

Funkcije tla

Krstanović, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:460166>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Krstanović

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivrede

Smjer Agroekonomika

Funkcije tla

Završni rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Krstanović

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivrede

Smjer Agroekonomika

Funkcije tla

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Irena Jug
2. prof. dr. sc. Danijel Jug
3. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

Osijek, 2020.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Agroekonomika

Završni rad

Marko Krstanović

Funkcije tla

Sažetak: Tlo je jedan od najvažnijih dijelova prirodnog okoliša i uglavnom neobnovljivi prirodni resurs. Također je nositelj brojnih funkcija kao što su proizvodnja hrane, klimatsko-ekološko-biološka regulacija, filtracija vode, puferizacija, temelj infrastrukture, izvor sirovina i kulturna baština. Cilj rada je opisati okolišne, socijalne i ekonomske funkcije tla ukazujući na povezanost procesa degradacije tla sa smanjenjem ili onesposobljavanjem pojedinih funkcija tla čime se ugrožavaju usluge ekosustava. Tlo je potrebno zaštititi i očuvati njegove prirodne funkcije održivim korištenjem tla. Održiva uporaba tla moguća je usklađivanjem svrha svih funkcija tla, isključivanjem ili minimiziranjem onih procesa koji dovode do njegove degradacije.

Glavne riječi: prirodan resurs, degradacija tla, usluge ekosustava, funkcije tla, održivo korištenje tla

27 stranica, 16 slika, 17 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomski radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agroecconomics

BSc Thesis

Marko Krstanović

Soil functions

Summary: Soil is one of the most important parts of the natural environment and largely non-renewable natural resource. It is also the bearer of numerous functions such as food production, climate-ecological-biological-regulation, water filtration, buffering, fundamentation for infrastructure, source of raw materials and cultural heritage. The aim of this paper is to describe the environmental, social and economic functions of soil, pointing out the connection between the process of soil degradation and the reduction or incapacitation of certain soil functions, which endangers ecosystem services. Soil needs to be protected and its natural functions preserved through sustainable soil use. Sustainable soil use is possible by harmonizing the purposes of all soil functions, eliminating or minimizing those processes that lead to its degradation.

Keywords: natural resource, soil degradation, ecosystems services, soil functions, sustainable soil use

27 pages, 16 figures, 17 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Science Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Science Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. NASTANAK TLA	3
3. SVOJSTVA TLA	5
3.1. Fizikalna svojstva tla	7
3.2. Kemijska svojstva tla	9
3.2. Biološka svojstva tla	11
4. FUNKCIJE TLA	14
4.1. Proizvodno gospodarska funkcija	14
4.2. Klimatsko-regulacijska funkcija	15
4.3. Ekološko – regulacijska funkcija tla (akceptor, akumulator, transformator).....	16
4.4. Tlo kao prirodni pročistač vode	17
4.5. Tlo kao pufer	18
4.6. Biološko – regulacijska funkcija tla.....	19
4.7. Prostorna uloga tla	20
4.8. Tlo u funkciji izvora sirovina.....	22
4.9. Tlo kao povijesni medij	23
5. ZAKLJUČAK	25
6. POPIS LITERATURE:	26

1. UVOD

Sva tla na Zemlji čine pedosferu, rastresiti površinski sloj na granici litosfere, hidrosfere, atmosfere i biosfere. Tlo je prirodna tvorevina koja nastaje pod utjecajem mnogobrojnih složenih i dugotrajnih pedogenetskih čimbenika (matični supstrat, reljef, klima, vrijeme organizmi (biljke, životinje) i čovjek) i pedogenetskih procesa koji obuhvaćaju trošenje litosfere, sintezu i razgradnju organske tvari, translokaciju sastavnih dijelova pedosfere i neogenezu. Različite značajke tla važne su za njegovu plodnost, odnosno sposobnost da osigura biljkama smještaj uz odgovarajuće toplinske uvjete, povoljne vodozračne odnose i dovoljnu opskrbu biljkama biogenim (neophodnim) elementima ishrane. Proces nastajanja tla kreće se u rasponu od nekoliko tisuća do preko milijun godina, što ovisi o značajkama supstrata (Vukadinović i Vukadinović, 2011., Kisić, 2012., Lončarić, 2014., Sofilić, 2014.).

Tlo ima nekoliko važnih uloga, a tri važne ekološke funkcije su (Blum, 2006., Vukadinović i Vukadinović, 2018.):

1. Proizvodnja biomase - najvažnija uloga tla, čime tlo osigurava opskrbu hranom, obnovljivom energijom i sirovinama (drvo). Time tlo postaje osnova čovjekova života.
2. Tlo je univerzalni medij za filtriranje, transformaciju tvari i razgraničenje između atmosfere, podzemne vode i biljnog pokrova. Izmjena tvari između tla i atmosfere se neprestano događa pa tako na području s onečišćenim zrakom ili vodom ne može biti čistog tla. Sve tvari što ih čovjek unosi u organizam (udisanjem, hranom ili pićem) prošle su kroz tlo. Time kvaliteta tih tvari izravno ovisi o kvaliteti tla.
3. Tlo pruža životni prostor brojnim životinjskim i biljnim organizmima te je time glavni temelj biološke raznolikosti. Najveći broj organizama na Zemlji nalazi se u tlu te je stanje u tlu u izravnoj vezi s biološkom raznolikošću te je kao takav rezervoar gena i temelj biološke raznolikosti.

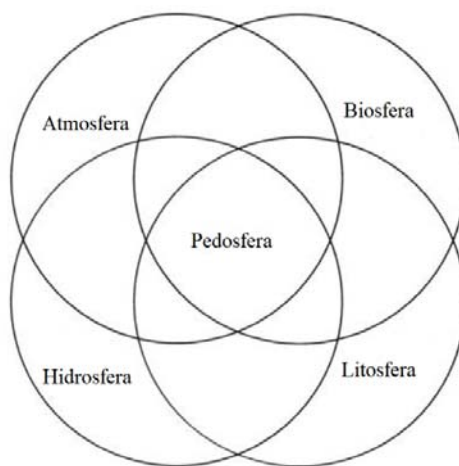
Osim tri navedene ekološke funkcije, tlo ima i brojne druge funkcije povezane s tehničkim, industrijskim i sociološko-ekonomskim koristima. Također, tla su i izvor sirovina, npr.: gline, pijeska, šljunka i minerala, te geogene energije (geotermalne) i vode. Posljednja, ali ne i manje važna funkcija tla, je njegova geološka i kulturna baština jer ono formira izgled krajolika, prekriva razne arheološke ostatke (Blum, 2005., Vukadinović i Vukadinović, 2016., Vukadinović i Vukadinović, 2018.).

Cilj rada je opisati okolišne, socijalne i ekonomske funkcije tla ukazujući na povezanost procesa degradacije tla sa smanjenjem ili onesposobljavanjem pojedinih funkcija tla čime se ugrožavaju usluge ekosustava.

2. NASTANAK TLA

Tlo je, dakle, prirodna tvorevina, nastala složenim i dugotrajnim procesima djelovanjem atmosfere, hidrosfere i biosfere na matičnu stijenu (litosferu), tj. supstrat (Slika 1.). Litosfera ovdje ima pasivnu ulogu, dok ostale tri sfere aktivno sudjeluju u razvojnim procesima pedosfere (Blum i sur., 2006., Nortcliff i sur., 2011.).

Stijena se postupno usitnjava djelovanjem pedogenetskih čimbenika te najprije tvori trošinu koja je sposobna držati vodu koja dalje uzrokuje procese kemijskog trošenja primarnih materijala te dovodi do stvaranja sekundarnih minerala (Sofilić, 2014.). Time u prvom redu dolazi do naseljavanja jednostavnih autotrofnih organizama (bakterije i alge). Nakon njih slijede lišajevi koji oslobađaju biogene elemente i snažno djeluju na matičnu stijenu. Njihovim odumiranjem nastaje humus i stvaraju se uvjeti za rast viših biljaka. U trenutku kada se na trošinu naseli život i počne proces humifikacije, tek tada govorimo o tlu (Blum i sur., 2006., Sofilić, 2014.).



Slika 1. Utjecaj različitih sfera na nastanak tla, tj. pedosferu. (Nortcliff i sur., 2011.).

Nastanak tla je proces koji može potrajati i po nekoliko tisućljeća, a na supstratima kao što je vapnenac, i stotinama tisuća godina (Kisić, 2012.).

Glavni pedogenetski čimbenici nastanka tla su (Kisić, 2012.):

1. matični (petrografski) supstrat (litosfera);
2. toplina, voda, vjetar i ostali okolišni čimbenici;
3. kemijski agensi, osim vode još su kiseline, lužine, soli, plinovi, itd.;

4. biljke i životinje;
5. čovjek sa svojom aktivnošću.

Pod utjecajem pedogenetskih čimbenika troše se stijene te nastaje novo tijelo – tlo. Jačina pedogenetskih čimbenika ovisi o intenzitetu njihovog djelovanja. Najizraženiji utjecaj na razvoj tla ima matični supstrat, odnosno rastresit materijal od kojeg je oblikovan solum, zatim slijede klima pa vegetacija (Kisić, 2012., Sofilić, 2014.).

Pedogenetski procesi su svi oni procesi koji sudjeluju u nastajanju tla, tj. razvoju pedosfere, i razvrstavaju se u sljedeće temeljne skupine (Kisić, 2012., Sofilić, 2014.):

1. trošenje litosfere koje podrazumijeva fizikalne i kemijske promjene matične stijene te nastanak trošine (detritata);
2. tvorba organske tvari pedosfere je proces obogaćivanja rahle trošine (detritata) organskom tvari ili biotizacija, odnosno naseljavanje živih organizama koji obogaćuju tlo organskim tvarima;
3. razgradnja organske tvari u pedosferi podrazumijeva truljenje i gnjiljenje organskih tvari u tlu djelovanjem mnogih kemijski i fiziološki aktivnih spojeva koji ulaze u reakcije s mineralnom trošinom;
4. migracije, odnosno premještanje sastavnih dijelova pedosfere su procesi pod utjecajem vode koja prolazi kroz tlo i na taj način otapa topljive sastavnice i premješta ih u dublje slojeve tla. Razlikujemo unutarnje i vanjske migracije;
5. novotvorba, podrazumijeva sintezu produkata trošenja minerala pa tako nastaju najaktivnije koloidne sastavnice tla- sekundarni minerali, ili minerali gline.

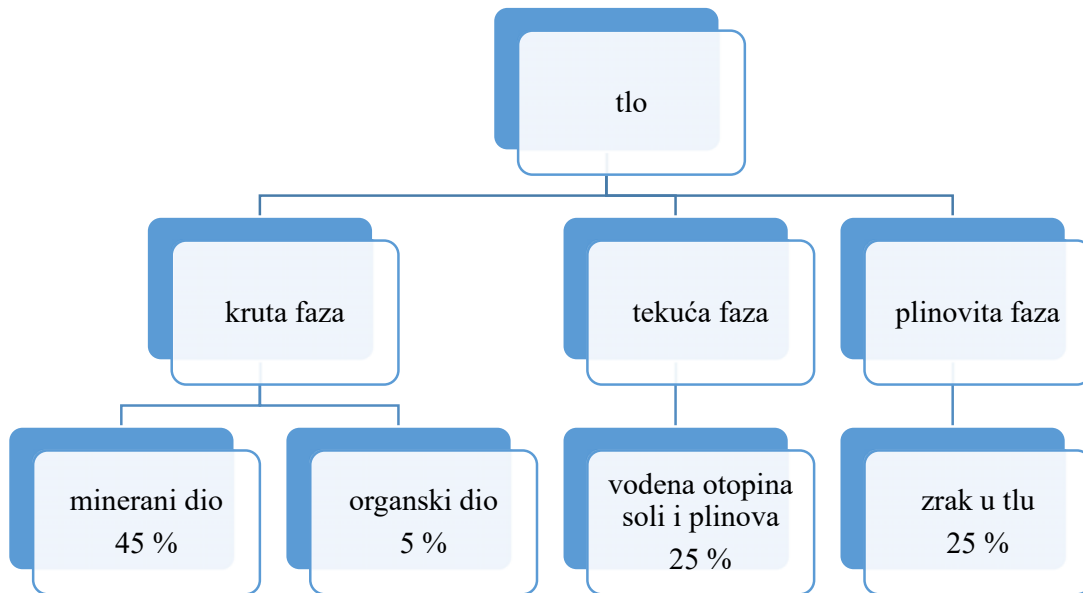
Temeljem zbirnih funkcija navedenih čimbenika, američki pedolog Jenny još je 1941. godine postanak tla prikazao funkcionalnom jednadžbom:

$$\text{Tlo} = f(\mathbf{k}, \mathbf{o}, \mathbf{ms}, \mathbf{r}, \mathbf{v}),$$

gdje su f – funkcija; k – klima; o – organizmi; ms – matični supstrat; r – reljef; v – vrijeme (starost tla).

3. SVOJSTVA TLA

Tlo je prirodni polifazni sustav (Slika 2.) sastavljen od krute, tekuće i plinovite faze. Kruta faza se sastoji od mineralnog i organskog dijela tla. Mineralni dio potječe od matične stijene, a organski dio je manje ili više humificirana organska tvar (Kisić, 2012.). Tekuću sastavnicu tla čini vodena otopina tla dok je plinovita faza – zrak u tlu.



Slika 2. Optimalni volumni sastav tla

Ovaj sustav je određen fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima. Ono je prirodni izvor potreban za proizvodnju hrane, industrijskih sirovina, dobivanje energije te je i prirodna vrijednost koju štitimo kao prirodno nasljedstvo. Također, tlo je stanište mnogih biljnih i životinjskih organizama i temelj je biološke raznolikosti, izvor vode i hrane, glavni medij kruženja elemenata u prirodi, a s obzirom da je u izravnom kontaktu s biosferom također je i akumulator različitih onečišćujućih tvari koje u njega dopijevaju iz atmosfere ili pod utjecajem čovjeka. (Blum i sur., 2006., Sofilić, 2014.).

Morfološke značajke tala rezultat su različite kombinacije i intenziteta pedogenetskih čimbenika i procesa. Morfološke značajke se proučavaju se na terenu, a razlikuju se vanjske (ektomorfološke) i unutrašnje (endomorfološke) značajke tala (Špoljar, 2007.).

Ektomorfologija tla je određena reljefom, živim i mrtvim pokrovom (skeletne površine, mrtvi organski pokrov, površine voda stajaćica i tekućica). Endomorfologija se očitava na vertikalnom profilu koji se otvara kopanjem pedološkog profila, od površine do neizmijenjenog matičnog supstrata. Na profilu tla se raspoznaju slojevi koji se nazivaju horizonti, te su oni bitni kao pokazatelj postanka, dinamike i svojstava tla (Nortcliff i sur., 2011., Sofilić, 2014.).

Na pedološkom profilu mogu se razlikovati sljedeći osnovni profili (Nortcliff i sur., 2011., Sofilić, 2014.):

O horizont- organski horizont koji je površinski sloj listinca koji sadrži popriličnu količinu organske tvari,

A horizont- humusno akumulativni horizont tamne boje koji sadrži humus, te mnoštvo mineralnih i organskih materijala,

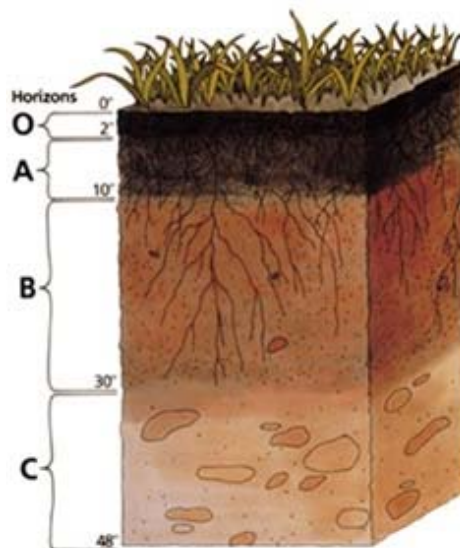
E horizont- eluvijalni horizont (nalazi se ispod *O* ili *A horizonta* te je nastao lesivažom pa obično sadrži manje gline od horizonta koja si nalazi ispod,

B horizont- iluvijalni mineralni horizont u kojem se taloženjem nakuplja glina, ili aluminosilikati iz *E* sloja, ili organska tvar isprana iz *A* sloja,

C horizont- matična stijena od rahlog materijala, npr. pijesak,

R horizont- matična stijena od čvrstog materijala.

A i *O horizont* se smatraju biološki najaktivnijim dijelovima tla i najpodložniji su raznim utjecajima, npr. vremenskim (izlaganje suhim i mokrim uvjetima, velik raspon temperatura, itd.). Profil tla s horizontima je prikazan na slici 3.. Naravno, nemaju svi tipovi tala sve nabrojene horizonte te se kod određenih tipova tala pojavljuju međuslojevi nastali različitim fizikalno-kemijskim uvjetima (Nortcliff i sur., 2011., Sofilić, 2014.).



Slika 3. Profil tla s horizontima.

(Izvor: <https://www.soils4teachers.org/soil-horizons>)

Kruta, tekuća i plinovita sastavnica tla su u određenom odnosu u tlu, a taj odnos je vrlo dinamičan te ovisi o mehaničkom sastavu, klimi, vremenskim prilikama koje trenutno vladaju i brojnim drugim vanjskim čimbenicima. Odnos pojedinih sastavnica tla je tako raspoređen da tlu daju porozna, a ne kompaktna svojstva. Na taj način tlo predstavlja životni prostor biljnog korijena i živih organizama koji žive u tlu (Sofilić, 2014.).

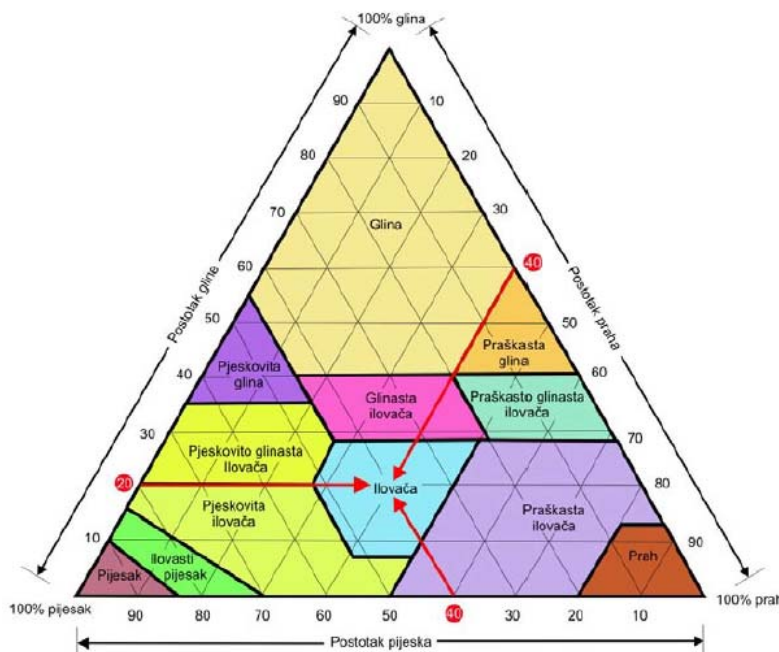
3.1. Fizikalna svojstva tla

Zadatak fizike tla je proučiti dinamiku svih sastavnica tla i toplinska svojstva tla. Fizikalna svojstva tla obuhvaćaju: mehanički sastav tla, strukturu, gustoću, poroznost, sastav zraka u tlu i toplinska svojstva tla.

Tekstura tla ili mehanički sastav tla predstavlja kvantitativni udio mehaničkih elemenata tla koji se u tlu rijetko pojavljuju odvojeno već se povezuju u strukturne agregate. Mehanički elementi koje čine čvrstu fazu tla mogu biti različite veličine, od manjih od 0.002 mm (čestice gline) do većih od 2 mm (šljunak i kamenje). Skelet tvore čestice promjera 2-20 mm i tu ubrajamo kamen i šljunak kao grubu frakciju tla nastalu fizikalnim trošenjem matične stijene. Pijesak tvore čestice promjera 0.2-2 mm koje ne zadržavaju vodu. Prah je manje rastresita frakcija tla od pijeska promjera čestica od 0.02-0.02 mm. Za razliku od pijeska, prah dobro zadržava vodu. Najvažnija i najaktivnija mehanička frakcija tla sa česticama

veličine manjima od 0.002 mm je glina (Blum i sur., 2006., Kisić, 2012., Sofilić, 2014., Vukadinović i Vukadinović, 2016.).

Teksturno, tla mogu biti raznovrsna te udio svake frakcije može varirati u širokom intervalu. Na taj način su moguće razne kombinacije kvantitativnog udjela pojedine frakcije što dovodi do pojave više različitih teksturnih klasa tla. Određivanje teksturnih klasa moguće je, između ostalih načina, odrediti i iz Atterbergova trokuta (Slika 4.).



Slika 4. Atterbergov trokut za određivanje mehaničkog sastava tla. (Sofilić, 2014.)

Pod pojmom strukture tla podrazumijeva se veličina, oblik i način rasporeda strukturnih agregata u tlu. Međusobnim povezivanjem mehaničkih elemenata tla u veće nakupine nastaju strukturni agregati. Oni po postanku mogu biti prirodni i antropogeni. Prema veličini dijelimo ih na: mikroagregati (do 0.25 mm promjera), mezoagregati (0.25-2.00 mm), makroagregati (2.00-50.00 mm), megaagregati (više od 50 mm promjera), a prema obliku razlikujemo stubaste, prizmatične, mrvičaste, plosnate, grudaste i zrnate strukturne agregate. Struktura tla je jedan od najvažnijih čimbenika plodnosti tla (Kisić, 2012., Vukadinović i Vukadinović, 2016.).

Relativna gustoća tla je broj koji pokazuje koliko je puta masa tla teža od mase jednakog volumena tla. U tlu se razlikuje volumna gustoća (kao dobar indikator zbijenosti nekog tla) i gustoća čvrste faze.

Slobodni prostori između strukturnih agregata su pore ili šupljine tla. Poroznost tla je ukupan sadržaj pora izražen u volumnim postotcima. U porama tla se nalaze vodena i plinovita sastavnica tla čiji odnos je vrlo dinamičan. U porama tla ostvaruje se izravan doticaj svih sastavnica tla ujedno omogućavajući kretanje makro i mikroorganizama kroz njih. Dimenzije pora u tlu su različite, a prema ulozi u tlu, razlikujemo kapilarne (mikropore) i nekapilarne (makropore) pore. Kapilarne pore određuju vodni režim tla, dok su nekapilarne većih dimenzija te se u njima nalazi uglavnom zrak. Voda i zrak se u tlu nalaze u konkurentskom odnosu, te količina zraka u određenom tlu varira ovisno o tipu tla, njegovoj teksturi, vlažnosti, i drugim svojstvima (Sofilić, 2014.).

Sastav zraka u tlu je vrlo varijabilan jer na njega utječu brojni čimbenici. Podrijetlo zraka je uglavnom iz atmosfere iako dio plinova nastaje kao rezultat mikrobiološko – biokemijskih procesa u tlu (Kisić, 2012.).

Toplinska svojstva tla imaju svoju dnevnu i sezonsku dinamiku, a ovise o odnosu krute, tekuće i plinovite faze, inklinaciji, ekspoziciji, boji tla, kapacitetu tla za toplinu, specifičnoj toplini, provodljivosti tla, biljnom pokrovu itd. Toplina je važan vegetacijski čimbenik jer utječe na rast i razvoj biljke u svim fenološkim fazama, na usvajanje hraniva, mikrobiološke procese i slično (Špoljar, 2007.).

3.2. Kemijska svojstva tla

Kemijska svojstva tla su rezultat pedogenetskih procesa odnosno dinamike tla. Ova svojstva određuju potencijal hraniva u tlu te na taj način direktno utječu na ostala svojstva tla.

Za održavanje života u tlu neophodna je njegova organska sastavnica (humus) te organizmi koji u prirodi održavaju ravnotežu između živog i neživog, ali osnovu tla čini njegova anorganska sastavnica (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Sastav humusa je vrlo složen te se ne može prikazati jedinstvenom formulom jer njegov sastav ovisi od tvari od koje je nastao. Prema Jug (2014.) organska tvar tla, predstavljena kao humus, je izvor biljnih hraniva i osnovni činitelj strukture tla, a utječe na: stabilnost agregata tla, važan je faktor kultivacije tla, potpomaže kretanje vode i zraka u tlu, utječe na retenciju vode, sprečava eroziju tla, ima

izražen puferni efekt (hraniva, pesticidi itd.), sprečava ispiranja hraniva te daje boju tlu (zagrijavanje). Ujedno organska tvar tla je izvor energije za mikroorganizme u tlu. Djelovanjem životinjskog svijeta i mikroorganizama neživa organska tvar tla može se razgraditi do vode, CO₂, NH₃ i biogenih elemenata, ili se pretvoriti u humus. Količina organske tvari u tlu i njezina kakvoća utječu na rast biljaka, ali i na proces nastanka tla. U odnosu na mineralni dio tla (koji je nastao tisućljetnom razgradnjom stijena i mineralizacijom organskih ostataka), količina organske tvari u tlu je mala, no ipak je od ogromnog značaja. Prisutnost organske tvari u tlu definira razliku između tla kao prirodnog supstrata biljne ishrane (kombinacija mineralnih tvari nastalih raspadanjem stijena i mineralnih tvari nastalih mineralizacijom organske tvari) i rastresite mase raspadnutih stijena litosfere (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Humus je heterogena organska tvar nastala razgradnjom primarnih organskih tvari i sintezom novih, složenijih spojeva djelovanjem mikroorganizama u tlu. Zbog svog koloidnog karaktera, on je uz glinu, najaktivnija sastavnica tla. Količina i kvaliteta humusa bitno utječu na strukturu tla, njegovu konzistenciju, gustoću, kapacitet za vodu te propusnost za vodu i prozračivanje. Humus je, zbog velikog kapaciteta sorpcije kationa, među glavnim izvorima hranjivih tvari te izravno utječe na promjene u mineraloškom sastavu tla. Osim količine humusa u tlu važno je poznavati i njegovu kvalitetu. Humus po kvaliteti može biti kiseo kada sadržava slobodne humusne kiseline ili blag kada je u obliku svojih soli (humata) (Blum i sur., 2006., Kisić, 2012., Vukadinović i Vukadinović, 2011., Vukadinović i Vukadinović, 2016.).

Pod pojmom sorpcije tla podrazumijevamo sposobnost tla da u sebi sadrži različite tvari poput iona i molekula, koloida tla, čestice većih dimenzija i mikroorganizme. Ovisno o silama koje djeluju, razlikuje se: mehanička sorpcija, fizikalna sorpcija, kemijska sorpcija, biološka sorpcija i fizikalno-kemijska sorpcija.

Većina mineralnih tvari, oko 98 %, nalazi se u tlu u obliku teško topivih fosfata i karbonata. Manji dio mineralnih tvari u tlu, oko 2 %, adsorptivno je vezan za čestice tla, a vrlo mali dio (manje od 0,2 %) nalazi se u otopini tla. Tu mogu biti otopljeni kisik i ugljikov (IV) oksid, ali njihova izmjena u stanicama zbiva se samo u plinovitoj fazi (Pevalek-Kozlina, 2003., Vukadinović i Vukadinović, 2011., Sofilić, 2014.).

Zrak u tlu može biti slobodan, otopljen u tekućoj fazi tla ili fizikalno adsorbiran na čvrstu fazu tla. Kada dođe do deficita kisika u tlu povećava se količina CO₂ što onda ima za posljedicu usporavanje brojnih procesa važnih za opstanak biljke (disanje korijena i mikrobiološka

aktivnost), a također s vodom stvara ugljičnu kiselinu. Kisik je u tlu važan za sve procese oksidacije kao što su trošenje minerala, humifikaciju i mineralizaciju. Također je nužan i za stanično disanje koje predstavlja izvor metaboličke energije za procese primanja mineralnih tvari. Za sastav zraka u tlu značajan je i udio dušika koji koriste dušične bakterije koje se u tlu nalaze kao simbiotske i nesimbiotske (Pevalek-Kozlina, 2003., Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Tekuća faza tla je voda i ona je najaktivnija sastavnica tla. Voda u tlu nije kemijski čista već se u njoj nalaze otopljene organske i mineralne tvari. U vodi se odvijaju svi pedogenetski procesi, a biljkama je vrlo bitan izvor hraniva u pristupačnom obliku. Izvor je kisika i vodika za sintezu organskih tvari, sudjeluje u fizikalno-kemijskim procesima trošenja minerala, utječe na temperaturni režim tla, itd. Voda u tlu se uglavnom giba glavnim tokom koji se pokreće gradijentom tlaka. Osim glavnim tokom voda se kreće i difuzijom (Pevalek-Kozlina, 2003.).

Mehanički sastav tla utječe na koncentraciju tekuće sastavnice tla direktno jer tla „lakšeg“ mehaničkog sastava se brže ispiru te je koncentracija niža, dok se indirektan utjecaj ogleda kroz obogaćivanje vode kationima s adsorpcijskog kompleksa. Reakcija tla je vrlo važna značajka tla koja utječe na kemijske procese u tlu, te ishranu biljaka, odnosno prisutnih biogenih elemenata. Disocijacija kiselina i njihovih soli, odnosno baza i njihovih soli, jedan je od značajnijih procesa. Pri tome se oslobađaju H^+ ioni (ioni vodika i OH^- (ioni hidroksilne skupine). Njihova koncentracija je promjenjiva i različita kod različitih tipova tala. Također se mijenja u pojedinim horizontima tla, a i u toku godine. Optimalna vrijednost pH u obradivim tlima kreće se između 5,0-8,0 pH (Kisić, 2012., Vukadinović i Vukadinović, 2011., Sofilić, 2014.).

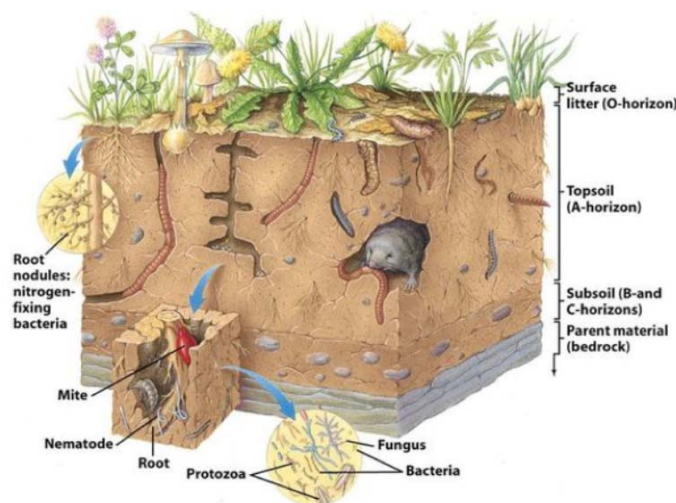
3.2. Biološka svojstva tla

Biološka svojstva tla odraz su podobnost tla kao staništa mnogobrojnih biljaka i životinja. Raznoliki živi svijet koji nastanjuje tlo, može se okvirno podijeliti u dvije skupine: na makroorganizme i mikroorganizme. Njihov broj može dostići i nekoliko milijardi u samo jednom gramu tla, a među njima su najbrojniji: bakterije, alge, gljive, protozoe, insekti, itd.

Prema Bašiću (2009.) broj živih organizama ispod površine tla je višestruko veći u odnosu na površinu tla, o čemu govori podatak da plodno tlo u oraničnom sloju sadrži oko 25 t/ha

živih organizama, od toga 10 t bakterija i aktinomiceta, 10 t gljivica, 4 t gujavica, a ostali organizmi, među kojima ima vrlo korisnih, čine preostalu 1 t.

Organizmi nastanjuju biosferu, a to je zona koja obuhvaća dio atmosfere, pedosferu (tlo), hidrosferu i dio litosfere. Organizmi koji se nalaze u pedosferi njezin su sastavni dio, a priključuju im se i biocenoze koje žive na površini tla ili dijelom u tlu, pa zajedno, u međuovisnosti s drugim čimbenicima svoje sredine, usmjeruju procese nastanka i razvoja tla (Slika 5.) (Kisić, 2012.).



Slika 5. Organizmi koji se nalaze u pedosferi i njihov položaj unutar nje.

(Izvor: <https://equinepermaculture.com/blog/2018/11/18/all-about-soils-part-2-soil-food-web/>)

U tlu obitavaju raznovrsni makroorganizmi ili viši organizmi, i to cijeli život ili samo dio života, a dijele se na makrofloru i makrofaunu. Od makroflore važan je utjecaj travnih biljnih zajednica, šumskih biljnih zajednica i poljoprivrednih kultura. Travne biljne zajednice imaju gusti žiličasti korijen kojim dobro prožimaju tlo i čimbenik su tvorbe stabilne mrvičaste strukture. Šumske biljne zajednice ostavljaju manje organskih ostataka i tvore šumsku prostirku – listinac. Makrofauna, u kojoj su najvažnije kišne gliste (*Lumbricus terrestris*), sudjeluju u tvorbi stabilne strukture tla te miješaju i prozračuju tlo, kod suhih tala kišne gliste zamjenjuju grinje, insekti, krtice i poljski miševi (Kisić, 2012., Vukadinović i Vukadinović, 2011., Sofilić, 2014.).

Najvažniji predstavnici mikroflore tla jesu mikroorganizmi (bakterije) koje su vrlo važni čimbenici mineralizacije i humifikacije te ostalih procesa poput oksidacije i redukcije tla, fiksacije dušika i drugo. Odlike plodnog tla su visoka biogenost, biološka aktivnost i biološka raznolikost. Tako možemo zaključiti da je tlo plodnije što je ukupni broj organizama i njihova raznolikost veća. Također, bitno je napomenuti da se živi svijet u tlu ne smatra dijelom tla, tj. pedosfere, nego on pripada biosferi (Vukadinović i Vukadinović, 2011., Sofilić, 2014.).

Organska tvar u tlu potječe od ostataka živih organizama (listinac, plodovi, sitne grančice, odumrli mikroorganizmi, životinjske strvine i dr.) koji su u većoj ili manjoj mjeri razloženi na jednostavnije spojeve. Organska tvar utječe na fizikalna i kemijska svojstva tla, kao što su struktura tla, kapacitet za vodu, sorpcija iona, sadržaj hranjivih elemenata (u najvećoj mjeri N, P, S itd.) i drugo. Ona je i osnovni izvor energije za životnu aktivnost mikroorganizama tla. Prema tome, eventualnim nestankom organske tvari tla zasigurno bi došlo do katastrofalnih posljedica po čitav život na zemlji (Vukadinović i Vukadinović, 2011., Sofilić, 2014.).

4. FUNKCIJE TLA

Uloga tla u održavanju društva i okoliša je vrlo složena i istraživanja neprestano doprinose novim uvidima u sve funkcije tla. Funkcije tla možemo podijeliti u nekoliko kategorija, tako imamo one više povezane uz ekološke aspekte, dok su ostale povezane kulturalnim, sociološkim, ekonomskim ili tehničkim funkcijama. Na taj način tlo ne služi samo za razvoj poljoprivrede, šumarstva i proizvodnju biomase, nego i za filtriranje, puferiranje i transformaciju raznih tvari unutar tla. Hranidbeni lanac i pitka voda se tako čuvaju od raznih onečišćenja te zadržavaju svoju bioraznolikost. Osim toga, tlo je važno kao rezervoar gena te u sebi sadrži veću raznolikost i brojnost vrsta od svih biomasa koje se nalaze iznad tla (Blum, 2002.).

4.1. Proizvodno gospodarska funkcija

Produktivna funkcija podrazumijeva sposobnost tla da bude supstrat raznim kultiviranim biljkama.



Slika 6. . Raznolika uloga tla u primarnoj proizvodnji organske tvari.

(Izvor: <http://portal53.hr/ministarstvo-poljoprivrede-ce-u-suradnji-s-nacionalnim-stozerom-izdavati-propusnice-poljoprivrednicima/>)

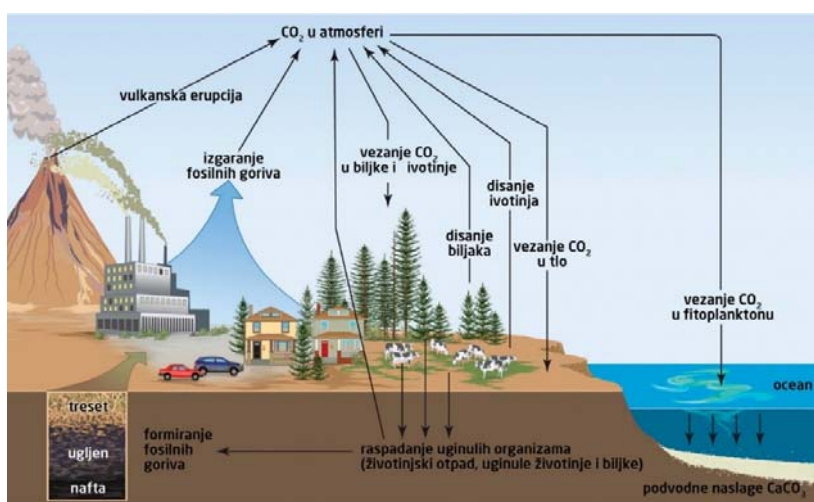
Najvažnija i primarna uloga tla je opskrba biljke vodom, zrakom i hranivima (Blum, 2005., Nortcliff i sur., 2011.). Na taj način se omogućuje proizvodnja biomase, tj. organske tvari, procesom fotosinteze koji je ključan za sav život na Zemlji.

Tlo kao takvo je nezamjenjiv čimbenik u održavanju prirodne i kulturne vegetacije, a time poljoprivrede i šumarstva. Time čovjek podmiruje svoje prehrambene i neprehrambene

potrebe, odnosno opskrbljuje se hranom, sirovinama za izradu odjeće i obuće, lijekovima i začinima, energijom, itd. (Slika 6.) (Kisić, 2012., Sofilić, 2014.).

4.2. Klimatsko-regulacijska funkcija

U biološkom kruženju tvari i energije tlo je centralna poveznica u lancu bio transformacije organskog ugljika. Na taj način ono snažno utječe na sadržaj i ukupnu količinu CO₂ i drugih plinova koji uzrokuju efekt staklenika. Svakodnevno se događaju promjene sadržaja ugljika, ponajprije zbog procesa fotosinteze u kojemu biljke pretvaraju CO₂ u organsku tvar, zatim dolazi do razgradnje organske tvari i vraćanja CO₂ u atmosferu (Slika 7.).



Slika 7. . Biogeokemijski ciklus ugljika.

(Izvor: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/7b5e1fe5-86e2-4142-af6c-5197c4a08148/kemija-8/m02/j02/index.html>)

Promjene sadržaja ugljika događaju se i zbog djelovanja metabolita faune tla, poljoprivredne djelatnosti, onečišćenja tla iz različitih izvora, itd., ne samo djelovanjem fotosinteze (Kisić, 2012., Sofilić, 2014.). Jedan od akumulatora ugljika, a time i CO₂, je humus. Naime, sloj humusa na našem planetu je treći po redu rezervoar ugljika i sadrži 23×10^{14} kg CO₂, odmah poslije oceana koji sadrži najviše tj. 38×10^{15} kg i litosfere koja sadrži 5×10^{15} kg CO₂ (Sofilić, 2014.).

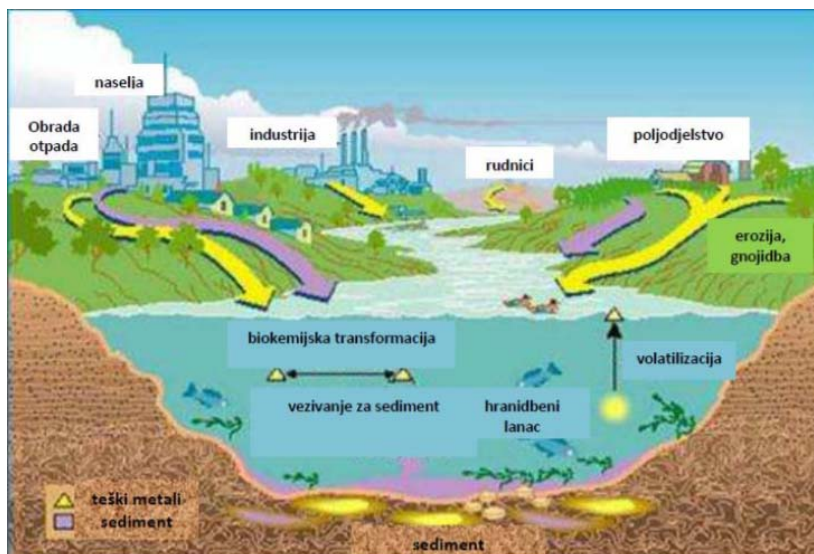
Ugljikov (IV) oksid je je tzv. staklenički plin koji značajno utječe na zagrijavanje atmosfere te je jedan od glavnih zadataka održivog gospodarenja tлом upravljanje organskim ugljikom na način da se poveća sekvestracija ugljika u tlu.

4.3. Ekološko – regulacijska funkcija tla (akceptor, akumulator, transformator)

Tlo se nalazi između litosfere i atmosfere te je u direktnom kontaktu s antroposferom i hidrosferom i kao takvo ima funkciju prijemnika (akceptora) niza različitih tvari koje na njega dopijevaju iz atmosfere (oborine ili gravitacijsko taloženje) ili produkata djelovanja čovjeka pri uporabi tla u izgradnji i korištenju infrastrukture ili korištenjem tla u poljoprivredne svrhe (Blum, 2005., Kisić, 2012., Sofilić, 2014.).

Ovdje se ubrajaju prvenstveno onečišćenja teškim metalima i svim drugim organskim onečišćivačima iz industrije poput benzena, fenola, polikloriranih bifenila (PCB), itd., ali i niza tvari koje se koriste u poljoprivredi (agrokemikalije) (Slika 8.).

Najveći zagađivači su industrijska postrojenja koja svojim emisijama ispuštaju različita onečišćenja kao što su spojevi metala i nemetala (oksidi, karbonati, hidoksidi, itd.) te plinovitih oštećenja poput NH_3 , H_2SO_4 , SO_2 , HCN , CO , CO_2 , CH_4 , itd (Sofilić, 2014.).



Slika 8. Opasne tvari u okolišu. (Sofilić 2014.)

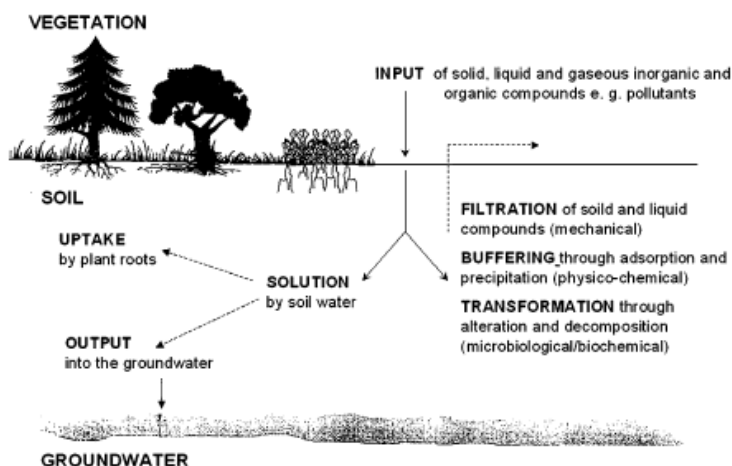
Zbog mehaničke, fizikalne i fizikalno-kemijske sorpcije mnoga od navedenih onečišćenja mogu se nakupljati u tlu te tako tlo postaje akumulator raznih onečišćenja. Tako onečišćenja mogu dospjeti u biosferu i hranidbene lance. Osim toga, mogu biti isprani oborinama te tako dospjeti u podzemne vode što može uzrokovati brojne zdravstvene probleme, kako kod ljudi tako i životinja (Sofilić, 2014.).

Sve tvari koje se nalaze u tlu su podvrgnute mikrobiološkoj razgradnji, transformaciji, sintezi u nove spojeve, ili razgradnji do nisko molekularnih spojeva koji ulaze u proces fotosinteze (CO₂ i H₂O). Zahvaljujući sposobnosti transformacije, tlo ima sposobnost razgrađivanja raznih akumuliranih tvari i spojeva, pa tako dolazi do razgradnje poslije žetvenih ostataka na poljoprivrednim tlima.

Ekološki relevantne i agresivne tvari, kao pesticidi ili ugljikovodici, postupno se razgrađuju u ekološki bezopasne oblike, ali pri tome nije isključena mogućnost pojave tvari veće toksičnosti od izvorne tvari. Čak su i organska onečišćenja, poput PAH i pesticida podložna razgradnji u tlu, u kraćem ili dužem vremenskom razdoblju (Blum, 2005., Kisić, 2012., Sofilić, 2014.).

4.4. Tlo kao prirodni pročistač vode

Jedna od najznačajnijih uloga tla njegova je filtracijska uloga. Na taj način se sva oborinska voda profiltrira kroz tlo čime se štiti pitka podzemna voda od raznih onečišćenja (Slika 9.) (Blum, 2005., Kisić, 2012.).



Slika 9. Tlo kao filter, pufer i prirodni transformator između atmosfere, biosfere i hidrosfere. (Blum, 2005.)

Filtracijsko djelovanje tla ovisi o njegovoj sorpcijskoj sposobnosti koja je izravno povezana s teksturom tla. Ona predstavlja sposobnost tla da u sebi veže i zadržava različite tvari, ione i molekule u otopini tla, koloidne čestice suspendirane u vodi, čestice većih dimenzija i mikroorganizme s kojima dođe u doticaj (Sofilić, 2014.).

Tlo kao univerzalni pročistač čisti i filtrira oborinsku vodu te štiti podzemnu vodu, a time i akvatične ekosustave (vodotoke, jezera i mora) od raznih onečišćenja, tj. kontaminacija (Kisić, 2012.).

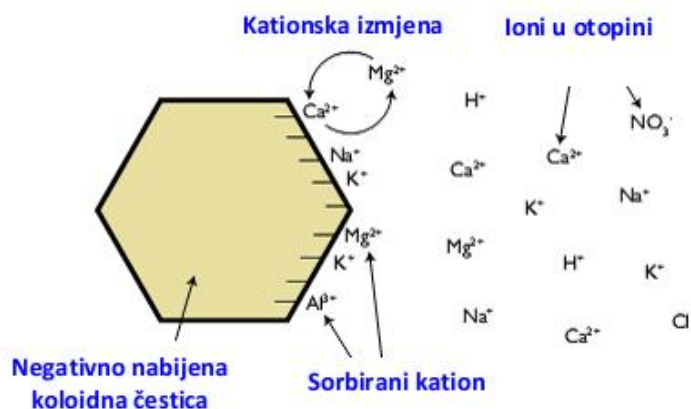
4.5. Tlo kao pufer

Tlo djeluje kao snažan puferški sustav inaktivirajući sve tvari koje naglo ulaze u njegovu masu ili se oslobađaju mineralizacijom organske tvari te sprječavaju stresne promjene u tlu (Blum, 2005.).

Puferna funkcija tla podrazumijeva 3 glavna područja djelovanja:

1. puferiranje ravnoteže vode;
2. puferiranje unešenih kiselina;
3. puferiranje nutrijenata i onečišćivača (Nortcliff i sur., 2011.).

Tlo puferira kisele sastavnice pomoću kationa kao što su Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^{2+} , i dr. Puferizacija se može vršiti i vezanjem onečišćenja na adsorpcijski kompleks. Kapacitet puferizacije, odnosno adsorpcije tla, je njegova sposobnost vezivanja tvari. No, ona je ograničena, i od trenutka kada njegov adsorpcijski kompleks postane zasićen tlo može postati izvor emisije onečišćenja podzemnih voda (Slika 10.) (Kisić, 2012., Sofilić, 2014.).



Slika 10. Shematski prikaz adsorpcijskog kapaciteta. (Sofilić 2014)

4.6. Biološko – regulacijska funkcija tla

Tlo je važno kao stanište mnogih biljnih i životinjskih vrsta, te kao takvo predstavlja temelj biološke raznolikosti. Svi organizmi koji se nalaze u tlu doprinose odvijanju globalnih procesa bez kojih život ne bi bio moguć. Nigdje u prirodi mikro i makro organizmi nisu raspoređeni tako gusto kao u zajednicama u tlu. Brojnost organizama u tlu je veća od svih ekosustava koji se nalaze iznad tla (Blum, 2005.).

Prema Sofiliću (2014.) tlo, koje nije onečišćeno, može sadržavati nekoliko vrsta kraljeznjaka, gujavica, grinja, kukaca, na desetke vrsta nematoda, stotine vrsta gljiva, te tisuće vrsta bakterija i aktinomiceta. Fauna tla (Slika 11.) obuhvaća brojne makroorganizame koji su isključivo heterotrofi (hrane se mikroorganizmima, biljnim ostacima ili korijenom viših biljaka pa mogu djelovati i kao štetnici).

Najveće, nenadoknadivo značenje imaju kišne gujavice koje prozračuju i dreniraju tlo. Na taj način formiraju vrijedne strukturne agregate i pouzdan su indikator povoljnog stanja u tlu (Sofilić, 2014.).

Tlo koje je dobre kvalitete, mora imati primjerenu biološku aktivnost koja neminovno uključuje veliku biološku raznolikost tla.



Slika 11. Prikaz raznolikosti pedofaune.

(Izvor: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/soil-biodiversity>)

4.7. Prostorna uloga tla

Tlo je oduvijek služilo čovjeku u zadovoljavanju njegovih životnih potreba, te je tako pedosfera u povijesti osiguravala prostor za bavljenje poljoprivrednom i šumarskom djelatnošću, izgradnju naselja, industrijskih i poslovnih prostora, prometnica, itd. (Blum, 2005.).

U usporedbi sa ostalim ekološkim aspektima, kao što su voda i zrak, ljudi su prisvojili tlo od najranijih vremena. Neki jezici, poput njemačkog, pojmove zemlja (Land) i tlo (Boden) koriste kao sinonime. Time se dokazuje da tlo predstavlja jedan od najbitnijih materijalnih i kulturnih izvora za ljude (Nortcliff i sur., 2011.).

Prema Van -Campu i sur. (2004.) oko 2 % površina tla u Europi se nalazi pod zgradama (0,5 % u Irskoj, 12 % u Mađarskoj, 13 % u Italiji i do 14 % u Nizozemskoj). Ovakve površine su trajno izgubljene za primarnu organsku produkciju te se tretiraju kao trajni gubitak tla.

Osim navedenih načina korištenja tla, ono se također koristi za odlaganje otpada i taloženja kanalizacijskog mulja. U početku je to bio otpad iz kućanstva, ali razvojem civilizacije dolazi do odlaganja raznovrsnijeg tipa otpada koji sve više onečišćuje okoliš i tlo. No, najveći problem predstavljaju divlja odlagališta na koja se nekontrolirano odlažu razne vrste otpada. (Slika 12.)



Slika 12. . Prikaz jednog od neslužbenih odlagališta otpada.

(Izvor: <http://www.marija-bistrica.hr/clanci/pregled/sustav-zaprimanja-obavjesti-o-nepropisno-odbacenom-otpadu-i-evidencija-lokacija-odbacenog->)

Tlo također služi i u oblikovanju krajobraza, tj. određenog područja vidljivog ljudskim okom koje je rezultat djelovanja i međudjelovanja prirodnih i/ili ljudskih čimbenika. Krajobraz određenog područja, tj. njegov izgled, određen je temeljnim fizičko-geografskim elementima, ponajprije reljefom, vodama i biljnim pokrovom, te djelovanjem čovjeka i intenzitetom njegova rada i prisutnosti. Krajobraz ima vrlo bitnu ulogu u području kulture, ekologije, te predstavlja bogatstvo koje pogoduje gospodarskoj aktivnosti, posebice turizmu (Slika 13.).

U oblikovanju krajobraza glavnu ulogu ima tlo koje svojim značajkama određuje opcije za moguće načine korištenja prostora. Čovjek neprestanim razvojem poljoprivrede, šumarstva, industrije, rudarstva, prometa, infrastruktura, turizma, itd., nažalost izravno utječe na kvalitetu tla. Stoga u prostoru pronalazimo sve manje izvornih prirodnih krajobraza čija zaštita nije zadovoljavajuća (npr. ograđivanje nacionalnih parkova i rezervata i sl.) (Blum, 2005., Sofilić, 2014.).



Slika 13. . Raznolikost krajobraza unutar Republike Hrvatske.

(Izvor: http://biologija.unios.hr/webbio/wp-content/uploads/2012/materijali/zpio/krajobraz_20120316.pdf)

Hrvatska je zemlja koja je uistinu bogata raznolikim krajobrazima, te je njen prostorni izgled rezultat djelovanja najraznovrsnijih prirodnih čimbenika i raznih oblika ljudskog djelovanja. Jedan od primarnih ciljeva trebala bi biti zaštita krajobraza i održavanje njihovih karakterističnih obilježja, a zaštita krajobraza je neodvojiva od zaštite tla (Sofilić, 2014.).

4.8. Tlo u funkciji izvora sirovina

Tlo predstavlja značajan izvor sirovina posebice u građevinarstvu. Iz tla se crpi pijesak, glina, šljunak itd. Eksploatacijom navedenih sirovina dolazi do oštećenja tla otvorenim kopovima, odnosno prekrivanjem tla istim materijalima što dovodi do značajnog oštećenja tla. U Europi je uništeno 0.05 -0.10 % površina kopovima za potrebe rudarstva (Van – Camp i sur., 2004.).



Slika 14. Ležište pijeska

(izvor: http://www.opb.com.hr/literatura/OGT/IJ-03_Funkcije%20tla.pdf)

4.9. Tlo kao povijesni medij

Tlo koje nas okružuje je golemi povijesni arhiv jer se u njemu, a i na njemu, nalaze stotine tisuća promjena nastalih prirodnim procesima i ljudskom djelatnošću. Tako je tlo nalik pisanom dokumentu koji sadrži različite znakove uz pomoć kojih je moguće rekonstruirati povijest, pronaći tragove geneze koji daju uvid u tvorbe tla i njegove evolucije, ili tragove života, kao što su ostatci polena bilja ili paleontološki materijal, koji omogućavaju rekonstrukciju uvjeta nekog područja.



Slika 15- Prikaz arheoloških iskapanja.

(Izvor: <https://pozeska-biskupija.hr/2018/07/30/vazna-arheoloska-otkricka-u-starom-gradu-pozeskoga-kaptola/>)



Slika 16. Rudinska glava- nalaz s područja požeško-slavonske županije.

(Izvor: <http://www.iarh.hr/hr/tereni/rudina/>)

Također, arheološki ostatci služe kao izvori informacija za rekonstrukciju života čovjeka. Iskapanjem artefakata dobiva se jedinstven izvor podataka za razna razdoblja ljudske povijesti (Slika 15. i 16.) (Kisić, 2012., Sofilić, 2014.).

5. ZAKLJUČAK

Tlo je najveći i najznačajniji prirodni resurs čovječanstva, čijim pretjeranim i neodgovornim korištenjem dolazi do njegove degradacije. Briga o zemljišnim resursima, prirodnim bogatstvima i biološkoj raznolikosti trebala bi postati odgovornost cjelokupne društvene zajednice.

Tlo je nositelj brojnih funkcija neophodnih za život na Zemlji jer osigurava hranu, biomasu, izvor je sirovina, stanište brojnih organizama te ujedno skladišti, filtrira i izmjenjuje hranjive tvari, vodu i ugljik. Esencijalni je medij o kojem ovisi bioraznolikost i općenito održivost ekosustava.

Tlo je izuzetno važno u ublažavanju klimatskih promjena, jer uz oceane i karbonatne stijene, tlo predstavlja glavni izvor i skladište ugljika. Kao izrazito složen medij podložan je procesima degradacije i prijetnjama koje u kratkom razdoblju mogu ozbiljno ugroziti i onesposobiti njegove funkcije. Posljedice se očituju kroz procese degradacije kao što su dezertifikacija, smanjenje plodnosti, salinizacija, onečišćenje, itd.

Degradacija tla dovodi do smanjenja ili onesposobljavanja funkcija tla čime su direktno ugrožene i usluge ekosustava. Stoga je nužno zaštititi tlo i očuvati njegove prirodne funkcije na način da se spriječe degradacijski procesi koji do njih dovode.

S obzirom na važnost tla kao ograničene i nenadomjestive osnove života koje tlo ima za čovjeka nužan je održivi pristup pri korištenju tla na način da se tlo štiti od ugrožavanja i razaranja njegovih mnogostrukih funkcija. Potrebno usklađivanje svih funkcija tla više nije samo znanstveno, nego političko i društveno pitanje. Održiva uporaba tla moguća je samo vremenskom i / ili prostornom (lokalnom ili regionalnom) harmonizacijom u namjenama svih funkcija tla, isključujući ili minimizirajući one postupke koji dovode do degradacije tala.

Potrebno je što prije ograničiti degradaciju tla provođenjem nacionalnih politika o očuvanju tla, te raznim edukacijama o tlu za sve one koji su izravno uključeni u gospodarenje tлом, kao i poboljšanjem društvene svijesti o tlu, njegovoj važnosti i ulozi.

6. POPIS LITERATURE:

1. Bašić, F. (2009.): Oštećenje i zaštita tla, 2.izdanje, Agronomski fakultet sveučilišta u Zagrebu.
2. Blum, W.E.H. (2002.): The role of soils in sustaining society and the environment: realities and challenges for the 21st century. 17th WCSS, August 2002, Thailand.
3. Blum, W.E.H. (2005.): Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 4(3):45-79.
4. Blum, W.E.H., Warkentin, B.P., Frossard, E. (2006.): Soil, human society and the environment. Geological Society, London, Special Publications, 266- 1-8.
5. Gračanin, Z. (1994.): Tla-ugroženi dio čovjekova okoliša. *Agronomski glasnik*, 1-2/1994.
6. Jenny, H. (1941.): *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*. Dover Publications, New York, 281 p.
7. Jug, I. (2014.): Sastav i agrokemijska svojstva tla. Prezentacija za studente iz modula „Osnove tloznanstva i biljne proizvodnje“. (<http://ishranabilja.com.hr/literatura/tloznanstvo/sastav%20i%20agrokemijska%20svojstva%20tla.pdf>) (Datum pristupa: 26.07.2020.)
8. Kisić, I. (2012.): Sanacija onečišćenoga tla. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 16-43., 271.
9. Lončarić, Z. (2012.): Plodnost tla i gnojidba. Zbornik radova 11. savjetovanja uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj.
10. Nortcliff, S., Hulpke, H., Bannick, C.G., Terytze, K., Knoop, G., Bredemeier, M., Schulte-Bisping, H. (2011.): Soil, Definition, Function, and Utilization of soil. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
11. Pevalek-Kozlina, B. (2003.): Fiziologija bilja, Profil International, Zagreb, str. 76-82, 98-104., 554.
12. Sofilić, T. (2014.): Onečišćenje i zaštita tla. Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, str. 10-47., 146.
13. Špoljar, A. (2007.): Tloznanstvo i popravak tla, 1. dio. Interna skripta. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima. Križevci
14. Van – Camp, L., Bujarrabal, B., Gentile, A. R., Jones, R. J. A., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S. K. (2004.): Reports of the Technical Working Groups

Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/5, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

15. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011.): Ishrana bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek, str. 13-25., 442.
16. Vukadinović V., Vukadinović V. (2016.): Tlo, gnojidba i prinos. Osijek str. 9-65., 271.
17. Vukadinović V., Vukadinović V. (2018.): Zemljišni resursi. Osijek str. 30-65., 181.