

Spremenjenost biosfere prispeva k spremembam ozračja in podnebja

Alenka Gaberščik

Človeštvo večino svoje zgodovine pojmuje živi svet (biosfero) našega planeta na primitiven, potrošniški način, kot vir hrane in drugih dobrin. To pojmovanje je pripeljalo do čezmernega izkoriščanja in spreminjanja narave. Izsekali smo že 70 odstotkov gozdov in izsušili obsežne površine močvirij. Danes, ko se okolje globalno spreminja, raziskave znova potrjujejo, da predstavlja biosfera edinstven in celovit sistem, ki pomembno vpliva na uravnavanje ugodnih bivalnih razmer. Današnje ozračje, podnebje in tla so v veliki meri posledica dolgotrajnega delovanja organizmov.

Ozračje nekoč in danes

Ozračje je najboljčutljivejši del našega planeta. Za ohranjanje življenja je najpomembnejša troposfera, najgostejša notranja plast, ki vsebuje 75 odstotkov celotne mase ozračja in 99 odstotkov vodne pare. Ta plast je v primerjavi z velikostjo našega planeta (srednji polmer Zemlje je 6.371 kilometrov) zelo tanka, saj se širi le od 10 do 18 kilometrov od Zemljine površine. V tej plasti se kopičijo različne snovi, ki nastajajo zaradi človekovega delovanja, v njej pa nastaja tudi vreme. Zato ni čudno, da so spremembe v zgradbi troposfere in v podnebnih vzorcih razmeroma hitre.

Razvoj našega planeta je potekal milijarde let. Postopnost procesov je omogočala, da se je med organizmi in okoljem nenehno vzpostavljalo ravnovesje. V praozračju so prevladovali vulkanski plini. Kisika v prosti obliki ni bilo. S pojavom primarnih proizvajalcev, pred 3.800 milijoni let, so se razmere začele spreminjati. Ogljikov dioksid se je v procesu fotosinteze vezal v organsko snov,

kot stranski produkt pa je nastajal kisik, ki je omogočil oksidativne procese in nastanek ozonske plasti v stratosferi. V davniini je primarna proizvodnja fotoavtotrofov potekala v vodi. V fanerozoiku (začetek pred 545 milijoni let) s postopnim naseljevanjem kopnega se je primarna proizvodnja začela povečevati in danes je obseg kopenske proizvodnje enak ali celo nekoliko višji od tistega v oceanih. Kopenske rastline so na razmere na Zemlji vplivale tudi z vplivom na preperevanje kamnin in sproščanje hranil. Zaradi povečanega preperevanja s fosforjem bogatih kamnin je prišlo do sproščanja fosforja, kar je povečalo tako kopensko kot tudi oceansko primarno proizvodnjo. Razpadanje silikatnih kamnin je vplivalo na koncentracije ogljikovega dioksida (reakcija $\text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2$).

Koncentracija ogljikovega dioksida v ozračju se je postopno nižala, občasno pa je prišlo do razmeroma hitrega povečanja. Predvidevajo, da so bila ta hitra povečanja koncentracij ogljikovega dioksida v fanerozoiku povezana z velikimi naravnimi katastrofami, ki so povzročile uničenje naravnih sistemov in posledično povečano porabo kisika in sproščanje ogljikovega dioksida. Spremembe koncentracij ogljikovega dioksida so vplivale tudi na temperaturo ($\Delta T = 4 \ln(\text{RCO}_2)$). V zgodnjem eocenu (eocen: od 56 do 34 milijonov let) so se v procesu nastajanja glavnih svetovnih gorovij iz ozračja vezale velike količine ogljikovega dioksida, kar je vodilo v ohlajanje ozračja. Do največjih ohladitev je prišlo v pleistocenu (začetek pred 2 milijonoma let). Pred 850.000 leti so se začela obdobja ledenih in medledenih dob, ki jih je povzročila sprememba nagiba Zemljine osi glede na Sonce. Otoplitve in ohladitve

DELOVANJE	PROCESI PRI RASTLINAH	POVZROČENE SPREMEMBE
Neposredno	Fotosinteza: privzem ogljikovega dioksida, sproščanje kisika	Sestava ozračja
	Respiracija: privzem kisika, sproščanje ogljikovega dioksida	
	Fotorespiracija: poraba kisika, sproščanje ogljikovega dioksida	
	Transpiracija: oddajanje vode - pretvorba toplote v latentno toploto	Energijska bilanca krajine
	Absorpcija in odboj svetlobe (albedo)	Energijska bilanca krajine
	Oddajanje različnih hlapnih snovi (terpeni, metil halogenidi ...)	Kondenzacijska jedra
Posredno	Vpliv koreninskega sistema na tla in preperevanje kamnin, nastajanje tal	Povečana primarna proizvodnja, kopičenje ogljika, razpad silicijevih kamnin
	Kalcifikacija	Obarjanje ogljika
	Usedanje v sedimentih	Kopičenje ogljika

Posredni in neposredni učinki rastlin na ozračje in podnebje.

Rastline vplivajo na podnebje na več načinov. Neposredno vplivajo z vključenostjo v kroženje vode, z absorpcijo oziroma odbojem Sončevega sevanja ter z oddajanjem različnih snovi, ki lahko služijo kot kondenzacijska jedra. Posredno pa vplivajo z življenjskimi procesi (fotosinteza, dihanje in fotorespiracija), pri katerih se sproščata ali porabljata ogljikov dioksid in kisik, z učinki na preperevanje kamnin (na kopnini) ter na obarjanje karbonata (v vodi) in kopičenje ogljika v usedlinah. Nekateri učinki so hitri, drugi pa delujejo v obdobju milijonov let. Prispevek rastlinske odeje k oblikovanju podnebja je odvisen od obsega in celovitosti ekosistemov. Med najvplivnejšimi kopenskimi ekosistemi so mokrišča in gozdovi. V

ekosistemih neprestano nastajata biomasa in tla, v katerih je shranjeno ogromno ogljika. Veliko ogljika se kopiči v deblih dreves, ki imajo dolgo življenjsko dobo. Ključen vpliv na podnebje ima tudi sodelovanje rastlin pri kroženju vode. Kroženje vode skupaj s Sončevim sevanjem na Zemlji zagotavlja razmere, ugodne za življenje. Vodna para je tudi glavni toplogredni plin. Količina vodne pare v ozračju je v ravnovesju s tekočo vodo na Zemlji. To ravnovesje je odvisno od temperature. Glede na Claius-Claypertonovo enačbo se količina vodne pare v ozračju podvoji, če se temperatura poveča za 10 stopinj Celzija. To spet poveča učinek tople grede, ogrevanje Zemlje ter izhlapevanje. V rastlinah je shranjen neznaten delež svetov-



Gozdovi imajo pomembno vlogo pri kroženju vode. Zdravi, razvijajoči se gozdovi so pomemben ponor ogljika, v zrelih gozdovih je ogljikova bilanca 0, medtem ko so propadajoči gozdovi vir ogljika. S trajnostnim gospodarjenjem z gozdovi si lahko zagotovimo dolgoročno dostopnost virov in ugodno ogljikovo bilanco. Foto: Alenka Gaberšček.

Tudi mokrišča ugodno vplivajo na podnebje, hkrati pa predstavljajo skladišča ogljika. Zaradi posegov in globalnih sprememb okolja lahko mokrišča postanejo vir toplogrednih plinov, tako ogljikovega dioksida kot tudi metana (CH_4) in didušikovega oksida (N_2O). Težnje povečanega sproščanja so na nekaterih območjih že zaznavne. Metan in didušikov oksid se sicer pojavljata v nižjih koncentracijah, vendar imata precej večjo zmožnost zadrževanja toplote kot ogljikov dioksid. Foto: Alenka Gaberšček.



nih zalog vode, pomembno pa je njeno potovanje skozi rastline. Rastline vodo sprejemajo skozi korenine in jo v procesu transpiracije sproščajo skozi listne reže. Oddajanje vode dejavno nadzorujejo. Če je vode dovolj, so razsipne in prehajanje vode skozi rastlino je neprekinjeno, ob pomanjkanju vode pa listne reže delno ali popolnoma zaprejo in tako zmanjšajo izgube vode. Transpiracija ima hladilni učinek, saj je za izhlapevanje vode potrebna energija (2,44 MJ/kg). Najbolj opazni učinki rastlin na kroženje vode so na območju tropskih gozdov, ki sodijo med najbolj celovite in zapletene ekosisteme na Zemljini obli, saj so razmeroma stari. Raziskave peloda v usedlinah ustja Amazonke so pokazale, da je zadnjih 50.000 let na območju prevladoval gozd. Prisotnost gozda vpliva tudi na količino sevanja, ki doseže biosfero. Čeprav bi na območju ekvatorja pričakovali največje sevanje, temu ni tako. Letne vrednosti so precej manjše (5-6 GJ/m²) kot na obeh povratnikih, kjer je rastlinstvo revnejše in letno lahko izmerimo tudi več kot 8 GJ/m². Tropski gozdovi so pravi generator oblakov, saj se približno polovica padavin takoj vrača v ozračje. Oblaki prestrezajo in odbijajo Sončevo sevanje in na ta način zmanjšujejo ogrevanje območja. Ravno nasproten pa je izkoristek sevanja: delež, ki ga na območju ekvatorja izkoristijo gozdovi, je celo več kot 1,6 odstotka celotnega sevanja, medtem ko je izkoristek na povratnikih do 0,04 odstotka. V tropih je zato tudi največja letna neto primarna proizvodnja. Izhlapevanje vode iz gozdov omogoča lokalno kroženje vode in pomembno prispeva h kroženju vode na kopnini. Padavine v Kaliforniji na primer so v glavnem odvisne od vode, ki izhlapi iz Tihega oceana, medtem ko je četrtnina do polovica padavin v Amazoniji posledica dejavnosti območne vegetacije. Raziskave so pokazale, da ima odstranjevanje rastlin za posledico zmanjšanje količine padavin, spremembo odbojnosti sevanja na območju in pregrevanje tal, kar lahko povzroči celo širjenje puščav.

Na podnebje pa vplivajo tudi organizmi v oceanih, predvsem rastlinski plankton, ki prestreza svetlobo. Kjer je planktona malo, svetloba prodira globlje in vrhne plasti ostajajo hladnejše. Ohlajanje pa pomeni tudi manj izhlapevanja, kar niža toplogredni učinek. Fitoplanktona je več v večjih zemljepisnih širinah in manj na ekvatorju, kar ublaži temperaturne učinke zaradi neposrednega Sončevega sevanja.

Spreminjanje ekosistemov vpliva na ozračje in podnebje

Poseganje v naravne sisteme, uničevanje rastlinske odeje in urbanizacija vplivajo na preperevanje kamnin in sproščanje fosforja, počasnejše nastajanje tal (ki so zaloga ogljika), nižje kopičenje biomase, spremembe odbojnosti svetlobe ter vodnega režima v krajini. Zato nastajajo motnje v kroženju ogljika in vode, kar vpliva neposredno na energijsko izmenjavo na površini planeta. To pa pomeni tudi spremenjene razmere za rastline in druge organizme. Uspešne vrste lahko postanejo manj uspešne in izginejo ali spremenijo območje svoje razširjenosti. Končni učinek je siromašenje združb in zmanjševanje njihovega ekološkega potenciala. Na izpraznjenih mestih se nemalokrat naselijo invazivne vrste. Oslabljene združbe so ranljivejše za stres, zato se lahko pojavijo škodljivci in različne bolezni. Končni rezultat je zmanjšanje jakosti anabolnih procesov (vezave ogljikovega dioksida) in povečevanje jakosti razgradnih procesov (sproščanja ogljikovega dioksida). Znanstveniki ocenjujejo, da izsekavanje gozdov v današnjem času prispeva približno tretjino vseh izpustov ogljikovega dioksida, ki nastajajo zaradi človekovega delovanja, ali od 6 do 17 odstotkov vsega sproščenega ogljikovega dioksida. Po drugi strani pa so gozdovi, s katerimi trajnostno gospodarimo, ponor ogljika, ohranjajo ugodno podnebje ter so pomemben vir surovin (goriva, hrane in različnih učinkovin).

Za konec

Ugodno življenjsko okolje, vključno s stabilnim podnebjem, ni samoumevno, ampak je odvisno od nemotenosti procesov v ekosistemih. Spremembe in uničenje ekosistemov, skupaj z drugimi človekovimi vplivi na ozračje, tla in vode, vodijo v hitre spremembe okoljskih razmer, ki jih le s tehnološkimi pristopi ne moremo izboljšati. Vse pogostejše smo priča nepredvidenim skrajnim vremenskim dogodkom. Spreminjajo se temperature in količina ter razporeditev padavin. To vpliva na količino vodne pare v ozračju in povzroča spremembo količine vode v ledenih in snežnih zalogah. Čeprav je kratkoročne težnje sprememb težko predvideti, fizikalne zakonitosti in pogled v Zemljino zgodovino nakazujejo, da dolgoročno povišane koncentracije ogljikovega dioksida povzročajo višanje temperature. Ne glede na

to, kakšne bodo spremembe podnebja v naši bližnji prihodnosti, so raziskave pokazale, da je ohranjanje čim večje površine ohranjenih naravnih sistemov ključno za blaženje negativnih učinkov teh sprememb.

Literatura:

- Gorshkov, V. G., Makarieva, A. M., Gorshkov, V. V., 2004: *Revising the fundamentals of ecological knowledge: the biota-environment interaction. Ecological complexity*, 1: 17-36.
- Igamberdiev, A. U., Lea, P. J., 2006: *Land plants equilibrate O₂ and CO₂ concentrations in the atmosphere. Photosynthetic Research*, 87: 177-194.
- Lenton, T. M., 2001: *The role of land plants, phosphorus weathering and fire in the rise and regulatuon of atmospheric oxygen. Global Change Biology*, 7: 613-629.
- Pagani, M., Caldeira, K., Berner, R., Beerling, D. J., 2009: *The role of terrestrial plants in limiting atmospheric CO₂ decline over the past 24 million years. Nature*, 460: 85-89.

Kristalografija • Razvrščanje kristalov po njihovih oblikah (prvi del)

Razvrščanje kristalov po njihovih oblikah (prvi del)

Mirjan Žorž

Če ima neka snov urejeno notranjo strukturo in je navzven omejena z geometrijskimi liki, jo opišemo s pojmom kristal. Ker je v naravi na tisoče različnih kristaliziranih snovi - mineralov, je tudi zelo veliko njihovih kristalnih oblik. Vprašamo se, ali je v tej pestrosti mogoče najti način oziroma sistem, s katerim bi bilo možno kristale razvrstiti po določenih značilnostih. Pravzaprav so se to spraševali že pred stoletji in dejansko so ravno na podlagi zunanjih oblik kristalov ugotovili, da se jih da razvrstiti v nekaj kristalnih razredov oziroma singonij. Védo, ki se s tem ukvarja, so poimenovali *kristalografija*.

V geometriji uporabljamo za opisovanje lege točke, premice, ploskve ali telesa kartezični koordinatni sistem, ki ga določajo tri koordinatne osi, ki se med seboj sekajo pod pravim kotom. Ko pa so iskali način za prostorski opis kristalov in njihovih simetrijskih lastnosti, so se odločili za kristalografske osi, ki so jih izbrali tako, da so ustrezale simetrijam posameznih kristalov. *Na ta način so določili sedem različnih kristalografskih sistemov.*

Kristalni razredi oziroma singonije so dobili imena po določenih geometrijskih oziroma kristalografskih lastnostih posameznih kristalnih oblik. Trigonalni, tetragonalni in