

POSTANAK HIDROSFERE

Mala je vjerojatnost da se je ukupna količina vode na Zemlji značajno mijenjala tijekom geološkog vremena. Podsjetimo se da se, na temelju starosti meteorita, smatra da je Zemlja stara 4,6 milijardi godina. Nažalost, najstarije poznate metamorfne stijene (metamorfni gnajsevi) stari su svega 4 milijarde godina, dok su najstarije poznate sedimentne stijene stare oko 3,8 milijarde godina. Unatoč promjenama zbog posttaložnih procesa, ove stijene pokazuju znakove da su bile istaložene u okolišu koji je sadržavao vodu, i time svjedoče o postojanju vode na Zemlji u to vrijeme. Međutim ne postoji izravan dokaz vode za period od oko 800 milijuna godina, između 4,6 i 3,9 milijarde godina prije našeg vremena.

Teorije o nastanku i pojavi vode na Zemlji i evoluciji razvoja hidrosfere mogu se općenito podijeliti u dvije suprotstavljene grupe:

- 1) Starije teorije nastanka vode odplinjavanjem iz zemljine unutrašnjosti, i**
- 2) Moderne teorije izvanzemaljskog podrijetla vode - teorija meteoritskih i kometskih srazeva ("teorija impakta").**

Dakle, za obje teorije, Zemlja u ranom stadiju nije imala tekuću vodu na svojoj površini.

Prema starijim teorijama, jednom kad se Zemljina površina dovoljno ohladila, voda sadržana u novonastalim materijalima i ona oslobođena i odbjegli iz dubina prema Zemljinoj površini, umjesto da se izgubi u prostoru, mogla se je ohladiti i kondenzirati stvarajući početnu hidrosferu. Velika, hladna Zemlja služi kao bolja zamka za vodu negoli malo, vruće tijelo, budući je pri nižoj temperaturi manja vjerojatnost za bijeg vodene pare, a veća Zemlja gravitacijski jače privlači vodenu paru. Je li se većina odplinjavanja zbivala za vrijeme stvaranja jezgre ili kratko nakon toga, ili se značajno odplinjavanje iz smjera Zemljine unutrašnjosti odvijalo kroz geološko vrijeme te teorije nisu jednoznačno utvrdile. Međutim, slažu se da je hidrosfera, najvjerojatnije, zadobila svoj sadašnji volumen u ranoj Zemljinoj prošlosti, i otada su bili mali dobitci i gubitci. Dobitci bi bili od kontinuiranog otplinjavanja iz Zemlje i možda prirastom nezemaljskih čestica koje sadrže vodu. Sadašnja otplinjavanja i uvenila vode iznosi samo 0,3

Međutim, činjenica da stijene Zemljine površine (vanjski slojevi) ne sadrže značajnije količine vode čime se, osobito u domeni proračuna, otvaraju problemi vezani za mogućnost da voda dolazi (samo) procesom otplinjavanja, natjerali su znanstvenike da potraže nove izvore vode na Zemlji. A pomogli su i nalazi da neki ugljevit hondriti sadrže i do 20% vode (vidi odjeljak 5-4). Ti meteoriti sadrže vodu duboko u strukturi minerala, poglavito u mineralima glina u obliku (OH⁻) iona. Kako su ugljevit hondriti fragmenti zaostali iz najranije faze stvaranja Sunčeva sustava, nameće se i mogućnost rješenja problema nastanka vode na Zemlji *in situ* ili, primjerenije rečeno, *kako je voda dodana Zemlji*.

To su elementi moderne teorije nastanka hidrosfere koja kaže: Neki od tih tijela koja su udarala u Zemlju (najvjerojatnije u doba tzv. *ranog bombardiranja Zemlje*) imala su sastav ugljevitih hondritskih meteorita koji sadrže vodu. Kao rezultat sraza (impakta) i internog oslobađanja topline kao posljedice raspadanja radioaktivnih elemenata unutar Zemlje, akumulirani hondritski materijal mogao se je zagrijati do točke na kojoj se oslobađa vodena para iz minerala glina i drugih silikata koji sadrže vodu, praćena i drugim volatilima kao što su to ugljikov dioksid, dušik, amonijak i metan. Početno su vodena para i volatili mogli stvoriti prelaznu parovitu atmosferu, i to za vrijeme općeg očvršćavanja. Jednom kada je završio glavni period očvršćavanja, prije oko 4,5 milijardi godina, Zemljina se je površina počela hladiti i vodena se je para u parovitoj atmosferi mogla ohladiti i kondenzirati, tvoreći tekuću vodu koja je mogla akumulirati na Zemljinoj površini. Preostala atmosfera sastavljena je uglavnom od CO₂, CO, i N₂.

I nakon završetka glavne faze očvršćavanja, značajna količina meteorita i dalje se je kontinuirano sudarala se sa Zemljom, u periodu tzv. **teškog bombardiranja Zemlje**, prije 4,5 - 3,8 milijardi godina. Ako su neki od tih meteorita bili ugljevitni hondriti značajne su količine vode mogle biti dovedene na Zemlju. Alternativno, neke teorije prapodrijetlo vode nalazi i na kometima i njihovom srazu sa Zemljom (a i Mjesecom o čijoj snazi i veličini svjedoče brojni krateri). Imajući u vidu veličine kometa (a i moguće postojanje vode na njima) te teorije nemaju problema s objašnjenjem količina vode danas prisutne na Zemlji, a na čemu su zakazale sve starije teorije. Život na Zemlji pojavljuje se prije oko 3,5 milijardi godina.

I moderne teorije dopuštaju da je dio (juvenilne) vode mogao biti dodan Zemljinoj površini kontinuiranim otplinjavanjem iz dubine Zemlje. Međutim, te količine općenito ne mogu biti velike, i kao što je spomenuto, maksimalno otplinjavanje je $0,3 \text{ km}^3/\text{god.}$, što je zanemarivo prema drugim tokovima u hidrološkom ciklusu. U najboljem slučaju proces odplinjavanja može pridonijeti svega 0,001 % vode transportirane svake godine od kopna prema oceanu i natrag prema kontinentu.

Relativna stalnost količine vode na površini Zemlje tijekom geološkog vremena ne znači i stalnost vode u svakom pojedinom rezervoaru. Raspodjela vode između kopna i mora sigurno je varirala tijekom Zemljine evolucije. Za vrijeme perioda glacijacije najveći dio vode nalazio se je na kontinentu, u obliku ledene kape, dok danas, u toplije vrijeme, praktički najveći dio kontinenta je bez leda. Primjerice, od vremena zadnjeg pleistocenskog maksimuma glacijala, prije oko 18.000 godina, morska je razina smanjena za oko 130 metara, što je ekvivalentno transferu od oko $47 \times 10^6 \text{ km}^3$ vode (odnosno oko 3,5% volumena oceana) iz oceana prema kopnu. To je vrlo velika količina vode i predstavlja dvostruku količinu vode u kopnenim rezervoarima.

Kemija današnje morske vode egzistira kao takva već 600

[Company Name]

Certificate of Excellence

is hereby granted to:

[name here]

for outstanding performance and lasting contribution on

[Project Name]

Granted: June 18, 2007



{name, title}

[Company Name] Certificate of Completion

is hereby granted to:

[name here]

to certify that they have completed to satisfaction

[Course Name]

Granted: June 18, 2007



{name, title}