

TEMA VATTEN Allt du inte visste

Allt du inte visste om vatten

Vatten är en synnerligen viktig molekyl, bland annat för att våra egna kroppar till övervägande del består av den. Inget liv kan tänkas utan vatten. Professor Kenneth M Persson vid Teknisk vattenresurslära på LTH har mycket mer att berätta om ämnet.

(De kursiverade delarna av texten fick inte plats i papperstidningen.)

Vatten består av grundämnena syre och väte. En syreatom binder två väteatomer och bildar H₂O. Det vatten som finns på jorden bildades när jorden bildades för 4,5 miljarder år sedan.

I vårt solsystem är Jorden unik. Jupiter består huvudsakligen av väte och helium, liksom gasplaneterna Saturnus, Uranus och Neptunus. Jorden, Venus och Mars har större andel tyngre atomer, vilket för Jordens del är tacknämligt, eftersom evolutionen inte skulle ha kunnat ske med bara väte- och heliumatomer som byggstenar. Planeten Jorden skulle kanske kallas Vattnet istället. 71 % av jordytan är täckt av vatten.

En mängd väte reagerade med syre på Jorden och bildade vattenånga. Allt syre förbrukades och överskottet av väte försvann förmodligen från atmosfären till rymden. Jordytan kylde långsamt ned och vid ett tillfälle, när trycket i atmosfären sjönk under 250 bar och temperaturen föll under vattnets kritiska temperatur, 374°C, kunde det börja regna vatten. Den kritiska temperaturen är den temperatur, vid vilket en gas inte kan kondenseras till vätska, oavsett vilket tryck den utsätts för. I atmosfären fanns vid denna tid troligtvis metan, ammoniak, koldioxid, kvävgas och vattenånga.

Regn har fallit i minst 3 miljarder år. Effekterna var dramatiska för jordytan när väl regnet började falla och vattnets kretslopp tog sin början. Atmosfären kunde tvättas ren varje gång regn föll. Stoft, partiklar, vattenlösliga gaser som ammoniak och koldioxid och energi flyttades från atmosfären till jordytan. På jordytan bildades vattenpölar som löste ut vattenlösliga salter från jordlager och berggrund till vatten. Pölar bräddade över och bildade rännilar med vatten som letade sig nedåt över marken mot de lägsta punkterna. På vägen fram smekte vattnet marken och började omforma den, släta ut den, fåra upp den, flytta den. Områden som var svalare kunde få tillfört värme med vattnet. Områden som var varma kunde lämna ifrån sig energi till vattnet. Vattnet förångades till atmosfären igen förmodligen mycket snabbt, men kunde åter bilda regn och fortsätta sin bearbetning av markytan, en process som ännu inte tagit slut. Genom att atmosfären tvättades ren, kunde värmestrålning från den heta Jorden lättare spridas ut i rymden och temperaturen i atmosfären långsamt börja sjunka.

I djupet av marken på Jorden fanns öppna sprickor och hålrum. När det började regna förändrades detta. Genom gravitationen rann vatten ned i alla skrymslen och hål och vattenfylldes det inre av marken. Grundvatten uppstod. Grundvatten kan reagera med jordlager och berggrund och lösa ut respektive fälla ut salter, beroende på temperatur, tryck och salthalter. Dessa mekanismer medförde också att gaser från luften kunde reagera med mineral i jordlagren genom att ämnena fanns i samma fas, i vattenlösning. En otrolig mängd salt började också flyttas av vatten från mark till de djupaste pölar, de som blev hav. I haven finns 5 x 10¹⁷ ton salt. Om saltet skulle bredas ut jämnt på jordytan, skulle det bli ett saltlager på drygt 90 meter.



Havet täcker mer än två tredjedelar av jordens yta, ändå är vatten ganska sällsynt!



Jordens skorpa är cirka 35 km mäktig under landkontinenterna men bara 10 km under haven. Havens medeldjup är 2.900 m (2,9 km). Avståndet från jordytan till planetens centrum varierar en aning och är 6.357 km vid polerna och 6.378 km vid ekvatorn. Polerna är litet tillplattade jämfört med ekvatorn. Jordens vikt beräknas till $5,9 \times 10^{21}$ ton, vilket medför att vattnets andel av jordens totalvikt endast är cirka 0,2 ‰. Detta är vid förstone förvånande men beror på att allt vatten finns i eller på jordskorpan och saknas i manteln och jordkärnan.

Vattnet befinner sig i ett ständigt kretslopp eftersom solen gör atmosfären törstig. Från alla fria vattenytor samt från all fuktig mark avdunstar vatten till atmosfären. All mark är mer eller mindre fuktig så till och med från skenbart torra områden som Sahara kan betydande vattenmängder avdunsta dagtid. En typisk vattenhalt i ökensand är 10–15 %. Även växter, djur och människor tillför atmosfären vatten, via olika biologiska processer. Bara fotosyntesen förbrukar 100.000 miljoner ton vatten varje år.

Vattenångan i atmosfären kondenserar och faller ned som dagg, regn, hagel och snö. Väl nere på marken återförs omkring 70 % av vattnet tillbaka till atmosfären igen, dels från avdunstning, dels via växternas vattentransport i blad och stjälkar, den så kallade transpirationen. Detta kretslopp är gigantiskt. På ett år regnar det 110.000 km^3 ($1 \text{ km}^3 = 1.000.000.000 \text{ m}^3$) över land, motsvarande en årsnederbörd på i medeltal c:a 740 mm. Till havs regnar det än mer, drygt 1.000 mm/år, men denna nederbörd flyttar bara energi, inte materia. Nederbörd på land flyttar både energi och materia. Den sammanlagda vattenvolymen i och på jordskorpan uppskattas till knappt 1.500 miljoner km^3 , varav det allra mesta är salt.

Liv uppstod på Jorden efter att den hydrologiska cykeln tog fart. Utan vatten blir det inget liv. Astronomer söker därför efter vatten på andra planeter och har hittat vattenånga på Mars och på Jordens måne samt några av Jupiters och Saturnus månar. Vattenånga kan förekomma också i mycket låga temperaturer eftersom is sublimerar till vattenånga. Meteoriter och kometer består som regel delvis av is och Jorden tillförs några gram nytt vatten varje år när meteoriter slår ned eller när kometsvansar råkar komma för nära jordatmosfären och fångas in av gravitationen. Men vatten i vätskeform har bara hittats på Jorden. Här har vattnet en unik ställning, genom att det förekommer samtidigt i fastfas, vätskefas och som gas.

Mikroorganismerna började kolonisera alla ytor på Jorden. Landlevande mikroorganismerna måste tåla en kemiskt reaktiv sträng atmosfär med surt regn mättat på svavelväte, vid pH 1. Dessa mikroorganismer lever på oxidativa reaktioner och förbrukar syrgas. De är aeroba (använder syre).

Nästa steg i utvecklingen kom med enkla encelliga alger som kunde binda energi från solljus i fotosyntesreaktioner. Dessa alger tål temperaturer upp till 70°C , vilket tyder på att Jordens yttemperatur hade sjunkit med 30 grader från det att de första organismerna började växa. Algerna lever i vatten och förbrukar vatten och koldioxid i fotosyntesreaktionen. De bildar organiska föreningar genom fotosyntesen, men också syrgas, vilket mättar omgivande vatten och avgår till atmosfären. Syrehalten i Jordens atmosfär började stiga. I atmosfären fanns rikligt med metan och ammoniak. Dessa gaser är inte stabila i närvaro av syre, utan oxideras till koldioxid, kvävgas och vatten.

Den måttligt stigande syrehalten ledde fram till en dramatisk förändring av atmosfärens sammansättning på Jorden. Syrehalten ökade från knappt mätbar för 1,5 miljarder år sedan till över 10 volymsprocent för 550 miljoner år sedan och drygt 20 volymsprocent i dag. Den ökande halten koldioxid gynnade fotosyntetiserande alger, som i sin tur skyndade på att bilda mer syrgas.

Den renare, med mänskliga lungor friskare, luften underlättade fortsatt avkylning av jordytan. En svalare livsmiljö stimulerar utvecklingen av nya organismer. Mikrosvampar och de allra äldsta eukaryota cellerna kan leva i temperaturer upp till 60°C , medan växter och djur tål upp till cirka 40°C . Successivt allt komplexare organismer formades av evolutionens drivkrafter, men alla fordrade tillgång till vatten för sin existens.

När flercelliga organismer började kolonisera land för cirka 600 miljoner år sedan, lämnade de den trygga vattenmiljön där vatten alltid funnits att tillgå, till ett liv utan garanterad vattenförsörjning. Därför är det ingen tillfällighet att de första landlevande djuren huvudsakligen var amfibier, som kunde ta sig till vatten dagligen om det behövdes. De första landlevande växterna växte i sumpmarker och deltan av samma skäl. Fortfarande är alla organismer helt vattenberoende. En normal kvinna dricker sin kroppsvikt 9 gånger per år, en normal man ungefär 8 gånger per år. Varje djur börjar sitt liv i vatten. Livmodern vattenfylls i däggjuret för att ge fostret en mild och säker första tillvaro före födseln, som ju föregås av att vattnet går.

Vatten som konsistensgivare

och tryckgivare i cellen är lika viktigt för alla organismer, men syns tydligast i växter, där vatten i stjälk och stam stabiliserar och lyfter växten. Strandnära vattenväxter som utsätts för tidvatten har anpassats till växlande vattennivåer och lyfts av vatten under flod men ligger ned på stranden vid ebb. Landväxande växter upprätta och begränsas i växthöjd av hur styva stjälkarna eller stammarna är. Vattenflödet genom växter är enormt. Av all nederbörd som faller på marken använder växterna mer än hälften för transport av näringsämnen och för att upprätthålla spänsten i stjälkar och stammar; det innebär att ett genomsnittligt träd transpirerar omkring 190 liter vatten per dygn. Människan behöver 1–2 l vätska per dygn om hon inte vistas i väldigt torr och varm miljö så hon svettas ymnigt. Sådana ställen, till exempel på ökenpromenad, vid brandsläckning eller i pannrummet på atlantångare kan öka människans vattenbehov kraftigt, upp mot 10 l/dygn. Också saltbehovet ökar vid kraftig svettning, vilket måste kompenseras med saltabletter.

Vatten är involverat alla biokemiska reaktioner. De fyra viktigaste grupperna är oxidation, reduktion, kondensation och hydrolys. Oxidation definieras som att antalet elektroner minskar i föreningen. Vatten oxideras till syrgas i en mängd reaktioner, där fotosyntesen kanske är den mest bekanta.

Fotosyntesen är en kraftfull fabrik. Jordens växter binder ungefär 5×10^{10} ton kol i kolhydrater årligen. Härför behövs $8,5 \times 10^{10}$ ton vatten och 4×10^{15} kJ solenergi. Betydligt mycket mer solljus absorberas, men växterna kan unna sig att slösa på solljuset eftersom det finns så mycket. Inflödet av solljus till Jorden är en miljon gånger mer än vad växterna binder kemiskt i fotosyntesen. Verkningsgraden är alltså måttlig, men det räcker.

Färskvatten är helt förnyelsebart men förorenas av dåligt renat avlopp. Med strikt hydrosolidaritet måste alla icke biologiskt nedbrytbara organiska ämnen på sikt fasas ut. Detta arbete har påbörjats genom REACH-arbetet och Kemikalieinspektionens arbete men behöver intensifierats för att trygga livsmedelsförsörjningen, den biologiska mångfalden, samhällets uthållighet. Vattnet står i centrum.

KENNETH M PERSSON

Artikelförfattaren

Kenneth M Persson, professor i teknisk vattenresurslära, får 2013 års kemiteknikpris av Svenska Kemiingenjörers Riksförening (SKR). Hans senaste idé är ett företag som ska realisera innovationer inom vattenområdet så fort som möjligt. Varje år delar Sveriges Kemiingenjörer ut ett pris i form av en silvertacka till en framstående kemiingenjör. Kenneth är på halvtid professor i teknisk vattenresurslära vid Lunds tekniska högskola och på halvtid forskningschef vid Sydsvatten AB.

