



VODIČ

za optimizaciju gospodarenja
tlom i prilagodbu
agroekosustava i agrotehničkih
mjera klimatskim promjenama



Hrvatska agencija za
poljoprivredu i hranu



Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek

Projekt "AGROEKOTEH - Optimizacija gospodarenja tлом prilagodba agroekosustava i agrotehničkih mjera klimatskim promjenama", KK.05.1.1.02.0018; 01.02.2020. - 01.06.2023.

IMPRESUM

Izdavač:

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu

Autori:

Hrvoje Hefer mag.ing.bil.-voditelj projekta
prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, red. profesor, voditelj istraživanja
prof. dr. sc. Domagoj Rastija, red. profesor, istraživač
Dr.sc. Daniel Rašić dipl.ing – istraživač
Milena Andrišić dipl.ing - istraživač

Lektura: Dijana Stanić-Rešicki

ISBN: 978-953-7867-27-0

Naklada: 1000 komada

Tisak: Grafika d. o. o. Osijek

Osijek, svibanj, 2023.



Europska unija
Zajedno do fondova EU



**EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI**



Operativni program
**KONKURENTNOST
I KOHEZIJA**



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo gospodarstva i
održivog razvoja



**FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I
ENERGETSKU UČINKOVITOST**

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj
Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu.

VODIČ

za optimizaciju gospodarenja
tlom i prilagodbu
agroekosustava i agrotehničkih
mjera klimatskim promjenama

SADRŽAJ

1. Uvod	7
2. Degradacija humoznosti	8
3. Provedba istraživanja	9
3.1 Praćenje stanja plodnosti tla i usporedba agrokemijskih pokazatelja za period 2005-2020. i 2006.-2021. (specifični cilj 1.).....	9
3.2 Trajno praćenje fizikalnih i kemijskih procesa u tlu na postojećim monitoring postajama nakon ciklusa od 9 godina (specifični cilj 2.)	14
3.3 Ispitivanja agronomske učinkovitosti agrotehničkih mjera prilagodbe i optimizacije organske i mineralne gnojidbe i navodnjavanja (specifični cilj 3).....	22
3.4 Istraživanje utjecaja agrotehničkih mjera na obogaćivanje tla organskom tvari (specifični cilj 4.)	32
3. Literatura	54

1. Uvod

Poljoprivreda je stoljećima u Republici Hrvatskoj bila glavna djelatnost. Ona je zahvaljujući raznolikosti klime, reljefa i tala, vrlo raznovrsna. Nekada je Republika Hrvatska imala 3,15 milijuna ha poljoprivrednog zemljišta, a u 2018. godini, prema podacima Državnog zavoda za statistiku, 1.485.645 ha intenzivno korištenih poljoprivrednih površina od čega su 54% sačinjavale oranice, 41% trajni travnjaci (livade i pašnjaci), a 4,1% voćnjaci, vinogradi i maslinici. Poljoprivreda je vrlo ranjiva na klimatske promjene. Intenzitet fizikalnih, kemijskih i bioloških procesa koji se odvijaju u tlu, biljkama i domaćim životinjama, uvelike su određeni raspoloživom vodom i temperaturom. Kad je riječ o vodi, na poljoprivredu negativno djeluju i suša i velika količina oborina (koja nerijetko uzrokuje poplave). Manjak vlage u tlu otežava ili posve sprječava nicanje zasijanih poljoprivrednih kultura, odnosno u kasnijim fenološkim fazama, njihov razvoj i dozrijevanje. Prema nekim predviđanjima poljoprivreda je sektor koji će pretrpjeti najveće štete od posljedica klimatskih promjena. Očekuje se da će se zbog klimatskih promjena do 2050. godine prinos trenutnih poljoprivrednih kultura u Republici Hrvatskoj smanjiti za 3 – 8 %. Sve dulja i češća sušna razdoblja, kao i sve veća ugroženost poljoprivrednih kultura od toplinskog stresa tijekom posljed-

njih desetljeća jasan su signal, prije svega ratarima, voćarima, maslinarima i vinogradarima, da počnu s provedbom mjera prilagodbe klimatskim promjenama. Postojeća istraživanja ukazuju na učestali manjak vode u hrvatskim poljoprivrednim tlima, a klimatski modeli ukazuju da će ovaj problem u budućnosti postati još izraženiji. Određene poljoprivredne površine karakterizira slaba propusnost za vodu zbog zbijenosti tla. Pri obilnijim oborinama na ovakvim tlima dolazi do saturacije vodom, stagnacije vode, površinskog otjecanja i erozije, što izravno degradira plodnost tla i razvoj poljoprivrednih kultura. Imajući u vidu da je suša (koja je uvelike potencirana smanjenjem prihvatnog kapaciteta tla za vodu) daleko najveći problem za hrvatsku poljoprivredu, izuzetno je važno poticati sve mjere koje doprinose optimizaciji gospodarenja tlom i prilagodbi agroekosustava i agrotehničkih mjera klimatskim promjenama.

2. Degradacija humoznosti

Većina poljoprivrednih tala, uključujući i ona najplodnija u Slavoniji izložena su degradaciji humoznosti, vrlo često i uz nizak sadržaj humusa (prosjeak za Osječko-baranjsku županiju je 1.97 %, što je više nego li dvostruko manje u odnosu na prije 50-ak godina).

Humus, osim što je izvor biljnih hranjiva, „nositelj“ je apsorpcijske i puferne sposobnosti tla, neophodan za optimalne vodozračne odnose i sve mikrobiološke aktivnosti. Ovisno o vrsti, 1 kg humusa može pohraniti 3-10 litara vode. Agrotehničke mjere koje izgrađuju humus jesu redovita primjena kvalitetnih (zrelih i stabilnih) stajskih gnojiva, komposta i ostalih organskih gnojiva, primjena zelene gnojidbe, uzgoj višegodišnjih leguminoza, uvođenje postrnih usjeva u plodored i dr. Istraživanja kojima se uspoređuju konvencionalni i ostali (alternativni) vidovi održive poljoprivrede (ekološka poljoprivreda, integrirani održivi sustavi proizvodnje i sl.), pokazuju da je primjenom odgovarajuće agrotehničke moguće povećati sadržaj humusa u tlu i održati rastresitost tla i stabilnost strukturnih agregata sa značajnim učinkom na optimizaciju gospodarenja vodom i očuvanja plodnosti tla. Ovakvi pristupi, ugrađeni u sustavnu edukaciju i programe razvoja, zahtijevaju velike dodatne troškove i razmjeno jednostavno se usvajaju pa bi ih bilo važno promovirati u savjetovanju,

a u optimalnoj varijanti i dodatno subvencionirati.

Vrlo je značajan i optimalan izbor vrste usjeva i kultivara, kao važna mjera prilagodbe na klimatske promjene. Navedene mjere zahtijevaju progres u planiranju poljoprivredne proizvodnje i razvoj osvijetljenosti o izazovima koje klimatske promjene donose. No, one se istovremeno i naslanjaju na principe očuvanja ruralnog prostora i ruralnog razvoja i mogu poslužiti u ublažavanju ranjivosti poljoprivrede, naročito malih poljoprivrednih gospodarstava koja su izuzetno ranjiva na klimatske promjene.

Na koji način povećati prilagodljivost i smanjiti ranjivost hrvatske poljoprivrede vezano uz utjecaj klimatskih promjena na plodnost i kvalitetu tla, vrlo je težak i kompleksan zadatak, a istraživači HAPIH-a i FAZOS-a odgovor su dobili provedbom nekoliko specifičnih ciljeva. Prijedlozi agro-tehničkih mjera temeljeni su na rezultatima provedbe te će zasigurno omogućiti jačanje kapaciteta za prilagodbu na području Istočno panonske i Središnje panonske podregije te pozitivno utjecati na minimaliziranje šteta u poljoprivredi uvjetovanih klimatskim promjenama.

3. Provedba istraživanja

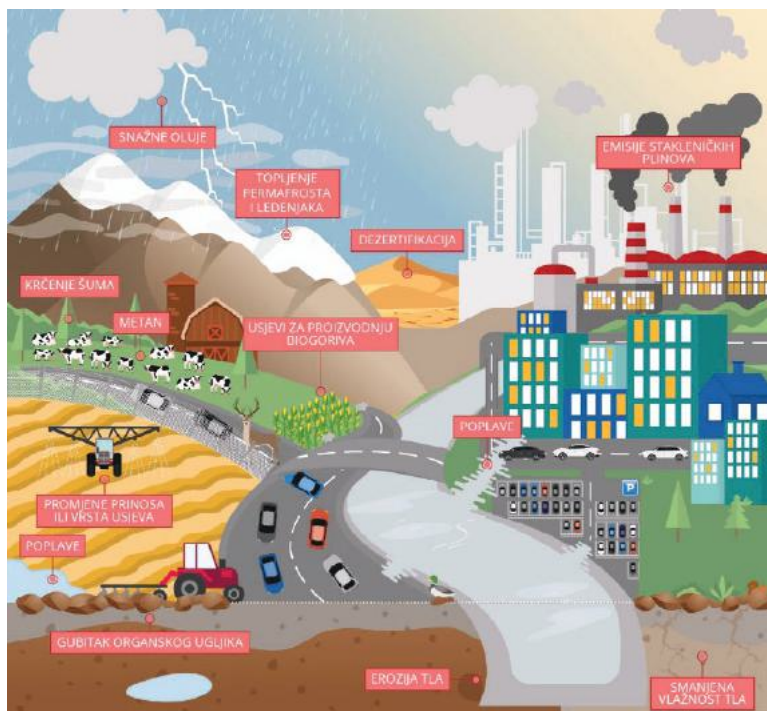
3.1 Praćenje stanja plodnosti tla i usporedba agrokemijskih pokazatelja za period 2005. -2020. i 2006. - 2021. (specifični cilj 1.)

Klimatske promjene jedan su od značajnijih izazova današnje poljoprivredne proizvodnje, a količina stakleničkih plinova u atmosferi sve je veća zbog tehnološkog razvoja, globalno sve veće proizvodnje

koja proizlazi iz gospodarskih djelatnosti između ostalog i poljoprivrede.

Ukupna količina ugljika u tlu mnogostruko je veća od količine ugljika u nadzemnoj biomasi, a tlo kao rezervar ugljika ima značajnu ulogu u klimatskim promjenama te može značajno smanjiti količine ugljika u atmosferi.

Za rast i razvoj biljnih vrsta značajan utjecaj imaju kemijska, fizikalna i bio-



Slika 1: Tlo, zemljište i klimatske promjene

loška svojstva tla, vlaga tla, temperatura tla i atmosfere, pojava kasnih mrazeva, insolacija, količina oborina kao i distribucija oborina po mjesecima. Klimatske promjene značajno će utjecati na prinos poljoprivrednih kultura te je potrebna adaptacija biljnih vrsta na nove agroekološke uvjete. Stručnim pristupom u gospodarenju poljoprivrednim zemljištem kroz pravovremenu i optimalnu obradu

tla, balansiranu gnojidbu te navodnjavanje moguće je utjecati na kvalitetu i kvantitetu prinosa biljnih vrsta kao i na emisiju CO₂.

Jedan od primarnih zadataka HAPIH-a, Centra za tlo je inventarizacija podataka te korištenje podataka za izradu predikcijskih karata pogodnosti tala za poljoprivrednu proizvodnju.

Uzorkovanje tla

Za potrebe provedbe specifičnog cilja 1. odrađeno je praćenje stanja plodnosti tla i usporedba agrokemijskih pokazatelja za

period 2005.-2020. i 2006.-2021. Ukupno je uzorkovano 1.000 uzoraka tla na dubinu od 0-30 cm, na lokacijama koje su ranije uzorkovane 2005./2006. godine. Jedan prosječan uzorak sastoji se od 20–25



Slika 2: Uzorkovanje tla



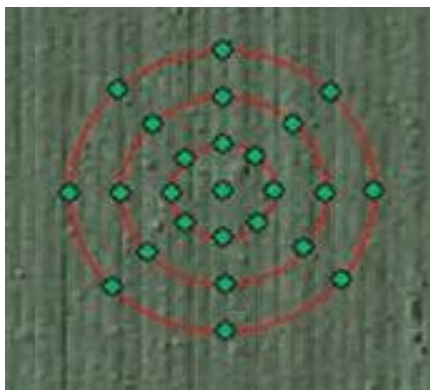
Slika 3: GPS uređaj



Slika 4: Metoda uzorkovanja tla



Slika 5: Četvrtanje uzorka tla



Slika 6: Uzorkovanje tla/kontrolna ploha



Slika 7: Kontrolna ploha na parceli



Slika 8: Više kontrolnih ploha na parceli



Slika 9: Alat za uzorkovanje tla

poduzoraka tla ravnomjerno raspoređenih po ARKOD parceli. Poduzorci se dobro izmiješaju te se dobija homogeniziran prosječni uzorak, težine od 1,5 kilograma

reprezentativan za površinu koju predstavlja.

Uzorkovanje na terenu prati „Obrazac o uzorku tla“, koji sadrži podatke o predusjevu, usjevu, očekivanom prinosu, gnojidbi i poduzetim agrotehničkim mjerama. Obrazac sadrži sve informacije o proizvodno-tehnološkoj cjelini unazad pet godina. Na terenu se prvo popunjava obrazac, označava vrećica, kartica, locira parcela na GPS uređaju, skicira se plan uzorkovanja te navede sve specifičnosti proizvodne površine (depresije, uzvisine, kanali, odlagalište stajnjaka, odlagališta karbokalka, itd.). Obrazac prati uzorke tla i prilikom ulaska u laboratorij.

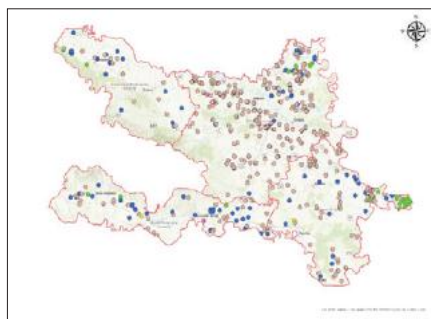
Laboratorijski parametri

Pripremljeni uzorci tla analizirani su na sljedeće parametre:

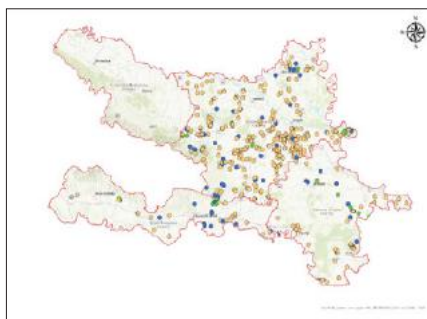
1. aktualna reakcija tla (pH-H₂O), prema HRN ISO 10390:2005;
2. izmjenjiva reakcija tla (pH-KCl), prema HRN ISO 10390:2005;
3. sadržaj karbonata (CaCO₃), prema ISO 10693:1995; sadržaj biljkama raspoloživog fosfora (P₂O₅) i kalija (K₂O)
4. AL-metodom po EgnerRiehm-Domingu (Egner i sur., 1960.);
5. sadržaj humusa, bikromatnom metodom;
6. hidrolitička kiselost, modificiranom metodom po Kappenu;
7. procjena mehaničkog sastava tla;

BROJ UZORKA		Županija:	
Lokacija uzorkovanja (opisno):			
1) MBSPP:			
2) Prezime i ime:			
3) Mjesto (par. št. broj):			
4) Vrsta tla:			
5) Oznaka čestice (ID oznaka):		6) Površina parcele (ha):	
7) Koordinatni sustav (osam.):		N: _____ E: _____	
8) Planirani uzorci:		9) Planirani prilozi (u ha):	
10) Sadržaj nasada god. _____ Broj stabala, drvenina/ha _____		Među uzgajateljima nasada: klasifik. površinski _____	
11) Predajanje / prihod predajanje:		0) Izrada nalaz 1) Izvod slika/plan 2) Očekivan 3) Visok 4) Vrlo visok	
12) Žetveni ostaci:		0) zadržano: _____ (t/ha) 1) odloženo 2) spaljeno	
13) Organska tvar (t/ha):			
14) Vrsta organskog gnojiva:			
15) Godina primjene org. gnojiva:		prva druga treća četvrta	
16) Ekspozicija i nagib (procjena uzorkova):		0) bez nagiba 1) <5% prema sjeveru 2) <5% prema jugu 3) <5% prema sjevero-zapadu 4) <5% prema jugo-zapadu 5) 5-10% prema sjeveru 6) 5-10% prema jugu 7) >10% prema sjeveru 8) >10% prema jugu 9) >10% prema sjevero-zapadu 10) >10% prema jugo-zapadu	
17) Navodnjavanje:		0) vrsta rotiranja poljivne vode 1) prema pravcima 2) samo kod	
18) Urednost zemljišta (procjena vaskulne parceli):		0) nikad ne liži vodu 1) ponekad liži vodu 2) često liži vodu 3) nikad ne liži vodu 4) ponekad liži vodu 5) često liži vodu 6) nikad ne liži vodu 7) ponekad liži vodu 8) često liži vodu 9) nikad ne liži vodu 10) često liži vodu	
19) Biogenost tla (procjena):		razgradnja žetvenih ostataka: 0) dobra 1) osrednja 2) loša	
20) Testiranje tla (procjena uzork. Feet test):		0) jako pokvareno 1) jako pokvareno 2) loše 3) blago pokvareno 4) srednje teško oštećeno 5) vrlo teško oštećeno	
21) Agrotehniko: (procjena vaskulne parceli):		0) Održava gnojstva i dubina obrada (0-30 cm) 1) Održava gnojstva i srednje dubina obrada (20-30 cm) 2) Održava gnojstva i površni obrat 10-20 cm 3) Održava gnojstva i površni obrat 4) Održava gnojstva i tanjuranje 5) "No till" i slično: zapravo (n. NPK i. primjena N)	
22) Zaštita: (procjena vaskulne parceli):		0) Bez kemijskih sredstava 1) Insekticidi (samo male i kamjake) 2) Insekticidi - samo kamjake 3) Kamjaci - prevažnima i ostalima	
23) Osnovna gnojiva: (procjena vaskulne parceli):		0) prema preparatu 1) reducirano 2) samo N	

Slika 10. Obrazac o uzorku tla



Slika 11. Prikaz lokacija uzoraka tla 2005./2020.



Slika 12. Prikaz lokacija uzoraka tla 2006./2021.

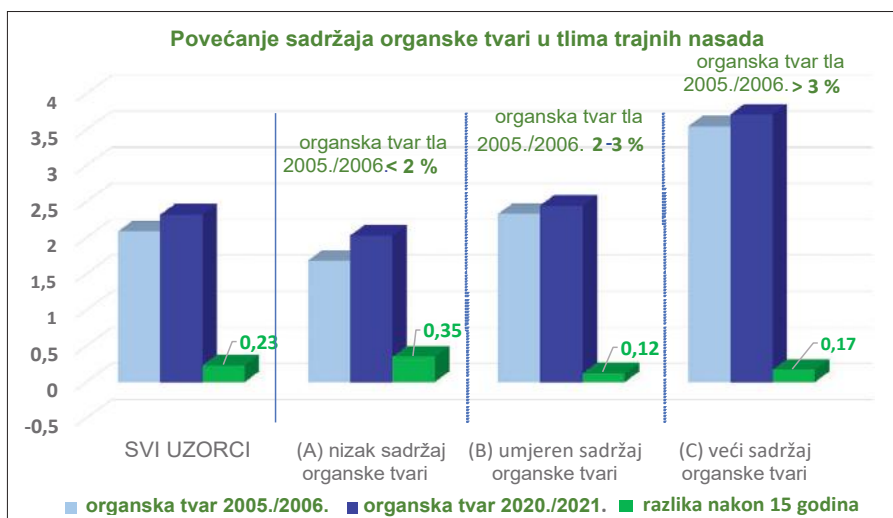
Rezultati

Rezultati istraživanja dobiveni praćenjem ukazuju na problem degradacije tla što predstavlja veliki izazov u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji, posebice u uvjetima značajnih klimatskih promjena. Način

korištenja tla značajno utječe na promjene svojstava tla, uključujući i sadržaj organske tvari. Provedeno istraživanje je uključivalo usporedbu dvije najzastupljenije namjene korištenja tla i to na oranicama i višegodišnjim nasadima (voćnjacima i vinogradima) u razdoblju od 15 godina.



Grafikon 1. Smanjenje sadržaja humusa na oranicama različitih klasa tla



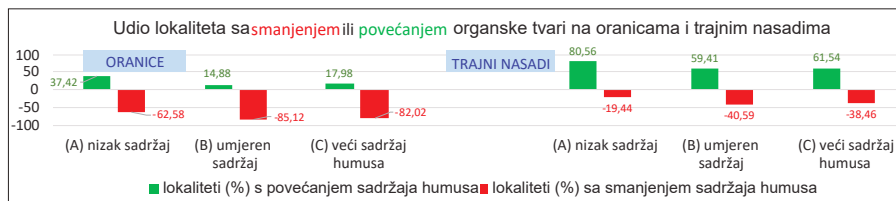
Grafikon 2. Povećanje sadržaja humusa kod višegodišnjih usjeva različitih klasa tla

Rezultati istraživanja pokazuju da se na istim proizvodnim površinama nakon perioda od 15 godina sadržaj humusa u prosjeku smanjio sa 2,21 % do 2,08 % što

predstavlja smanjenje od 3,75 % početne količine organske tvari tla. Postoje značajne razlike između oranica (Grafikon 1) i stalnih nasada (Grafikon 2) jer je u tlima

vinograda i voćnjaka nakon 15 godina utvrđeno povećanje sadržaja humusa s početnih 2,09 % do 2,32 % (porast od 13,8 %). S druge strane, nakon 15 godina uzgoja usjeva na oranicama (Grafikon 1), prosječni sadržaj humusa smanjio se s početnih 2,24%

na 2,01% (smanjenje sadržaja organske tvari za 8,78%). Međutim, na pojedinim je oranicama također utvrđeno povećanje sadržaja organske tvari (24,7 % oranica), dok je pad sadržaja organske tvari (Grafikon 3.) utvrđen i u dijelu trajnih nasada (30,2 %).



Grafikon 3. Raspodjela rastućeg i padajućeg sadržaja humusa po razredima u odnosu na početni sadržaj humusa

Uspoređujući klase tla prema sadržaju humusa, najveće smanjenje humusa na 3,07 % s početnih 3,57 % zabilježeno je na oranicama s najvećim početnim sadržajem humusa (površine s > 3 % humusa), a najveće povećanje na 2,03 % s početnih 1,68 % bilo je na trajnim nasadima s najnižim početnim sadržajem humusa (< 2 % humusa). Rezultati nedvojbeno upućuju na zaključak da je uzgoj usjeva na oranicama rezultirao smanjenjem sadržaja organske tvari tla (humusa), dok se u trajnim nasadima udio humusa povećao.

3.2 Trajno praćenje fizikalnih i kemijskih procesa u tlu na postojećim monitoring postajama nakon ciklusa od 9 godina (specifični cilj 2.)

Tlo se općenito definira kao površinski sloj zemljine kore sačinjen od mineralnih čestica, organske tvari, vode, zraka i živih

organizama. Tlo povezuje zemlju, zrak i vodu te udodljuje veći dio biosfere. Zbog izrazito sporog procesa nastanka smatra se neobnovljivim ili u najboljem slučaju uvjetno obnovljivim resursom. Prvi korak u zaštiti tla i očuvanju prirodnih funkcija tla te sprečavanju degradacijskih procesa je praćenje stanja i promjena svojstava tla. Stoga motrenje tala podrazumijeva kontinuirano praćenje određenih parametara tla sa svrhom prikupljanja informacija o promjenama stanja i karakteristikama tla te identifikaciji 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 sprečavale ili ublažavale. Nakon 9. godina uspostavljen je novi ciklus praćenje na ranije uspostavljenim monitoring postajama koji je uključivao istraživanja na poljoprivrednim površinama koje su u sustavu intenzivne ratarske

proizvodnje, tj. na njima se primjenjuju intenzivne agrotehničke mjere, koriste zaštitna sredstva i gnojidba mineralnim gnojivima i stajnjakom.


- prva točka monitoringa nalazi se na području grada Osijeka na poljoprivrednim površinama k.o. Sarvaš, k.č. 1119.
- druga točka monitoringa nalazi se na području općine Erdut na poljoprivrednim površinama k.o. Dalj, k.č. 5498.
- treća točka monitoringa nalazi se na području općine Kneževi Vinogradi na poljoprivrednim površinama k.o. Karanac, k.č. 1178/4.
- četvrta točka monitoringa nalazi se na području općine Draž na poljoprivrednim površinama k.o. Draž, k.č. 152.
- peta točka monitoringa nalazi se na području općine Bilje na poljoprivrednim površinama k.o. Lug, k.č. 1994/7.

Na odabranim lokacijama 2013. godine sklopu projekta CHAIN, financiranog EU sredstvima iz programa IPA prekogranična suradnja Hrvatska-Srbija utvrđeno je nultog stanje. Kako bi utvrdili do kakvih je promjena došlo u periodu 2013./2022. uspostavljen je novi ciklus praćenja. Prije same provedbe monitoringa prethodile su uredske pripreme koje su uključivale analizu nultog stanja rezultata dobivenih 2013. godine, konataktiranje vlasnika, prikupljanje podataka vezanih uz stanje usjeva na poljoprivrednim površinama te definiranje datuma izlaska na monitoring lokacije. Nakon prikupljanja općih

podataka te informativnog razgovora sa vlasnicima proizvodnih parcela krenulo se u terensku provedbu. Terenski radovi uključivali su postavljanje monitoring ploha oblika kvadrata površine 750 m² (27,39×27,39 m), na istim mjestima na kojima su postavljane 2013. godine, korištenjem GPS uređaja, određena su četiri kuta postaje i centralna točka plohe te je nakon toga slijedilo postavljanje mreže za uzimanje pojedinačnih uzoraka tla i utvrđivanje mjesta za otvaranje pedološke jame. Slijedilo je kopanje pedološke jame i uređivanje lica profila. Postavljena je mjerna vrpca od površine do dna profila, profil je fotografiran kao i krajolik. Nakon utvrđivanja i opisivanja horizonata uslijedilo je uzorkovanje horizonata profila pri čemu su uzeti uzorci u porušenom stanju (u obilježene vrećice) i uzorci u neporušenom stanju poznatog volumena cilindrima po Kopeckom s ciljem ispitivanja fizikalnih svojstava tla. Nakon uzimanja uzoraka u profilu uzeti su prosječni uzorci tla sa plohe kvadratnog oblika površine 750 m² na čijim dijagonalama su postavljene točke za uzimanje pojedinačnih uzoraka tla. Uzorkovanje i ponovljivost uzorkovanja u skladu su s normom ISO 10381-1:2002. Uzorci su uzeti ergonomskom sondom nakon što su u profilu definirane dubine uzorkovanja.

Tla istraživanog područja

Černoziem na lesu, Sarvaš P-1



Ap	cm 0-42	Boja tla: (4/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: krupno mrvičasta
AC	42-59	Boja tla: (6/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta Pedodinamske tvorevine:pseudomicelije
C	59-99	Boja tla: (8/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta Pedodinamske tvorevine: konkrecije CaCO ₃
C,ca	> 99	Boja tla: (8/6 10YR) Tekstura: praškasto Pedodinamske tvorevine: konkrecije CaCO ₃

Slika 14. profil 1.


Tablica 1. Srednje vrijednosti % humusa u prosječnim uzorcima 0-42 cm lokacija Sarvaš 2013. - 2022.

LOKACIJA SARVAŠ	2013	2022					
	% humusa	% humusa	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2
Sarvaš-uzorak 1	2,23	1,88	0,00176	2,29	1,95	0,15	0,11336
Sarvaš-uzorak 2	2,10	2,11					
Sarvaš-uzorak 3	2,39	1,81	Razlike u % humusa su stat značajne				
Sarvaš-uzorak 4	2,48	1,97	p<0,05				
Sarvaš-uzorak mix 1	2,25	1,98					

Tablica 2. Srednje mjesečne temperature zraka °C (2004.-2013./2014.-2022.) lokacija Osijek

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
2004-2013	0,8	1,4	6,5	12,8	16,9	20,6	22,9	21,8	17	11,8	6,7	1,9
2014-2022	1,3	4,5	7,4	12,4	16,8	21,7	23,1	22,7	17,5	12,2	7,4	3,1

Černoze na lesu, izluženi, plitki, Dalj P-2

	Ap	cm 0-40	Boja tla: (5/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: mrvičasta
	AC,ca	40-77	Boja tla: (6/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: zrnasta Pedodinamske tvorevine:pseudomicelije
	C,ca	77-114	Boja tla: (7/1 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: bestrukturna Pedodinamske tvorevine: pseudomicelije,sitne konkrecije CaCO ₃
	Cca/ Gso	> 114	Boja tla: (8/4 2,5Y) Tekstura: praskasto Struktura: bestrukturna Pedodinamske tvorevine:konkrecije CaCO ₃

Slika 15. profil 2.


Tablica 3. Srednje vrijednosti % humusa u prosječnim uzorcima 0-40 cm lokacija Dalj 2013. - 2022.

LOKACIJA DALJ	2013	2022					
	% humusa	% humusa	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2
DALJ-uzorak 1	1,99	2,02	0,02792	2,01	1,89	0,04336	0,11194
DALJ-uzorak 2	2,05	1,92					
DALJ-uzorak 3	2,05	1,77	Razlike u % humusa su stat značajne				
DALJ-uzorak 4	1,95	1,95	p<0,05				
DALJ-uzorak mix 1	1,99	1,77					

Tablica 4. Srednje mjesečne temperature zraka °C (2004.-2013. / 2014.-2023.) za lokaciju Klisa

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studenj	prosinac
2004.-2013.	0,7	1,3	6,5	12,9	17,4	21,1	23,3	22,3	17,3	11,9	6,6	1,9
2014.-2022.	1,3	4,5	7,6	12,7	17,4	22,3	23,6	23,2	17,9	12,4	7,5	3,1

Černoziem na lesu, plitki, Karanac P-3

	A	cm 0-38	Boja tla: (4/3 10YR) Tekstura: praškasto glinasto ilovasto Struktura: krupno mrvičasta Pedodinamske tvorevine: sitne konkrecije mangana
	AC	38-57	Boja tla: (6/4 2.5Y) Tekstura: praškasto glinasto ilovasto Struktura: krupno mrvičasta
	C	57-89	Boja tla: (6/6 2.5Y) Tekstura: praškasto glinasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta Pedodinamske tvorevine: puno sitnih konkrecija mangana
	C,ca	> 89	Boja tla: (8/2 2.5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Pedodinamske tvorevine: konkrecije kalcijevog karbonata

Slika 16. Profil 3.


Tablica 5. Srednje vrijednosti % humusa u prosječnim uzorcima lokacija Kozarac 0-38 cm

LOKACIJA KOZARAC	2013	2022					
	% humusa	% humusa	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2
KOZARAC uzorak 1	2,66	2,41	0,00153	2,59	2,47	0,03834	0,05404
KOZARAC uzorak 2	2,58	2,52					
KOZARAC uzorak 3	2,58	2,45	Razlike u % humusa su stat značajne				
KOZARAC uzorak 4	2,57	2,53	p<0,05				
KOZARAC uzorak mix 1	2,57	2,43					

Tablica 6. Srednje mjesečne temperature °C (2004.-2013. / 2014.-2023.) za lokaciju Beli Manastir

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
2004.-2013.	0,9	1,3	6,4	12,7	17,0	20,7	22,9	21,7	16,8	11,3	6,4	1,8
2014.-2022.	1,1	4,2	6,9	12,2	16,6	21,7	23,0	22,6	17,1	11,7	7,0	2,8

Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo- Draž P-4



A(p)	0-21	Boja tla: (4/3 2,5Y) Tekstura: praškasto glinasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta
AG	21-42	Boja tla: (5/4 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno zrnasta
Gso	42-71	Boja tla: (5/3 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: krupno zrnasta
Gr	71-109	Boja tla: (6/4 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: krupno zrnasta
CGr	109-126	Boja tla: (6/2 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: bestrukturno
Gr	126-139	Boja tla: (6/3 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: slabo strukturno
CGr	> 139	Boja tla: (7/2 5Y) Tekstura: ilovasto pjeskovite Struktura: bestrukturno

Slika 17. Profil 4.


Tablica 7. Srednje vrijednosti % humusa u prosječnim uzorcima lokacija Draž 0-21 cm

LOKACIJA DRAŽ	2013.	2022.					
	% humusa	% humusa	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2
DRAŽ uzorak 1	2,24	2,15	0,421963	2,24	2,25	0,020494	0,104976
DRAŽ uzorak 2	2,27	2,40					
DRAŽ uzorak 3	2,22	2,15	Razlike u % humusa nisu stat značajne				
DRAŽ uzorak 4	2,24	2,29	p>0,05				
DRAŽ uzorak mix	2,22	2,25					

Tablica 8. Srednje mjesečne temperature °C (2004.-2013./2014-2023.) lokacija Grabovac

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
2004-2013	0,7	1,5	6,6	12,9	17,2	20,9	23,1	22,0	17,2	11,8	6,4	1,8
2014-2022	1,2	4,4	7,3	12,3	17,0	21,9	23,3	22,7	17,4	12,1	7,2	3,0

Fluvijalno livadsko tlo-Lug P-5

	A(p)	0-24	Boja tla: (4/1 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: krupno orašasta
	A	24-35	Boja tla: (5/1 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta
	AC	35-44	Boja tla: miješani Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta
	C	44-50	Boja tla: (6/1 10YR) Tekstura: ilovasto pjeskovito Struktura: bestrukturano
	I Gso	50-61	Boja tla: (7/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: bestrukturano Pedodinamske tvorevine: rdaste mazotine,
	II Gso	>61	Boja tla: (6/1 10YR) Tekstura: pijesak Struktura: bestrukturano

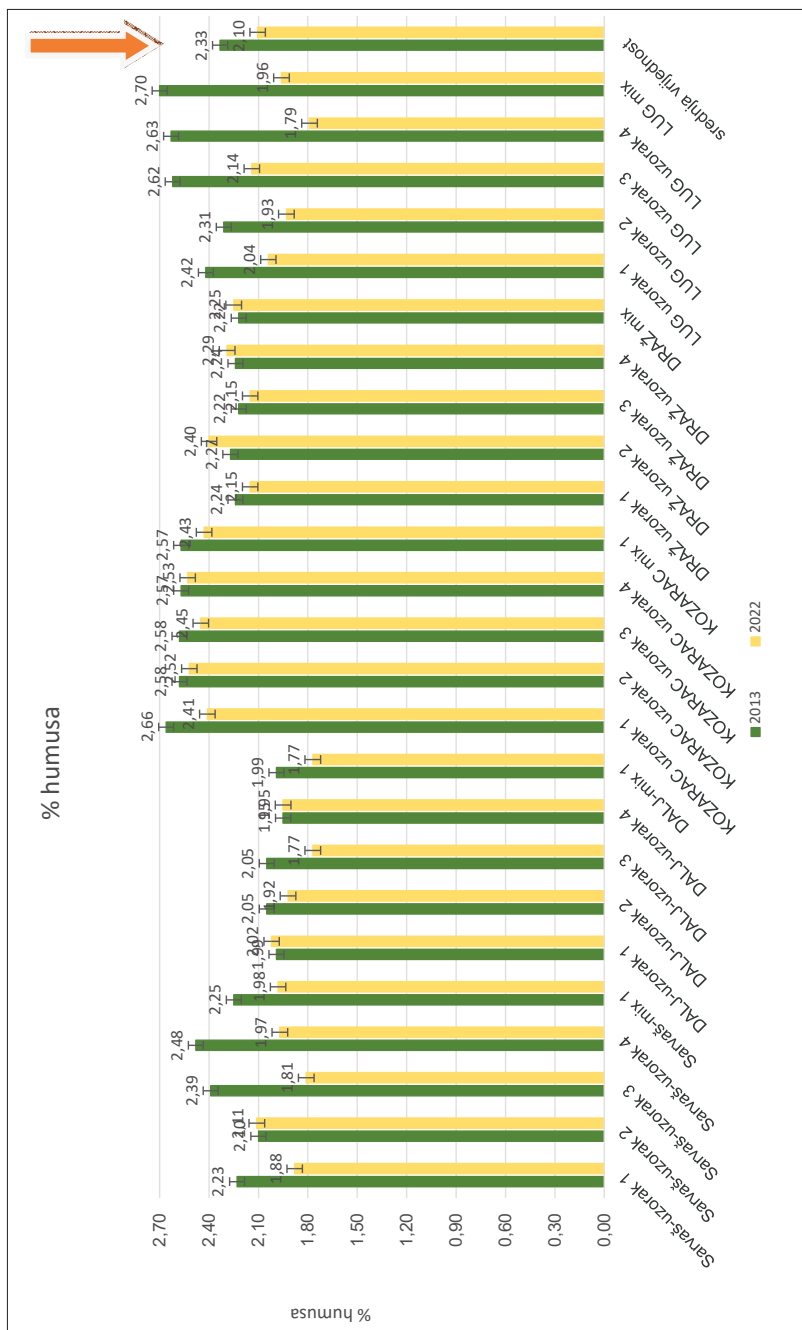
Slika 18. Profil 5.

Tablica 9. Srednje vrijednosti % humusa u prosječnim uzorcima lokacija Lug 0-24 cm

LOKACIJA LUG	2013.	2022,					
	% humusa	% humusa	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2
LUG uzorak 1	2,42	2,04	0,000157	2,54	1,97	0,163799	0,130269
LUG uzorak 2	2,31	1,93					
LUG uzorak 3	2,62	2,14	Razlike u % humusa su stat značajne				
LUG uzorak 4	2,63	1,79	p<0,05				
LUG uzorak mix	2,70	1,96					

Tablica 10. Srednje mjesečne temperature°C (2004.-2013. / 2014- 2022.) lokacija Osijek

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
2004.-2013.	0,8	1,4	6,5	12,8	16,9	20,6	22,9	21,8	17	11,8	6,7	1,9
2014.-2022.	1,3	4,5	7,4	12,4	16,8	21,7	23,1	22,7	17,5	12,2	7,4	3,1

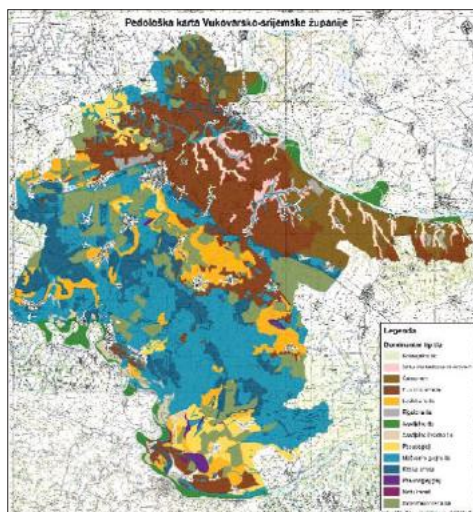
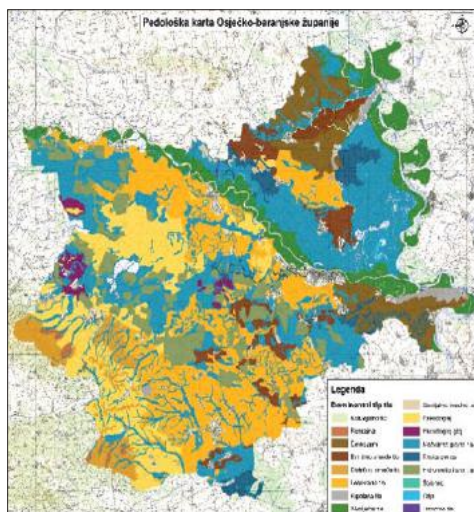


Grafikon 4. % humusa prosječnih uzoraka na 5 lokaliteta i srednja vrijednost % humusa svih lokacija (2013. / 2022.)

3.3 Ispitivanja agronomske učinkovitosti agrotehničkih mjera prilagodbe i optimizacije organske i mineralne gnojidbe i navodnjavanja (specifični cilj 3)

Istočna Hrvatska je dosta ujednačena s obzirom na klimatske pokazatelje: srednju temperaturu zraka, prosječnu količinu

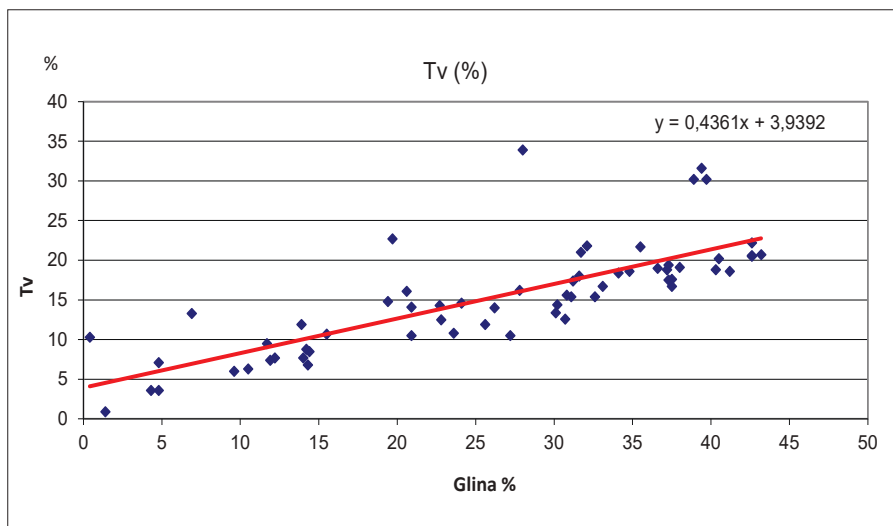
oborina, relativnu vlažnost zraka, brzinu vjetrova i insolaciju. Velika divergentnost tala (Slika 19.) s obzirom na matični supstrat, reljef, vegetaciju i ostale pedogenetske faktore koji su utjecali na procese nastanka i sadašnji razvoj tala ukazuje na bitne razlike u količini pristupačne vode u tlu za normalan rast i razvoj usjeva. Vrlo veliku ulogu odigrala je i antropogenizacija tj. degradacija tala u smislu pogoršanja fizikalnih i kemijskih svojstava.



Slika 19. Pedološke karte Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije

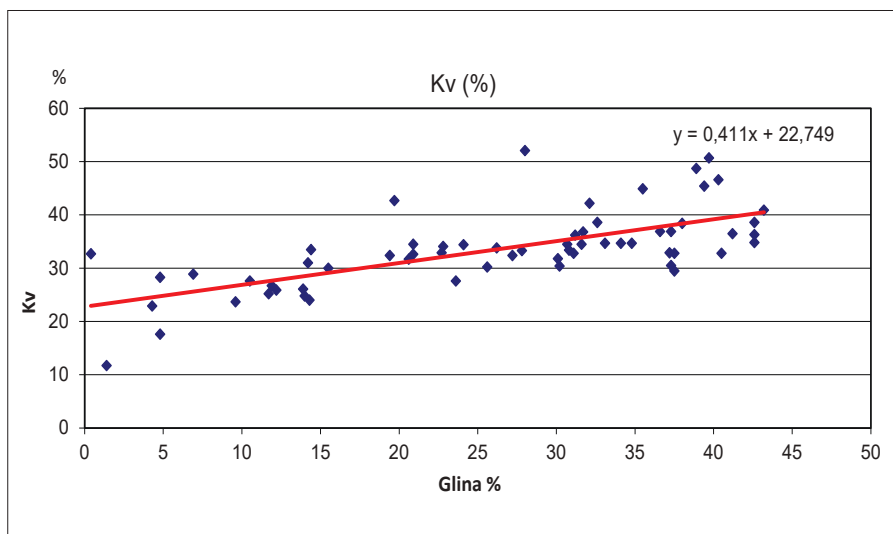
Svojstva koja utječu na kapacitet tla za vodu, a samim tim i količinu pristupačne vode u tlu za biljke su svakako tekstura tla, sadržaj organske tvari u tlu i reakcija tla. Ova svojstva direktno utječu i na strukturu i poroznost tla, odnosno na sva hidropedološka svojstva, od čega je najznačajnija optimalna količina mikropora u kojima se nalaze zalihe vode i drenirajućih

makropora u kojima se nalazi zrak nakon procjeđivanja gravitacijske vode. Utjecaj sadržaja čestica gline na donju (trajna točka venuća biljaka) i gornju granicu



Grafikon 5. Korelacija sadržaja čestica gline i nepristupačne vode u tlu

biljci pristupačne vode (retencijski, odnosno poljski kapacitet tla za vodu) prikazan je grafikonima 5. i 6.



Grafikon 6. Korelacija sadržaja čestica gline i retencijskog kapaciteta tla za vodu

Tekstura tla

Jedan od najboljih fizikalnih pokazatelja plodnosti tla je svakako tekstura tla koja direktno utječe na niz fizikalnih, fizikalno-kemijskih i kemijskih svojstava.

Tekstura tla (mehanički sastav, granulometrijski sastav) je kvantitativni odnos pojedinih kategorija mineralnih čestica u nekoj masi tla, koje se razlikuju po obliku i veličini te se ne mogu dalje dijeliti slabijim mehaničkim silama. Razlikujemo tri osnovne kategorije čestica koje direktno utječu na hidropedološka svojstva tla.

Pijesak – Čestice pijeska koje su nastale fizikalnim trošenjem obilježava vrlo velika vodopropusnost, slaba vododržnost, velika prozračnost te neznatan sadržaj mikropora. Čestice pijeska ne bubre, nemaju svojstva plastičnosti, te imaju neznatan kapacitet adsorpcije, kako za vodu tako i za hraniva. Zbog vrlo malog kapaciteta tla za vodu, odnosno nedostatka otopine tla i organske tvari, kemijske značajke tla s velikim udjelom čestica pijeska su nepovoljne.

Prah – Čestice praha karakterizira manja vodopropusnost, odnosno puno veća vododrživost u odnosu na pijesak. Imaju dobar kapilarni uspon te malu sposobnost adsorpcije iona. Tla s velikim udjelom praha imaju nestabilnu strukturu, podložna su zbijanju te sklona formiranju pokorice, što direktno sprječava protok vode u dublje slojeve.

Glina - Čestice gline su najsitnije čestice tla zbog čega se nerijetko svrstavaju u

grubo koloidnu frakciju. Imaju najveću adsorpcijsku površinu i najaktivnije su čestice krute faze tla. Glinasta tla odlikuje velika ukupna poroznost, ali mali kapacitet tla za zrak. S obzirom na navedena svojstva, glinasta tla velikim silama drže vodu, a samim tim i katione i anione, što nerijetko dovodi do neraspoloživosti hraniva.

Struktura tla

Struktura tla tj. oblik, veličina i stabilnosti strukturnih agregata, vrlo je važna za biljnu proizvodnju. Tla mrvičaste do graškaste strukture imaju vrlo povoljne vodozračne odnose. Naime, takva tla imaju povoljan kapacitet tla za vodu i zrak, veliku biološku aktivnost, povoljna toplinska svojstva te samim tim i povoljne uvjete za rast i razvoj korijena.

Tla s nestabilnom strukturom imaju nižu plodnost i pogodnost za korištenje u intenzivnoj poljoprivredi. Stoga je u praksi važno održavati povoljnu strukturu tla te izbjegavati suviše agrotehničke zahvate koje dovode do degradacije strukture tla. Ukoliko tlo ima nepovoljnu strukturu koja je uzrokovana niskim sadržajem čestica gline i dominacijom praškastih čestica, nužno je provesti zahvate koji će doprinijeti njegovom popravku.

Hidropedološka svojstva tla

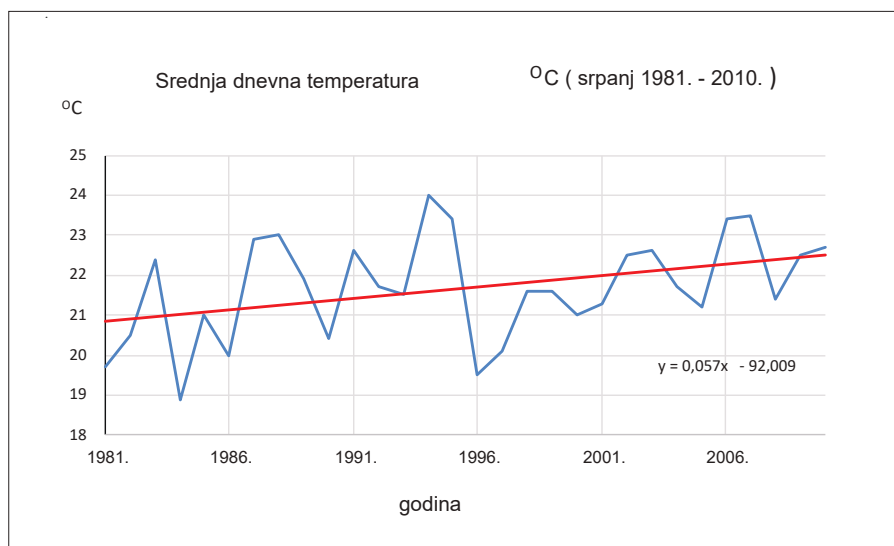
Različite količine vode u tlu vrlo su bitan faktor u rastu i razvoju poljoprivrednih kultura.

Većina fizikalnih i dio kemijskih svojstava direktno utječe na hidropedološka svojstva kao što su: retencijski kapacitet tla za vodu, lentokapilarna točka, točka trajnog venuća, kapacitet fiziološki aktivne ili biljci pristupačne vode u tlu, trenutačna biljci pristupačna voda u tlu

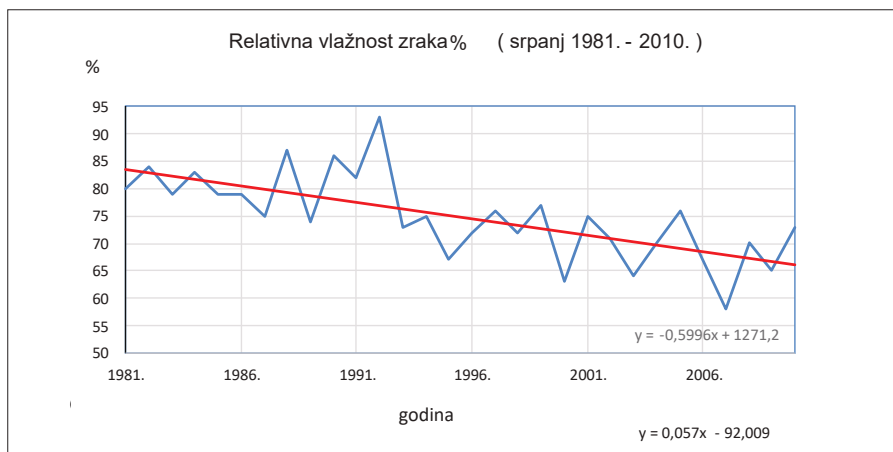
Klimatski pokazatelji

Potrebe vode za biljku su u direktnoj vezi s klimatskim pokazateljima, ali za raspoloživost vode presudna su svojstva tla. Evidentne su klimatske promjene što je vidljivo iz sljedećih grafikona. Prikazani su podatci referentnog niza od 1981. do 2010. godine za meteorološku postaju Valpovo za mjesec srpanj u kojem su najveće potrebe biljaka za vodom.

Iz podataka je vidljivo kako se potrebe biljaka za vodom povećavaju s obzirom na referentnu evapotranspiraciju i klimatskih podataka koji direktno utječu na povećanje potreba biljaka za vodom. Srednja mjesečna temperatura zraka za srpanj ima trend porasta za 0,057 stupnjeva što na tridesetogodišnjoj razini iznosi 1,71°C (Grafikon 7.)



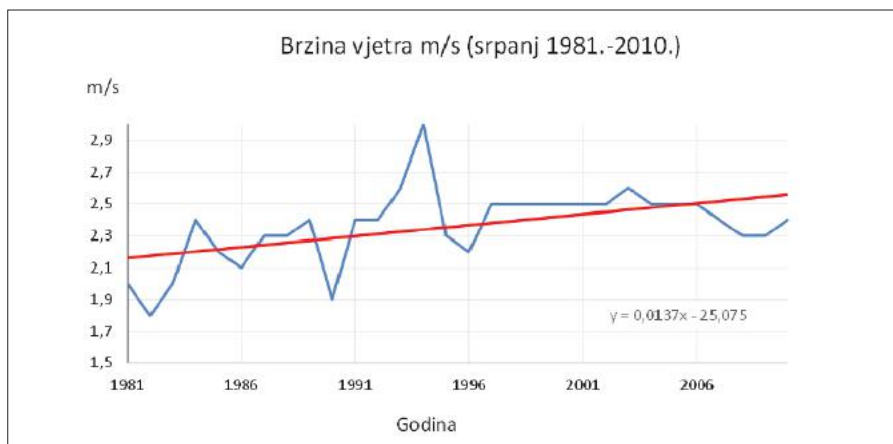
Grafikon 7. Srednja dnevna temperatura zraka za srpanj



Grafikon 8. Relativna vlažnost zraka za srpanj

Relativna vlažnost zraka je u stalnom opadanju i kroz razdoblje od trideset godina ima trend smanjenja za 0,6 % godišnje (Grafikon 8.).

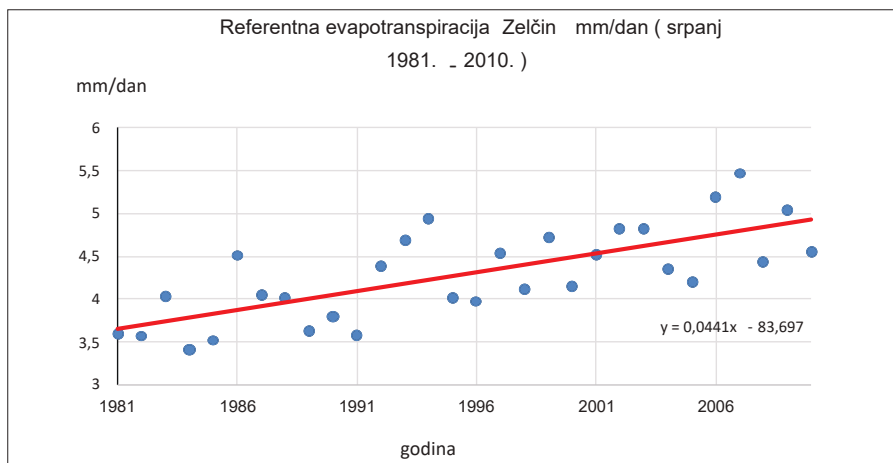
Brzina vjetra je također u stalnom porastu i evidentno je povećanje kroz trideset godina za 0,4 m/s (Grafikon 9.)



Grafikon 9. Brzina vjetra m/s/ dan za srpanj

Trend porasta gubitka vode iz tla iskazan u obliku referentne evapotranspiracije i neravnomjerna distribucija oborina izisku-

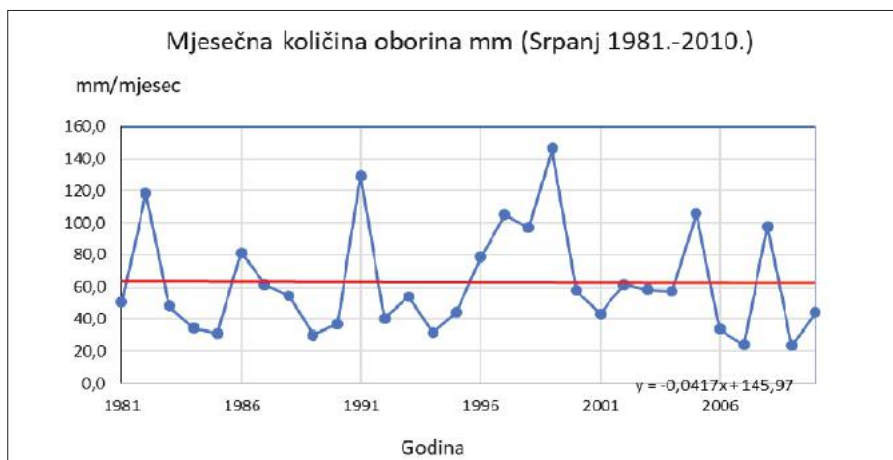
je racionalno korištenje vode za postizanje zadovoljavajućih prinosa poljoprivrednih kultura



Grafikon 10. Referentna evapotranspiracija u mm/danu za srpanj

Iz prikazanih klimatskih pokazatelja evidentno je povećanje potreba biljaka za vodom koje je kroz trideset godina poraslo za 1,3 mm po danu, što na mjeseč-

noj razini iznosi 41 mm. Količina oborina ostala je na gotovo istoj razini i na osnovu proračuna smanjila se za samo 1,25 mm (Grafikon 11.)



Grafikon 11. Mjesečna količina oborina za srpanj

Na osnovu dostupnih klimatskih podataka i promjena koje su evidentne iz potreba biljaka za vodom te distribucije oborina,


kako tijekom vegetacije, tako i izvan vegetacijskog razdoblja koje je vrlo značajno u popunjavanju zaliha vode u tlu obavljene

su analize tla na 3 lokaliteta u istočnoj Hrvatskoj. Trend porasta gubitka vode iz tla iskazan u obliku referentne evapotranspiracije i neravnomjerna distribucija obočina iziskuje racionalno korištenje vode za postizanje zadovoljavajućih prinosa poljoprivrednih kultura. Više je načina za ublažavanje negativnih učinaka klimatskih promjena: pravilno gospodarenje tlom koje uključuje održavanje optimalnih fizikalnih i kemijskih svojstava tla. U svrhu ovih istraživanja izabrana su tri različite sistematske jedinice različitih fizikalnih i

kemijskih svojstava, te su uzeti uzorci iz oraničnog sloja za postavljanje pokusa u kontroliranim uvjetima. Odabrana su tri lokaliteta različitih svojstava:


- V - Močvarno glejno amfiglejno, mineralno, nekarbonatno, vertično-lokalitet Vrpolje
- K - Eutrično smeđe tlo, duboko oglejeno, lokalitet Klisa
- Z - Lesivirano pseudoglejno na lesu, lokalitet Zelčín

Močvarno glejno tlo

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0-35	Ap	Boja tla: sivo smeđa Tekstura: Praškasta glina Struktura: graškasta poliedrična CaCO ₃ : -
	35-53	AGr	Boja tla: smeđe siva Tekstura: Praškasta glina Struktura: graškasta CaCO ₃ :+
	53-100	Gr	Boja tla: siva Tekstura: Praškasto glinasta ilovača Struktura: krupno mrvičasta CaCO ₃ :+++
	100-140	Gso/Gr	Boja tla: sivo žuta Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO ₃ :+++


Slika 20. Močvarno glejno, amfiglejno, mineralno, vertično, drenirano tlo, Vrpolje

Lesivirano pseudoglejno tlo

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	Pg	0-30	Boja tla: žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO ₃ : -
	Btg	30-75	Boja tla: smeđe žuta Tekstura: praškasto glinasta ilovača Struktura: mrvičasta CaCO ₃ : - Pedodinamske tvorevine: konkcije i mazotine R ₂ O ₃
	BtgC	75-110	Boja tla: smeđe žuta Tekstura: praškasto glinasta ilovača Struktura: mrvičasta CaCO ₃ : - Pedodinamske tvorevine: konkcije i mazotine R ₂ O ₃
C	110-	Boja tla: žuta Tekstura: prah Struktura: praškasta CaCO ₃ : +++ Pedodinamske tvorevine: konkcije R ₂ O ₃ i CaCO ₃ , mazotine R ₂ O ₃	

Slika 21. Lesivirano pseudoglejno tlo, Zelčín

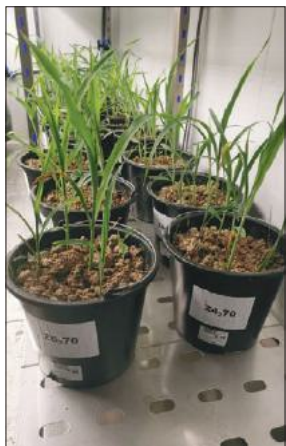
Eutrično smeđe tlo

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	P	0-30	Boja: smeđe-žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO ₃ : +
	(B)	30-65	Boja: žuto-smeđa Tekstura: praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO ₃ : + Pedodinamske tvorevine: konkrecije i mazotine R ₂ O ₃
C	65-110	Boja tla: žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO ₃ : + + + Pedodinamske tvorevine: konkrecije CaCO ₃ i mazotine R ₂ O ₃	

Slika 22. Eutrično smeđe tipično tlo na lesu, Klisa



Slika 23. Kukuruz šećerac u uvjetima održavanja vlažnosti 40% PVK



Slika 24. Kukuruz šećerac u uvjetima održavanja vlažnosti 70% PVK



Slika 25. Kukuruz šećerac u uvjetima održavanja vlažnosti 100% PVK



Slika 26. Pokus s kukuruzom šećercem u kontroliranim uvjetima

Jedan pokus je postavljen na tri različita tipa tla s obzirom na fizikalna i kemijska svojstva s tri razine održavanja vlažnosti tla (Slika 26.). Drugi pokus je postavljen na lesiviranom pseudoglejnom tlu niske humoznosti i sadržaja čestica gline. Prilikom toga aplicirane su različite količine komposta (2%, 4%, 6% i kontrolni tretman) uz različito održavanje vlažnosti tla (Slika 27.).

Preporuke za pravilno gospodarenje tlom u uvjetima navodnjavanja u svrhu prilagodbe klimatskim promjenama

Na svim tlima koja se koriste u ratarskoj, povrćarskoj i voćarskoj proizvodnji vrlo je važno redovito provoditi mjere održavanja kanalske mreže i sustava odvodnje suviše površinske i plitke podzemne vode, osobito na tlima kod kojih je taj problem izražen.

Na tlima s visokim sadržajem čestica gline potrebno je povećati kapacitet tla za



Slika 27. Kukuruz šećerac na različitim tipovima tala u uvjetima održavanja različite vlažnosti tla

zrak pravovremenom obradom tla pri optimalnoj vlažnosti i redovito zaoravati žetvene ostatke. S druge strane, na tlima s visokim udjelom praha nužno je povećati stabilnost strukturnih agregata tla primjenom organskih gnojiva, zaoravanjem žetvenih ostataka i kalcizacijom kiselih tala radi poboljšanja strukture tla. Reduciranu obradu tla poželjno je primijeniti na tlima koja imaju dobro formiranu, odnosno dobro razvijenu strukturu. S obzirom na povećanje nedostatka vode u tlu, prilikom navodnjavanja na površinama gdje se uzgajaju visoko dohodovne kulture, potrebno je obratiti pozornost na obroke navodnjavanja i vrijeme navodnjavanja:

- tla s visokim sadržajem čestica gline potrebno je češće navodnjavati s manjim obrocima zbog slabije propusnosti tla za vodu i manjeg kapaciteta biljci pristupačne vode,
- tla s visokim sadržajem čestica pijeska također je potrebno navodnjavati s manjim obrocima ali učestalije zbog vrlo

malog kapacitetata adsorpcije vode i hraniva kako bi se spriječilo ispiranje hraniva u dublje horizonte.

Prilikom navodnjavanja važno je kontinuirano održavati razinu biljci pristupačne vode na minimalno 70% poljskog vodnog kapaciteta, što uvelike ovisi o količini raspoložive vode za navodnjavanje.

3.4 Istraživanje utjecaja agrotehničkih mjera na obogaćivanje tla organskom tvari (specifični cilj 4.)

Prilagodba klimatskim promjenama povećanjem humoznosti tala

Humus i plodnost tala

Humus je stabilna organska tvar tla, čini stabilnu frakciju organskih čestica (koloida) i izuzetno je značajna za plodnost tala. Naime, veća humoznost tala (veći sadržaj humusa) povećava potencijal mineralizacije, elastičnost i puferna svojstva tla, apsorpcijski kompleks tla i raspoloživost hraniva. Elastičnost tla vrlo je značajna za neutralizaciju nepovoljnih uvjeta u tlu, npr. nepovoljnih sezonskih promjena vlažnosti, konduktiviteta i reakcije tla (kiselosti tla). Slabo humozna tla nisu elastična i ne mogu održavati stabilnu ravnotežu hraniva u tlu te stresni uvjeti štetno utječu na biljku jer ih tlo ne može „amortizirati“. Veća humoznost uključuje i veću količinu organskih koloida u tlu koji čine apsorpcij-

ski kompleks tla i omogućuju sorpciju hraniva, tj. njihovo zadržavanje u tlu u izmjenjivom biljci pristupačnom obliku.

Humozna tla izravno utječu na ciklus dušika značajnim godišnjim potencijalom mineralizacije. Godišnja mineralizacija N u tlima s 4 % humusa može biti iznad 100 kg/ha (kao 200 kg ureje ili 400 kg KAN-a), a u siromašnom tlu s oko 1 % humusa godišnja mineralizacija dostiže tek 20-25 kg N/ha (kao 100 kg KAN-a).

Niska humoznost tla znači manju elastičnost i manju sorpcijsku sposobnost tla, ali takvo tlo istovremeno zahtijeva veću gnojidbu dušikom. Posljedica je veća opasnost od ispiranja i fiksacije hraniva, dodatno zakiseljavanje tla, veći gubitci dušika, tj. manja efikasnost gnojiva uz neopravdanu uporabu većih doza mineralnih gnojiva. Problem siromašnog humoznog tla se povećava što je tlo kiseliije i siromašnije fosforom. Naizgled je rješenje intenzivnija mineralna gnojidba, što je vrlo pogrešno jer često rezultira samo kratkoročnim povećanjem raspoloživosti hraniva. Međutim, tlo se dodatno zakiseljava i degradira, mineralna gnojidba je male efikasnosti i proizvodnja je skupa, ali i vrlo rizična, objektivno uz nizak prinos jer tlo ne može neutralizirati stresne uvjete (suša, prekomjerne oborine, ekstremne temperature). Na tlima niske humoznosti organska gnojidba i ostale mjere humizacije tala (zelena gnojidba, zaoravanje žetvenih ostataka) neizostavne su agrotehničke mjere. Ako je tlo prekiselo i siromašno humusom, jedino prihvatljivo rješenje su kalcizacija i organska gnojidba koji su

praktično nužan preduvjet učinkovite gnojide mineralnim gnojivima.

Teksturno lagana tla (pjeskovita tla) imaju niski kapacitet (KIK) i malu sorpcijsku sposobnost. Na takvim je tlima nemoguća gnojdba na zalihu, tj. teško je mineralnom gnojidbom stvarati rezerve hraniva jer su hraniva podložna ispiranju. Rješenje je opet povećanje humoznosti organskom gnojidbom jer se tako povećava količina čestica (koloida) koje povećavaju kapacitet za vodu i izmjenjiva hraniva.

S druge strane, teška glinovita tla imaju nepovoljni vodo-zračni režim, često prevladavaju redukcijski uvjeti što uz čestu kiselost povećava gubitke dušika denitrifikacijom. Na ovakvim je tlima neophodno prorahljivanje i česta organska gnojdba uključujući i zelenu gnojdbu i zaoravanje žetvene mase kako bi se smanjila zbijenost tla, poboljšao vodo-zračni odnos i tako izbjegli redukcijski uvjeti.

Degradacija humoznosti tala u Hrvatskoj

Analizama tla u Hrvatskoj od 2019. do 2021. godine utvrđeno je da 85-90 % tala ima sadržaj humusa <3 % uz prosječan sadržaj humusa 1,94-2,12 %. Istovremeno čak 49-55 % tala sadrži <2 % humusa uz prosječni sadržaj oko 1,6 % humusa. Rezultati pokazuju da je nedovoljna humoznost tala najveća prijatnija plodnosti tala, posebice u kombinaciji s kiselom reakcijom i niskom raspoloživosti fosfora. Pošto je prosječno 1/5 tala slabe

humoznosti i istovremeno siromašno fosforom, 1/5 slabe humoznosti i jake kiselosti, a 1/10 tala slabe humoznosti, jake kiselosti i slabo opskrbljeno fosforom, nedvojbeno su najznačajnije mjere očuvanja plodnosti tala organska gnojdba i gospodarenje organskom tvari, optimizacija gnojide fosforom i kalcizacija kiselih tala. Dodatno je zabrinjavajuće što su ovako niske razine humoznosti posljedica lošeg gospodarenja na oranicama u proteklom srednjoročnom razdoblju. Naime, na ¾ analiziranih oranica utvrdili smo smanjenje sadržaja humusa što ukazuje na vrlo ozbiljno pogoršanje plodnosti tla. U tim je tlima u razdoblju od 15 godina izgubljeno prosječno 21,7 t/ha humusa ili 1,45 t/ha godišnje (tj. 9,9 % početnog sadržaja humusa), što predstavlja značajan gubitak rezervi organskog dušika od 1.086 kg/ha, odnosno godišnji gubitak od 72,4 kg/ha. Smanjenje udjela humusa rezultira smanjenjem potencijala mineralizacije za prosječno 18,7 %, ali je u 43 % tala potencijal mineralizacije smanjen za više od 20 %. Utvrđeno smanjenje rezervi organskog dušika tijekom 15 godina ukazuje da je u uvjetima kontinentalne Hrvatske godišnje mineralizirano više od 1,5 % organskih rezervi dušika, tj. humusa. Rezultat razgradnje humusa ogleda se i u činjenici da je za gnojdbu kukuruza potrebno više od 195 kg/ha N na više od tri četvrtine analiziranih tala, a prije 15 godina to je bilo potrebno na oko 50 % orančnih tala. Gubici rezervi organskog dušika i posljedično veća potreba za gnojidbom pokazuju koliko je važno zaustaviti degradaciju sadržaja humusa u tlima, čak i ako

se uzme u obzir samo izravno smanjenje sadržaja N.

Prilagodba klimatskim promjenama optimizacijom gnojidbe dušikom

Osnovni principi optimizacije gnojidbe dušikom

Potrebna gnojidba dušikom predstavlja ukupnu fiziološka potrebu usjeva za postizanje planiranog prinosa umanjenu za količinu rezidualnog mineralnog dušika u tlu (dušik zaostao u tlu nakon žetve predusjeva) i količinu procijenjene mineralizacije tijekom vegetacije planiranog usjeva. Također, gnojidbu dušikom potrebno je prilagoditi posebnostima usjeva i predusjeva (npr. leguminoza kao predusjev), prethodno provedenoj organskoj gnojidbi i plodnosti tla, prvenstveno humoznosti i kiselosti tla.

Stajska gnojiva u gnojidbi dušikom

Korekcija zbog organske gnojidbe provodi se izračunom količine N koja će usjevu biti na raspolaganju iz prethodno apliciranog organskog gnojiva. Pri tome su potrebni podatci o količini i godini aplikacije gnojiva, % N u gnojivu i procijenjenoj dinamici razgradnje organskog gnojiva u tlu. Najčešće se predviđa dinamika raspoloživosti N iz stajskih gnojiva tijekom 3 godine (50 + 30 + 20 % N po godinama) na lakšim tlima ili tijekom 4 godine (40 + 30 + 20 + 10 % N po godinama) na težim tlima. Međutim, dinamika raspoloživosti može biti bitno različita tako da u prvoj godini nakon aplikacije usjev može iskoristiti do 70 % N iz tekućih stajskih gnojiva ili peradarskih gnojiva, a znatno manje iz krutih stajskih gnojiva (Tablica 11.).

Tablica 11. Količine raspoloživog N (% od ukupnog N) u 1. godini nakon aplikacije gnojiva

Vrsta stajskog gnojiva	raspoloživi N u 1. godini (% od ukupnog N)
Gnojovka i gnojnica	45-75
Pileći i kokošji stajski gnoj	40-70
Separat svinjske gnojovke	35-55
Ovčji stajski gnoj	25-50
Goveđi stajski gnoj	20-50

Također, sadržaj dušika u stajskim gnojivima može biti jako različit iako se radi o istim vrstama stajskog gnojiva. Naime,

sadržaj N ovisi o vrsti i načinu prehrane stoke, o vrsti i udjelu slame (prostirke) te o uvjetima čuvanja i "sazrijevanja" stajskog

gnojiva, prvenstveno o stupnju aerirano-
sti i izloženosti padalinama i različitim
temperaturama tijekom sazrijevanja.

Analizom velikog broja uzoraka različitih
vrsta stajskih gnojiva utvrdili smo veliku
varijabilnost sadržaja N, P i K (tablica 12).

Tablica 12. Prosječne količine N, P i K u različitim vrstama stajskih gnojiva u Hrvatskoj

Vrsta stajskog gnojiva	N (kg/t)	P ₂ O ₅ (kg/t)	K ₂ O (kg/t)
	Prosjek (Min – Max)	Prosjek (Min – Max)	Prosjek (Min – Max)
Goveđi stajski gnoj	6,9 (2,2-26,8)	6,0 (1,2-25,0)	10,6 (2,4-37,7)
Svinjski kruti gnoj	7,0 (4,4-10,0)	19,0 (4,6-84,6)	11,7 (2,6-23,4)
Brojlerski gnoj	19,9 (12,5-24)	32,3 (13,8-47,6)	31,9 (15,2-48,9)
Ovčji stajski gnoj	7,7 (3,1-14,8)	7,1 (2,4-18,6)	13,9 (4,9-36,0)
Konjski stajski gnoj	5,9 (4,7-8,1)	8,0 (2,8-13,1)	12,2 (5,7-20,6)
Goveđa gnojovka	4,8 (1,5-9,6)	4,2 (0,2-19,2)	8,6 (1,7-38,9)
Svinjska gnojovka	4,6 (0,5-10,1)	3,6 (0,2-27,7)	6,6 (0,6-28,9)

Zbog velike varijabilnosti sadržaja sva tri glavna hraniva u stajskim gnojivima, neophodno je analizirati sadržaj hraniva u stajskom gnojivu kako bismo točno znali koju količinu hraniva dodajemo gnojidbom. U organskoj gnojidbi potrebno je koristiti zrela stajska gnojiva koja su tijekom sazrijevanja prošla termofilnu fazu što neutralizira klijavost sjemenki korova i smanjuje eventualnu prisutnost patogenih mikroorganizama. Također, u zrelim je gnojivima veći dio N u nitratnom obliku zbog nitrifikacije amonijskog oblika, što smanjuje gubitke dušika isparavanjem amonijskog oblika N.

Međutim, gubitci dušika pri aplikaciji organskih gnojiva mogu biti vrlo veliki. U određenim uvjetima, npr. pri suhom i

toplom vremenu, nakon nekoliko dana bez unošenja u tlo isparit će sva količina amonijskog oblika N u stajskom gnojivu (tablica 13). Stoga je neophodno stajsko gnojivo ili direktno aplicirati u tlo injektorima ili motičicama ili unijeti u tlo odmah nakon raspodjeljivanja po tlu, a najbolje unutar 12 sati. Iskoristivost N iz goveđe gnojovke može biti 60 % u 1. godini nakon aplikacije, 25 % u 2. godini i samo 10 % u 3. godini, ali samo ako se inkorporira u tlo najkasnije do 12 sati nakon aplikacije po

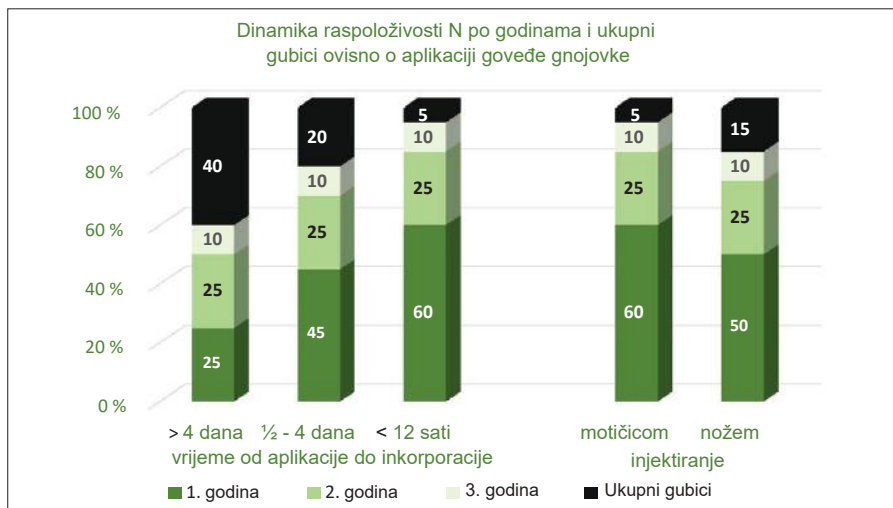
površini tla ili ako se izravno injektira motičicom (grafikon 12). Odgađanje inkorporacije 4 dana povećava gubitke na 40 % i tako u 1. godini preostaje samo 25 % N.

Nešto veći su gubici uslijed kasne inkorporacije svinjske gnojovke (do 50 % gubitaka). Iskoristivost N može biti 75 ili čak 80 % u 1. godini, a u 3. godini nakon apli-

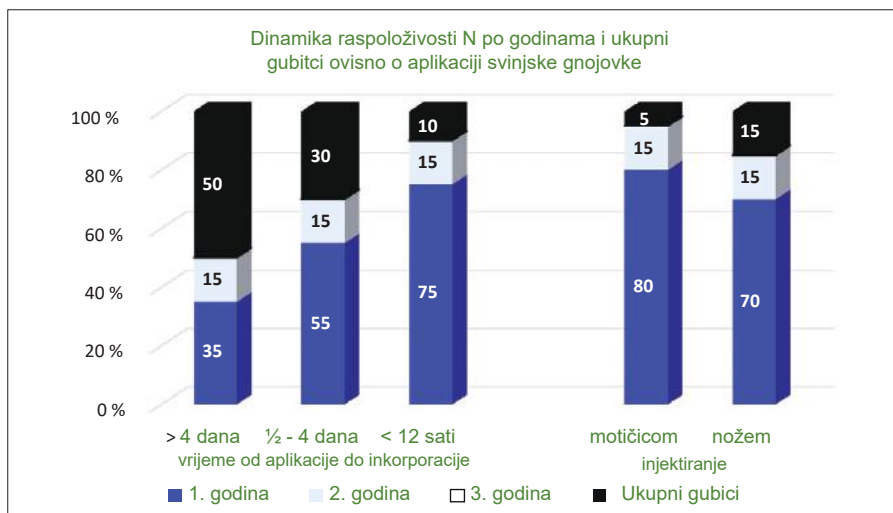
kacije više nema rezidualnog N iz svinjske gnojovke (grafikon 13). Slično svinjskoj gnojovci, iz brojlerskog stajskog gnoja u 3. godini više neće preostati rezidualnog N, gubitci inkorporacijom unutra 12 sati su samo 5 %, a nakon 4 dana već 30 %. Maskimalna iskoristivost u 1. godini nakon inkorporacije je 70 % (grafikon 14).

Tablica 13. Očekivani gubitak amonijskog oblika N s obzirom na način i vrijeme inkorporacije gnojiva i vremenske prilike nakon raspodjeljivanja gnojiva

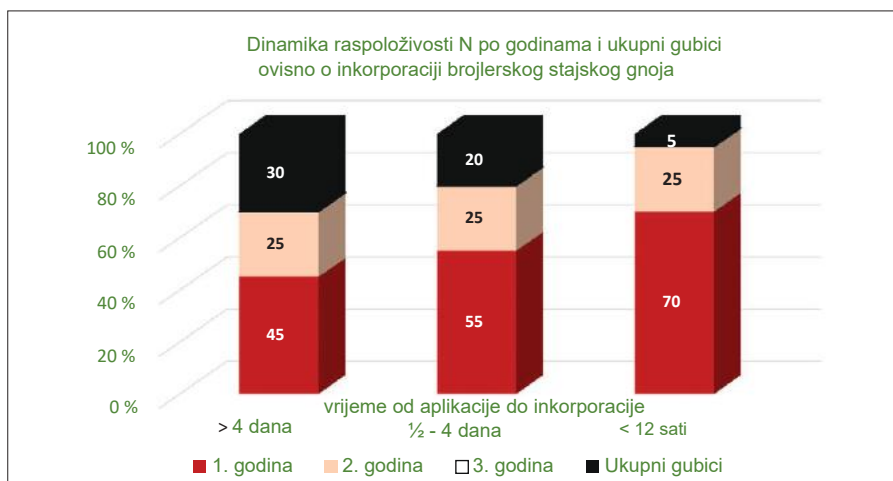
Način aplikacije i dani do inkorporacije u tlo	Hladno vrijeme		Toplo vrijeme		Prosjek
	vlažno	suho	vlažno	suho	
Raspodjela širom, inkorporirano < 1 dana	10 %	15 %	25 %	50 %	25 %
Raspodjela širom, inkorporirano 1-2 dana	13 %	19 %	31 %	57 %	30 %
Raspodjela širom, inkorporirano 2-3 dana	15 %	22 %	38 %	65 %	35 %
Raspodjela širom, inkorporirano 3-4 dana	17 %	26 %	44 %	72 %	40 %
Raspodjela širom, inkorporirano 4-5 dana	20 %	30 %	50 %	80 %	45 %
Raspodjela širom, bez inkorporacije	40 %	50 %	75 %	100%	66 %
Injektirano u tlo	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %



Grafikon 12. Dinamika raspoloživosti i ukupni gubici N iz goveđe gnojovke



Grafikon 13. Dinamika raspoloživosti i ukupni gubitci N iz svinjske gnojovke



Grafikon 14. Dinamika raspoloživosti i ukupni gubici N iz brojlerskog stajskog gnoja

Plan gnojidbe dušikom

Plan gnojidbe dušikom uvažava dinamiku potrebe usjeva i dinamiku raspoloživosti N u tlu. Dinamiku raspoloživosti čine utvrđeni

N u tlu zaostao nakon žetve predusjeva i procijenjena potencijalna mineralizacija tijekom vegetacije usjeva. Ova dinamika raspoloživosti podloga je kojoj ćemo dodati mineralni oblik dušika osnovnom i

predsjetvenom gnojdbom i prihranama. Svakako nije poželjno previše raspoloživog N u jesen pred razdoblje mirovanja zbog razvoja prebujne mase usjeva, niti je dobra nedostatna količina N tijekom intenzivnog proljetnog vegetativnog porasta jer će rezultirati manjim prinomom. S druge strane, previše raspoloživog N u kasnim fazama vegetacije (npr. u vrijeme nalijevanja zrna) odgodit će zriobu i produžiti vegetaciju, povećati osjetljivost usjeva na bolesti i štetnoće te smanjiti kvalitetu prinosa. Stoga proljetnu gnojidbu korigiramo na temelju stvarno utvrđenih količina mineralnog N u tlu (rezultati analize N_{\min} metodom) i stanja usjeva (ostvareni sklop, vegetativna masa, ishranjenost usjeva dušikom), a pored količine i oblika N, vrlo je značajno i vrijeme provedbe proljetne gnojidbe. Posljedica prerane prihrane je manja učinkovitost gnojidbe zbog nižeg intenziteta fotosinteze (niske temperature) i manje vegetativne mase usjeva, a posljedice prekasne prihrane su sporiji vegetativni porast do prihrane, manja otpornost usjeva i produžetak vegetacije, odnosno kasnija zrioba, što može dodatno naglasiti negativan učinak sušnog razdoblja na visinu prinosa.

Izbor najpogodnijeg mineralnog oblika dušika

Izbor mineralnog oblika dušika u gnojdbi u najvećoj mjeri ovisi o vremenu primjene i svojstvima tla. Pri tome izbor amidnog oblika dušika (urea) znači da ćemo dodati dušično gnojivo s izrazito produžnim učinkom, s najmanjim rizikom ispiranja dušika, ali s najvećim rizikom gubitka volatizaci-

jom (za toplog vremena bez unošenja u tlo na suhim karbonatnim tlima). Ureju ćemo zbog toga najčešće koristiti u osnovnoj gnojdbi, ali možemo i u predsjetvenoj gnojdbi pa čak i u folijarnoj prihrani. Amonijjski oblik dušika usjev će usvojiti nešto brže nego N dodan ureom, ali je taj oblik u tlu podložan nitrifikaciji što ga ipak čini oblikom s produžnim djelovanjem posebice u usporedbi s nitratnim oblicima. Amonijjski dušik nije podložan ispiranju, ali postoji opasnost volatizacije kao i kod uree. Ovaj oblik nalazi se u većini kompleksnih gnojiva (NPK) i MAP-u pa manju količinu N možemo dodavati ovim gnojivima u osnovnoj gnojdbi fosforom i kalijem. Nitratni oblik N biljke usvajaju odmah, nema opasnosti od gubitaka volatizacijom, ali mogući su gubitci ispiranjem (na laganim, slabo humoznim tlima uz veće količine oborina) i gubitci denitrifikacijom (na težim saturiranim kiselim tlima u redukcijским uvjetima, tj. bez dovoljno kisika). Nitratni je N najčešći izbor u prihranama jer djeluje odmah, ali se najčešće koristi u kombinaciji s amonijjskim dušikom (KAN, AN, amonijev sulfonitrat) jer tada postizemo trenutno i produžno djelovanje. Međutim, izbor dušičnog gnojiva mora biti **usklađen s reakcijom tla**, što se vrlo često zanemaruje. Naime, gotovo sva dušična gnojiva koja sadrže amonijjski ili amidni oblik dušika su kiselotvorna (izuzetak je KAN), tj. njihovo unošenje u tlo u konačnici rezultira dodatnim zakiseljavanjem tla. Razlog je process nitrifikacije kojim se amonijjski N transformira u nitratni N uz protone (tj. kisele katione) koji zaostaju u tlu nakon usvajanja nitrata. Takav je učinak uree, UAN-a, amonijevog nitrata, amo-

nijevog sulfata, amonijevog klorida i amonijevog sulfonitrata. Izuzetak je KAN jer sadrži vapnenac ili dolomit koji neutralizira veći dio kiselotvornosti amonijske komponente. Ovo je vrlo značajno jer primjena kiselotvornih gnojiva na kiselim tlima dodatno zakiseljava tlo (dakle na otprilike 50 % naših oranica), što je posebice intenzivno na kiselim tlima siromašnim humusom (otprilike na 20 % naših oranica) i uzrokuje intenzivnu degradaciju tala. U ovakvim je slučajevim još značajnija pravovremena kalcijacija i organska gnojidba, a u prihranama na kisleim površinama uvijek treba koristiti KAN. KAN je doista najčešće gnojivo u prihranama na oranicama u Hrvatskoj, ali ne bi ga trebalo koristiti na karbonatnim tlima. Naime, kiselotvornost dušičnih gnojiva je nepoželjna na kiselim tlima, ali je korisna na karbonatnim tlima jer rezultira lokalnim zakiseljavanjem. Ovo zakiseljavanje je korisno jer će povećati raspoloživost P, Fe, Mn i Zn koji mogu biti deficitarni upravo zbog karbonatnosti tala. Koristimo li KAN na karbonatnim tlima, nećemo naštetiti tlu, ali nećemo iskoristiti pozitivan učinak kiselotvornosti mineralnog gnojiva.

Smanjenje upotrebe mineralnih dušičnih gnojiva

Tri osnovna načina redukcije upotrebe mineralnih dušičnih gnojiva su:

1. povećanje sadržaja humusa u tlu,
2. upotreba organskih gnojiva i
3. upotreba mikrobioloških preparata.

Povećanje sadržaja humusa je dugotrajan proces, a uključuje zaoravanje žetvenih

ostataka, zelenu gnojidbu, konzervacijsku obradu tla i upotrebu organskih gnojiva (stajskih gnojiva i komposta). Pri tome su za povećanje sadržaja humusa u tlu najpogodnija stabilna i zrela kruta organska gnojiva sa srednjim CN odnosom, npr. komposti i vermikomposti, zatim zrela goveđa i konjska stajska gnojiva. Međutim, u takvim je gnojivima nešto sporija dinamika raspoloživosti N nego npr. u peradarskim gnojivima ili gnojovkama i gnojnicama. Istovremeno, upravo su gnojnice i gnojovke organska gnojiva s najbržom dinamikom raspoloživog dušika i stoga najbolji izbor trenutnog smanjenja upotrebe mineralnih dušičnih gnojiva, ali njihov je učinak na povećanje humoznosti najmanji. Mikrobiološki preparati, kako sa simbiotskim bakterijama u uzgoju leguminoza, tako sve više i slobodni fiksatori dušika (*Azotobacter*, *Azospirillum*) imaju sve veći značaj u realizaciji gnojidbe jer mogu osigurati značajne količine N fiksacijom tijekom vegetacije. Naravno, i ovdje uspješnost primjene preparata ovisi o plodnosti tla i manja je na degradiranim kiselim tlima niske plodnosti.

Praktične preporuke u gnojdbi dušikom

1. Količinu dušika u gnojdbi prilagoditi realno planiranom prinosu, sadržaju mineralnog (rezidualnog) dušika u tlu i potencijalu mineralizacije.
2. Kalcijacijom kiselih tala smanjuju se potencijalni gubici dušika denitrifikacijom, povećava se potencijal mineralizacije i učinkovitost mineralnih gnojiva.

3. Uz kalcizaciju obavezno planirati gnojidbu organskim gnojivima, najbolje zrelim krutim organskim gnojivima s manjim udjelom amonijskog oblika N.
4. Organska gnojiva svakako uključiti u redoviti plan gnojidbe, a vrstu ovisno o primarnom cilju organske gnojidbe:
 - 1) za veću količinu brzo raspoloživog N koristiti gnojnice, gnojovke i peradar-ska kruta gnojiva,
 - 2) za prvenstveno povećanje humoznosti i dugotrajno povećanja rezervi organskog N u tlu koristiti komposte i vermikomposte,
 - 3) za oba učinka istovremeno (ali manjeg intenziteta) koristiti kruta goveđa, konjska, svinjska i ovčja stajska gnojiva.
5. Gnojnice i gnojovke izravno unijeti u tlo injektorom, motičicama ili diskom, a kruta stajska gnojiva unijeti u tlo nakon raspodjeljivanja po oranici, najbolje odmah, a najkasnije unutra 24 sata.
6. U osnovnoj gnojidbi koristiti amidni ili amonijski oblik N, nikako ne koristiti nitrati oblik N, a u prihranama pretežno nitrati ili amonijsko-nitrati.
7. Na kiselim tlima izbjegavati ili u najvećoj mogućoj mjeri reducirati aplikaciju kiselotvornih dušičnih gnojiva (urea, UAN, amonijev nitrat, amonijev sulfonitrat, amonijev sulfat i amonijev klorid), a koristiti KAN. Ako je upotrebu navedenih kiselotvornih gnojiva nemoguće izbjeći, planirati aplikaciju vapnenih materijala (80-120 kg/ha vapnenca za svakih 100 kg kiselotvornog gnojiva).
8. Na karbonatnim tlima u prihranama umjesto KAN-a koristiti amonijev nitrat, amonijev sulfonitrat ili amonijev sulfat.
9. Na siromašnim tlima treba provoditi maksimalni broj aplikacija (prihrana) sa što manjim pojedinačnim količinama N kako bi se povećala iskoristivost apliciranog N.
10. Iskoristiti potencijal mikrobioloških preparata sa simbiotskim i posebice slobodnim fiksatorima dušika, najčešće aplikacijom u tlo, tretiranjem sjemena ili kombiniranom aplikacijom. Možemo ih učinkovito koristiti i u pripremi (sazrijevanju) organskih gnojiva.

Prilagodba klimatskim promjenama optimizacijom gnojidbe fosforom

Osnovni principi optimizacije gnojidbe fosforom

U Hrvatskoj je propisano sadržaj biljkama raspoloživog fosfora analitički utvrditi AL metodom. Na temelju rezultata analize, tla se svrstavaju u 5 klasa koje opisuju opskrbljenost tla fosforom od vrlo slabe opskrbljenosti (klasa A) do vrlo bogato opskrbljenog tla (klasa E). Pri tome se za kiselata tla ($\text{pH}_{\text{KCl}} < 6$) i alkalna tla ($\text{pH}_{\text{KCl}} > 6$) razlikuju granične vrijednosti pojedinih klasa opskrbljenosti. Vrijednosti raspoloživog fosfora u tlu izražavaju se u mg fosfor pentoksida na 100 g tla, tj. mg/100 g P_2O_5 . Temeljni cilj gnojidbe fosforom je osiguravanje optimalne količine biljkama raspoloživih

oblika fosfora u tlu, što praktično znači da je dovoljna razina dobre opskrbljenosti tala fosforom (tlo C klase). Međutim, da bi gnojidba fosforom bila učinkovita, neophodno je suvišnu kiselost tla neutralizirati kalcijacijom i održavati povoljnu strukturu tla kako bi korijen biljke imao dovoljno raspoložive vode i kisika naophodnih za usvajanje fosfora. Dakle, održavanje optimalne pH vrijednosti tla i optimalnih vodo-zračnih odnosa preduvjet su učinkovite i održive gnojidbe fosforom.

S obzirom na ove jednostavne principe, izgrađen je temeljni pristup određivanju potrebne gnojidbe fosforom za svaku pojedinu klasu opskrbljenosti tla fosforom.

Klasa (A) – Vrlo slabo opskrbljeno tlo < 5 mg/100 g P₂O₅

Ova tla su jako siromašna i nedovoljno opskrbljena fosforom, ne mogu osigurati dovoljnu količinu biljci raspoloživog fosfora, posebice u stresnim uvjetima zbog niskih temperatura, suše ili anaerobioze (nedovoljno kisika u saturiranim tlima). Neophodno je biljci gnojidbom osigurati raspoložive (vodotopive) oblike fosfora, ali problem može biti prevelika kiselost zbog koje se u tlima kemijski fiksira dodani fosfor i postaje biljkama nepristupačan, posebice ako u tlu nema dovoljno humusa koji ipak može "zaštititi" vodotopivi fosfor od kemijske fiksacije. Nesreća je u tome što nisku opskrbljenost tla fosforom često "prati" nedovoljna humoznost i kiselost tla, tj. ova tri nepovoljna atributa često dolaze "u paketu" i karakteriziraju degradirana,

tj. osiromašena tla. Pojačana mineralna gnojidba nije dovoljno dobro rješenje zbog manje učinkovitosti dodanog fosfora i preskupe gnojidbe. S druge strane, tlo je neophodno popraviti, tj. postupno ga svake sezone obogaćivati fosforom i približavati prvo klasi slabo opskrbljenih tala (klasa B), a zatim i klasi dobro opskrbljenih tala (klasa C) kako bismo izbjegli deficit fosfora u stresnim uvjetima. Sve ovo znači da bilanca fosfora svake godine u ovakvim tlima mora biti pozitivna, tj. ukupna količina gnojidbom dodanog fosfora u tlo treba biti veća (bar 1,5 puta) od količine fosfora koju će usjev iznijeti prinosom. Zbog često loših fizikalnih i kemijskih svojstava siromašnih (degradiranih) tala, najbolje je rješenje organska gnojidba kojom se istovremeno postiže pozitivna bilanca fosfora i povećava humoznost i biogenost tala. Pri tome je najpogodnije koristiti zrela stajska gnojiva bogatija fosforom, tj. pileća, brojlerska i svinjska kruta gnojiva te svinjsku gnojovku. Tekuća stajska gnojiva (gnojnice bez krutih izlučevina) siromašne su fosforom i neće koristiti u ovakvim slučajevima. Odlično rješenja za ovakva tla bilo bi aplicirati komposte ili vermikomposte pripremljene iz smjese koje sadrže stajska gnojiva bogata fosforom. Zaoravanje žetvenih ostataka također je vrlo značajno jer doprinosi povećanju humoznosti i vraća dio iznesenog fosfora natrag u tlo, a povećanju raspoloživosti fosfora doprinose mikrobiološki preparati s mikorizama i bakterijama koje povećavaju topivost fosfora (npr. *Pseudomonas*). Raspoloživost fosfora i akumulaciju u oraničnom sloju povećava i zelena gnojidba pa je na ovim

najsiromašnijim tlima potrebno kombinirati kalcizaciju (ako je tlo kiselo), organsku gnojidbu, zelenu gnojidbu, mikrobiološke preparate i gnojidbu mineralnim oblicima fosfora koja tek uz kalcizaciju kiselih tala i organsku gnojidbu dostiže potrebnu isplativost i učinkovitost.

Klasa (B) – Slabo opskrbljeno tlo s 5-12 mg/100 g P₂O₅

Ova tla su također siromašna i malo bolje, ali ipak nedovoljno opskrbljena fosforom da bi bilo dovoljno biljci raspoloživog fosfora u stresnim uvjetima. U optimalnim uvjetima temperature i vlažnosti tla, biljka će usvojiti dovoljno fosfora pa možda i akumulirati nešto zalihama koje može premješati u mlađe dijelove u eventualno nepovoljnim dijelovima vegetacije (npr. u sušnim razdobljima). Međutim, u ovim siromašnim tlima ne možemo pouzdano računati na dovoljnu raspoloživost fosfora pa je također neophodno biljci gnojidbom osigurati raspoložive (vodotopive) oblike fosfora. Generalno, pristup gnojidbi fosforom je isti kao u tlima klase A, ali su ipak ova tla očekivano manje degradirana i manje loših svojstava. Cilj je opskrbljenost tla fosforom postupno podići do razine dobre opskrbljenosti (klasa C), a za to je također potrebna pozitivna bilanca fosfora. Dakle i u ovakvim tlima neophodno je mjere pravke tla fokusirati na kalcizaciju ako je tlo kiselo, a svakako na organsku i zelenu gnojidbu te upotrebu mikrobioloških preparata. Intenzitet mineralne gnojidbe fosforom treba biti na razini održivih i isplativih količina.

Klasa (C) – Dobro opskrbljeno tlo s 13-20 mg/100 g P₂O₅

Ova tla su dovoljno opskrbljena raspoloživim fosforom i nije potrebno podizati razinu raspoloživosti fosfora, svakako ne gnojidbom mineralnim gnojivima. Naime, ova tla bi trebala osigurati dovoljno kontinuirano usvajanje fosfora korijenom usjeva čak i uz povremene kratkotrajne stresne uvjete. To znači da će biljka u povoljnim jesenskim i/ili proljetnim uvjetima usvajati dovoljno fosfora i čak stvoriti određenu zalihu koja može nadomjestiti eventualno kasnije nedovoljno usvajanje fosfora. Međutim, ova očekivanja mogu biti ugrožena ako je tlo degradirano (kiselo, slabo humozno, zbijeno), ali takva probleme ne rješavamo pojačanom gnojidbom fosforom već popravkama tla radi otklanjanja postojećih ograničenja plodnosti. Generalno, u tlima dobre opskrbljenosti fosforom dovoljno je ne dozvoliti negativnu bilancu fosfora, tj. potrebno je u tlo vraćati količinu fosfora koja će biti odnesena s proizvodnih površina. U tlima koja nemaju značajnih ograničenja plodnosti, dovoljno je bilancu fosfora održavati bez promjena kroz četverogodišnje razdoblje. Također, u ovakvim tlima nije nužno koristiti mineralni fosfor u vodotopivim oblicima što omogućuje raznovrsniji izbor gnojiva i održivu redukciju mineralne gnojidbe fosforom. Ipak, upotreba organskih gnojiva i na ovim je tlima važna karika u održavanju raspoloživosti fosfora i općenito plodnosti tala, ali više nije potrebno fokusirati se na organska gnojiva s povećanim udjelom fosfora. Zelena gnojidba i upotreba mikrobioloških

preparata manje je potrebna s aspekta raspoloživosti fosfora nego na siromašnim tlima, ali nikako ih ne treba izostaviti jer upravo na ovakvim tlima možemo postići značajno smanjenje upotrebe mineralnih gnojiva i jeftiniju gnojidbu uz visok prinos i očuvanje plodnosti tala.

Klasa (D) – Bogato opskrbljeno tlo s 21-30 mg/100 g P₂O₅

Klasa bogato opskrbljenih tala je dovoljno opskrbljena fosforom i nije potrebno povećavati razinu opskrbljenosti tala fosforom. Dovoljno je unijeti količinu jednaku ili nešto manju od prinosom odnesene jer će se tako održavati razina raspoloživosti fosfora. Očekivano je tlo bogato fosforom ujedno i tlo veće plodnosti koja će doprinosti stabilnosti raspoloživog fosfora. I dalje vodimo računa o pH vrijednosti tla i korigiramo eventualnu preveliku kiselost kalcijacijom. Kod ovih tala svakako treba reducirati mineralnu gnojidbu, u pojedinim vegetacijama možemo i izostaviti gnojidbu fosforom bez bojazni da će to ugroziti prinos ili da će doći do degradacije tla. Ipak, treba postupati održivo i oprezno i osiguravati bilancu fosfora koja kroz 4 godine neće značajno smanjivati raspoloživost fosfora u tlu. U ovim je tlima sutacija s planiranim gnojidbama fosforom još "komotnija" nego u tlima klase C, možemo koristiti jeftinija fosforna gnojiva koja nisu vodotopiva, možemo maksimalno smanjiti upotrebu mineralnih oblika fosfora i praktično inercijom održavati plodnost tla kombinacijom organske gnojidbe, upotre-

bom mikrobioloških preparata i malih količina mineralnih oblika fosfora.

Klasa (E) – Vrlo bogato opskrbljeno tlo s >30 mg/100 g P₂O₅

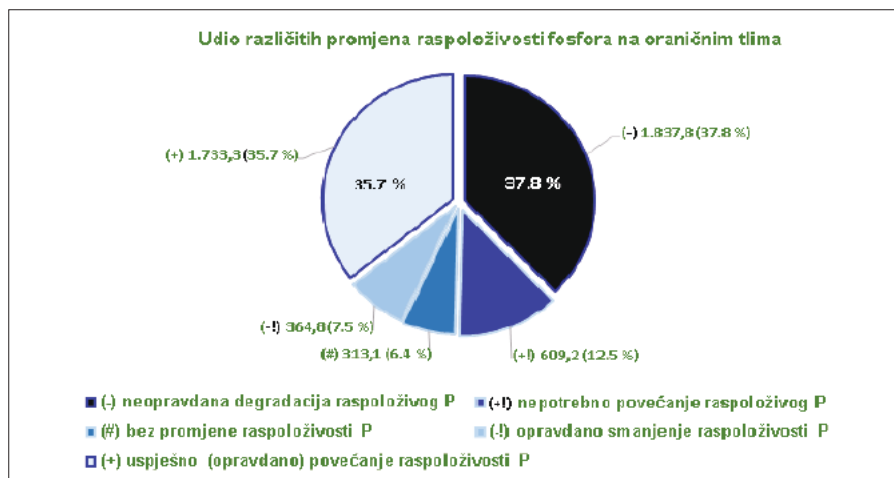
Klasa vrlo bogato opskrbljenih tala su tla koja uopće ne treba gnojiti mineralnim oblicima fosfora. Zapravo, fosfor nije dobro dodavati u ovakva tla niti u obliku organskih gnojiva pa se za ovakva tla ne preporučuje upotreba pilećih, brojlerski i svinjskih stajskih gnojiva, niti gnojovki već samo gnojnice (tekuća organska gnojiva bez krutih izlučevina). Gnojidba fosforom na ovakvim tlima može biti ekološko opterećenje i do sljedeće analize tla, dakle u 4-godišnjem razdoblju, nikako ne treba unositi fosfor. Naime, izostanak gnojidbe fosforom na ovakvim tlima može rezultirati godišnjim smanjivanjem raspoloživosti fosfora do 1 mg/100 g, što je potpuno beznačajno, a vrlo često se analitički neće niti utvrditi pad raspoloživosti zbog velikih rezervi fosfora u tlu. S druge strane, gnojidba već vrlo bogatih tala može antagonistički smanjiti raspoloživost nekih mikroelemenata, posebice Zn.

Degradacija raspoloživosti fosfora u tlima u Hrvatskoj

U trogodišnjem razdoblju od 2019. do 2021. godine u okviru propisanih obaveznih analiza tala u Hrvatskoj je utvrđeno 37 % tala nedostatne raspoloživosti fosfora u 2019. godini, 45 % u 2020. i 51 % u 2021. godini. Iako ovo nisu rezultati analiza istih

površina, ipak je utvrđen zabrinjavajući trend povećanog udjela fosforom siromašnih tala. Navedeni podaci sigurno znače da gospodarenje tlima u pogledu održavanja raspoloživosti fosfora nije učinkovito, gotovo sigurno zbog neodgovarajuće gnojidbe (vrsta i količina gnojiva). Međutim, s obzirom da je istovremeno utvrđena i prekomjerna kiselost na oko ½ analiziranih tala i da je također oko ½ tala siromašno humusom, potpuno je sigurno da nisu ispunjeni preduvjeti optimizacije gnojidbe fosforom, tj. kalcijacija kiselih tala i povećanje humoznosti. U takvim uvjetima gnojidba mineralnim oblicima fosfora je slabe učinkovitosti i sigurno je aplicirana veća količina vodotopivog fosfora nego što je akumulirano u tlima u biljci raspoloživom obliku. Gotovo jednako nezadovoljavajući rezultati utvrđeni su analizom promjene raspoloživosti fosfora tijekom 15 godina na više od 4.800 ha oranica i oko 500

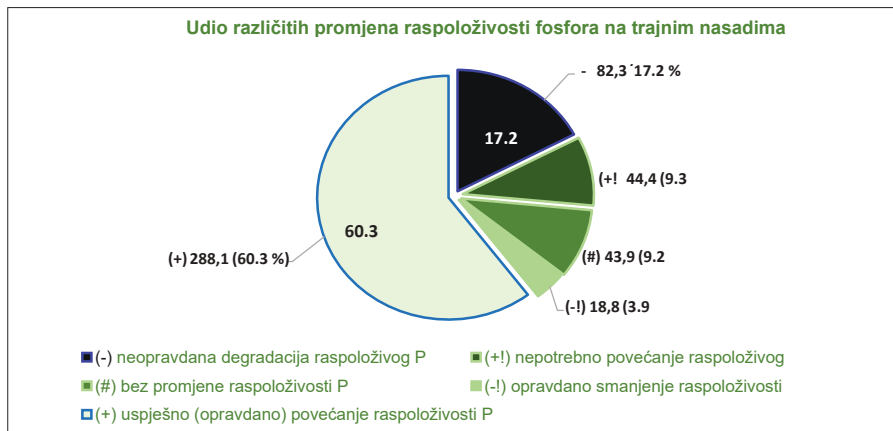
ha trajnih nasada (voćnjaka i vinograda). Prosjek raspoloživog fosfora iznosio je 18,55 mg/100 g, a 15 godina kasnije blago je povećan na 19,88 mg/100 g. No, ovi prosjeci prikrivaju postojanje negativnih trendova i degradaciju značajnih površina smanjenjem raspoloživosti fosfora, posebice na oranicama. Postoje vrlo značajne razlike između oranica i trajnih nasada s obzirom na promjene raspoloživog fosfora tijekom 15 godina. Značajno neopravdano i nedopustivo smanjenje fosfora bilo je na 37,8 % analiziranih oranica koje su već bile slabo ili tek srednje opskrbljene biljkama raspoloživim fosforom. S druge strane, na 35,7 % oranica utvrđeno je povećanje raspoloživosti fosfora (Grafikon 15.), a nepotrebno povećanje raspoloživosti na već bogatim tlima na 12,5 % oranica. To konkretno znači da na 50 % oranica gnojidba uopće nije bila u skladu s plodnosti tala i stvarnim potrebama u gnojidbi.



Grafikon 15. Prikaz učestalosti potrebnih i neopravdanih smanjenja i povećanja raspoloživosti P na oranicama

Raspoloživost fosfora je značajno bolja na trajnim nasadima, jer je na 60,3 % površina povećana raspoloživost P, dok je na samo 17,2 % analiziranih površina došlo do neopravdanog i neprihvatljivog smanjenja raspoloživog fosfora, a na 9,3 % površina

do nepotrebnog povećanja raspoloživosti P (grafikon 16). Dakle, gnojidba nije primjerena plodnosti tala i potrebama u gnojidbi fosforom na 26,5 % trajnih nasada, što je svakako bolje nego na 50 % oranica.



Grafikon 16. Prikaz učestalosti potrebnih i neopravdanih smanjenja i povećanja raspoloživosti P na trajnim nasadima

Promatrajući promjene u raspoloživosti fosfora i kalija te sadržaju humusa na oranica i trajnim nasadima različitih početnih razina plodnosti, zaključili smo sljedeće:

1. gnojidba se ne provodi u skladu s plodnošću tla i potrebama za hranjivima na više od 50 % oranica
2. vrlo značajna degradacija tala zbog osiromašenja fosforom utvrđena je na gotovo 38 % oranica i 17 % trajnih nasada
3. najintenzivnija je degradacija sadržaja humusa, zatim pad raspoloživosti fosfora, a najmanji je pad raspoloživosti kalija

4. izvjesno je da se organska gnojiva i mjere očuvanja plodnosti tla rijetko i/ili neučinkovito koriste na oranica
5. gospodarenje raspoloživim hranjivima u tlu i humusom bilo je puno uspješnije na trajnim nasadima nego na oranica, pretpostavljamo dobrim dijelom zbog učinkovitijeg korištenja organskih gnojiva.

Praktične preporuke u gnojidbi fosforom

1. Količinu fosfora u gnojidbi prilagoditi realno planiranom prinosu i potrebi pozitivne ili negativne bilance fosfora sukladno utvrđenoj klasi opskrbljenosti tla fosforom.

2. Neophodan preduvjet optimalne gnojidbe fosforom je propisana periodična analiza tla jer je bez toga nemoguće optimizirati gnojidbu fosforom.
3. Mineralnu gnojidbu fosforom reducirati održavanjem plodnosti tla optimizacijom pH vrijednosti, upotrebom organskih gnojiva, zelenom gnojidbom i upotrebom mikrobioloških preparata.
4. Sve vrste fosfornih gnojiva mogu biti potpuno učinkovite samo uz dobru strukturu i optimalnu pH vrijednost tla. Stoga je kalcizacija kiselih tala neophodna jer smanjuje fiksaciju vodotopivog fosfora i povećava učinkovitost mineralnih gnojiva. Uz kalcizaciju obavezno planirati gnojidbu organskim gnojivima, ne samo zbog hraniva, već i zbog stabilnosti tala, vodo-zračnih odnosa i smanjivanja zbijanja i drugih oblike degradacije tala.
5. Organska gnojiva svakako uključiti u redoviti plan gnojidbe, a vrstu organskog gnojiva ovisno o klasi raspoloživosti fosfora:
 - 1) na tlima vrlo siromašnim i siromašnim fosforom (klase A i B) koristiti gnojiva bogata fosforom;
 - 2) na tlima bogatim i vrlo bogatim fosforom (klase D i E) koristiti gnojiva siromašnija fosforom (tekuće svinjske i goveđe gnojnice bez krutih izlučevina);
 - 3) na tlima dobre opskrbljenosti fosforom (klasa C) organskih gnojiva izabrati na temelju drugih limitirajućih svojstava i potreba tala, a ne na temelju sadržaja fosfora.
 6. Na siromašnim tlima nedovoljne raspoloživosti fosforom, izbor mineralnih gnojiva svakako uskladiti s reakcijom tla:
 - 1) lakomobilizirajuća P gnojiva (citrotopivi fosfati) najpogodniji su za kiselu tla;
 - 2) vodotopivi fosfati najpogodniji su za slabokisela i neutralna tla (tu spadaju i pravilno kalcizirana tla);
 - 3) na karbonatnim i drugim alkalnim tlima nije učinkovito koristiti citrotopive i teško topive oblike fosfora (npr. topljene i termofosfate, te sirove fosfate).
 7. Na plodnim tlima dovoljne raspoloživosti fosfora, oblik fosfornih gnojiva manje je bitan nego na siromašnim tlima, a pozornost treba posvetiti odgovarajućoj bilanci fosfora.
 8. Na siromašnim i degradiranim tlima fosforna gnojiva manje topivosti treba unijeti u tlo značajno prije sjetve (najbolje u jesen), a vodotopive oblike fosfora prije sjetve. Vrijeme aplikacije fosfora na tlima dobre opskrbljenosti fosforom manje je značajno.
 9. Fosforna gnojiva u prihranama na oranicama gotovo da nemaju nikakav značaj jer fosfor nije mobilan u tlu i ne može dospjeti do korijena tijekom vegetacije. Određeni interventni značaj ima folijarna aplikacija na usjevima u slučaju deficita P, ali su količine koje se mogu dodati ograničene i vrlo male, realno oko 1,5 do 3,5 kg/ha folijarnom aplikacijom 400 L otopine (dakle, u najboljem slučaju do 10 % ukupne potrebe P_2O_5).

10. Iskoristiti potencijal mikrobioloških preparata s mikorizama i bakterijama koje povećavaju topivost fosfora (npr. *Pseudomonas*), kako bi se iskoristili rezervni oblici fosfora u tlu koje biljke bez pomoći mikroorganizama ne mogu usvajati.

Prilagodba klimatskim promjenama neutralizacijom suvišne kiselosti tla

Kalcizacija je agrotehnička mjera kojom se u kiselo tlo aplicira sredstvo koje sadrži Ca i/ili Mg s ciljem neutralizacije suvišne kiselosti tla i postizanja ciljane pH vrijednosti, tj. optimalne kiselosti za uzgoj određene biljne vrste.

Praktične posljedice ekstremnih (neodgovarajućih) pH vrijednosti tla

Reakciju tla, koju izražavamo kao pH vrijednost, možemo tumačiti kao najznačajnije svojstvo tla jer utječe na sva ostala fizikalna, kemijska i biološka svojstva, od stabilnosti strukturnih agregata preko aktivnosti mikroorganizama do raspoloživosti hraniva. Optimalna slabokiselna reakcija tla je istovremeno najpoželjnije svojstvo, gotovo neophodno, jer osigurava uvjete ravnotežne raspoloživosti biljnih hraniva, mikrobiološke aktivnosti i rasta korijena, ali još uvijek nije garancija da će tlo biti plodno jer ono može imati premalo humusa ili premalo sekundarnih minerala (gline) ili premalo raspoloživih hraniva, iako je pH vrijednost optimalna. Međutim, "pobjegne" li reakcija tla u ekstremne vrijednosti, otvaraju se vrata degradaciji tla, posljedica

je ispiranje i pad raspoloživosti hraniva, a znatno se smanjuje učinkovitost gnojidbe dušikom i fosforom uz povećanje gubitaka dodanih hraniva. U izrazito kiselom tlu bit će nedovoljna raspoloživost Ca, Mg i Mo, uz određenu kemijsku fiksaciju fosfora. Uz prekomjernu vlažnost povećana je opasnost gubitka dušika denitrifikacijom, a ekstremna kiselost je toksična za biljke zbog slobodnih kiselih iona aluminija i mangana. Kiselost značajno ograničava rast i brojnost korjenovih dlačica što posredno smanjuje mogućnost usvajanja vode i hraniva i reducira rast i prinos usjeva. Također, realnost prekiselih tala je nedostatak ili nedostatna raspoloživost Ca i Mg jer su navedeni kationi isprani s čestica tla, tj. kompleksa tla. Dostatna pristupačnost Ca i Mg u takvim se tlima ne postiže gnojidbom tim elementima već kalcizacijom. Zakiseljavanje tla je praktično "začarani krug" jer smanjuje raspoloživost hraniva i povećava potrebu u gnojdbi. Posegnemo li za mineralnom gnojidbom kao rješenjem, morat ćemo aplicirati veće količine da bismo postigli kakav-takav kratkoročni učinak. Međutim, cijena intenziviranja mineralne gnojidbe je previsoka, ne samo doslovno, već i zbog dodatne ubrzane acidifikacije tala, što znači dodatni gubitak hraniva, smanjenje plodnosti tla, povećanje toksičnosti i dodatno povećanu potrebu u gnojdbi. Dakle, na ovaj način nema kraja degradaciji tala i intenziviranju gnojidbe. Općenito, kalcizacija je vrlo jednostavno i vrlo isplativo rješenje jer relativno brzo i učinkovito neutralizira toksičnost kiselih tala. Svakako s kalcizacijom treba kombinirati gnojidbu stajskim gnojivima, tj. organskim gnojivima. Naime, humus značajno smanjuje toksični učinak kiselosti tla

i "štiti" korjenove dlačice od kiselih kationa pa je ista kiselja reakcija (isti pH) neusporedivo toksičnija na slabohumoznim tlima nego na tlima bogatim humusom. Pored toga, kalcizacija će intenzivirati mineralizaciju humusa i organska je gnojidba neophodna kako bismo očuvali humoznost tla.

U alkalnom tlu, s druge strane, smanjena je raspoloživost Fe, Mn, Zn, Cu, B, a prisutna je i štetna fiksacija fosfora. Osim toga, biljke na alkalnim (karbonatnim) tlima otežano usvajaju fosfor i veći je rizik gubitaka dušika isparavanjem (volatizacijom) u obliku amonijaka, posebno na suhim tlima pri višim temperaturama.

Optimalno je rješenje održavanje optimalne pH vrijednosti tla u području slabo kisele reakcije kada je uravnotežena raspoloživost svih hraniva bez toksičnosti i fiksacije hraniva.

Kada je tlo preкисло za uzgoj usjeva?

Potpuno sigurno možemo reći da je tlo preкисло kada je toksično za usjev. Međutim, između stabilnog visokog prinosa uz optimalnu reakciju tla i vidljivog toksičnog učinka kiselog tla, čitav je niz nijansi kiselosti koje smanjuju prinos, poskupljuju gnojidbu i uzgoj usjeva, povećavaju rizik pada prinosa i ubrzavaju degradaciju tla, posebice u nestabilnim agroekološkim uvjetima uzrokovanih klimatskim promjenama. Tako, npr. niža pH vrijednost tla bogatog humusom u manjoj je mjeri štetna u usporedbi s istom pH vrijednosti tla s niskim sadržajem humusa, npr. < 2 % humusa. Stoga si možemo postaviti vrlo jednostavno pitanje, koje je tlo

toliko preкисло da bismo trebali razmisliti o provedbi kalcizacije?

U Hrvatskoj je propisano (HAPIH, 2020.) analizama tla izmjeriti reakciju u suspenziji tla u vodi i u otopini KCl-a. Reakcija u vodi prikazuje kiselost vodene faze tla, a u otopini KCl-a uključuje i izmjenjivi dio kiselih kationa koji su na česticama tla. Najčešće su razlike između ove dvije vrijednosti oko 1 pH jedinicu, s tim da je pH vrijednost u otopini KCl-a uvijek niža. Interesantno je da iz razlike ova dva broja možemo "pročitati" potencijalnu elastičnost tla, tj. sposobnost tla da se odupre naglim promjenama kemijskih svojstava, između ostalog i promjeni pH. Tako će u humusom i glinom siromašnim tlima ta razlika biti manja, ponekad tek oko 0,5 pH jedinica, a u humoznim tlima s više gline i razlike će biti veća od 1 pH jedinice. Razlog je vrlo jednostavan, siromašno tlo nema elastičnosti jer nema čestica humusa i gline, tj. nema tijela sorpcije koje može aktivno sudjelovati u održavanju ravnoteže, nestabilno je i nema kapacitet za dovoljno biljnih hraniva u raspoloživom obliku. U svakom sličaju, to su reakcije koje će utjecati na hraniva, mikroorganizme i korijen usjeva, a nama je dovoljna informacija, da su, s obzirom na relativno niske sadržaje humusa u oraničnim tlima, sve pH vrijednosti koje počinju s brojem < 5 dovoljan razlog za izradu plana kalcizacije. To još uvijek ne znači da je kalcizacija neophodna, ali sigurno bi bila korisna, posebice u uzgoju leguminoza, uljane repice, suncokreta, ali i kukuruza, strnih žitarica i većine povrtnih vrsta. Pored toga, kalcizacija bi zaustavila daljnju degradaciju tala.

Jesu li tla u Hrvatskoj suviše kisela?

Analizama tla u Hrvatskoj od 2019. do 2021. godine analizirano je više od 40.000 uzoraka tla i svake je godine utvrđeno da je kalcijacija neophodna na 22-25 % tala, a korisna je za još 20-22 % tala. Također, oko 20-ak % analiziranih tala je istovremeno i prekiselo i slabo humozno, što znači da je velika potreba istovremene provedbe kalcijacije i organske gnojidbe.

Razlozi suviše kislosti tala

Zakiseljavanje tla je kompleksni elementarni pedogenetski proces do kojeg dolazi uslijed dvije velike grupe procesa:

1. pedogenetsko-klimatsko ili prirodno zakiseljavanje
2. antropogeno zakiseljavanje.

Veliki utjecaj na zakiseljavanje tla imaju oborine ispiranjem baza i unjdravanjem nositelja kislosti u tlo. Ispiranje je usko povezano s količinom i dinamikom oborina, tj. s perkolacijom vode i strukturom tla. U kontinentalnim područjima Republike Hrvatske smatramo da je tlo podložno ispiranju ukoliko je izloženo godišnjoj količini oborina više od 600-650 mm. Zakiseljavanje ili acidifikacija je unjdravanje vodikovih iona na čestice tla umjesto istisnutih baza (Ca i Mg). Odvija se kod tala s neutralnom ili kiselim reakcijom istovremeno s debazifikacijom. Antropogeni uzroci su prije svega industrijska emisija kiselih kiša, tj. SO₂ koji kiselim kišama dospjeva u tlo i zakiseljava ga.

Drugi je antropogeni učinak posljedica intenziviranja ciklusa hraniva mineralnom

gnojidbom. Posebice je značajno intenziviranje ciklusa dušika mineralnom gnojidbom. Pri tome u tlo mogu biti unesene značajne količine rezidualno (fiziološki) kiselih mineralnih gnojiva. Posljedica je zaoštavanje kislosti u tlu za čiju neutralizaciju su potrebne količine 80-128 kg vapnenca za svakih 100 kg mineralnih gnojiva. I dok je ovakav učinak zakiseljavanja vrlo koristan na karbonatnim tlima jer povećava raspoloživost fosfora i mikroelemenata u tlu, istovremeno predstavlja potpuno nepoželjan i nepotreban proces na kiselim tlima. Stoga, na kiselim tlima treba koristiti KAN, norvešku salitru i čilsku salitru kao izvore mineralnog dušika koji će svojim rezidualnim alkalnim djelovanjem (salitre) ili dolomitnim punilom (KAN) neutralizirati dio kislosti u tlu. Na kiselim tlima nisu pogodna dušična gnojiva za koja treba ekvivalenta neutralizacija rezidualne kislosti: amonijev klorid (128 kg vapnenca/100 kg gnojiva), amonijev sulfat (110 kg), amonijev sulfonitrat (93 kg), urea (84 kg), amonijev nitrat (80 kg) i amonijev fosfat 16-20-0 (86 kg). Zakiseljavanje poljoprivrednih površina je i posljedica intenzivnog uzgoja leguminoza, ali i svakog iznošenja Ca prinosom poljoprivrednih kultura bez vraćanja iznesenih količina u tlo.

Sredstva za kalcijaciju

Sredstvo za kalcijaciju je svaki materijal koji sadrži Ca i/ili Mg u oblicima koji mogu neutralizirati suvišnu kislost podizanjem pH vrijednosti tla do određene razine, ovisno o neutralizacijskoj vrijednosti i količini sredstva. Kalcijacijski materijali su

kalcijevi i/ili magnezijevi karbonati, oksidi, hidroksidi i silikati. Najčešća sredstva za kalcizaciju širom svijeta su različiti vapneni materijali, a u pojedinim regijama koriste se i industrijski nusproizvodi i otpadne tvari koje moraju ispunjavati zakonom propisane kriterije. Sredstva za kalcizaciju vrednujemo prvenstveno na temelju učinkovitosti neutralizacije suviše kiselosti tla, iako pored toga neposredno opskrbljuju biljku raspoloživim oblicima Ca i/ili Mg i posredno utječu na niz kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla. Najjednostavnije je prikazati neutralizacijsku vrijednosti kao ekvivalent udjela kalcijevog karbonata (CaCO_3). Koristimo li kalcijev karbonat (čisti vapnenac) kao standard, kemijsku čistoću i sastav sredstva za kalcizaciju izražavamo kao kalcij karbonat ekvivalent (CCE). CCE za čisti kalcijev karbonat je 100, ali može biti i veći od 100 ili značajno manji. Npr. CCE živog vapna (CaO) je 179, a drvenog pepal 40-50 (tablica 14), što znači da će za isti učinak biti potrebno značajno manje živog vapna ili značajno više drvenog pepela

nego vapnenca. Međutim, kemijska čistoća materijala preračunata na CCE nije dovoljan pokazatelj stvarne neutralizacijske učinkovitosti ili efektivne neutralizacijske vrijednosti (ENV) koja pored CCE ovisi i o dimenzijama čestica vapnenog materijala. ENV izračunava se kao kombinacija CCE i efektivnosti s aspekta veličine čestica materijala koji nisu vodotopivi (vapneni i dolomitski materijali).

Najveća je efektivna neutralizacijska vrijednost paljenog i gašenog vapna (tablica 14), dok učinkovitost i brzina djelovanja sredstava vapnenog, dolomitskog ili silikatnog tipa ovisi o veličini (finoći) čestica. Čestice vapnenog sredstva < 0,15 mm imaju maksimalnu učinkovitost (100 %) dok su čestice 0,15-0,25 mm nešto manje neutralizacijske učinkovitosti (80 %), a čestice 0,25-0,85 mm još manje učinkovitosti (40 %). Čestice krupnije od 0,85 mm imaju sporo i izraženo produžno djelovanje, njihov je učinak postupan i manje su pogodne ako je potrebna brza neutralizacija kiselosti.

Tablica 14. Kalcij karbonat ekvivalent (CCE) vapnenih materijala ovisi o udjelu Ca i Mg i njihovom obliku

Kalcizacijski materijal	Ca %	Mg %	CCE
Vapnenac (CaCO_3)	32-40	-	80-100
Dolomitski vapnenac	22	13	95-108
Paljeno vapno (CaO)	60-71	-	150-179
Gašeno vapno ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)	51-54	-	120-135
Šećeransko vapno (karbokalk)	34-42	-	35-95
Lapor (CaCO_3 + glina)	10-80	-	70-90
Drveni pepeo	18-30	2-3	40-50
Gips ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$)	22	-	0
Kalcijev silikat (CaSiO_3)	30	-	60-90

Efektivna neutralizacijska vrijednost (ENV) vrlo je praktičan pokazatelj želimo li usporediti razlike u cijenama kalcizacij-

skih materijala jer možemo izračunati cijenu po ENV umjesto cijene po masi (npr. po tonama) materijala.

Na primjer:

sredstvo A: ENV = 0,75	cijena = 24 €/t	cijena ENV = 32,0 €/t ENV
sredstvo B: ENV = 0,40	cijena = 18 €/t	cijena ENV = 45,0 €/t ENV.

Dakle, sredstvo B je jeftinije, ali je manja efektivna neutralizacijska vrijednost pa je isplativija upotreba sredstva A jer je niža cijena po jedinici efektivne neutralizacije.

Izračunavanje potrebe u kalcizaciji

Kiselost tla, tj. niska pH vrijednost prvi je indikator moguće potrebe provedbe kalcizacije. Međutim, pH nije dovoljan pokazatelj ukupne kiselosti u tlu, tj. suvišne kiselosti koju treba neutralizirati. To možemo objasniti vrlo jednostavnim primjerom gladnih ljudi. Dva čovjeka bitno različite tjelesne mase mogu osjećati glad jednakim intenzitetom i jednako vapiti za hranom. Ipak, dovoljan nam je jedan pogled na njih da znamo da nam ne treba ista količina hrane da bismo ih nahranili jer je jedan "mršavac", a drugi "teškaš". U ovoj je metafori pH vrijednost tla isto što i intenzitet gladi, a dva različita tla mogu imati isti pH kao i dva različita čovjeka istu glad. Mršavac će, dakle, trebati znatno manje hrane da bi se zasitio nego teškaš, a lagano će tlo trebati znatno manje sredstva za kalcizaciju da bi pH bio neutralan nego teško tlo.

Praktički je najtočnije mjerilo utvrditi koliko tlo treba "pojesti" vapna da bi bilo

"sito", tj. neutralno. Utvrditi takav kapacitet tla možemo određivanjem hidrolitičke kiselosti tla. Hidrolitička kiselost je mjerilo kemijske potrebe za neutralizacijom kiselosti tla i uz volumnu gustoću tla i optimalnu pH vrijednost čini dostatne podatke za izračun točne potrebe u kalcizaciji. Hidrolitičku kiselost (Hy) izražavamo u cmol/kg ili mmol/100 g i to je količina kiselosti određene mase tla, a utvrđivanje hidrolitičke kiselosti propisano je kao obavezna analiza svih kiselih tala u Hrvatskoj. Uvriježeno je granicom potrebne kalcizacije smatrati hidrolitičku kiselost 4 cmol/kg, pa da tlo kiselije od toga treba kalcizirati, a manje kiselo tlo ne treba. Međutim, niti to ne mora biti točno jer je hidrolitička kiselost dio ukupnog kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tla (KIK).

Zbog toga je u tlima iste vrijednosti Hy i različitog KIK-a i stupanj zasićenosti tla bazama (V) vrlo različit, a to znači i različitu pH vrijednost. Dakle, KIK može biti npr. 8 kod laganih tala, a 20 ili čak 40 kod težih tala, pa je hidrolitička kiselost 4 cmol/kg čak 50 % kapaciteta laganog tla, a svega 10 % kapaciteta najtežeg tla iz ovih primjera. Tumačimo li ove primjere kroz pH vrijednost tla, pH laganog tla je vjerojatno

< 4 (uz hidrolitičku kiselost 4) što znači da je tlo ekstremno kiselo, pH težeg tla je vjerojatno oko 6,0 ili čak 6,5 (uz hidrolitičku kiselost također 4) pa kalcijacija uopće nije potrebna, iako je hidrolitička kiselost oba tla iste vrijednosti.

Praktično, u stvarnosti ćemo prvo analizirati pH vrijednosti tla pa ćemo odmah znati da nije potrebno kalcizirati tlo čiji je pH između 6 i 6,5. S druge strane, bit ćemo sigurni da je neophodna kalcijacija tla čiji je pH < 4 ili < 5 pa ćemo analizirati i hidrolitičku kiselost kako bismo precizno utvrdili količinu kiselosti koju treba neutralizirati. Ovi realni primjeri ilustriraju da vrijednost hidrolitičke kiselosti $H_y = 4$ samo uvjetno možemo smatrati granicom potrebne kalcijacije. Ako ne raspolažemo točnim podacima o tlu (specifična gustoća tla) potrebnim za izračun potrebe kalcijacije, možemo koristiti okvirni izračun da je za neutralizaciju svake jedinice hidrolitičke kiselosti na dubini do 30 cm za lagana tla potrebno maksimalno 2 t/ha čistog vapnenca, za srednje teška tla 2,2 t/ha, a za teška tla maksimalno 2,4 t/ha.

Učinak kalcijacije

Provedba kalcijacije ima višestruki učinak na svojstva tla, od promjene pH vrijednosti do promjene raspoloživosti hraniva.

Promjene pH vrijednosti tla (reakcija tla)

Učinak kalcijacije ovisi o početnoj kiselosti tla, o dozi kalcijacije, o neutraliza-

cijskoj vrijednosti materijala za kalcijaciju i o količini vode u tlu. Na kiselijem tlu djelovanje kalcijacijskog materijala je brže, a na manje kiselom tlu sporije uz produžno djelovanje viših doza kalcijacijskog materijala. Na temelju istraživanja u agroekološkim uvjetima istočnog dijela Hrvatske, moguće je za dozu kalcijacije s 5-10 t/ha čistog $CaCO_3$ očekivati prosječno povećanje reakcije tla za 1-1,5 pH jedinicu. Za dozu kalcijacije s 10-20 t/ha čistog $CaCO_3$ moguće je povećati pH vrijednost tla za prosječnih 1,5-2 pH jedinice.

Promjene raspoloživosti fosfora

Pravilna kalcijacija kiselih tala uvijek utječe na povećanje pristupačnosti fosfora u tlu. Pri tome je moguće predvidjeti povećanja biljci pristupačnog fosfora s povećanjem pH tla odnosno s neutralizacijom suvišne kiselosti kalcijacijom. Visoka koncentracija kiselih iona u tlu siromašnom fosforom može rezultirati simptomima nedostataka fosfora koji se mogu neutralizirati kalcijacijom bez direktne gnojidbe fosforom.

Promjene sadržaja humusa u tlu

Kalcijacija utječe i na promjenu bioloških svojstava u tlu jer povećava aktivnost mikroorganizama, što rezultira intenzivnijom razgradnjom organske tvari tla i smanjenjem sadržaja humusa u tlu. Očekivano je povećanje mineralizacija organske tvari tla nakon kalciza-

cije i zbog toga kalcizacija bez organske gnojidbe najčešće rezultira smanjenjem sadržaja humusa u tlu. Okvirnu potrebnu količinu zrelog stajskog gnojiva za neutralizaciju negativnog učinka kalcizacije na sadržaj humusa u tlu možemo procijeniti na 2 - 2,5 t/ha zrelog stajskog gnoja po t/ha čistog vapnenca (ekvivalent čistog CaCO_3 s ENV = 100). Dakle, za svaku kalcizaciju s 10 t/ha CaCO_3 neophodno je aplicirati i 20-25 t/ha zrelog stajskog gnojiva.

Promjene koncentracije izmjenjivih Ca i Mg u tlu

Kalcizacija utječe na promjene koncentracija izmjenjivih alkalnih i zemnoalkalnih kationa (Ca, Mg, K i Na) na adsorpcijskom kompleksu tla. Kalcizacija povećava koncentraciju izmjenjivog kalcija u tlu uslijed izravnog unosa kalcijevih iona u materijalima za kalcizaciju. U skladu s povećanjem doze, kalcizacija može utjecati na gotovo linearno povećanje koncentracije kalcija u tlu. Ukoliko materijal za kalcizaciju sadrži Ca^{2+} i Mg^{2+} ione, očekivano će uslijediti povećanje koncentracije izmjenjivog, dakle biljkama raspoloživog kalcija i magnezija.

Promjene raspoloživosti mikroelemenata i toksičnih elemenata u tlu

Raspoloživost mikroelemenata (Fe, Mn, Zn i Cu) i potencijalno toksičnih elemenata u tlu veća je u kiselim tlima. Pad raspo-

loživosti Fe i Mn u tlu može biti posljedica većih doza kalcizacijskog materijala, ali to ne mora biti negativno jer su koncentracije raspoloživih Fe i Mn u prekiselim tlima prevelike, često i toksične. Ipak, kalcizacija može smanjiti pristupačnosti Fe i Mn u tlu do čak 50 % u odnosu na početno stanje, pa prekomjerna doza materijala za kalcizaciju može rezultirati čak i nedostatnom raspoloživosti mikrohraniva (Fe i Mn). Učinak kalcizacije na pristupačnost Zn je manjeg intenziteta. Značajan je istovremeni pozitivan utjecaj kalcizacije na smanjenu pristupačnost toksičnih teških metala poput Cd, Cr, Pb i Hg jer smanjuje njihov prijenos u prehrambeni lanac.

Praktične preporuke u gospodarenju kiselim tlima

1. Kalcizacija i organska gnojidba nezostavne su agrotehničke mjere u gospodarenju kiselim tlima koja su široko zastupljena na oranicama Republike Hrvatske.
2. Najznačajniji pokazatelj potrebe kalcizacije je pH vrijednost tla. Za sva tla čiji je $\text{pH} < 5$, neophodno je izraditi stručni plan potrebe kalcizacije na temelju rezultata propisanih analiza tla.
3. Potrebnu količinu sredstva za kalcizaciju nemoguće je precizno izračunati bez vrijednosti hidrolitičke kiselosti tla.
4. Za precizan izračun kalcizacije potrebno je znati specifičnu gustoću

- tla, ali možemo planirati da je za neutralizaciju svake jedinice hidrolitičke kiselosti na laganim tlima potrebno maksimalno 2 t/ha, na srednje teškim tlima 2,2 t/ha, a na teškim tlima maksimalno 2,4 t/ha čistog vapnenca.
- Plan kalcizacije svakako treba uzeti u obzir efektivnu neutralizacijsku vrijednost (ENV) sredstva za kalcizaciju.
 - Najbrže djelovanje i najveću ENV imaju živo i gašeno vapno, a najnižu drveni pepeo. Učinkovitost vapnenih i dolomitnih materijala netopivih u vodi ovisi o krupnoći čestica.
 - Gnojdba stajskim ili drugim organskim gnojivima mora biti obavezna mjera uz provedbu kalcizacije.
 - Neophodna je optimizacija mineralne gnojidbe kiselih tala, posebice dušičnim gnojivima, jer intenzivna gnojdba slabo humoznih kiselih tala ubrzava degradaciju tala.
 - Prevelika kiselost tla je toksična za usjeve, problem su i nedostatak Ca i Mg te smanjena učinkovitost gnojidbe. Kalcizacija povećava raspoloživost P, Ca i Mg te smanjuje gubitke dušika i povećava učinkovitost mineralne gnojidbe.
 - Vapneni materijal treba ravnomjerno raspodijeliti po dubini oraničnog sloja tla jesenskom ili kombiniranom jesensko-proljetnom aplikacijom.

Literatura

- Bašić, F., Bogunović, M., Božić, M., Husnjak, S., Jurić, I., Kisić, I., Mesić, M., Mirošević, N., Romić, D., Žugec, I. (2007). Regionalization of Croatian agriculture, *Agric. Consp. Sci.* 72 (1): 27–38.
- Halter, J., Hefer, H., Andrišić, M., Rašić, D., Zegnal, I. (2021): Implementation of agro-technical measures in the Republic of Croatia in 2019. *Book of Abstract. 56th Croatian & 16th International Symposium on Agriculture.* Rozman, V., Antunović, Z. (ed). Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Osijek. 2021: 16-17.
- Hefer, H., Andrišić, M., Zegnal, I., Mikulić, D., Rašić, D., Lončarić, Z. (2023): Agrochemical indicators of soil fertility in the Republic of Croatia in 2021. *Book of Abstracts. 58th Croatian & 18th International Symposium on Agriculture.* Sarović-Stanko, K., Širić,

- I. (ed). University of Zagreb Faculty of Agriculture, Zagreb. 2023: 17.
4. Hefer, H., Andrišić, M., Zegnal, I., Mikulić, D., Rašić, D., Lončarić, Z. (2022): Agrochemical analyzes of soil and soil supply classes in the Republic of Croatia. Book of Abstracts. 57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture. Majić, I., Antunović, Z. (ed). Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Osijek. 2022: 17-18.
 5. Hefer, H., Andrišić, M., Zegnal, I., Rašić, D., Halter, J., Lončarić, Z. (2021.): Kemijska svojstva tala i tumačenje klasa opskrbljenosti. U: Rozman, V., Antunović, Z. (ur.) Zbornik sažetaka 56. hrvatski i 16. međunarodni simpozij agronoma. Osijek, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 18-19.
 6. Ivezic, V., Singh, B. R., Gvozdić, V., Lončarić, Z. (2015): Soil Quality Index in relation to trace metal availability under different land uses, Soil Science Society of America Journal 79 (6): 1629-1637.
 7. Lončarić, Z., Hefer, H., Andrišić, M., Rašić, D., Zegnal, I., Rastija, D., Jelić Milković, S., Lončarić, R. (2023.): The impact of different land uses on the available soil phosphorus budget in Croatia. U: Bogavac, M., Miladinovic-Bogavac, Z., Marcinko Trkulja, Z. (ur.) Economic and Social Development, 96th International Scientific Conference on Economic and Social Development - Era of Global Crises. Book of Proceedings. University of Aveiro, Varazdin Development i Entrepreneurship Agency and University North, Koprivnica, 2023: 358-368.
 8. Lončarić, Z., Rastija, D., Hefer, H., Andrišić, M., Rašić, D., Zegnal, I., Lončarić, R. (2023.): Decreasing content of soil organic matter as direct lost of nitrogen and money from soil. U: Ribeiro, H.N., Fotova Cickovic, K., Kovač, I. (ur.) Economic and Social Development, 95th International Scientific Conference on Economic and Social Development. Book of Proceedings. University of Aveiro, Varazdin Development i Entrepreneurship Agency and University North, Koprivnica, 2023: 259-267.
 9. Lončarić, Z., Ravnjak, B., Nikolin, I., Perić, K., Zebec, V., Jović, Jurica, Štolfa Čamagajevac, Ivna, Vuković, A., Lončarić, R. (2022.): The nutrient content in manure as a variable of profitability of organic fertilization. U: Janjušević, J., Hopkinson, P. & Pandža Bajs, I. (ur.) Economic and Social Development, 88th International Scientific Conference on Economic and Social Development – “Roadmap to NetZero Economies and Businesses”, Book of Proceedings. Dubai, Varazdin Development and Entrepreneurship Agency and Heriot-Watt University, 2022: 516-525.

10. Lončarić, Z., Hefer, H., Andrišić, M., Rašić, D., Zegnal, I., Rastija, D. (2022.): Long-term changes of soil organic matter as a consequence of land use in Croatia. U: Popović, B., Zebec, V. & Perčin, A. (ur.) 14. Kongres Hrvatskog tloznanstvenog društva; Knjiga sažetaka "Degradacija tla – izazov za poljoprivrednu proizvodnju". Sveti Martin na Muri, Hrvatsko tloznanstveno društvo, 2022: 54-55.
11. Lončarić, Z., Hefer, H., Andrišić, M., Perić, K., Nemet, F., Kerovec, D., Rastija, D. (2022.): Impact of organo-mineral fertilization and manures on nutrient balance in crop production. U: Popović, B., Zebec, V., Perčin, A. (ur.) 14. Kongres Hrvatskog tloznanstvenog društva; Knjiga sažetaka "Degradacija tla – izazov za poljoprivrednu proizvodnju". Sveti Martin na Muri, Hrvatsko tloznanstveno društvo, 2022: 3-5.
12. Lončarić, R., Jelić Milković, S., Sudarić, T., Florijančić, T., Lončarić, Z. (2022.): Model of agricultural waste management by the municipal service companies. U: Janjušević, J., Hopkinson, P., Pandža Bajš, I. (ur.) Economic and Social Development, 88th International Scientific Conference on Economic and Social Development – "Roadmap to NetZero Economies and Businesses". Dubai, Varazdin Development i Entrepreneurship Agency and Heriot-Watt University, 2022: 475-484.
13. Lončarić, Z., Hefer, H., Zebec, V., Nemet, F., Perić, K., Ivezić, V., Jović, J., Andrišić, M., Božić, V., Uzelać, I., Varga, I., Rastija, D. (2022.): Utjecaj organske i mineralne gnojidbe na prinos suncokreta i iznošenje dušika. U: Majić, I., Antunović, Z. (ur.) Zbornik sažetaka 57. hrvatski i 17. međunarodni simpozij agronoma. Osijek, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 2022: 40-41.
14. Lončarić, Z., Hefer, H., Andrišić, M., Kerovec, D., Perić, K., Nemet, F., Zegnal, I., Rašić, D., Mikulić, D., Božić, V., Hokal, N., Bradarić, I. (2022.): Fertilizacijska vrijednost stajskih gnojiva i utjecaj na potrebu gnojidbe mineralnim gnojivima. U: Majić, I., Antunović, Z. (ur.) Zbornik sažetaka 57. hrvatski i 17. međunarodni simpozij agronoma. Osijek, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 2022: 38-39.
15. Lončarić, Z., Kristek, S., Popović, B., Ivezić, V., Rašić, S., Jović, J. (2019.): Plodnost tala i gospodarenje organskim gnojivima. Priručnik objavljen u okviru Interreg IPA CBC projekta: Utjecaj dobre poljoprivredne prakse na zaštitu okoliša u pograničnom području (IMPACT ENVI). Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Osijek, 2019: 51.
16. Lončarić, Z., Rastija, D., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V., Lončarić, R. (2015.): Kalcizacija tala u pogranič-

- nome području. Urednik: Lončarić, Z. Sveučilišni priručnik. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek, 2015: 75.
17. Lončarić, Z., Parađiković, N., Popović, B., Lončarić, R., Kanisek, J. (2015.): Gnojdba povrća, organska gnojiva i kompostiranje. Urednik: Lončarić, Z. Sveučilišni priručnik. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek, 2015: 123.
18. Lončarić, Z., Karalić, K. (2015.): Mineralna gnojiva i gnojdba ratarskih usjeva. Urednik: Lončarić, Z. Sveučilišni priručnik. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek, 2015: 120.
19. Nkoa, R. (2014). Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 473-492.
20. Panagos, P., Köninger, J., Ballabio, C., Liakos, L., Muntwyler, A., Borrelli, P., Lugato, E. (2022): Improving the phosphorus budget of European agricultural soils. *Science of the Total Environment* 853 (2022): 158706.
21. Wershaw, R. (1993). Model for humus in soils and sediments. *Environmental Science & Technology*, 27(5), 814-816.
22. Zakon o poljoprivrednom zemljištu NN 20/18, 115/18, 98/19, 57/22
23. Pravilnik o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta NN 47/19
24. Tehnološke upute za tumačenje rezultata <https://www.hapih.hr/wp-content/uploads/2020/03/Tehnolo%C5%A1ke-upute-14022020.pdf>;
25. https://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/013_tlo/Program_trajnog_motrenja_tala_Hrvatske.pdf

**Praćenje stanja plodnosti tla i
usporedba agrokemijskih pokazatelja
za period 2005-2020. i 2006.-2021.**

Dr.sc. Daniel Rašić dipl.ing
Hrvatska agencija za poljoprivredu hranu,
Centar za tlo Osijek

**Trajno praćenje fizikalnih i kemijskih
procesa u tlu na postojećim monitoring
postajama nakon ciklusa od 9 godina**

Milena Andrišić dipl.ing
Hrvatska agencija za poljoprivredu hranu,
Centar za tlo Osijek

**Ispitivanja agronomske učinkovitosti
agrotehničkih mjera prilagodbe i
optimizacije organske i mineralne
gnojidbe i navodnjavanja**

prof. dr. sc. Domagoj Rastija,
redovni profesor
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Istraživanje utjecaja agrotehničkih
mjera na obogaćivanje tla organskom
tvari**

prof. dr. sc. Zdenko Lončarić,
redovni profesor
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek



Europska unija
Zajedno do fondova EU



**EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI**



Operativni program
**KONKURENTNOST
I KOHEZIJA**



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo gospodarstva i
održivog razvoja



FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I
ENERGETSKU UČINKOVITOST

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj
Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu.



Hrvatska agencija za
poljoprivredu i hranu



Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek