

Procesi degradacije, zaštita poljoprivrednih tala i monitoring tla

PROF. DR. SC. IRENA JUG

- Degradacija tla ima višestruke i složene učinke na globalno okruženje kroz niz izravnih i neizravnih procesa, koji utječu na veliki broj funkcija i usluga ekosustava.
- Posljedice degradacije očituju se kroz gubitak organske tvari, smanjenje plodnosti tla, smanjenje biološke raznolikosti, kvalitete zraka i vode, onečišćenje, prekrivanje i prenamjenu tla te klimatske promjene
- . Pojedini procesi degradacije tla imaju prirodne uzroke, ali se njihovo napredovanje višestruko ubrzava antropogenim utjecajem.

- Brojnost procesa koji dovode do degradacije tla ukazuje na postojanje brojnih pritisaka koji vode ka gubicima kvalitete ovog prirodnog resursa.
- Ovi procesi su vođeni visokom razinom društveno-ekonomskih i političkih potreba, uključujući gospodarski rast, demografske promjene, rast populacije, cijene roba, zabrinutost zbog energetske sigurnosti itd.
- Ključni čimbenici koji mogu utjecati na prirodu korištenja tla u budućnost, a time i na potencijal degradacije tla su: demografija, gospodarstvo, politika, tehnologija i klimatske promjene. degradaciju.

- Brojne studije i prognostički modeli predviđaju jačanje "pritiska" i intenziteta korištenja tla u budućnosti, čime se povećava i potencijal za njegovu daljnju degradaciju
- Ugroza uslijed klimatskih promjena globalnog je karaktera s izravnim i neizravnim utjecajem na regionalnoj i lokalnoj razini.
- Regije južne, jugoistočne i istočne Europe ubrajaju se u područja značajne ugroženosti klimatskim promjenama, s projekcijama daljnjeg porasta prosječne temperature zraka i smanjenja oborina, odnosno učestaliju pojavu sušnih razdoblja.

Degradacija fizikalnih značajki tla:

- kvarenje strukture
- smanjenje propusnosti tla
- sklonost formiranju pokorice

posljedice:

- pogoršavanje vodo-zračnih odnosa
- smanjena infiltracija
- vlažna tla – niža temperatura
- veća koncentracija CO₂
- otežana obrada tla

Degradacija kemijskih značajki tla:

- opadanje sadržaja humusa
- zakiseljavanje tla
- zaslanjivanje i/ili alkalizacija
- onečišćenje tla
- fitotoksični efekti i depresija rasta
- ugrožavanje akvatičkih ekosustava

Degradacija bioloških značajki tla:

smanjenje ukupne biogenosti tla

smanjenje biološke raznolikosti tla

poremećaj odnosa fizioloških skupina mikroorganizama

infekcija tla

**Degradacija fizikalnih svojstava
tla antropogenim zbijanjem**

- Veliki broj prohoda teških strojeva, posebice po vlažnom tlu dovodi do zbijanja tla i pogoršanja njegovih fizikalnih osobina, kvarenja strukture, poremećaja vodo-zračnih odnosa u zoni rizosfere, otežane penetracije korijena u dublje slojeve, te slabije korištenje hraniva.
- Posljedica zbijanja su i povećani troškovi obrade, povećan utrošak energije, a smanjena kvaliteta obrade.

- Kvarenje strukture može biti i posljedica pada sadržaja humusa, kao rezultata brže mineralizacije organske tvari u uvjetima intenzivne obrade ili lošeg "prometa" organske tvari.
- Stvaranje pokorice jedna je od ekoloških značajki sekundarnih posljedica antropogenih tala, koja uzrokuje poteškoće kod nicanja biljaka. Posebno su tome sklona tla bogata frakcijama praha, a siromašna humusom i kalcijem.

Degradacija kemijskih svojstava tla

- Ove promjene pripisuju se primjeni agrokemikalija (mineralna gnojiva, pesticidi, stimulatori rasta, desikatorji).
- Opadanje sadržaja humusa u tlu je redovita pojava u antropogeniziranim tlima, jer se kulturni klimaks sadržaja humusa nalazi na nižoj razini nego u prirodnom tlu.
- Uzroci opadanja humusa su: intenzivna obrada i aeracija, te primjena isključivo mineralnih gnojiva. Jedan od razloga je i odvajanje ratarske od stočarske proizvodnje, izvoženje ili spaljivanje žetvenih ostataka, te izostanak zelene gnojidbe (sideracije).

Acidifikacija (zakiseljavanje) tla je posljedica nekoliko čimbenika:

- primjena fiziološki kiselih gnojiva sa sve manje balasta, visoke doze gnojovke, ispiranje baza iz tla, imisijska acidifikacija ("kisele kiše").
- posljedice su: pad pH vrijednosti tla, gubitak Ca, pogoršanje fizikalnih i bioloških osobina tla, smanjenje plodnosti tla.

Zaslanjivanje tla

- Prema FAO/UNESCO karti ukupne površine *halomorfnih tala* na Zemlji iznose približno 831 miliona ha.
- Navodnjavanih površina ima 230 miliona ha, a od toga je 45 miliona ha zaslanjeno ili izloženo sekundarnom zaslanjivanju.
Izvor lakotopljivih soli može biti:
 - direktan (voda za navodnjavanje i zaslanjene ili alkalizirane podzemne vode)
 - indirektan (stijene zemljine kore i primarni minerali)

- Salinizacija u Hrvatskoj je ograničena na područje Slavonije i Baranje (istočni dio), dolinu Neretve i uski obalni pojas Dalmacije i otoka.
- Problemi salinizacije mogu se pojaviti zbog sve veća aridnosti (prijelaz semihumidne prema semiaridnoj klimi). Proizvodnja povrća u staklenicima, plastenicima i na navodnjavanim površinama također može biti rizična zbog sekundarne salinizacije.
- Navodnjavanje u Hrvatskoj ne predstavlja problem (0,5-1 % obradivih površina)

Fitotoksični efekti i depresija rasta

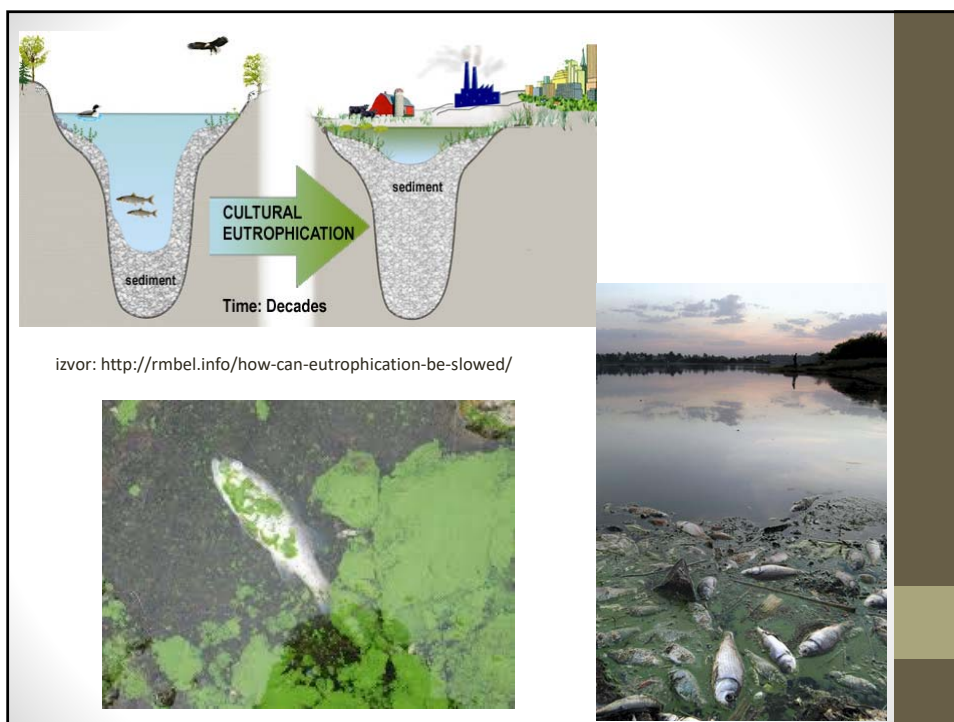
- Ovaj ekološki poremećaj posljedica je degradacije kemijskih značajki tla. To se posebice odnosi na utjecaj mobilnog aluminija na kiselim tlima, kao što su pseudogleji zapadne Hrvatske, te kiselu smeđa tla Posavine i Međimurja.
- Ovoj kategoriji oštećenja pripada i utjecaj rezidua pesticida koji u slučaju predoziranja, naročito na tlima slabe puferne moći, dovode do kontaminacije.
- Uzročnici ovih pojava spadaju u "difuzne" izvore zagađenja.

Ugrožavanje akvatičnih ekosustava

- Poljoprivreda može biti izvor zagađenja akvatičnih sustava zbog ispiranja hranjivih tvari iz mineralnih i organskih gnojiva, te pesticida (agrokemikalije).
- U podzemne vode se najviše ispiru topivi oblici dušika, posebice nitrati i nitriti, zbog negativne sorpcije u tlu. Mogu se isprati fosfor i kalij (ovisno o svojstvima tla), zatim baze (Ca, Mg, K i Na), a najmanje teški metali.
- Posljedica ispiranja je smanjena uporabljivost tih voda i njihova postupna eutrofikacija.

- Stoga je poljoprivreda registrirana kao difuzni izvor zagađenja, za razliku od točkastih izvora emisije štetnih tvari.
- Sve tvari koje se ispiru iz tla nisu same po sebi štetne, no one uzrokuju poremećaj odnosa pojedinih bioloških vrsta u vodi, favorizirajući jedne na račun drugih, a neke i uništavaju.





Degradacija bioloških svojstava tla

- Neki ekološki rizični zahvati u intenzivnoj oraničnoj proizvodnji značajni su uzročnici poremećaja bioloških svojstava tla. Zapaženo je smanjenje broja i aktivnosti ili čak potpunog nestanka *kišnih gujavica*, koje su dobar indikator plodnosti tla. Ispitivanja *mikrobiološke aktivnosti* tla u Hrvatskoj unazad 40 godina pokazuju pad ukupne biogenosti i *poremećeni odnos* važnijih fizioloških skupina mikroorganizama.
- Svaki od tih poremećaja uzrokuje usporenu transformaciju organske tvari (humifikaciju)

Infekcija tla

- Infekcija tla *patogenim mikroorganizmima* je pojava do koje dolazi kod primjene *svježih gnojovki* sa stočnih farmi na kojima se javljaju bolesti.
- Nema podataka o takvim infekcijama u našoj zemlji, a uporaba ovih gnojiva *zakonski je posebno regulirana*.
- Prema *Mihaliću (1987.)* virusi slinavke i šapa mogu u gnojovki preživjeti 103 dana, a afričke svinjske kuge čak 160 dana. Salmonella iz gnojovke aktivna je do deset mjeseci.

- 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.

Zemljište u širem smislu obuhvaća fizikalni prostor – tlo, klimu, hidrološke i geološke značajke, te vegetaciju u opsegu koji utječe na mogućnost korištenja, zatim rezultate prošle i sadašnje aktivnosti čovjeka sa ili bez društveno ekonomskih uvjeta

Tlo je samostalno “živo” i dinamičko prirodno povijesno tijelo, nastalo postupnim razvojem iz trošina stijena djelovanjem fizikalnih, kemijskih i bioloških procesa koji ovise o konstelaciji pedogenetskih faktora, temeljem čega tla poprimaju karakteristična svojstva

Poljoprivrednim zemljištem smatraju se poljoprivredne površine: oranice, vrtovi, livade, pašnjaci, voćnjaci, maslinici, vinogradi, ribnjaci, trstici i močvare kao i drugo zemljište koje se može privesti poljoprivrednoj proizvodnji.

PRAVILNIK O METODOLOGIJI ZA PRAĆENJE STANJA POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA, Zagreb 17. ožujka 2010.

Trajno praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta predstavlja stalno periodično praćenje fizikalnih, kemijskih i bioloških procesa u tlu s ciljem uočavanja negativnih posljedica, a radi njihove prevencije i ublažavanja, i organizirano je na postajama prve i druge razine.

Program trajnog praćenja stanja poljoprivrednog zemljišta obuhvaća:

- skup opisnih podataka koji se prikupljaju na postajama trajnog praćenja,
- parametre, metode i vremensku dinamiku za prikupljanje, analizu i obradu uzoraka i podataka,
- preporuke prostornog smještaja postaja trajnog praćenja i izradu financijske konstrukcije za provedbu ciklusa u trajanju od 9 godina.

Postaja trajnog praćenja stanja poljoprivrednog zemljišta je oblika kvadrata površine 750 m^2 ($27,39 \times 27,39 \text{ m}$) i smještena je na odabranoj poljoprivrednoj parceli ne manjoj od 5000 m^2 .

Postajom prve razine podrazumijeva se mjesto trajnog praćenja stanja koje svojim geomorfološkim položajem, pedosistematskom jedinicom i načinom korištenja reprezentira agroekološko područje, odnosno, poljoprivrednu podregiju u kojoj se nalazi.

Postaje prve razine trajnog motrenja raspoređene su na cijelom području Hrvatske tako da je svako agroekološko područje, odnosno, poljoprivredna podregija zastupljeno jednom postajom.

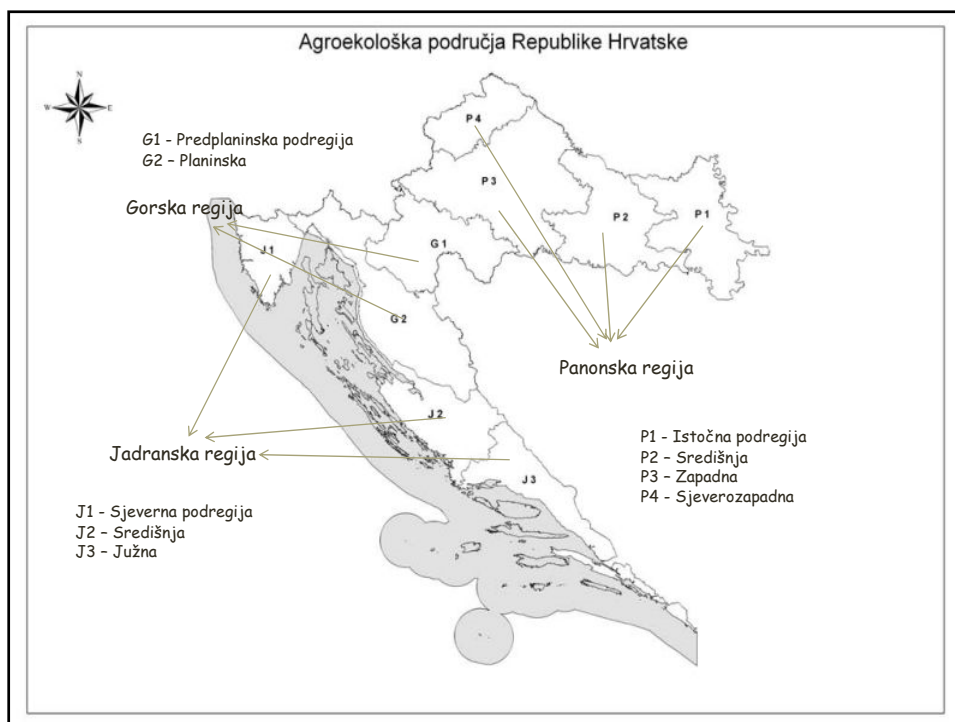
Postaju prve razine trajnog motrenja tala čine:

1. **ploha kvadratnog oblika** na čijim dijagonalama su postavljene točke za uzimanje pojedinačnih uzoraka tla,
2. **pedološki profil** s kojeg se uzimaju uzorci u porušenom i neporušenom stanju i prikupljaju podaci o endomorfološkim značajkama tla,
3. **lizimetar** ugrađen u tlo u kojemu se prikuplja procjedna voda.

Postaje druge razine predstavljaju mjesta trajnog praćenja stanja raspoređena unutar pojedinih agroekoloških područja, odnosno, podregija na način da u što većoj mjeri reprezentiraju njihove agroekološke uvjete. Broj postaja druge razine u pojedinoj podregiji ovisi o veličini njenih poljoprivrednih površina.

Postaju druge razine trajnog motrenja tala čine:

1. **ploha**
2. **pedološki profil**



- Klasifikacija tla vrši se na osnovu morfoloških svojstava utvrđenih na profilu tla i staništu, te na osnovu analitičkih podataka za fizikalna, kemijska i biološka svojstva, prema važećoj klasifikaciji tla u Hrvatskoj, kao i prema Svjetskoj Referentnoj Osnovci za tlo (World Reference Base for Soil Resources – WRB).
- Uzimanje uzoraka sa profila tla obuhvaća sve utvrđene horizonte.
- Ovisno o planiranim analizama uzorci se uzimaju u porušenom i neporušenom stanju s lica profila s kojega se prethodno obavlja i opis profila.

- Za svaki horizont uzima se određen broj uzoraka ovisno o planiranim vrstama laboratorijskih analiza i sprema u plastične vrećice.
- Kod pašnjaka se uzorci uzimaju s dubine
 - 0 – 10,
 - 10 – 20 i
 - 20 – 30 cm,neovisno o utvrđenim genetskim horizontima.
- Lizimetri se postavljaju prilikom otvaranja profila, na svakoj postaji prve razine ispod ekološke dubine.

- Parametri predstavljaju svojstva tla, indikatore kakvoće, čijim se promatranjem i mjerenjem u prostoru i vremenu kvantificiraju određene prijetnje prema tlu i njegovim funkcijama.
- Nakon **devet godina** završava se jedan ciklus trajnog praćenja stanja poljoprivrednog zemljišta.

Parametri i dinamika uzorkovanja tla

PRAVILNIK
O METODOLOGIJI ZA PRAĆENJE STANJA POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA

Parametri	Metoda/ISO norma	Razina	1/24	3	6	Dubina mjerenja
pH u H ₂ O i KCl i (CaCl ₂) ¹	HRN ISO 10390	P1, P2, T	*	*		Svi slojevi
Sadržaj ukupnih karbonata ¹ i (CaO)	HRN ISO 10693 Metoda po Galet-u	P1, P2, T	*	*		Svi slojevi
Hidrolitska kiselost, y ₁₁	Metoda po Kapen-u	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina
KIK (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺)	Amon-acetat metoda (pH=7)	P1, P2, T	*		*	Ekološka dubina
Ukupni C ^{1,2}	Bikromatna spektrofotometrijska metoda HRN ISO 106942	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina
Ukupni N ^{1,2}	Metoda po Kjeldahl-u* HRN ISO 138782	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina
Ukupni S ²	HRN ISO 151782	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina
NO ₃ ⁻	Metoda s granulama cinka	P1, P2, T	*	*		Svi slojevi
Pristupačna hraniva u tlu: ¹ – fosfor – kalij	pH – HOH ≤ 7: Amon-laktatna metoda, pH – HOH > 7: HRN ISO 11263 Amon-laktatna metoda	P1, P2, T	*	*		Oranični sloj

Parametri	Metoda/ISO norma	Razina	1/24	3	6	Dubina mjerenja
Teški metali i potencijalno toksični elementi: Fe, Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Zn, ukupni i pristupačni	Ekstrakcija ukupnih u zlatotopci – HRN ISO 11466 Ekstrakcija lakopristupačnih s EDTA određivanje na AAS i ICP – HRN ISO 11047	P1, P2, T	*	*		Oranični sloj
EC – konduktivitet	HRN ISO 11265	P1, P2, T	*		*	Svi slojevi
Kemijski sastav procjedne vode na dubini do 2 m (pH, EC, anioni, kationi)	Elektrometrijsko određivanje ionska kromatografija HRN ISO 10523 HRN ISO 7888 HRN ISO 10304-1 HRN ISO 14911	P1	*	*		Ekološka dubina
Postojani organski onečišćivači (PAH, PCB, triazinski herbicidi, organoklorini pesticidi)	Tekućinska i plinska kromatografija	P1, P2, T	*	*		Oranični sloj
* Prema Priručniku za pedološka istraživanja (Škorić, 1986.)						
P1	postaje 1. razine	1/24	zasnivanje i ponovna obrada svake 24 godine			
P2	postaje 2. razine	3	uzorkovanje svake 3 godine			
T	točke motrenja	6	uzorkovanje svakih 6 godina			

Fizikalne analize, metode/ISO norme kojima se prate parametri, razine uzorkovanja, učestalost i dubina mjerenja na postajama trajnog praćenja stanja poljoprivrednog zemljišta

Parametri	Metoda/ISO norma	Razina	1/24	3	6	Dubina mjerenja
Mehanički sastav tla1	HRN ISO 11277	P1, P2	*			Svi slojevi
Volumna gustoća tla	HRN ISO 11272	P1, P2	*			Ekološka dubina
Maksimalni kapacitet tla za vodu, pF 0	HRN ISO 11274	P1, P2	*			Ekološka dubina
Kapacitet tla za vodu, pF 2,5	HRN ISO 11274	P1, P2	*			Ekološka dubina
Točka venuća, pF 4,2	HRN ISO 11274	P1, P2	*			Ekološka dubina
Fiziološki aktivna i lakopristupačna voda	HRN ISO 11274	P1, P2	*			Ekološka dubina
Gustoća čvrstih čestica i ukupna poroznost	HRN ISO 11508	P1, P2	*			Ekološka dubina
Retencijski kapacitet tla za vodu	HRN ISO 11465	P1, P2	*			Ekološka dubina
Kapacitet tla za zrak	HRN ISO 11465	P1, P2	*			Ekološka dubina
Propusnost tla za vodu	HRN ISO 17313	P1, P2	*			Ekološka dubina
Stabilnost strukturnih agregata	U vodi, obračun*	P1, P2	*			Ekološka dubina
Zbijenost tla	Penetrometar	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina

- Uzorci za mikrobiološke analize trajnog praćenja stanja poljoprivrednog zemljišta uzimaju se iz svih dubina profila tla i iz prosječnog uzorka plohe.
- Za analizu postojećih organskih onečišćenja zemljišta, uzima se samo jedan prosječni uzorak tla pri zasnivanju postaja, a policiklički aromatski ugljikovodici (PAH) i poliklorirani bifenili (PCB) analiziraju se svake 9. godine, ukoliko su njihove prve vrijednosti zanemarive, a organoklorni pesticidi i triazinski herbicidi se analiziraju svake treće godine.

Država	Broj postaja	Učestalost mjerenja	Početna godina
Austrija	383	3/10	1987-1995
Belgija	939	40	1947
Bugarska	800	3/10	1986/1992
Češka	708	3/6	1992
Finska	853	5/12	1974/1992
Francuska	2202	5/10	1993/2001
Njemačka	800/1800	5/10	1980/1997
Mađarska	1236	1/3/6	1993
Nizozemska	233	6/10	1983/1993
Norveška	13	1	1992
Slovačka	429	5	1992
Španjolska	41	1	1995
Švedska	23665	0,3/10	1983/1993
UK	1200	1/5/15	1969/1992

Plinovi ovisni o antropogenim aktivnostima

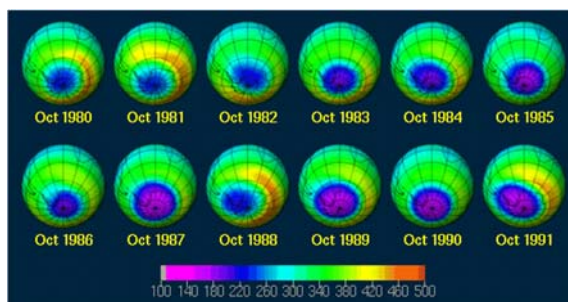
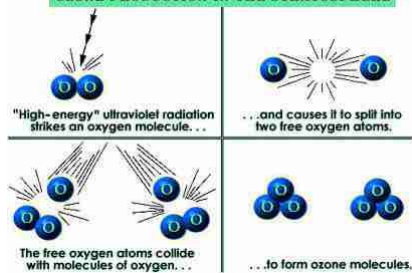
- Ugljični dioksid, CO₂ (0.036 % v/v)
- Metan, CH₄
- Ugljični monoksid, CO
- Dušični oksid (N₂O)
- Amonijak (NH₃)
- Dušični oksidi (NO₂, NO, NO_x)
- Sumporni dioksid (SO₂)
- Ozon (O₃)

Ozon O₃

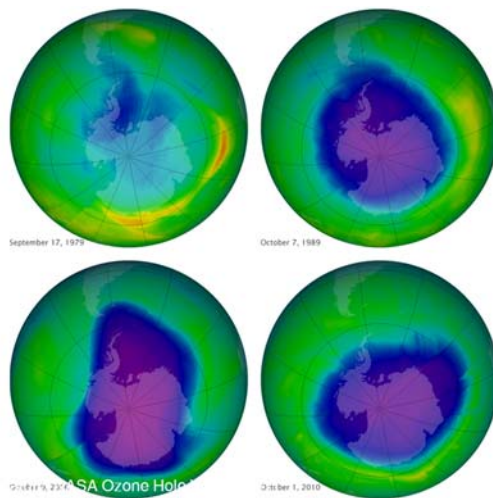
- Apsorbira UV zračenje Sunca i štiti površinu Zemlje,
- Regulira utjecaj radijacije na žive organizme i
- Pomaže regulaciju temperature kod zagrijavanja gornjih slojeva atmosfere i zaustavlja gubitak IR zračenja s površine Zemlje



OZONE PRODUCTION IN THE STRATOSPHERE

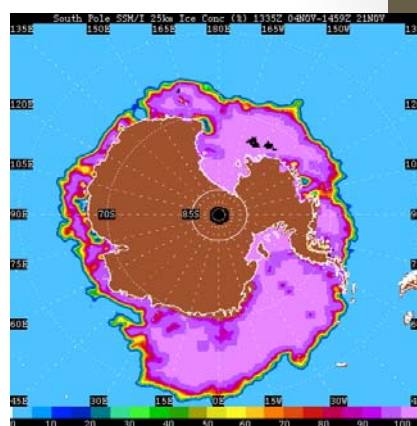
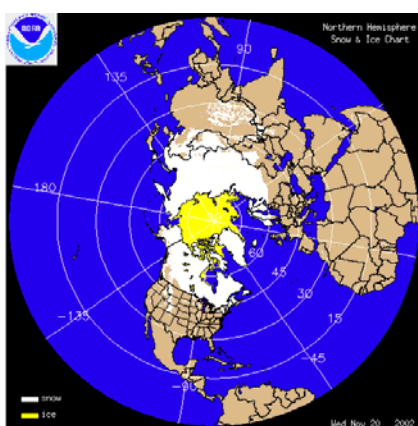


Ozonske rupe - Antarktisk



NASA Earth Observatory, NASA Ozone Hole Watch, 2011

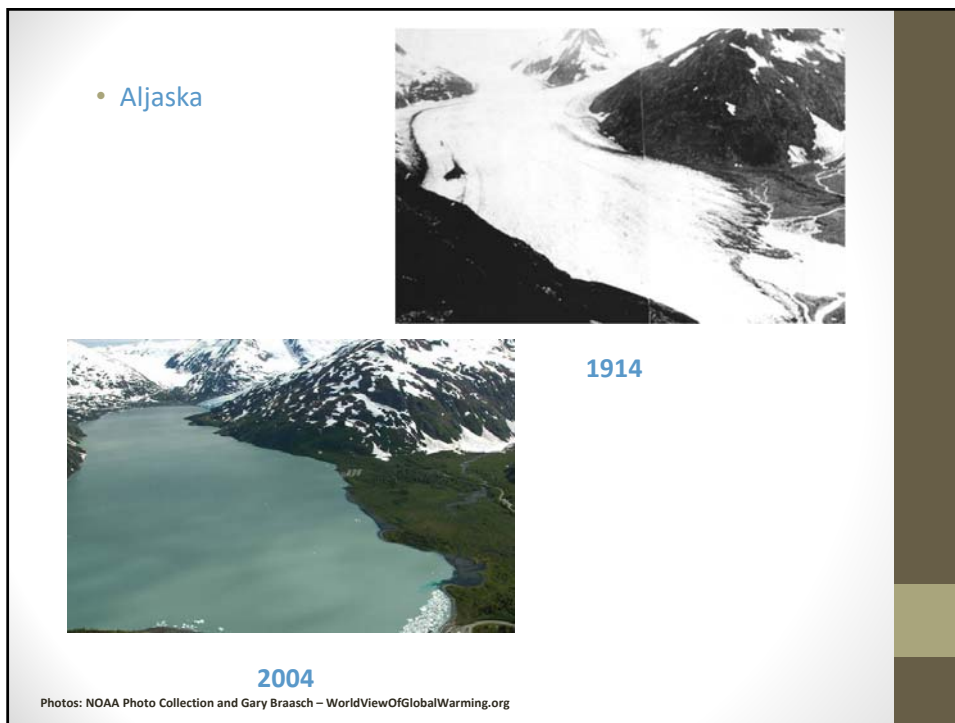
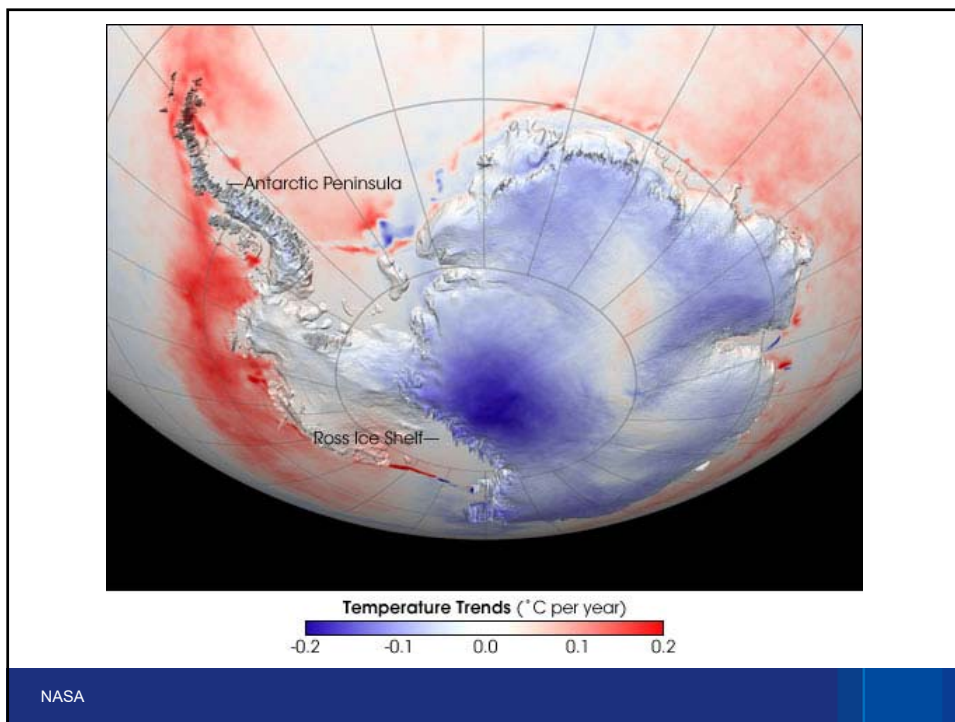
Globalne klimatske promjene



Ledene kape:

14 do 16 milijuna km² zimi na Arktiku

17 do 20 milijuna km² zimi na Antarktiku.



Tlo: uvjetno obnovljivi prirodni izvor

Degradacija i oštećenja tla

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

I. SLABO OŠTEĆENJE (LAKO OBNOVLJIVO-REVERZIBILNO)

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 -zaslanjivanje
	3. DEGRADACIJA BIOLOŠKIH ZNAČAJKI	-fitotoksičnost, depresija rasta -ugroženi akvatički ekosustavi -smanjena biogenost
	4. DEGRADACIJA TALA I AKVATIČNIH EKOSUSTAVA HIDROMELIORACIJAMA	-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 2. OSTACI PESTICIDA I PAH-a 3. PETROKEMIKALIJE 4. RADIONUKLEOTIDI U TLU 5. IMISIJSKA ACIDIFIKACIJA TALA	-hrana neupotrebjljiva za animalnu i humanu ishranu zbog mutagenih, kancerogenih i teratogenih efekata -depresija rasta biljke -fitotoksičnost -ugroženi drugi ekosustavi

Pokazatelji za ocjenu stanja ugroženost tala pesticidima:

- utrošak pesticida po hektaru (ukupno za Hrvatsku)
- broj tretiranja u toku vegetacije
- fizikalno-kemijska, toksikološka i ekotoksikološka
svojstva aktivne tvari i preparata
- sadržaj organske tvari i gline u tlu
- klimatske prilike



Pesticidi koje treba motriti- atrazin, alaklor, metalaklor, bentazon, metribuiz, kloridazon, karbofuran, 2,4-d dikamba, fonofos

PAH koje treba motriti - fenatren, antrazen, fluoranten, pirin, triffenilen, krisen, benzo(b)fluoranten, benzo(k) fluoranten, benzo(j) fluoranten, benzo (e)piren, benzo (a)piren, perilen, benzo(ghi)perilen, benzo(a)antrazen, dibenz(ah)antrazen, indeno(1,2,3 cd)piren, naftalin, acenaftilin, fluoren

	Nakupljanje u tlu	Pristupačnost biljci	Toksičnost za biljku	Toksičnost za životinje	Značaj za ljude
a) Tvari dokazano vrlo štetne, a vrlo rasprostranjene					
Kadmij, Cd	☠ - ☠☠☠	☠☠ - ☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠☠
Bakar. Cu	☠☠☠	☠☠ - ☠☠☠☠	☠☠	☠☠	☠☠☠☠☠
Olovo, Pb	☠☠☠	☠☠☠	☠☠	☠☠☠☠☠☠	☠☠☠☠
Nikal, Ni	☠ - ☠☠☠☠	☠ - ☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠☠
Cink, Zn	☠☠	☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠
Živa, Hg	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠
Arsen, As	☠☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠
b) Tvari dokazano štetne, no lokalnog značaja					
Krom, Cr	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠
Kobalt, Co	☠☠☠☠	☠☠☠ - ☠☠☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠
Molibden, Mb	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠
Fluor, F	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠
Talij, Tl	☠☠☠	???	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠
c) Sumnjive tvari (još u ispitivanju)					
Selen, Se	☠☠☠☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠
Vanadij, V	☠☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠☠	☠☠☠☠☠
☠ = malen, ☠☠☠ = osrednji, ☠☠☠☠☠☠ = veliki, ☠☠☠☠☠☠☠☠ = vrlo veliki značaj					

U biosferi:

- koncentracija u biljci ovisi o biljnoj vrsti, tkivu, koncentraciji i dostupnosti u tlu, udaljenosti od izvora emisije, godišnjem dobu i vremenskim prilikama

spособnost nakupljanja teških metala u biljkama

Velika	Srednja	Mala	Veoma mala
Salata	Kelj	Kukuruz šećerac	Grah
Endivija	Kupus	Brokole	Grašak
Špinat	Cikla	Cvjetača	Dinja
Kres salata	Bijela repa	Kelj pupčar	Rajčica
Mrkva	Rotkvica	Celer	Paprika
	Krumpir	Kupine	Patlidžan
		Jagode	Koštuničavo i jabučasto voće

Usvajanje teških metala u biljke:

Izravno putem lista i/ili mladica

-sulfati i kloridi teških metala

-bliže izvoru onečišćenja – teže topivi oblici: oksidi i sami metali

Iz tla: putem korijenovog sustava

-lako topivi oblici, usvajanje putem usvajanja vode (*mass flow*)

Sanacija tala od teških metala:

-relokacija u sanacijska odlagališta otpada

-reaktivacija – primjena vapnenih materijala, zeolita, organskih gnojiva i komposta

-fitoekstrakcija (=fitoremedijacija): uzgoj kultura koje preferabilno usvajaju teške metale, a zatim uklanjanje biljaka

III TEŠKO – NEOBNOVLJIVO/IREVERZIBILNO OŠTEĆENJE TLA

Vrsta oštećenja	Procesi oštećenja	Posljedice oštećenja
PREMJESTANJE TLA - TRANSLOKACIJA	1.EROZIJA VODOM I VJETROM 2.PREMJESTANJE RUDARSKIM KOPOVIMA, CIGLANAMA, EKSPLOATACIJOM KAMENA, ŠLJUNKA I PJEŠKA 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 zla -povećana heterogenost pedološkog pokriva -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