

# Humus i vann — Hva vet vi og hva bør vi vite?

Av Egil Gjessing

Egil Gjessing er cand. real fra Universitetet i Bergen i 1959. Han arbeidet 2 år ved Fiskeridirektoratets Kjemisk-Tekniske Forskningsinstitutt og har siden 1962 vært ansatt som forsker ved Norsk institutt for vannforsyning (NIVA).

*Innlegg holdt på kollokvium i  
Norsk Forening for Vassdragspleie og  
Vannbygiene 17. april 1978.*

## 1. Innledning

Det finnes neppe overflatevann som ikke vil inneholde noe humus i «løsning». Dette karakteristiske gulbrune stoffet som i det vesentlige har sin opprinnelse fra jord har i over 100 år fått stor oppmerksomhet, men til tross for et betydelig engasjement er det først i løpet av de siste dekadene at man har fått en viss forståelse av hva disse organiske stoffene er sammensatt av.

Med utgangspunkt i at vannforekomstene i Norge er dominert av overflatevann med enkelte steder et betydelig innhold av humus, ble det ved Norsk institutt for vannforskning tidlig i 60-årene funnet ønskelig og nødvendig med øket kunnskap om disse fargede forbindelser i vann. Dette kollokviet tar først og fremst sikte på å resumere hva vi vet om humus i vann, dels basert på egne erfaringer og dels basert på litteraturstudier. Når det gjelder annen del så vil jeg bare knytte noen kommentarer til følgende overskrifter: Hvilke nytte og skadevirkninger har humus i vann — 1. Overfor mennesket, 2. Overfor vannlevende organismer og 3. Kan humus fjernes fra vann etter andre prinsipper enn de som anvendes i dag?

## 2. Syntese — dannelse

Den gulbrune fargen i naturlig vann er den vannekstraherbare del av jordhumus. Denne del av de organiske stoffer i jord er også kalt fulvic-syre, som ifølge klassisk termologi er den fraksjon av et alkalisk jordekstrakt som ikke bunnfelles ved tilsetning av syre. I løpet av de siste to dekadene har man diskutert relevansen av å skille mellom f.eks. humus-syre og fulvic-syre; det synes å være alminnelig akseptert at forskjellen i de fysiske/kjemiske egenskaper mellom humus i jord og humus i vann generelt er relativt liten og at det ikke er hensiktsmessig å betrakte dette som separate grupper. I diskusjon om vannhumusens opprinnelse og dannelse er det derfor nødvendig å betrakte humus generelt i dette henseende.

Jordhumus er dannet av planterester og de viktigste komponenter er antatt å være lignin, proteiner og karbohydrater. Blant disse tre stoffgrupper er den førstnevnte antatt å være av størst betydning for dannelse av humus, fordi både karbohydrater og proteiner har en forholdsvis høy dekomponeringshastighet sammenlignet med lignin.

Dannelsen av humus avhenger av en rekke forskjellige forhold, som f.eks. vegetasjon, aktiviteten av mikroorganismer og hydrotermale forhold. Kjemiske og fysiske/kjemiske egenskaper i jorden an-

sees å være viktige faktorer både for humufiseringshastigheten og for humusens sammensetning. Nedbrytningen av rester av nøysomme planter, som f.eks. lyng og mose, er langsom, mens rester av mer kravfulle planter som regel er lettere nedbrytbare av mikroorganismer, bl.a. på grunn av høyere pH.

Humufiseringsprosessen er i stor grad bundet til aktiviteten av faunaen. Under forhold med overskudd av fuktighet vil den sure råhumusen bli dannet, og denne humustype vil på sin side hindre aktiviteten av visse typer dyr. Et tredje «element» i humufiseringsprosessen er metabolisme produkter fra døde og levende mikroorganismer.

Generelt må man si at humufiseringsprosessen er langsom — alder fra 50 til 3 000 år er rapportert. Den del av humus i jord som er ekstraherbar ved alkali (og som inkluderer den vannekstraherbare fraksjon) er antydnet å ha en alder fra 50 til 250 år.

Humufiseringsprosessen i jord er altså uhyre komplisert og det er på det nåværende tidspunkt ingen grunn til å tro at den vannekstreherbare fraksjon er mindre komplisert. Som nevnt er det ikke grunnlag for å betrakte denne som en separat gruppe av humus. Det synes i dag å være alminnelig akseptert blant forskere innenfor dette felt at mengden av den vannekstraherbare humusfraksjon i stor grad avhenger av fysiske og kjemiske forhold i jorden, og det er antatt at mineralinnholdet i jorden spiller en betydelig rolle i denne forbindelse.

### 3. Egenskaper

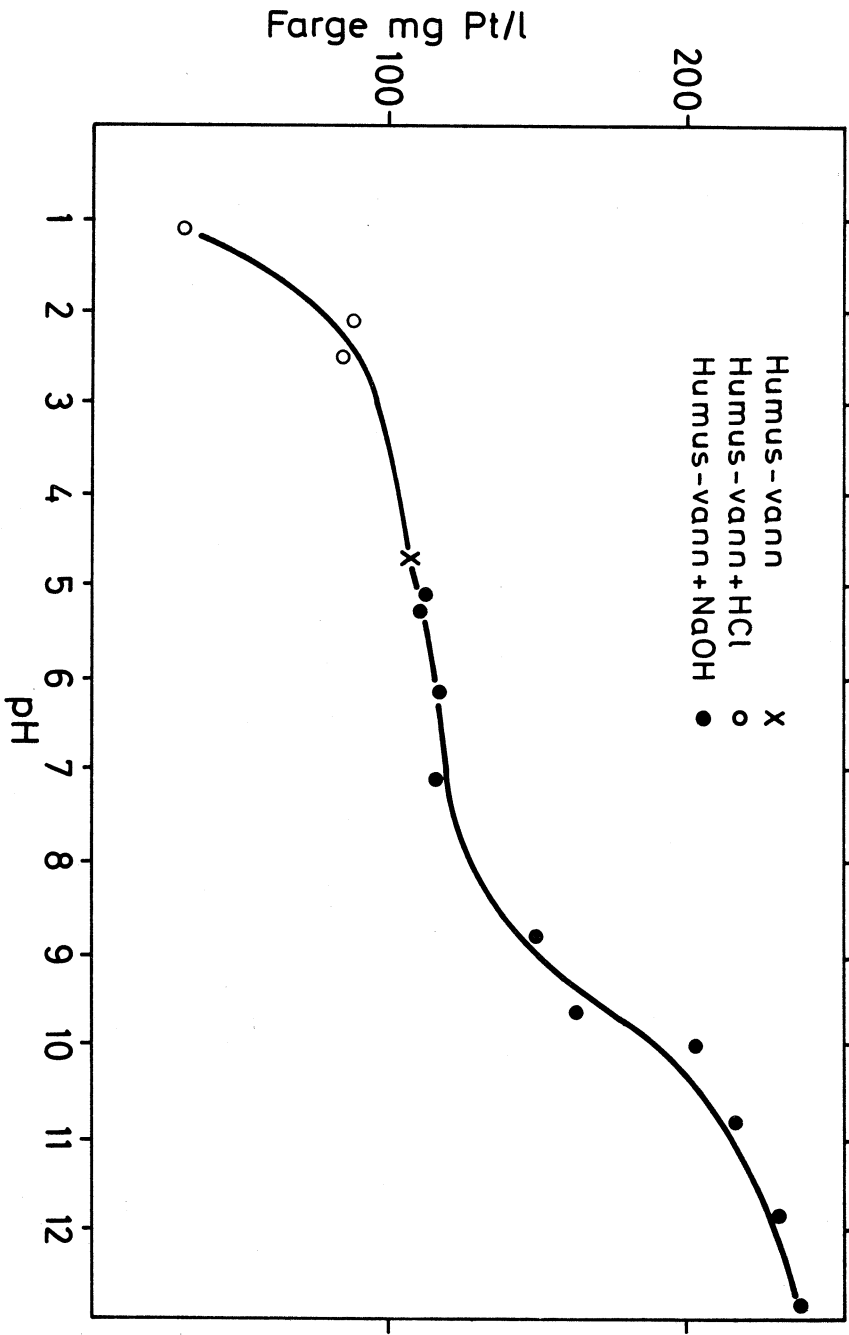
Det er allerede nevnt at humus er karakterisert ved sin *gulbrune farge* og det er først og fremst denne egenskap

som har vært benyttet for kvantifisering av humus i vann, og man måler da adsorpsjonen ved en bølgelengde på 432 nm, men det er viktig å være klar over at humus ikke har noe maksimum ved denne bølgelengden idet adsorpsjonen øker med synkende bølgelengde. Grunnen til at man benytter denne bølgelengden ved måling av humusfarge er at man benytter en platina-kobolt standard som i vandig løsning har en farge som er svært lik humus, og denne standard har et adsorpsjonsmaksimum omkring 430 nm.

Et annet karakteristisk trekk ved humus er at den virker som en *pH-indikator* idet fargen øker med økende pH. Som det framgår av figur 1 er denne sammenhengen ikke linjær. Det skal her forøvrig fremheves at en forandring av pH synes å ha en markert innflytelse på en rekke av humusens egenskaper, som f.eks. molekylstørrelse, ladningsegenskaper og ekstrasjonsegenskaper.

Gulbrunfargen i naturlig vann betegnes ofte *humussyre*, og det er alminnelig å observere forholdsvis lav pH i denne vanntype, særlig i de tilfeller hvor elektrolyttinnholdet er lavt. Eksempelvis kan nevnes at korrelasjonskoeffisienten mellom organisk karbon og pH i vannprøver fra Sagelva i Nord-Trøndelag (til sammen 155 prøvesett) ble funnet å være  $\div 0,62$ ; midlere innhold av organisk karbon og midlere pH var for disse seriers vedkommende henholdsvis 6,8 mg C pr. liter og 6,9, og tangens verdien for regressjonslinjen  $\div 5,4$ .

Forøvrig finner man ved beregning av partisiell korrelasjonskoeffisienter at pH variasjonene i norske humusvann er bestemt også at komponentene kalsium, uorganisk karbon, nitrogen og magnesium.



Figur 1. Fargeøkning med økende pH

Det er på det nåværende tidspunkt ikke mulig å si hvilke organiske syrer som dominerer humus, og sannsynligvis vil dette variere fra lokalitet til lokalitet. Det skal forøvrig nevnes at det er rapportert at asiditeten av humusvann minsker når molekylets størrelse øker.

Den komplekse sammensetning av humus gjør en direkte anvendelse av moderne analyseteknikk, som f.eks. IR, MNR og GC hensiktsløst. For å få et mulig tolkningsutbytte av de resultater som slike metoder gir er det nødvendig først å anvende grovere dialysemetoder, som f.eks. molekylfraksjonering. Gelfiltrering med Sephadex har vært benyttet i den senere tid i utstrakt grad, bl.a. i karakteriseringsøyemed. Og likeledes synes ultramembranfiltrering å være brukbar både som karakteriseringsmetode og som metode for grovfraksjonering. På grunnlag av disse to teknikker synes det klart at den humusen man isolerer fra vann er sammensatt av *makromolekyler* med molekylvekt fra 1 000 til over 200 000. Som nevnt er imidlertid denne molekylstørrelsefordeling i stor grad avhengig av de ytre forhold, som f.eks. pH.

Humus har under normale forhold en netto *negativ overskuddsladning*, dvs. at humus vil bevege seg mot anoden (den positive pol) i et elektrisk spenningsfelt. Dette kan enkelt demonstreres på følgende måte (se figur 2): Man henger et filterpapir over kanten på et kar som er fylt med en elektrolytt (dvs. en væske som er strømlerende). Dette karet holdes fullt til en hver tid og man vil derved få en kontinuerlig væskestrøm nedover papiret. Papirets nedre del er klippet som vist på figuren og under hver spiss er plassert reagensrør som samler opp «dryppet». Forsøket utføres ved at

et konsentrat av humusvann sprøytes kontinuerlig mot papirets øvre del samtidig som det påtrykkes en spenning over papirflaten. Humusstoffene føres nedover på grunn av den vertikale elektrolytt-strøm, men vil på grunn av netto negativ ladning bøyes av mot den positive pol.

Det skal her tilføyes at man også har vist ved forsøk at under bestemte pH-betingelser er en del av humusen i et farget vann elektrisk nøytral (se nedenfor).

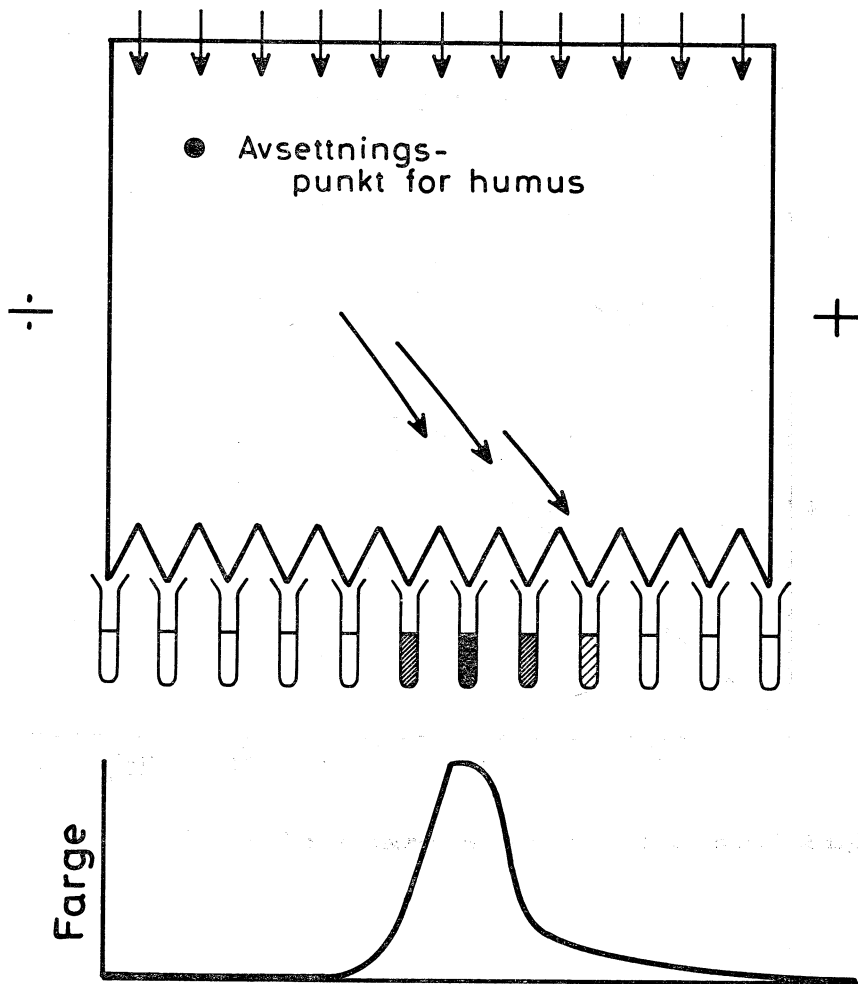
Et annet viktig trekk med humusmolekylet er dets evne til å knytte til seg og skifte ut kationer. Man kan si at humus virker som en *ionebytter*.

Det er blitt observert at ved oppslemming av en myrprøve i natriumkorid løsning vil suspensjonen ha en lavere pH enn ved oppslemming ved destillert vann. Forsøk med utgangspunkt i et konsentrert humusvann ga tilsvarende resultater. Forsøkene ble utført som skissert som på figur 3: Porsjoner av en natriumklorid oppløsning ble tilsatt et humuskonsentrat og pH forandringen målt med en pH elektrode. Resultatene viser en signifikant økning av H<sup>+</sup> konsentrasjonen ved økende natriumklorid. Forsøk med f.eks. kvikksølv og blysalter resulterte i en tilsvarende effekt. Disse forhold er det viktig å være oppmerksom på ved vurdering av forurening av våre vassdrag.

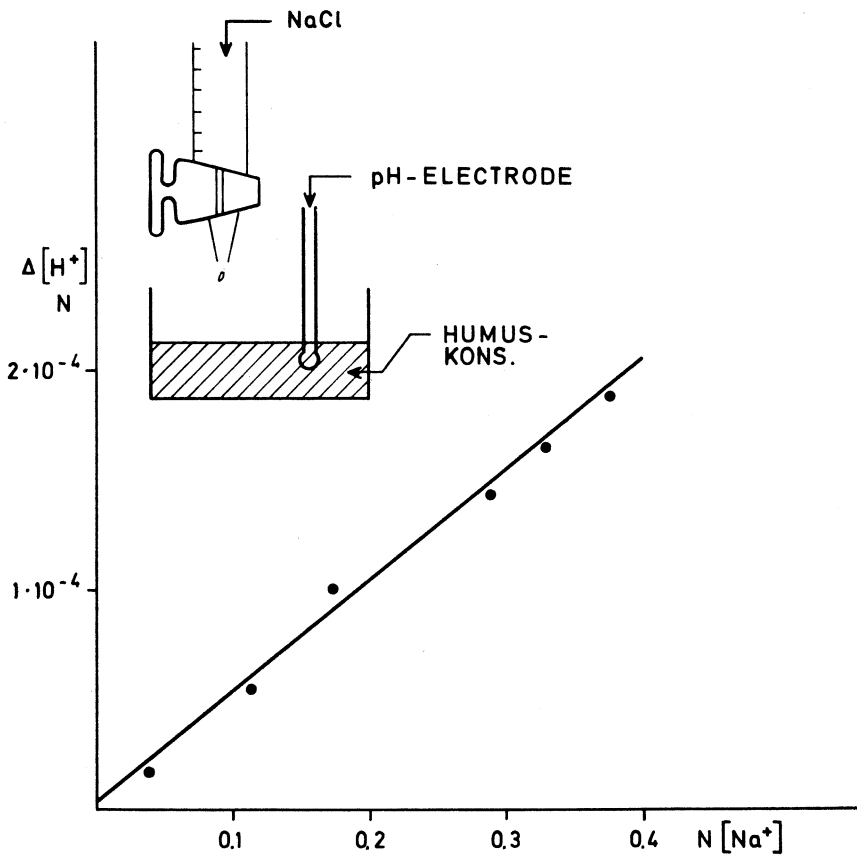
Når man skal vurdere vannkjemiske analyseresultater generelt, særlig når man skal se på ionebalansen eller når man skal vurdere toksitet, er det viktig å vite at humus har en rekke elementer knyttet til seg. På figur 4 er vist hvilken rolle humus kan spille i denne sammenheng. Vi må altså regne med at de aller fleste elementer i større eller mindre grad er assosiert til humusmolekylet.

# PAPIR ELEKTROFORESE

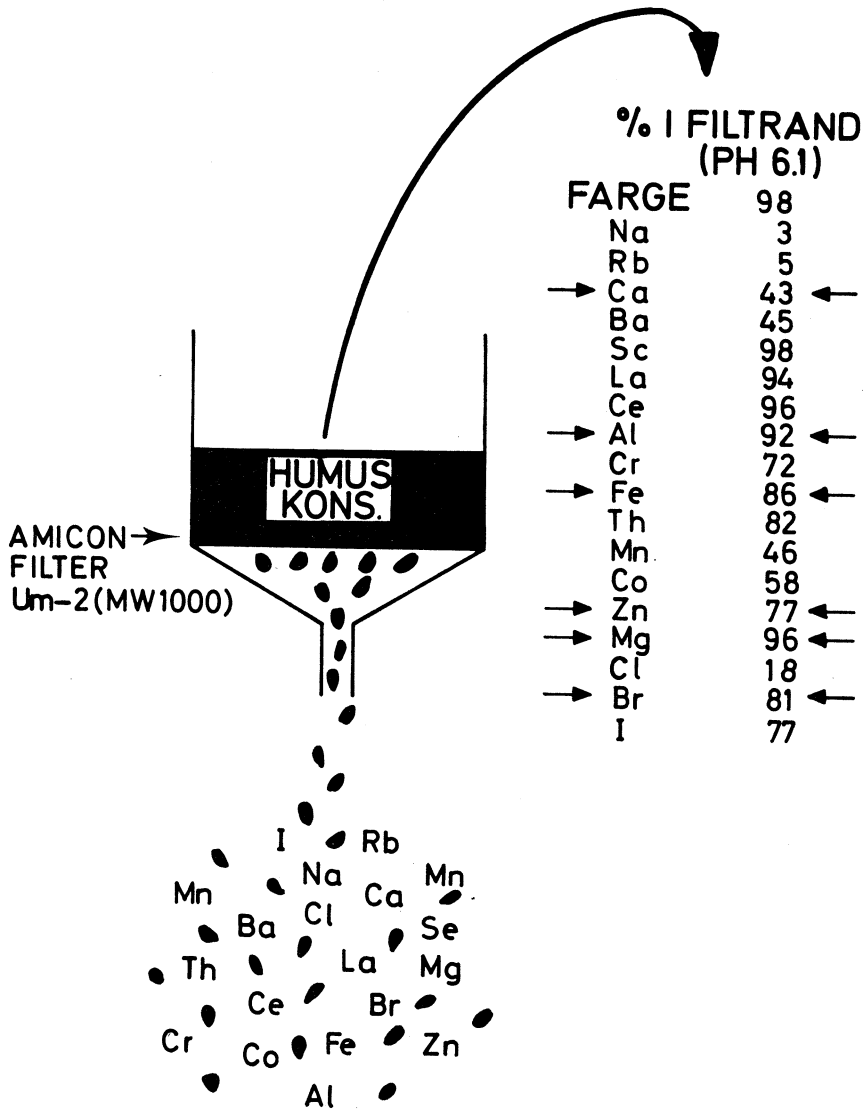
BUFFER : pH 9.2



Figur 2. Fraksjonering av humusvann ved papirelektroforese.



Figur 3. Utbytting av  $H^+$  i et konsentrert humusvann med Na.



Figur 4. Elementer «knyttet» til humus i vann.

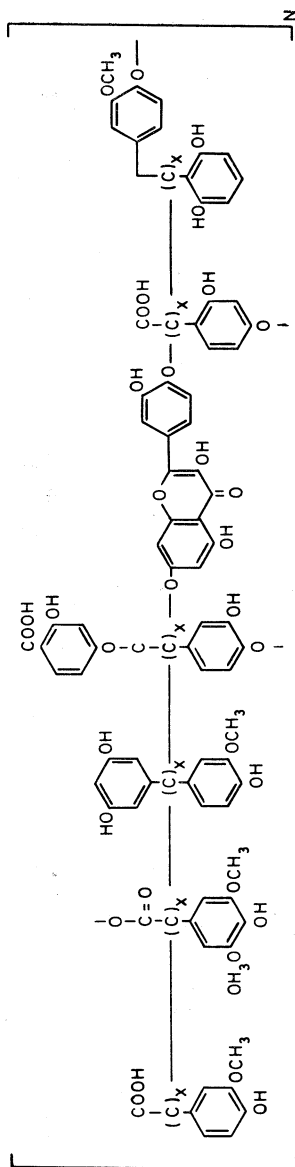
#### 4. Kjemisk sammensetning

Det er på det rene at humus ikke er en entydig organisk forbindelse, og det synes å være lite tenkelig at man innenfor overskuelig framtid vil kunne klarlegge konstitusjonen av denne stoffgruppen. Til tross for internasjonalt engasjement i over 100 år, er det ikke enighet omkring noen bestemt skisse av disse molekylers oppbygning.

Uten å ta stilling til hvilke av de mange forslag til molekyloppbygning som er den beste, er på figur 5 gjengitt et eksempel etter forslag av Christman og Gassemi.

Med utgangspunkt i den antagelse at lignin spiller en vesentlig rolle i humufiseringsprosessen, synes dette i alle fall å være et arbeidsgrunnlag for teoretiske betraktninger. Hvis man nå tenker seg at N vil variere innenfor vide grenser og at grupper knyttet til enheten kan substitueres med forskjellige typer av organiske og uorganiske forbindelser, er det lett å forstå hvilke variasjonsmuligheter som kan eksistere. Det synes derfor viktig å fastslå at entydig sammensetning av humus er lite trolig.

Humus er primært organiske forbindelser og er i første rekke sammensatt av elementene karbon, hydrogen og oksygen. Elementæranalyser av humus ekstrahert fra jord, har vært utført av en rekke forskjellige forskere innen dette felt i årenes løp og det publiseres stadig informasjon om dette. Publiserte data om humusens elementære sammensetning ligger mellom følgende grenser: Karbon 45—60%, hydrogen 3—6% og nitrogen 0,5—5%. Når det gjelder humus i vann så er det vår erfaring at karbon og nitrogeninnholdet er gjennomgående lavere sammenlignet med data som angår hu-



Figur 5. Humusmolekylets enhet etter forslag fra Christman og Gasseni.



humus generelt (som middel henholdsvis 32% og 1,1%), mens derimot hydrogeninnholdet er noe høyere (5,5%).

På grunnlag av det som er skissert ovenfor kan man tenke seg at humus består av en kjerne. Innebygget i denne kjernen kan man tenke seg at en rekke elementer, som f.eks. jern, er forholdsvis fast lagret. Og som vist på figur 6 en overflate med muligheter for «påheng» av et variert utvalg av elementer og stoffgrupper.

### 5. Forandring med ytre påvirkning

Det er lett å forstå at det organiske stoff f.eks. i en myr, og som altså ansees å være dannet i løpet av mange hundre år er en tungt nedbrytbar stoffgruppe. Man må regne med at en rekke faktorer i dette miljø er relativt konstant: Det antas f.eks. at pH, temperatur, mikrobiologisk flora, mineralinnhold, oksygen og tilgangen på lys vil variere relativt lite. Når imidlertid den vannløselige humusfraksjon forlater sitt opprinnelige miljø og kommer ut i en bekk, vil forholdene være vesentlig forandret. Sammensetning av den mikrobiologiske flora vil forandres vesentlig bl.a. på grunn av en øket tilgang på oksygen, lys og mineraler, og den forandring av de fysiske forhold som humus utsettes for i strømmende vann vil rimeligvis kunne forårsake kjemiske forandringer.

Det er relevant i denne sammenheng kort å skissere noen resultater av egne observasjoner: I et vassdrag bestående av fire innsjøer ble det i løpet av en 2 års periode tatt prøver fra innløp og utløp av hver av innsjøene. Resultatene av f.eks. fargemålingene av disse prøvene viste en klar reduksjon nedstrøms både i det strømmende vann og i innsjøene.

På grunnlag av den beregnede oppholdstid i innsjøene og de registrerte fargereduksjoner ble det funnet et «fargedrop» på 4 mg Pt pr. liter pr. måneds lagring. Det skal her tilføyes at resultatene ikke tyder på at innholdet av organisk karbon reduseres i samme grad som fargen.

Årsaken til fargereduksjonen er det viktig å få avklart. Med utgangspunkt i at fargen reduseres i større grad enn innholdet av organisk karbon — med andre ord at en bleking finner sted — blir innflytelsen av UV-lys på humusfargen undersøkt i laboratoriet. Disse forsøk antyder at UV-lys fjerner anslagsvis  $1,3 \times 10^{-3}$  mg Pt og  $1,8 \times 10^{-4}$  mg karbon pr. kalori pr.  $\text{cm}^2$  strålingsflate.

Ved å anvende disse verdier på en av innsjøene i de nevnte vassdrag hvor man altså har et uttrykk for fargereduksjonen pr. tidsenhet og kjenner overflaten og volumet, og dessuten har et estimat av den naturlige UV bestråling, ble det funnet at ca. 20% av den observerte fargereduksjon kan være forårsaket av den globale UV-stråling.

Det må imidlertid også være andre forklaringsvariable enn UV-lys og mineral-sammensetning av et elveleie for den observerte forandring av humusinnholdet i innsjøer og elver. Det er rimelig å anta at aquatiske mikro-organismer spiller en viktig rolle i kombinasjon med de nevnte nevnte fysiske og kjemiske reaksjoner.

Et annet forhold som også skal fremheves i denne sammenheng er at humus ved syretilsetning synes å forandre sine ladningsegenskaper. Ved anvendelse av metoden «Iso-Elektrisk Focusing» synes det klart at ved lav pH (1,2—1,8) er en vesentlig del av humusen elektrisk nøytral.

Med utgangspunkt i dette og den antagelse at den negative ladning som hu-



mus har under naturlige forhold kan det antas at en forsurening generelt kan bidra til en forandring av bindingsforholdene mellom humus og mineralene i jorden.

## 6. Ulemper med humusvann

Som nevnt er det ikke påvist fysiologiske skadevirkninger ved konsumering av humusvann. Grunnen til at denne vanntype er så uønsket som bruksvann er derfor rent estetisk og av praktiske årsaker. Vi har etter hvert vent oss til at det vann vi drikker eller bader i skal være klart, fargeløst, uten lukt og smak. Humusvann tilfredsstiller ikke nødvendigvis noen av disse krav. Dette skal forklares litt nærmere, men først skal denne «mangelliste» suppleres med noen flere punkter: Humusvann virker korrosivt overfor transportsystemene og resulterer i tilslamming av rørledninger, bassenger m.v. Denne vanntype kan også forårsake misfarging, f.eks. av tekstiler, den kan binde til seg toksiske elementer (tungmetaller) og enkelte typer av pestisider som derved lettere blir holdt i «løsning» og som kan akkumuleres i organismen til konsumenten. Dette siste er for vårt lands vedkommende foreløpig i det vesentlige hypotetisk, men det er viktig å være klar over at det kan bli ankepunkt.

Lukt — smak opptrer bare i ekstreme tilfeller. Man kan f.eks. oppleve lukt av dihydrogensulfid — den karakteristiske lukt av råtne egg — fra myrområder. Dette forekommer bare når det ikke er oksygen til stede. I rennende vann hører dette til sjeldenhetene, men i humusrike innsjøer, utvikles ofte et oksygen-svinn i bunnvannmassene, og dette kan gi opphav til «råttent vann».

Humusstoffene i seg selv både smaker og lukter («myrsmak»), men med de konsentrasjoner som vanligvis finnes i denne type bruksvann er det få mennesker som plages av dette. Det skal imidlertid tilføyes at lukt- og smaksulemper kan opptre i de tilfeller hvor vannet tilsettes klor. Som kjent er klor et meget brukt desinfeksjonsmiddel i vannverk, og klorering kan resultere i dannelsen av forbindelser (klorofenoler) som både smaker og lukter i meget små konsentrasjoner. For tiden er man forøvrig svært opptatt av at klorering av humusholdig vann resulterer i dannelsen av klorerte organiske forbindelser, f.eks. kloroform, som er uønsket i drikkevann.

Hovedinnvendingen mot humusvann er foreløpig imidlertid utseende, dvs. farge og eventuelt uklarhet. Det at en væske ikke er klar betyr som regel at det finnes større eller mindre partikler svevende omkring i vannet, man sier at partiklene er i suspensjon. Dette er tilfelle med uklart humusvann. I en vannkilde av noen størrelse vil partikkelinnholdet som regel være minimalt, fordi partikler etter hvert vil falle til bunns, men når et farget humusvann tas ut av sitt naturlige element og tilføres kjemikalier (klor, kalk, ozon) vil eksisterende likevekter kunne forskyves, og resultatet kan bli en utfelling og dannelse av nye partikler. I verste fall kan dette gi seg til kjenne i form av humusslam, eller med andre ord en uakseptabel vannkvalitet.

I enkelte lokaliteter er imidlertid denne vanntype det eneste praktiske alternativ og en er derfor nødt til å gi vannet en behandling for å imøtekomme de estetiske krav.

## 7. Behandlingsmetoder

Her i landet har vi ikke noen faste regler for maksimalfarge av vårt bruksvann. I enkelte lokaliteter er som nevnt de vannkilder som er til disposisjon så humusrike at en eller annen form for rensing er påkrevet.

Det er tre prinsipielt forskjellige rensemetoder i bruk i dag for fjerning av farge. Disse er: filtrering, bleking og koagulering. Valg av rensemetode vil i stor grad avhenge av råvannets sammensetning, dets farge og hvilke krav man stiller til fargen og konsentrasjonen av det organiske stoff i det rensede vann. Økonomien spiller selvsagt også en rolle i vurderingen.

Den billigste og enkleste rensemetode både i anlegg og drift er filtreringsanlegg, men dette er også den metode som har den minste fargefjernende effekt. Filtrering kan foregå ved at vannet blir presset forholdsvis langsomt gjennom et lag av en spesiell type sand.

Effekten av slik behandling er vanligvis liten; man oppnår å fjerne fargede partikler, men når det gjelder den del av fargen som er i løsning, fjernes vanligvis mindre enn 10%.

Blekemetoden går ut på å tilsette et oksydasjonsmiddel. Ozon som er sammensatt av tre atomer ( $O_3$ ), er et vel egnet reagens i denne forbindelse. Denne tilsetning, som vanligvis gjøres etter at eventuelle partikler er fjernet (f.eks. ved mikrosiling), resulterer i en reduksjon av fargen. Forsøk har vist at denne blekeprosess bl.a. består i en «oppsplitting» av molekylene. Man kan si at det foregår en ufullstendig oksydasjon av humusen fordi konsentrasjonsdifferansen av det organiske stoff før og etter ozonering som regel er liten. Med andre ord ozonering

resulterer i en fargereduksjon, men denne behandling gir bare i liten grad en reduksjon av mengden organisk stoff.

Den mest effektive metode for fjerning av humus fra vann er felling eller koagulering som denne metoden også kalles. Det ligger i navnet at prinsippet for denne rensemetode er å bevirke at løseligheten av humusfargen reduseres i den grad at humusen felles ut. Den utfelte humus kan så skilles fra vannfasen ved f.eks. sedimentering og filtrering.

En slik utfelling av humus kan man oppnå ved å tilsette f.eks. aluminiumsulfat. Mekanismen for de prosesser som finner sted er ikke klarlagt, men det antas at humusens elektriske egenskaper er av vesentlig betydning.

Når aluminiumsulfat settes til det aktuelle vann vil det dannes fnokker som av utseende kan sammenliknes med snøfnugg. Hver av disse fnokkene som består av hydratisert aluminiumsulfat, har en stor overflate, og forenklet kan man si at overflaten består av negative og positive ladede flater.

De negativt ladede humusmolekyler vil «hekte» seg på de positive flatene på aluminiumsulfatfnokkene og blir sammen med fnokken fjernet fra vannfasen.

Rensemetoden kalles også fullrensing fordi man i tillegg til humus også fjerner en rekke andre stoffer.

Metoden er meget effektiv, men både anleggs- og driftskostnadene er høye, og dette må derfor også anses å være det mest kostbare alternativ.

## 8. Hvilke nytte og skadevirkninger har humus i vann

Det er vel kjent at jytkje kan ha helbredende og lindrende virkninger på visse typer av reumatisme. Utover dette er

det meg bekjent ikke berettet noe om humus i forhold til menneskets helse. Det synes å være sterkt ønskelig å avklare om humus i drikkevann kan ha langsiktige negative virkninger på mennesket enten direkte eller i kombinasjon med naturfremmende stoffer som antas å knytte seg til humus (f.eks. DDT, PCB og PAH). Dessuten bør effekten av de produkter som dannes ved klorering og osonerer av humusvann ofres en betydelig oppmerksomhet i fremtiden.

Humusens rolle når det gjelder generell vannforurensning har krav på vesentlig større oppmerksomhet. Vi vet f.eks. foreløpig lite om forholdet mellom tungmetaller og humus, og forholdet mellom naturfremmende stoffer som f.eks. pestisider. I tillegg er det av betydning å få kunnskap om humusens rolle som energikilde for aquatiske mikroorganismer.

Hoveddrammen om et slikt problem er humusens rolle som «energielement». Som nevnt er de prosesser som resulterer i dannelsen av humus langsomme. 50 til 250 år er den estimerte tid for den vannløselige humusfraksjon. Dette skulle tyde på at humus er tungt nedbrytbart og relativt lite tilgjengelig for mikroorganismer. Det foreligger imidlertid lite informasjon om disse forhold og en første tilnærming bør være å studere utnyttelsen av ulike fraksjoner av humus som karbonkilde for aktuelle aquatiske organismer.

De rensetekniske metoder man har er fullt tilstrekkelig for å tilfredsstillende dagens kvalitetskrav. Anleggs- og driftskostningene er imidlertid ofte høye, vi bør utnytte den viten vi har om humusens egenskaper til å prøve andre prinsipper.

Den blekende effekt som UV-bestråling har bør kunne utnyttes. Laboratoriefor-

søk tyder på at man kan oppnå fullstendig mineralisering med kombinasjon av UV og «aktivt» oksygen ( $H_2O_2$ ). Dette er til nærmere utprøving ved NIVA.

Humusens amfolyttiske egenskaper bør studeres nærmere med henblikk på vannresning. Ladningsforandringen med pH skulle gi muligheter for anvendelse av et større spektrum av «koakulanter».

I vannverk bør en fjerning av det organiske stoff være utgangspunktet, men man må også ha for øyet muligheten av å gjøre inngrep i selve vannkilden. Eksempelvis kan man tenke seg tilsetning av visse typer av mineraler i tilløpene til vannreservoaret og benytte dette som sedimenteringsbasseng. Elektrolyttisk tilsetning av aluminium for derved samtidig å utnytte humusens negative ladning bør også vurderes i denne sammenheng.

## 9. Sluttbemerkninger

Vi har altså i dag midler til å rense humusvann i tilfredsstillende grad, men til en forholdsvis høy pris.

Det er sannsynlig at kravene til rent vann vil stige i fremtiden, også når det gjelder den naturlige farge. Selv om vi må regne med å bruke en betydelig del av våre faglige ressurser på de problemene som menneskene selv har forårsaket når det gjelder vannforurensning, så kan man ikke neglisjere denne «naturlige forurensning». Et engasjement her er ønskelig dels på grunn av økende krav til kvalitet, og dels på grunn av at vi foreløpig ikke vet hvilke problemer humus skaper i kombinasjon med de sivilisatoriske tilførsler av forurensninger til våre vassdrag.

Kunnskap om et onde er den første forutsetning for å kunne bekjempe det.