

**Faktori biljne proizvodnje**

Klima	Tlo	Usjev
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oborine               <ul style="list-style-type: none"> <li>- količina</li> <li>- raspored</li> </ul> </li> <li>• Temperatura</li> <li>• Humidnost</li> <li>• Svjetlo               <ul style="list-style-type: none"> <li>- intenzitet</li> <li>- kvalitet</li> <li>- duljina dana</li> </ul> </li> <li>• Altituda</li> <li>• Latituda</li> <li>• Vjetar               <ul style="list-style-type: none"> <li>- brzina</li> <li>- raspored</li> </ul> </li> <li>• CO<sub>2</sub> konc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Organska tvar</b></li> <li>• <b>Tekstura</b></li> <li>• <b>Struktura</b></li> <li>• <b>CEC</b></li> <li>• <b>Saturacija bazama</b></li> <li>• <b>Topografija</b></li> <li>• <b>Nagib</b></li> <li>• <b>Temperatura tla</b></li> <li>• <b>Obrada</b></li> <li>• <b>Drenaža</b></li> <li>• <b>Dubina soluma</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vrsta/ kultivar</li> <li>• datum sjetve</li> <li>• Količina sjemena</li> <li>• Raspored biljaka</li> <li>• Kvalitet sjemena</li> <li>• Evapotranspiracija</li> <li>• Raspoloživost vode</li> <li>• Ishrana</li> <li>• Zaštita               <ul style="list-style-type: none"> <li>- insekti</li> <li>- bolesti</li> </ul> </li> <li>• Efikasnost žetve</li> </ul>

- Plodnost tla je stanje tla koja označava njegovu sposobnost da biljkama osigura smještaj uz odgovarajuće toplinske uvjete, povoljne vodozračne odnose i dovoljnu opskrbu biljkama biogenim (neophodnim) elementima ishrane

- Razlikujemo
  - **Potencijalnu plodnost** (ukupnu plodnost)
  - **Efektivnu plodnost** (produktivnost tla) - označava sposobnost tla da osigura biljkama potrebne uvjete za rast i razvitak

- plodnost tla se može podijeliti i prema drugim kriterijima (Mihalić i Bašić, 1997.) na:

- primarnu plodnost – kod tala pod prirodnom vegetacijom
- prirodnu plodnost – dolazi do izražaja nakon iskorištenja primarne plodnosti (javlja se kao rezultat prirodnih značajki tipa tla: dubina, tekstura, dreniranost, itd.)
- tradicionalnu plodnost – kod tradicionalnog načina gospodarenja tlom
- tehnološku plodnost – pod jakim antropogenim utjecajem (rigosol, vitisol, itd.)

- Za opisivanje produktivnosti tla koriste se različiti parametri (indikator ili atributi):

- a) Jednostavni :
  1. dubina,
  2. nagib,
  3. pH
  4. količina oborina,
- b) Složeni : - interakcije nekoliko jednostavnih, npr. kapacitet za vodu, propusnost tla ili prirodna plodnost.

- Korištenje tla u poljoprivrednoj biljnoj proizvodnji može se opisati *ključnim atributima*:
  - biološko-ekološkog (agronomskog),
  - sociološko-ekonomskog i
  - tehničko-tehnološkog karaktera.
- Njihov složen međusobni odnos zahtijeva multidisciplinarni pristup u kvantifikaciji i analizi produktivnosti tla te veliki broj različitih podataka o njemu.

#### Definicija tla

- Tlo je površinski sloj Zemljine kore izmjenjen zajedničkim utjecajem klime, zraka, vode, biljaka i životinja (Dokutchaev)
- Prema *Mitscherlichu*, tlo je smjesa praškastih i čvrstih čestica, vode i zraka, koja, opskrbljena hranivima, može biti nositelj vegetacije
- *Kovda* definira tlo kao rastresit sloj Zemljine kore sposoban za stanište biljkama
- *Hissink* smatra kako je tlo s ekološkog aspekta, onaj sloj Zemljine kore koji nosi biljke

- TLO JE RASTRESIT SLOJ NA POVRŠINI ZEMLJE SMJEŠTEN IZMEĐU LITOSFERE I ATMOSFERE, NASTAO OD MATIČNE STIJENE POD UTJECAJEM PEDOGENETSKIH PROCESA I ČINITELJA

- Faktori tvorbe tla:

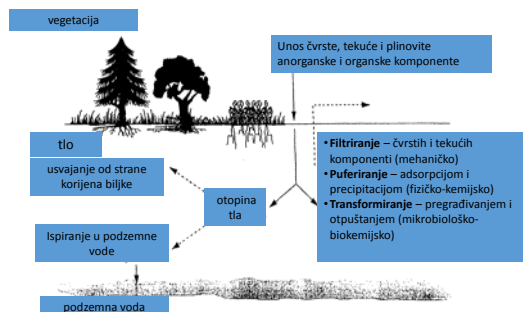
- matični supstrat
- klima i reljef
- biljke i životinje
- antropogeni utjecaj

### GLOBALNA ULOGA TLA

- Prema *Kovdi i Rozanovu (1988.)* pedosfera i tlo kao njezine sastavnice imaju slijedeće najvažnije uloge:
  1. Uvjetuju i osiguravaju postojanje života na Zemlji.
  2. Osiguravaju postojanje uzajamnog djelovanja velikog geološkog i malog biološkog kruženja tvari na zemljinoj površini.
  3. Reguliraju kemijski sastav atmosfere
  4. Reguliraju biosferne procese
  5. Akumuliraju aktivnu organsku tvar i s njom kemijsku energiju (humusne tvari) na zemljinoj površini.

- Prema *Blumu*, pedosfera ima slijedeće globalne uloge:

1. Proizvodna
2. Filtarsko-pufersko-transformacijska



3. Genofondska - genofond (grč.+franc.), ukupnost gena u populaciji, skupini populacija ili vrsti.  
Pedosfera je segment biosfere najbogatiji organizmima
4. Infrastrukturna - tlo je "nosač" svih objekata ljudskog rada
5. Sirovinska - glina, šljunak, pijesak i mineralne sirovine iz pedosfere

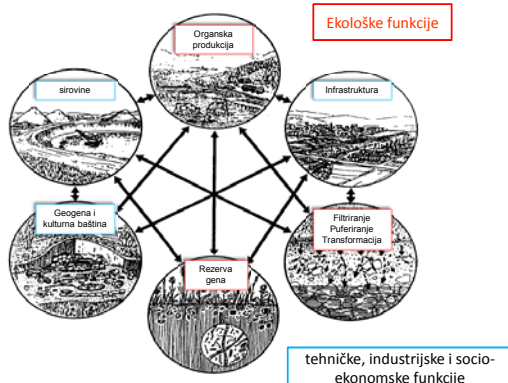


- Prema nomenklaturi organizacije Alpe –Adria, uloga tla kao supstrata biosfere sastoji se od slijedećih funkcija:

1. PROIZVODNA FUNKCIJA - tlo kao stanište biljaka.
2. BIOTOPSKA FUNKCIJA - tlo kao životni prostor za mikroorganizme i životinje, dio životnog prostora biocenoze.
3. TRANSFORMACIJSKA FUNKCIJA - pretvorba tvari u tlu procesima raspadanja, izgradnje, fiksacije i mobilizacije.
4. FUNKCIJA REGULIRANJA - tlo kao regulator tvari i kruženja tvari u prirodi; tlo je snažan regulator dušika, vode i topline u ekosferi.

5. FILTARSKO-PUFERNA FUNKCIJA - tlo kao filter iskazuje se kroz osnovne fizikalne, kemijske, fizikalno-kemijske i biokemijske procese koji se u njemu odigravaju.
6. SIROVINSKA FUNKCIJA - supstance tla kao sirovine (treset, glina, šljunak, pijesak itd.)
7. FUNKCIJA GRADILIŠTA - tlo kao stanište građevina, tehničkih postrojenja i prometnica.

- Okolišna, socijalna i ekonomska funkcija tla - *Blum (2005)*



## ULOGE TLA

### 1. Proizvodno – gospodarska uloga (uloga tla u tvorbi organske tvari)

- najvažnija uloga tla – opskrba biljaka hranivima, vodom i zrakom, što omogućuje primarnu produkciju organske tvari (fotosinteza)
- primarni zadatak poljoprivredne proizvodnje je osiguravanje dovoljne količine hrane
- Proizvodnjom organske tvari u poljoprivredi čovjek pokriva svoje prehrambene i neprehrambene potrebe

- Prema *Blumu*, poljoprivreda i korištenje tla u poljoprivredi značajno utječu na ukupan život zajednice uz pomoć neproizvodnih učinaka – očuvanje okoliša, stvaranje uvjeta za turističku djelatnost, oblikovanje krajobraza, čuvanje tradicije, itd.
- Poljoprivredna proizvodnja načinom iskorištavanja tla utječe na okoliš – na prirodne i antropogenizirane terestičke i akvatične ekosustave (ekološka uloga)
- Prema *Bašiću (2012.)* od tla se traži nova uloga: obnovljiva, gospodarski, socijalno i ekološki održiva proizvodnja biogoriva što predstavlja dodatni pritisak na (pre)opterećeno tlo



## 2. Ekološko – regulacijska uloga tla

### I. Tlo kao akceptor i akumulator

- Tlo zauzima značajno mjesto u biološkom kruženju tvari i energije. S obzirom na smještaj između litosfere i atmosfere, te neposredan dodir s biosferom i hidrosferom, tlo ima ulogu prijarnika (akceptora) i sakupljača (akumulatora) tvari (teški metali, organska onečišćenja, itd) koje se hotimično ili nehotice, kontrolirano ili kao posljedica prirodne katastrofe, emitiraju u okoliš, a ekološki su relevantne za sve članove biosfere i sastavnice okoliša bilo da imaju pozitivan ili negativan utjecaj.

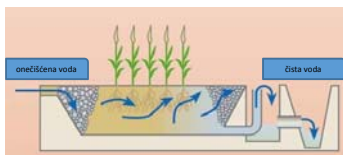
### II. Tlo kao izmjenjivač (transformator) onečišćenja

- Sve tvari koje padnu na tlo, posebice organske (PAH, pesticidi, lišće, žetveni ostaci, itd.) mikrobiološki kompleks tla može izmjeniti, te se u tome ogleda uloga tla kao transformatora raznih onečišćenja.
  - Zahvaljujući transformacijskoj ulozi, tlo ragrađuje žetvene ostatke na poljoprivrednim tlima
- ### 3. Tlo kao pufer
- tlo djeluje kao snažan puferski sustav inaktivirajući sve tvari koje naglo ulaze u njegovu masu ili se oslobađaju mineralizacijom organske tvari te sprječavaju stresne promjene u tlu

- kisele sastavnice tlo puferira pomoću kationa i na taj način se odupire naglim i većim promjenama reakcije tla.
- vezivanje stranih tvari na AK
- 4. Tlo kao prirodni pročištač (filter) za vodu
- tlo čisti oborinsku vodu štiteći na taj način pitku podzemnu vodu od onečišćenja (65 % stanovništva Europe koristi pitku vodu iz podzemnih voda)
- najštetniji onečišćivači – nitrati (rješenje = sjetva *catch crops* tj. „usjeva hvatača” koji „vežu” nitrate; primjena ograničenih doza dušičnih gnojiva, vremena primjene i oblika)

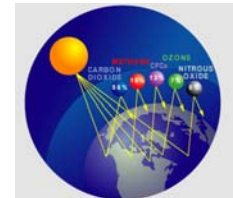
- učinak filtracije ovisi o sorpcijskoj sposobnosti tla, tj. o mehanizmu (fizikalne, mehaničke, kemijske i biološke) sorpcije
- ✓ Fizikalna sorpcija: držanje fizikalnim silama – površinska napetost vode, higroskopne sile, kapilaritet -tvari se zadržavaju duže vremena, dovoljno da se vežu mehanizmom kemijske sorpcije, ili da ih usvoji biljka, te na taj način iznese iz tla
- ✓ Kemijska sorpcija: niz kemijskih reakcija - onečišćenje prelazi u netopiv-ekološki bezopasan oblik, ili u onaj iz kojeg će se onečišćenje oslobađati tako sporo da ne škodi okolišu, biljci, čovjeku

- ✓ Biološka sorpcija: vezanje ekološki rizičnih tvari u žive organizme, poglavito biljnu i mikrobnu masu -sprječava se ispiranje tih tvari u podzemnu vodu, te se čisti tlo od njih, napose odstranjivanjem biljne mase s tog tla
- uzgoj biljaka „hiperakumulatora” – FITOEKSTRAKCIJA ONEČIŠĆENJA



#### 5. Klimatsko regulacijska uloga tla

- tlo je važna karika u lancu biotransformacije organskog ugljika, te snažno utječe na sadržaj CO<sub>2</sub>, metana, i drugih plinova koji uzrokuju „efekt staklenika”



- usprkos niskom sadržaju humusa u tlima, humus je vrlo važan kao hrana i energetski izvor mikroorganizmima, kao „glavni” upravljač kemijskim i biološkim procesima

- količina organskog ugljika u tlu je tri puta veća u odnosu na nadzemnu masu
- upravljanje org. ugljikom u tlu: vezanjem u biljne ostatke i zadržavanjem na tlu u obliku malča ili stimuliranjem humifikacije koristeći fertilizacijsku vrijednost organske tvari (stimuliranjem mineralizacije)
- povećane količine CO<sub>2</sub> u atmosferi dovode do globalnog zatopljenja (oko 25 % ukupno emitiranog ugljika potječe iz tla)
- u budućnosti – regulacije količine ugljika emitiranog u atmosferu

#### 6. Tlo kao izvor sirovina

- tlo je značajan izvor sirovina, posebice u građevinarstvu (iskop kamena, proizvodnja cigle, iskop gline, šljunak, pijesak, boksit, treset, itd.)
- eksploatacijom navedenih sirovina dolazi do oštećenja tla otvorenim kopovima, odnosno prekrivanjem tla istim materijalima
- u Europi je uništeno 0.05 -0.10% površina kopovima za potrebe rudarstva



proizvodnja cigle

Panorama ležišta  
ciglarske gline Rečica



Ležište pijeska  
Brezovi Rebar, Karlovac



## 7. Prostorna uloga tla

### I. Tlo kao prostor za naselja i infrastrukturu

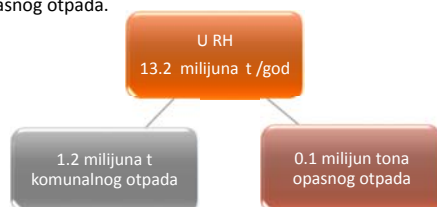
- pedosfera pruža mogućnost širenja urbanih područja, prometnica, rekreacijskih površina, itd.
- U Europi – oko 2 % površina je pod zgradama (prema *Van-Camp-u, 2004.* - 0.5 % u Irskoj; 12 % u Mađarskoj; 13 % u Italiji; 14 % u Nizozemskoj)
- ovakve površine su trajno izgubljene za primarnu organsku produkciju, te se tretiraju kao trajni gubitak tla
- važno je pravilno odabrati lokaciju za izgradnju cesta, zgrada, itd.

### II. Tlo kao medij za odlaganje otpada

- industrijski otpad i otpad iz kućanstva
- djelotvornost odlagališta ovisi o lokaciji, što spada u vrlo stručno i delikatno pitanje:
  - ❖ blizina drugih objekata
  - ❖ blizina zaštićenih prirodnih površina
  - ❖ vodozaštitna područja
  - ❖ spomenici kulture, itd.

Odabrana lokacija mora isključivati mogućnost emisije onečišćenja u okoliš, treba sadržavati dovoljnu količinu koloidnih tvari (montmorionitna glina i zreli ili blagi humus)

- ukoliko prirodno ne ispunjava ovaj uvjet, potrebno je postaviti sloj materijala koji vežu onečišćenja (trest, zeolitni materijali, itd.)
- ukupna količina otpada u Europi kreće se oko 3000 milijuna tona, od čega je 306 milijuna komunalnog otpada, a oko 30 milijuna tona opasnog otpada.







Life Cycling Thinking – LCT (Promišljanje cjelovitog ciklusa PCC)

na prvo mjesto stavlja promjenu načina razmišljanja uzimajući u obzir cjelovit ciklus proizvoda ili procesa te njegove učinke na okoliš u svim stadijima

**8. Uloga tla u oblikovanju krajobraza**

- čovjek je mjenjajući prirodnu vegetaciju, a uvodeći poljoprivredu, stvorio kulturni krajobraz prilagođen prirodnim prilikama, obogativši prostor i čineći ga prihvatljivim i privlačnim za ruralni turizam

krajobraz koje je formirao čovjek  
*anthroscape*



prirodni krajobraz  
*landscape*



**9. Tlo kao povijesni medij**

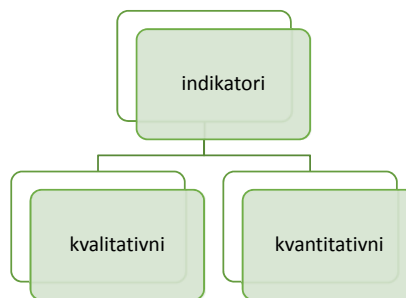
- u tlu su konzervirani različiti arheološki artefakti i paleontološki materijali koji omogućuju rekonstrukciju prirodne povijesti i uvjeta za život na nekom području





Osijek

- Funkcije tla su teško mjerljive direktnim putem, već se mjere preko indikatora (pokazatelja) kvalitete tla



- Prema *Doranu i Parkinu, 1996.*, idealni indikator bi trebali:
  - dobro kolerirati s procesima u ekosustavu
  - biti integrirani u fizikalna kemijska i biološka svojstva i procese
  - biti pristupačni brojnim korisnicima
  - biti osjetljivi na menadžment i klimu
  - biti sastavni dio postojeće baze podataka
  - biti interpretativni

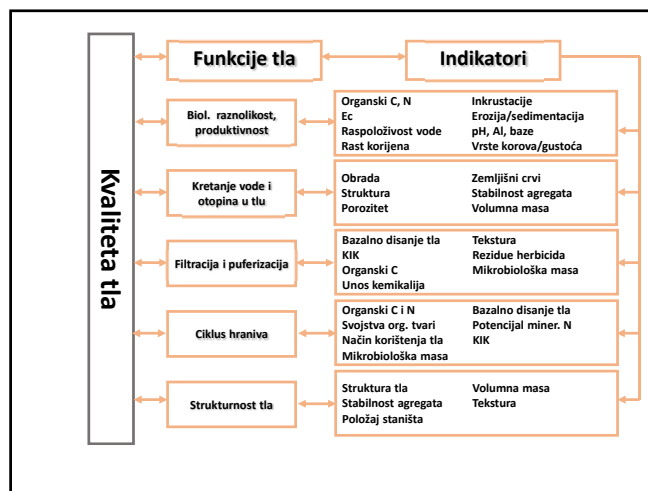
#### Indikatori kvalitete tla

fizikalni	kemijski	biološki
tekstura tla	organska tvar tla	mikrobiološki C i N
dubina tla	pH reakcija tla	potencijal mineralizacije
zona ukorjenjivanja	Ec	disanje tla
infiltracija	bioraspoloživi N, P i K	sadržaj vode
gustoća tla		temperatura tla
retencijski kapacitet tla za vodu		

*(Doran and Parkin, 1994)*

- odnosi između vrste indikatora i funkcije tla

indikator	odnos između indikatora i funkcije tla
kemijski	ciklus hraniva, voda, puferizacija
fizikalni	fizikalna stabilnost, voda, stanište
biološki	biološka raznolikost, ciklus hraniva, filtracija



- Tlo je najveći i najznačajniji prirodni resurs cjelokupnog čovječanstva.
- Pretjeranim ili neodgovornim korištenjem tla dolazi do pada produktivnosti i konačno destrukcije tla.
- Proces upropaštavanja tla je najčešće jednosmjern, bez realne mogućnosti vraćanja u prethodno stanje
- Promjene su naoko "male", što smanjuje pozornost i odlaže pravovremeno poduzimanje mjera za zaustavljanje destruktivnih procesa.

- Izrazito je složen i kompleksan medij podložan procesima degradacije i prijetnjama koje u kratkom vremenskom razdoblju mogu ozbiljno ugroziti i onesposobiti njegove funkcije.
- Posljedice se očituju kroz smanjenje plodnosti tla, biološke raznolikosti, kakvoće zraka i vode, te klimatske promjene.
- "TLO JE KLJUČ PRIRODNOG RESURSA" (Denning-Rowell 1994.) a zaštita tla jedno je od ključnih pitanja zaštite čovjekova okoliša

Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07) navodi:

Članak 10:

- *Tlo je neobnovljivo dobro i mora se koristiti održivo uz očuvanje njegovih funkcija. Nepovoljni učinci na tlo moraju se izbjegavati u najvećoj mogućoj mjeri.*

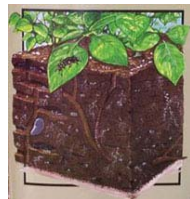
Članak 20:

- (1) *Zaštita tla obuhvaća očuvanje zdravlja i funkcija tla, sprječavanje oštećenja tla, praćenje stanja i promjena kakvoće tla te saniranje i obnavljanje oštećenih tala i lokacija.*
- (2) *Onečišćenje odn. oštećenje tla smatra se štetnim utjecajem na okoliš, a utvrđivanje prihvatljivih graničnih vrijednosti kakvoće tla provodi se na temelju posebnih propisa.*

- Tematskom strategijom za zaštitu tla (Thematic Strategy for Soil Protection, Communication COM(2006) 231) Europska komisija identificirala je 8 najznačajnijih prijetnji prema tlu:

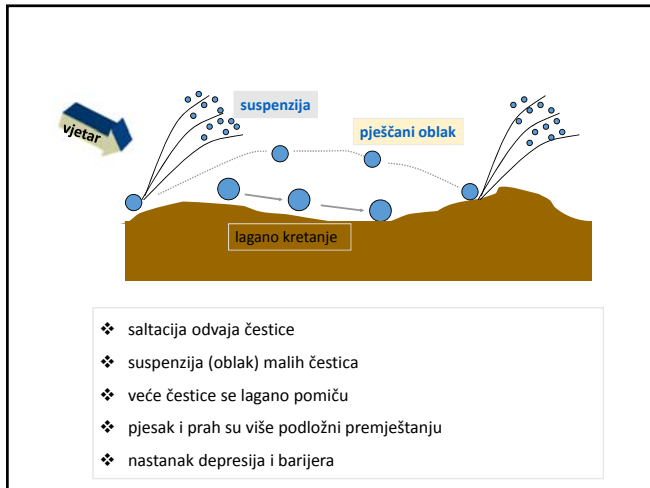
- erozija,
- smanjenje organske tvari,
- onečišćenje,
- zaslanjivanje,
- zbijanje,
- gubitak biološke raznolikosti,
- prenamjena,
- plavljenja i klizišta.

- [Smanjenje organske tvari i biološke raznolikosti](#) – ocjenjuje se sadržajem ukupnog ugljika, odnosu ugljika i dušika, te volumnom gustoćom tla.



- [Erozija tla](#) – ovisi o volumnoj gustoći tla, gustoći čvrste faze, ukupnoj poroznosti, propusnosti tla za vodu i sadržaju ukupnog ugljika.





- **Onečišćenje tla** – promatra ukupan i pristupačan sadržaj teških metala i potencijalno toksičnih elemenata (Fe, Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Zn) te postojećih organskih onečišćivača (PAH, PCB, triazinski herbicidi, organoklorni pesticidi).
- **Zbijenost tla** – definiraju volumna gustoća tla, mehanički sastav, kapacitet tla za zrak, kapacitet tla za vodu, struktura, propusnost tla za vodu, sadržaj ukupnog ugljika.

- **Zaslanjivanje tla** – ovisi o kiselosti tla, električnoj vodljivosti, sadržaju soli, kapacitetu zamjene kationa, propusnosti tla za vodu, kapacitetu tla za vodu, kemijskom sastavu procjedne vode i sadržaju ukupnog ugljika.



- **Klizišta** – ovisi o mehaničkom sastavu, strukturi te propusnosti tla za vodu
- 
- **Prenamijena tla**

- Prvi korak u zaštiti tla i očuvanju prirodnih funkcija tla te sprečavanju degradacijskih procesa je **praćenje stanja i promjena svojstava tla.**
- **trajno motrenje tala** podrazumijeva kontinuirano praćenje određenih parametara tla sa svrhom prikupljanja informacija o promjenama stanja i karakteristika tla te identifikacije oblika i intenziteta degradacije tla.
- Bez razvoja sustava kojim bi se trajno periodično prikupljale informacije o negativnim promjenama u tlu, ne mogu postojati ni pravovremene reakcije kojima bi se te promjene sprječavale ili ublažavale.

## STUPNJEVI DEGRADACIJE TALA

STUPANJ OŠTEĆENJA			
I SLABO	II OSREDNJE	III TEŠKO	IV NEPOVRATNO
LAKO OBNOVLJIVO- REVERZIBILNO	TEŠKO OBNOVLJIVO- UVJETNO REVERZIBILNO	NEOBNOVLJIVO - IREVERZIBILNO	TRAJNI GUBITAK TLA

### I SLABO, LAKO OBNOVLJIVO – REVERZIBILNO OŠTEĆENJE

Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice oštećenja
DEGRADACIJA TALA U INTENZIVNOJ ORANIČNOJ PROIZVODNJI	1. DEGRADACIJA FIZIKALNIH ZNAČAJKI ANTROPOGENIM ZBIJANJEM	-poremećaji vodozračnih prilika -otežana penetracija korijena -povećan utrošak energije za obradu
	2. DEGRADACIJA KEMIJSKIH ZNAČAJKI	-pad prinosa -zakiseljavanje
	3. DEGRADACIJA BILOŠKIH ZNAČAJKI	-zaslanjivanje -fitotoksičnost, depresija rasta
	4. DEGRADACIJA TALA I AKVATIČNIH EKOSUSTAVA HIDROMELIORACIJAMA	-ugroženi akvatički ekosustavi -smanjena biogenost -poremećen odnos bioloških grupa mikroorganizama -infekcija tla

### II OSREDNJE, TEŠKO OBNOVLJIVO – UVJETNO REVERZIBILNO OŠTEĆENJE

Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice oštećenja
ZAGAĐENJE TLA - KONTAMINACIJA	1. TEŠKI METALI, POTENCIJALNO TOKSIČNI ELEMENTI	-hrana neupotrebjljiva za animalnu i humanu ishranu zbog mutagenih, kancerogenih i teratogenih efekata
	2. OSTACI PESTICIDA I PAH-a	-depresija rasta biljke
	3. PETROKEMIČKE	-fitotoksičnost
	4. RADIONUKLEOTIDI U TLU	-ugroženi drugi ekosustavi
	5. IMISIJSKA ACIDIFIKACIJA TALA	

### III TEŠKO – NEOBNOVLJIVO/IREVERZIBILNO OŠTEĆENJE TLA

Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice oštećenja
PREMJESTANJE TLA - TRANSLOKACIJA	1.EROZIJA VODOM I VIETROM 2.PREMJESTANJE RUDARSKIM KOPOVIMA, CIGLANAMA, EKSPLOATACIJOM KAMENA, ŠLJUNKA I PIJESKA 3.ODNOŠENJE TLA PLODINAMA 4.POSUDIŠTA TLA 5.PREKRIVANJEM TLA INDUSTRIJSKIM OTPADOM, SMEĆEM I PEPELOM 6.PREKRIVANJE DRUGIM TLOM 7.OŠTEĆENJE TLA ŠUMSKIM POŽARIMA	-gubitak dijela tla ili cijelog profila -promjena stratigrafije profila -smanjenje proizvodnih površina -smanjenje u obradi tla -povećana heterogenost pedološkog pokrivača -povećani troškovi proizvodnje -smanjen prinos -ugroženi drugi ekosustavi

### IV NEPOVRATNO OŠTEĆENO TLO - TRAJNI GUBITAK TLA

Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice oštećenja
PRENAMJENA TLA	1.IZGRADNJA URBANIH PODRUČJA 2.INDUSTRIJSKI, ENERGETSKI OBJEKTI, PROMETNICE, AERODROMI 3.HIDROAKUMULACIJE	-gubitak proizvodnih površina -smanjenje ukupnih poljoprivrednih površina -smanjena proizvodnja

Doran, J.W. and T.B. Parkin. 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In J.W. Doran and A.J. Jones, eds. *Methods for Assessing Soil Quality*. SSSA, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Doran, J.W., and T.B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, and B.A. Stewart (Eds.), Soil Sci. Soc. Am. Special Publication No. 35, Madison, Wisconsin, USA, pp. 3-21.