

Umjetna inteligencija i hiperspektralna analiza ugljika u tlu

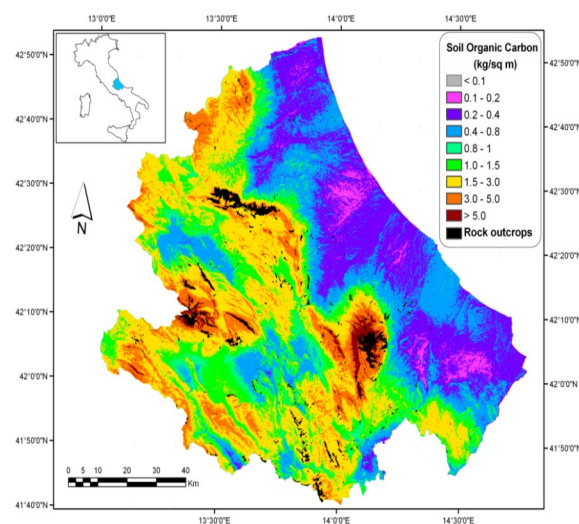
Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Poznavanje koncentracije i/ili sadržaja ugljika u tlu važni su elementi i pokazatelj zdravlja tla i biljne produktivnosti te se utvrđuje redovito kemijskom analizom tla, a najčešće izražavaju kao humus ($C \% \times 1,724 = \text{humus} \%$). Međutim, koliko ima organskog ugljika u tlu (SOC; *Soil organic carbon*) šire, npr. na regionalnoj, nacionalnoj ili globalnoj razini, malo je poznato jer klasična, laboratorijska analiza humusa obavlja se samo za određene proizvodne parcele, relativno je spora i skupa, a konc. humusa u tlu, premda se mijenja sporo, ovisno o načinu i intenzitetu eksploatacije tla i redovito pada nakon privođenja dječičanskog tla poljoprivrednoj proizvodnji. Primjerice, Atlas okoliša (Zavod za zaštitu okoliša i prirode RH) sadrži samo 637 analiziranih uzoraka tla za cjelokupni teritoriju RH, uključujući i nepoljoprivredne površine), dok je procjena konc. humusa geostatističkom metodom kriginga za Osječko-baranjsku županiju obavljena temeljem kemijske analize ~20.000 uzoraka. Više podataka o sadržaju organskog ugljika tla moglo bi pomoći u predviđanju ukupnog zdravlja tla, kao i poznavanju globalnog ciklusa ugljika obzirom na porast konc. CO₂ u atmosferi i njegovom utjecaju na klimatske promjene.

Najnovije studije (npr. Sveučilišta Illinois) pokazali su da nove metode strojnog učenja (AI, *Artificial Intelligence*, *umjetna inteligencija*) temeljene na hiperspektralnim mjerenjima (valne duljine 350-2500 nm) mogu pouzdano procijeniti sadržaj organskog C u tlu što omogućuje korištenje hiperspektralnih senzora na velikim područjima pomoću satelita, aviona ili dronova. Naime, tlo reflektira svjetlost u jedinstvenim spektralnim pojasevima koji se mogu već dulje vrijeme interpretirati i tako procijeniti kemijski sastav površine tla, a uvođenjem i razvojem novih algoritama strojnog učenja (AI) kojim se uklanjaju smetnje vegetacije, vlage tla i dr. „šumovi”, utvrđeno je da takav pristup daje vrlo točan sadržaj organskog ugljika u tlu te tako omogućuje točnije bilanciranje i globalni ciklus ugljika, odnosno pouzdanije procjene trenda i brzine klimatskih promjena.

Hiperspektralna analiza površine tla omogućuje suvremeno, prostorno precizno, brzo i jeftino kartiranje svojstava tla od agronomskog, geološkog i ekološkog interesa, kao i međusobno povezanih procesa, a osim prostornog omogućuje i vremensko praćenje promjena u tlu. Povezanost spektra refleksije tla s mineralogijom tla, njegovim kemijskim i fizikalnim sastavom (npr. sadržaj organske tvari, sadržaj vode, veličina čestica tla i njihova raspodjela) doveli su do razvoja vrlo perspektivnih metoda za procjenu svojstava tla. Primjerice, sekundarni minerali gline imaju tipična spektralna svojstva u kratkovalnom infracrvenom području (SWIR; Short-wave infrared) između 2170 i 2360 nm, organski ugljik tla značajno utječe na oblik i prirodu spektra refleksije tla (664 nm te u SWIR) itd.

Dinamika i sadržaj humusa u tlu su svojstva koja imaju ključnu ulogu za strukturalnost tla, vodno-zračni režim, toplinski režim tla i značajan su izvor dušika, fosfora i sumpora, odnosno značajno utječu na poljoprivrednu produktivnost i stabilnost biljne proizvodnje. Utjecaj agrotehnike, osobito način obrade, rotacija usjeva, organska gnojidba, zaoravanje žetvenih ostataka ili njihovo spaljivanje, sideracija i dr. utječu na zadržavanje (sekvestraciju) ugljika u tlu. Budući da promjena sadržaja humusa nije brza, često se ne zapaža i zanemaruje pad organske tvari u tlu, a obogaćivanje tla humusom (humizacija) nije jednostavno, niti jeftino. Stoga su brze i jeftine hiperspektralne metoda zasigurno rješenje u bliskoj budućnosti.



Slika 1. Procjena sadržaja organskog ugljika tla