

# Betydningen av vannføring i bekker og elver for vurdering av vannkvalitet

Av Eva Skarbøvik

Eva Skarbøvik er seniorforsker ved Bioforsk.

## Summary

**The influence of water discharge on stream water quality.** Data on water chemistry in Norwegian streams are used for several purposes, not least to ensure a knowledge-based implementation of the Water Framework Directive (WFD). However, in Norwegian monitoring programmes, water chemistry in streams is seldom evaluated in relation to the hydrological conditions, which means that an important explanatory factor is lost. This shortcoming can have both economical and practical consequences for the management of water resources. In this paper, case study data are used to discuss the importance of water discharge for water quality. The data are mainly derived from agricultural streams in south-eastern Norway where turbidity has been recorded hourly, and water samples been collected with different frequencies and analysed for total phosphorus and suspended sediments. In addition, data from the Riverine Inputs and Direct Discharges Programme (RID) have been used. The main focus has been to link water quality with hydrological conditions, and to assess the uncertainty of calculating average and maximum concentrations based on infrequent water sampling.

## Sammendrag

Vannkjemiske undersøkelser benyttes til en rekke formål, bl.a. i forbindelse med gjennomføringen

av vannforskriften. Imidlertid settes ikke alltid vannkjemi i elver og bekker i relasjon til vannføringen, noe som kan utgjøre en betydelig feilkilde i tolkningen av disse dataene. Dette kan ha både praktiske og økonomiske konsekvenser for vassdragsforvaltningen. Datagrunnlaget for denne artikkelen består av timesverdier av turbiditet, og vannprøver analysert for totalfosfor og suspendert tørrstoff fra Hobølva (Østfold) og Skuterudbekken (Akershus). I tillegg vises andre eksempler fra norske vassdrag med bl.a. konsentrasjonsdata av tungmetaller, hentet fra Elveovervåkingsprogrammet. Hensikten har vært å belyse sammenhengen mellom vannkjemi og hydrologi, og fokus har blitt lagt på usikkerheten ved å beregne gjennomsnittlige- og maksimumskonsentrasjoner i elver og bekker, noe som blir benyttet til å fastsette tilstanden til vannforekomstene.

## Innledning

I forbindelse med gjennomføringen av EUs Rammedirektiv for vann (Vanndirektivet; EU 2000) og den norske Vannforskriften utføres det nå flere overvåkingsprogrammer med vannkjemiske undersøkelser over hele landet (f.eks. Molversmyr *et al.*, 2011, Pura, 2011, Løvik *et al.*, 2012). Høsten 2013 skal de regionale programmene for tiltaksorientert overvåking være på plass ([www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no)). I en undersøkelse

av pågående program for tiltaksorientert overvåking i vassdrag med høy andel av jordbruk (Skarbøvik, 2012) ble det klart at hydrologi som oftest ikke tas med som forklaringsvariabel når resultatene gjennomgås. Dette er kanskje ikke overraskende tatt i betraktning av at Vanddirektivet ikke krever dette, men på den annen side har det i mange tiår vært kjent at det er en sammenheng mellom hydrologi og vannkvalitet, ikke minst i elver og bekker (f.eks. Walling, 1974; Richards, 1982).

Vannkjemiske data benyttes i dag til ulike formål, alle med relevans i forhold til gjennomføringen av Vanddirektivet:

1. Vurdere vannforekomstens tilstand ut fra gjennomsnittskonsentrasjoner av miljøgifter eller kjemiske støtteparametere.
2. Vurdere vannforekomstens tilstand ut fra maksimumskonsentrasjoner av miljøgifter.
3. Beregning av tilførsler til bruk i bl.a. tiltaksanalyser (avlastningsbehov, forurensingsbudsjetter)
4. Vurdering av forurensningskilder (såkalt problemkartlegging)

Bevisstheten om at hydrologien er viktig for vannkvaliteten er antakelig mest utbredt i forhold til beregning av transport av forurensing i bekker og elver (formål 3, over). For de tre andre formålene tyder gjennomgangen av norske overvåkingsrapporter på at hydrologi er mindre benyttet som en forklaringsvariabel (Skarbøvik, 2012). I denne artikkelen demonstreres derfor sammenhenger mellom vannkvalitet og -kvantitet ved å benytte data fra elver og bekker i Norge. Fokus er lagt på vurdering av gjennomsnittlige og maksimumskonsentrasjoner av fosfor og partikulært materiale, men også nitrogen og tungmetaller diskuteres.

## Metodikk

Turbiditet har i mange år blitt brukt for å vurdere tidsvariasjoner av både suspendert stoff og fosfor (f.eks. Foster *et al.* 1992, Stubblefield *et al.*, 2007, Eder *et al.* 2010). Dette skyldes at det oftest er en god korrelasjon mellom turbiditet og suspendert stoff, og tilsvarende, en god korrelasjon mellom

suspendert stoff og stoffer som enten transporteres i partikkelfasen eller adsorbert til partikler. Som kjent har fosfor egenskaper som gjør at stoffet kan adsorberes til partikler (f.eks. Berkheiser *et al.*, 1980), men også enkelte tungmetaller og andre miljøgifter kan transporteres med partikler (f.eks. Saeedi *et al.*, 2004).

Sensorer av typen Seba multisensor er blitt plassert ut i Hobøelva ved Kurefoss (Østfold fylke) og Skuterudbekken ved innløpet til Østensjøvannet (Akershus). Sensorene har målt turbiditet, temperatur, pH, ledningsevne og vannhøyde. Turbiditeten ble målt i nephelometric turbidity unit (NTU). Det ble også tatt ut vann i form av stikkprøver i begge disse stasjonene med jevne mellomrom, samt ekstraprøver ved flomepisoder. Vannprøvene ble analyserte for suspendert stoff (STS) og totalfosfor (TP).

Vannføringen i Hobøelva er målt rett oppstrøms Kurefoss, ved Høgfoss, stasjonen drives av Glommen og Laagen Brukseierforening ([www.glb.no](http://www.glb.no)). I Skuterudbekken er det kun benyttet vannstand målt av Seba-sensoren i denne studien.

I tillegg til disse dataene er det benyttet data fra Elvetilførselsprogrammet, som er et statlig program finansiert av Klif og ledet av NIVA, som måler tilførsler fra fastlands-Norge til kystområdene (Skarbøvik *et al.*, 2011).

## Resultat og diskusjon

### Forholdet mellom konsentrasjon og vannføring

Det er ikke alltid noe entydig forhold mellom konsentrasjoner og vannføring i en elv eller bekk, og dette kan være en medvirkende årsak til at hydrologiens betydning ofte overses. Figur 1 viser dette som årsgjennomsnitt for vannføring og hhv. suspendert tørrstoff (STS) og totalfosfor (TP), i Hobøelva. Korrelasjonen uttrykt ved  $R^2$  er på om lag 0,3 i begge tilfeller. Imidlertid kan bruk av sensormålinger av turbiditet kaste lys på det fenomenet som kalles hysteres, og som i korthet går ut på at konsentrasjonene av enkelte stoffer øker raskt med økende vannføring eller vannstand, og så blir reduserte igjen før vannføringen eller vannstanden går ned. Hysteres er blitt mye

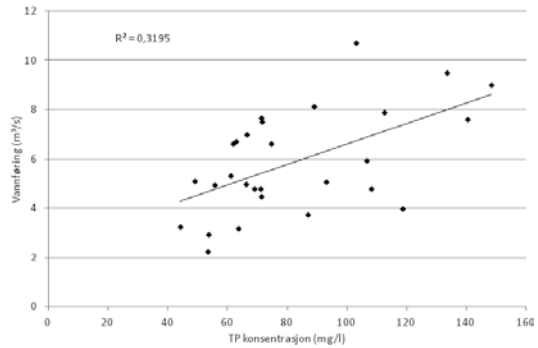
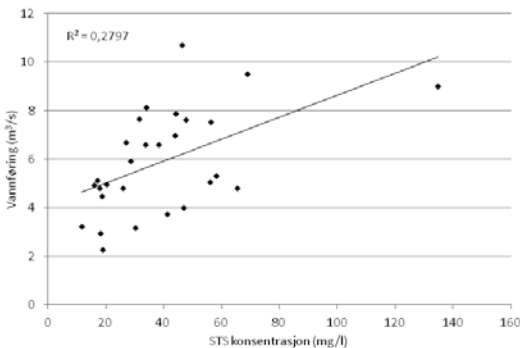
omtalt i litteraturen i forbindelse med sammenhenger mellom vannføring og konsentrasjoner (f.eks. Drewry *et al.*, 2008 og Stutter *et al.*, 2008). Figur 2 viser dette for tre påfølgende vannføringstopper i Hobøelva i mai 2010, hvor turbiditet ble målt hver time. Ved den første vannstandsstigningen økte turbiditeten faktisk før vannstanden, noe som kan forklares med at vannhastigheten stiger før vannstanden (og vannføringen) stiger. Når vannhastigheten stiger vil turbulensen i vannmassene øke, og vannet får økt eroderende kraft. I tillegg er det mulig at avrenning fra jorder (overflatevann og grøftetilsig) kan bringe fosforholdige partikler ut i elva før vannføringen begynner å stige. Ved den andre og tredje vannstandsstigningen økte turbiditeten raskt idet vannstanden begynte å stige, og sank deretter igjen raskere enn vannstanden; med andre ord typiske hystereseforløp. For begge episoder nådde turbiditetsmåleren maksimumsgrensen på 1100 NTU, noe som betyr at vi ikke

kan vite hvor høyt turbiditeten gikk i hver av episodene.

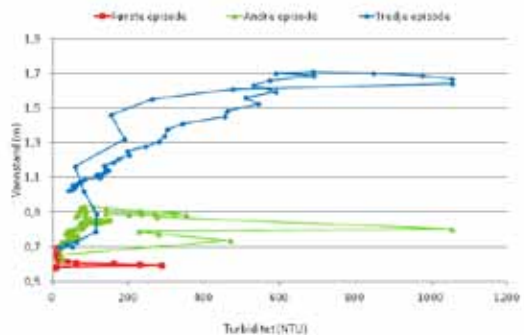
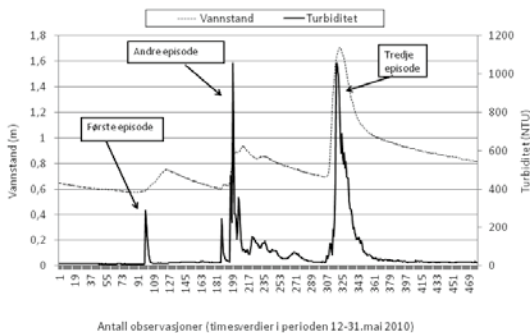
Disse dataene viser altså at turbiditet påvirkes av vannføringen, men at ulike vannføringsøkninger ikke nødvendigvis gir samme respons i turbiditet hver gang. Korrelasjonen (uttrykt ved  $R^2$ ) mellom turbiditet og hhv. suspendert tørrstoff og totalfosfor i dette vassdraget har i årene 2010 – 2012 lagt på om lag 0,8. Dette indikerer at hystereseeffekten også gjelder for disse stoffene. For stoffer som transporteres i oppløst fase kan det også være slike hystereseeffekter, men da kan de gjerne gå i motsatt retning, dvs. at når vannføringen øker så minker konsentrasjonen pga. fortykning. Stutter *et al.* (2008) viste dette for nitratkonsentrasjoner i løpet av flomepisoder.

**Gjennomsnittlige konsentrasjoner**

Som nevnt innledningsvis er ett av formålene med å undersøke vannkjemien i vassdrag å bestemme tilstanden. Kjemisk tilstand bestem-



Figur 1. Konsentrasjoner vist som årsgjennomsnitt av suspendert tørrstoff (STS) og totalfosfor (TP) relatert til gjennomsnittlig vannføring samme år. Fra Hobøelva ved Kurefoss for årene 1986-2012.



Figur 2. Vannføring og turbiditet i perioden 12-31. mai 2010 i Hobøelva ved Kure.

mes ut fra gjennomsnittlige og maksimumskonsentrasjoner av et stoff sammenlignet med den fastsatte grenseverdien (god/moderat) for stoffet (Direktoratsgruppa, 2009a). For økologisk tilstand er det slik at hvis de biologiske undersøkelsene konkluderer med at vannforekomsten har god tilstand så må det gjennomføres en undersøkelse av de kjemiske støtteparameterne (f.eks. totalfosfor eller total nitrogen). Hvis gjennomsnittlige konsentrasjoner av støtteparameterne viser at vannet har dårligere tilstand enn god, kan vannforekomsten bli nedgradert til moderat tilstand. En vannforekomst i moderat tilstand skal i prinsippet heves til god tilstand, noe som oftest vil innebære kostnader i form av tiltak. Gjennomsnittlige konsentrasjoner har med andre ord både en praktisk og økonomisk betydning for forvaltningen av vassdragene våre.

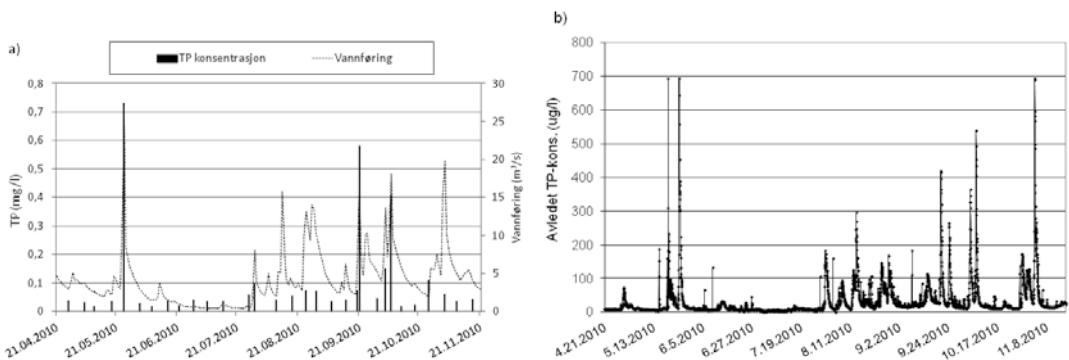
Figur 3a viser hvordan konsentrasjoner av totalfosfor (TP) varierte i løpet av året 2010 i Hobølelva. Dette året ble det ved denne stasjonen tatt ukentlige prøver, samt enkelte tilleggsprøver under flom. Maksimumskonsentrasjonen var om lag 750 µg/l, men samtidig hadde flere av prøvene konsentrasjoner under miljømålet, som ved denne stasjonen er blitt satt til 40 µg/l (Haande *et al.*, 2011).

Figur 3b viser forholdene ved samme stasjon og samme år, men basert på en annen prøvetakingsmetode. Verdiene i figuren er i utgangspunktet timesverdier av turbiditet, men som nevnt korrelerte turbiditetsverdiene godt med konsentrasjonen av totalfosfor ( $R^2=0,8$  for en

lineær funksjon), og avledete konsentrasjonsverdier av TP ble derfor beregnet. Eksempelen viser at man ved turbiditetsmålinger kan observere at det er sannsynlig at flere konsentrasjonstopper forblir uregistrerte selv ved ukentlige målinger. Imidlertid lå gjennomsnittskonsentrasjonen av de faktiske prøvene høyere enn for de som ble avledet fra timesverdier av turbiditet.

For vannprøvene som var analyserte på laboratorium lå snittet på 79 µg/l (kun utfra regelmessige ukeprøver; flomprøvene var fjernet fra datasettet); mens det for timesverdiene avledet fra turbiditetsregistreringer ble beregnet et snitt på 32 µg/l. Det kan være flere årsaker til dette avviket. På den ene siden er det sannsynlig at usikkerheten for vannprøvene er størst, siden antallet vannprøver var adskillig færre enn de avledete timeregistreringene av turbiditet. På den annen side var korrelasjonen mellom turbiditet og TP-konsentrasjon dårlig på de helt lave konsentrasjonene, noe som innebærer at det ved lave turbiditetsverdier kan ha vært høyere konsentrasjoner av TP i vannet enn det som den lineære funksjonen mellom TP og turbiditet tilsier. I tillegg hadde sensoren en max-verdi på 1100 NTU (tilsvarende ca. 750 µg TP/l), noe som medførte at de høyeste verdiene for turbiditet (og dermed avledet TP-konsentrasjon) ikke ble registrerte. Dog må det bemerkes at kun tre av turbiditetsregistreringene nådde så høyt som til 1100 NTU denne sesongen.

Dette eksempelet viser at gjennomsnittlige konsentrasjoner kan ha stor usikkerhet. For å



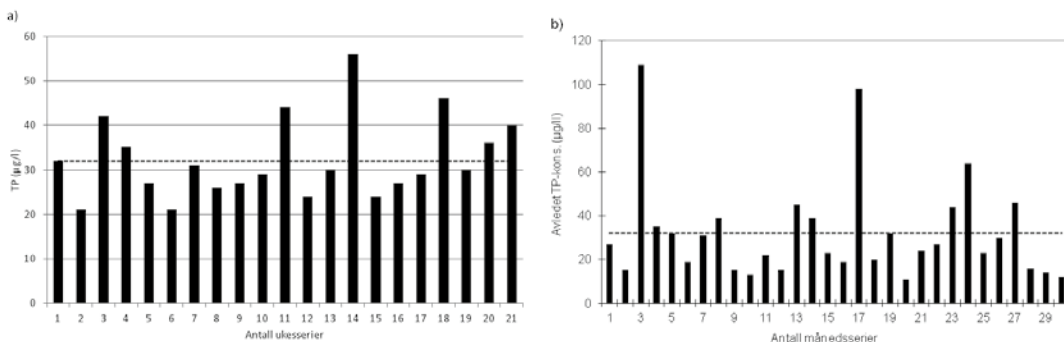
Figur 3. a) Vannføring og målt totalfosfor (TP)-konsentrasjon i Hobølelva ved Kure fra april – november 2010. b) TP-konsentrasjon beregnet utfra turbiditetsmålinger (timesverdier) samme sted og periode.

illustrere dette ytterligere ble det laget «kunstige» dataserier utfra turbiditetsdataene fra Hobøelva ved Kure i 2010, som altså hadde en gjennomsnittlig konsentrasjon av TP (avledet fra turbiditetsmålingene) på 32 µg/l. Det ble tatt ut en serie med prøver med ukentlige intervall, og en annen med månedlige intervall. Prøvene med ukentlige intervall ble valgt ut fra serien med timesverdier som følger: Serie nr. 1 (jf. X-aksen i figur 4a) ble tatt ut fra den 1., 7., 14. osv. dagen i serien, klokken 03:00 om morgenen. Serie 2 ble tatt ut den 2., 8., 15., osv. dagen i serien, fremdeles kl. 03:00 om morgenen, og slik fortsetter det frem til og med serie nr. 7 (tatt ut for den 6., 13., 20., osv. dagen, kl. 03:00). Serie 8-14 ble tatt ut på samme måte men klokken 11:00 hver dag, og serie 15-21 klokken 19:00 hver dag. Resultatet av dette ble en serie på 21 gjennomsnittsverdier baserte på ulike ukentlige registreringer (figur 4a). Disse gjennomsnittlige konsentrasjonene varierte fra om lag 20 til om lag 55 µg TP/l, og dermed med et avvik på +23 til -12 µg TP/l fra gjennomsnittsverdien på 32 µg TP/l (stiplet linje).

Det er relativt få av dagens prøvetakingsprogrammer som har ukentlig overvåking av elver og bekker (Skarbøvik, 2012), og samme prosedyre ble derfor gjentatt for månedlige registreringer. Den første månedsserien (serie nr. 1 på X-aksen i figur 4b) startet den 1. dagen i serien og fortsatte så den 31., 62. osv. dagen i serien. Serie nr. 2 hentet data fra den 2., 32., 63. osv. dagen i serien, osv., til det til sammen var 30

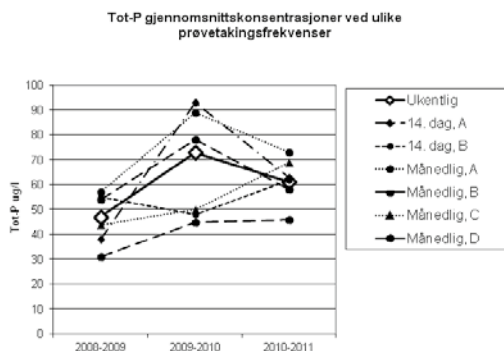
serier med verdier med månedlige intervall. Hver registrering ble hentet ut klokken 19:00. Siden sensoren bare sto ute i åtte måneder hadde hver serie 8 registreringer. Som figuren viser varierer disse gjennomsnittskonsentrasjonene til dels kraftig fra gjennomsnittet på 32 µg TP/l som ble beregnet fra timesverdiene, med de laveste snittverdiene rundt 10 µg/l og de høyeste rundt 110 µg/l. Denne store variasjonen mellom datasettene viser risikoen ved kun å ta 8 prøver per år for å vurdere vannkvalitet (eller månedlige prøver utenom frostperioden om vinteren). Dette bør være tankevekkende ettersom flere overvåkingsprogram i elver og bekker har 6-12 prøver i året som standard (Skarbøvik 2012). Det er også klart at analyser av trender over tid blir vanskelig med et slikt datasett, og at det derfor blir svært tvilsomt om det kan vurderes om tiltakene virker eller ikke.

Forsøkene som er vist hittil er baserte på avledete serier av TP fra på turbiditetsmålinger. For å undersøke hvordan variabiliteten kan være i faktiske vannprøver ble det tatt utgangspunkt i tre årsserier (2008/09; 2009/10; 2010/11) med ukentlige prøver fra Hobøelva ved Kure. Det ble beregnet gjennomsnittlige konsentrasjoner av prøver tatt ukentlig, hver 14. dag og hver 4. uke (månedlig). For hver 14. dag er det mulig å beregne to ulike serier avhengig av hvilken uke i måneden man starter på, tilsvarende kan man beregne fire ulike månedlige serier utfra de ukentlige seriene. Som figur 5 viser resulterte dette i en varians på mellom 30 og 50 µg/l,



Figur 4. a) Gjennomsnittlige konsentrasjoner av totalfosfor (TP) avledet av turbiditetsdata fra Hobøelva ved Kurefoss i 2010. a) 21 serier med prøver tatt ut hver uke. b) 30s serier med prøver tatt ut hver måned. Stiplet linje viser gjennomsnittskonsentrasjonen basert på alle data (timesverdier).

avhengig av prøvetakingsfrekvens. I dette eksempelet er det ingen fasit ettersom ukentlige verdier er de med best oppløsning, men, som vist over, kan også ukentlige serier ha store avvik. Middel vannføring i disse tre årsperiodene lå rett over gjennomsnittet på 4,6 m<sup>3</sup>/s, med 4,8 m<sup>3</sup>/s for 2008-09; 5,1 m<sup>3</sup>/s for 2009-10 og 5,3 m<sup>3</sup>/s for 2010-11. Total TP-transport i elva var imidlertid høyest i det midterste året (16 tonn/år i forhold til 10 tonn det første og 13 tonn det siste året). Variasjonsbredden i det midterste året ser derfor ut til å være mer knyttet til høyt TP-innhold i vannmassene enn til vannføringen, noe som viser at vannføring ikke forklarer alle variasjoner i vannkjemi. I 2008 gikk det flere ras i vassdraget og høye konsentrasjoner i påfølgende år kan mulig knyttes til at det lå mye rasmateriale langs elva som ble transportert ut også ved lavere vannføringer.



Figur 5. Gjennomsnittlige konsentrasjoner for tre årsperioder, basert på vannprøver tatt som stikkprøver ukentlig, hver 14. dag, og månedlig. Hver av årsperiodene er fra oktober til oktober.

Det finnes relativt få artikler om gjennomsnittlige konsentrasjoner av stoffer i elver og bekker, kanskje fordi det tradisjonelt har vært vanligere å bruke data fra elver og bekker til å beregne tilførsler av stoffer. Brauer *et al.* (2009) undersøkte imidlertid gjennomsnittlige konsentrasjoner i små jordbruksbekker og konkluderte med at det var nødvendig med 2-39 prøver pr. måned for TP og 1-16 prøver pr. måned for total nitrogen for å oppnå en snittkonsentrasjon innenfor 20 % konfidensintervall. Også i større

elver er det forbundet med stor usikkerhet å beregne gjennomsnittlige konsentrasjoner. I nedre deler av Numedalslågen (ved E6) viste Skarbøvik *et al.* (2012) at gjennomsnittlige konsentrasjoner av suspendert stoff fra vannprøver med en ukes prøvetakingsfrekvens hadde en feilprosent på  $\pm 50-70\%$  i forhold til prøver tatt ut to ganger per dag. Prøveserier med 12 prøver per år hadde tilsvarende en feilprosent fra -50 til + 220 %, mens prøvesett med månedlige intervall og 7-8 prøver per år kunne ha en feilprosent over 400 %. Usikkerheten var størst i år med høye vannføringer.

Usikkerheten ser altså generelt ut til å øke med minkende prøvetakingsfrekvens, og med økende årlig vannføring. I Vanddirektivet (EU 2000) kreves det ikke ukentlig prøvetaking; minimumsfrekvensen er 4 prøver i året. Overvåkingsveilederen (Direktoratsgruppa, 2009b) anbefaler imidlertid en frekvens ved tiltaksovervåking på hver 14. dag. Det er viktig at både forvaltere og konsulenter er bevisst den store usikkerheten som ligger i et datamateriale med lav-frekvent prøvetaking og ikke trekker bastante konklusjoner. Biologiske data skal være basis for den økologiske klassifiseringen i elver og bekker, men det er kanskje et tankekor at grenseverdiene for de biologiske kvalitetselementene ofte er bestemt ut fra gjennomsnittskonsentrasjoner av f.eks. TP, og det er sannsynlig at det også her bør regnes med en stor usikkerhet når dataene tolkes.

### Maksimumskonsentrasjoner

For miljøgifter bedømmes tilstanden i vannforekomstene både ved gjennomsnittlige- og maksimumskonsentrasjoner (Direktoratsgruppa, 2009a). I den forbindelse blir det viktig å ta prøvene slik at man har mulighet for å oppdage de høye konsentrasjonene, noe som igjen fordrer kunnskap om stoffenes variasjon med vannføringen. Som vist over øker ofte konsentrasjoner av suspendert stoff og totalfosfor med vannføringen. Tilsvarende er det flere andre stoffer som transportertes sammen med partikler i vassdragene og hvor konsentrasjonene øker med økende vannføring. Stoffer som fraktes i oppløst tilstand kan derimot



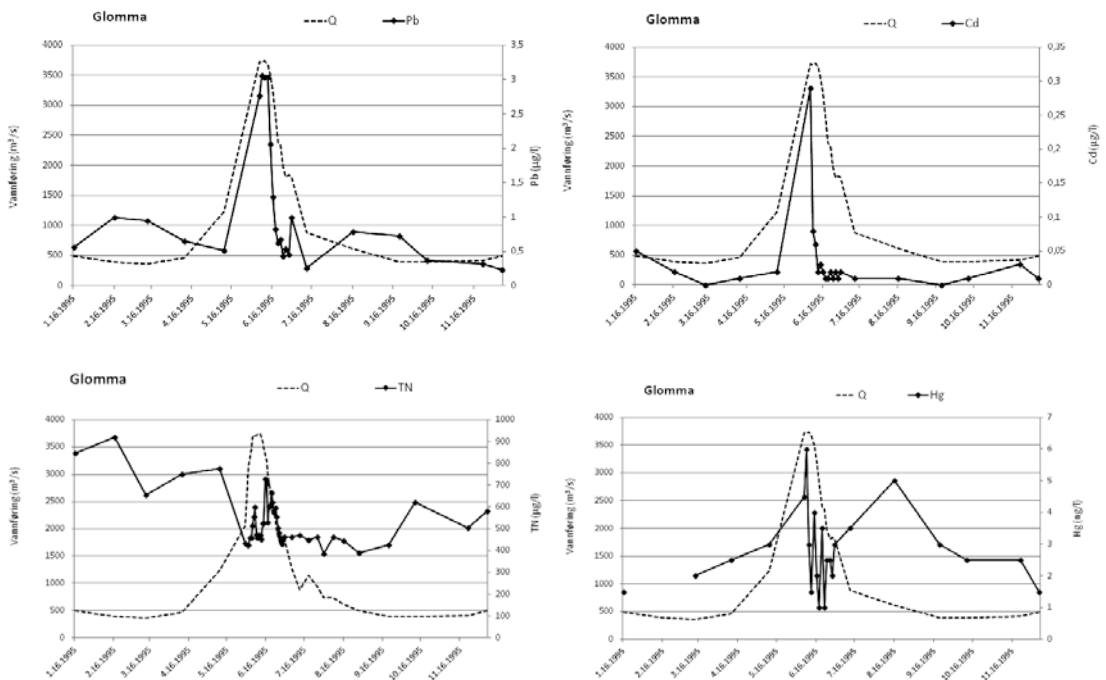
Stoff	Lineær funksjon	Polynom funksjon
	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
Suspendert stoff (STS)	<b>0,62</b>	<b>0,79</b>
Totalfosfor (TP)	<b>0,63</b>	<b>0,73</b>
Total nitrogen (TN)	0,10	0,10
Bly (Pb)	<b>0,62</b>	<b>0,91</b>
Kvikksølv (Hg)	0,05	0,12
Nikkel (Ni)	0,01	0,21
Kadmium (Cd)	0,2	0,32
Kobber (Cu)	<b>0,55</b>	<b>0,78</b>

Tabell 1. Forholdet mellom vannføring og stoffkonsentrasjoner under flommen i Glomma ved Sarpsborg i 1995 presentert som R<sup>2</sup>. Verdier over 0,5 uthevet.

få redusert konsentrasjon ved økt vannføring pga. fortykning.

Elvetilførselsprogrammet (Skarbøvik *et al.*, 2011) har samlet inn data fra norske vassdrag i over 20 år, herunder næringsstoffer og tungmetaller. Fire av tungmetallene som måles i pro-

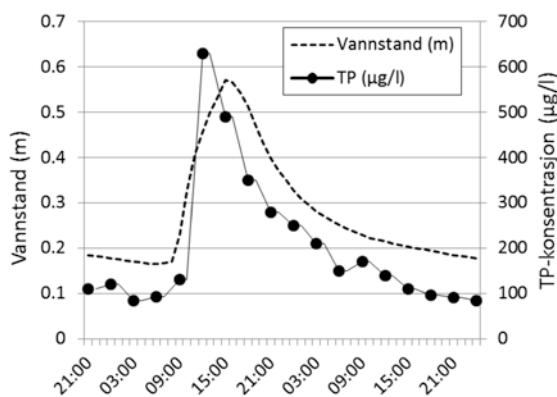
grammet er med i listen over de 33 prioriterte stoffene i Vanddirektivet; dette gjelder kadmium, kvikksølv, nikkel og bly. Tabell 1 viser korrelasjoner mellom vannføring og stoffkonsentrasjoner (vist som R<sup>2</sup>) under storflommen i Glomma ved Sarpsborg i 1995; figur 6 illustrerer



Figur 6: Vannføring og konsentrasjoner av bly (Pb), kadmium (Cd), totalnitrogen (TN) og kvikksølv (Hg) under flommen i Glomma ved Sarpsfossen i 1995. Data fra Elvetilførselsprogrammet.

forløpet for konsentrasjoner av fire av stoffene (bly, kadmium, totalfosfor og kvikksølv). Mens suspendert stoff, totalfosfor, bly og kobber (og til dels kadmium; se figur 6), økte med økende vannføring, oppførte stoffer som total nitrogen, nikkel og kvikksølv seg annerledes. En gjennomgang av data fra Elvetilførselsprogrammet i Numedalslågen viste imidlertid at suspendert stoff korrelerte med arsenikk, bly, nikkel, og fosfor (Skarbøvik *et al.* 2012). Kunnskap om hvordan ulike stoffer reagerer med variasjoner i vannføring i ulike vassdrag er viktige for å kunne ta stikkprøver på en slik måte at maksimumskonsentrasjoner kan oppdages.

Mens flommen i Glomma varte over flere uker vil flommer i mindre elver og bekker ofte vare kortere, noen ganger i mindre enn en time. Figur 3b viste utfordringen ved å ta prøver til riktig tid i Hobølelva: Innenfor ett døgn varierte konsentrasjonene av TP med 6-700 µg/l (som avledet fra turbiditetsmålinger). I bekker blir prosessene ofte enda raskere. Vannprøver tatt i Skuterudbekken hver tredje time i løpet av to døgn, og analyserte for totalfosfor bekrefter denne utfordringen (Figur 7). En vannstandsøkning ga en endring i TP-innhold på ca. 500 µg/l fra ca. 100 µg/l klokken 09:00; til ca. 600 µg/l klokken 12:00. Det sier seg selv at det å treffe akkurat riktig tidspunkt for prøvetaking lett kan bli det umuliges kunst.



Figur 7. Vannstand og konsentrasjon av totalfosfor (TP) i vannprøver tatt i Skuterudbekken hver 3. time over to døgn (fra 19.10. kl. 19 til 22.10. kl. 00; 2012).

## Praktiske løsninger

Mens det i forskningssammenheng ofte legges vekt på å finne relasjoner mellom vannkvalitet og hydrologiske parametere, f.eks. i form av modeller/verktøy som tar hensyn til hysteresis (Edet *et al.*, 2010), har forvaltningen behov for enklere løsninger. En mulighet i forhold til å finne gjennomsnittsverdier kan være å ta såkalte «blandprøver». Dette er prøver tatt med jevne mellomrom som samles opp i kontainere, og hvor det tas ut en representativ prøve for analyser. Slike blandprøver kan tas med jevne tidsintervall, men det er vanligere at prøver tas med et mellomrom som er tilpasset en lik vannmengde som passerer i bekken eller elva (f.eks. Deelstra *et al.*, 2013). Det siste vil nødvendigvis medføre at det tas hyppigere prøver når vannføringen er stor enn når vannføringen er liten, noe som utfra diskusjonen i denne artikkelen gjerne vil gi annerledes konsentrasjoner enn der prøvene tas ut med jevne mellomrom. Blandprøver vil imidlertid ikke gi informasjon om maksimumsverdien i løpet av prøvetaksperioden. Videre blir blandprøver ofte stående i flere dager og undersøkelser har vist at mange stoffer ikke er holdbare ved slik oppbevaring (f.eks. Kotlash og Chessman, 1998). Blandprøver krever dessuten en viss infrastruktur i form av målehytte, strømuttak, m.m., og når alle landets vannområder skal utføre overvåking relatert til Vanndirektivet er det mer sannsynlig at stikkprøver blir benyttet.

En pragmatisk tilnærming til å diskutere stikkprøver basert på hydrologiske forhold er demonstrert bl.a. i Johnsen og Bjørklund (2001). Her er nedbørforholdene i forkant av prøvetaking brukt aktivt i diskusjonen av vannkjemi-dataene, noe som øker verdien av rapporteringen vesentlig for forvaltningen. Tilsvarende, der det finnes vannføringsdata enten i vassdraget som undersøkes eller i nærliggende vassdrag bør disse tas inn i vurderingen av konsentrasjoner.

## Konklusjon

I denne artikkelen har data fra elver og bekker blitt benyttet til å demonstrere ulike sammenhenger mellom vannføring og vannkvalitet. Det konkluderes med at selv om alle variasjoner i



vannkjemi ikke kan forklares av vannføringen, så er hydrologiske forhold en viktig forklaringsvariabel for vurderinger av vannkjemi. Siden arbeidet med å implementere vannforskriften har store praktiske og økonomiske konsekvenser er det derfor viktig å ta inn hydrologiske data som en forklaringsvariabel når vannkjemien vurderes. I dag gjøres dette i alt for liten grad, noe som kan gi feilaktige tolkninger av vannkvalitetsdata. I Norge har hydrologi vært et fag som av historiske årsaker har vært nært knyttet opp mot vannkraftsektoren. Dette har kanskje bidratt til at det hydrologiske stasjonsnettet er bedre utbygd i områder med mye vannkraftutbygging enn i lavlandsvassdrag med potensielle forurensingsproblemer (f.eks. Taksdal 1999). Det kan være et spørsmål om flere hydrologiske stasjoner bør vurderes i lavlandsvassdrag fremtiden, men i så fall bør forvaltningen benytte hydrologiske data i adskillig større grad enn i dag når vannforekomstenes miljøtilstand skal vurderes.

Relasjonen mellom vannkvantitet og -kvalitet varierer fra stoff til stoff, siden stoffer som ofte er knyttet til partikler oppfører seg annerledes i forhold til vannføring enn stoffer som fraktes i oppløst tilstand. Analyser som er utført her viser at usikkerheten ved å beregne både gjennomsnittlige og maksimumskonsentrasjoner av ulike stoffer i rennende vann kan være uakseptabelt høye. Klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa, 2009a) postulerer at usikkerheten ikke bør overstige 20 % ved klassifisering av tilstanden i vannforekomster. Resultatene i denne artikkelen bør i så fall bidra til en mulig revurdering av vannforskriftens prinsipper om å bruke slike gjennomsnittlige og maksimumskonsentrasjoner som grunnlag for vurdering av tilstand i rennende vann.

Som nevnt innledningsvis er det også andre formål med vannkemiske data enn tilstands-vurderinger. Dette kan omfatte beregninger av tilførsler samt vurdering av forurensingskilder. I denne artikkelen har det ikke vært rom for å diskutere disse forholdene utfyllende, men det understrekes at også for disse formålene er det viktig at hydrologiske data tas i bruk for å få gode resultat.

## Takk for finansiell støtte

Vannområdeutvalget Morsa har via midler fra Klif finansiert drift og leie av turbiditetssensor og innsamling/analyser av vannprøver i Hobølelva. Turbiditetssensor og innsamling/analyser av vannprøver i Skuterudbekken er delvis utført via JOVA-programmet som finansieres av LMD, delvis av interne midler i Bioforsk. Data fra Glomma og Numedalslågen er hentet fra Elvetilførselsprogrammet, som ledes av NIVA og finansieres av Klif.

## Referanser

Berkheiser, V.E., Street, J.J., Rao, P.S.C., og Yuan, T.L. 1980. Partitioning of inorganic orthophosphate in soil-water systems. *CRC Crit. Rev. Environ. Control* 10:179-224.

Deelstra, J., Stenrød, M., Bechmann, M. og Eggestad, H.O. 2013. Discharge measurement and water sampling. I: Bechmann og Deelstra (red.) *Agriculture and Environment - Long-term monitoring in Norway*. Akademika Publishing, Trondheim. ISBN: 978-82-321-0014-9.

Direktoratsgruppa 2009a. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratgruppa for gjennomføring av vandndirektivet, 2009.

Direktoratsgruppa 2009b. Veileder 02:2009. Overvåking av miljøtilstand i vann. Veileder for vannovervåking i hht. kravene i Vannforskriften. Direktoratgruppa for gjennomføringen av vandndirektivet, 2009. 119 s. 184 s.

Drewry, J.J., Newham, L.T.H. og Croke, B.F.W. 2009. Suspended sediment, nitrogen and phosphorus concentrations and exports during storm events in the Tuross estuary, Australia. *J. Envir. Man.* 90: 879-887.

EC 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 of establishing a framework for community action in the field of water policy.

Eder, A., Strauss, P., Krueger, T. og Quinton, J.N. 2010. Comparative calculation of suspended sediment loads with respect to hysteresis effects (in the Petzenkirchen catchment, Austria). *J. Hydrol.* 389: 168-176.

Foster, I.D.L., Millington, R. and Grew, R.G. The impact of particle size controls on stream turbidity measurements; some implications for suspended yield estimation. In: Bogen, Walling & Day: *Erosion and sediment transport monitoring programmes in river basins*. IAHS Publ. 210: 51-62.

- Haande, S., Solheim, A.L., More, J. og Brænden, R. 2011. Klassifisering av økologisk tilstand i elver og innsjøer i Vannområde Morsa iht. Vanddirektivet. NIVA-rapport 6166-2011. 39 s.
- Johnsen, G.H. og Bjørklund, A.L. 2001. Overvaking av eutrofieringsvasskvalitet i Hordaland 2000. Rådgivende Biologer AS; Nr. 490, 40 s.
- Kothlash, A.R. og Chessman, B.C. 1998. Effects of water sample preservation and storage of nitrogen and phosphorus determinations: Implications for the use of automated sampling equipment. *Wat. Res.* 32 (12): 3731–3737.
- Løvik, J.E., Eriksen, T.E. og Kile, M.R. 2012. Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa. Årsrapport/datarapport for 2011. NIVA-rapport 6316-2012. 79 s.
- Molversmyr, Å., Schneider, S., Bergan, M.A., Edvardsen, H. og Mjelde, M. 2011. Overvåking av Jervassdrag 2011. Datarapport. Rapport RIS-2012/023. 130 s.
- Pura 2011. Årsrapport 2008-2010. PURA: Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. 132 s.
- Richards, K. 1982. Rivers – form and process in alluvial channels. Metuen & Co. Ltd.
- Saeedi, M., Daneshvar, Sh. og Karbassi, A.R. 2004. Role of riverine sediment and particulate matter in adsorption of heavy metals. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 1(2): 135–140.
- Skarbøvik E., Stålnacke, P., Selvik, J.R., Aakerøy, P.A., Høgåsen, T., Kaste, Ø. 2011. Elvetilførselsprogrammet (RID) - 20 års overvåking av tilførsler til norske kystområder (1990-2009). NIVA-rapp. 6235-2011. Klif TA-rapport 2857/2011, 54 s.
- Skarbøvik, E. 2012. Tiltaksorientert overvåking i jordbruksdominerte vassdrag i Norge. Bioforsk Rapport Nr. 90 (Vol 7): 48 s.
- Skarbøvik, E., Stålnacke, P., Bogen, J., Bønsnes, T.E. 2012. Impact of sampling frequency on mean concentrations and estimated loads of suspended sediment in a Norwegian river: Implications for water management. *Sci. Tot. Env.* 433: 462-471.
- Stubblefield, A.P., Reuter, J.E., Dahlgren, R.A., Goldman, C.R. 2007. Use of turbidometry to characterize suspended sediment and phosphorus fluxes in the Lake Tahoe basin, California, USA. *Hydrol. Proc.* Vol 21. 3:281-291.
- Stutter, M.I., Langan, S.J. og Cooper, R.J. 2008. Spatial contribution of diffuse inputs and within-channel processes to the form of stream water phosphorus over storm events. *J. Hydrol.* 350: 203-214.
- Taksdal, S. (red.). Hydrologiske data i Norge. NVE Rapport 9/1999. (3 bind).
- Walling, D.E. 1974. Suspended sediment and solute yields from a small catchment prior to urbanisation. *IGB Special Publications* 6, 169-92.