



Vannfarge

Klima-indusert økning i vannfarge
og humusinnhold i nordiske elver og innsjøer



Millioner av mennesker i Norden får drikkevann fra elver og innsjøer

Rent vann, fritt for skadelige organismer og kjemiske stoffer, er en nødvendighet for et fungerende samfunn. Sammenliknet med andre verdensdeler, er råvannet til drikkevannsproduksjon av god kvalitet i de nordiske landene. Generelt finner en at grunnvann holder en bedre kvalitet enn overflatevann. Likevel får millioner av mennesker i Norden sitt drikkevann fra elver og innsjøer. I Sverige drikker for eksempel 50% av befolkningen vann direkte fra overflatekilder, 25% fra overflatekilder etter kunstig infiltrasjon, mens kun 25% forsynes fra grunnvannsbrønner.

Humus forårsaker problemer i drikkevannsproduksjonen

Grunnvann inneholder generelt meget lave konsentrasjoner av organisk stoff. I overflatevann varierer derimot innholdet av organisk stoff betydelig, både i tid og rom. I upåvirkede vannforekomster har det meste av det organiske innholdet sin opprinnelse i jordsmonnet. Disse forbindelsene farger vannet gult eller brunt. Studier i små alpine eller boreale nedbørfelt i Norden viser at den årlige utlekkingen av humus (målt som totalt organisk karbon (TOC)) varierer mellom 10 og 200 kg C ha⁻¹ år⁻¹. Det fargede organiske stoffet som kalles humus, eller mer vitenskapelig presist akvatiske humusforbindelser, har alltid skapt kvalitetsproblemer i vannbehandlingsanleggene. Forsøk på å redusere humusinnholdet ble igangsatt allerede 1908 i drikkevannsforsyningen til Helsingfors. Salter av jern ble tilsatt det brun-fargede og partikkelrike vannet fra elven Vantaa for å felle ut humus og leirpartikler.

Humus kan utnyttes av bakterier og sopp, noe som kan gi uønsket vekst av mikroorganismer i ledningsnettet til drikkevannsforsyningen. Dette kan igjen forårsake sekundære problemer med sykdomsfremkallende organismer og ubehagelig lukt og smak. Råvannet må derfor behandles slik at det holder tilstrekkelig drikkevannskvalitet før det kan distribueres videre til forbrukerne. Innføring av EUs drikkevansdirektiv (98/83/EC) har skjerpet kravene til håndhevelse av vannkvalitetskravene for drikkevann, for eksempel i form av humusinnhold. Kjemisk vannbehandling (felling med jern, aluminium, polymerer, etc), filtrering og/eller UV-bestråling blir brukt for å redusere humuskonsentrasjonen i drikkevannet til et akseptabelt nivå. Klorering kan brukes som sluttbehandling for å holde nede veksten av mikroorganismer på ledningsnettet. Uheldigvis kan humus reagere med klor og danne klor-organiske forbindelser som har ubehagelig lukt selv i ekstremt lave konsentrasjoner.

Hva er humus?

Humusstoffer, eller humus, er de brunfargede forbindelsene som lekker ut når det kommer vann til jordsmonnet. Den gule til brune fargen skyldes store og komplekse karbon-forbindelser som skrives seg fra nedbrytende plante- og dyremateriale. Utskillelsesprodukter fra mikroorganismer, planter og dyr vil også i noen grad bidra. Humus er viktig for transport og biotilgjengelighet av både organiske og uorganiske plantenæringsstoffer. Humusens evne til å danne komplekser med mange giftige forbindelser påvirker giftigheten av tungmetaller og organiske miljøgifter. Humusens syre-base-egenskaper er viktige for surheten i overflatevann. Mange overflatevannforekomster er naturlig sure (pH < 6) på grunn av humussyrer.

Økte vannbehandlingsproblemer gjennom 1990-tallet

Gjennom 1990-årene har mange nordiske vannforsyningsanlegg opplevd store produksjonsproblemer på grunn av økte humuskonsentrasjoner i råvannet. Kostnadene til vannbehandling har økt betydelig, samtidig som drikkevannskvaliteten er blitt dårligere. Noen lokalsamfunn har til og med vurdert bytte til alternative kilder med bedre råvannskvalitet. Det knytter seg derfor store samfunnsmessige interesser til hvorvidt humuskonsentrasjonene vil fortsette å stige, stabilisere seg på et høyt nivå eller gå tilbake til et mer akseptabelt nivå. For å finne ut av dette er det flere viktige spørsmål som må berøres, for eksempel hvilke effekter en kan vente av et mildere klima med høyere nedbør, slik som framtidige globale klimaendringer kan ventes å gi i de nordiske landene? Dette prosjektet, som er finansiert av Nordisk Ministerråd, Sveriges Landbruksuniversitet (SLU), Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA), Finlands Miljøsentral (SYKE) og Umeå Universitet, har som målsetning å besvare spørsmål relatert til disse problemstillingene. Noen av resultatene er presentert i denne brosjyren.

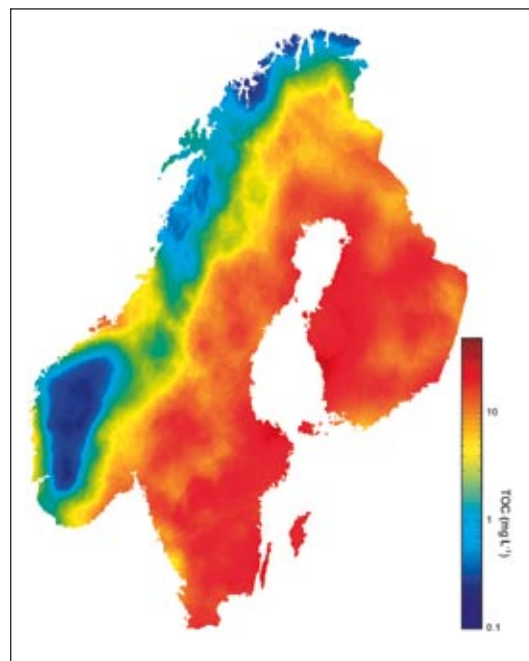
Klart vann i Norge og farget vann i Sverige og Finland

I 1995 ble det gjennomført en nordisk undersøkelse av 4900 innsjøer. Konsentrasjonen av organisk stoff ble målt som totalt organisk karbon (TOC), som igjen gir et godt estimat på humuskonsentrasjonen i vannet. Fjellsjøer i Sør-Norge har ekstremt lave humuskonsentrasjoner (Figur 1). I slike klarvannssjøer, med TOC-konsentrasjoner mindre enn 1 mg/l, kan sikten i vannet være på godt over 10 meter. Innsjøene med høyest fargeinnhold ble funnet i det sørøstlige Sverige og over hele Finland, med TOC-konsentrasjoner ofte over 20 mg/l. Sikten overstiger sjelden 1 meter i disse innsjøene og noen av dem har en farge som minner om kaffe.

Slike humusgradienter skyldes hovedsakelig variasjoner i utlekking av humus fra nedbørsfeltet på grunn av forskjeller i klima, jordsmonn og vegetasjonstype, men er også påvirket av interne prosesser i vassdraget så som sedimentering, peroksidering, mineralisering, etc. Høy humuskonsentrasjon forekommer hovedsakelig i myr- og skogkledde områder med få innsjøer, dvs områder hvor det er store mengder karbon bundet i jordbunnen og gjennomstrømnings-hastigheten er høy. Lave konsentrasjoner finnes i områder med sparsom vegetasjon, svakt utviklet organisk jordsmonn og store innsjøer (dvs uorganisk jordsmonn og lang oppholdstid). Humuskonsentrasjonen avtar oftest når en beveger seg nedover i vassdraget.

Dette er ikke ny kunnskap. Allerede i 1929 skrev J. V. Eriksson at "enhver som har viet våre elver i skogkledde områder litt oppmerksomhet, har opplagt observert følgende: De minste bekkene er ofte mørk brune, spesielt hvis de er utløp fra myrer. Når disse møter større bekker vil du observere at de får en lysere farge. Selv om de fleste innløpsbekkene til en innsjø har mørkebrunt vann, så vil utløpet ha svakere farget vann, eller i det minste ikke mørkebrunt, såfremt innsjøen har et volum av noen størrelse".

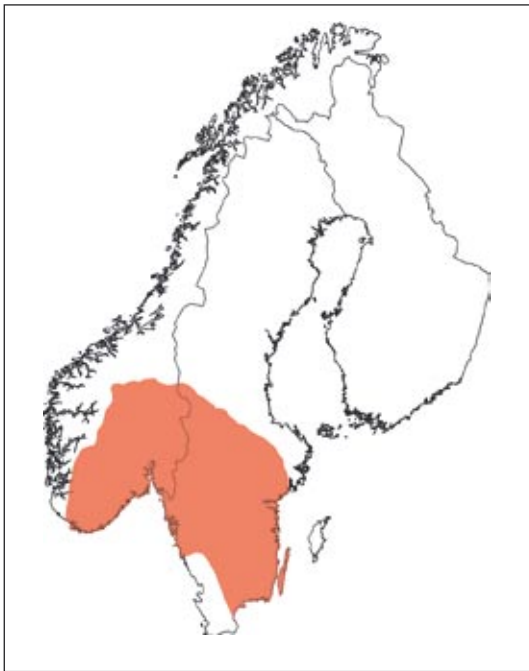
Konsentrasjonene av organisk materiale som ble målt tidlig i forrige århundre (1916-1925) er i god overensstemmelse med målinger fra de siste tiårene (1965-2001), både i elver i sentrale og nordlige Sverige og i en innløpselv til Vättern (Domneån, Tabell 1). Dette viser at det ikke har vært noen dramatiske endringer i humusinnholdet gjennom det siste århundret.



Figur 1. Kart over humusinnhold målt som TOC i Fennoskandiske innsjøer (nTot=4900 sjøer) viser en sterk øst-vest-gradient fra klarvannssjøene i Vest-Norge til de humøse sjøene i Finland og østlige Sverige. The regionale mønsteret er relatert til klima, jordsmonn og vegetasjonstype.

Vassdrag	Tidsperiode	Middelverdi KMnO ₄ (mg/l)	Standardavvik KMnO ₄ (mg/l)	Antall observasjoner
Domneån	1916-1925	61.3	16.2	51
	1966-2001	71.4	31.2	375
Klarälven	1916-1923	23.4	7.7	37
	1965-2000	28.4	9.2	426
Ljusnan	1916-1923	30.3	7.5	37
	1969-2001	36.0	13.8	356
Ljungan	1916-1923	23.6	4.3	36
	1969-2001	25.6	5.1	389
Indalsälven	1916-1923	19.9	2.4	35
	1969-2001	18.1	4.5	364
Skellefteälven	1916-1923	16.2	10.5	31
	1969-2001	17.3	8.3	382
Piteälven	1916-1923	13.2	4.6	34
	1967-2001	14.6	7.9	412
Abiskojøkk	1919-1923	6.2	2.9	19
	1982-2000	5.2	5.1	226

Tabell 1. Humuskonsentrasjon målt som KMnO₄-forbruk i noen svenske elver, tidlig og sent i det 20ende århundre. Data fra den første perioden (1916-1925) ble analysert av J.V. Eriksson, mens data fra slutten av århundret er fra SLU. Prøvetakingsstedene i de to undersøkelsene er nær ved hverandre, men ikke identiske.



Figur 2. Regionale trender i humusinnhold i Fennoskandiske innsjøer. Innsjøer i det skraverete området hadde en statistisk signifikant økning i humusinnhold målt som TOC i perioden 1990-1999 ($p < 0.05$, $n_{tot}=344$ sjøer, Regionalisert Mann-Kendall-test).



Økte humuskonsentrasjoner i sørlige Skandinavia på 1990-tallet

Humuskonsentrasjonen i 344 referansesjøer i Norge, Sverige og Finland ble overvåket gjennom 1990-tallet. Menneskelig påvirkning på disse sjøene begrenser seg til atmosfærisk nedfall og effekter av skogbruk. Regionalt statistisk signifikante tidstrender ble hovedsakelig funnet i innsjøer i sørøstlige Norge og sørvestlige Sverige (Figur 2). Tilsvarende trender i humusinnhold er også blitt funnet i Skottland. Resultatene bekrefter meldingene fra mange vannbehandlingsanlegg om økte humuskonsentrasjoner i samme tidsperiode.

Hydrologiske egenskaper innvirker på humuskonsentrasjonen

Kommunene Karlskrona, Falun og Stockholm har stilt til disposisjon sammenhengende dataserier siden 1940-tallet på konsentrasjoner av organisk stoff i Lyckebyån og innsjøene Rogsjön og Görveln. Sammenliknbare analytiske metoder basert på forbruk av permanganat (KMnO_4) ved oksidasjon av organisk stoff har blitt brukt på vannbehandlingsanleggene gjennom hele denne perioden. Disse dataseriene viser eksempler på langsiktige variasjoner i humuskonsentrasjon i det sørlige Sverige, i samme område hvor det ble dokumentert kort-siktige økninger i humusinnhold gjennom 1990-årene.

Disse tre vassdragene har alle mer enn 70% av nedbørfeltet dekket av skog eller myr. De hydrologiske forholdene er derimot svært forskjellige (Tabell 2). Lyckebyån har en teoretisk oppholdstid på kun noen få dager, og kun 4% av nedbørfeltarealet utgjøres av innsjøer. Görvältn er et basseng i den østlige delen av Mälaren som er Sveriges tredje største innsjø. Den har oppholdstid på 0,6 år (2,8 år for hele Mälaren), mens innsjøer utgjør 11% av nedbørfeltarealet. Rogsjön har den lengst oppholdstiden med 5,6 år, mens innsjøer utgjør 14% av nedbørfeltarealet. Teoretisk oppholdstid i de 3 innsjøerne varierer altså fra 5,6 år (Rogsjön) till noen få dager (Lyckebyån).

Lyckebyån vil derfor svare raskt på episodisk regn eller snøsmelting, samtidig som den har lite potensiale for å redusere humuskonsentrasjonen med prosesser i selve vassdraget. Görvältn og Rogsjön har derimot forsinkede og dempede responser på variasjoner i været, samtidig som mulighetene er store for å redusere humuskonsentrasjonen gjennom interne prosesser i vassdragene. Disse forskjellene gjenspeiles av humuskonsentrasjonen uttrykt både som vannets farge og som KMnO_4 -forbruk. Vannfargen i Lyckebyån var i gjennomsnitt mer enn 4 ganger så høy som i Görvältn i perioden 1940-2002, og mer enn 7 ganger så høy som i Rogsjön i den samme perioden.

Tabell 2. Nedbørfelt egenskaper og gjennomsnittlige humuskonsentrasjoner målt som farge og KMnO_4 -forbruk i perioden 1940 til 2000 i Lyckebyån, Rogsjön og Görveln.

Vassdrag	Spesifikk avrenning $\text{dm}^3 \text{ km}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Teoretisk oppholdstid (år)	Nedbørfeltareal km^2	Andel skog- og myrmark	Andel innsjøareal	Farge mg Pt l^{-1}	KMnO_4 mg l^{-1}
Lyckebyån	7.6	<0.01	810	79%	4%	103	56
Görvältn	7.2	0.6	22 603	70%	11%	23	24
Rogsjön	9.1	5.6	190	84%	14%	13	16



Hvordan måler vi humus?

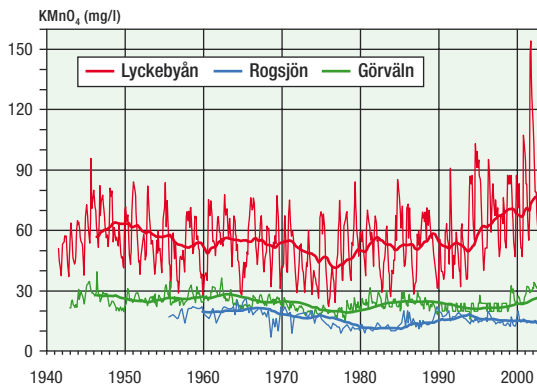
Konsentrasjonen av organiske stoff i overflatevann kan måles på mange forskjellige vis. Listen nedenfor gir noen eksempler på metoder som er i bruk.

Navn	Forklaring	Betydning
TOC (mg C/l)	Totalt organisk karbon	Allt organisk karbon i prøven.
DOC (mg C/l)	Løst organisk karbon	Allt organisk karbon som passerer gjennom et filter med en viss porestørrelse.
BOD ₇ (mg O ₂ /l)	Biokjemisk oksygenforbruk	Bakterielt oksygenforbruk over 7 dager. Dårligere reproduserbarhet enn for COD (se nedenfor).
COD _{Mn} (mg O ₂ /l)	Kjemisk oksygenforbruk	Kjemisk oksidasjon av organisk karbon med KMnO ₄ . Dikromat (COD _{Cr}) brukes ofte for industrielt avløpsvann.
KMnO ₄ (mg/l)	Kalium permanganat-forbruk	Kjemisk oksidasjon av organisk karbon med KMnO ₄ . COD _{Mn} ≈ KMnO ₄ /3,95 ≈ DOC
Farge (mg Pt/l)	Vannets farge i forhold til en standard fargeskala.	Fargen sammenliknes med standard PtCl ₆ ⁻² -løsninger eller fargede glasskiver. Humus, men også jern og mangan bidrar til vannets farge.
Absorbans	Spektrofotometrisk absorbans	Absorbansen måles på filtrert vann. Forskjellige bølgelengder f.eks. 254, 400, 420 eller 436 nm er brukt. Mer presis og mindre subjektiv enn farge.

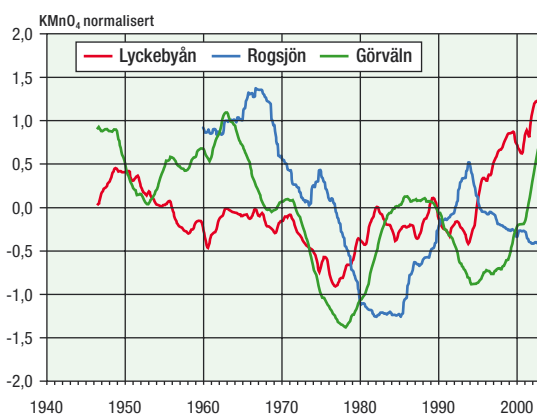


Sykliske langtidsvariasjoner i været påvirker humuskonsentrasjonen

Ethvert vassdrag viser store variasjoner i humuskonsentrasjon, både sesongmessig og mellom år. Langtidsvariasjonen har heller karakter av sykliske hendelsesforløp enn enkle rettlinjede trender (Figur 3a). I Lyckebyån økte humuskonsentrasjonen i begynnelsen av 1940-tallet og var over gjennomsnittet i ti års tid rundt 1950, hvorefter den avtok til et minimum i 1976. Etter dette økte humuskonsentrasjonen langsomt og nådde gjennomsnittsnivået i 1993 før den steg videre til et maksimumsnivå i 2002 (Figur 3b). Data fra Rogsjön og Görväln indikerer også sykliske trender, men med varierende periodisitet og amplitude. Humus-fluktuasjonene i Görväln ser ut til å være nesten i fase med eller litt forsinket i forhold til Lyckebyån (<2 år), mens fluktuasjonene i Rogsjön ser ut til å være forsinket med 4-7 år i forhold til Lyckebyån. Disse faseforskyvningene indikerer at vannets teoretiske oppholdstid en viktig faktor for å forklare forskjeller i tidspunkt for høyeste humuskonsentrasjoner mellom nærliggende vassdrag.



Figur 3a. Humuskonsentrasjon målt som KMnO_4 -forbruk, fra 1940-årene og fram til i dag i Lyckebyån (Sør-Sverige), Rogsjön (Midt-Sverige) og Görväln (østlige Midt-Sverige). Tykke linjer er 60-måneders glidende middel.

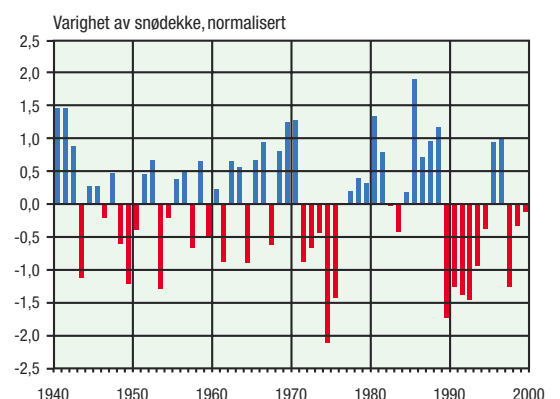
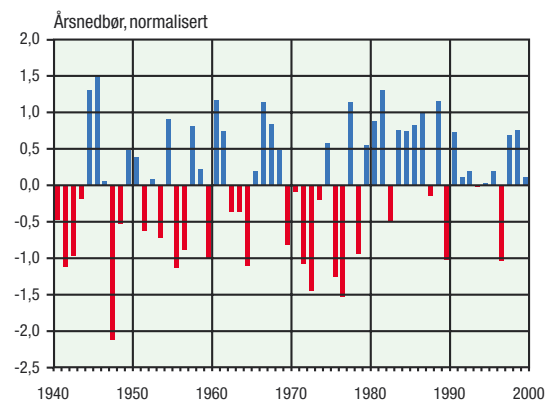
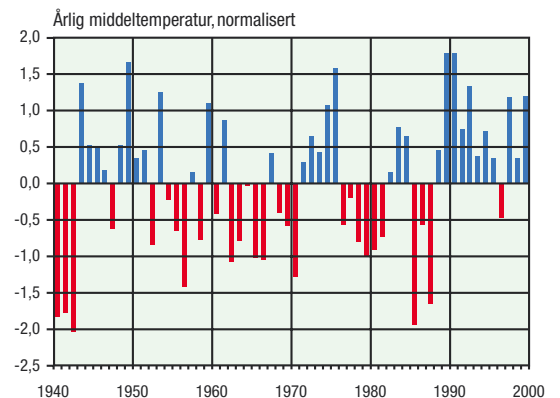


Figur 3b. Glidende middel (60-måneders = 5-års) av normaliserte humuskonsentrasjoner målt som KMnO_4 -forbruk i Lyckebyån, Rogsjön og Görväln. Normalisert verdi = $(\text{observert verdi} - \text{middelverdi}) / \text{standardavvik}$.



Humuskonsentrasjonen økte tidlig på 1940-tallet i Lyckebyån (Figur 3). Dette sammenfalt med en periode med økte lufttemperaturer, økt nedbør og kortere perioder med snødekke om vinteren. Avtaket på sent 1960-tall og tidlig 1970-tall samsvarte tilsvarende med en periode med økt lufttemperatur, mindre nedbør og kortere perioder med snødekke (Figur 4). Økningen i humuskonsentrasjon sent på 1970-tallet og tidlig på 1980-tallet sammenfalt med en periode med lavere lufttemperatur, mer nedbør og lengre varighet av snødekke enn normalt. 1990-årene karakteriseres av høyere lufttemperaturer og mindre snødekke enn normalt. I området rundt Lyckebyån, hvor en regional økning i humusinnhold er dokumentert, var nedbøren høyere enn normalt. Nedbøren varierte mye mer og var i gjennomsnitt under normalen midt på 1990-tallet i de to andre områdene.

Sykliske storskalamønstre i de tre vassdragene viser at klimatiske faktorer har avgjørende betydning for humusdynamikken. Det virker innlysende at nedbørmengden er av betydning for utlekking av humus fra jordsmonnet og at dette igjen påvirker humuskonsentrasjonen i vassdraget. I Lyckebyån er det en statistisk signifikant, positiv sammenheng mellom årlig gjennomsnittlig humuskonsentrasjon og årlig middelnedbør. Ingen tilsvarende relasjon lar seg påvise for Görvåln og Rogsjön, mest sannsynlig på grunn av lengre oppholdstid og dermed større faseforskyvning mellom nedbør og humuskonsentrasjon. Det er derimot funnet en statistisk signifikant, positiv sammenheng mellom avrenning og humuskonsentrasjon i Rogsjön. Det ble ikke funnet noen statistisk signifikante relasjoner mellom verken lufttemperatur eller varighet av snødekke og humuskonsentrasjon i Lyckebyån.



Figur 4. Middelerverdier av tre av SMHIs værstasjoner (Växjö (Sør-Sverige), Falun (Midt-Sverige) og Uppsala (østlige Midt-Sverige)). A) Normalisert årsmiddeltemperatur. B) Normalisert årsnedbør. C) Normalisert varighet av snødekke. Normalisert verdi = (observert verdi - middelerverdi) / standardavvik.



Episodisk høye humuskonsentrasjoner som følge av spesielle årstidsvariasjoner i klima.

Variasjonene i årlig humuskonsentrasjonsmaksimum (målt som farge) var meget store. Om vinteren varierte maksimumsverdiene fra 81 to 178 mg Pt L⁻¹, om sommeren fra 81 to 224 mg Pt L⁻¹.

I perioden 1940-2000, ble høyeste årlig humuskonsentrasjon (målt som farge) registrert 26 ganger i Lyckebyåen om vinteren (desember-mars) og 26 ganger om sommeren (juni-august). Typisk for maksimalverdiene om vinteren var at klimaet i perioden september-mars, var kaldere (<1°C), tørrere (<25 mm) samt hadde kortere periode med snødekke (<15 dager) sammenliknet med et normalår (Tabell 2). Sommerkonsentrasjonsmaksima (april - august) inntraff under samme klimatiske forhold sammenliknet med et normalår.

I perioden 1940-1965 inntraff maksimal humuskonsentrasjon primært vinterstid (16 av 19 år), mens etter 1966 inntraff maksimalverdiene primært sommerstid (23 av 33 år). Dette indikerer at høst og vinter har blitt varmere og våtere, mens vår og sommer har blitt kaldere og tørrere.

Perioder med høye humuskonsentrasjoner i vann synes og være godt korrelert med perioder med økende mengder nedbør, gjerne over en tidsskala på 10 år eller mer. Tilsvarende er perioder med lave humuskonsentrasjoner i vann godt korrelert med tørre år. For Lyckebyåen derimot synes det som om kaldt og tørt vær i de foregående 5-7 måneder gir de beste forutsetninger for ekstreme humuskonsentrasjoner i vassdraget. Årsaken til disse variasjonene kan være at økende nedbørmengder over flere år vil bidra til økt grunnvannsnivå og dermed større mengder vann i kontakt med organisk materiale i jord og myr. Organisk materiale i jord finnes primært i øvre skikt i mineraljord (> 70%), samt lagret i torv i ulike typer myrområder/våtmarker. Ekstremkonsentrasjoner av humus i overflatevann, både sommer og vinter, inntreffer normalt når grunnvannsnivået når maksimum og flater ut, og kildene til overflatevann er grunnvann fra myrområder og andre områder rike på organisk materiale. Det er mange studier fra Nord-Sverige som viser viktigheten av utstrømningsområdene mht kortvarige svingninger i humuskonsentrasjon.



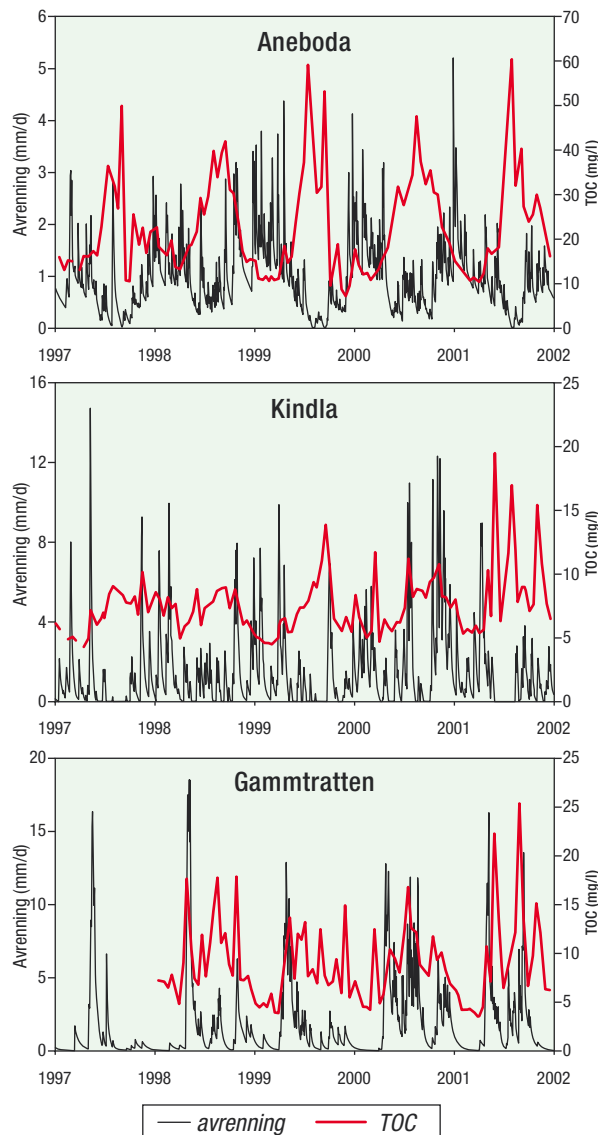
Utstrømningsområdenes viktighet for humus-konsentrasjon

Utstrømningsområde (riperian zone) er definert som det området (grensesjikt) hvor grunnvann kommer ut i dagen og blir til overflatevann. I Figur 5 presenteres variasjoner i vannføring (daglig) og humuskonsentrasjon (14.dag) i 3 små, skogkledde nedbørfelt (0.2-0.4 km²) i perioden 1997-2001. Klimaforholdene i Aneboda er svært like de en finner i Lyckebyån, med høyeste vannføring normalt høst/vinter. Klimaforholdene i Kindla likner mer på forholdene i området Rogsjön, med vannførings-topper primært vår/høst, men også flomtopper sommer og vinter er relativt vanlig. Gammtratten er lokalisert i Nord-Sverige omkring 100 km vest for Umeå. Området er karakterisert med svært kalde vintre og kraftige flomtopper under snøsmelting om våren, men også flomtopper i forbindelse med kraftige nedbørsepisoder på sommeren er vanlig.

Humusdynamikken ved Aneboda er svært like den en observerer i Lyckebyån, med høyeste konsentrasjoner under lavvannsperiodene om sommeren. Høy vannføring høst og vinter synes primært å fortynne humuskonsentrasjonen. Ved Kindla er humuskonsentrasjonen normalt veldig lav om vinteren, for deretter å øke suksessivt utover våren og sommeren med maksimumsverdier tidlig på høsten. De høyeste humuskonsentrasjonene inntreffer ofte under snøsmelting eller i forbindelse med flomepisoder generelt. Unntaket var 2001, hvor høye humuskonsentrasjoner ble målt i forbindelse med den meget tørre sommeren, tilsvarende det en observerte ved Aneboda. Ved Gammtratten inntreffer normalt lave humuskonsentrasjoner under lavvannsperioder om vinteren, mens høye konsentrasjoner synes å inntreffe i forbindelse med alle vannføringsøkninger av en viss betydning.

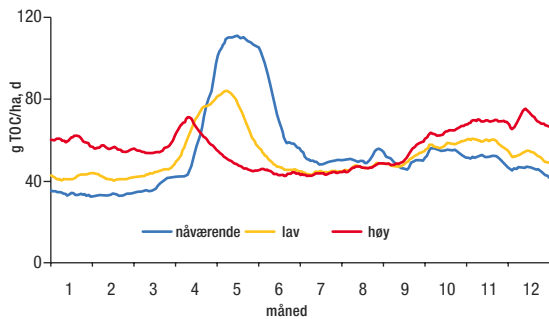
Ved siden av klima, er areal og lokalisering av organiske kilder de viktigste faktorene som bidrar til ulik humusdynamikk for de 3 lokalitetene. Karakteristisk for Aneboda er små topografiske gradienter i nedbørfeltet (30 m), samt organisk rik jord i utstrømningsområdene i nedre deler av nedbørfeltet. Torven i disse utstrømningsområdene er sannsynligvis svært viktig for humuskonsentrasjonen ved lav vannføring. Under flomepisoder, vil grunnvann fra mindre organisk rike områder virke fortynnende. Kindla og Gammtratten viser større topografiske variasjoner innen nedbørfeltet (hhv. 100 m and 135 m), samt at det organiske sjiktet er svært tynt i utstrømningsområdet. I sentrale deler av nedbørfeltet til Kindla finnes et lite sumpområdet, som synes å kunne spille en viktig rolle for humusnivået ved lav vannføring. Under flomperioder er grunnvannet i stor grad i kontakt med organisk rik jord i utstrømnings-områdene i andre deler av nedbørfeltet, som medfører høye humusnivåer under slike episoder. I nedbørfeltet til Gammtratten, finnes 3 mindre sumpområder nær vannskillet, men organisk jord fra andre deler av utstrømningsområdet synes å være klart viktigere for humus-dynamikken i forbindelse med de mange flomtoppene som preger denne lokaliteten.

Store dreneringsbassenger er sammensatt av et uttall mindre nedbørfelt, slik som de som er vurdert over. Humuskonsentrasjonen i vann fra store nedbørfelt er derfor en komplisert mosaikk av alle delnedbørfelters hydrologi, topografi og humusdynamikk.



Figur 5. Daglig avrenning og humuskonsentrasjon (TOC) målt hver 14. dag over perioden 1997-2001 i Aneboda (A, Sør-Sverige), Kindla (B, Midt-Sverige) og Gammtratten (C, Nord-Sverige).





Figur 6. Predikerte verdier for daglige humus-flukser (TOC) i Hietapuro i Sør-Finland for dagens tilstand (1990-årene), for et scenario med svak klimaendring (1-3°C temperaturøkning, -1% to +15% nedbørøkning) og et scenario med kraftig klimaendring (3-7°C temperaturøkning, -19% to +41% nedbørøkning).

Vil humuskonsentrasjonen fortsette å øke i årene som kommer?

Fordi humusdynamikken er nært koplet til både kortvarige og langvarige klimavariasjoner, vil selvsagt humuskonsentrasjonen i vann endre seg over tid. Lange tidsserier viser variasjoner over tid med en faktor 3, noe som betyr at endret klima vil kunne bidra til store endringer i konsentrasjonen av humus i vann. Vannets oppholdstid vil også være meget avgjørende for hvor raskt disse endringene finner sted, en parameter som i seg selv også påvirkes av klima. Humuskonsentrasjonen i Rogsjön vil kunne forventes å øke pga. ekstremt mye nedbør i 2000. Fordi det er stor usikkerhet rundt framtidig klimautvikling, er det også svært vanskelig å forutsi hvilke humustrender en vil ha i overflatevann de nærmeste årene. En finsk humus-lekkasje modell som forutsetter varmere og våtere vinter/høst, samt tørrere sommer, antyder en økning av humustransporten ut av nedbørfeltene på opp til 26%. Til grunn for denne ekstreme økningene ligger en økning i lufttemperaturen på 3-7°C samt en betydelig forandring i nedbørforholdene fra -19% til +41% (Figur 6).





Implikasjoner for drikkevannsbehandling

Endringer i humuskonsentrasjonen i vann som følge av endringer i klima, har og vil alltid finne sted. Drikkevannsanlegg som har humusrikt råvann vil derfor alltid være påvirket av dette, siden mesteparten av humusen må fjernes gjennom ulike fysiske og kjemiske metoder før vannet kan distribueres til forbruker. Endringer i humuskonsentrasjon påvirker slike anleggs kvalitative og kvantitative evne til å fjerne humus fra råvann, som igjen kan bety store variasjoner i renseanleggenes kostnader.

Konklusjon

Uansett om klimaendringene vi i dag synes å registrere er menneskeskapte eller ikke, vil dette ha konsekvenser for innholdet av organisk stoff (humus) i våre elver og vann. Siden klimaendringene over store deler av Skandinavia de nærmeste årene synes å gi økt nedbør og økt lufttemperatur, spesielt høst og vinter, vil en måtte forvente økte konsentrasjoner av humus i elver og vann i de nærmeste årene. Økt skogproduksjon som følge av de samme klimaendringene vil sannsynligvis bidra til økt humusinnhold i jorda, noe som igjen vil kunne bidra til økte humuskonsentrasjoner i våre vassdrag.

Stor usikkerhet i klimamodellene gjør det svært vanskelig å si noe om framtidig utvikling i humusnivåene i vassdragene våre. Det eneste vi helt sikkert vet er at humus eller fargenivåene i våre elver og innsjøer også vil variere i fremtiden. Hvor mye vil i stor grad avhenge av hvor omfattende klimaendringene blir.





Informasjon og kontaktpersoner: Prosjektet "Climate induced variation of dissolved organic carbon in Nordic surface waters", ble finansiert av arbeidsgruppen for Miljøovervåkning og Data (NMD) i Nordisk Ministerråd (<http://www.norden.org>), Institutt for Miljøanalyse, SLU (<http://www.ma.slu.se>), Finlands Miljøsentral (<http://www.environment.fi/syke>) og Norsk Institutt for Vannforskning (<http://www.niva.no>). På institusjonenes hjemmesider kan du finne mer informasjon og også få tilgang til data.. Kontaktpersoner og ansvarlige for innholdet i denne brosjyren er Stefan Löfgren (Sverige, prosjektleder), Martin Forsius (Finland) and Tom Andersen (Norge). Fotografene i brosjyren er tatt av Stefan Löfgren.