



# Vattnens färg

Klimatbetingad ökning av vattnens färg  
och humushalt i nordiska sjöar och vattendrag



## Miljoner människor dricker vatten från sjöar och vattendrag i Norden

Rent vatten, fritt från skadliga organismer och kemiska ämnen, är en nödvändighet för ett fungerande samhälle. I Norden har det råvatten som används för att producera dricksvatten god kvalitet jämfört med i många andra delar av världen. Grundvatten har vanligtvis en något bättre kvalitet än ytvatten. Trots det dricker miljoner människor vatten som ursprungligen kommer från sjöar och vattendrag. I Sverige t.ex. använder ca 50% av befolkningen ytvatten, ca 25% ytvatten efter att det genomgått konstgjord infiltration och endast ca 25% får sitt dricksvatten från grundvattenkällor.

## Humus skapar problem för dricksvattenproduktionen

En stor skillnad mellan grundvatten och ytvatten är att grundvatten normalt innehåller mycket låga halter organiska ämnen. Ytvatten uppvisar däremot stora geografiska och tidsmässiga variationer i halten organiskt material. I ej förorenade vatten kommer huvuddelen av det organiska materialet från marken. Studier av små nordiska bäckar i fjäll- och skogsområden visar att det årliga läckaget av organiskt material, mätt som totalt organiskt kol (TOC) varierar mellan 10 och 200 kg C ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Dessa ämnen färgar vattnet gult till brunt. Det färgade organiska materialet kallas *humus* eller vetenskapligt mer korrekt *akvatiska humusämnen*, och dessa har alltid skapat problem i vattenverken när de försökt att producera dricksvatten av hög kvalitet. I Helsingfors vattenverk gjorde man försök med att minska humushalten i råvattnet redan 1908. Man tillsatte järnsalter till det färgade och grumliga vattnet från Vanda å för att fälla ut humus och lerpartiklar. Denna process sker även i naturen.

Humus kan utnyttjas av bakterier och svampar, vilket kan bidra till att man får kraftig tillväxt av mikroorganismer i vattenledningsnätet. Detta kan i sin tur medföra sekundära problem med sjukdomsframkallande organismer och obehaglig smak och lukt. Råvattnet måste därför behandlas innan det når dricksvattenkvalitet och kan distribueras till konsumenterna. EU:s dricksvattendirektiv (98/83/EC) har skärpt kraven på dricksvattenkvalitet t.ex. med avseende på humusinnehållet. Kemisk behandling (fällning med järn, aluminium, polymerer etc.), filtrering och/eller UV-bestrålning används för att reducera humushalten till en acceptabel nivå. Klorering kan användas som ett slutsteg för att hålla nere produktionen av mikroorganismer i ledningsnätet. Återstående humus och tillsatt klor kan tyvärr reagera och bilda klororganiska föreningar med mycket otrevlig doft även vid extremt låga halter.

### Vad är humus?

Humusämnen, humus, är de brunfärgade substanser som kommer ut med dräneringsvattnet från en jord som bevattnas. Den gula till bruna färgen skapas av stora och komplexa organiska kolföreningar, som i huvudsak härstammar från nedbrytningen av döda växt- och djurdelar. De kan också till viss del härstamma från utsöndring av organiska ämnen från levande mikroorganismer, växter och djur. Humus är viktig för transporten och biotillgängligheten av organiska och organiska näringsämnen. Humusämnena minskar normalt giftigheten hos tungmetaller och organiska föroreningar i miljön, eftersom de bildar komplex med många giftiga ämnen. Humusens syrabas egenskaper är väldigt viktiga för sjöarnas och vattendragens surhetstillstånd. Många ytvatten är naturligt sura (pH<6) på grund av humus.

# Ökande vattenreningsproblem under 1990-talet

Många nordiska vattenverk upplevde stora vattenreningsproblem under 1990-talet på grund av ökande humushalter i råvattnet. Kostnaderna för vattenreningen steg markant, samtidigt som dricksvattenkvaliteten kunde försämrats. En del kommuner övervägde till och med att byta till råvattentäkter med bättre kvalitet. Det är följaktligen av stort intresse för samhället att ta reda på om humushalten kommer att fortsätta öka, stabilisera sig på en hög nivå eller återgå till acceptabla nivåer? För att uppnå detta måste viktiga frågor besvaras, som vilka effekter kan förväntas av mildare klimat och högre nederbörd, effekter som växthuseffekten förväntas ge i Norden? Detta projekt, finansierat av Nordiska Ministerrådet, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA), Finlands Miljöcentral (SYKE) och Umeå Universitet, har haft som målsättning att besvara frågor relaterade till dessa problemställningar. En del av resultaten redovisas i denna broschyr.

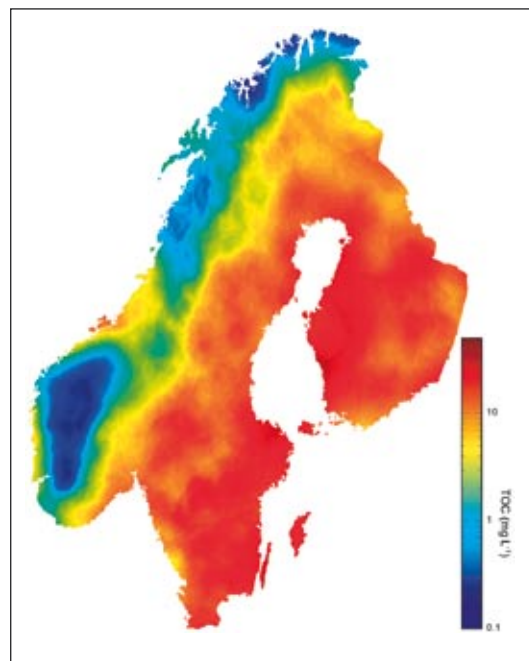
## Klart vatten i Norge och färgade vatten i Sverige och Finland

En nordisk inventering utfördes 1995 i ungefär 4 900 sjöar. Halten organiskt material, mätt som totalt organiskt kol (TOC), analyserades i varje sjö. TOC ger ett bra mått på humushalten i vattnet. Extremt låga humushalter återfanns i de alpina delarna av Norge (Figur 1). I dessa klarvattensjöar med en TOC-halt ofta under 1 mg/l, kan siktdjupet vara betydligt över 10 meter. De mest färgade vattnen återfanns i sydöstra Sverige och i Finland, med TOC-halter ofta över 20 mg/l. Siktdjupet i dessa sjöar överskrider sällan 1 meter, och vissa av dem har en färg som påminner om kaffe.

Dessa humusgradienter orsakas i huvudsak av olika stor tillförsel av humus från markerna på grund av skillnader i klimat, jordmån och vegetationstyp, men de påverkas även av interna processer i vattensystemen som sedimentation, fotooxidation, mineralisering etc. Höga humushalter förekommer i myr- eller skogklädda områden med få sjöar, d.v.s. i områden med stora kolförråd i marken och korta omsättningstider på vattnet. Låga humushalter återfinns i regioner med sparsam vegetation, svagt utvecklade organiska jordar och stora sjöar (små kolförråd i marken och långa omsättningstider på vattnet). Humushalterna är normalt högre i de övre delarna av vattensystemen jämfört med längre nedströms.

Denna kunskap är inte ny. Redan 1929 konstaterade J.V. Eriksson att *"Envar som blott i förbigående ägnat våra skogstrakters bäckar och åar någon uppmärksamhet, har säkerligen observerat följande fakta. De smärre skogs-bäckarna ha ofta mörkbrunt vatten, särskilt om de avvattnar myrmarker. Då de utfalla i större åar, konstaterar man, att dess vatten är ljusare i färgen. Även om de flesta tilloppen till en sjö ha mörkbrunt vatten, företar avloppet från sjön icke desto mindre ett ljusare vatten, i varje fall icke mörkbrunt, om sjön är av någorlunda stor volym"*.

Halten organiskt material som mättes i början på 1900-talet (1916-1925) är i god överensstämmelse med mätningar från de senaste årtiondena (1965-2001), både i vattendrag i centrala och norra Sverige samt i ett inlopp till Vättern (Domneån, Tabell 1). Dessa data visar att det inte skett några dramatiska förändringar i humusinnehållet det senaste århundradet.

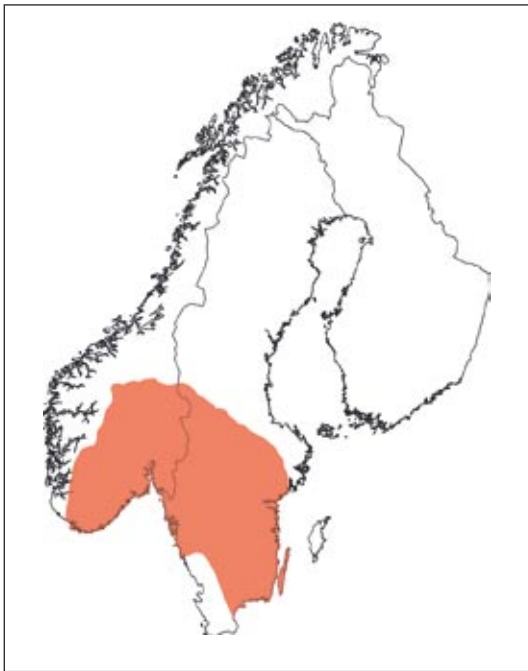


Figur 1. Karta över humushalten mätt som TOC i sjöar i Fennoskandien ( $n_{\text{tot}}=4900$  sjöar), som visar en stark väst-östlig gradient med klarvattensjöar i Norge till humösa sjöar i Finland och östra Sverige. Det regionala mönstret är relaterat till klimat, jordart och vegetationstyp.

Vattendrag	Tidsperiod	Medelvärde $\text{KMnO}_4$ (mg/l)	Standardavvikelse $\text{KMnO}_4$ (mg/l)	Antal observationer
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
Abiskojoek	1919-1923	6.2	2.9	19
	1982-2000	5.2	5.1	226

Tabell 1. Humushalter mätt som  $\text{KMnO}_4$ -förbrukning i några svenska vattendrag under tidigt och sent 1900-tal. Resultaten från 1916-1925 analyserades av J.V. Eriksson, medan data från den senare perioden kommer från SLU. Provtagningsstationerna ligger nära varandra men är inte identiska vid de två inventeringarna.





Figur 2. Regionala humustrender mätt som TOC i sjöar i Fennoskandien. Sjöar i det skuggade området har haft en statistiskt signifikant ökning i humushalt under perioden 1990-1999 ( $p < 0.05$ ,  $n_{\text{tot}}=344$  sjöar, Mann-Kendall).



## Ökande humushalter i södra Skandinavien under 1990-talet

Humushalterna i 344 referenssjöar i Norge, Sverige och Finland övervakades under 1990-talet. Den mänskliga påverkan på vattenkvaliteten i dessa sjöar är begränsad till atmosfäriskt nedfall och skogsbruk. Regionalt, statistiskt säkerställt ökande humushalter återfanns i huvudsak i sjöar i sydöstra Norge och i södra Sverige (Figur 2). Liknande humustrender har även observerats i Skotska vatten. Dessa resultat bekräftar observationerna vid många vattenverk av ökande humushalter i råvattentäkterna under motsvarande tidsperiod.

## Hydrologiska egenskaper inverkar på humushalterna

Kommunerna i Karlskrona, Falun och Stockholm har ställt dataserier till vårt förfogande över halterna organiskt material sedan 1940 i Lyckebyån, Rogsjön respektive Görveln. Liknande analysmetoder, baserade på permanganatförbrukningen ( $\text{KMnO}_4$ ) vid oxidationen av organiskt material, har använts vid vattenverkan under hela tidsperioden. Resultaten visar några exempel på de långsiktiga humustrenderna i södra Sverige, motsvarande den region där ökande humushalter dokumenterats under 1990-talet.

De tre vattensystemen har mer än 70% skog och myr i avrinningsområdena. De hydrologiska egenskaperna är däremot mycket olika (Tabell 2). Lyckebyån har en vattenomsättningstid på några få dagar och bara 4% av avrinningsområdet utgörs av sjöar. Görveln är en delbassäng i den östra delen av Mälaren som är Sveriges tredje största sjö. Den har en uppehållstid på 0,6 år (2,8 år för hela Mälaren) och en sjöarea på 11% i avrinningsområdet. Rogsjön har den längsta uppehållstiden på 5,6 år och sjöar utgör 14% av avrinningsområdet. Teoretiskt tar det alltså 5,6 år för att utbyta allt vatten i Rogsjön, medan vattnet i Lyckebyån förnyas inom loppet av några få dagar.

Lyckebyån svarar därför snabbt på regn- eller snösmältningsepisoder samtidigt som de interna processerna i vattensystemet inte hinner påverka humushalten. Görveln och speciellt Rogsjön reagerar långsamt på väderleksförändringar samtidigt som interna processer har stor potential att minska humushalten. Dessa skillnader återspeglas i humushalterna uttryckta både som vattenfärg och permanganatförbrukning (Tabell 2). Vattenfärgen i Lyckebyån var i medeltal mer än 4 gånger så hög som i Görveln under perioden 1940-2002 och mer än 7 gånger så hög som i Rogsjön under samma period.

Tabell 2. Avrinningsområdenas egenskaper och humushalter mätt som vattenfärg och  $\text{KMnO}_4$ -förbrukning under perioden 1940-2000 i Lyckebyån, Rogsjön och Görveln.

Vattensystem	Avrinning $\text{dm}^3 \text{ km}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Uppehålls- tid, år	Avrinnings- område $\text{km}^2$	Skogs- och myrmark	Sjöyta	Färg- värde $\text{mg Pt l}^{-1}$	$\text{KMnO}_4$ $\text{mg l}^{-1}$
Lyckebyån	7.6	<0.01	810	79%	4%	103	56
Görveln	7.2	0.6	22 603	70%	11%	23	24
Rogsjön	9.1	5.6	190	84%	14%	13	16



### ***Hur mäter man humus?***

Mängden humus i ytvatten kan mätas på många olika sätt. Nedanstående tabell ger några exempel på olika metoder som används.

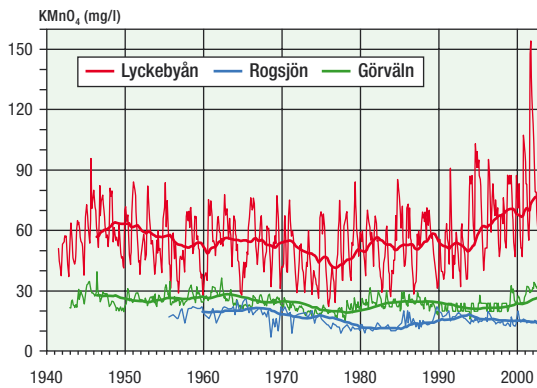
<b>Namn</b>	<b>Förklaring</b>	<b>Betydelse</b>
TOC (mg C/l)	Totalt organiskt kol	Allt organiskt kol i provet.
DOC (mg C/l)	Löst organiskt kol	Allt organiskt kol som passerar ett filter med en definierad porstorlek
BOD <sub>7</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	Biologisk syreförbrukning	Bakteriernas förbrukning av syrgas under 7 dagar. Mindre reproducerbar än COD.
COD <sub>Mn</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	Kemisk syreförbrukning	Kemisk syrgasförbrukning av organiskt material av KMnO <sub>4</sub> . Kromat (COD <sub>Cr</sub> ) används för industrivatten.
KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	Kaliumpermanganat-förbrukning	Kemisk syrgasförbrukning av organiskt material av KMnO <sub>4</sub> . COD <sub>Mn</sub> ≈ KMnO <sub>4</sub> /3,95 ≈ DOC
Vattenfärg (mg Pt/l)	Vattenfärgen jämförs med färgen på en standard	Vattenfärgen på filtrerat vatten jämförs med färgen på en PtCl <sub>6</sub> <sup>2-</sup> -standard antingen i en lösning eller på en glasskiva. Humus, men även järn och mangan färgar vattnet. En subjektiv metod!
Vattnets absorbans	Absorbansmätning	Absorbansen mäts på filtrerat vatten. Olika våglängder t.ex. 254, 400, 420 eller 436 nm används. Bättre känslighet och precision än vattenfärg.



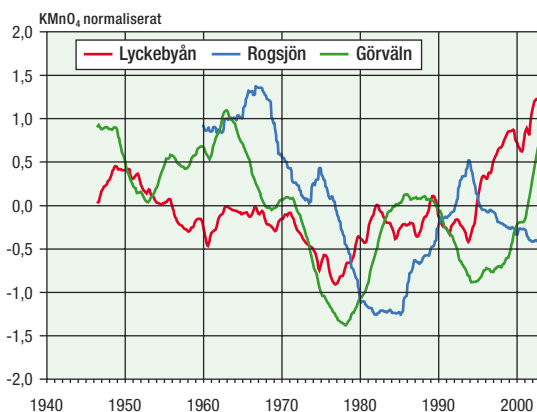


## Cykliska långtidsvariationer i vädret påverkar humushalterna

Varje vattensystem uppvisar stora variationer i humushalt både säsongsmässigt och mellan år. Den långsiktiga variationen är långt ifrån enkla linjära trender utan resultaten tyder på mer eller mindre cykliska förlopp (Figur 3a). I Lyckebyån ökade humushalterna i början på 1940-talet och var över medel under ett 10-tal år runt 1950, varefter den minskade till ett minimum 1976. Därefter ökade humushalten långsamt och nådde 1993 återigen medelnivån. År 2002 nådde humushalten sitt maximum (Figur 3b). Resultaten från Rogsjön och Görväln indikerar också cykliska trender, men med varierande amplitud och periodicitet. Humusfluktuationerna i Görväln ser ut att vara nästan i fas med eller något fördröjd (< 2 år) i förhållande till Lyckebyån, medan Rogsjön förefaller fördröjd med 4-7 år i förhållande till Lyckebyån. Dessa fasförskjutningar indikerar att vattnets uppehållstid är en viktig faktor som påverkar tidpunkten för när humustoppar infaller i olika vattensystem.



Figur 3a. Humushalter mätt som  $\text{KMnO}_4$ -förbrukning sedan 1940 i Lyckebyån (Karlskrona), Rogsjön (Falun) och sjön Görväln (Stockholm). Tjock linje utgör fem års (60 månaders) glidande medelvärde.



Figur 3b. Fem års (60 månader) glidande medelvärde för den normaliserade humushalten mätt som  $\text{KMnO}_4$ -förbrukning sedan 1940 i Lyckebyån (Karlskrona), Rogsjön (Falun) och sjön Görväln (Stockholm).

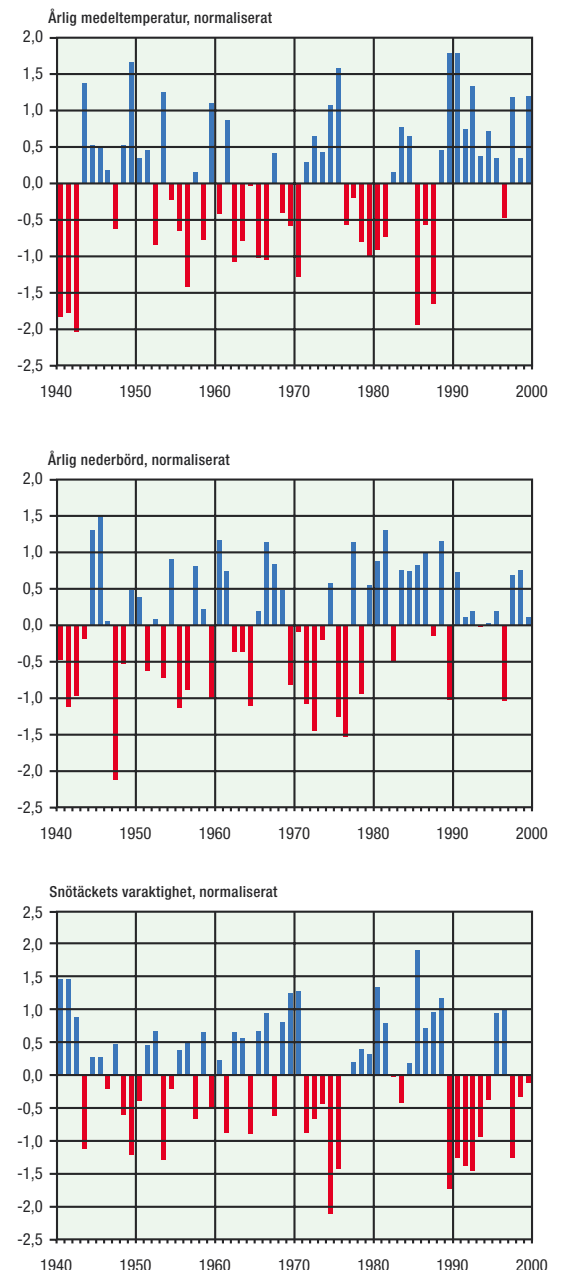
Normaliserat värde =  $(\text{observerat värde} - \text{medelvärde}) / \text{standardavvikelse}$ .



Humushalten ökade i början på 1940-talet i Lyckebyån (Figur 3). Detta sammanföll med en period med ökande lufttemperatur, ökande nederbörd och kortare perioder med snötäckt mark vintertid. Minskningen under sent 1960-tal och tidigt 1970-tal inföll under en period med ökande lufttemperatur, minskande nederbörd och kortare perioder snötäckt mark (Figur 4). Ökningen i humushalt under sent 1970-tal och tidigt 1980-tal sammanföll med en period med lägre lufttemperatur, mer nederbörd och längre perioder med snötäckt mark än normalt. Högre lufttemperatur och kortare perioder med snötäckt mark karaktäriserade 1990-talet. I Lyckebyåns avrinningsområde, där humushalterna ökade, var nederbörden högre än normalt. Nederbörden varierade mycket mera och var i medeltal lägre än normalt i mitten på 1990-talet i de andra två områdena.

De storskaliga cykliska mönstren i de tre vattensystemen visar att klimatiska faktorer har en avgörande betydelse för humusdynamiken. Nederbörds mängden är uppenbarligen en mycket viktig faktor för humusläckaget från marken, vilket påverkar humusnivån i vattensystemen. För Lyckebyån är det ett statistiskt signifikant positivt samband mellan årlig genomsnittlig humushalt och årlig nederbörds mängd. Inget sådant samband kunde påvisas i Görvaln och Rogsjön på grund av de längre vattenomsättningstiderna och den därmed förskjutna humusdynamiken. Ett positivt samband mellan vattenflöde och humushalt har dock påvisats för Rogsjön. I Lyckebyån återfanns inget samband mellan de årliga medelvärdena för humushalt och lufttemperatur eller längden på perioden med snötäckt mark.

Figur 4. Årsmedelvärden för normaliserad lufttemperatur, nederbörds mängd och snötäckets varaktighet vid SMHI's väderstationer i Växjö, Falun och Uppsala. Normaliserat värde = (observerat värde – medelvärde) / standardavvikelse.







## Episodiskt höga humushalter till följd av vädrets årstidsvariationer

Variationen i den maximala humushalten mätt som färgtal varierade enormt mellan åren. Vintertid uppmättes maxvärden från 81 till 178 mg Pt l<sup>-1</sup> och sommartid från 81 till 224 mg Pt l<sup>-1</sup>.

Under perioden 1940-2000 registrerades i Lyckebyån den högsta årliga humushalten (mätt som färg) 26 gånger vintertid (december-mars) och 26 gånger sommartid (juni-augusti). Typiskt för vintertopparna var att de sammanföll med år då klimatet under september-mars var kallare (<1°C), torrare (<25 mm) och hade kortare perioder med snöklädd mark (<15 dagar) jämfört med ett normalår. Humustopparna sommartid sammanföll med år då våren och sommaren (april-augusti) var kallare och torrare jämfört med ett normalår.

Mellan 1945 och 1960 uppträdde de maximala humushalterna vanligtvis vintertid (16 tillfällen), medan sommartoppar var sällsynta (3 tillfällen). Efter 1966 ändrades detta mönster och sommartoppar dominerade (23 tillfällen) medan vintertoppar blev mer sällsynta (10 tillfällen). Detta indikerar att höst och vinter blivit varmare och våtare, medan vår och somrar blivit kallare och torrare.

Perioder med höga humushalter i vattnen förefaller vara korrelerade med perioder med ökande nederbördsmängder, gärna över en tidsskala på 10 år eller mer. På motsvarande sätt var perioder med låga humushalter bra korrelerade med torrare år. I motsats till denna långsiktiga humusdynamik är de årligt förekommande humustopparna i Lyckebyån kopplade till kallt och torrt väder under de närmast föregående 5-7 månaderna.

En tolkning av de två tidsmässigt olika mönstren på humusdynamiken skulle kunna vara att ökande nederbördsmängder under flera år höjer grundvattennivån så att större mängder vatten kommer i kontakt med organiska jordar, över mer vidsträckta områden. Det mesta organiska materialet (mer än 70%) är ansamlat i den översta delen av mineraljorden förutom i mossar, myrmarker och kärr där det mesta är samlat i torven. Sommar- och vintertopparna skapas sannolikt när grundvattennivåerna temporärt minskar och då ytvattnet primärt tillförs från myrmarker och andra permanenta utströmningsområden rika på organiskt material. Det finns många studier från norra Sverige som visar på betydelsen av utströmningsområdena för de kortsiktiga svängningarna i bäckarnas humushalter. Utströmningsområdena är strandnära områden där grundvattnet tränger ut och bildar ytvatten.





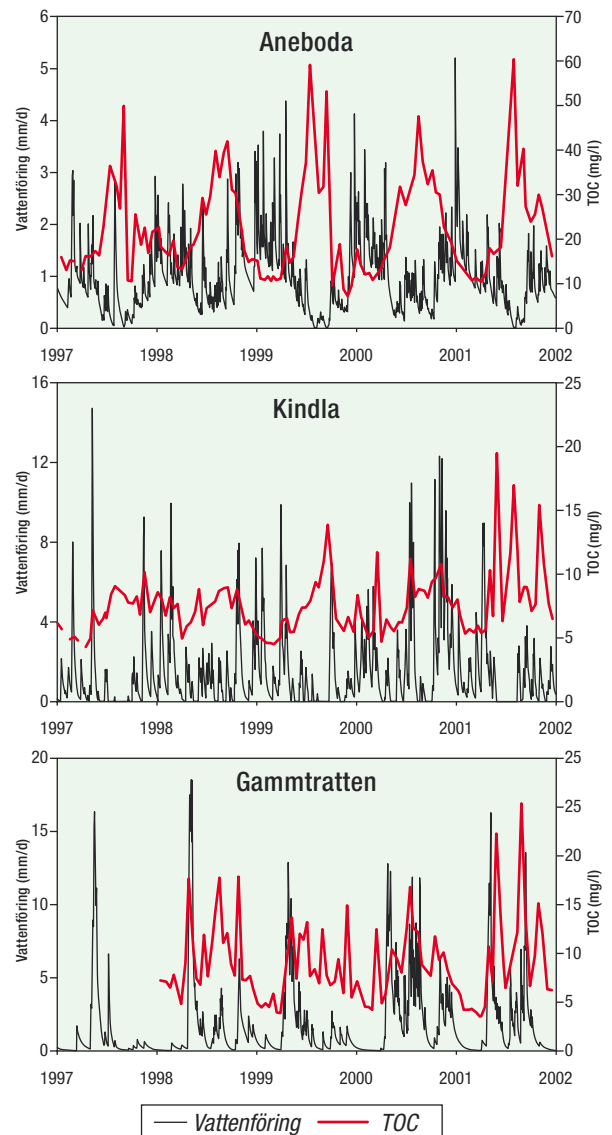
## Utströmningsområdenas betydelse för humushalterna

I Figur 5 visas variationen i vattenföring (daglig) och humushalter (varannan vecka) i tre små, skogklädda avrinningsområden (0.2-0.4 km<sup>2</sup>) under perioden 1997 till 2001. Klimatet i Aneboda är liknande det man finner i Lyckebyåns avrinningsområde med de högsta vattenflödena normalt höst och vinter. Klimatet i Kindla liknar det i Rogsjön, med avrinningstoppar främst höst och vår, men både sommar- och vinterflöden uppträder regelbundet. Gammtratten ligger i norra Sverige, ungefär 100 km väster om Umeå. Området har typiskt nordligt klimat med kalla vintrar och intensiva flödesepisoder under snösmältningen på våren samt under kraftiga sommarregn.

Humusdynamiken i Aneboda är mycket lik den man finner i Lyckebyån med högst koncentrationer under lågflödena på sommaren. Hög vattenföring höst och vinter förefaller att i huvudsak späda ut humushalterna. I Kindla är humushalterna normalt låga under senvintern, ökar successivt under våren och sommaren för att nå ett maximum tidigt på hösten. Humusstoppar förekom ofta under snösmältningen på våren och under andra tillfällen med hög vattenföring. Den torra sommaren 2001 utgjorde ett undantag, med höga humushalter sommartid i likhet med i Aneboda. I Gammtratten uppträdde normalt de lägsta humushalterna under senvintern vid låg vattenföring, medan höga halter dokumenteras vid alla flödestoppar med påtaglig avrinning.

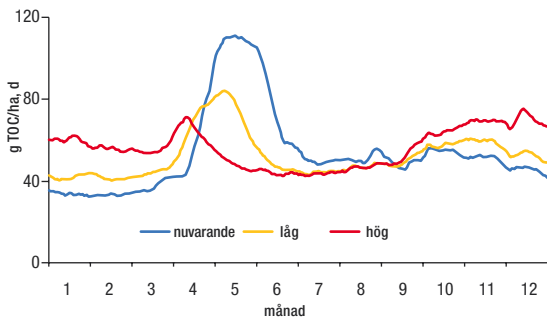
Vid sidan om klimatet orsakas troligtvis skillnaderna i humusdynamik mellan de tre områdena av att de organiska jordarna är lokaliserade till olika delar i avrinningsområdena. Aneboda karaktäriseras av små höjdskillnader (30 m) och väl utbredda utströmningsområden med organiska jordar i de nedre delarna av avrinningsområdet. Torven i dessa strandzoner är antagligen mycket viktig för humusdynamiken vid låg vattenföring. Under flödesepisoder sker en utspädning av grundvatten från mer minerogena jordar i de övre delarna av avrinningsområdet, samt av vatten som rinner ovanpå och i "kanaler" i torven. I Kindla och Gammtratten är höjdskillnaderna 100 m respektive 135 m och tunna zoner med torv täcker strandkanterna lokalt. I de centrala delarna av Kindla finns en liten myr, som förefaller spela en viktig roll vid låg vattenföring. Under flödesepisoder är grundvattnet i hög grad i kontakt med organiska jordar i utströmningsområdena i andra delar av avrinningsområdet, vilket ger upphov till humusstoppar. I Gammtratten finns tre små myrar högt upp i avrinningsområdet i anslutning till vattendelaren, men de organiska jordarna i utströmningsområdena i andra delar av avrinningsområdet verkar vara viktigare för humusdynamik i samband med de frekvent förekommande flödesepisoderna.

Stora avrinningsområden består av ett otal små avrinningsområden liknande de i ovanstående exempel. Delavrinningsområdena har olika karaktärer och de är lokaliserade i komplicerade mosaikliknande mönstert, ibland innehållande sjöar. Humushalterna i utloppet från stora avrinningsområden ger därför en integrerad bild av medelförhållandena med avseende på hydrologi, topografi och humusdynamik i avrinningsområdets alla små delar.



Figur 5. Daglig vattenföring och humushalten varannan vecka mätt som TOC, under perioden 1997-2001 vid Aneboda (Kronobergs län), Kindla (Örebro län) och Gammtratten (Västerbottens län).





Figur 6. Modellberäknat dagligt humusläckage (TOC) vid Hietapuro i södra Finland för dagens situation (1990-talet) och för ett scenario med låg växthuseffekt (1-3°C temperaturökning, -1% till +15% ändring av nederbörden) och för ett scenario med hög växthuseffekt (3-7°C temperaturökning, -19% till +41% ändring av nederbörden).

## Kommer humushalterna att öka de kommande åren?

Eftersom humusdynamiken är så intimt sammankopplad med de långvariga och kortvariga klimatvariationerna är det självklart att humushalterna kommer att förändras över tiden. De långa tidserierna visar att variationerna i humushalt i varje fall överstiger en faktor 3. Om nederbördsmängden minskar eller ökar under ett antal år förväntas att vattensystemen blir mindre respektive mer färgade av humus. Vattensystemen kommer antingen att svara snabbt eller efter några år beroende på deras vattenomsättningstider. Humushalterna i Rogsjön t.ex. kan komma att öka de närmaste åren på grund av den extremt höga nederbörden under år 2000.

Eftersom prognoserna för framtida klimatförändringar är väldigt osäkra och kraftigt skiljer sig åt, är det svårt att göra säkra bedömningar av hur humushalterna kommer att variera i framtiden. Växthuseffektens inverkan på humusläckaget i två små finska avrinningsområden har emellertid nyligen skattats med hjälp av en ny datamodell. Beräkningarna tar hänsyn till möjliga växthuseffekter, vilka man antar resulterar i varmare och våtare höstar och vintrar samt torrare somrar. Resultaten antyder att de årliga humusflödena (TOC) kan öka med upp till 26% i det värsta scenariot, motsvarande en ökning av medeltemperaturen med 3-7°C och en förändring av nederbördsmängden med -19% till +44% (Figur 6).







## Betydelse för produktionen av dricksvatten

Stora, klimatstyrda variationer i ytvattens humushalt har alltid funnits och kommer alltid att finnas. Vattenverk som utnyttjar humushaltiga råvatten kommer därför ständigt att påverkas av dessa svängningar, eftersom merparten av humusen måste tas bort innan det distribueras ut till konsumenterna. Kostnaderna för reningsåtgärderna kommer därför att variera påtagligt mellan olika år. Kommunerna kan delvis planera för dessa svängningar genom att utvärdera vattenverkens historiska tidsserier på råvattens färg och humushalt. Utgående från humusdynamiken i råvattentäkten kan man relatera detta till olika behov av kemikalier och andra åtgärder.

## Slutsatser

Oavsett om klimatförändringarna som vi registrerar är orsakade av människan eller uppstår naturligt, kommer de att få konsekvenser för humushalten i våra sjöar och vattendrag. De flesta modellsimuleringarna av Skandinavien's framtida klimat indikerar ökande temperatur och nederbörd särskilt höst och vinter. Om dessa scenarior är riktiga kommer humushalterna att öka de närmaste åren. Dessutom har man ställt frågan om den ökande skogsproduktionen ökar förråden av organiskt material i marken, vilket skulle kunna bidra till ökat humusläckage till sjöar och vattendrag. Båda dessa frågor bör följas upp och utvärderas i framtiden.

Osäkerheter som dessa gör det mycket svårt att förutspå den framtida utvecklingen av humusnivåerna i våra sjöar och vattendrag. En sak är dock säker och det är att vattnets färg och humushalter kommer att variera även i framtiden. Hur mycket bestäms av hur omfattande klimatförändringarna blir, men de kommer med all sannolikhet att vara minst lika stora som de varit tidigare.







*Information och kontaktpersoner:* Projektet "Klimatinducerad variation av löst organiskt kol i nordiska ytvattnen" finansierades av Arbetsgruppen för Miljöövervakning och Data vid Nordiska Ministerrådet (<http://www.norden.org>), Institutionen för miljöanalys, SLU, (<http://www.ma.slu.se>), Finlands Miljöcentral (<http://www.environment.fi/syke>) och Norska Institutet för Vattenforskning (<http://www.niva.no>). På hemsidorna finner ni ytterligare information och kan få tillgång till vattenkemisk data. Kontaktpersoner och ansvariga för innehållet i denna broschyr är Stefan Löfgren (Sverige, projektledare), Martin Forsius (Finland) och Tom Andersen (Norge). Fotografierna i broschyren har tagits av Stefan Löfgren.