur 1. Kartskisse av Kragerøvassdraget fra innsjøen Toke og ned til utløpet i Kilefjorden. Undersøkelsesområdet er avmerket.

Illustrasjon og info hentet fra Wikipedia

Vassdragets vannføringsmønster er sterkt påvirket av reguleringen, og vassdraget betegnes som en sterkt modifisert vannforekomst etter vannforskriften. Dette påvirker sterkt både biologiske forhold og vassdragets egenskaper som resipient. Kravet til minstevannføring i vassdraget er 4 m³/sek og gjelder fra Dalsfoss (fig. 1) og ned til sjøen. Laveste vannføring for produksjon i nedenforliggende kraftverk er 8 m³/sek. Minstevannføring blir følgelig sjelden benyttet da tappingen best mulig tilpasses produksjonen (*E. Tafford, pers meddl*).

For å beskrive vannkvalitet og økologisk tilstand i vassdragsavsnittet oppstrøms og nedstrøms bedriften ble det hentet inn månedlige vannprøver som ble analysert på en del relevante fysisk-kjemiske parametere. Disse ble supplert med biologiske prøver for å få frem eventuelle økologiske effekter av utslippet for derved å kunne si noe om vassdragets helsetilstand i det aktuelle området.

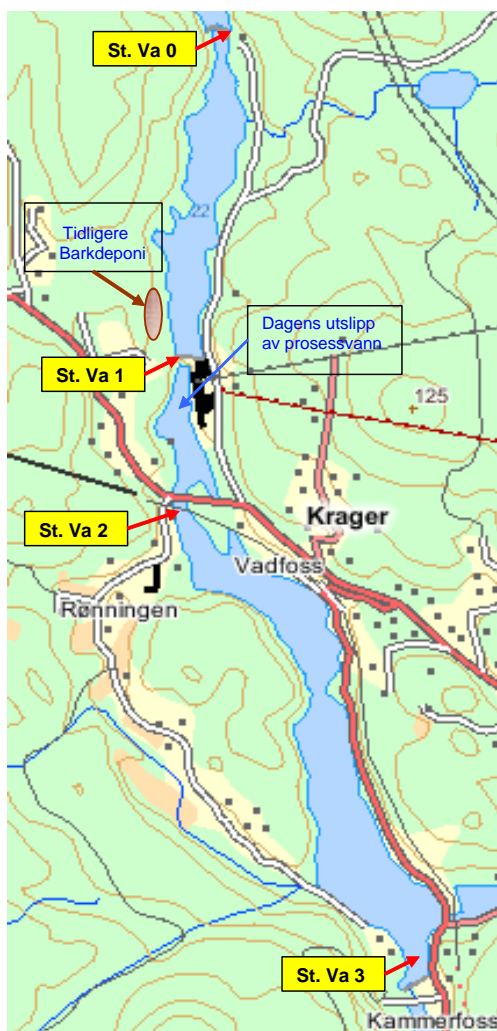


Figur 2. Foto av Vafoss i Kragerøvassdraget med dam og kraftverk. Bedriften Vafos AS ligger like ved kraftstasjonen på østsiden av fossen. (*Foto: NIVA*).

2. Program og gjennomføring

Vassdraget ble befart den 29. april 2010 og endelig plassering av prøvetakingstasjoner ble da fastlagt. Det ble på denne turen hentet inn både vann- og biologiske prøver i magasinene oppstrøms og nedstrøms Vafoss kraftstasjon. Det ble videre bestemt at en i resten av prøvetakingsperioden skulle ha en referansestasjon nedstrøms Langfoss kraftverk (st. Va 0), samt en stasjon ved overløpet på dammen ved Vafoss kraftverk. Begge er lokalisert oppstrøms bedriften, og disse stasjonene gir info om en eventuell påvirkning ved avrenning fra det gamle barkdeponiet (fig. 2) samt data om vannkvaliteten i vassdraget før det mottar avløpsvann fra Vafos AS. Tilsvarende ble det nedstrøms bedriften plassert en stasjon i Kammerfosselva på vestsiden like nedstrøms veibroen (Rv 38, st.Va 2) og en like før innløpet til Kammerfoss kraftst (st. Va 3).

Det ble i perioden uundersøkelsen pågikk hentet inn vann-prøver for å beskrive de fysisk-kjemiske forholdene en gang hver måned. Disse ble supplert med en utvidet prøvetaking hvor det ble analysert på tungmetaller og på termostabile koliforme bakterier hver 4 måned i tidsperioden fra april 2010 til og med mars 2011.



Figur 2. Kart av Vafoss-området med prøvestasjoner for fysisk-kjemiske og biologiske prøver. (Kartgrunnlag: Naturbase DN).

Analyseparametre og analysefrekvens

Følgende fysisk-kjemiske parametre ble benyttet: pH, konduktivitet, turbiditet, suspendert tørrstoff (NS4733), farge, total-fosfor (tot-P), total-nitrogen (tot-N) og kjemisk oksygenforbruk (COD/Mn = KOF_{Mn}). Videre ble konsentrasjonen av følgende metaller/elementer målt i alt 3 ganger (mai, august og desember): Arsen, kalsium, kadmium, krom, kobber, jern, kvikksølv, mangan, nikkel, bly og sink. Graden av fekal påvirkning ble vist ved å analysere på vannets innhold av *E-coli* bakterier. En oversikt over analysemetoder/betegnelser er gitt i tabell 7 i vedlegget bak i rapporten.

Biologiske undersøkelser

Det ble samlet inn prøver for å undersøke eventuell fekal forurensning ("tarmbakterier") i vassdraget ved stasjonene Va 0 til Va 4 den 26. mai, 30. august og 1. desember i 2010. Prøvene ble analysert med hensyn på konsentrasjonen av *E. coli* (*Escherichia coli*).

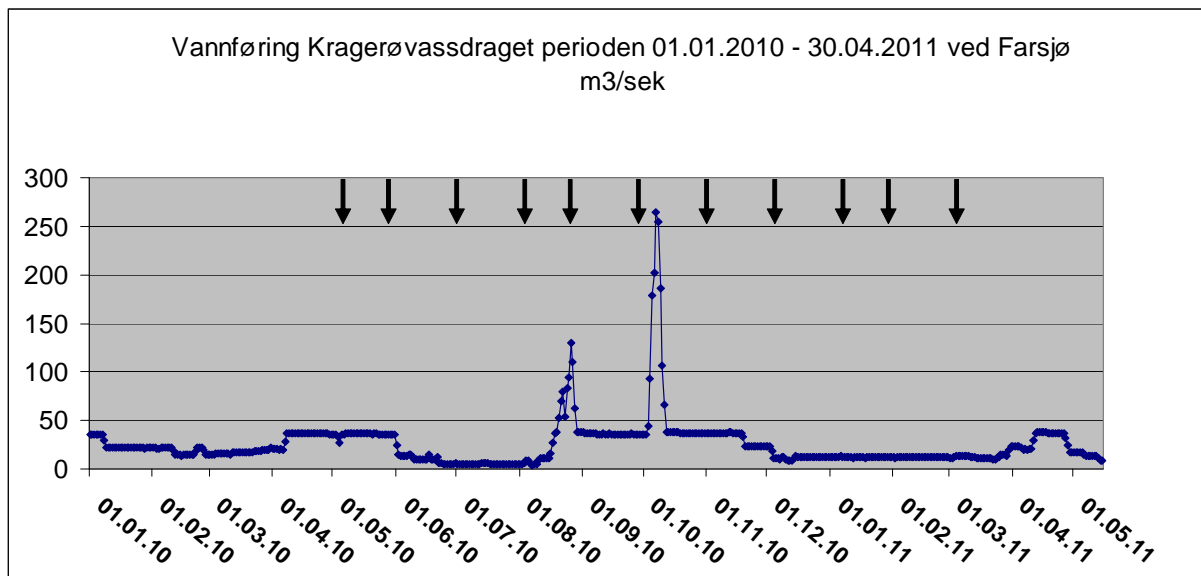
Undersøkelser for å få et bilde av bunndyrsamfunnets oppbygning ble gjennomført den 29. april 2010. Prøvene ble samlet inn ved bruk av båt og ved hjelp av en Van Veen grabb, og det ble hentet inn et materiale fra sedimentene i magasinene oppstrøms og nedstrøms Vadfoss. Fra hver lokalitet ble det tatt 5 enkeltprøver. Samlet gir dette et materiale som beskriver bunndyrsamfunnet på lokaliteten med hensyn på variasjon om mengdemessige forhold. Materialet ble i felt silt gjennom en sil med maskestørrelse 0,25 mm, prøvene fra hvert prøvepunkt samles til én blandprøve, og materialet konserveres med etanol for senere bearbeidelse. Dette ble gjort ved vårt laboratorium i Oslo i henhold til NIVAs metoder (Eriksen mfl, 2010).

Stofftransport

Beregninger for å få frem estimer av stofftransporten i vassdraget forbi stasjonene oppstrøms og nedstrøms Vafos AS er utført for suspendert tørrstoff og organisk stoff (KOF). Dette gir oss et bilde over bidraget fra bedriften gjennom året. Som grunnlag har vi benyttet konsentrasjonsdata for perioden april 2010 – mars 2011 og tilhørende vannføringsdata for perioden april 2010 – mars 2011. Data om vannføringen i Kammerfosselva er fra en vannføringsstasjon plassert ca 6-7 km oppstrøms Vafoss kraftstasjon (fig. 3), og er velvilligst stilt til disposisjon fra Skagerak Kraft AS.



Figur 3. Kartutsnitt av Kragerøvassdraget med lokalisering av vannføringsstasjon og undersøkelsesområde.



Figur 4. Døgnvannføring (m³/sek) i Kragerøvassdraget for perioden jan.2010 - mai.2011. Målepunktet ligger mellom Dalsfoss og Tvetereidfoss, ca 6-7 km oppstrøms Vafoss (se fig. 3). Piler angir tidspunkt for prøvetaking.

Vannkvalitetsvurdering

For å vurdere vannkvaliteten ut fra fysisk/kjemiske forhold har vi benyttet både Klifs (tidligere SFTs) system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen mfl. 1997, veiledning 97:04) og Veileder 01:2009, utgitt av direktoratgruppen for gjennomføringen av vannforskriften (2009).

3. Resultater og vurderinger

3.1 Fysisk-kjemisk vannkvalitet

Primærdata og samlestatistikk for fysisk-kjemiske vannkvalitetsdata er gitt i tabell 9 i vedlegget bak i rapporten. Figur 4 viser vannføringen i Kragerøvassdraget ca 6-7 km oppstrøms Vafoss i perioden fra 1.1.2010 - 31.4.2011. Tidspunktene for prøveuttak er antydnet med piler.

3.1.1 Generell vannkvalitet

På denne strekningen av Kragerøvassdraget kan vannkvaliteten karakteriseres som nær nøytral/svakt sur (pH~6,2), moderat humuspåvirket (farge ~35 mg Pt/l), ionefattig (konduktivitet ~2,3 mS/m) og kalkfattig (~1,5 mg Ca/l), se Tabell 1 og 8.

Tabell 1. Middelerverdier for pH, farge, konduktivitet og kalsium (variasjonsbredder i parentes).

	pH	Farge mg Pt/l	Konduktivitet mS/m	Kalsium mg Ca/l
Va - 0	6,28 (6,03 - 6,56)	35,0 (22,1 - 43,0)	2,64 (1,88 - 8,35)	1,44 (1,34 - 1,49)
Va - 1	6,27 (6,05 - 6,62)	35,1 (22,1 - 41,8)	2,30 (1,87 - 2,30)	1,43 (1,33 - 1,50)
Va - 2	6,26 (6,06 - 6,79)	37,5 (28,3 - 44,9)	2,40 (1,99 - 3,21)	1,52 (1,42 - 1,59)
Va - 3	6,24 (6,03 - 6,47)	37,5 (30,2 - 45,3)	2,13 (1,92 - 2,33)	1,50 (1,39 - 1,58)

Basert på middelverdier fra denne undersøkelsen og revidert typologi for norske elvetyper kan Kragerøvassdraget på den aktuelle strekningen (Vafoss- Kammerfosselva) betegnes som et stort (nedbørfelt over 1000 km²), kalkfattig (< 4 mg Ca/l) vassdrag i lavlandet (lavere 200 moh.), men det har en humuskons. litt høyere enn grensen mellom klare og humøse vannforekomster (grenseverdien for farge er her 30 mg Pt/l). Denne vassdragstypen har ikke noen egen betegnelse eller noe eget nr. i den nye typologien knyttet til vanndirektivet. Da kan en bruke skjønn og velge å klassifisere tot-P og tot-N f.eks. i henhold til type 6 – vassdrag dvs. et stort, kalkfattig og klart vassdrag i lavlandet (jf. Solheim og Schartau 2004, Direktoratgruppa 2009). Elvetyper har betydning for hvilke klassegrenser som gjelder når en skal fastsette tilstandsklasser mht. påvirkning av næringsstoffer og enkelte metaller.

3.1.2 Saltholdighet, partikler og organisk stoff

Figur 5 viser tidsforløpet gjennom overvåkingsperioden mht. pH, konsentrasjonene av løste salter (konduktivitet), partikkelinnhold målt som turbiditet, farge og konsentrasjon av suspendert tørrstoff (STS) samt organisk stoff målt som kjemisk oksygenforbruk (COD=KOF_{Mn}). Tidsutviklingen for de nevnte parametrene fulgte i hovedsak et likt mønster gjennom overvåkings-perioden ved de fire prøvestasjonene.

pH

Surhetsgraden i vassdraget var på alle stasjonene gjennom prøveperioden over pH 6,0. Lavest verdi ble målt i mai og maksimumsverdiene ble registrert i sommerperioden med pH 6,79 på stasjon Va-3 i august som høyeste verdi (tabell 1), ellers var det små forskjeller mellom stasjonene gjennom undersøkelsesperioden. I følge SFT nå Klifs vurderingssystem for miljøkvalitet i vassdrag (Andersen m. fl. 1997) karakteriseres tilstanden som god.

Turbiditet

Turbiditeten var høyest i vannprøvene som ble tatt i sommerperioden når vannføringen var lavest og nær minste vannføringen i vassdraget, og da på stasjonene nedstrøms bedriften. Den høyeste verdien ble målt i mars 2011 under vårflommen (fig. 6), og da på stasjonen lengst ned i vassdraget ved st Va-3, Kammerfoss (fig. 5). Midlere verdi for turbiditet avtar noe fra Va-0 til Va-1 og endringen vil nok dels kunne tilskrives forhold knyttet til lokaliseringen av disse prøvestasjonene. Prøvene ved st. Va-0 ble tatt i vannstrømmen fra turbinen mens prøvene ved Va-1 ble tatt i overløpet for Vafosdammen oppstrøms bedriften. Her vil magasinet mellom disse to stasjonene fungere som et sedimentasjonsbasseng, noe som kan ha bidratt til denne forskjellen vi registrerte for turbiditet, og som vi senere skal se for suspendert stoff. En lokalisering av st. Va-1 tilsvarende den vi hadde på Va-0 ville trolig ha gitt noe høyere verdier for disse parametrene ved Va-1.

Resultatene viser at midlere verdi for turbiditet dobler seg på strekningen fra Va-1 til Va-2 (fig. 6), og vassdraget endrer her miljøtilstand fra god til mindre god etter SFT/Klifs vurderingskriterier. Forskjellen mellom disse stasjonene har sammenheng med tilførsler av parikulært materiale i avløpsvannet fra Vafos AS, og i mindre grad forhold nevnt i avsnittet over. Turbiditeten videre nedover i vassdraget målt ved Va-3 var nær identisk midlere turbiditetsverdi ved Va-2 (1,60 FTU). En spesielt høy verdi på st Va-3 i mars 2011 (6,08 FTU), som skyldes erosjon i nedbørfeltet nedstrøms Va-2, drar opp verdien. Utelates denne målingen blir den midlere verdien for Va-3 nå 1,16 FTU.

Suspendert stoff

Tidsutviklingen for suspendert stoff, STS følger stort sett samme mønster som turbiditeten og høye partikkel konsentrasjoner sist i prøveperioden (som for turbiditet) gir høyest midlere verdi nederst i vassdraget (fig. 6). Dette tilskrives tilførsel av erosjonsmateriale fra restfeltet like oppstrøms Va 3. Ellers viser resultatene fra målingene av STS at verdiene gjennom undersøkelsesperioden samsvarer bra med vannføringen i vassdraget, med høye verdier nedstrøms bedriften (dårligere fortykning) i perioder med lav vannføring. Høyeste verdi ved Va-2 ble målt i august og partikkelinnholdet var da 4,4 mg suspendert tørrstoff pr liter. Bassenget oppstrøms Kammerfoss kraftverk mellom stasjonene

Va-2 og Va-3 fungerer også som et sedimentasjonsbasseng. Dette gjenspeiles i målingene (tabell 8) der midlere STS verdi for disse stasjonen er heholdsvis 2,0 mg/l og 1,68 mg/l når målingen i mars 2011 utelates.

Kjemisk oksygenforbruk

Resultatene fra analysene av det kjemiske oksygenforbruket, KOF_{Mn} var i hovedtrekk samsvarende med tidsutviklingen for turbiditet. En egenart ved vassdraget er et naturlig høyt humusinnhold og KOFverdiene som ble registrert er i utgangspunktet høye på grunn av dette. Det var små forskjeller oppstrøms bedriften i konsentrasjonen av organisk materiale. Midlere verdi for undersøkelsesperioden var henholdsvis 4,9 og 5,1 mg O/l på Va-0 og Va-1. Verdiene er høye og vil etter SFTs system for vurdering av miljøkvalitet i ferskvann havne i tilstandsklassen *mindre god* (se tabell 2). Nå skal det legges til at dette er en naturlig egenskap ved denne vanntypen, men det er et forhold som får stor betydning når de neste stasjonene skal vurdres etter samme vurderingssystem.

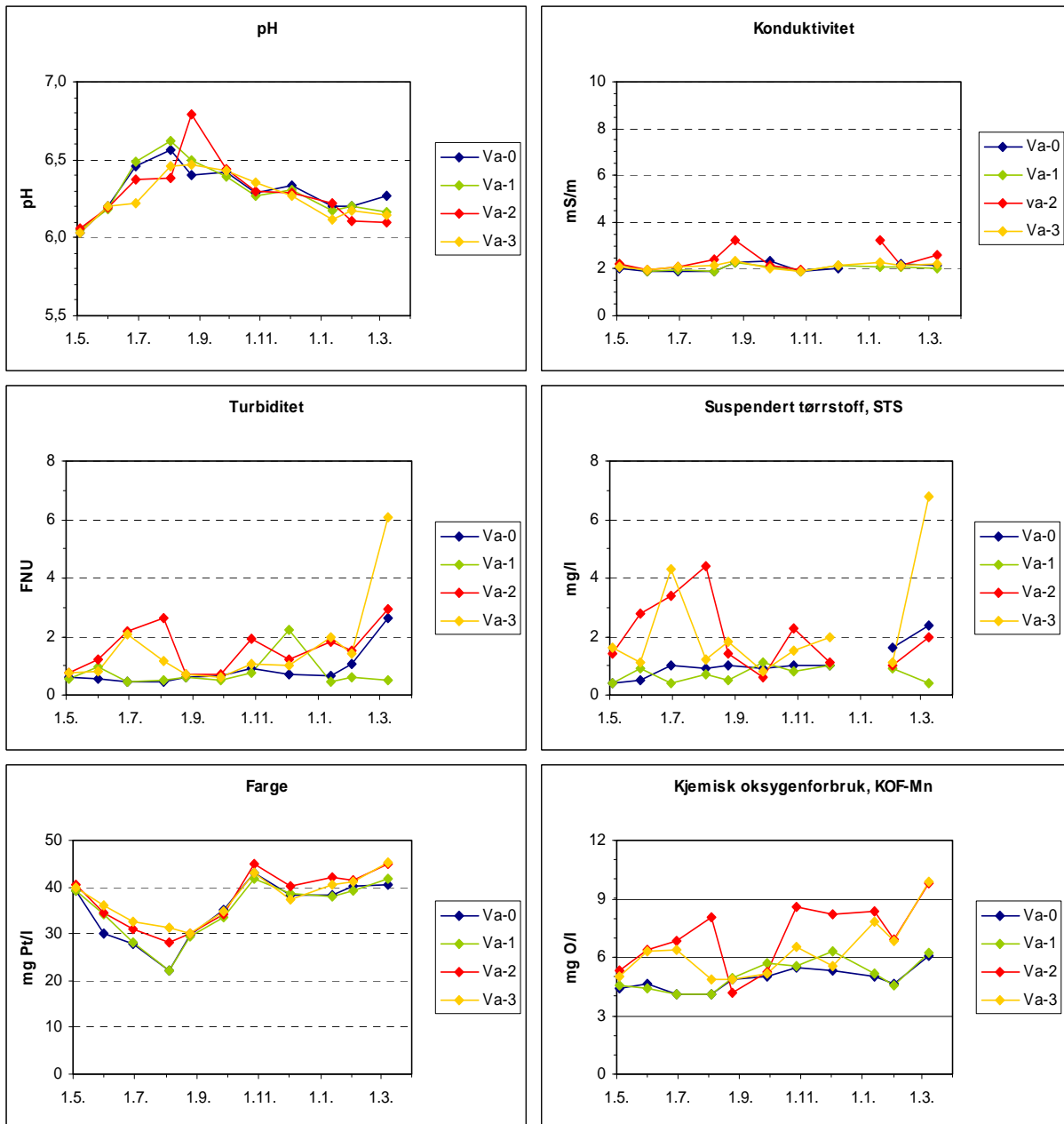
Verdien for KOF_{Mn} øker fra Va-0 til Va-1 med 3,7 % mens økningen videre i vassdraget fra Va-1 til Va-2 er på 40,2 % når vi ser undersøkelsesperioden under ett. Det ble i denne perioden gjort endringer ved prosessen for å redusere innholdet av organisk materiale i avløpsvannet. Tiltakene er knyttet til at en i mai 2010 begynte med tørr barking av råstoffet samtidig som det ble innstalert supplerende utstyr for å få en bedre filtrering i rensriet. Dette har i ettertid vist seg å halvere innholdet av STS i avløpet fra bedriften (*pers meddl H. Elfving*), noe som nok også har gitt en merkbar reduksjon i tilførselen av organisk innhold, men det er lite data om hvordan tilstanden i resipienten var før disse tiltakene ble gjennomført. På strekningen nedstrøms til Va-3 avtar verdiene for KOF_{Mn} i forhold til midlere verdier fra st. Va-2 med 11 % (fig. 6).

Ut fra resultatene fra farge og KOF målingene kan det ikke spores noen markert avrenning fra det gamle barkdeponiet oppstrøms stasjon Va 1.

Når det gjelder miljøtilstanden i det undersøkte avsnittet av Kammerfosselva er det i tabell 2 gjort en sammenstilling av vurderinger etter SFT nå Klifs vurderingsstem for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen mfl. 1997). På bakgrunn av våre målinger av kjemisk oksygenforbruk kommer tre av de undersøkte stasjonene i tilstandsklassen *mindre god* (se tabell 2). Dette skyldes i stor grad naturlig forhold ved dette vassdraget, som har et høyt humusinnhold. Tilsvarende vurderinger for stasjon Va 2, like nedstrøms bedriften gir tilstand dårlig (tilstandsklasse IV). Den midlere verdien ligger her nær grenseverdien mellom *mindre god* og *dårlig* tilstand (8,9 % over).

Bidraget fra bedriften til konsentrasjonen av KOF i vassdraget er for den perioden undersøkelsen ble gjennomført på 2,03 mg O/l, når midlere verdi for stasjonene oppstrøms og nedstrøms sammenlignes. For referanse-stasjonen oppstrøms bedriften er tilsvarende KOF_{Mn} verdi 5,05 mg O/l.

Grenseverdien i dette vurderingssystemet mellom tilstandsklassene *god* og *mindre god* er for KOF_{Mn} på 3,5 mg O/l og mellom *mindre god* og *dårlig* er tilsvarende grenseverdi 6,5 mg O/l, mens den er 15 mg O/l mellom *dårlig* og *meget dårlig* miljøtilstand.



Figur 5. Tidsutvikling for konduktivitet, turbiditet, suspendert tørrstoff og kjemisk oksygenforbruk.

Basert på middelerverdier for undersøkelsesperioden kan vannkvaliteten på prøvestasjonene i vassdraget karakteriseres (jf. Andersen mfl. 1997) som meget god og god (tilstandsklasse I og II) med hensyn til suspendert tørrstoff og god og mindre god (klasse II og III) med hensyn til turbiditet og KOF_{Mn}, da med unntak for stasjon Va 2, like nedstrøms bedriften, som får miljøtilstand dårlig (tilstandsklasse IV). Fargeverdiene gir tilstanden mindre god på alle stasjonene (Tabell 2).

Tabell 2. Tilstandsklasser for partikler og organisk stoff i henhold til SFT-veileder 97:04. Oppgitte verdier er middelveier for prøveperioden.

	Turbiditet, FNU	STS, mg/l	KOF-Mn, mg O/l	Farge, mg Pt/l
Va – 0	0.85	1.1	4,87	35,0
Va – 1	0.74	0,7	5,05	35,1
Va – 2	1,60	2,0	7,08	37,5
Va – 3	1,61	2,2 (1,7 *)	6,29	37,5

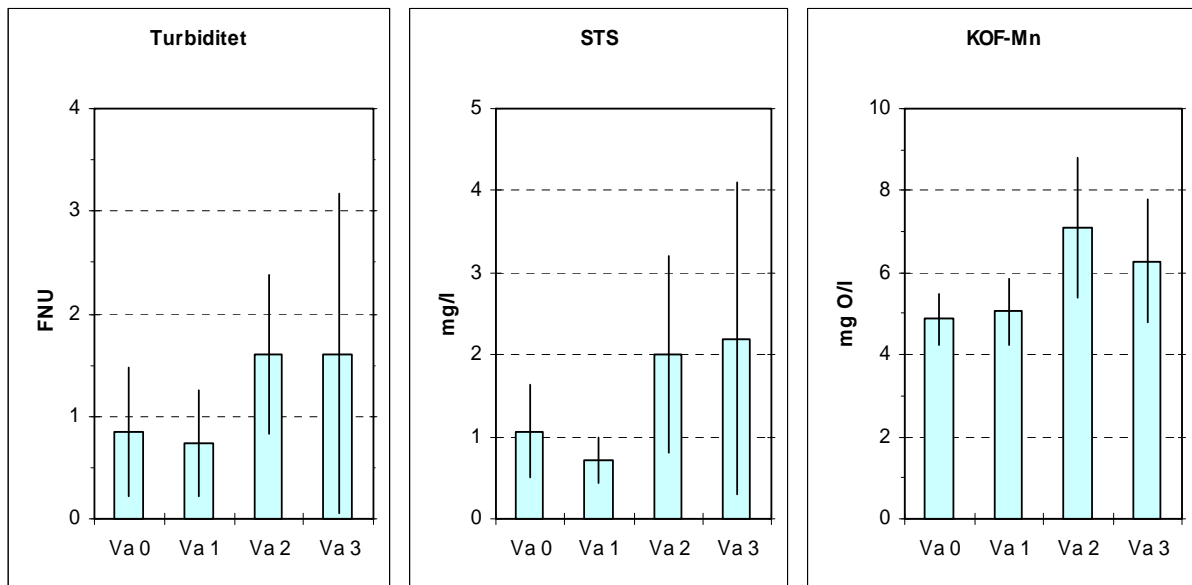
Tilstandsklasser :

I - Meget god	II - God	III - Mindre god	IV - Dårlig	V - Meget dårlig
---------------	----------	------------------	-------------	------------------

* Når resultatet fra mars 2011 utelates

De høyeste verdiene for KOF_{Mn} som ble målt var på 9,8 mg O/l og 9,9 mg O/l, og da på henholdsvis st. Va-2 og Va-3. Begge ligger innenfor intervallet for tilstandsklasse IV (dårlig), dvs. i området fra 6,5 til 15 mg O/l. Tilsvarende lå maksimum verdiene for STS innenfor intervallet for tilstandsklasse II (god), dvs. i området fra 1,5-3 mg/l.

I figur 6 er det vist hvordan middelveierne for turbiditet, suspendert tørrstoff og KOF_{Mn} utvikler seg på den aktuelle strekningen av vassdraget. For de to første parameterene er det en liten reduksjon fra Va-0 til Va -1. De øker så markert på stasjon Va-2 og videre er det en mindre økning på st Va-3. For KOF_{Mn} viser tilsvarende resultater en ubetydelig økning fra Va-0 til Va-1, mens økningen er mer markert på stasjonen nedstrøms bedriften. Det organiske innholdet i vannmassen er redusert noe når det passerer Va 3 oppstrøms Kammerfoss. For turbiditet og STS var standardavvikene ved Va 2 og Va 3 så vidt store (og overlappende mellom stasjonene) at forskjellene i middelveierne mellom stasjonene ikke kan sies å representere signifikant forskjeller.



Figur 6. Middelveier \pm 1 standardavvik for turbiditet, suspendert tørrstoff og KOF_{Mn} .

3.1.3 Transportberegninger, STS og KOF_{Mn}

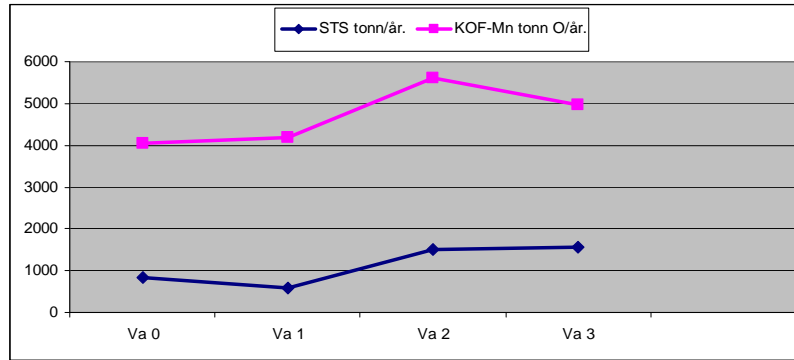
Resultatene av beregningene av stofftransport mht. suspendert tørrstoff (STS) og KOF_{Mn} er gitt i tabell 9 bak i vedlegget og er oppsummert i tabell 3. Verdiene bør anses som grove estimater ettersom de bygger på relativt få konsentrasjonsmålinger for perioden april 2010 til mars 2011 (11 observasjoner for hver stasjon). Det er beregnet månedsvise transportverdier ved å multiplisere målt konsentrasjon med den samlede vanntransporten i måneden. Summen av månedstransportene gjennom året er lik

årstransporten. I de månedene der konsentrasjonsmålinger mangler, har vi benyttet middelverdiene av alle målingene ved stasjonen. Data om vannføringen er hentet fra en vannføringsstasjon 6-7 km lengre oppe i vassdraget og er benyttet ved beregningene for all prøvestasjonene.

Tabell 3. Estimater mhp stofftransporten i vassdraget av suspendert tørrstoff og KOF for perioden april 2010 til mars 2011.

	Årlig middel	Volum år	STS	STS	STS	KOF-Mn	KOF-Mn	KOF-Mn
	Vannføring m ³ /s	mill. m ³	Midl årlig mg/l	Midl år- tonn/døgn	Sum tonn/år.	Midl årlig mgO/l	Midl år tonnO/døgn	Sum tonn O/år.
Va 0	25,6	807,33	1,03	2,28	831	5,01	11,07	4042
Va 1			0,73	1,61	589	5,18	11,45	4181
Va 2			1,86	4,12	1504	6,95	15,37	5610
Va 3			1,93	4,27	1557	6,15	13,61	4967

	STS, tonn	KOF-Mn, tonn O
Sum transport pr. år		
Va - 0	831	4042
Va - 1	589	4181
Differanse Va - 0 til Va - 1	÷ 242	+ 139
Va - 2	1504	5610
Differanse Va - 1 til Va - 2	+ 915	+ 1429
Va - 3	1557	4967
Differanse Va - 2 til Va - 3	+ 53	÷ 643
Transport pr. døgn		
Va - 0	2,28	11,07
Va - 1	1,61	11,45
Differanse Va - 0 til Va - 1	÷ 0,67	+ 0,38
Va - 2	4,12	15,37
Differanse Va - 1 til Va - 2	+ 2,51	+ 3,92
Va - 3	4,27	13,61
Differanse Va - 2 til Va - 3	+ 0,15	÷ 1,76



Figur 7. Estimert årlig transport for suspendert tørrstoff (STS tonn/år) og tilsvarende for kjemisk oksygenforbruk på prøvestasjonene i det aktuelle vassdragsavsnittet.

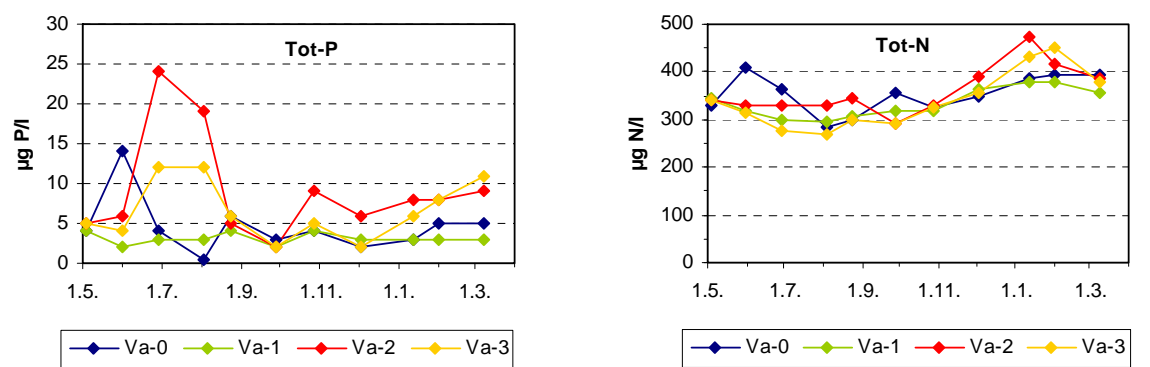
Transportberegningene tyder på at Vafoss- Kammerfosselva på årsbasis ble tilført ca. 915 tonn suspendert tørrstoff og organisk stoff tilsvarende et kjemisk oksygenforbruk på ca. 1429 tonn på strekningen fra Va - 1 til Va - 2. Antas det at tilførslene fordeler seg jevnt over hele året tilsvarende dette en tilførsel på ca. 2,51 tonn STS pr. døgn og et kjemisk oksygenforbruk på ca. 3,92 tonn O pr. døgn. Påslaget på strekningen utgjør en økning på ca. 155 % i stofftransporten for STS og ca. 34 % for KOF. Forutsatt at det ikke er andre vesentlige kilder for tilførsler på strekningen mellom Va - 1 og Va - 2, kan dette antas å skyldes utslipp fra Vafoss AS. Interessant er det i denne sammenheng å se på forskjellen i mengde transport STS og KOF mellom stasjonene Va 0 og Va 1. Ut fra tabell 3 innebærer det at det i reguleringsmagasinet oppstrøms bedriften sedimenteres ut/omsettes 670 kg STS og frigjøres/tilføres vassdraget organisk materiale med et oksygen behov på 380 kg pr døgn, tilsvarende henholdsvis 8 og 4 g/s. Tallene virker høye og estimatene får betydning for anslag som er gjort over utslippsmengder fra Vafos AS.

Vi vil understreke at det er betydelige usikkerheter i disse beregningene. De er basert på få målinger gjennom året. Videre er dette en elv som er sterkt regulert, og som gjennom året har til dels store variasjoner i vanntransporten. Selv små forskjeller i konsentrasjonen oppstrøms og nedstrøms bedriften vil resultere i store endringer i stofftransporten. Et poeng som bidrar til dette og som har vært omtalt tidligere er det forholdet at en ved st Va-0 tar prøven av bunnvann fra magasinet oppstrøms stasjonen, mens en ved Va-1 tar vannprøven fra overflatevannet i magasinet oppstrøms. Dette vil mest sannsynlig ha betydning for partikkelinnholdet i vannprøven som hentes ut ved Va-1 og gi en lavere verdi her enn om vannprøven hadde vært tatt fra magasinets bunnvann.

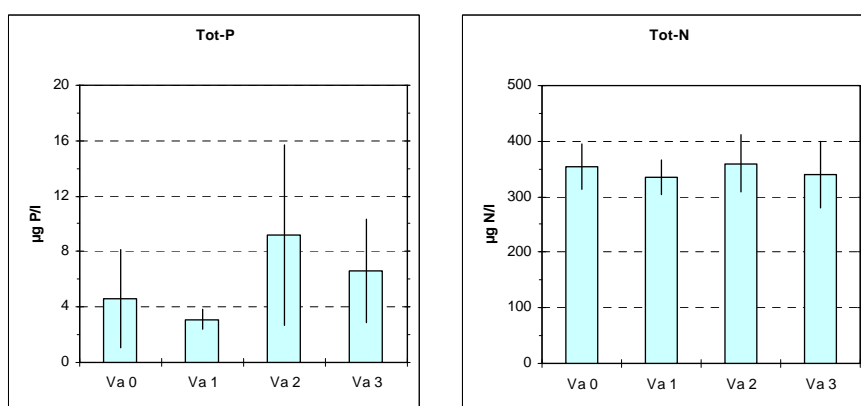
Det er i vedlegget tabell 10 gjort tilsvarende transportberegninger ved å benytte medianverdien for konsentrasjonen av suspendert stoff STS og organisk innhold. Resultatene avviker lite fra dem vi allerede har diskutert i avsnittet over.

3.1.4 Næringsstoffer

Konsentrasjonene av tot-P var generelt lave og varierte lite på de to øverste prøvestasjonene, men øker noe nedstrøms Vafoss AS særlig i perioder med liten vannføring (Figur 8, Tabell 4). Tilsvarende er forskjellene langt mindre for tot- N, og konsentrasjonene var også relativt lave. Ut fra middelverdiene kan vannkvaliteten ved alle stasjonene karakteriseres som svært god mht. tot-P og god mht. tot-N.



Figur 8. Tidsutvikling i total fosfor (tot-P) og total nitrogen (Tot-N).



Figur 9. Middelerverdier \pm 1 standardavvik for Tot-P og Tot-N.

Tabell 4. Tilstandsklasser for totalfosfor og totalnitrogen ut fra middelerverdier for perioden april 2010 til mars 2011. Variasjonsbredder er gitt i parentes. For tot-P er grenseverdier for kalkfattige, klare elver i lavlandet benyttet, og for tot-N er grenseverdier for kalkfattige, klare og grunne vannforekomster i lavlandet benyttet (Direktoratgruppa 2009).

	Tot-P, µg P/l	Tot-N, µg N/l
Va 0	4,6 (<1-14)	354 (285-410)
Va 1	3,1 (2 - 4)	335 (295-380)
Va 2	9,2 (2 - 24)	360 (290-475)
Va 3	6,6 (2 - 12)	339 (270-450)

Tilstandsklasser :

Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
-----------	-----	---------	--------	--------------

3.1.5 Metaller

Konsentrasjonene av tungmetaller var lave på alle de undersøkte stasjonene (tabell 5 og 8). Verdiene lå innenfor intervallet for tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset) i henhold til Klifs (tidligere SFTs) reviderte system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann for nær alle metallene og på samtlige av stasjonene (Virkninger av miljøgifter: Tungmetaller SFT, 2004). Unntaket var kadmium, krom, kobber og sink og da for st. Va 1 og Va 2. Verdiene ga her en moderat tilstand, men verdiene som ble målt lå nær klassegrensen mellom tilstand I og II. Klassegrensene for tilstandsvurderingen er gitt i tabell 10.

Tabell 5. Tilstandsklasser for metaller. Middel- og (maks)verdier fra målingene i 2010-2011 er gitt. Klassifisering ut fra Klifs (tidligere SFTs) system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Vanddirektivets/vannforskriftens grenseverdier (EQS) er også gitt.

		Va 0	Va 1	Va 2	Va 3	Grenseverdier, EQS	
		Middel (maks)	Middel (maks)	Middel (maks)	Middel (maks)	Årsgj.sn.	Maks
Arsen	µg As/l	0,20 (0,20)	0,18 (0,23)	0,19 (0,26)	0,17 (0,22)		
Kadmium	µg Cd/l	0.026 (0,028)	0.049 (0,086)	0.054 (0,100)	0.028 (0,031)	0,08	0,45
Krom	µg Cr/l	0,20 (0,20)	0,3 (0,4)	0.20 (0,20)	0.20 (0,20)		
Kobber	µg Cu/l	0,50 (0,56)	0,81 (0,95)	0.59 (0,72)	0,58 (0,62)		
Kvikksølv	ng Hg/l	1.5 (3,5)	<1.0	<1.0	<1.0		
Nikkel	µg Ni/l	0,40 (0,50)	0,43 (0,56)	0,42 (0,53)	0,39 (0,56)	20	
Bly	µg Pb/l	0,20 (0,20)	0,29 (0,39)	0,35 (0,55)	0,21 (0,22)	7,2	
Sink	µg Zn/l	4,74 (5,21)	6,23 (6,85)	5,76 (6,01)	5,04 (5,50)		
Jern	µg Fe/l	100 (110)	105 (120)	103 (110)	98 (100)		
Mangan	µg Mn/l	11,3 (12,4)	11,3 (13,0)	13,7 (16,6)	11.9 (14,2)		

Tilstandsklasser (forurensningsgrad):

I, ubetydelig	II, moderat	III, markert	IV, sterkt	V, meget sterkt
---------------	-------------	--------------	------------	-----------------

For kadmium, nikkel og bly er det etablert grenseverdier, såkalte EQS-verdier (=Environmental Quality Standards) som angir grensen mellom god og moderat kjemisk status (Direktoratgruppa 2009). Konsentrasjonene i Vafoss-Kammerfosselva lå betydelig under disse EQS-verdiene (Tabell 5).

Arsen er ikke inkludert i Klifs klassifiseringssystem eller i det nye klassifiseringssystemet tilpasset vannforskriften. Nivåene som ble målt var imidlertid betydelig lavere enn de laveste konsentrasjonene der biologiske effekter kan forventes (ca. 5 mikrogram pr. liter, jf. Lydersen og Löfgren 2000), og det var ingen vesentlige forskjeller i konsentrasjonene fra stasjon Va 0 til st. Va 3. Konsentrasjonen av jern varierte i området 93-120 µg/l og verdiene for mangan varierte i området 9,2-16,6 µg/l (tabell 8).

4. Biologiske undersøkelser

4.1 Tarmbakterier

Ut fra forekomsten av *E. coli* i vannprøvene fra mai, august og desember i 2010, kan den hygieniske/bakteriologiske vannkvaliteten karakteriseres som svært god. Det ble i august samme år registrert en noe økt fekal forurensing på samtlige stasjoner i dette avsnittet av vassdraget. Tilstanden ble da klassifisert som god (II) på alle stasjonene (Tabell 6). Samlet viste resultatene at det var liten fekal forurensing og ubetydelige forskjeller i den sanitærbakteriologiske vannkvaliteten ved de fire prøve-stasjonene i undersøkelsesperioden. De noe høyere verdiene i august settes i sammenheng med økt overflate-avrenning fra områdene ned mot vassdraget og høy vannføring i dagene før prøvetakingen.

Tabell 6. Konsentrasjonen av *E. coli* (antall per 100 ml vannprøve) og tilstandsklasser mht. fekale indikatorbakterier ("tarmbakterier"). Klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann (Andersen mfl. 1997).

	Va - 0	Va - 1	Va - 2	Va - 3
26.05.2010	1	1	1	1
30.08.2010	13	11	10	9
01.12.2010	< 1	< 1	2	1
Gj.snitt	< 5	< 5	4,3	3,7

Tilstandsklasser:

Svært god < 5	God 5 – 50	Moderat 50 – 200	Dårlig 200 - 1000	Svært dårlig > 1000
------------------	---------------	---------------------	----------------------	------------------------

4.2 Bunndyr

Undersøkelser av bunndyrsamfunnene i vassdraget ble gjennomført den 28.mai i 2010 oppstrøms og nedstrøms Vafoss fabrikk AS. Prøver fra bunnsedimentet ute i magasinene for henholdsvis Vafoss- og Kammerfoss kraftverk ble hentet opp vha båt.



Figur 10. Lokalisering av prøvetakingsstasjoner for undersøkelse av bunnfaunaen i Vafoss- Kammerfosselva.
Kartgrunnlag: www.norgeskart.no

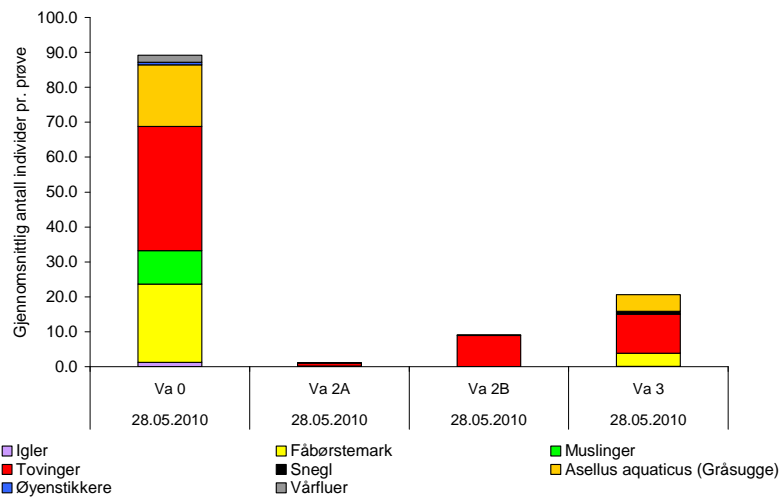
Det ble under innsamlingen brukt en Van-Veen grabb og materialet ble i felt silt gjennom en sil med maskestørrelse 0,25 mm. Det var vanskelig å få gode prøver som følge av stort innslag av stein/fjell og mye tømmer/trematerialer på bunnen. I vår undersøkelse har prøve-punktene oppstrøms fabrikken fått navnene Va 0, og representerer situasjonen i øvre og nedre deler av magasinet. Tilsvarende ble det lagt tre stasjoner nedstrøms bedriften Va 2A og Va 2B samt Va 3. Stasjonenes plassering er vist på kart skissen i figur 10. Vassdraget er kraftig regulert og har meget store variasjoner i vannføringen gjennom året (Fig. 4). Dette setter også sitt preg på de biologiske forholdene i vassdraget.

Det ble letet en del i de enkelte prøvetakingsområdene for å finne egnede lokaliteter for denne type prøvetaking. Lokalitetene preges av lite egnede bunn- og substratforhold. Det var vanskelig å få opp et tilstrekkelig og godt prøvemateriale. Antallet grabbprøver varierer en hel del per stasjonen. Dette gjaldt spesielt stasjonen oppstrøms fabrikken (Va 0), men også nedstrøms var det vanskelige forhold for prøvetakings. Dette preger sterkt sammensetningen av bunndyrmaterialet og derved også utsagnskraften i resultatene. Resultatene fra bearbeidningen av materialet er vist i grafisk i figur 11 og sammenstilt i tabell 11 bak i vedlegget.

Økologisk tilstand

Prøvene fra stasjon Va 0 ble tatt fra 2 til 10 meters dyp over et større område av lokaliteten. På det dypeste partiet var det en større andel organisk materiale som rester av løv ol, mens substratet på de grunneste partiene var mer preget av silt og leire. Fra de 3 huggene hvor vi fikk med representativt materiale, fant vi blant annet nettspinnende vårfluer og mye muslinger. Dette er grupper som livnærer

seg ved å filtrere ut næringspartikler som kommer med strømmen og som ser ut til å bli borte når belastningen med partikler/trefiber blir for stor (Berge mfl, 1994; Aanes mfl, 2011).



Figur 11. Sammensetningen av utvalgte bunndyrgrupper på stasjonene i Kragerøvassdraget ved Vafoss.

Prøvene fra stasjon Va 2A like nedstrøms Vafos AS ble tatt fra 4 til 6 meters dyp. Substratet besto her av silt og leire, og vi fant bare små mengder med trefiber i disse prøvene. Dette kan skyldes at lokaliteten var strømsterk og at avsetningen av trefiber er størst i de roligere partiene lengre nede i magasinet/elva. Vi fant ingen filtrerende organismer på denne stasjonen, men det ble registrert to taksa av vårfluer som ikke trives hvis den organiske belastningen blir for stor.

Prøvene på stasjon Va 2B ble tatt fra 3 til 7 meters dyp og prøvene fra stasjon Va-3 ble tatt fra 2 til 5 meters dyp. Substratet bestod av noe silt og relativt mye trefiber. Faunen var sammensatt av igler (Hirudinea), fåbørstemark (Oligochaeta), fjærmygg (Chironomidae), ferskvannskrepsdyret gråsugge (*Asellus aquaticus*) og snegl (*Radix labiata*). Dette er en faunasammensetning som betegner for elvestrekninger som er påvirket av organisk belastning som i dette tilfellet utslipp av prosessvann fra treforedlingsindustri og hvor sedimentet f. eks. har en fiberbelastning.

Utslipet fra Vafos Fabrikker har dermed en forventet effekt på bunndyrfaunaen, noe som her avspeiles i en noe endret sammensetningen og dominansforhold. Avsetning av trefiber medfører at enkelte organismegrupper blir borte og man får en forenklet faunasammensetning nedstrøms sammenlignet hva som ble registrert oppstrøms bedriften. Samtidig er oppbygningen av samfunnene av smådyr på bunnen av vassdraget også preget av de store endringene i hydrologiske forhold.

5. Litteratur

Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Røsseland, B.O. og Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Statens forurensningstilsyn, SFT. Veiledning 97:04. TA 1468/1997. 31 s.

Berge, D., Lindstrøm E.A., Kjellberg, G., Bækken, T. 1994. Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Nordfjorden ved Norske Skogindustrier A/S – Follum Fabrikker. NIVA rapport 3051-1994. 45 s.

Direktoratgruppa for gjennomføring av vanddirektivet 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. <http://www.vannportalen.no/>. 181 s.

Eriksen, T.E., Bækken, T., Moe, J. 2010. Innsamling og bearbeiding av bunndyr i rennende vann - et metodestudium. NIVA rapport 6043-2010. 22 s.

Lydersen, E. och Löfgren, S. 2000. Vad händer när kalkade sjöar återförsuras? En kunskapsöversikt och riskanalys. Naturvårdsverket. Rapport 5074. 76 s.

SFT 2004. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann: Virkninger av miljøgifter- Tungmetaller nye klassegrenser Revidert 17/2 - 2004.

Aanes, K., J., T.E. Eriksen og J. E. Løvik 2011. Resipientundersøkelse av Drammenselva ved Hellefoss 2010-2011. NIVA rapport 60xx-2011. 23 s.

6. Vedlegg

Tabell 7. Oversikt over fysisk-kjemiske analysemetoder ved NIVA

Analyse/element, kortnavn	Kode	Benevning	Metode/prinsipp
pH	A 1-4		Potensiometrisk måling med pH-meter, 789 Robot pr.karusell
Konduktivitet, KOND	A 2-3	mS/m	Elektrometrisk måling, platinaelektrode, 25 °C
Turbiditet, TURB860	A 4-2	FNU	Spredning av lys måles ved 860 nm, NS-ISO 7027
Suspendert tørrstoff, STS	B 2	mg/l	Filtrering gj. glassfiberfilter Whatman GF/C tørking ved 105 °C, gravimetri
Farge, FARG	A 5	mg Pt/l	Filtrert prøve, filtratets absorbans måles ved 410 nm i spektrofotometer
Total-fosfor, Tot-P/L	D 2-1	µg P/l	Bestemmelse av tot-P med Skalar Autoanalysator etter oppslutning med peroksodisulfat
Total-nitrogen, Tot-N/L	D 6-1	µg N/l	Bestemmelse av tot-N med Skalar Autoanalysator etter oppslutning med peroksodisulfat
Kjemisk oksygenforbruk, COD/Mn	Ekstern	mg O/l	
Arsen, As/MS	E 8-3	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Kalsium, Ca/MS	E 8-3*	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS, ikke akkreditert
Kadmium, Cd/MS	E 8-3	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Krom, Cr/MS	E 8-3	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Kobber, Cu/MS	E 8-3	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Jern, Fe/MS	E 8-3	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Mangan, Mn/MS	E 8-3	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Nikkel, Ni/MS	E 8-3	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Bly, Pb/MS	E 8-3	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Sink, Zn/MS	E 8-3	µg/l	Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Kvikksølv, Hg/L	E 4-3	ng/l	Bestemmelse av Hg med Perkin-Elmer FIMS-400, kalddampeteknikk, spektrofotometrisk

Tabell 8. Primærdata og samlestatistikk for fysisk-kjemisk vannkvalitet.

Dato Mottatt NIVA	pH	Kond mS/m A 2-3	Turb FNU A 4-2	STS mg/l B 2	Farge mg Pt/l A 5	Tot-P µg P/l D 2-1	Tot-N µg N/l D 6-1	KOF-Mn mg O/l Ekstern	As µg/l E 8-3	Ca µg/l E 8-3*	Cd µg/l E 8-3	Cr µg/l E 8-3	Cu** µg/l E 8-3	Fe µg/l E 8-3	Hg ng/l E 4-3	Mn µg/l E 8-3	Ni µg/l E 8-3	Pb µg/l E 8-3	Zn µg/l E 8-3
Va-0	03.05.2010	6,03	2,05	<0,8	39,1	4	330	4,41	0,20	1340	0,028	0,2	<0,01	110	<1,0	12,1	0,27	0,20	4,45
Va-0	31.05.2010	6,20	1,88	0,5	30,2	14	410	4,61	0,20	1340	0,028	0,2	<0,01	110	<1,0	12,1	0,27	0,20	4,45
Va-0	29.06.2010	6,46	1,91	1,0	27,9	4	365	4,11											
Va-0	03.08.2010	6,56	1,92	0,9	22,1	<1	285	4,07											
Va-0	24.08.2010	6,40	2,26	1,0	29,8	6	300	4,84	0,20	1490	0,024	0,2	0,559	96	3,5	9,3	0,50	0,19	4,56
Va-0	31.08.2010																		
Va-0	27.09.2010	6,42	2,34	0,9	35,2	3	355	5,00											
Va-0	27.10.2010	6,29	1,89	1,0	43,0	4	325	5,47	0,20	1480	0,026	0,2	0,441	93	<1,0	12,4	0,43	0,20	5,21
Va-0	02.12.2010	6,34	2,04	1,0	38,3	2	350	5,33	0,20	1480	0,026	0,2	0,441	93	<1,0	12,4	0,43	0,20	5,21
Va-0	12.01.2011	6,20	8,35	0,68	38,3	3	385	5,03											
Va-0	01.02.2011	6,20	2,19	1,6	40,2	5	395	4,65											
Va-0	08.03.2011	6,27	2,16	2,4	40,6	5	395	6,10											
Min		6,03	1,88	0,44	22,1	<1	285	4,07	0,20	1340	0,024	0,2	<0,01	93	<1,0	9,3	0,27	0,19	4,45
Maks		6,56	8,35	2,65	43,0	14	410	6,10	0,20	1490	0,028	0,2	0,559	110	3,5	12,4	0,50	0,20	5,21
Middel		6,28	2,64	1,07	35,0	4,6	354	4,87	0,20	1437	0,026	0,2	0,500	100		11,3	0,40	0,20	4,74
Median		6,29	2,05	1,00	38,3	4,0	355	4,84	0,20	1480	0,026	0,2	0,500	96		12,1	0,43	0,20	4,56
St.avv.		0,15	1,90	0,62	6,5	3,5	41	0,61	0,00	84	0,002	0,0	0,083	9		1,7	0,12	0,01	0,41
Va-1	03.05.2010	6,05	2,23	0,55	39,1	4	345	4,57											
Va-1	31.05.2010	6,18	1,89	0,9	34,1	2	320	4,42	0,10	1330	0,086	0,2	<0,01	100	<1,0	11,6	0,29	0,39	6,85
Va-1	29.06.2010	6,49	1,95	0,45	28,3	3	300	4,11											
Va-1	03.08.2010	6,62	1,92	0,7	22,1	3	295	4,07											
Va-1	24.08.2010	6,50	2,30	0,63	29,4	4	305	4,94	0,23	1500	0,031	0,2	0,656	96	<1,0	9,2	0,56	0,23	5,31
Va-1	31.08.2010																		
Va-1	27.09.2010	6,39	2,06	1,1	33,7	2	320	5,68											
Va-1	27.10.2010	6,27	1,87	0,8	41,8	4	320	5,54											
Va-1	02.12.2010	6,31	2,16	1,0	38,7	3	365	6,29	0,20	1460	0,029	0,4	0,954	120	<1,0	13,0	0,45	0,25	6,52
Va-1	12.01.2011	6,17	2,09	0,46	37,9	3	380	5,19											
Va-1	01.02.2011	6,20	2,06	0,60	39,1	3	380	4,52											
Va-1	08.03.2011	6,16	2,04	0,49	41,8	3	355	6,20											
Min		6,05	1,87	0,45	22,1	2	295	4,07	0,10	1330	0,029	0,2	<0,01	96	<1,0	9,2	0,29	0,23	5,31
Maks		6,62	2,30	2,24	41,8	4	380	6,29	0,23	1500	0,086	0,4	0,954	120	<1,0	13,0	0,56	0,39	6,85
Middel		6,27	2,05	0,74	35,1	3,1	335	5,05	0,18	1430	0,049	0,3	0,805	105		11,3	0,43	0,29	6,23
Median		6,27	2,06	0,75	37,9	3,0	320	4,94	0,20	1460	0,031	0,2	0,805	100		11,6	0,45	0,25	6,52
St.avv.		0,18	0,14	0,52	6,3	0,7	31	0,79	0,07	89	0,032	0,1	0,211	13		1,9	0,14	0,08	0,81

* Metoden er ikke akkreditert for kalsium

** Cu-verdier på <0.01 fra 31.5.2010 er ikke benyttet ved beregninger av middelverdier mm.

Tabell 8 Forts. Primærdata og samlestatistikk for fysisk-kjemisk vannkvalitet.

Dato	pH	Kond	Turb	STS	Farge	Tot-P	Tot-N	KOF-Mn	As	Ca	Cd	Cr	Cu**	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Møtatt		mS/m	FNU	mg/l	mg Pt/l	µg P/l	µg N/l	mg O/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
NIVA	A 2-3	A 2-3	A 4-2	B 2	A 5	D 2-1	D 6-1	Ekstern	E 8-3	E 8-3*	E 8-3	E 8-3	E 8-3	E 8-3	E 4-3	E 8-3	E 8-3	E 8-3	E 8-3
Va-2	03.05.2010	6,06	2,23	0,77	1,4	5	340	5,28	0,10	1420	0,100	0,2	<0,01	110	<1,0	13,5	0,33	0,55	5,28
Va-2	31.05.2010	6,19	1,99	1,19	2,8	34,4	6,37	6,85	0,10	1420	0,100	0,2	<0,01	110	<1,0	13,5	0,33	0,55	5,28
Va-2	29.06.2010	6,37	2,12	2,20	3,4	31,0	24	6,85	0,10	1420	0,100	0,2	<0,01	110	<1,0	13,5	0,33	0,55	5,28
Va-2	03.08.2010	6,38	2,40	2,62	4,4	28,3	19	8,05	0,26	1590	0,036	0,2	0,719	100	<1,0	10,9	0,53	0,29	6,01
Va-2	24.08.2010	6,79	3,20	0,70	1,4	30,2	5	4,20	0,26	1590	0,036	0,2	0,719	100	<1,0	10,9	0,53	0,29	6,01
Va-2	31.08.2010	6,44	2,13	0,70	0,6	34,1	2	5,22	0,20	1550	0,026	0,2	0,465	98	<1,0	16,6	0,41	0,22	5,99
Va-2	27.09.2010	6,30	1,99	1,90	2,3	44,9	9	8,60	0,20	1550	0,026	0,2	0,465	98	<1,0	16,6	0,41	0,22	5,99
Va-2	27.10.2010	6,30	1,99	1,90	2,3	44,9	9	8,60	0,20	1550	0,026	0,2	0,465	98	<1,0	16,6	0,41	0,22	5,99
Va-2	02.12.2010	6,29	2,28***	1,24	1,1	40,2	6	8,24	0,20	1550	0,026	0,2	0,465	98	<1,0	16,6	0,41	0,22	5,99
Va-2	12.01.2011	6,22	3,21	1,84	4,2	42,2	8	8,36	0,20	1550	0,036	0,2	0,592	100	<1,0	13,5	0,41	0,29	5,99
Va-2	01.02.2011	6,11	2,13	1,50	1,0	41,4	8	6,90	0,08	89	0,040	0,0	0,180	6	<1,0	2,9	0,10	0,18	0,42
Va-2	08.03.2011	6,10	2,60	2,93	2,0	44,9	9	9,80	0,10	1420	0,026	0,2	<0,01	98	<1,0	10,9	0,33	0,22	5,28
Min		6,06	1,99	0,70	0,6	28,3	2	4,20	0,10	1420	0,026	0,2	<0,01	98	<1,0	10,9	0,33	0,22	5,28
Maks		6,79	2,28	2,93	4,4	44,9	24	9,80	0,26	1590	0,100	0,2	0,719	110	<1,0	16,6	0,53	0,55	6,01
Middel		6,26	2,40	1,60	2,0	37,5	9,2	7,08	0,19	1520	0,054	0,2	0,592	103	<1,0	13,7	0,42	0,35	5,76
Median		6,29	2,18	1,50	1,7	40,2	8,0	6,90	0,20	1550	0,036	0,2	0,592	100	<1,0	13,5	0,41	0,29	5,99
St.avv.		0,21	0,46	0,77	1,2	6,0	5,2	1,71	0,08	89	0,040	0,0	0,180	6	<1,0	2,9	0,10	0,18	0,42
Va-3	03.05.2010	6,03	2,11	0,75	1,6	39,9	5	5,05	0,10	1390	0,027	0,2	<0,01	100	<1,0	12,0	0,27	0,22	4,72
Va-3	31.05.2010	6,20	1,97	0,83	1,1	36,0	4	6,34	0,10	1390	0,027	0,2	<0,01	100	<1,0	12,0	0,27	0,22	4,72
Va-3	29.06.2010	6,22	2,07	2,06	4,3	32,5	12	6,40	0,10	1390	0,027	0,2	<0,01	100	<1,0	12,0	0,27	0,22	4,72
Va-3	03.08.2010	6,46	2,16	1,18	1,2	31,3	12	4,87	0,22	1580	0,031	0,2	0,623	96	<1,0	9,4	0,56	0,18	4,89
Va-3	24.08.2010	6,47	2,33	0,69	1,8	30,2	6	4,84	0,22	1580	0,031	0,2	0,623	96	<1,0	9,4	0,56	0,18	4,89
Va-3	31.08.2010	6,43	2,04	0,61	0,8	34,8	2	5,16	0,20	1530	0,026	0,2	0,490	99	<1,0	14,2	0,35	0,22	5,50
Va-3	27.09.2010	6,35	1,92	1,05	1,5	43,0	5	6,52	0,20	1530	0,026	0,2	0,490	99	<1,0	14,2	0,35	0,22	5,50
Va-3	27.10.2010	6,27	2,16	1,02	2,0	37,5	2	5,52	0,20	1530	0,026	0,2	0,490	99	<1,0	14,2	0,35	0,22	5,50
Va-3	02.12.2010	6,12	2,25	1,98	1,6	40,6	6	7,80	0,20	1530	0,026	0,2	0,490	99	<1,0	14,2	0,35	0,22	5,50
Va-3	12.01.2011	6,17	2,17	1,43	1,1	41,0	8	6,84	0,20	1530	0,027	0,2	0,557	99	<1,0	12,0	0,35	0,22	4,89
Va-3	01.02.2011	6,15	2,21	1,43	1,1	41,0	8	6,84	0,20	1530	0,027	0,2	0,557	99	<1,0	12,0	0,35	0,22	4,89
Va-3	08.03.2011	6,15	2,21	1,43	1,1	41,0	8	6,84	0,20	1530	0,027	0,2	0,557	99	<1,0	12,0	0,35	0,22	4,89
Min		6,03	1,92	0,61	0,8	30,2	2	4,84	0,10	1390	0,026	0,2	<0,01	96	<1,0	9,4	0,27	0,18	4,72
Maks		6,47	2,33	2,06	4,3	45,3	12	9,90	0,22	1580	0,031	0,2	0,623	100	<1,0	14,2	0,56	0,22	5,50
Middel		6,24	2,13	1,61	2,2	37,5	6,6	6,29	0,17	1500	0,028	0,2	0,557	98	<1,0	11,9	0,39	0,21	5,04
Median		6,22	2,16	1,05	1,6	37,5	6,0	6,34	0,20	1530	0,027	0,2	0,557	99	<1,0	12,0	0,35	0,22	4,89
St.avv.		0,15	0,12	1,56	1,9	4,9	3,7	1,52	0,06	98	0,003	0,0	0,094	2	<1,0	2,4	0,15	0,02	0,41

* Metoden er ikke akkreditert for kalsium

** Cu-verdier på <0,01 fra 31.5.2010 er ikke benyttet ved beregninger av middelverdier mm.

*** Konduktivitetsverdien ved Va-2 den 12.12.2010 er ikke benyttet ved beregning av middelverdi etc.

Tabell 9. Beregnet stofftransport mht. suspendert tørrstoff (STS) og kjemisk oksygenforbruk (KOF-Mn) ved stasjonene Va 0 og Va 1 for perioden fra april 2010 til og med mars 2011. Vannføringsdata fra Skagerak Kraft AS. Verdien for mai er midlere verdi av målingene fra 3. og 31. mai 2010.

	Dato	STS mg/l	KOF-Mn mg O/l	Prøvedagens Midl Vannføring m ³ /s	Midl måned Vannføring m ³ /s	Volum mnd. mill. m ³	STS tonn/døgn	STS tonn/mnd.	KOF-Mn tonn O/d	KOF-Mn tonn O/mnd.
Va 0	-04.2010	1,07*	4,87*	33,16	33,16	85,95	3,1	92	14,0	419
Va 0	31.05.2010	0,45	4,51	33,96	35,86	96,03	1,4	43	14,0	433
Va 0	29.06.2010	1,0	4,11	5,07	10,33	26,78	0,9	27	3,7	110
Va 0	31.07.2010	0,9	4,07	5,05	5,30	14,18	0,4	13	1,9	58
Va 0	24.08.2010	1,0	4,84	83,66	34,92	93,52	3,0	94	14,6	453
Va 0	27.09.2010	0,9	5,00	36,06	36,13	93,64	2,8	84	15,6	468
Va 0	27.10.2010	1,0	5,47	36,94	71,38	185,01	6,2	185	33,7	1013
Va 0	- 11.2010	1,07*	4,87*	31,82	31,82	82,48	2,9	88	13,4	402
Va 0	02.12.2010	1,2	5,33	23,65	12,59	33,71	1,3	41	5,8	178
Va 0	12.01.2011	1,07*	5,03	11,43	12,20	32,68	1,1	35	5,3	164
Va 0	01.02.2011	1,6	4,65	11,81	12,06	29,18	1,7	47	4,9	136
Va 0	08.03.2011	2,4	6,10	13,03	12,76	34,17	2,7	82	6,7	208
Sum år						807,33		831		4042
Va 1	-04.2010	0,71*	5,05*	33,16	33,16	85,95	2,0	61	14,5	434
Va 1	31.05.2010	0,65	4,5	33,96	35,86	96,03	2,0	62	13,9	417
Va 1	29.06.2010	0,4**	4,11	5,07	10,33	26,78	0,4	11	3,7	110
Va 1	31.07.2010	0,7	4,07	5,05	5,30	14,18	0,3	10	1,9	58
Va 1	24.08.2010	0,5**	4,94	83,66	34,92	93,52	1,5	47	14,9	462
Va 1	27.09.2010	1,0	5,68	36,06	36,13	93,64	3,1	94	17,7	532
Va 1	27.10.2010	0,8	5,54	36,94	71,38	185,01	4,9	148	34,2	1025
Va 1	- 11.2010	0,71*	5,05*	31,82	31,82	82,48	2,0	59	13,9	417
Va 1	02.12.2010	1,0	6,29	23,65	12,59	33,71	1,1	34	6,8	212
Va 1	12.01.2011	0,71*	5,19	11,43	12,20	32,68	0,8	23	5,5	170
Va 1	01.02.2011	0,9	4,52	11,81	12,06	29,18	0,9	26	4,7	132
Va 1	08.03.2011	0,4**	6,20	13,03	12,76	34,17	0,4	14	6,8	212
Sum år						807,33		589		4181
Differanse Va 0 - Va1										

* Konsentrasjonsdata er estimater, dvs. her satt lik middelveiden av målingene ved stasjonen.

** STS oppgitt til < 0,8 mg/l. Her satt lik halvparten av deteksjonsgrensen.

Tabell 9 Forts. Beregnet stofftransport mht. suspendert tørrstoff (STS) og kjemisk oksygenforbruk (KOF-Mn) ved stasjonene Va 2 og Va 3 fra april 2010 til og april 2011. Vannføringsdata fra Skagerak Kraft AS. Verdien for mai er midlere verdi av målingene fra 03. og 31. mai 2010.

	Dato	STS mg/l	KOF-Mn mg O/l	Prøvedagens Midl Vannføring m ³ /s	Midl måned Vannføring m ³ /s	Volum mnd. mill. m ³	STS tonn/d	STS tonn/mnd.	KOF-Mn tonn O/d	KOF-Mn tonn O/mnd.
Va 2	-04.2010	2,0*	7,08*	33,16	33,16	85,95	5,7	172	20,3	609
Va 2	31.05.2010	2,1	5,83	33,96	35,86	96,03	6,5	202	18,1	560
Va 2	29.06.2010	3,4	6,85	5,07	10,33	26,78	3,0	91	6,1	183
Va 2	31.07.2010	4,4	8,05	5,05	5,30	14,18	2,0	62	3,7	114
Va 2	24.08.2010	1,4	4,20	83,66	34,92	93,52	4,2	131	12,7	393
Va 2	27.09.2010	0,6	5,22	36,06	36,13	93,64	1,9	56	16,3	489
Va 2	27.10.2010	2,3	8,60	36,94	71,38	185,01	14,2	426	53,0	1591
Va 2	- 11.2010	2,0*	7,08*	31,82	31,82	82,48	5,5	165	19,5	584
Va 2	02.12.2010	1,1	8,24	23,65	12,59	33,71	1,2	37	9,0	278
Va 2	12.01.2011	2,0*	8,36	11,43	12,20	32,68	2,1	65	8,8	273
Va 2	01.02.2011	1,0	6,90	11,81	12,06	29,18	1,0	29	7,2	201
Va 2	08.03.2011	2,0	9,80	13,03	12,76	34,17	2,2	68	10,8	335
Sum år						807,33		1504		5610
Va 3	-04.2010	2,2*	6,29*	33,16	33,16	85,95	6,3	189	18,0	540
Va 3	05.2010	1,35	5,7	33,96	35,86	96,03	4,2	130	17,7	547
Va 3	29.06.2010	4,3	6,40	5,07	10,33	26,78	3,8	115	5,7	171
Va 3	31.07.2010	1,2	4,87	5,05	5,30	14,18	0,6	17	2,2	69
Va 3	24.08.2010	1,8	4,84	83,66	34,92	93,52	5,4	168	14,6	453
Va 3	27.09.2010	0,8	5,16	36,06	36,13	93,64	2,5	75	16,1	483
Va 3	27.10.2010	1,5	6,52	36,94	71,38	185,01	9,3	278	40,2	1206
Va 3	- 11.2010	2,2*	6,29*	31,82	31,82	82,48	6,1	182	17,3	519
Va 3	02.12.2010	2,0	5,52	23,65	12,59	33,71	2,2	67	6,0	186
Va 3	12.01.2011	2,2*	7,80	11,43	12,20	32,68	2,3	72	8,2	255
Va 3	01.02.2011	1,1	6,84	11,81	12,06	29,18	1,2	32	7,1	200
Va 3	08.03.2011	6,8	9,90	13,03	12,76	34,17	7,5	232	10,9	338
Sum år						807,33		1557		4967
Differanse Va2 – Va3										

* Konsentrasjonsdata er estimater, dvs. her satt lik middelverdien av målingene ved stasjonen.

Tabell 7. Beregnet stofftransport ved hjelp av veid middelveidi ig medianverdier for suspendert tørrstoff og KOF - perioden april 2010-mars 2011.

	Årlig middel	Volum år	STS	STS	STS	KOF-Mn	KOF-Mn	KOF-Mn
	Vannføring m ³ /s	mill. m ³	median mg/l	Sum tonn/år	Sum tonn/år midl verdi.	Median mgO/l	Sum tonn O/år.	Sum tonn O/år midl verdi.
Va 0	25,6	807,33	1,00	807	831	4,84	3907	4042
Va 1			0,75	606	589	4,94	3988	4181
Va 2			1,7	1372	1504	6,9	5571	5610
Va 3			1,6	1292	1557	6,34	5119	4967

Sum transport pr. år	STS, tonn		KOF-Mn, tonn O	
	Veid middelveidi	median	Veid middelveidi	median
Va - 0	831	807	4042	3907
Va - 1	589	606	4181	3988
Differanse Va - 0 til Va - 1	÷ 242	÷ 201	+ 139	+ 81
Va - 2	1504	1372	5610	5571
Differanse Va - 1 til Va - 2	+ 915	+ 766	+ 1429	+ 1583
Va - 3	1557	1292	4967	5119
Differanse Va - 2 til Va - 3	÷ 53	÷ 74	÷ 643	÷ 452

Tabell 10. Miljøkvalitet i ferskvann: Virkninger av miljøgifter - Tungmetaller – SFT klassegrenser Revidert 17/2 - 2004

	Parametre		Tilstandsklasser				
			I "Ubetydelig forurenset"	II "Moderat forurenset"	III "Markert forurenset"	IV "Sterkt forurenset"	V "Meget sterkt forurenset"
I Vann µg/l	Kobber	µg Cu/l	< 0,6	0,6 – 1,5	1,5 – 3	3 - 6	> 6
	Sink	µg Zn/l	<5	5 – 20	20 – 50	50 - 100	> 100
	Kadmium	µg Cd/l	<0,04	0,04 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,4	> 0,4
	Bly	µg Pb/l	<0,5	0,5 – 1,2	1,2 – 2,5	2,5 - 5	> 5
	Nikkel	µg Ni/l	<0,5	0,5 – 2,5	2,5 – 5	5 - 10	> 10
	Krom	µg Cr/l	<0,2	0,2 – 2,5	2,5 – 10	10 - 50	>50
	Kvikksølv	µgHg/l	<0,002	0,002- 0,005	0,005- 0,01	0,01 – 0,02	>0,02

Tabell 11. Resultater fra undersøkelsene av bunndyrsamfunnene på stasjonene i Vafoss-Kammerfosselva 28 mai 2010. Gjennomsnittlig antall individer per grabbprøve oppstrøms (Va 0) og nedstrøms (Va 2A, Va 2B og Va 3) Vafos AS.

	28.05.2010 Va 0	28.05.2010 Va 2A	28.05.2010 Va 2B	28.05.2010 Va 3
Igler				
Hirudinea indet	0.4			0.1
Erpobdella octoculata	0.8			
Leddormer				
Oligochaeta	22.4	0.2		3.7
Muslinger				
Sphaeriidae	9.6			
Tovinger				
Ceratopogonidae	0.4			0.1
Chironomidae	35.2	0.9	8.9	11.2
Snegl				
Radix labiata				0.8
Krepsdyr				
Asellus aquaticus (Gråsugge)	17.6		0.1	4.8
Øyenstikkere				
Zygoptera indet	0.4			
Coenagrionidae indet	0.4			
Vårfluer				
Hydroptilidae indet		0.1		
Oxyethira sp	0.4			
Lepidostoma hirtum	0.8			
Leptoceridae indet		0.1		
Polycentropodidae indet	0.4			
Cymnus trimaculatus	0.4			

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 • post@niva.no