

Značaj tla u prirodnim i agroekosustavima i suvremeni problemi njegove zaštite

Zoltan Racz

Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb

Sažetak

U članku su iznijeta novija domaća i strana iskustva u zaštiti tla i okoliša. Pritom su korišteni i neobjavljeni podaci autora i suradnika izloženi u raspravama na radnim sastancima ili su pripremani za potrebe novog međunarodnog projekta "Dugoročni ambijentalni rizici za tla, podzemne vode i sedimente u slivnom području Dunava", koji pokreće Nizozemska fundacija za ekološki razvoj.

Uvodno su obrazloženi globalni problemi proizvodnje hrane, definicija agroekosustava i njegova povezanost sa socijalnom ekologijom. Slijedi prikaz novih koncepcija o ulozi tla u prirodi i novih pojmova kao što su "kemijska vremenska bomba" i "ranjivost" tla, povezano sa spomenutim projektom. Potom se navode parametri i procjene dugoročnih rizika s primjerima acidifikacije tla, kontaminacije teškim metalima, polucije vode nitratima i fosfornim spojevima, te, ukratko, ostala oštećenja tla i terena u svijetu i kod nas. U završnom poglavlju ukazuje se na potrebu cjelovitog (holističkog) pristupa i tzv. "cross" disciplinskog istraživanja, zatim dugoročnih stacionarnih praćenja promjena u tlu i ostalim komponentama ekosustava regionalnog značaja, zajedno s akutnom potrebom formiranja odgovarajućih informacijskih sustava.

Glavne riječi: agroekosustavi, kemijske vremenske bombe, prirodni ekosustavi, ranjivost tla, tlo

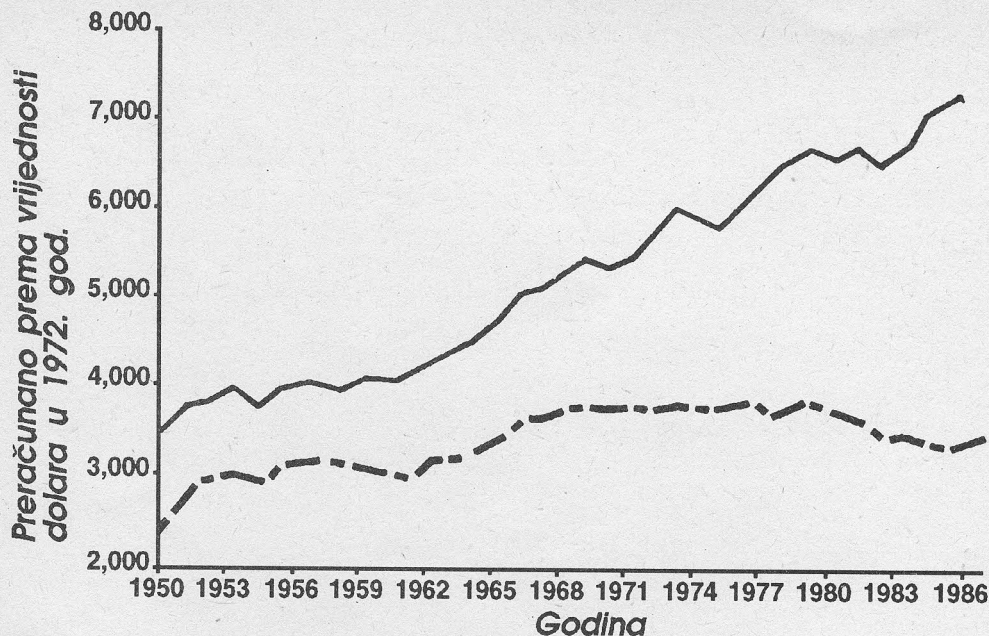
UVOD

Dobrovoljskij i Grišina (1985) navode u udžbeniku o zaštiti tla tri razloga "ekološke krize" suvremenog društva. To su: ograničenost i postupno sve veća iscrpljenost prirodnih izvora energije i sirovina, debalans između porasta stanovništva i nemogućnosti zadovoljavanja njihovih potreba, prvenstveno hrane u pojedinim dijelovima svijeta, te nepovoljan odraz svega toga na okolinu. Riječ je, zapravo, o sada već klasičnim analizama i pretpostavkama članova Rimskog kluba iznijetih 70-tih godina, koji su potvrđeni kasnijim događajima (Meadows, 1972, citirano prema: Cifrić, 1989).

Širu društveno-ekonomsku problematiku zaštite okoline najbolje ilustrira *Grafikon 1*, na kojem je prikazano kretanje brutto nacionalne proizvodnje po stanovniku u SAD-u obračunano na dva načina:

- prema standardnim ekonomskim kriterijima (puna linija) i
- nakon odbitka šteta koje industrijska proizvodnja izaziva u okolišu (isprekidana linija).

Izvorni podaci potječu od Dalya i Cobbya iz godine 1989, dok je grafički prikaz preuzet iz rada Stiglianiana (1991).



Grafikon 1

Ukupna i korigirana vrijednost godišnje proizvodnje po stanovniku u SAD-u

Slično vrijedi i za poljoprivrednu proizvodnju zbog ograničenih površina obradivih tala, nepovoljnih klimatskih uvjeta i plodnosti tla, raznih oštećenja i neracionalne upotrebe zemljišta u druge svrhe. Na primjer, prema globalnoj procjeni krajem godine 2000. na Zemlji će živjeti oko 6,5 milijardi ljudi, tako da će se sadašnjih 0,4 hektara obradivih površina po stanovniku smanjiti na 0,23 ha, što je nedovoljno. Naime, približit ćemo se donjem limitu od 0,2 ha obradivih površina po stanovniku, pri kojem su pojedine zemlje s takvim proporcijama već sada isključivi uvoznici hrane (Stipetić, 1987).

U svemu tome najviše zabrinjava ubrzano smanjivanje obradivih površina, koje se zbiva naočigled u zadnje vrijeme. Prema Rozanovu i sur. (1989) i Arnoldu i sur. (1990), u proteklih 10.000 godina od kako se čovjek počeo baviti poljoprivredom, izgubljeno je oko 2 milijarde ha obradivih površina ili 0,2 milijuna godišnje. Od toga u zadnjih 300 godina oko 700 milijuna, ili 2,3 milijuna godišnje, dok je u posljednjih 50 godina izgubljeno 300 milijuna ili 6 milijuna ha obradivih površina godišnje. Dakle 10, odnosno 30 puta više, pa bi daljnja akceleracija tog procesa stvarno mogla dovesti do katastrofe.

Prema podacima Miljkovića i Resulovića (1987), bivša Jugoslavija ima ukupno oko 0,43 ha obradivih površina po stanovniku, s godišnjim gubicima blizu 15.000 ha. Hrvatska ima nešto više obradivih površina (0,45 po stanovniku, uz godišnji gubitak oko 2.500 ha), koje su iskorištene prvenstveno za različite građevinske potrebe. Najteža situacija je na Kosovu, koje ima samo 0,20 ha obradivih površina po stanovniku, dok su gubici relativno veliki i iznose oko 1.000 ha godišnje.

Nadalje se navodi nekoliko objašnjenja o posebnostima agroekosustava i novih trendova u ekološki prihvatljivijoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Podsjećamo da **prirodni ekosustavi** čine jedinstvo i ravnotežu između životnog prostora (biotopa) i živih organizama koji ga naseljuju (biocenoze). **Agroekosustavi** su antropogene tvorevine namijenjene biljnoj i stočarskoj proizvodnji hrane i sirovina, koji osim prirodnih karakteristika imaju i ekonomsko-socijalne karakteristike. Agrobiocenzama je svojstven i manji broj biljnih i životinjskih vrsta, koje čovjek odabire i daljnjom selekcijom nastoji ih što više prilagoditi potrebama tržišta.

U novije vrijeme i tu se traže bolja rješenja zbog poremećene ravnoteže unutar agroekosustava i povećanog zagađivanja okoliša, naročito hidrosfere o čemu će biti više riječi u idućim poglavljima.

Najviše problema ponovno imaju razvijenije zemlje zbog previsokih ulaganja po jedinici površine, ili prema uložnim i proizvedenim kalorijama u hrani, kao i zbog uske specijalizacije s odvojenom ratarskom i stočarskom proizvodnjom. Odatle zahtjevi i čitavi pokreti za ponovnom integracijom ratarstva i stočarstva, zatim vraćanje plodoredu i drugim alternativnim oblicima poljoprivredne proizvodnje, te organskoj poljoprivredi s minimalnom upotrebom ili potpuno bez upotrebe mineralnih gnojiva i sredstava za zaštitu bilja.

NOVE KONCEPCIJE O TLU I NJEGOVIM FUNKCIJAMA U PRIRODI

Definicija tla i pedosfere

S pedološkog stajališta tlo je samostalno prirodno tijelo nastalo postupnim razvitkom iz rastresitih stijena, ili trošine čvrstih stijena, pod utjecajem ostalih vanjskih faktora klime, reljefa i živih, prvenstveno biljnih organizama, te pedogenetskih procesa, koji obuhvaćaju razne pretvorbe i transport pridošlih tvari i energije u tlu. Na taj način nastaju različiti tipovi tala, sa specifičnom unutarnjom građom profila i različitim svojstvima uključivo plodnost tla. Osnovnu prostornu jedinicu čini "pedon" (prema izvornoj grčkoj riječi koja znači tlo), površine 1-10 m² i dubine 1-2 metra. One se dalje povezuju u polipedone i konačno u pedosferu, koja poput pokožice (geoderme) pokriva i štiti kopneni (terestrički) dio Zemlje.

U susjednim strukama i široj javnosti do sada je obično isticana samo plodnost tla, povezano s proizvodnjom hrane, dok je u ekološkoj literaturi tlo smatrano sekundarnim abiotičkim faktorom i ponekad poistovjećivano s litosferom. Učestala zagađivanja i problemi zaštite okoliša sve više ističu u prvi plan ulogu tla i pedosfere u prijenosu i razmjeni tvari i energije između žive i mrtve prirode u terestričkim ekosustavima (ili biogeocenzama kako ih neki nazivaju). Osim toga, pedogenetski procesi i organizmi koji žive u tlu imaju snažan utjecaj na okolne sfere. Odnosno, na cijelu biosferu kao skup svih ekosustava prema klasičnim biološkim tumačenjima.

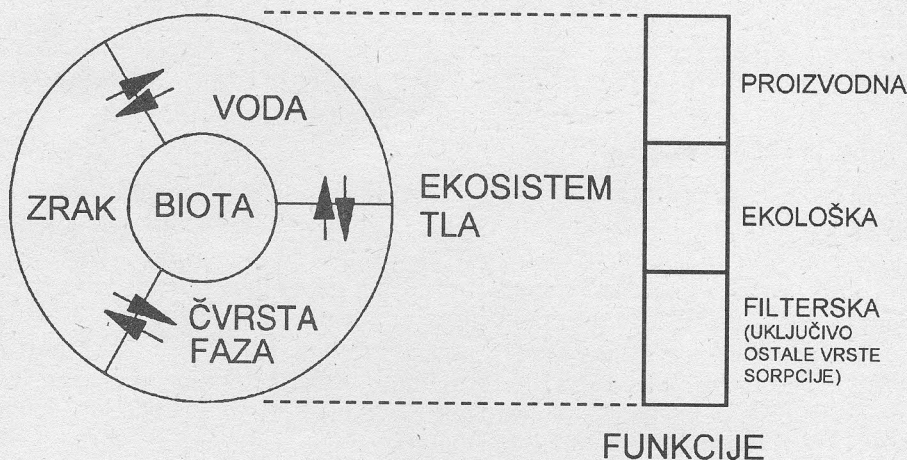
Ekološki značaj tla naročito ističu sovjetski autori. Npr. Krupenikov (1981), Kovda (1985), Dobrovoljskij i Nikitin (1990), pozivajući se na osnivača pedologije Dokučajeva i njegove učenike Morozova i Vernadskog koji su među prvima isticali cjelovitost prirode i uzajamnu povezanost njezinih komponenata. Interesantno je također da se u jednoj knjizi socijalne ekologije Dokučajevu pripisuje pionirska uloga u ekologiji krajem prošlog stoljeća (Cifrić, 1989).

Zapadnoeuropski pedolozi predlažu stanovite promjene u shvaćanjima tla za potrebe ekoloških istraživanja. Tako npr. Blum (1988), koji rukovodi odgovarajućom komisijom Europskog savjeta, predlaže proširenje definicije tla na sve klasične sedimentne stijene i rahle materijale, kao i na podzemnu vodu koja se u njima javlja. No, kako to vjerojatno neće prihvatiti ostale znanosti, jer slične definicije već postoje u mehanici tla, tako je važnije osigurati suradnju raznih stručnjaka.

Na toj osnovici koncipiran je i međunarodni projekt za slivno područje Dunava, u kojem su povezana istraživanja dugoročnih rizika i zaštite tla, podzemnih voda i sedimenata. U pripremi projekta sudjelovali su osim pedologa geolozi, kemičari, biolozi i vodoprivredni stručnjaci iz gotovo svih Podunavskih zemalja.

Razne funkcije i načini upotrebe tla

Na *Shemi 1* shematski su prikazani ekološki sustav tla i njegove najvažnije funkcije u prirodi.



Shema 1

Ekološki sustav tla i njegove funkcije u prirodi (Prema: Salomons, 1991)

Prema grafičkom prikazu, tlo je trofazni sustav čvrstih, tekućih i plinovitih čestica i zajedno s mikro i makroorganizmima koji žive u tlu čini samostalan ekološki sustav.

Ekološke i ostale funkcije tla slično tumači Blum (1988), dok su u *Tablici 1* navedeni detaljniji podaci o funkciji i načinu upotrebe tla u bivšoj Zapadnoj Njemačkoj prema Kuntzeu (1991). Podaci se odnose na godinu 1989, s prognozama daljnje upotrebe zemljišta.

Tablica 1.
Stanje i perspektive upotrebe tla u bivšoj Zapadnoj Njemačkoj

Funkcija, odnosno namjena tla	Korištene površine (%)	Tendencije porasta ili smanjenja
Socijalno–ekonomska		
– za prehranu	48	–
– sirovine (drvo, rudišta, šljunčare i dr.)	30	+
– otpad	2	+
– naselja, tvornice i ceste	13	+
Ekološka		
– filtracijska (crpilišta pitke vode)	15	+
– životni prostor	85	–
Nematerijalna dobra		
– parkovi i izletišta	30	+
– rezervati	2	+

Navedeni podaci na prvi pogled zbunjuju, jer korištene površine za socijalno–ekonomske potrebe i nematerijalna dobra prelaze 100%. To se tumači višenamjenskom upotrebom istih površina. Prema ranije navedenim podacima slične tendencije postoje i kod nas, zbog učestalih gubitaka poljoprivrednih i šumskih površina za razne građevinske potrebe.

Kemijske vremenske bombe i ranjivost tla

Potencijalne ili **kemijske vremenske bombe** predstavljaju relativno novu koncepciju o lančanim promjenama koje su u početku spore, a zatim naglo buknu sa štetnim posljedicama zbog mobilizacije određenih kemikalija uskladištenih u tlima i sedimentima.

Spomenute pojave ponovnog oslobađanja štetnih kemikalija obično su nagle i neočekivane, za razliku od sporih i postupnih promjena okoline. Razlozi su premali kapaciteti, ili prevelika opterećenja, ili zbog postupnog porasta osjetljivosti tla i ekosustava, koje nastaju tijekom vremena.

Prema Stiglianiju (1988) prva zapažanja te vrste odnose se na zakiseljavanje jezera i uginuće riba u državi New York. Riječ je o zračnim polucijama sumpornim dioksidom, koji potječe iz udaljenijih industrijskih područja. Postupni porast SO₂ počinje krajem prošlog stoljeća, maksimalna zagađivanja zabilježena su 1920, prvi nagli pad reakcije vode ispod pH 5,5 utvrđen je 1950, dok 1980. iznosi 4,5 pH.

U Skandinaviji, koja prima većinu zračnih polucija iz Zapadne Europe, zakiseljavanje tla i jezera počinje 20–tih godina, dok maksimum nastupa 70–tih godina. U usporedbi sa SAD–om vremensko kašnjenje iznosi 20 godina. Sada su na redu srednjoeuropske zemlje, čija industrijalizacija kasni 50 godina pa se maksimalna oštećenja kiselim kišama očekuju godine 2020. Prema tome, riječ je o globalnim lančanim reakcijama, čije su posljedice i poznato "umiranje" crnogoričnih šuma.

Inače, sama koncepcija ograničenih kapaciteta okoline poznata je i primjenjuje se npr. i za marinske ekosustave (FAO, 1986).

Ranjivost ili osjetljivost tla izražava nesposobnost ekosustava tla da svlada, ili smanji pomoću svojeg pufernog sustava, štetno djelovanje vanjskog opterećenja. Spomenuta opterećenja, mogu biti prirodnog ili antropogenog podrijetla, koja postupno pogoršavaju "zdravstveno" stanje tla smanjujući njegove prirodne kapacitete ili regenerativnu sposobnost tla.

Termin potječe od nizozemskih stručnjaka i usko je povezan s koncepcijom ekosustava tla (prema de Haanu i Pekdegeru, objavljeno u ediciji van Duijvenbooden i van Waegenningh, 1987).

Pojam ranjivosti tla vjerojatno je uveden pod utjecajem liječnika, koji se bave javnim zdravstvom i higijenom okoliša. Međutim, paralelno se koriste i razni tehnički termini kao što su pritisak i opterećenje, ili elastičnost tla pri njihovom svladavanju. No, i sam pojam tempirnog djelovanja možemo u izvjesnom smislu usporediti s naprezanjima i deformacijama u mehanici tla.

Prema tome, umjesto drugih zaključaka na kraju ovog poglavlja, možemo kazati da su u ekološkim istraživanjima i zaštiti okoline najpotrebnija međusobna prožimanja raznih stručnih ideja i cjelovit (holistički) pristup kojem inače teži suvremena znanost i gospodarstvo (Haimes, 1989).

PARAMETRI I PROCJENE DUGOROČNIH AMBIJENTALNIH RIZIKA

Problemi zaštite okoline i tla različito se rangiraju u pojedinim zemljama. Npr. u Švedskoj spomenuta acidifikacija tla i voda predstavlja još uvijek najznačajniji problem, osim očekivanih klimatskih promjena izazvanih tzv. efektom staklenika i freonskim oštećenjima ozonskog sloja (Szabolcs, 1989; IS, 1990). Naprotiv, u SAD-u, pa i ostalim dijelovima svijeta, veća pozornost posvećuje se zaštiti tla i voda zbog povećane erozije, eutrifikacije površinskih voda i zagađivanja podzemnih voda nitratima (Menzel, 1991).

Prema pregledu radova koje navodi Fokin (1989), u bivšem Sovjetskom savezu težište je bilo do sada na radiološkim zagađivanjima tla i teškim metalima, dok se u idućem razdoblju očekuje veći interes za pesticide u tlu. Zapadna Europa zaokupljena je problemom teških metala (DVWK, 1988; Blum, 1990), dok su na ovogodišnjem savjetovanju Njemačkog pedološkog društva detaljnije razmatrane polucije tla naftom i sintetskim organskim spojevima. Osim toga, aktivno smo sudjelovali u raspravama o parametrima i mogućnostima procjene rizika na nedavnim sastancima u Budimpešti i Wageningenu, čiji su materijali djelomice već objavljeni (Csikòs, 1991; Batjes, 1991).

Nadalje se navodi nekoliko primjera iz spomenutih i raspoloživih domaćih podataka.

Procjene osjetljivosti tla i ekosustava na kisele kiše

Osjetljivost ili ranjivost tla na kisele zračne polucije najčešće se ocjenjuje prema početnim vrijednostima pH, veličini i stupnju zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama, ili direktnim određivanjem puferizacijske sposobnosti tla (MLURIP, 1988/89; Glazovskaja, 1990). Kritičnim se smatra raspon 4,2-4,6 pH u vodi, jer se ispod pH 4,2 oslobađa preko 50% sadržaja aluminija (Stigliani, 1991). U skladu s ranijim tumačenjem kemijske vremenske bombe, zakiseljavanje tla predstavlja "otponac" kojim se počinju oslobađati prisutne zalihe aluminija (Klijn, 1991). Oslobođeni

aluminij uzrokuje daljnje lančane reakcije. Smanjuju se odnosi kalcija i aluminija, pa nastaju poremećaji u prehrani i oštećenja biljnog korijena (Urlich, 1981; Urlich i Sumner, 1991).

Procjene osjetljivosti ekosustava znatno su kompleksnije. Navodimo primjer tzv. "obrnutog postupka", koji je korišten u izradi europske karte **relativne osjetljivosti** ekosustava. Procjenjuju se zapravo potencijalni uzroci u samom staništu i kritična opterećenja ili dopuštene količine kiselih taloga (Chadwick i Kuylenstierne, 1990).

Od stanišnih faktora poentiraju se geološka podloga, tip tla, način upotrebe zemljišta i količine padalina. Ne ulazeći u detalje, napominjemo da tip tla i količine padalina imaju prioritetan značaj. Najosjetljivija su staništa crnogoričnih šuma u perhumidnoj klimi s više od 1.200 mm padalina godišnje, na silikatnim supstratima koji se sporo troše i kiselim tlima ispod 4,5 pH.

Drugi element procjene čine **kritična opterećenja** izražena u $\text{keq H}^+ \text{ km}^{-2}$ godišnje⁻¹. Na spomenutoj karti Europe prikazano je pet skupina, ili klasa osjetljivost, s opterećenjima od 20 – više od 16^0 keq H^+ po četvornom kilometru godišnje. Pri tome peta, najosjetljivija skupina smije primiti najmanje količine.

Prema istoj karti većina površina u Hrvatskoj ubraja se u tri skupine manje osjetljivih terestričkih ekosustava, osim Medvednice i manjih područja u Gorskom Kotaru i Lici. To su inače poznata staništa crnogoričnih i mješanih šuma na kiselim i ekstremno kiselim tlima, koje su faktički najviše oštećene kiselim kišama, te akrična tla s vrištinskom vegetacijom. Provjere koje su provedene u Švicarskoj također pokazuju pozitivne korelacije s oštećenim šumama. Nadamo se da će se slična istraživanja provesti i kod nas, jer strani stručnjaci iz Nizozemske i Skandinavije pokazuju za to veliko zanimanje.

Prema ostalim raspoloživim podacima domaćih autora, u obradivim tlima na području Slavonije i sjeverne Bosne utvrđena su konstantna pogoršanja reakcije tla i oštećenja aluminijem (Durman i Bertić, 1988; Adam i sur., 1990). Prioritetni razlog je tu nedovoljna gnojidba kalcijem, jer su obradiva tla u pravilu najmanje osjetljiva na kisele kiše.

Kontaminacije tla teškim metalima

Prema iskustvima većine zapadnoeuropskih istraživača, povećan sadržaj teških metala u poljoprivrednim tlima najčešće je uvjetovan upotrebom kanalizacijskog mulja i drugih gradskih otpadaka, tekućeg stajskog gnoja, pepela iz termoelektrana i jalovine iz rudnika. Od mineralnih gnojiva jedino fosfati sadrže stanovite količine teških metala, naročito kadmija, ovisno o podrijetlu izvornih sirovina. Osim toga moguće su znatnije zračne polucije iz okolnih industrijskih objekata, motornih vozila uz magistralne ceste i drugo. Osim prije citiranih autora, spomenimo još radove Manojlovića (1988) i Hrustel-Majcena i Lobnika (1989).

U daljnjem izlaganju ograničit ćemo se na opis uloge tla u zadržavanju i transferu teških metala u biosferu i hidrosferu. U svezi s tim u *Tablici 2* prikazane su granične pH vrijednosti, ispod kojih se povećava aktivnost teških metala, te relativne vrijednosti sorptivne sposobnosti humusa, gline i seskvioksida u tlu prema njemačkim inženjerskim normativima (porastom 1-5).

Prema tim podacima, u terestričkim tlima najslabije se vežu Cd, Mn, Ni, Co i Zn, relativno bolje Al i Cu, te najbolje Cr(III), Pb, Hg i Fe(III).

Kako Cd i Zn, te djelomično Cu i Ni imaju istodobno visoke prijenosne koeficijente tlo – biljka, oni predstavljaju najštetnije teške metale.

Tablica 2.

*Granične vrijednosti pH i relativne vrijednosti sorpcije teških metala u tlu
(Prema DVWK, 1988. i Brümmer i sur., 1991)*

Teški metali	Granični pH	Relativne vrijednosti sorpcije		
		Humus	Glina	Seskvioksidi
Cd	6 - 6,5	4	2	3
Mn	5,5	2	3	3
Ni	5,5	3 - 4	2	3
Co	5,5	3	2	3
Zn	5,5	2	3	3
Al	4,5	5	4	4
Cu	4,5	5	3	4
Cr (III)	4,5	5	4	5
Pb	4	5	4	5
Hg	4	5	4	5
Fe (III)	3,5	5	5	

Prema istim normativima za poluciju podzemnih voda najkritičnija su pjeskovita, jače kisela i slabo humozna tla prosječne dubine podzemnih voda do 3 metra.

Polucije vode nitratima i fosforim spojevima

Problemi zaštite podzemne vode koja se koristi za crpilišta pitke vode predstavlja jedan od ključnih ekoloških problema današnjice, kako smo već ranije istaknuli (Racz, 1990). Prikupljeni noviji podaci to još više potvrđuju.

Prvi se primjer odnosi na Nizozemsku, u kojoj se godišnje troši 2-3 milijarde kubika vode i za čije se kombinirano pročišćavanje nitrata i teških metala troši 1 - 1,5 milijarda dolara. Paralelno raste i zagađivanje podzemnih voda fosforom, zbog intenzivnog razvitka stočarstva i upotrebe velikih količina tekućeg stajskog gnoja, prvenstveno za uzgoj silažnog kukuruza koji to može podnijeti (Stigliani, 1991).

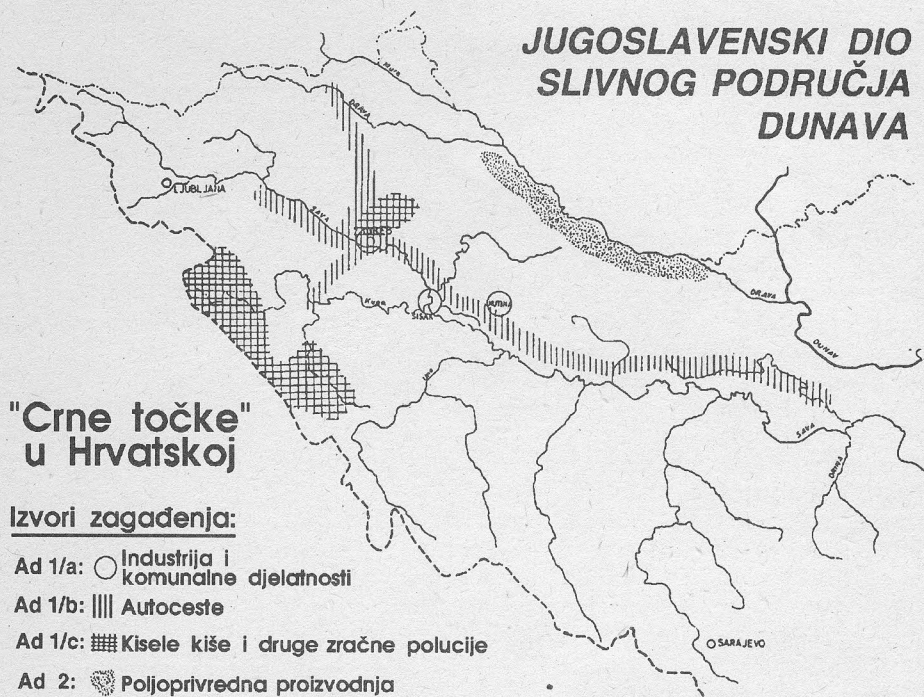
Slično je i u Danskoj, gdje se godišnja potrošnja dušika povećala šest puta u razdoblju od 1950. do 1980. Na osnovi ukupnog proračuna, godišnji gubici dušika u okoliš iznosili su 541.000 tona ili 187 kg N ha⁻¹ (Schroder, 1985).

Cjelokupno kretanje dušika u tlu i prirodi najviše ovisi o vodnom režimu tla, zbog topivosti dušičnih spojeva (naročito nitrata), mikrobiološke aktivnosti povezano s razgradbom organske tvari, te primanjem i prekomjernim nagomilavanjem nitrata u biljci. Objasniti ćemo to ukratko na sljedećim primjerima.

U poljskim pokusima koji su provedeni u susjednoj Mađarskoj uz primjenu 200 i 300 kg N po ha godišnje, utvrđeno je njegovo ispiranje do 3 i 4 metra dubine i u uvjetima tzv. suhog ratarenja u tamošnjim černozemnim tlima (Kadar i sur., 1987). U vegetacijskim pokusima - koji su provedeni u kontroliranim stakleničkim uvjetima s različitim količinama dušičnih gnojiva i vode za navodnjavanje - najmanje količine dušika u povrću utvrđene su pri optimalnim količinama vode dok se izrazito povećavaju kod nedovoljnih ili prevelikih količina (Matičić i sur., 1991).

Za fosfor je to bitno drugačije, prvenstveno zbog jačeg kemijskog vezivanja njegovih spojeva u većini obradivih tala i redovitih uvjeta gnojidbe. Osim toga, eutrifikaciji su najčešće izloženi površinski vodotoci, jezera i mora, zbog erozije i površinskog spiranja čestica tla zajedno s fosfornim spojevima. Bitno je da se u saturiranom mulju, kao i u močvarnim tlima, ponovno oslobađa fosfor zbog smanjenog kapaciteta sorpcije (Breeuwsma i sur., 1986; Sequi i sur., 1989, Kljij, 1991).

Na *Slici 1* prikazana su područja s tzv. "točkama najvećeg rizika u Hrvatskoj, koja smo predložili za daljnja istraživanja u sklopu međunarodnog projekta za Podunavlje (Racz i sur., 1991). Prema navedenom popisu u legendi, teškim metalima najviše su ugrožene poljoprivredne površine i tla uz veće industrijske centre kao što su Zagreb, Sisak i Kutina (1a i 1b). Kiselim kišama i drugim zračnim polucijama izložena su šumska staništa i ostale površine na Zagrebačkoj gori, Gorskom Kotaru i Lici (1c). Osim toga odabrali smo kiselu smeđa i lesivirana tla na propusnijim pjeskovitim supstratima u Podravini, koja su zajedno s tamošnjim podzemnim vodama najviše izložena tzv. difuznim polutantima uvjetovanim raznim agrotehničkim mjerama u poljoprivrednoj proizvodnji.



Slika 1

Prikaz najugroženijih područja od raznih kemijskih polutanata u Hrvatskoj

ZAKLJUČCI

Umjesto uobičajenih zaključaka navodimo nekoliko konstatacija i prijedloga.

Slično ostalim ekološkim sustavima i agroekosustav izložen je velikim i naglim promjenama, pri čemu je naročito ugroženo tlo, kako iz okolnih sfera tako i unutar

same poljoprivredne proizvodnje. Iz prikazane domaće i strane literature proizlazi da su civilizacijska i tehnološka dostignuća suvremenog čovječanstva problematična i da ih treba temeljito preispitati, radi očuvanja prirode i samog čovjeka.

Puno se očekuje od alternativne ili tzv. ekološki prihvatljive poljoprivrede i agroekoloških istraživanja, zbog potreba dovoljnih količina zdrave hrane, smanjenog pritjecanja ljudi u gradove uz bolje povezivanje urbanih i ruralnih sredina, kao i stvaranja boljih životnih uvjeta na selu za mlade ljude.

U svrhu njihove realizacije ključno je sljedeće:

– Dugoročna, stacionarna istraživanja na karakterističnim lokalitetima i klima u neposrednoj proizvodnji i prirodnim staništima, koja smo djelomice već postavili ili ih namjeravamo formirati međunarodnom suradnjom, te

– Interdisciplinarna suradnja sa zajedničkim informacijskim sustavom, koji će objediniti sve relevantne ekološke podatke za Hrvatsku.

U tom kontekstu svojedobno smo predlagali i proučavanja socio-ekonomskih problema razvitka seoskih sredina i alternativnih oblika poljoprivredne proizvodnje, koji moraju biti ekološki prihvatljivi ali i razvojno orijentirani.

LITERATURA:¹

- Adam, M., Janeković, Đ., Karavidović, P., Sabo, K., Dešić, I. (1990). Proaciditeti i sadržaja humusa u antropogeneziranim tlima Valpovštine. **Zemljište i biljka**, 39(1):65–72.
- Arnold, R. W., Szabolcs, I., Targulian, V. O. (1990). **Global Soil Change**. Laxenburg: Int. Institute for Applied Systems Analysis.
- Batjes, N. H. /Ed./ (1991). **Mapping of Soil and Terrain Vulnerability to Specified Chemical Compounds in Europe at a Scale of 1:5M**. Report of working group discussion and recommendations. Wageningen: ISRIC.
- Blum, W. E. H. (1988). **Problems of Soil Conservation**. Strasbourg: Council of Europe.
- Blum, W. E. A. (1990). **Soil pollution by heavy metals**. Strasbourg: Council of Europe, Information document.
- Breeuwsmas, A., Wösten, J. A. M., Vleeshouwer, J. J., Slobe, A. M. van, Bouma J. (1986). Derivation of Land Qualities to Assess Environmental Problems from Soil Surveys. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 50:186–190.
- Brümmer, G. W., Hornburg, V., Hiller, D. A. (1991). Schwer metallbelastung von B?den. **Mitteilungen d. Dt. Bodenk. Gesll.**, 63:31–42.
- Butorac, A., Racz, Z. (1987). Povećanje plodnosti tla. U: **Hrana i razvoj** (str. 91–97). Beograd: Jug. naučna tribina, "N.Tesla".
- Chadwick, M. J., Kuylenstierne, J. C. I. (1990). The relative sensitivity of ecosystems in Europe to acide deposits. **Perspectives in Energy**, 1:71–93.
- Cifrić, I. (1989). **Socijalna ekologija**. Zagreb: Globus.

1 U popisu literature naveden je jedan dio prikupljene literature koja se detaljnije bavi općom ekološkom i agroekološkom problematikom i koju možemo staviti na uvid zainteresiranim stručnjacima. Radovi su specificirani prema imenima autora i kraticama izdavača za kolektivne radove. To su: IFOAM (1986), Kramer (1987), NRC (1989), UNESCO (1989), Ikerd (1990), Soule i sur. (1990), Torrance (1990), Švedski institut (1990).

Od domaćih autora i institucija preporučamo sljedeće radove: Devide (1980), Škorić i sur. (1984), Butorac i Racz (1987), Martinović i Vranković (1987), Mihalić (1987), Sarić (1987), Zagožen (1987), Institut "Ruder Bošković" (1990), Racz (1990), Meštrović (1991).

Spomenimo još da se stručnim problemima zaštite tla kod nas već 20–tak godina bavi Komisija za prostorno planiranje i uređenje zemljišta Jugoslavenskog društva za proučavanje tla, koja je nedavno održala IX. znanstveni simpozij u Tuzli (JDPZ, 1991).

- Csikás, I. /Ed./ (1991). **Report of the international workshop on long term environmental risks for soils, sediments and groundwater in the Danube Catchment area (Budapest, 13–15 December 1990)**. Netherlands: Foundation for Ecodevelopment.
- Filtereigenschaften des Bodens gegen Schadstoffen**, Heft 212 (1988). Bonn: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK).
- Devide, Z. (1980). Okoliš, energija i hrana. U: **Ljudski okoliš u Zagrebu** (str. 282–288). Zagreb: JAZU.
- Dobrovoljskij, G. V., Grišina, L. A. (1985). **Ohrana počv**. Izdateljstvo Mokovskogo Univerziteta.
- Dobrovoljskij, G. V., Nikitin, E. D. (1990). **Funkcii počv v biosfere i ekosistemah**. Moskva: "Nauka".
- Duijvenbooden, W. van, Waegeningh, H. G. van /Eds./ (1987). **Vulnerability of soil and groundwater to pollutants**. Proc. and Information/TNO, No. 38. The Hague.
- Durman, P., Bertić, B. (1988). Kontrola plodnosti tla u uvjetima intenzivne ratarske proizvodnje Hrvatske. **Poljoprivredne aktualnosti**, (1–2):319–379.
- FAO (1986). **Environmental Capacity — An Approach to Marine Pollution Prevention**. Reports and Studies, No. 30. Rome.
- Fokin, A. D. (1989). Problema antropogenih zagraženij počv. **Počvovedenie**, (10):85–83.
- Glazovskaja, M. A. (1990). Opit klasifikacija počv mira po ustojčivosti k tehnogenim kislotnim vozdestvijam. **Počvovedenie**, (9):82–96.
- Haines, Y. Y. (1989). Toward a Holistic Approach to Risk Assessment and Management. **Risk Analysis**, 9(2):147–155. New York: Plenum Press.
- Hrustel-Majcen, M., Lobnik, F. (1989). **Vsebnost teških kovin v kmetijskih tleh v oklici Celja**. Zbornik Biotehniške fakultete, Supl. 14:95–105. Ljubljana.
- Ikerd, J. E. (1990). Agriculture's search for sustainability and profitability. **Journal of Soil and Water Conservation**, (1):18–23. Ankeny, Iowa.
- Int. Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) (1986). **Global Perspectives on Agroecology and Sustainable Agricultural Systems**. University of California.
- Strategija zaštite i unapređivanja životne sredine u SFR Jugoslaviji** (1990). Koordinator projekta V. Pravdić. Zagreb: Institut "Ruder Bošković".
- Zbornik izvoda radova IX znanstvenog simpozija "Oštećenja tla i problemi njegove zaštite"** (1991). Tuzla: Jug. društvo za proučavanje zemljišta (JDPZ).
- Kadar, I., Nemeth, I., Kovacs, G. (1987). **Nitrogen efficiency and nitrate leaching of a calcareous chernozem soil**. Proc. of the 5th International CIEC Symposium (str. 155–158). Budapest.
- Klijn, F. (1991). **Environmental Susceptibility to Chemicals**. Int. Workshop on Mapping of Soil and Terrain Vulnerability. Wageningen: ISRIC.
- Kovda, V. A. (1985). **Biogeohimija počvenog pokrova**. Moskva: "Nauka".
- Kramer, M. (1987). **An interdisciplinary model for system analysis in a region of intensive agriculture**. Universität Osnabrück.
- Krupelnikov, I. A. (1981). **Istorija počvovedenija**. Moskva: "Nauka".
- Kuntze, H. (1991). Böden als Produktions- und Lebensrume. **Mitteilungen d. Dt. Bodenkundlichen Gesellschaft**, 63:9–17.
- Manojlović, S. (1988). Aktuelni problemi upotrebe đubriva sa posebnim osvrtom na mogućnosti zagađivanja zemljišta i predlozi za njihovo rešavanje. **Agrohemija**, (5–6):393–442.
- Martinović, J., Vranković, A. (1987). **Pedološki prikaz stanja u SR Hrvatskoj i prijedlog mjera za njegovo uređenje**. Pripremljeno za "Izveštaj o kvaliteti okoline u SR Hrvatskoj 1987–1989". Zagreb: Republički komitet i Zavod za prostorno uređenje i zaštitu čovjekove okoline.
- Matičić, B., Abvelj, L., Fegeš, M. (1991). **The potential impact of irrigation and nitrogen fertization on environmental sound and antitoxic food production**. Posebna izdanja ANU BiH, XCVIII (str. 211–224). Sarajevo: ANU BiH.

- Menzel, R. G. (1991). Soil Science: The Environmental Challenge. **Soil Science**, 151(1):24-29.
- Meštrov, M. (1991). Ekologija. U: **Ekologija, znanstveno-etičko-teološki upiti i obzori** (str. 13-28). Zagreb: Filozofsko-teološki institut.
- Mihalić, V. (1987). Tlo kao prirodni resurs u biljnoj proizvodnji. U: **Hrana i razvoj** (str. 85-90). Beograd: Jug. naučna tribina.
- Miljković, N., Resulović, H. (1987). Oštećenje zaštita i rekultivacija zemljišta. U: **Hrana i razvoj** (str. 99-104). Beograd: Jug. naučna tribina.
- National Research Council (NRC) (1989). **Alternative Agriculture**. Washington: National Academy Press.
- Racz, Z. (1990). Tlo i ekološki problemi današnjice. **Poljoprivredna znanstvena smotra**, 55(1-2):183-194.
- Racz, Z., Martinović, J., Bogunović, M. (1991). Prikaz ekološki najugroženijih područja Hrvatske za potrebe međunarodnog projekta dugoročnih ambijentalnih rizika u slivu Dunava.
- Rozanov, B. G., Targuljan, V. O., Orlov, D. S. (1989). Globalne tendencije izmenenija počv i počvenog pokrova. **Počvovedenie**, (5):5-17.
- Salomons, W. (1991). **Processes in the soil affecting mobility of contaminants**. Int. Workshop on Mapping of Soil and Terrain Vulnerability. Wageningen: ISRIC.
- Schröder, H. (1985). Nitrogen Losses from Danish Agriculture — Trends and Consequences. **Agriculture, Ecosystems and environment**, 14:279-289.
- Sequi, P., Ciavatta, C., Vittori-Antisari, L. (1989). **Phosphate fertilizers and phosphorus loadings to river and seawater**. Proc. of the Seminar IFA and IMPHOS. Marocco.
- Soule, J.k, Carr, D., Jackson, W. (1990). Ecological Impact of Modern Agriculture. U: **Agroecology** (str. 165-188). New York: Mc Graw-Hill Publ. Comp.
- Stigliani, W. H. (1988). Changes in Valued "Capacities" of Soils and Sediments as Indicators of Nonlinear and Time-delayed Environmental Effects. **Environmental Monitoring and Assessment** 10:245-307.
- Stigliani, W. M. /Ed./ (1991). **Chemical Time Bombs: Definition, Concepts, and Examples**. Lazenburg: Int. Institute for Applied Systems Analysis.
- Stipetić, V. (1987). Jugoslavenska proizvodnja hrane na svjetskom tržištu. U: **Hrana i razvoj** (str. 3-13). Beograd: Jug. naučna tribina.
- Svenska Institute (SI) (1990). **Environment Protection**. Fact Sheets on Sweden.
- Szabolcs, I., /Ed./ (1989). **Ecological Impact of Acidification**. Proc. of the Joint Symposium. The Academy of Finland, The Austrian Academy of Sciences, The Hungarian Academy of Sciences, The Royal Swedish Academy of Sciences.
- Sarić, T. (1987). Ekološke posljedice primjene kemikalija u biljnoj proizvodnji. U: **Hrana i razvoj** (str. 59-66). Beograd: Jug. naučni forum.
- Škorić, A., Resulović, H., Vidaček, Z., Martinović, J. (1984). Oštećenje zemljišta i potrebe njegove zaštite. **Zemljište i biljka**, 33(1):1-6.
- The Macaulay Land Use Research Institute (MLURI) (1988/89). **Annual Report**. Board of Management. Aberdeen.
- Torrance, J. K. (1990). Sustainable agriculture: the goal is universal, but is the technology? **IBSRAM - Newsletter**, (18):2-3. Bangkok.
- UNESCO - **Man and Biosphere Program** (1989). Final report of the Int. Workshop "Long-Term Ecological Research — A Global Perspective". MAB - Mitteilungen, No. 31, Deutsches Nationalkomitee, Bonn.
- Urlich, B. (1981). kologische Gruppierung von Böden nach ihrem Chemischen Bodenzustand. **Z. Pflanzenernaehr. Bodek.** 144:289-305.
- Urlich, B., Summer, M. E. /Eds./ (1991). **Soil Acidity**. Berlin: Springer-Verlag.
- Zagožen, F. (1987). Elementi strategije tehnološkog razvoja poljoprivrede. U: **Hrana i razvoj** (str. 15-21). Beograd: Jug. naučni forum.

THE IMPORTANCE OF SOIL IN NATURAL AND AGROECOLOGICAL SYSTEMS: PRESENT-DAY PROBLEMS OF SOIL CONSERVATION

Zoltan Racz
Faculty of Agricultural Sciences, Zagreb

Summary

The essay tells of new domestic and foreign achievements and experiences in protecting soils and environment. The unpublished data of the author and his assistants' work are used here, but were also expressed during discussions at working meetings - they have been prepared for the international project "Long-term risks of environment on soils, underground waters and sediments in the Danube and its affluents area" which has been initiated by the Netherlands Foundation for Environmental Development.

At the beginning of the essay, global problems of food production and definition of agricultural and ecological systems as well as the connection with the social ecology were introduced. Then, there followed a survey of new conceptions on the role of soil in nature, and new ideas on "the chemical time bomb" as well as on the "vulnerability" of soil in connection with the above mentioned project. Then, we continued with the enumeration of parameters and the estimation of long-term risks on the examples of acidification of soil, its contamination with heavy metals, of pollution of water by nitrates and phosphorous compounds, and finally the short survey of other damages on soils in areas and terrains in the world as in our country. The final chapter points to the necessary wholistic approach and cross disciplinarian research work, to the long-term stationary surveying of soil changes and of other components of ecological system of local importance, and finally, an acute need to form appropriate data computer processing programs was stated.

Key words: *soil, natural and agroecological systems, chemical time bombs, vulnerability of soil*

BEDEUTUNG DES ERDBODENS IN NATUR- UND IN AGROSYSTEMEN UND GEGENWÄRTIGE PROBLEME MIT DESSEN BESCHÜTZUNG

Zoltan Racz

Fakultät der Landnirdschaftnissenschaften, Zagreb

Zusammenfassung

In dieser Darstellung sind neuere in- und ausländische Erfahrungen in Beschützung des Erdbodens und der Umwelt ausgelegt. Dabei hat man sich der noch nicht veröffentlichten Angaben des Autors und seiner Mitarbeiter bedient, die in Erörterungen während verschiedener Arbeitsversammlungen ausgelegt oder für Bedarfe des neuen internationalen, von einer holländischen Stiftung für ökologische Entwicklung inzierten Projektes namens "Langfristige Ambientgefahren für den Erdboden, für Unterwässer und für Sedimente im Donau-Zusammenflussgebiet" vorbereitet worden sind.

Einleitend sind allgemeine Probleme der Nahrungsproduktion, Definition des Agrosystems und dessen Verknüpfung mit der Sozialökologie ausgelegt. Dann folgt eine Auslegung neuer Auffassung der Erdbodenrolle in der Natur neuer Begriffe, wie z.B. "chemische Zeitbombe" und "Verletzbarkeit" des Bodens in Verbindung mit dem erwähnten Projekt. Danach werden Parameter und Bewertung langfristiger Risikos angeführt mit Beispielen der Bodenazidifikation, Kontamination durch Schwermetalle, Wasserausscheidung durch Nitrate und Phosphorverbindungen und kurz: andere Erdboden- und Terrainbeschädigungen in der Welt und bei uns. Im Abschlusskapitel wird auf den Bedarf einer gesamten (holistischen) Auffassung und der sgn. "cross" — Fachuntersuchungen hingewiesen, dann auf die langfristig stationierte Betrachtung der Bodenveränderungen und anderer EKO-System-Komponenten regionalen Charakters zusammen mit einem akuten Bedarf der Gestaltung entsprechender Informationssystemen.

Grundausdrücke: *Erdboden, Natur- und Agro-Eko-Systeme, chemische Zeitbombe, Bodenverletzbarkeit*