

Programområde: **Sötvatten**

Undersökningstyp: **Vattenkemi i sjöar**

Mål och syfte med undersökningstypen

Vattenkemisk undersökning av sjöar syftar till att beskriva tillstånd och förändringar med avseende på kemiska förhållanden (inkluderande livsvillkor för biota). Resultaten används för att bedöma sjöars påverkan av luftföroreningar, olika typer av utsläpp, samt av markanvändning och andra ingrepp eller åtgärder inom avrinningsområdet.

Att tänka på

Undersökningstypen kan genomföras på olika ambitionsnivåer, vilka främst skiljer sig i provtagningsfrekvens. Därutöver kan valet av mätvariabler vara olika, beroende på den hotbild som finns. Valet av provtagningsfrekvens i ett övervakningsprogram är beroende av det syfte som är uppsatt för programmet (se SNV Rapport 3075 för diskussion). Generellt kan sägas att ju oftare prover tas i en mätpunkt, desto bättre information får man om förhållandena där.

I intensiva övervakningsprogram, där ett av de viktigaste syftena är att övervaka de vattenkemiska förhållandena i enskilda sjöar, bör prover tas minst fyra gånger per år. En utökad provtagningsfrekvens till 6-8 gånger per år ger en bättre bild av säsongsvariationen, och ger därmed ett bättre underlag för beräkning av trender och cykliska förlopp. För att kvantifiera fosfortillskott från sedimenten kan det i grunda oskiktade sjöar vara nödvändigt med en ännu högre provtagningsfrekvens (varje eller varannan vecka) under vegetationsperioden. En hög provtagningsfrekvens möjliggör också kvantifiering av biogeokemiska processer i sjön, och ger ett bra underlag för utvärdering och modellering av tillstånd och variation hos sjöns växt- och djursamhällen.

I mer extensiva program genomförs provtagningar en gång per år, eller ännu mera sällan. En låg provtagningsfrekvens medger undersökning av fler sjöar inom ett övervakningsprogram. Detta är en fördel om syftet är att övervaka sjöar inom ett större område, eftersom det en bättre geografisk täckning av området och dess olika sjötyper. En vattenkemisk karaktärisering av en sjö utgör värdefull bakgrundsinformation vid analys av sjöns växt- och djursamhällen, även då karaktäriseringen är gjord på grundval av enstaka provtagningar. Den extensiva nivån ger dock dåligt underlag för utvärdering av förändringar av vattenkemiska

förhållanden i enskilda sjöar eftersom många variabler uppvisar såväl en stor säsongs- som mellanårsvariation.

Strategi

Provtagningspunkt

I övervakningsprogram skall fasta provtagningspunkter användas. För de flesta program är det tillräckligt om prover tas vid en representativ punkt per sjö. Provtagningspunkten placeras över sjöns (sjöbassängens) djupaste område och dess läge säkras med bäringar till fasta punkter på land. Vid regional/lokal övervakning av enskilda sjöar kan, beroende på syftet med undersökningen, en annan lokalisering av provtagningspunkter vara lämplig (se SNV Rapport 3075 för diskussion). Om syftet t.ex. är att bedöma påverkan av ett lokalt utsläpp placeras provpunkter lämpligen längs en utläppsgradient.

Provtagningsdjup

Provtagning skall i intensiva program omfatta en djupprofil som, beroende på sjödjup, kan bestå av upp till fem prover (se BIN SR11 för lämpliga provtagningsdjup). Fasta djup böd användas vid provtagningen. Detta underlättar utvärderingen. Temperaturmätningar skall göras så att skiktningförhållanden och språngskiktets läge kan bestämmas. I sjöar grundare än 15 m är det lämpligt med prover från tre nivåer som då omfattar yta (0,5 m djup), språngskikt och botten (1 m över sedimentytan). I sjöar som är grundare än 5 m, vilka oftast inte är skiktade, är det tillräckligt att ta ett prov.

I extensiva program är det ofta tillräckligt med ett ytprov. Om provtagning genomförs under någon skiktningperiod bör dock även ett bottenprov tas, åtminstone i de fall då resultaten ska utgöra bakgrundsinformation vid utvärdering av bottenfauna i profundalen och sublittoralen.

Provtagningsfrekvens

I intensiva övervakningsprogram bör provtagning ske minst fyra gånger per år, och helst oftare. Om endast fyra provtagningar genomförs bör dessa, när det gäller dimiktiska sjöar, förläggas till de två perioder när det råder stabila skiktningförhållanden, samt till cirkulationsperioderna under vår och höst. Figur 1 visar en generaliserad bild av hur dessa fyra provtagningar fördelar sig över året (tjocka pilar), och dessutom lämpliga tidpunkter för ytterligare provtagningar vid en utökad frekvens.

I extensiva program kan provtagningsfrekvensen variera från en gång/år till en gång vart femte år. Den optimala tidpunkten för provtagningar är delvis beroende av syftet med programmet, men det är viktigt att provtagningar inom ett program alltid sker vid jämförbara tidpunkter. Vid senaste riksinventeringen av sjöar i Sverige, som genomförs en gång vart femte år, togs prover under höstcirkulationen. För jämförbarhetens skull är det en fördel om provtagning inom regionala/lokala övervakningsprogram sker vid samma tidpunkt. Ibland kan dock syftet med det enskilda programmet motivera provtagning vid någon annan tidpunkt. Om detta exempelvis är en yttäckande övervakning av eutrofieringsproblem inom ett område, är syrgasförhållanden under stabila skiktningperioder av stort intresse. I ett sådant program är det lämpligare med provtagning i augusti eller under senvinter.

Statistiska aspekter

Vid upprepade mätningar av vattenkemiska förhållanden i en sjö uppvisar resultaten alltid en variation. Denna variation kan bestå av många olika komponenter, t.ex. säsongsvariation, cykliska förlopp, trender och oregelbunden (slumpmässig) variation. Ett viktigt syfte med alla övervakningsprogram är att särskilja trender från annan variation. En grundläggande förutsättning för att uppfylla detta syfte är att mätningarna bedrivs långsiktigt, eftersom mellanårsvariationerna kan vara naturligt stora. Vidare krävs upprepade provtagningar under året för att få ett mått på säsongsvariationen. I SNV Rapport 3075 diskuteras kriterier för val av provtagningsfrekvens i ett övervakningsprogram.

Variabler och tidsperioder

De variabler som bör ingå i undersökningstypen, och de som optionellt kan inkluderas, finns angivna i Tabell 1. De optionella variablerna järn och mangan är främst motiverade vid undersökningar av sjöar där det råder temporär syrgasbrist och där man kan befara utlösning av P kopplad till Fe-P-komplex från sedimenten. Aluminium bör ingå vid undersökningar av sjöar med lågt pH-värde. Analyser av tungmetaller i vatten är relativt kostsamma, och är främst motiverade vid övervakning av sjöar som är direkt påverkade av metallkontaminering eller försurning.

I sjöar där det finns långa tidsserier och där man under lång tid analyserat t.ex. Kjeldahl-N istället för Total-N, och/eller CODMn istället för TOC, bör man analysera med båda metoderna för att inte förlora möjligheten att utvärdera hela tidsserien m.a.p. trender.

Metoder

Provtagningsmetodik och nödvändig utrustning beskrivs i BIN SR11 (SNV Rapport 3108). För en del variabler anges i Tabell 1 den standardiserade metod som skall användas vid analys. För övriga variabler skall den analysmetod som används vara jämförbar med Svensk Standard, ISO- (International Standards Organization) eller CEN-standard (European Committee for Standardization). Inom ett övervakningsprogram bör varje variabel analyseras med samma metod för att undvika systematisk variation. I vissa fall, t.ex. vid analyser av närsalter, är analysresultatet metodberoende, medan resultaten vid bestämning av t.ex. katjoner är relativt oberoende av vilken metod som använts.

Bakgrundsinformation

Vid provtagning skall fältprotokoll upprättas i överensstämmelse med vad som anges i BIN SR11 (SNV Rapport 3108). Arean på sjön och dess tillrinningsområde skall bestämmas, och med hjälp av djupkarta skall sjövolym och teoretisk omsättningstid beräknas. Kända utsläppsförhållanden, liksom markanvändning och vegetationstyper inom tillrinningsområdet, bör karteras.

Ytterligare information om förhållandena i sjön och dess tillrinningsområde förbättrar möjligheterna att utvärdera resultaten. Undersökning av vattenkemi kan därför lämpligen kombineras med undersökningstyperna "Geokemisk kartering", "Nederbörds kemi" samt "Sediment kemi sjöar". Information om tidigare förhållanden i sjön kan dessutom erhållas

genom en paleoekologisk undersökning (se undersökningstypen "Paleorekonstruktion sjöar").

Kvalitetssäkring

Provtagning skall utföras enligt beskrivning i BIN SR11 och av personal som är utbildad i enlighet med SNFS 1990:11 MS29. Analyser skall göras vid ackrediterade laboratorier där interkalibreringar och normal, rutinmässig kvalitetskontroll av analysförfarande och analysresultat ger en god kvalitet på analysdata.

Vid validering av data skall resultaten kontrolleras logiskt, t.ex. med avseende på jonbalans, halter av närsalter och organisk substans. Förhållandena mellan de olika närsaltkomponenterna och organisk substans är ofta relativt konstanta, vilket underlättar en kvalitetskontroll. Uppenbart felaktiga resultat ska strykas. Om inga felaktigheter kan konstateras vid kontroll av misstänkta värden bör dessa stå kvar, ev. med en kommentar.

Utvärdering, rapportering, presentation

Resultat från ett övervakningsprogram bör sammanställas och utvärderas med jämna mellanrum. Utvärderingar bör utföras av personer med erkänd kompetens och erfarenhet av vattenkemiska undersökningar. En årlig datasammanställning bör publiceras för att göra data tillgängliga för olika användare, och grunddata skall finnas tillgängliga i digital form. En mer genomgripande utvärdering kan lämpligen göras vart 3:e - 5:e år.

Det sätt på vilket resultaten utvärderas är givetvis beroende av syftet med programmet. Vid all utvärdering utgör dock ett jämförande moment en viktig del, och jämförelser med någon typ av referensundersökning skall alltid göras. Redan då ett övervakningsprogram planeras och påbörjas bör det vara klart vilka jämförelser som ska göras, och fr.a. vilka sjöar som skall utnyttjas som referenser.

En referens kan utgöras av en opåverkad referenspunkt eller referenssjö med i övrigt likartade förhållanden. En annan typ av referens finns inbyggd i tidsserier, där det jämförande momentet består av en tidsserieanalys eller jämförelse med provtagningar som genomförts före en känd påverkan. En tredje typ av referens innebär jämförelse med undersökningar av andra likartade situationer. Ytterligare en möjlighet är att använda modeller/ekvationer för beräkning av bakgrundskoncentrationer. I bästa fall har dessa en sådan underbyggnad att de kan sägas utgöra en generell modell, med vilken erhållna resultat kan jämföras.

I Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag (SNV Allmänna Råd 90:4) beskrivs ett system för bedömning av vattenkvalitet, omfattande näringsförhållanden, syretillstånd, ljusförhållanden, surhetstillstånd och försurning samt förekomst av metaller. Vid bedömning av enskilda sjöars tillstånd och påverkan ska dessa bedömningsgrunder användas som jämförelseunderlag i utvärderingen.

Datalagring, datavärd

Resultaten från varje provtagning lagras digitalt som grunddata, tillsammans med uppgifter om provtagningsplats och analysmetodik, och levereras årligen på överenskommet sätt till datavärden. Kontroll av datamaterialets kvalitet ska vara gjord före leverans.

Datavärd inom nationell miljöövervakning: Institutionen för miljöanalys, SLU

*Handledning för miljöövervakning
Undersökningstyp*

Kostnadsuppskattning

Analyskostnaden för obligatoriska variabler är ca. 1000 kr per provtagning (april 1994). Kostnaden för provtagningsutrustning är ca 6000 kr för en Ruttner-hämtare. Dessutom kan en termistor krävas. Själva provtagningen tar ca. 15-30 min. Därtill kommer kostnader för restid, reseersättning, eventuella frakt- och portokostnader samt bearbetning och utvärdering. Den totala kostnaden beror i viss utsträckning på hur rationellt provtagning och analys kan ske, och om samordningsvinster kan göras med andra provtagningar eller analyser.

Rekommenderad litteratur

- ISO 1980. Water Quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes. ISO 5667/1.
- ISO 1982. Water Quality - Sampling - Part 2: Guidance on sampling techniques. ISO 5667/2.
- ISO 1985. Water Quality - Sampling - Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples. ISO 5667/3.
- ISO 1987. Water Quality - Sampling - Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made. ISO 5667/4.
- SNFS 1990:11 MS29. Kungörelse med föreskrifter om kontroll av vatten vid ackrediterade laboratorier m.m. Till denna kungörelse finns även SNV Allmänna Råd 90:14.
- SNV Allmänna Råd 86:3. Recipientkontroll vatten. Naturvårdsverket 1986.
- SNV Allmänna Råd 90:4. Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket 1990.
- SNV Rapport 3075. Recipientkontroll Vatten, Metodunderlag. Avsnitt 4. Vattenkemi. Naturvårdsverket 1985.
- SNV Rapport 3108. Recipientkontroll Vatten, Del 1, Undersökningsmetoder för basprogram. Naturvårdsverket 1986.
- UNESCO/WHO/UNEP. 1992. Water Quality Assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Chapman & Hall, London, 585 s.

Tabell 1. Variabellista för undersökningstypen Vattenkemi i sjöar.

| Variabelnamn | Enhet | Obligatorisk / optionell | Analysmetod* |
|-------------------------------------|---------|-----------------------------|---|
| Temperatur | °C | Obl. | |
| Konduktivitet | mS/m | Obl. | SS EN 27888 |
| PH | | Obl. | SS 028122 |
| Ca | mekv/l | Obl. | SS 028161 |
| Mg | mekv/l | Obl. | SS 028161 |
| Na | mekv/l | Obl. | ISO 9964-1 alt. ISO 9964-3 |
| K | mekv/l | Obl. | ISO 9964-2 alt. ISO 9964-3 |
| Alkalinitet/aciditet | mekv/l | Obl. | SS EN ISO 9963-2 ^c |
| SO ₄ | mekv/l | Obl. | SS EN ISO 10304-1 |
| Cl | mekv/l | Obl. | SS EN ISO 10304-1 |
| NH ₄ -N | µg/l- | Obl. | SIS 02 81 34 |
| NO ₂ +NO ₃ -N | µg/l | Obl. | SS 028133 |
| TOT-N ^a | µg/l | Obl. | SS 028131 |
| PO ₄ -P | µg/l- | Obl. | SS 028126 |
| TOT-P | µg/l- | Obl. | SS 028127 |
| TOC ^b | mg/l | Obl. | SS 028199 |
| Absorbans/färg | abs/5cm | Obl. | SS -EN ISO 7887 |
| Syrgas | mg/l | Obl. | SS EN 25813, SS EN 25814 |
| Klorofyll <i>a</i> | µg/l | Obl. | SS 028146 |
| Siktdjup | m | Obl. | SS-EN 27027 (del 2, 2.2) |
| Si | µg/l | Obl. | Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Ed 1995, 3120B(ICP Method) |
| Fe | µg/l | Opt. | SS 028183, SS 028184 |
| Mn | µg/l | Opt. | SS 028183, SS 028184 |
| Al | µg/l | Opt. | SS 028210 |

I sjöar påverkade av metaller

| Variabelnamn | Enhet | Obligatorisk / optionell | Analysmetod* |
|--------------|-------|-----------------------------|--------------|
|--------------|-------|-----------------------------|--------------|

Arbetsmaterial : 1996-06-27

| Variabelnamn | Enhet | Obligatorisk / optionell | Analysmetod* |
|--------------|-------|-----------------------------|----------------------|
| Cu | µg/l | Opt. | SS 028183, SS 028184 |
| Zn | µg/l | Opt. | SS 028183, SS 028184 |
| Cd | µg/l | Opt. | SS 028183, SS 028184 |
| Pb | µg/l | Opt. | SS 028183, SS 028184 |
| Hg | ng/l | Opt. | SS 028183, SS 028184 |
| Cr | µg/l | Opt. | SS 028183, SS 028184 |
| Ni | µg/l | Opt. | SS 028183, SS 028184 |

^a Ev. kompletterat med analys av Kjeldahl-N (se text)

^b Ev. kompletterat med analys av CODMn enligt SS-EN ISO 8467

^c Angiven analysmetod gäller för alkalinitet

Beräknade variabler:

$$\text{ANC} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{NH}_4^+ - (\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + (\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-)) \quad (\text{mekv/l})$$

$$\text{ORG-N} = \text{TOT-N} - \text{NH}_4\text{-N} - (\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}) \quad (\mu\text{g/l})$$

$$\text{Residual-P} = \text{TOT-P} - \text{PO}_4\text{-P} \quad (\mu\text{g/l})$$

* Likvärdig analysmetod får även användas. Med likvärdig analysmetod menas metod som ger samma resultatnivå och har minst lika bra repeterbarhet som den angivna metoden. Laboratoriet måste visa och dokumentera att den likvärdiga metoden uppfyller dessa krav.