

PLODNOST ZEMLJIŠTA – USLOV ZA ODRŽIVI RAZVOJ

Aksentijević M. Snežana¹

Kiurski S. Jelena²

Šarenac M. Tatjana³

Sažetak: U radu je prikazano ispitivanje odabranih parametara plodnosti zemljišta kao pokazatelja održivog upravljanja, a u cilju očuvanja zemljišta kao važnog resursa za buduće generacije. Ispitivani parametri su pH-vrednost i sadržaj humusnih materija. Vrednost pH zemljišta utiče na prisustvo i mobilnost hranljivih elemenata i njihovo usvajanje od strane biljaka, pa se na osnovu potencijalne kiselosti može predvideti količina i vrsta potrebnog đubriva. Ispitivano je 100 uzoraka zemljišta sa područja zapadne Srbije. Merena je aktivna kiselost (pH-vrednost ekstrata uzorka zemljišta u destilovanoj vodi) i potencijalna kiselost (pH-vrednost u 1N rastvoru kalijum-hlorida). Predložen je način sanacije kiselih zemljišta metodom kalcifikacije – određivanjem hidrolitičkog aciditeta. Humusne materije su određivane metodama: po Kochmanu, zasnovanoj na oksidaciji organskih materija iz zemljišta rastvorom kalijum-permanganata, i metodom po Tjurinu, koja se zasniva na oksidaciji organske materije zemljišta, uz spektrofotometrijsko određivanje organskog ugljenika na 585 nm.

Uvidom u izmerene vrednosti zaključeno je da je dominantno prisustvo jako kiselih i kiselih zemljišta, a u pogledu količine humusnih materija, rezultati su zadovoljavajući, dominantna su humusna i jako humusna zemljišta.

Ključne reči: Plodnost zemljišta / klasifikacija zemljišta / pH-vrednost / sadržaj humusa / održivi razvoj.

1 Visoka poslovno-tehnička škola strukovnih studija, Užice, Trg Svetog Save 34,
e-mail: sneza.aksentijevic@gmail.com

2 Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment u Novom Sadu, Novi Sad, Cvećarska 2, e-mail: jelena.kiurski7@gmail.com;

3 Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment u Novom Sadu, Novi Sad, Cvećarska 2, e-mail: tatjana_sarenac@yahoo.com

UVOD

Interakcija razvoja životne sredine i međusobna uslovljenost i komplementarnost razvojne politike i politike zaštite životne sredine koje uvažavaju zakonitosti ekoloških sistema čine suštinu koncepta održivog razvoja. Koncept održivog razvoja usmeren je na očuvanje prirodnih ekosistema i na racionalno korišćenje prirodnog bogatstva a samim tim i podizanje kvaliteta životne sredine i kvaliteta života. Ako se priroda eksploatiše nekontrolisano i prekomerno u odnosu na postojeći kapacitet, dolazi do narušavanja ekološke ravnoteže i ekoloških katastrofa. Zbog toga se privreda i društvo moraju oslobađati tradicionalnih načina ponašanja i svesti o neograničenim količinama prirodnih resursa i njihovom neiscrpnom korićenju pri ekonomskim aktivnostima. Neracionalno i neodgovorno korišćenje prirodnih resursa već je dovelo u nekim područjima do katastrofalnog zagađenja zemljišta, vode i vazduha, što je uslovalo promene životnog okruženja na globalnom nivou. Narušena je biološka ravnoteža, oštećen ozonski omotač, nastale su promene klime, zagađeni su vodotokovi, uništene šume, itd. Ovakav ekonomski razvoj prirodnih resursa je neodrživ.

Zemljište predstavlja jedan od najvažnijih prirodnih resursa. Kao ograničeno i uništivo dobro sporo se obrazuje, ali u procesu proizvodnje često se vrlo brzo degradira. Zemljišni tipovi zastupljeni u ravničarskim i brežuljkastim terenima Srbije su černozemi, smonice, gajnjače, crvenice, parapodzoli i ritske crnice. S obzirom na to da čovek iz zemljišta koristi energiju za svoj život i rad, može se reći da sve što ugrožava zemljište, ugrožava i čovekovo zdravlje i opstanak. Uprkos velikom tehnološkom napretku, dešavaju se mnoge negativne promene u zemljištu. Glavni štetni procesi u poljoprivrednom zemljištu su: narušavanje strukture, antropogeno zbijanje zemljišta i kontaminacija zemljišta. Glavni polutanti zemljišta su: mineralna đubriva (naročito azotna), organska đubriva, nitrati u biljkama, teški metali, kanalizacioni mulj, komunalni otpad, sredstva za zaštitu biljaka (herbicidi, fungicidi, insekticidi, rodenticidi) itd. (Kljajić, Arsić i Mijajlović 2012; Subić, Popović i Vuković 2005).

Zemljište se definiše kao gornji sloj zemljine kore, obrazovan od mineralnih čestica, organskih materija, vode, vazduha i živih organizama (European Comission, 2006). Njegova uloga je ima specifična – da obezbedi neophodne uslove za opstanak različitih organizama, posebno biljaka, bez kojih život na Zemlji ne bi mogao da opstane. Takođe, ono je i odgovarajuća sredina za veoma brzo raspadanje izumrlih biljaka i životinja tokom mikrobioloških procesa. Tako, zemljište ima važnu ulogu u opštem kruženju ugljenika i mnogih drugih elemenata u prirodi. Često je zemljište „filter“ za prečišćavanje vode koja sadrži rastvorne i koloidne kompo-

nente. To se posebno odnosi na organske supstance koje mogu da se mineralizuju tokom prolaska kroz aerisani površinski sloj zemljišta (Rajković i sar., 2012).

Prirodne funkcije zemljišta se koriste, ali je bitno da se ne poremeti ravnoteža sistema (Jakovljević, Pantović i Blagojević, 1995). Zemljište je teško obnovljiv prirodni resurs, jer se formira tokom dugih vremenskih intervala kroz interakciju osnovnog matičnog materijala sa organskom materijom (1 cm zemljišta obrazuje se u različitim prirodnim uslovima 100 do 300 godina) i za razliku od vode i vazduha relativno je statično. Na složen proces formiranja zemljišta utiču klima, topografija i dejstvo organizama, uključujući i čoveka. Kvalitet zemljišta, naročito plodnost, od velikog je značaja za kvalitet životne sredine, jer pored vode i vazduha, zemljište predstavlja treću bitnu komponentu životne sredine te je njegovo očuvanje od suštinskog značaja za bezbednost hrane i održivu budućnost.

Plodnost zemljišta je vrlo kompleksna, jer zavisi od različitih fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava samog zemljišta i vodno-vazdušnog režima. Tokom intenzivnog korišćenja plodnost zemljišta se menja i uglavnom smanjuje zbog iscrpljivanja prinosom biljaka i gubitaka biljnih hraniva, zakiseljavanja ili i alkalizacije i smanjenja sadržaja organske materije (Stevanović, 2012). U našoj zemlji, nešto veće izvođenje mere proveravanja plodnosti zemljišta obavljano je na poljoprivrednim zemljištima ranijeg društvenog sektora, nakon donošenja Zakona o poljoprivrednom zemljištu sa utvrđenim načelima obavezne kontrole plodnosti zemljišta (Stevanović, 2012). U tom kontekstu, cilj ovog rada je ispitivanje nekih odabranih parametara plodnosti poljoprivrednog zemljišta (određivanje pH i količine humusnih materija), kao jednih od osnovnih pokazatelja održivog razvoja.

VREDNOST PH ZEMLJIŠTA

Pod kiselošću zemljišta podrazumeva se njegova sposobnost da otpušta protone, tj. vodonične jone (Živković i Đorđević, 2003). Vodonikovi joni obrazuju se pri disocijaciji molekula vode, raznih kiselina i hidrolitički kiselih soli. Među najvažnije izvore vodoničnih jona (H^+ -jona) u zemljištu ubraja se ugljena kiseina, H_2CO_3 , koja u velikim količinama dospeva u zemljište sa vodenim atmosferskim talogom. U zemljištu se redovno obrazuju, pri transformaciji raznih organskih i mineralnih jedinjenja, kao i nekih unetih đubriva, izvesna količina jakih mineralnih kiselina: azotna, sumporna i fosforna (HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4). Joni H^+ zemljišnog rastvora odmah stupaju u međudejstvo sa sastojcima čvrste faze zemljišta, pri čemu najveći deo biva apsorbovan od strane zemljišnih koloida u kojima zamenjuje bazne katjone. Ako zemljište ne sadrži dovoljno baznih katjona za njihovu neutrali-

zaciju, u zemljišnom rastvoru se zadržava izvesna količina slobodnih H-jona – dolazi do obogaćivanja H-jonima tečne i čvrste faze zemljišta – proces acidifikacije.

Reakciju zemljišnog rastvora određuje koncentracija slobodnih vodonikovih jona (H^+) u zemljišnom rastvoru, a izražava se pH-vrednošću. Vrednost pH varira u jednom istom zemljištu i u zavisnosti od godišnjeg doba. Tokom leta, kada su mikrobiološki procesi izraženiji ona je niža, a viša je tokom zime, kada su mikrobiološki i hemijski procesi svedeni na minimum. Od reakcije zemljišnog rastvora zavisi rastvorljivost mnogih jedinjenja, pa prema tome i mogućnost pojavljivanja pojedinih hranljivih elemenata u rastvoru, što ima direktnog uticaja na mogućnost njihovog usvajanja od strane biljaka. Naime, jedno od najvažnijih hemijskih svojstava zemljišta je njegova reakcija (kako aktivna kiselost u H_2O tako i potencijalna kiselost u KCl). Reakcija zemljišta direktno utiče na mobilnost hranljivih elemenata, odnosno uslovljava njihovu pristupačnost za biljke, ali isto tako utiče na uspevanje pojedinih biljnih vrsta (Vasin i sar., 2011). Tako, na primer, rastvorljivost gvožđa i mangana pri pH-vrednosti većoj od 8 naglo se smanjuje, fosfati magnezijuma i kalcijuma u alkalnoj sredini smanjuju svoju rastvorljivost, a sa zakiseljavanjem povećavaju. Vrednosti pH merene u vodi predstavljaju aktivnu kiselost zemljišta (tabela 1), a merene u 1N KCl potencijalnu supstitucionu kiselost (tabela 2), koja je značajna za upotrebu mineralnih đubriva, jer pokazuje koliko može da se poveća aktivna kiselost zemljišta pri upotrebi đubriva u obliku neutralnih soli. Reakcija zemljišta utiče na intenzitet mikrobiološke aktivnosti, rastvaranje zemljišnih minerala, usvajanje hranljivih materija od strane biljaka i drugo.

Tabela 1. Klasifikacija zemljišta prema pH vrednostima u H_2O (Belić, Nešić i Ćirić, 2014)

Klasa zemljišta	pH vrednosti
Ekstremno kiselo	< 4,6
Jako kiselo	4,7 – 5,2
Kiselo	5,3 – 5,8
Slabo kiselo	5,9 – 6,7
Neutralno	6,8 – 7,2
Slabo alkalno	7,3 – 7,6
Alkalno	> 7,6

Tabela 2. Klasifikacija zemljišta prema pH vrednostima u 1 N KCl (Belić i sar., 2014)

Klasa zemljišta	pH vrednosti
Ekstremno kiselo	< 2,5
Vrlo jako kiselo	2,6 – 3,5
Jako kiselo	3,6 – 4,5
Kiselo	4,6 – 5,5
Slabo kiselo	5,6 – 6,5
Neutralno	6,6 – 7,5
Slabo alkalno	7,6 – 8,5
Alkalno	> 8,5

Reakcija zemljišta ima velikog značaja za preporuke primene đubriva, na izbor đubriva, njihove doze i druge primene. Za potrebe kontrole plodnosti zemljišta i primene đubriva koristi se pH-vrednost u 1N KCl. Ratarske i povrtarske kulture imaju različite zahteve prema reakciji zemljišta. Optimalna pH-vrednost za većinu gajenih kultura najčešće se kreće između 6.5–7.7, odnosno od slabo kisele do slabo alkalne reakcije. Zemljišta kod kojih su zastupljene slabo kisele, kisele i jako kisele reakcije uglavnom su siromašna do srednje obezbeđena humusom, siromašna fosforom i srednje do dobro obezbeđena kalijumom. Kisela reakcija zemljišta, smanjena pristupačnost dostupnih formi najvažnijih biljnih hraniva, pre svega, fosfora i kalcijuma, kao i nizak sadržaj humusa jesu ograničavajući faktori postizanja visokih i stabilnih prinosa gajenih biljaka. Niski prinosi gajenih kultura na ovakvim zemljištima jesu rezultat blokade pojedinih hraniva u uslovima kisele reakcije, loše strukture, nedostatka organskih materija, kao i nepovoljnog režima vode i vazduha.

HUMUSNE MATERIJJE ZEMLJIŠTA

U sastav zemljišnog humusa ubrajaju se dve grupe organskih jedinjenja: humusne materije nespecifične prirode i specifične, odnosno prave humusne materije (Jovanović, 2012).

Humusne materije nespecifične prirode obuhvataju veliki broj organskih jedinjenja (ugljene hidrate, masne i amino-kiseline, smole, lignin, fermente, vitamine, antibiotike i drugi), koji nisu obrazovani kao rezultat procesa humifikacije, već predstavljaju delom jedinjenja oslobođena pri razlaganju neživih organskih ostataka biljaka i životinja i pravih humusnih materija, delom novoobrazovanih jedinjenja

mikroflora, dok ostali deo čine organska jedinjenja koja tokom života viših biljaka izlučuju koreni sistemi u zemljište.

Specifične humusne materije su obrazovane procesom humifikacije organskih ostataka biljaka i životinja. U sastav specifičnih humusnih materija ubrajaju se dve grupe organskih jedinjenja: a) jedinjenja rastvorljiva u razblaženim rastvorima alkalnih baza i alkalnih soli – humusne kiseline i njihove soli; b) jedinjenja nerastvorna u razblaženim rastvorima baza – humini. U tabeli 3. prikazana je klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja humusa.

Tabela 3. Klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja humusa (Belić i sar., 2014)

Klasa zemljišta	Sadržaj humusa u %
Vrlo slabo humusna	<1,00
Slabo humusna	1,01 – 3,00
Humusno	3,01 – 5,00
Jako humusno	5,01 – 10,00

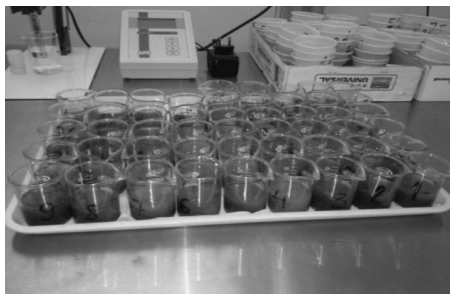
METODE ISPITIVANJA

Metoda merenja pH se zasniva na merenju pH-vrednosti vodene ili sone suspenzije zemljišta. Aktivna kiselost se meri iz vodenog ekstrakta zemljišta, a potencijalna kiselost iz sonog ekstrakta zemljišta. Sâm postupak ispitivanja temelji se na sušenju uzorka do vazdušno-suvog stanja, mlevenju na mlinu i prosejavanju na situ otvora od 2 mm. Odmeri se dva puta po 10 g (vaga, slika 1) pripremljenog uzorka i prenesu u laboratorijske čaše (slika 2).

U jednu čašu se doda 25 cm³ prokuvane destilovane vode (pH 7), a u drugu 25 cm³ 1N (mol/l) KCl. Meša se i posle 30 minuta meri pH-vrednost ekstrakta na pH-metru (slika 3).



Slika 1.
Tehnička vaga



Slika 2. Pripremljeni ekstrakti za očitavanje pH vrednosti



Slika 3.
pH-metar

Izračunavanje potrebne količine krečnog sredstva za popravku kiselih zemljišta:

Imajući u vidu da u Srbiji značajne površine zauzimaju kisela zemljišta, za povećanje njihove produktivnosti neophodna je primena kalcifikacije. Pod kalcifikacijom se podrazumeva hemijska meliorativna mera kojom se u zemljište unosi krečno sredstvo u cilju smanjenja kiselosti. Za kalcifikaciju najpogodniji su mlađi, mekši krečnjaci koji se mogu usitniti u cilju povećanja aktivne površine, odnosno rastvorljivosti. U cilju povećanja rastvorljivosti primenjenog krečnog sredstva u zemljište se unosi i organsko đubrivo, obično stajnjak.

Pri određivanju količine kreča treba uzeti u obzir mehanički sastav zemljišta, prisustvo organskih materija u zemljištu i podnošljivost gajenih biljaka prema kreču. Ako se potreba krečnog sredstva za kalcifikaciju izračunava na osnovu hidrolitičkog aciditeta, postiže se pH zemljišta do 7 u 1N KCl. Na osnovu vrednosti hidrolitičke kiselosti izračunava se potrebna količina krečnog sredstva za kalcifikaciju zemljišta. Za 10 cm³ 0,1N NaOH utrošenog za neutralizaciju sirćetne kiseline odgovara: 50 mg CaCO₃, 28 mg CaO ili 37 mg Ca(OH)₂. Kada se zna potrebna količina nekog krečnog sredstva za neutralizaciju kiselosti u 100 g zemljišta, može se pomoću proporcije izračunati ukupna količina odgovarajućeg sredstva za 1 ha do određene dubine.

Metode za određivanje % humusa u zemljištu. Precizne metode se zasnivaju na određivanju ugljenika ili ugljenik(IV) oksida (CO₂), koji se primenom konverzisonih koeficijenata prevode u humus. Ako se izračunava količina ugljenika u uzetoj probi, onda se nađeni ugljenik prevodi u humus množenjem sa koeficijentom 1,72 (100 delova humusa: 58 delova ugljenika = 1,72).

Za određivanje ukupne količine humusa postoji više metoda: (1) Metode koje se zasnivaju na određivanju količine CO₂ koji nastaje oksidacijom organskih materija; i (2) Metode koje se zasnivaju na određivanju količine oksidacionog sredstva koji se utroši za oksidaciju humusnih materija.

Metoda po Kochmanu zasniva se na oksidaciji organskih materija iz zemljišta pomoću rastvora kalijum-permanganata, KMnO₄. Oslobođeni CO₂ se ne određuje, već se vrši retitracija utrošenog KMnO₄ sa rastvorom oksalne kiseline. Postupak metode sastoji se u sledećem: u erlenmajer se prenese 500 mg uzorka vazdušno suve zemlje. Tamnija boja uzorka ukazuje na veći sadržaj humusa, pa se uzima manja odvaga. U erlenmajer sa uzorkom dodaje se 130 cm³ destilovane vode, 20 cm³ rastvora sumporne kiseline i 50 cm³ rastvora KMnO₄. Promućka se, stavi na grejno telo da kuva 15 minuta, računajući od početka ključanja. Kuvanjem se oslobađa nascentni kiseonik iz KMnO₄ koji oksiduje organske materije iz humusa u CO₂. Nakon kuvanja, vruć

rastvor se titriše standardizovanim rastvorom oksalne kiseline do obezbojavanja. Višak oksalne kiseline određuje se retitracijom rastvorom KMnO_4 do pojave slaborubičaste boje. Uporedo sa analizom radi se i slepa proba da se eliminiše uticaj reagenasa i destilovane vode. Sadržaja humusa izračunava se na osnovu izraza:

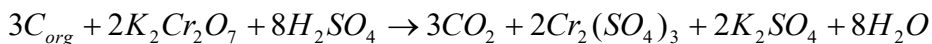
$$\% \text{ humusa} = V \cdot 0,000514 \times 1,72 \times \text{normalitet} \times 10 \times 100 / m$$

gde su:

V- zapremina utrošenog rastvora KMnO_4 ($50 \text{ cm}^3 + \text{cm}^3$ retitracije – cm^3 oksalne kiseline); 0,000514 – 1 cm^3 0,1N KMnO_4 oksiduje 0,000514 g ugljenika u CO_2 ; 1,72 – koeficijent za prevođenje C u humus; m – odvaga u mg.

Za svaku seriju ispitivanja određuje se % humusa na isti način kao i za uzorak. Za 500 mg uzorka izračunavanje je: % humusa = $V \cdot 0,176816$ - % humusa za slepu probu.

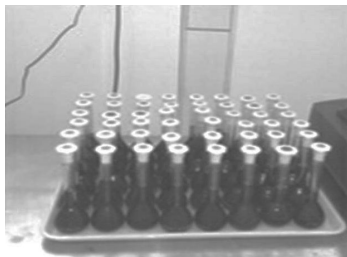
Metoda po Tjurinu (Jakovljević, Pantović, Blagojević, 1995.). Određivanje humusa zasniva se na mokrom spaljivanju organske materije zemljišta pomoću $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Pri tome se odvija sledeća reakcija:



Reakciju je moguće pratiti spektrofotometrijski, jer se narandžasta boja rastvora (prisustvo Cr^{6+}) menja u zelenu (prisustvo Cr^{3+}). Promena boje koristi se za spektrofotometrijsko određivanje organskog ugljenika pri talasnoj dužini od 585 nm. Za ovo određivanje izmeri se 1,0 g vazdušno-suvog uzorka zemljišta u čaši od 300 cm^3 . Uzorku se doda 30 cm^3 rastvora $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($0,333 \text{ mol dm}^{-3}$) i 20 cm^3 koncentrovane sumporne kiseline. Vruća smeša se odmah stavi u sušnicu (slika 4) na $98\text{--}100^\circ\text{C}$ tokom 90 minuta, a nakon toga ohladi na sobnoj temperaturi. Posle hlađenja doda se 80 cm^3 destilovane vode i ostavi da odstoji 24 h (slika 5). Spektrometrijsko merenje (slika 6) obavlja se na talasnoj dužini od 585 nm nakon pažljivog dekantiranja bistrog rastvora u merne kivete.



Slika 4.
Sušnica



Slika 5.
Pripremljeni rastvori za
očitavanje % C



Slika 6.
Spektrofotometar

Za pripremu standarda koristi se 10%-ni rastvor dehidrirane glukoze (izmeri se 10 g dehidrirane glukoze na 100 cm³ destilovane vode). Molekulska masa glukoze iznosi 180,156 g, u čemu je sadržano 72,06 g C. Tako 1 cm³ standardnog rastvora sadrži 40 mg C. Za izradu kalibracione krive koriste se vrednosti standardnog rastvora, uz pripadajuće količine ugljenika date u tabeli 4.

Preračunavanje ugljenika u humus: smatra se da humus u proseku sadrži 58% C , što znači da 1% C odgovara sadržaju humusa od 1,724 % ($100/58 = 1,724$). Na taj način, množenjem % C sa faktorom 1,724 dobija se sadržaj humusa u zemljištu (tabela 4.).

Tabela 4. Preračunavanje vrednosti C_{org.} u % humusa

Standard cm ³	C _{org.} %	Humus %
0	0	0
0,1	0,4	0,69
0,2	0,8	1,38
0,3	1,2	2,07
0,4	1,6	2,76
0,5	2,0	3,44
1,0	4,0	6,88
2,0	8,0	13,76

REZULTATI ISPITIVANJA

U radu je ispitivano 100 različitih uzoraka poljoprivrednog zemljišta sa područja zapadne Srbije, koje pokriva poljoprivredna savetodavna služba Užice (tabela 5). Svi uzorci su pripremani prema navedenim procedurama i određivana im je pH-vrednost u H₂O, pH-vrednost u KCl i % humusne materije.

Klasifikacija ispitivanih uzoraka prema graničnim vrednostima (pH u vodi, pH u KCl i % humusa u zemljištu) prikazana je u tabelama 6 i 7.

Tabela 5. Izmerena pH-vrednost u destilovanoj vodi, pH-vrednost u KCl i % humusa u ispitivanom zemljištu

R. B.	Površina (ha)	pH u H ₂ O	pH u KCl	Humus (%)	R. B.	Površina (ha)	pH u H ₂ O	pH u KCl	Humus %	R. B.	Površina ha	pH u H ₂ O	pH u KCl	Humus %
1	0,1429	6,20	5,42	5,69	35	0,3830	6,83	6,47	7,40	69	0,1087	5,33	4,86	4,30
2	0,0467	6,13	5,02	1,92	36	0,3269	5,16	4,55	2,43	70	0,3417	4,87	4,20	3,83
3	0,1083	5,67	4,69	2,43	37	0,0999	5,96	5,76	7,86	71	0,4316	5,63	5,03	3,45
4	0,0500	7,18	6,83	4,18	38	0,0598	5,97	5,39	4,24	72	0,2039	4,96	4,35	3,67
5	0,2000	6,23	5,57	5,14	39	0,0596	5,81	5,21	7,97	73	0,1199	4,91	4,23	3,84
6	0,4125	5,10	4,16	1,70	40	0,0721	4,78	4,11	4,64	74	0,0992	4,66	3,81	3,62
7	0,0992	4,85	4,14	3,73	41	0,0728	6,79	6,58	7,40	75	0,0802	5,08	4,75	2,71
8	0,0802	5,50	4,79	2,71	42	0,1190	5,20	3,93	4,69	76	0,4980	4,71	3,89	3,33
9	0,4980	4,91	4,03	3,45	43	0,3013	6,21	5,75	3,79	77	0,0365	5,04	4,73	2,60
10	0,0092	6,15	5,42	4,92	44	0,2278	6,19	6,02	4,30	78	0,0701	5,26	4,75	2,88
11	0,3356	4,85	4,13	5,71	45	0,1841	5,21	4,71	3,17	79	0,5000	5,05	4,59	3,73
12	0,1235	6,02	5,22	3,05	46	0,0842	5,88	5,52	5,37	80	0,2472	4,63	4,10	6,78
13	0,1383	4,50	3,71	5,26	47	0,1195	6,40	6,28	4,07	81	0,2060	4,66	4,06	2,94
14	0,3000	5,91	5,33	6,27	48	0,5803	5,08	4,56	3,11	82	0,0417	5,97	5,68	4,64
15	0,4391	6,15	5,46	2,60	49	1,999	4,49	4,13	4,47	83	0,5405	4,58	3,58	4,69
16	0,4048	4,91	4,48	3,56	50	0,0697	5,38	4,93	5,82	84	0,5427	4,69	4,08	5,82
17	0,0300	6,28	5,78	4,18	51	0,0964	4,53	4,22	2,37	85	0,1090	4,57	4,18	3,90
18	0,0200	6,35	5,76	4,35	52	0,0894	5,52	5,17	3,79	86	0,0126	4,36	3,90	6,44
19	0,3210	6,57	5,92	5,88	53	0,1916	5,48	4,95	3,00	87	0,6053	4,69	3,96	4,52
20	0,3295	4,85	4,09	6,05	54	0,0647	4,93	4,57	4,47	88	0,1553	4,40	3,59	0,79
21	0,0112	6,53	6,43	3,90	55	0,4056	5,02	4,43	2,71	89	0,1342	4,32	3,57	1,19
22	0,20	6,03	6,05	4,86	56	0,6035	5,15	4,50	4,35	90	0,5190	4,55	3,86	3,00
23	0,2819	5,20	4,06	2,26	57	0,2558	5,74	5,24	3,79	91	1,256	6,73	6,02	4,86
24	0,1008	4,72	4,06	3,62	58	0,1390	5,74	5,36	4,35	92	0,2197	5,44	5,13	4,92
25	0,4259	4,69	4,15	2,94	59	0,3086	5,28	5,19	6,90	93	0,4000	5,04	4,49	5,03
26	1,831	4,33	3,81	6,44	60	0,1881	6,22	5,62	5,26	94	0,2722	5,85	5,07	3,33
27	0,0842	4,69	3,93	4,58	61	0,1304	5,46	5,50	6,67	95	0,1337	5,06	3,88	3,50
28	3,091	5,66	5,45	8,59	62	0,2585	5,03	5,12	5,54	96	0,5561	5,03	3,94	3,22
29	5,166	4,26	3,63	5,65	63	0,1465	6,30	5,78	6,10	97	0,0732	5,65	4,48	2,20
30	0,3834	5,08	4,50	2,43	64	0,2948	4,20	3,71	4,52	98	0,0829	4,47	3,44	5,48
31	339,19	4,06	3,76	6,73	65	0,2560	6,04	5,52	4,30	99	0,1364	4,68	3,56	3,62
32	0,0756	6,15	5,60	4,58	66	0,2000	5,86	5,40	5,77	100	0,0150	4,37	3,24	5,94
33	37,43	5,32	4,60	3,39	67	0,5360	5,20	4,82	5,54	Srednja vrednost		5,34	4,76	4,39
34	19,34	5,25	4,82	5,26	68	0,2303	5,83	5,68	5,77					

Tabela 6. Klasifikacija zemljišta na osnovu pH vrednosti u 1N KCl

pH vrednost 1N KCl	Klasa zemljišta	Broj uzoraka
< 2,5	Ekstremno kiselo	0
2,6 – 3,5	Vrlo jako kiselo	3
3,6 – 4,5	Jako kiselo	45
4,6 – 5,5	Kiselo	31
5,6 – 6,5	Slabo kiselo	19
6,6 – 7,5	Neutralno	2
7,6 – 8,5	Slabo alkalno	0
> 8,5	Alkalno	0
Ukupno :		100

Tabela 7. Klasifikacija zemljišta na osnovu pH-vrednosti u H₂O

pH vrednost u H ₂ O	Klasa zemljišta	Broj uzoraka
< 4,6	Ekstremno kiselo	14
4,7 – 5,2	Jako kiselo	39
5,3 – 5,8	Kiselo	22
5,9 – 6,7	Slabo kiselo	23
6,8 – 7,2	Neutralno	2
7,3 – 7,6	Slabo alkalno	0
> 7,6	Alkalno	0
Ukupno :		100

Pregledom rezultata kiselosti zemljišta vidi se da je dominantno prisustvo jako kiselih zemljišta, oko 5,34 pH jedinica. Od vrednosti pH zemljišta zavisi rastvaranje zemljišnih minerala, transformacija produkata njihovog raspadanja, usvajanje hranljivih materija od strane biljaka, intenzitet mikrobiološke aktivnosti, koagulacija i peptizacija koloida, oksido-redukциони i drugi fizičko-hemijski procesi. Reakcije zemljišta utiču na biljke direktno (menja se pH-vrednost ćelijskog soka), ali i indirektno (menja se pristupačnost hranljivih materija za biljke). Mikroelementi (sem molibdena) su pokretljiviji u kiseloj sredini (Rajković i sar., 2012; Aksentijević, Kiurski, Kecić, Oros, 2015). Optimalna pH vrednost zemljišta zavisi od mnogih faktora, prvenstveno od tipa zemljišta i biljaka koje se uzgajaju. Previše niska pH-vrednost može učiniti da je biljkama hranljivi mangan dostupan u toksičnim koncentracijama. Nivo pH koji je previše nizak takođe oslobađa aluminijum – a

ne biljni nutrient – u količinama koje mogu podstaknuti rast korenja i ometati uzimanje hranjivih sastojaka biljaka (Reich, 2005). Radi povećanja pH-vrednosti preporučuje se kalcifikacija. Kalcifikacija je mera agromeliorativne popravke kojom se smanjuje prevelika kiselost zemljišta. Ovom merom se značajno poboljšava struktura zemljišta i njegova plodnost. Na jako kiselim zemljištima biogeni elementi su prisutni ali u teško usvojivim formama i voće ih ne koristi. Smanjenjem kiselosti biogeni elementi prelaze u lako usvojive forme i nivo plodnosti se ovom merom značajno povećava. Kalcijum stvara povoljne uslove za razvoj korenovog sistema i usvajanje drugih hraniva. Kalcifikaciju bi trebalo obavezno da prati humifikacija. Ovom merom se nadoknađuje deficit humusa u zemljištu. Humifikacijom se olakšava i obrada zemljišta, povećava propustljivost za vodu i vazduh i smanjuje mehanički otpor rastu korena. Humifikacija se izvodi rasipanjem organskih materijala (stajnjaka, komposta, treseta, glistenjaka) i njihovim unošenjem u zemljište. Na osnovu ispitivanja utvrđen je sledeći humusni sadržaj u zemljištima: 1 uzorak vrlo slabo humusni, 19 slabo humusnih, 48 humusno i 32 jako humusno, tabela 8. Na osnovu analize rezultata može se zaključiti da je ispitivano zemljište po sadržaju humusa uglavnom zadovoljavajućeg kvaliteta. Baštenska i uopšte povrtarska proizvodnja je vrlo često praćena navodnjavanjem sa velikom količinom vode lošeg kvaliteta, što može da ima negativan uticaj na strukturu i hemijske osobine zemljišta. Upravo humus predstavlja pufer sistem za ublažavanje ovakvih negativnih uticaja.

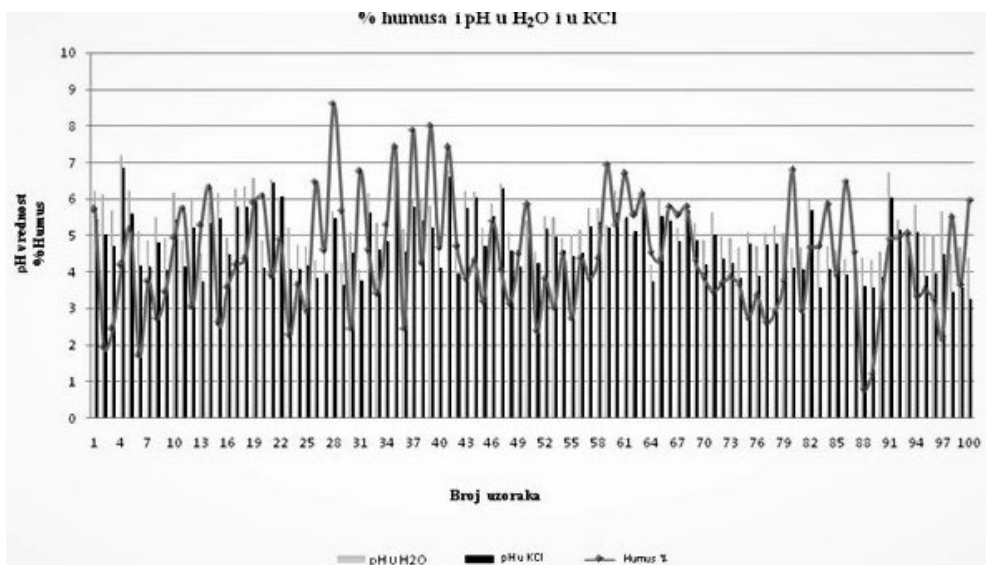
Kvantitativne procene budućih trendova u karakteristikama i svojstvima zemljišta su ograničene, s obzirom na to da u raznolikosti brojnih politika i zakona o vodama, vazduhu, otpadu, hemikalijama, industrijskom zagađenju, zaštiti prirode, pesticidima i poljoprivredi, ne postoji specifična legislativa EU koja se posebno bavi zaštitom zemljišta. Kao odgovor na ovu situaciju, Evropska komisija je 2006. godine usvojila Tematsku strategiju koja ima za cilj da uzme u obzir čitav niz pretnji i osiguranje da zemljišta EU budu zdrava za buduće generacije. Strategija obuhvata zajednički i sveobuhvatan pristup zaštiti zemljišta usredsređen na funkcije zemljišta struktuirane na: identifikaciju problema, preventivne i operativne mere usmerene ka svakoj od glavnih pretnji koje su identifikovane. Ključni stub ove strategije je ciljno istraživanje koje ima zadatak da obezbedi održivo korišćenje zemljišta. Sa druge strane, u cilju transformacije evropske ekonomije u održivu do 2050. godine, zemljište se identifikuje kao ključni prirodni resurs, sa posebnim fokusom na sigurnost hrane i upravljanje vodama (European Commission, 2016).

Tabela 8. Klasifikacija zemljišta na osnovu % humusa

Humus %	Klasa zemljišta	Broj uzoraka
< 1,00	Vrlo slabo humusna	1
1,01 – 3,00	Slabo humusna	19
3,01 – 5,00	Humusno	48
5,01 – 10,00	Jako humusno	32
Ukupno :		100

Na osnovu dobijenih rezultata konstatovano je da je sadržaj humusa u zemljištu zadovoljavajuć, ali da bi se sprečilo njegovo smanjivanje, potrebno je zaoravati žetvene ostatke, a nikako spaljivati na njivi, dok bi na slabo humusnim zemljištima bilo preporučljivo i đubrenje organskim đubrivima. Na osnovu unetih podataka izračunatih parametara dobijen je histogram (slika 7.), koji upućuje na promene sadržaja humusa i pH-vrednosti u vodi i KCl u ispitivanim uzorcima zemljišta.

Slika 7. Histogram promene sadržaja humusa i vrednosti pH u H₂O i u KCl u ispitivanim uzorcima zemljišta



ZAKLJUČAK

Samim postojanjem na Zemlji čovek je počeo oblikovati okolinu i prilagođavati je svojim potrebama. U početnim fazama razvoja neznatno je remetio prirodnu ravnotežu, ali sa razvojem tehnike, povećanim zahtevima za zadovoljenje svojih potreba u novije vreme čovek bitno utiče na prirodnu ravnotežu i ugrožava brojne ekosisteme. Prirodna sredina čoveku osigurava ostvarivanje osnovnih potreba (za hranom, pićem, stanovanjem...) i zato je nezamenljiva. Želje, navike i interesi čoveka koje priroda ne može neposredno da zadovolji neprekidno rastu, kako količinski tako i kvalitetom. Čovek, koristeći prirodne resurse (vazduh, vodu, zemljište, biljke, životinje itd.) i kultivirajući ih na različite načine, oblikuje svoju vlastitu okolinu, različitu od prirodne. U međusobnom odnosu prirodne i čovekove sredine, vremenom, nastali su veliki konflikti, jer je čovek ostvarivao svoje potrebe ne obazirući se na mogućnosti i izdrživost prirodne sredine, a to je dovelo do sve većih nedostataka prirodnih sirovina i pojavu prvih ekoloških katastrofa. Kada se govori o antropogenom zagađenju sredine, tj. njenoj degradaciji nastaloj delovanjem ljudskih aktivnosti, prvenstveno se misli na četiri sektora: industriju, poljoprivredu, saobraćaj i domaćinstva. Rešenje ovakve negativne situacije je usvajanje načela trajno održivog razvoja i njegove dosledne primene.

Promene u zemljištima, kao posledice procesa degradacije, odvijaju se postepeno i teško su primetne u kraćim vremenskim intervalima, a uslovljavaju promene funkcija ekosistema. Dugotrajno unošenje zagađujućih materija u zemljište može dovesti do smanjenja njegovog puferskog kapaciteta, što za posledicu može da ima trajnu kontaminaciju zemljišta i podzemnih voda. Zbog toga se poslednjih godina intenziviraju proučavanja i analize sa aspekta ekološkog kvaliteta zemljišta kao značajnog elementa održivog razvoja. Zakiseljavanje zemljišta je prirodan proces, ali može biti inteziviran ljudskom aktivnošću. Stepent zakiseljavanja zavisi od strukture zemljišta, unošenja atmosferskih taloga u zemljište, mineralnih đubriva i primena agrotehničkih mera.

Na osnovu rezultata ispitivanja ovog rada može se zaključiti da su zemljišta, na odabranim lokalitetima područja zapadne Srbije, jako kisela i sa zadovoljavajućim sadržajem humusa, te je mere prevencije zagađenja zemljišta potrebno usmeriti na kontrolisanje i smanjenje emisije iz atmosfere i otpadnih voda. Očuvanje kvaliteta i zaštita zemljišta podrazumeva i smanjenje upotrebe zagađujućih materija u poljoprivredi, dobro organizovanje i kontrolu deponija, održivo upravljanje otpadom, sadnju biljaka koje su u stanju da apsorbiraju zagađujuće, pa i toksične materije, kontrolisanu urbanizaciju i poštovanje opštih mera zaštite životne sredine i prirode u skladu sa propisima utvrđenim zakonskom regulativom i načelima održivog razvoja.

SOIL FERTILITY AS A CONDITION OF SUSTAINABLE DEVELOPEMENT

Abstract: *The purpose of this paper is to examine soil fertility parameters as indicators of sustainable management in order to preserve this resource for future generations. The parameters tested are the pH value of soil and humus content. The pH value of soil affects the presence and mobility of nutrients and their uptake by the plant. On the basis of potential acidity, the quantity and type of the needed fertilizer can be predicted. For the purpose of this research, 100 soil samples from the territory of western Serbia have been examined. Active acidity, i.e. the pH values of sample extracts in distilled water and potential acidity, i.e. the pH value in 1N potassium chloride solution were measured. As the remediation strategy for acid soils we have proposed the method of calcification with the determining of hydrolytic acidity. The presence of humus substances was determined using a method proposed by Kochman, based on the oxidation of organic matter from the soil with potassium permanganate solution (KMnO₄). The released CO₂ was determined indirectly by the retraction of the KMnO₄ solution of oxalic acid and a method proposed by Tjurin, based on the oxidation of organic matter in the soil. Organic carbon was determined spectrophotometrically at 585 nm. Having obtained such insight into the measured values, we can confirm the dominant presence of strongly acidic and acidic soils. In terms of the amount of humus in soil, the obtained results were quite satisfactory, i.e. humus and very humus soils prevail on the observed territory.*

Key words: *Soil fertility, soil classification, pH-value, humus content, sustainable development.*

LITERATURA

1. Aksentijević S., Kiurski J., Kecić V., Oros I. (2015). Ispitivanje pH zemljišta, 7. Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine (EnviroChem 2015) sa međunarodnim učešćem, Palić, 9-12. Jun 2015 (160-161), Beograd, Srpsko hemijsko društvo.
2. Belić M., Nešić Lj., Ćirić V. (2014). *Praktikum iz pedologije*, Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
3. European Commission (EC), 2016, Soil, (27. januar 2018.)
4. European Commission (EC), Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (2006), Thematic Strategy for Soil Protection COM (2006) 231, Brussels, Belgium, EU. [SEC

- (2006)620] [SEC(2006)1165], (27. januar, 2018.), Preuzeto sa: <http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=celex%3A52006DC0231>
5. Jakovljević M., Pantović M., Blagojević S. (1995). *Praktikum iz hemije zemljišta i voda*, Beograd, Poljoprivredni fakultet Zemun
 6. Jovanović, O. (2012). *Zagađenje i zaštita zemljišta*, Beograd, Visoka škola strukovnih studija – Beogradska politehnika.
 7. Kljajić N., Arsić S., Mijajlović N. (2012). Zemljište kao ekološki faktor poljoprivredne proizvodnje, *Tranzicija*, 14 (29), 38-47
 8. Preuzeto sa: http://ec.europa.eu/environment/soil/process_en.htm
 9. Preuzeto sa: <http://www.finegardening.com/four-things-you-need-know-about-soil-ph>
 10. Rajković M., Stojanović M., Glamočlija Đ., Tošković D., Miletić V., Stefanović V., Lačnjevac Č. (2012.). Wheat Samples and Heavy Metals, *Journal of Engineering & Processing Management*, 4(1), 85-126.
 11. Reich L. (2005.) The four things you need know about soil pH, *Fine Gardening* issue 105,
 12. Stevanović D. (2012.). Kontrola plodnosti zemljišta u funkciji unapređenja biljne proizvodnje i zaštite životne sredine, Preuzeto sa: <http://victorialogistic.com/poljoprivreda/kontrola-plodnosti-zemljista-u-funkciji-unapredenja-biljne-proizvodnje-i-zastite>
 13. Subić J., Popović V., Vuković P. (2005). Održivo korišćenje zemljišta u poljoprivredi, *Ekonomika*, 51(5-6), 26-35.
 14. Vasin J., Ninkov J., Zeremski T., Sekulić P., Milić S., Milošević N., Marković J. (2011). Projekat: Program praćenja kvaliteta poljoprivrednog i nepoljoprivrednog zemljišta na teritoriji grada Novog Sada tokom 2011. godine, Novi Sad, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Laboratorija za zemljište i agroekologiju.
 15. Živković, M., Đorđević, A. (2003). *Pedologija*, Beograd, Poljoprivredni fakultet Zemun.