

STEFAN LÖFGREN LARS LUNDIN

Mer humus i svenska vatten

– bidrar även skogsbruket?

- Sjöar i södra Sverige har blivit brunare under 1990-talet. Vattenfärgen orsakas av humus, vars mängd i vatten beror på klimat, hydrologi, jordmån och vilken vegetationen som växer i omgivningen. Vattnen är brunast i sydöstra Sverige.
- I svenska vattendrag har halten humus inte förändrats så mycket jämfört med i början av 1900-talet. I södra Sverige finns dock en tendens till högre halter.
- Klimatet har en avgörande betydelse för humushalten. Ökar nederbördsmängden kommer våra vatten att bli ännu brunare.
- Avverkning ökar utflödet av humus från mark till vatten. På längre sikt kan även en ökad areal granskog gynna humusläckaget. Tvärtom kan utflödet av humus minska genom bränder, skogsbete, en intensiv markberedning och att grenar och toppar (GROT) tas tillvara.



foto: stefan löfgren

Färgen på svenska vatten varierar mycket. I fjällen är sjöarna klara, i södra Sverige kan vattnet likna kaffe.



foto: stefan löfgren

Efter en avverkning blir utflödet av humus normalt högre, jämfört med från växande skog.

U ngefär 75 procent av Sveriges befolkning får sitt dricksvatten från behandlat ytvatten, det vill säga vatten från sjöar och vattendrag. Under 1990-talet fick många nordiska vattenverk reningsproblem på grund av att råvattnet blev alltmer brunfärgat. Vattenfärgen orsakas av löst organiskt material, så kallade humusämnen. De kostsamma problemen kvarstår idag, och många vattenverk har svårt att leva upp till de kvalitetskrav som ställs på svenska konsumenters dricksvatten.

Kommer då humushalten att fortsätta öka, stabiliseras eller återgå till acceptabla nivåer? För att kunna svara på detta måste vi undersöka de processer som styr humusläckaget från mark till vatten. Kan till exempel olika former av skogsskötsel eller anpassade skogsbruksåtgärder minska läckaget? Och hur påverkar vädret utflödet? Få forskningsprojekt fokuserar på hur humus transporteras från mark till ytvatten, och i detta nummer av Fakta skog beskrivs kortfattat befintlig kunskap.

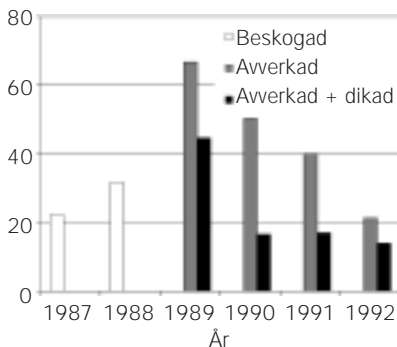
Vad är humus i vatten?

Humus, i form av akvatiska humusämnen, är substanser som följer med när regn- eller smältvatten rinner genom en jord. Den gula till bruna färgen skapas av stora och komplexa organiska kolföreningar, som i huvudsak härstammar från nedbrytning av döda växt- och djurdelar. Det mesta organiska materialet (mer än 70 procent) är ansamlat i jordens översta del, förutom i mossar, myrar och kärr där det mesta finns i torven. Humusen är ofta sur och spelar en nyckelroll i skogsvatten, eftersom den underlättar transport och biotillgänglighet av olika näringsämnen. Dessutom binder humus till många giftiga ämnen, och kan därför minska giftigheten hos tungmetaller och organiska föroreningar. Många ytvatten är naturligt sura (pH <6) på grund av humusämnens syraegenskaper.

Skogsbruk kan påverka

För att humus ska komma ut i våra vatten måste två förutsättningar uppfyllas: 1) vattenlösliga organiska ämnen kan frigöras från marken, och 2) frigjorda ämnen kan transporteras till yt-

Årlig medelhalt av humus (mg/l)



Figur 1. | Årlig medelhalt av humus i avrinnande vatten i bäcken Giller mossen i Bergslagen. Hela området avverkades 1989, men bara ett delområde dränerades i slutet av samma år. Innan dikning ökade först humushalten i vattnet, för att efter dikning vara lägre än före avverkningen.

vattnet via grundvattnet. Skogsbruksåtgärder som påtagligt påverkar någon av dessa processer kan därför öka utflödet av humus från marken. Exempelvis ändrar dikning och avverkning grundvattennivåerna dramatiskt. Efter att ett skogsområde dikats sänks grundvattennivån i marken, och under den så kallade avvattningsfasen (<6 månader) ökar normalt humusläckaget. Därefter, om dikningen sänker grundvattenytan ända ner till mineraljorden, minskar läckaget jämfört med före dräneringen (Figur 1). Om det däremot i huvudsak är torvmark som dikats, kan humusläckaget ibland vara något högre än innan åtgärd. När skog avverkas höjs istället grundvattennivån, och utströmningsområdet blir större. Avrinningen ökar, liksom kontakten mellan vatten och organiskt material. Det skapar oftast ett högre utflöde av humus från hygget jämfört med från växande skog.

Vattenfärgen varierar

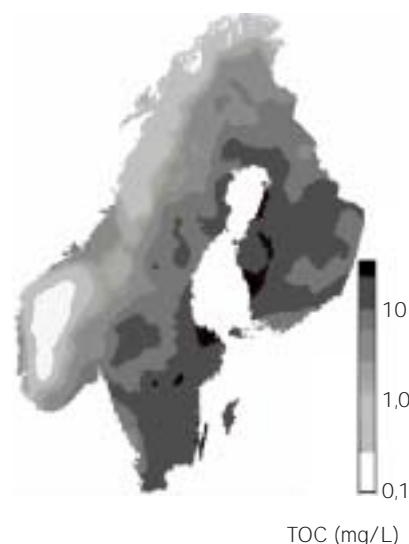
Halten organiskt material i ytvatten varierar mycket beroende på geografiskt läge och tid på året. En nordisk inventering genomfördes år 1995 i ungefär 4 900 sjöar. Extremt låga humushalter återfinns i de alpina delarna av Norge (Figur 2). I dessa klarvattensjöar, med en totalhalt organiskt kol (TOC) ofta under 1 mg/l, kan siktdjupet vara mycket mer än tio meter.

De mest färgade vattnen återfinns i sydöstra Sverige och i Finland, med TOC-halter ofta över 20 mg/l. Siktdjupet i dessa sjöar överskrider sällan en meter, och vissa av dem har en färg som påminner om kaffe.

Skillnader i vattenfärg beror i huvudsak på klimat, markernas jordmån och vegetationstyp. Färgen påverkas också av så kallade interna processer i vattensystemen, som sedimentation, fotooxidation och mineralisering. Höga humushalter förekommer i myr- eller skogsklädda områden med få sjöar, det vill säga i områden med stora kolförråd i marken och korta omsättningstider på vattnet. I områden med sparsam vegetation, tunna organiska marktäckten och stora sjöar blir tvärtom halterna låga. Humushalterna är också normalt högre i vattensystemens övre delar, jämfört med längre nedströms.

Inga dramatiska förändringar

Halterna organiskt material i svenska vattendrag i början på 1900-talet (1916–1925) kan jämföras med nivåerna de senaste årtiondena (1965–2001, Tabell 1). Dessa data visar att det inte skett några dramatiska förändringar i humus-



Figur 2. | Karta över humushalten mätt som totalhalt organiskt kol (TOC) i runt 4 900 sjöar i Norge, Sverige och Finland år 1995. Gradienten är starkt väst-östlig – från klarvattensjöar i Norge till humösa sjöar i Finland och östra Sverige.

innehåll det senaste århundradet. Dock finns en tendens till att halterna ökat i södra Sverige.

Under 1990-talet övervakades humushalterna i 344 sjöar i Norge, Sverige och Finland. I dessa sjöar är den mänskliga påverkan på vattenkvaliteten begränsad till atmosfäriskt nedfall och skogsbruk. Ökande humushalter återfanns i huvudsak i sjöar i sydöstra Norge och i södra Sverige (Figur 3).

Halter i tre vattensystem

Sedan år 1940 har data registrerats från vattensystemen Lyckebyån (Karlskrona), Rogsjön (Falun) och Görväln (Stockholm). I dataserierna syns hur långsiktiga humustrender kan se ut i södra Sverige, det vill säga den region där humushalterna har ökat under 1990-talet (Figur 4). De tre vattensystemen har alla minst 70 procent skog och myr i avrinningsområdena. Däremot är de hydrologiska egenskaperna mycket olika (Tabell 2). Teoretiskt tar det 5,6 år att byta ut allt vatten i Rogsjön, medan vattnet i Lyckebyån förnyas inom loppet av några få dagar. Lyckebyån reagerar därför snabbt på regn- eller snösmältningsepisoder, till skillnad från Rogsjön



Figur 3. | Regionala humustrender mätt som totalhalt organiskt kol (TOC) i 344 sjöar i Norge, Sverige och Finland under 1990-talet. Sjöar i det skuggade området har haft en statistiskt signifikant ökning i humushalt under perioden 1990–1999.

och Görväln. I motsats till dessa system är Lyckebyån också sjöfattigt, med små möjligheter att minska humushalten genom interna processer. Skillnaderna mellan systemen återspeglas i humushalterna – uttryckta både som vattenfärg och kaliumpermanganatförbrukning (KMnO_4). När permanganat kommer i kontakt med organiskt material sker en oxidation, och föreningen förbrukas. Under perioden 1940–2002 var vattenfärgen i Lyckebyån i medeltal mer än fyra gånger så hög som i Görväln, och mer än sju gånger så hög som i Rogsjön.

Årstid och väder påverkar

I Lyckebyån varierade storleken på årets maximala humushalt mycket, och även under vilken årstid toppen inföll. Åren 1940–2000 registrerades den högsta årliga humushalten 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 ($<1^\circ\text{C}$), torrare ($<25\text{ mm}$) och hade kortare perioder med snöklädd mark ($<15\text{ dagar}$) jämfört med ett normalår. Humustopparna sommartid sammanföll med år då våren och sommaren (april–augusti) var kallare och torrare jämfört med ett normalår.

Klimatets betydelse

De tre vattensystemen uppvisar alltså stora variationer i humushalt både säsongsmässigt och mellan år. Den långsiktiga utvecklingen tyder på mer eller mindre cykliska förlopp (Figur 4), men med varierande amplitud och periodicitet. Humusfluktuationerna i Görväln ser ut att vara nästan i fas med eller något fördröjd ($<2\text{ år}$) i förhållande till Lyckebyån, medan Rogsjön förefaller

Tabell 1. | Humushalter mätt som permanganatförbrukning (KMnO_4) 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.

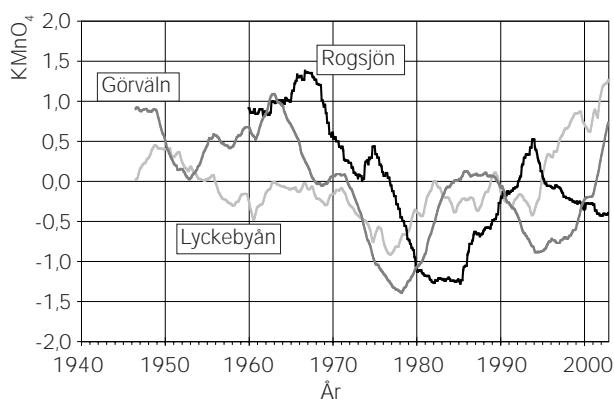
Vattendrag	Tidsperiod år	KMnO_4 (mg/l)	Antal obs.
Domneån	1916–1925	61,3	51
	1966–2001	71,4	375
Klarälven	1916–1923	23,4	37
	1965–2000	28,4	426
Ljusnan	1916–1923	30,3	37
	1969–2001	36,0	356
Ljungan	1916–1923	23,6	36
	1969–2001	25,6	389
Indalsälven	1916–1923	19,9	35
	1969–2001	18,1	364
Skellefteälven	1916–1923	16,2	31
	1969–2001	17,3	382
Piteälven	1916–1923	13,2	34
	1967–2001	14,6	412
Abiskojoek	1919–1923	6,2	19
	1982–2000	5,2	226

fördröjd med 4–7 år i förhållande till Lyckebyån. Dessa fasförskjutningar tyder på att vattnets uppehållstid (Tabell 2) är en viktig faktor som påverkar tidpunkten för när humustoppar infaller i olika vattensystem. De storskaliga cykliska mönstren i vattensystemen visar att klimatiska faktorer, som exempelvis nederbördsmängd, har en avgörande betydelse för humusdynamiken. För Lyckebyån finns ett samband mellan årlig genomsnittlig humushalt och årlig nederbördsmängd.

Såväl förhöjda nederbördsmängder under en följd av år, liksom tillfälliga torrperioder under enskilda år, kan leda till mer humusfärgat ytvatten. De långsiktiga mönstren kan förklaras av att mer nederbörd höjer grundvattennivån,

Tabell 2. | Avrinningsområdenas egenskaper och humushalter, mätt som vattenfärg och permanganatförbrukning (KMnO_4), under perioden 1940–2000 i Lyckebyån, Rogsjön och Görväln.

Vatten-system	Avrinning ($\text{dm}^3\text{km}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Upphållstid (år)	Avrinnings- område (km^2)	Skogs- och myrmark (%)	Sjöyta	Färgvärde (mgPt L^{-1})	KMnO_4 (mg l^{-1})
Lyckebyån	7,6	$<0,01$	810	79	4	103	56
Görväln	7,2	0,6	22 603	70	11	23	24
Rogsjön	9,1	5,6	190	84	14	13	16



Figur 4. | Fem års glidande medelvärde för normaliserad humushalt mätt som permanganatförbrukning ($KMnO_4$), sedan år 1940 i Lyckebyån, Karlskrona (ljusgrå linje), Görväln, Stockholm (mellangrå) och Rogsjön, Falun (svart). Normaliserat värde = (observerat värde – medelvärde)/standardavvikelse.

och mer vatten kommer då i kontakt med organiska jordar över mer vidsträckta områden. Sommar- och vintertoppar uppstår troligtvis när grundvattennivåerna tillfälligt minskar, och ytvattnet primärt tillförs från myrmarker och andra utströmningsområden rika på organiskt material.

Mer humus i framtiden

Eftersom humusdynamiken är så intimt sammankopplad med långvariga och kortvariga klimatvariationer, kommer humushalterna att förändras över tiden. Om nederbördsmängden ökar under ett antal år förväntas vattensystemen bli större och mer färgade av humus. De flesta modellsimuleringar 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.

Skogsbrukets roll större?

Förutom dikning och avverkning är kunskapen begränsad om hur olika

skogsskötselåtgärder påverkar utflödet av humus från marken. Men en ökad skogsmarksareal med mycket gran och hög tillväxt kan i ett längre tidsperspektiv öka markens kolförråd och därmed förutsättningarna för ett ökat humusutflöde. Tvärtom kan GROT-uttag, intensiv markberedning, brand och skogsbete på sikt minska kolförrådet i marken och på så sätt eventuellt minska utflödet av humus. Dessutom kan skärmställningar och skyddszoner, som påtagligt ökar den totala avdunstningen, samt omfattande körskador i utströmningsområdena förändra vattnets flödesvägar, vilket påverkar förutsättningarna för humusutflödet.

Ovanstående faktorer har ännu inte studerats i tillräckligt hög grad. Av det skälet har Skogsvetenskapliga fakulteten vid SLU lämnat ett förslag till forskningsprogram som ska försöka klargöra hur och i vilken omfattning dagens skogsskötselåtgärder påverkar utflödet av humus från marken, samt om olika åtgärder kan begränsa humusens negativa effekter för dricksvattenproduktionen.

Ämnesord

Organiskt material, kol, klimat, ytvatten, mark, utströmningsområde

Läs mer

- Löfgren, S., Forsius, M. & Andersen, T. 2003. Vattens färg – klimatbetingad ökning av vattens färg och humushalt i nordiska sjöar och vattendrag. *Broschyr Nordiska Ministerrådet*. 12 s. (www.ma.slu.se)
- Lundin, L. 1991. Influence of silviculture on content of organic matter and metals in water. *Finnish humus news*, vol. 3(3), 21–26.
- Lundin, L. 1998. Hydrochemical retention in mirelands. In H. Wheater and C. Kirby (eds.) *Hydrology in a changing environment*, vol. 1, 445–454.

Författare



Docent *Stefan Löfgren* är forskare vid institutionen för miljöanalys, SLU, Box 7050, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 31 28. E-post: Stefan.Lofgren@ma.slu.se



Dr *Lars Lundin* är professor vid institutionen för miljöanalys, SLU, Box 7050, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 31 09. E-post: Lars.Lundin@ma.slu.se



Ansvarig utgivare:
Redaktör:

Göran Hallsby, SLU, institutionen för skogsskötsel, 901 83 UMEÅ
Camilla Nilsson, Informationsenheten
Box 7077, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20
E-post: Camilla.Nilsson@adm.slu.se
www.slu.se/forskning/fakta

Webbadress:
Prenumeration och lösnnummer:

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00
E-post: Publikationstjanst@slu.se

Prenumerationspris:
Tryck:

320 kronor + moms
SLU Reproenheten, Uppsala 2003
ISSN 1400-7789 © SLU