

# Prijedlog sustava kontrole plodnosti poljoprivrednog zemljišta RH

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

## 1. Sažetak

Učinkovit sustav kontrole plodnosti tla podrazumijeva prikupljanje svih relevantnih fizikalno-kemijskih podataka o tlu i njegovom korištenju s ciljem optimalne primjene mineralnih i organskih gnojiva, uklanjanja faktora ograničenja biljne proizvodnje, kemijske i fizikalne popravke tla, ekonomičnije proizvodnje hrane, odnosno očuvanja i podizanja efektivne plodnosti tla. Primjenom sustavne kontrole plodnosti tla prirodi su viši, stabilniji i manje podložni promjenama uslijed različitih vremenskih prilika što je ključ za dobivanje visokih priroda uz racionalnu primjenu gnojiva i zaštitu okoliša.

Ova studija/pregled obuhvaća osobnu viziju, pregled i ciljeve Kontrole plodnosti u RH i potrebnu metodologiju kao pretpostavku za uspješno funkcioniranje. Podloga za ovu studiju je „Koncept zemljište“ (V. Vukadinović, 1992.) koji se primjenjuje u Osječko-baranjskoj županiji od 2003. god. i čija Interpretacijska baza zemljišnih resursa trenutno sadrži ~25.000 slogova (uzoraka tla) s ~1.000.000 podataka, odnosno informacija.

## 2. Uvod

Sustav kontrole plodnosti tla uključuje sve relevantne indikatore primarne organske produkcije te obuhvaća niz agroloških (agrotehničkih, fizikalno-kemijsko-bioloških i dr.) svojstava tla kao i neke druge važne aspekte (sociološko-ekonomske i tehničko-tehničke provenijencije) biljne proizvodnje, a čine ga:

- 1) uzimanje uzoraka,
- 2) laboratorijske analize i
- 3) tumačenje rezultata analize, odnosno izrada gnojidbenih i agrotehničkih preporuka.

Kemijska analiza tla zakonska je obveza u integriranoj biljnoj proizvodnji i na zakupljenom državnom zemljištu, ali veliki dio proizvođača još uvijek nema osnovne informacije o tome kako se uključiti u sustav kontrole plodnosti, koje institucije to rade, gdje se obavljaju analize ili kako dobiti pouzdanu preporuku za gnojidbu, kao i druge potrebne agrotehničke zahvate.

Veliki problem kod uvođenja sustava kontrole plodnosti predstavlja činjenica da proizvođači vrlo često žele samo zadovoljiti formu, dati tlo na analizu i dobiti preporuku kako bi ostvarili poticaje ili druge subvencije, jer ih ne razumiju ili pak ne uvažavaju. Stoga je neophodno farmere uvjeriti u korist od kontrole plodnosti, a to je moguće samo ako primjenom gnojidbene preporuke ostvaruju veći prinos i bolju kakvoću proizvoda uz veću profitabilnost. Iskustva razvijenih zemalja ukazuju kako proizvođači postaju u duljem vremenu svjesni potrebe kontrole plodnosti tla, a taj proces se znatno ubrzava kad država striktno i odgovorno nadzire ekološko opterećenje okoliša, ali i pomaže putem savjetodavne službe, različitim publikacijama i tehnološkim uputama, većim angažiranjem javnih znanstveno-istraživačkih institucija, savjetovanjima, radionicama itd.

### Plodnost tla

Tlo je najveći i najznačajniji prirodni resurs čovječanstva. Nažalost, pretjeranim ili neodgovornim korištenjem tla dolazi do pada njegove produktivnosti uz različiti stupanj degradacije, a proces upropaštavanja tla je gotovo uvijek jednosmjernan, bez realne mogućnosti vraćanja u prethodno stanje. U procesu degradacije tla promjene su prividno male, barem u životu jedne ljudske generacije, što smanjuje potrebnu pozornost i odlaže pravovremeno poduzimanje mjera za zaustavljanje destruktivnih procesa. Stoga, briga o zemljišnim resursima, njegovim prirodnim bogatstvima i biološkoj raznolikosti sve više zaokuplja širu populaciju, a ne samo poljoprivredne proizvođače, te sve više postaje odgovornost cjelokupne društvene zajednice. Naime, globalne promjene okoliša nepovratno mijenjaju geobiosferu

Zemlje te utječu na život velikog dijela stanovništva, kako regionalno tako i globalno. Promjene mogu biti prirodne i/ili antropogene izazvane ljudskom aktivnošću i sve većom potrebom za hranom pa je ekološko opterećenje okoliša = broj stanovnika × tehnologija × životni standard.

Plodnost tla, odnosno njegov kapacitet produktivnosti, određen je velikim brojem unutarnjih i vanjskih čimbenika (*biljni i okolišni indikatori*) pa je složenost njihove međusobne interakcije kao i utjecaj na rast i razvitak biljaka te tvorbu prinosa nemoguće kvantificirati bez kemijske analize tla. Također, bez kemijske analize tla nemoguće je pouzdano utvrditi potrebu gnojidbe i kondicioniranja tla, ili pak primijeniti adekvatnu agrotehniku. Naravno, sustav kontrole plodnosti tla neće odmah riješiti nagomilane probleme biljne proizvodnje. Naime nedovoljno znanje i iskustvo poljoprivrednih proizvođača, pa i mnogih tzv. stručnjaka koji šabloniziranim preporukama i „recepturama“ zamagljuje i/ili relativiziraju probleme biljne proizvodnje osnovni su uzrok niskih prinosa i kakvoće proizvoda uz visoke troškove proizvodnje i česte gubitke.

Kako je plodnost tla zapravo njegova sposobnost da osigura potrebnu hranu biljkama kad ju trebaju, u adekvatnim količinama i pogodnim proporcijama, to je vrlo složeno i ujedno najvažnije svojstvo tla koje nije moguće apsolutno odrediti (kvantificirati). Budući da se niti zdravlje čovjeka ne može apsolutno utvrditi, pojam „kvalitetno“ ili „plodno tlo“ odgovara ljudskom poimanju zdravlja te se umjesto plodnosti u znanstveno-stručnoj sredini sve češće definira i primjenjuje izraz pogodnost tla, a u proizvođačkom (farmerskom) miljeu zdravlje tla.

Budući da konvencionalna, posebice intenzivna biljna proizvodnja, ima sve odlike industrijske proizvodnje (primjena mehanizacije, prirodnih i sintetskih preparata kao što su gnojiva, pesticidi, aditivi, proizvodnja na velikim površinama i dr.), česti su negativni nuzefekti kao što su prekomjerno onečišćenje i devastacija prirodnog okoliša. To opravdano izaziva nezadovoljstvo potrošača i gubitak povjerenja u kakvoću i zdravstvenu ispravnost hrane. Posljedica je sve veća potražnja *ekološki (organski) proizvedene hrane* uz sve jači nadzor u konvencionalnoj proizvodnji, jer potrošači imaju neotuđivo pravo na sigurnu i kvalitetnu hranu (EC, br. 178/2002.). Stoga je važno naglasiti kako se u poljoprivredi upravljanje tlom svodi na optimizaciju proizvodnje hrane bez štetnog utjecaja na okoliš, dok se upravljanje prirodnim ekosustavima oslanja na početno stanje ili mogućnost budućih promjena.

Znanstvena procjena produktivnosti tla temelji se na utvrđivanju indikatora plodnosti koji moraju biti osjetljivi, pouzdani, reproducibilni i dobro detektirati promjene fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava i procesa u tlu te njihove interakcije pa stvarna produktivnost tla zavisi i od motiviranosti proizvođača za proizvodni rizik, o njihovom znanju, od potreba tržišta, ekonomske politike države te socijalne i kulturne tradicije. Zato dobra procjena proizvodnog potencijala nekog tla uključuje, ne samo agroekološka svojstva, već i kvantifikaciju načina njegove uporabe.

### Definicija plodnosti tla

U različitim sustavim kontrole plodnosti tla, a posebice utvrđivanju raspoloživosti hraniva, koristi se čitav niz različitih laboratorijskih, biokemijskih, mikrobioloških, poljskih i drugih metoda. Međutim, svaki sustav kontrole plodnosti zemljišta šireg proizvodnog areala pretpostavlja primjenu standardnih metoda utvrđivanja njegove plodnosti s poznatim graničnim vrijednostima, rangovima, indeksima ili striktno definiranim skor funkcijama. Budući da plodnost tla definira niz indikatora čiji utjecaj je promjenjiv i nije još dovoljno poznat, rezultati kemijske analize tla tumače se posredno pomoću *klasa opskrbljenosti* ili u novije vrijeme *skor funkcija*, uz približno predviđanje djelovanja gnojidbe. Stoga je stanje hraniva u tlu i drugih indikatora plodnosti potrebno procjenjivati svakih nekoliko godina.

Granične vrijednosti raspoloživosti hraniva treba shvatiti kao referentne vrijednosti koje za različite produkcijske sustave (šume, travnjaci, usjevi, trajni nasadi, povrće i dr.) imaju samo orijentacijsku vrijednost u procjeni kapaciteta produkcije, s obzirom na primijenjenu razinu i tip proizvodnje (intenzitet agrotehnike), agroekološke, ekonomske i druge uvjete. To je osnovni razlog zašto se u gnojidbi uglavnom ograničava na procjenu *efektivne plodnosti*, a da se pri tome ne uzima u obzir i ostale aspekte produktivnosti zemljišta koji su često jednako važni. Dakle, referentne vrijednosti su na neki način

standard s primjenom za specifične i konkretne uvjete proizvodnje, a to isključuje „šablonizirane receptide“ gnojidbe kojima se generalno i nepouzdana utvrđuje potreba za gnojidbom.

Definicija plodnosti tla zahtijeva više vrijednosnih sudova jer je to složeno svojstvo, odnosno sposobnost tla da funkcionira u odnosu na njegovu specifičnu uporabu. Ocjenjivanje plodnosti tla s aspekta visine prinosa je svakako dobar put u optimiziranju prakse korištenja tla kako bi se održala ili povećala proizvodnja hrane. Ovakav stav je u skladu sa starijim poimanjem "zemljišne kvalitete". Međutim, odnos između široko definiranih funkcija tla i njegovih različitih namjena ne može se potpuno razriješiti, premda se većina znanstvenika slaže da je plodnost tla iznimno koristan koncept. U praksi, pojam plodnosti tla uglavnom je primijenjen na poljoprivredno zemljište uz specifične lokalne ili regionalne skale. Najsveobuhvatnija definicija plodnosti tla data je od strane *Soil Science Society of America*: "Kapacitet specifičnih funkcija tla unutar prirodnog ili ograničeno uređenog ekosustava koji podržava biljnu i animalnu produkciju, održava ili povećava kvaliteta vode i zraka i potpomaže zdravlje i stanovanje ljudi". Naravno, postoji niz drugih definicije plodnosti tla, što je razumljivo, jer su zemljišni resursi danas u centru pažnje svake odgovorne države.

Temeljni problem dobre procjene produktivnosti zemljišta je kako iskazati kakvoću tla uvažavajući istovremeno i njegove nedostatke. Zbog toga je ključni atribut potreba biljaka, odnosno njeni minimalni zahtjevi (svjetlost, toplina, voda, hraniva i dr.), zatim potrebna razina tehnologije, posebice kad su moguća dodatna ulaganja. Nadalje, i drugi činitelji mogu biti vrlo značajni, npr. visoka tržišna cijena, otkup proizvoda, mogućnost skladištenja i dr. Stoga kakvoća tla i zahtjevi za njegovim korištenjem moraju biti mjerljivi što nije uvijek lako niti moguće posve točno utvrditi.

Kontrola plodnosti tla osnovni je preduvjet za održivo upravljanje zemljištem (*Sustainable Land Management* ili *SLM*) i strateška komponenta održivog razvoja. Kako je naša poljoprivreda još uvijek pretežito primarnog karaktera, kvaliteta života i mogućnost ekonomskog razvoja poljoprivrednih proizvođača izravno je povezan s plodnosti tla i veličinom zemljišnih resursa. Stoga je rast proizvodnje hrane, uz zadržavanje i povećanje ekoloških funkcija zemljišta moguć, ali samo ako se zemljišni resursi koriste na odgovarajući način, a za takav odgovoran pristup potrebno je znanje, ali i učinkovit nadzor.

### Potreba u gnojidbi i visina prinosa

Gnojidba je agrotehnička mjera koja najviše povećava produktivnost tla i uloženoj radu u poljoprivrednoj proizvodnji. Budući da u sastav biljaka ulazi čitav niz elemenata koje biljke usvajaju iz tla ili atmosfere, a neki, posebice dušik, fosfor i kalij, potrebni su u velikim količinama pa je gnojidba zapravo neizostavna agrotehnička mjera od prvorazrednog značenja. Mnogi hranjivi elementi vraćaju se prirodnim putem u tlo, ali znatan dio ih se odnosi žetvom, dok se jedan dio ispire ili promijeni u nepristupačne oblike za biljke. Ako se tako izgubljeni dio biljnih hraniva iz tla ne nadoknađuje, tlo siromaši i prinos opada. Iz ukupnih rezervi tla, koje su višestruko veće od potrebe biljaka, jedan dio hraniva se neprekidno mijenja u oblike povoljne za ishranu bilja (*mobilizacija hraniva*), ali se taj proces u pravilu odvija znatno sporije od gubitaka pa se gnojidba javlja kao najvažniji agrotehnička mjera za osiguranje visokih i stabilnih prinosa uz očuvanje efektivne plodnosti tla (tablica 1.). Gnojidba stoga treba smatrati investicijom u biljnu proizvodnju, nipošto troškom.

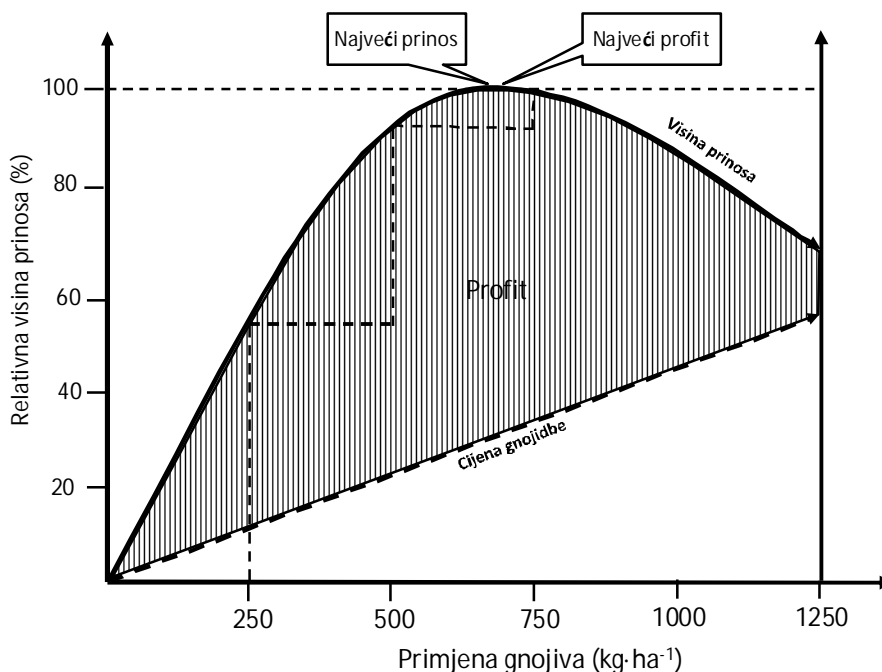
Tablica 1. Opskrbljenosti tla i povećanje prinosa gnojidbom

Opskrbljenost tla	Usvajanje hraniva iz tla i gnojiva		Očekivani porast prinosa
Vrlo visoka	Tlo		<10 %
Visoka	Tlo	Gnojivo*	10 - 30 %
Optimalna	Tlo	Gnojivo	30 - 50 %
Niska	Tlo	Gnojivo	50 - 80 %
Vrlo niska	Tlo	Gnojivo	>80 %

*Gnojivo\* = Startna gnojidba (i za održavanje plodnosti tla)*

Ekonomski princip nalaže povećanje doza gnojiva sve dok je rast prinosa rentabilan te stoga racionalna proizvodnja hrane podrazumijeva količinu gnojiva koja odgovara potrebama biljke, stanju usjeva, plodnosti tla i istovremeno vodi računa o klimatskim uvjetima i mogućem prirodu (grafikon 1.).

Uzgoj usjeva uvijek je bio i bit će rizičan, podjednako zbog vremenskih, ali i tržišnih uvjeta, pa si poljoprivredni proizvođači ne mogu priuštiti neučinkovitu (i pogrešnu) primjenu, odnosno suboptimalne ili pak previsoke (*luksuzne*) doze gnojiva. Ako isključimo tržišne uvjete, poljoprivredni proizvođač može donijeti odluku uz prihvatljiv rizik samo kad raspolaže gnojidbenom preporukom na temelju kemijske analize tla i/ili biljaka, što čini zanemariv trošak u biljnoj proizvodnji (~2 % na ukupno ulaganje). Rizik pogrešne procijene potrebe u gnojidbi, ovisno od primijenjene metodologije i broja uključenih indikatora plodnosti tla, je između 20 i 35 %, odnosno svake treće do pete godine visina prinosa neće korespondirati s gnojidbenom preporukom. Osim vremenskih neprilika, odnosno znatnijeg odstupanja od prosječnih klimatskih vrijednosti, uključujući i lokalne vremenske anomalije, znatan utjecaj ima i metodologija utvrđivanja potrebe u gnojidbi.



Grafikon 1. Povezanost intenziteta gnojidbe, visine prinosa i profita

U primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji djeluju prirodne zakonitosti koje se moraju poznavati i uvažavati kako bi ostvarili najveći mogući profit. Npr. visina prinosa je određena *indikatorom u minimumu*, odnosno čimbenikom nedovoljne raspoloživosti (*Liebigov zakon minimuma*), koji utječe jače na prinos kad su ostali indikatori produktivnosti tla bliži optimumu (*Liebscherov zakon optimuma*). Zbog toga je, primjerice, uzalud povećavati dozu dušika gnojidbom kad je niska raspoloživost drugih elemenata ishrane, npr. fosfora i kalija, ili pak nema dovoljno vode u tlu. Također, porastom intenziteta nekog indikatora, npr. povećanjem gnojidbe, porast prinosa je sve manji, pa se iznad optimalne razine prinosa za određeni tip proizvodnje, povećano ulaganje ne isplati (grafikon 1.). Razlog za to je složenost tvorbe prinosa, utjecaja velikog broja čimbenika (i njihovih međudjelovanja) *biotske* (vrsta, kultivar, nejednaka produktivnost fotosintetskog aparata, različita tolerantnost na nepovoljne uvjete rasta itd.) i *abiotske naravi* (klimatski i zemljišni uvjeti).

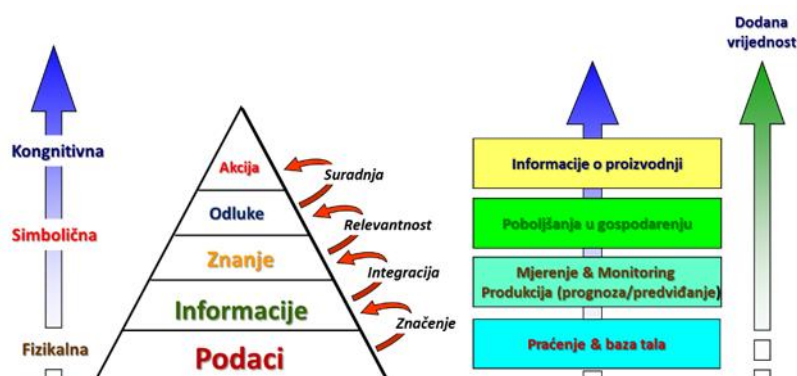
Dobra gnojidbena preporuka podrazumijeva kvalitetno, stručno i nepristrano uzorkovanje tla, adekvatan izbor analitičkih metoda i njihovu točnu interpretaciju, dopunske podatke o svim aspektima proizvodnje, dobro definiranu strategiju gnojidbe, veliko i multidisciplinarno znanje kreatora preporuke, kao i njegovo iskustvo. Stoga je potrebno izradu gnojidbenih preporuku podrediti relevantnim (kalibriranim i indeksiranim) podacima, provjerenim principima, znanju i iskustvu, kako laboratorije koja kreira preporuku, tako i iskustvu i znanju korisnika, poljoprivrednih proizvođača. Temeljna načela dobre gnojidbene preporuke, prema suvremenom konceptu gnojidbe, mogu se vrlo jednostavno i razumljivo

formulirati: *Primjena potrebnog hraniva i njegove adekvatne doze u pravo vrijeme na pravo mjesto i uz pravu cijenu.*

### 3. Aktualni model kontrole plodnosti

#### Koncept zemljište

Budući da je zemljište znatno širi pojam jer obuhvaća pored tla, vegetaciju, hidrologiju, fiziografiju, infrastrukturu, klimu i dr., prihvaćanje i prakticiranje *Koncepta zemljište* je od osobite važnosti. Naime, *Koncept zemljište* nije samo fokusiran na agrološke (biološko-ekološke, odnosno agronomске) aspekte biljne proizvodnje (tlo, klima, biljka i agrotehnika), već smatra jednako važnim i ostale aspekte korištenja zemljišta (sociološko-ekonomski i tehničko-tehnološki).



Shema 1. Visoko produktivna gnojidba temelji se na fizikalno-kemijskoj analizi tla i kvantitativnoj procjeni potrebe u gnojidbi, kao i planskom gospodarenju i bilanciranju hraniva.

Prema konceptu ciljnog prinosa, standardnom pristupu za proračun potrebe u gnojidbi u RH izvodi se na temelju svega 4-5 parametara analize tla, prosječne koncentracije biogenih elemenata u usjevu, uključujući i pripadajući dio žetvenih ostataka (tablični, uglavnom ne provjereni podaci), te efikasnosti gnojidbe pojedinim hranjivim elementom (tablične, nekalibrirane vrijednosti). Nasuprot tom konvencionalnom (arhaičnom) pristupu, sve više se primjenjuju složeni, sofisticirani kompjutorski sustavi koji omogućuju postizanje najvećeg mogućeg prinosa. Naravno, takva metodologija redovito koristi daleko veći broj indikatora plodnosti, uključujući i dopunske zemljišne, biljne, klimatske i agrotehničke pokazatelje, što zahtijeva korištenje široke baze podataka i primjenu GIS-a, odnosno specijalizirane kompjutorske programe (shema 1.).

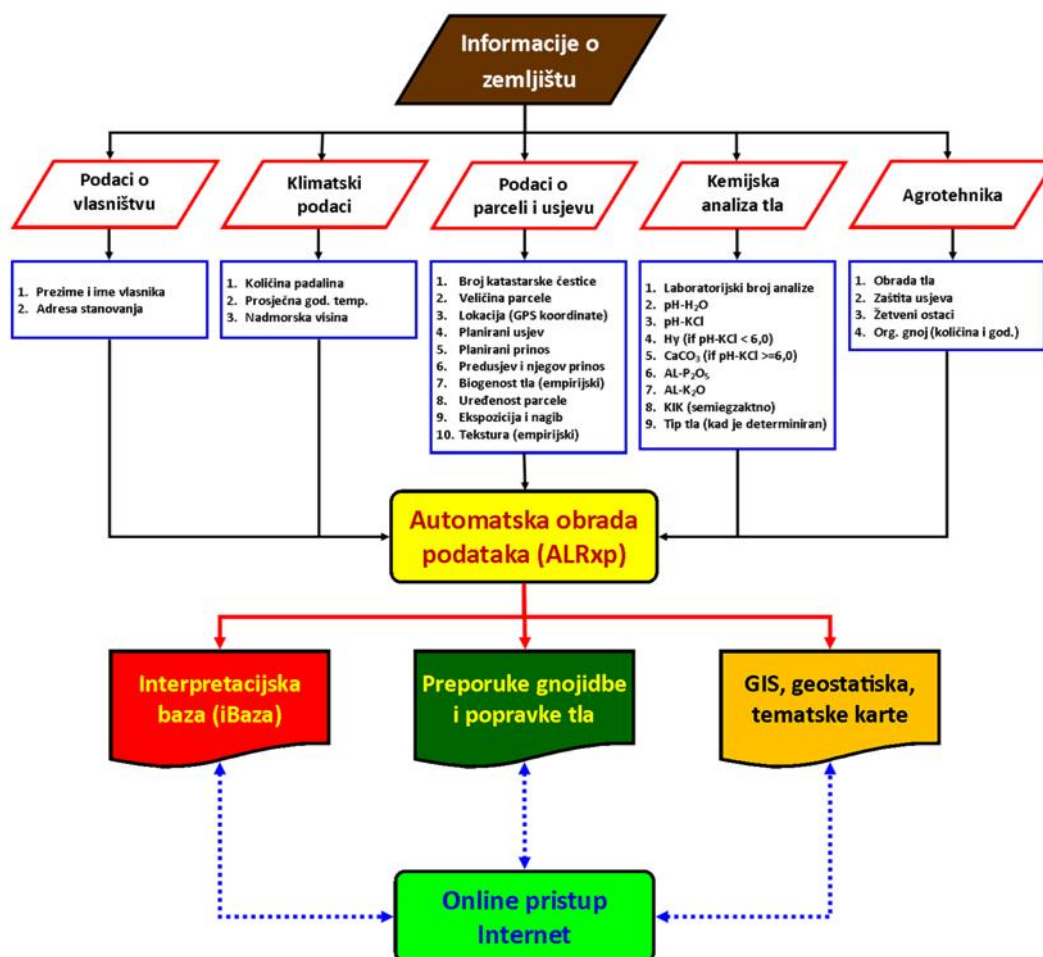
Suvremene i sofisticirane metodologije omogućuju kvantificiranje i integraciju različitih procjena zemljišne pogodnosti uz detaljnu analizu te danas *zdravlje tla* više nije tek puki sinonim za njegovu plodnost već okosnica *Koncepta zemljište* i aktualnog modela kontrole plodnosti (autor je *Vladimir Vukadinović*). Taj model utvrđivanja zemljišne pogodnosti provodi se samo u Osječko-baranjskoj županiji u posljednjih deset godina, ali je trenutno ograničen na agrološke (agronomske i biološko-ekološke) indikatore pogodnosti zemljišta (shema 2.) te obuhvaća dijelom i tehničko-tehnološke indikatore biljne produkcije. Pošto sociološko-ekonomski indikatori biljne proizvodnje snažno ovise o društvenim i ekonomskim normama, navikama, kulturi i dr., oni su još uvijek nedefinirani. Međutim, i bez tog, neobično važnog aspekta (kao što su planiranje i analiza proizvodnje hrane, cijena rada i proizvoda, repromaterijala, organizacija tržišta, navike proizvođača i potrošača itd.), kontrola plodnosti zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije, prema ovom modelu, vrlo uspješno i sistematski se realizira na razini poljoprivredne proizvodnje.

Korištenjem matematičko-kompjutorskih modela obuhvaćeni su svi indikatori plodnosti tla kojima se raspolaze, a njihovo djelovanje se procjenjuje kvantitativno matematičkim funkcijama uz uvažavanje svih interakcija u proizvodnom sustavu. Integriranje proračuna s bazom podataka relevantnih biotskih i abiotskih činitelja unutar agroekološke i ekonomsko-tehnološke sfere primarne organske produkcije omogućuje racionaliziranje gnojidbe koje se mjeri povećanim financijskim učinkom uz smanjeno i

kontrolirano ekološko opterećenje okoliša, posebno podzemnih voda. Ovakav pristup u određivanju gnojidbe predstavlja kvalitativan pomak prema inženjerskoj razini analize tla i procjene potrebe u gnojidbi, uvodi standardni pristup gnojidbi, izbjegavaju se proizvoljnosti, omogućuje management i bilanciranje hraniva u tlu za jedno ili više gospodarstava, odnosno omogućuje dobivanje preporuka za niz različitih proizvodnih situacija i različita gnojiva.

### Model kontrole plodnosti OBŽ

Model *Kontrole plodnosti OBŽ* (za usjeve) obuhvaća pet grupa ulaznih podataka, odnosno vlasništvo, klima, podaci o parceli i usjevu, kemijska analiza tla i agrotehnika (za trajne nasade model je znatno složeniji). Model je podržan originalnim računalnim programom autora Vladimira Vukadinovića ( $ALR_{xp}$ ) za utvrđivanje relativne pogodnosti tla za usjeve, potrebe za kalcizacijom, popravkama tla i kreiranje gnojidbenih preporuka za konkretnu parcelu i usjev u konvencionalnoj, integriranoj ili ekološkoj proizvodnji. Kompjutorsko kreiranje gnojidbenih preporuka obavlja se za 40 usjeva, obuhvaća 43 predusjeva (uključujući ugar), a uključuje najčešće preporučena mineralna i/ili organska gnojiva koja se mogu nabaviti u RH. Konačno, podaci i informacije iz računalne obrade analiziraju se i vizualiziraju GIS alatima te prikazuju na tematskim agrokemijskim, proizvodnim, pedološkim i dr. kartama (sheme 2. i 3.).

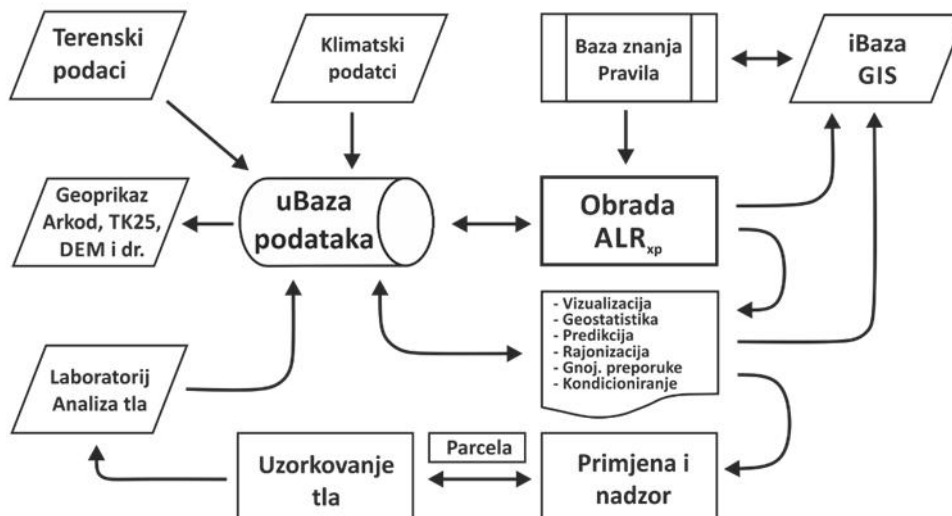


Shema 2. Shematski prikaz modela kontrole plodnosti Osječko-baranjske županije

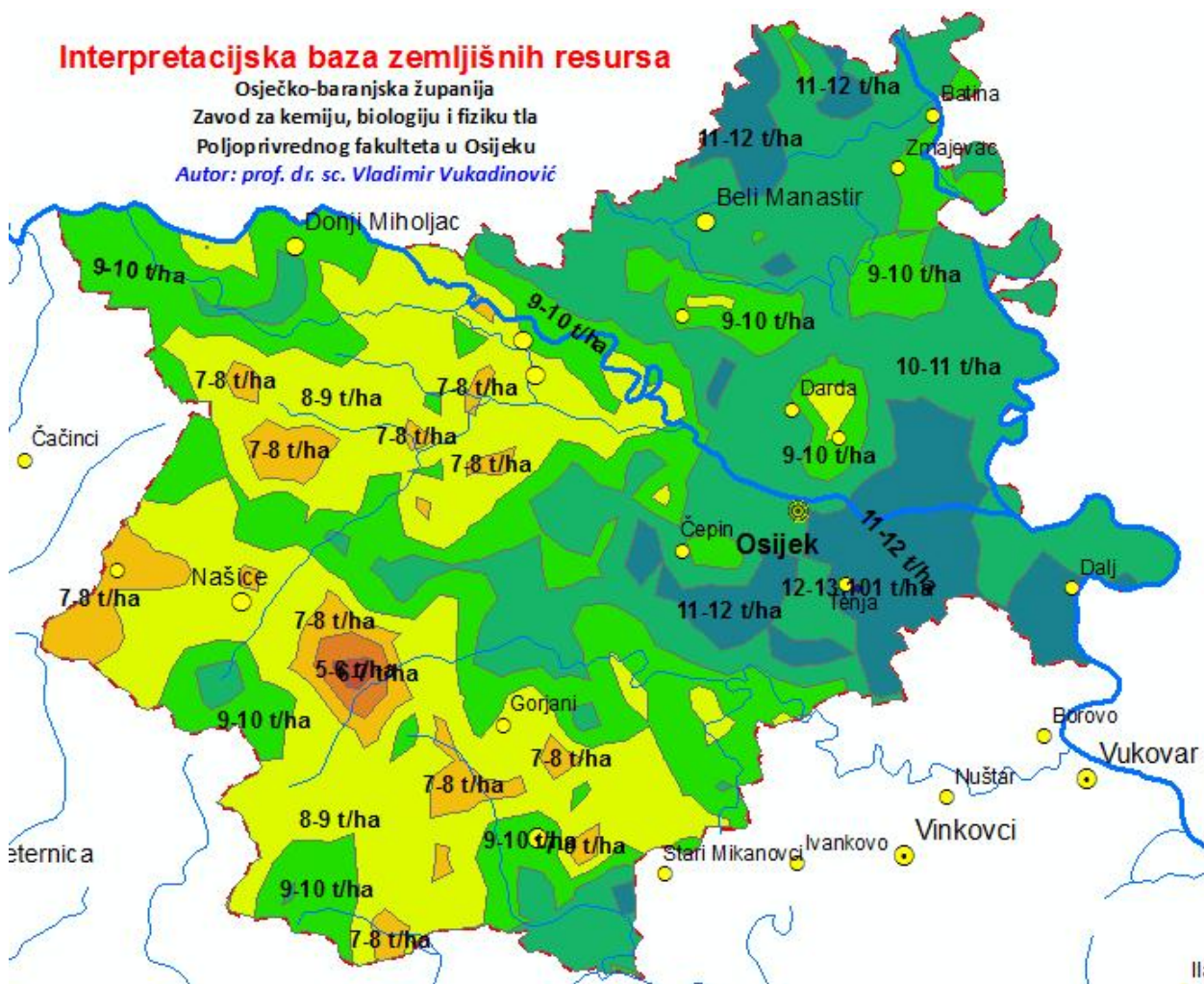
Kompjutorska interpretacija rezultata temelji se na 50-ak ekspertnih pravila, kako jednostavnih, tako i složenih, a gnojidbena preporuka uključuje i šest najzastupljenijih usjeva (za potrebe plodosmjerne do narednog ciklusa analize tla) uz procjenu potencija N-mineralizacije. Rezultati proračuna (slika. 4.), zajedno sa svim podacima, spremaju se u iBazu namijenjenu geostatističkoj analizi poljoprivrednog prostora, vizualizaciji tematskim kartama (slike 1., 2. i 3.) uz mogućnost online i offline pristupa svim podacima interpretacijske baze.



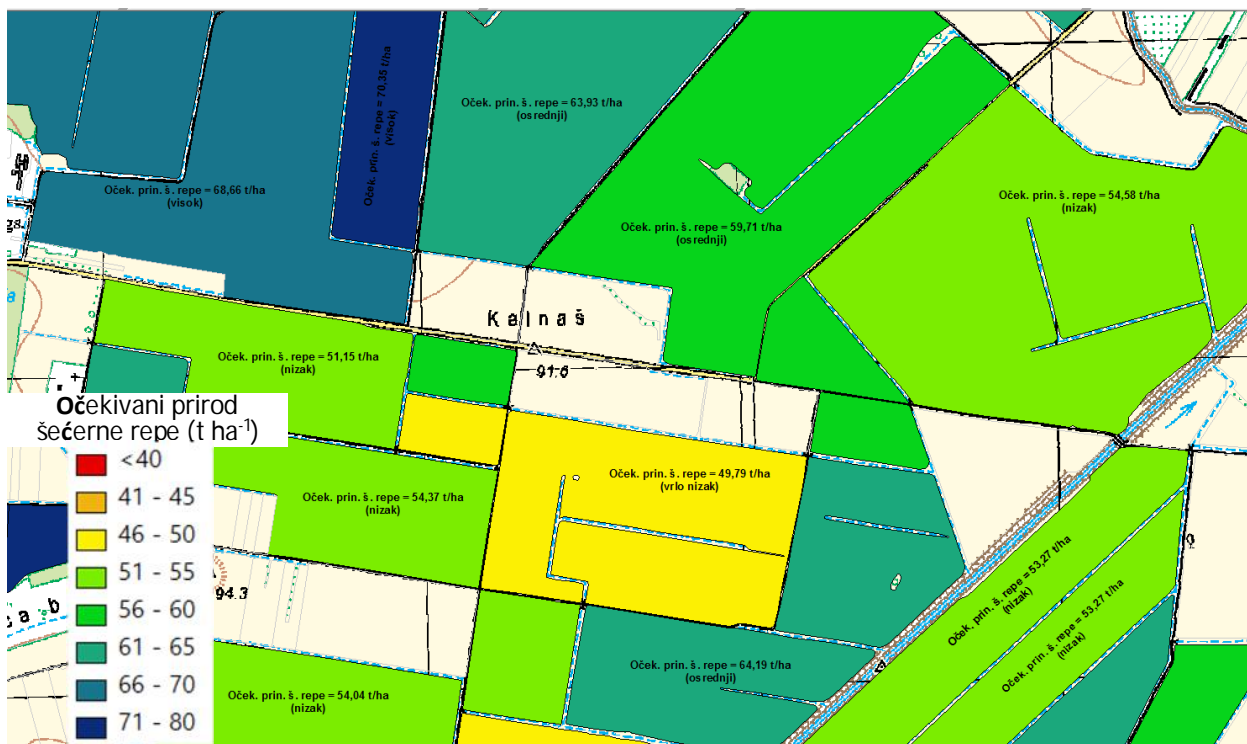
Model kontrole plodnosti temelji se na načelima *dobre poljoprivredne prakse* te su preporučene doze hraniva usklađene s potrebama usjeva uz minimalno ekološko opterećenje okoliša. Uvažavaju se agronomski i biološko-ekološki te dijelom i tehničko-tehnološki indikatori primarne produkcije organske tvari.



Shema 3. Struktura Interpretacijske baza zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije



Slika 1. Očekivana visina prinosa kukuruza na području Osječko-baranjske županije (interpolacija krigingom, Vukadinović 2013.)



Slika 2. Očekivana visina prinosa šećerne repe pojedinih parcela na podlozi Arkoda i TK25 (Vukadinović, 2013.)

Podaci kemijske analize tla upotpunjeni su i drugim važnim indikatorima/atributima produktivnosti zemljišta, a računalnom obradom tih podataka ALR<sub>xp</sub> programom kreira se gnojdbena preporuka (slika 4.) i formira iBaza neophodna za interpretaciju analize pojedinačnog uzorka tla, kao cijele parcele. iBaza se dalje analizira GIS alatima, a rezultati vizualiziraju te prikazuju na tematskim agrokemijskim, proizvodnim, pedološkim i dr. kartama (slike 1., 2. i 3.).

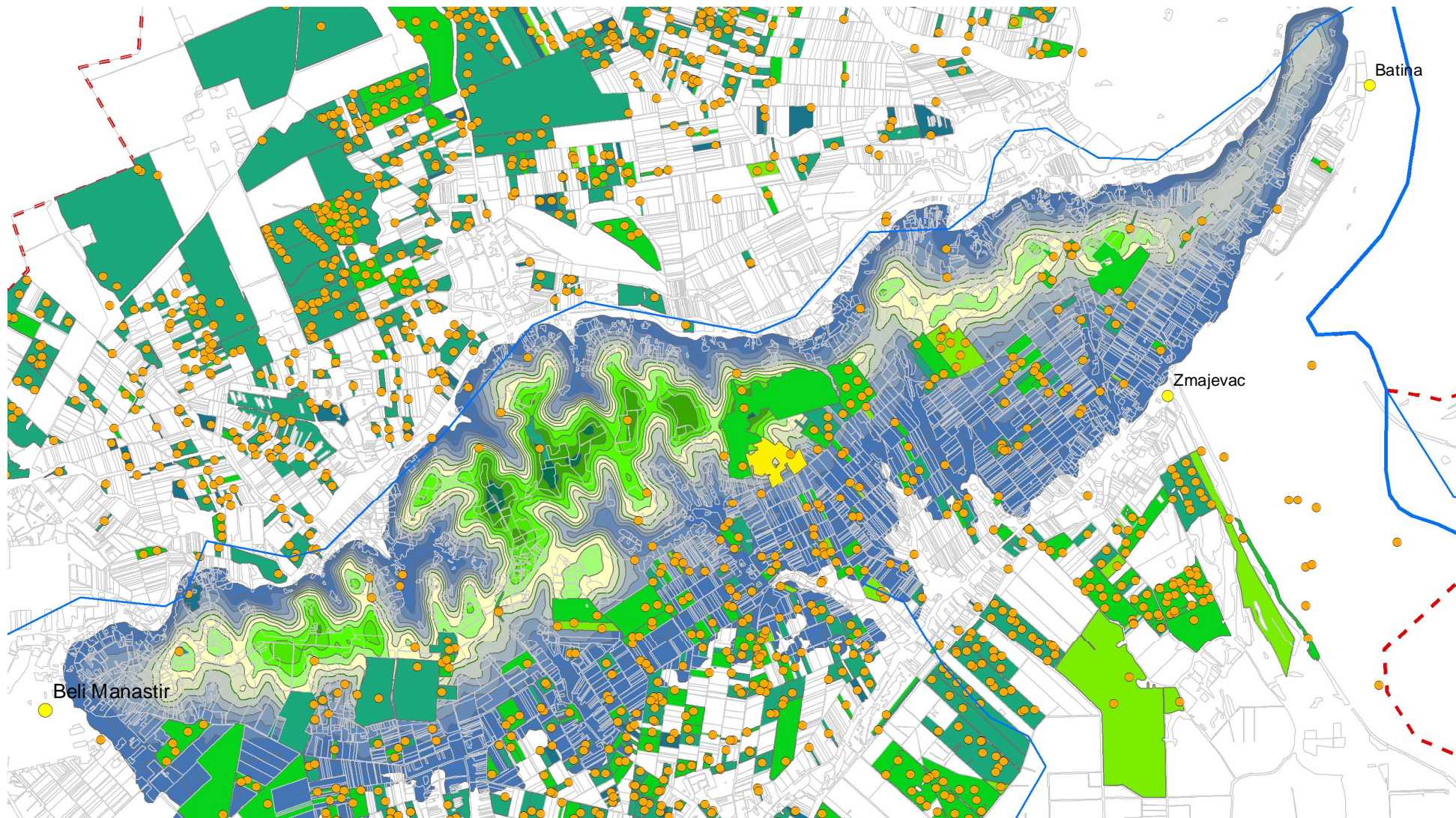
Proračun relativne pogodnosti tla za uzgoj usjeva originalna je adaptacija *Liebscherova Zakon optimuma, odnosno modifikacija Liebigovog „Zakona minimuma“*:

$$RP \% = \frac{\sum_1^n I - I_{min}}{n - 1} \times \frac{I_{min}}{100} \pm f$$

RP % = relativna pogodnost tla/terena u %, I = indikator plodnosti, I<sub>min</sub> = indikator plodnosti u minimumu, f = korekcija na biogenost, uređenost, nagib i ekspoziciju parcele

*Liebscherov zakon optimuma* (1895.), koji i danas ima univerzalnu vrijednost, utemeljen je na činjenici da faktor u minimumu to više djeluje što su ostali faktori prinosa bliži optimumu, odnosno svi faktori tvorbe prinosa djeluju najjače kada su bliski optimumu. Kasnija brojna istraživanja pokušavaju pouzdanije kvantificirati utjecaj biljnih hraniva, posebice *Mitscherlichov zakon opadajućeg porasta prinosa* (1924.) koji predstavlja negativna eksponencijalna funkcija porasta prinosa uz uvažavanje interakcije hranjivih elemenata. Međutim, *Mitscherlichove* univerzalne konstante djelovanja hraniva nipošto nisu točne, jer bi to značilo da hraniva djeluju jednako na povećanje prinosa u svim agroekološkim uvjetima, bez obzira je li prinos nizak ili visok. Višegodišnja istraživanja V. Vukadinovića na prostoru istočne Hrvatske i složena multivarijaciona analiza veoma velikog broja podataka o povezanosti raspoloživosti hraniva, gnojiva i prinosa, ugrađena su aktualni ALR<sub>xp</sub> kalkulator kao "*dinamička potreba hraniva*".





Slika 3. Relativna pogodnost tla za usjeve (Baranjska planina; visinske zone) iz Interpretacijske baze zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije na podlozi Arkoda, Vukadinović, 2013. (bezbojne parcele nisu analizirane).

**Osječko-baranjska županija, Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla PFOS,  
Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo, Zavod za tlo i očuvanje zemljišta**  
**Gnojdbena preporuka za usjeve na temelju analize tla**  
*Uzimanje uzoraka i kemijska analiza tla: Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla, Osijek, Kralja P. Svačića 1d*

<b>Podaci o vlasništvu, parceli, usjevu i predusjevu</b> Lab. broj: [1328]			
Vlasnik:	Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla		
Adresa:	31000 Osijek, Kralja Petra Svačića 1d		
Parcela:	22233388	Geopozicija:	duljina = 18.70761E; širina = 45.55521N
Usjev:	Pšenica ozima	RP%:	51.89% (srednje pogodno)
Plan. prinos:	7.50 t/ha (oček. 4.93)	Površina:	10 ha
Predusjev:	Kukuruz silaž.	Žet. ostaci:	1.0 t/ha
Staj. govedi:	0 t/ha	God. prim. gnoja:	bez org. gnoja
<b>Rezultati agrokemijske analize tla</b>			
pH <sub>KCL</sub>	4.66	pH <sub>ННОН</sub>	5.58
Humus %:	2.18	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10.25 mg/100g
AL-K <sub>2</sub> O	15.36 mg/100g	KIK:	17.91 cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup>
Hy:	2.8 cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup>	Feel test:	ilovasto
<b>Preporuka konvencionalne gnojidbe</b>			
Mineralno gnojivo:	0:0:0	Potreba NPK:	142:119:80 (kg/ha)
Preporuka NPK:	0 (0:0:0 kg/ha)	Idealni omjer:	10:14:9 (NPK)
Urea:	0 (0 N kg/ha)	KAN:	0 (0 N kg/ha u startu i/ili prihrani)
Bez uree:	0	KAN (bez uree):	0 (0 N kg/ha u startu i/ili prihrani)
P-gnojivo:	0 (Bez P-gnojiva)	K-gnojivo:	0 (Bez K-gnojiva)
NPK bilanca:	142- : 119- : 80- (Nije izbalancirano!)		
Raspodjela gnojidbe:	30 (30)% N u osnovnoj; 70 (70)% N u startu i/ili prihrani; PK i org. 100% u osnovnoj gnojidbi!		
Dopunski podaci:	biogenost = dobra; predusjev = kukuruz silaž.; prinos predusjeva = očekivan; nagib i eksp. = 5-10% sjeverno; uređenost = kan. mreža, ocjedito ; <sup>(x)</sup> = numerička interpolacija		
Kalcijacija:	Saturacija bazama = 90%	Potreba Ca:	848 kg/ha
Potreba CaO:	1187 kg/ha	Karbokalk:	2714 kg/ha
Oborine:	651 - 750 <sup>(x)</sup> (mm/god.)	Temperatura:	11.5 <sup>(x)</sup> (°C/god.)
Rata N-min:	47.0 <sup>(x)</sup> (kg N/ha/god.)	N-deficit:	Zanemarljiv!
<b>Preporuka ekološke gnojidbe</b>			
Preporuka NPK:	Dopuštena ekološka gnojiva!	Potreba NPK:	91:76:51 (kg/ha)
Urea:	0 (0 N kg/ha)	KAN:	0 (0 N kg/ha u startu i/ili prihrani)
Bez uree:	0	KAN (bez uree):	0 (0 N kg/ha u startu i/ili prihrani)
P-gnojivo:	0 (Bez P-gnojiva)	K-gnojivo:	0 (Bez K-gnojiva)
<b>Potreba hraniva u narednoj godini (kg/ha aktivne tvari)</b>			
Kukuruz:	173:115:112 za 7.78 t/ha	Šećerna repa:	145:69:178 za 46.7 t/ha
Soja:	122:100:89 za 3.11 t/ha	Suncokret:	105:88:92 za 2.96 t/ha
Ječam ozimi:	88:58:64 za 4.67 t/ha	Uljana repica:	96:101:86 za 2.91 t/ha
Preporučene doze integrirane, kao i konvencionalne gnojidbe, mogu biti ograničene zbog ekonomskih, ekoloških i biljno-fizioloških razloga, sukladno Tehnološkim uputama Ministarstva poljoprivrede za 2013. god! Prije N-prihrane ozimih usjeva i proljetne sjetve provjerite Nmin metodom status N i korigirajte N-preporuku! U ekološkoj proizvodnji primjenite samo dopuštena sredstva (NN 139/10)!			
Kompjutorski program: Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović <sup>®</sup> , v13.66			

Slika 4. Izgled gnojdbene preporuke ALR<sub>XP</sub> programom (bez dodatnog tumačenja rezultata kemijske analize tla, savjeta i kml datoteke; ciljni prinos ne korespondira s očekivanim)

Aktualni model utvrđivanja potrebe u gnojidbi usjeva koristi nelinearne skor funkcije, a ne tablično zadane granične vrijednosti, s tim što se pogodnost zemljišta za usjeve procjenjuje sa 7 analitičkih i 15 dopunskih indikatora produktivnosti:



1. AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg 100g<sup>-1</sup>),
2. AL-K<sub>2</sub>O (mg 100g<sup>-1</sup>),
3. pH-KCl,
4. pH-H<sub>2</sub>O,
5. Hy (H<sup>+</sup> cmol<sup>(+)</sup> kg<sup>-1</sup>),
6. humus % i
7. karbonati %.

Dopunski indikatori su (1) kationski izmjenjivački kompleks (KIK) i (2) gustoća tla koji se određuju na temelju empirijskih modela, a u procjenu su još uključena (3) organska gnojidba, (4) prinos predkulture, (5) žetveni ostaci, (6) prosječna godišnja temperatura, (7) prosječna godišnja količina oborina, (8) biogenost tla, (9) potencijal NP mineralizacije organske tvari, (10) tekstura, (11) nagib, (12) uređenost tla, (13) razina agrotehnike i (14) zaštita usjeva te (15) procjena relativne pogodnosti tla za usjeve, odnosno proračun očekivane visine prinosa pojedinih usjeva za svaku proizvodnu parcelu. Ovaj model vrlo je pogodan i za procjenu pogodnosti zemljišta (slika 2.) jer je usuglašen s Konceptom zemljište, uzima u proračun ključne i dopunske indikatore plodnosti koje obrađuje te automatski kreira gnojidbenu preporuku i njeno obrazloženje.

Lokacije uzimanja uzoraka tla određene su GPS uređajem radi točnog geopozicioniranja tzv. *kontrolne parcelice* unutar proizvodne površine te pridružene ID kodu parcele (Arkod). Time je omogućeno, pored geostatističke obrade i vizualizacije tematskim kartama proizvodnog potencijala poljoprivrednog prostora utvrđivanje promjena u plodnosti tla, kao i „odgođeno bilanciranje hraniva“ (gnojidba na zalihu, meliorativna gnojidba, sideracija i dr.). Kontrolna parcelica s koje se uzimaju uzorci tla je promjera 30 m, reprezentira 3-5 ha ujednačene proizvodne površine, a sa svake se uzima uzorak (1-2 kg tla) s najmanje 20 do 25 pojedinačnih uboda, isključivo agrokemijskom sondom, do 30 cm dubine.

Dakle, gnojidbene preporuke po opisanom modelu temelje se na fizikalno-kemijskoj analizi tla, prinosima ostvarenim u prethodnoj proizvodnji, organskoj gnojidbi i drugim svojstvima tla prikupljenih uvidom na terenu kod uzorkovanja. Kalkulacija potrebne doze gnojiva uvažava profitabilnost, planirani prinos (realno mogući ili tzv. očekivani), specifične potrebe biljne vrste i potencijal plodnosti tla. ALR<sub>xp</sub> kalkulator je vrlo sofisticiran program (~3.250 programskih redaka) koji jasnim objašnjenjima rezultata pokušava umanjiti nepovjerenje farmera prema kompjutorskom kreiranju gnojidbenih preporuka. Budući da se praktično primjenjuje više od 20 god., njegova pouzdanost zadovoljava kriterij 70-80 % točnih preporuka, odnosno za očekivati je da svake pete ili četvrte godine tako kreirana gnojidbena preporuka ne korespondira s visinom prinosa.

Farmeri sve više prihvaćaju egzaktno i kompjutorsko utvrđivanje potrebe u gnojidbi, kao i potrebu popravki tla (*kondicioniranje*) jer se mogu sami uvjeriti u porast prinosa uz primjenu preporučene gnojidbe, dakako i uz porast profita. Također, ALR<sub>xp</sub> kalkulator za proračun gnojidbe neprestano se unapređuje i dorađuje uz povećanje broja mjerljivih indikatora plodnosti, a korisniku se sve detaljnije obrazlaže gnojidbena doza, raspodjela gnojiva, predlažu mjere eliminacije limitirajućih faktora i uz bilancu hraniva te procjenu relativne pogodnosti tla za usjeve predlaže gnojidba za ciklus plodosmjene do 6 usjeva.

## Podaci

Podaci potrebni za sustav kontrole plodnosti, obzirom na kompjutorsku obradu, isključivo su numerički. Budući da se dio podataka za unos u tzv. ulaznu bazu (*uBaza*) prikupi anketom od korisnika poljoprivredne površine, a jedan dio zapažanjem stručnog i obučenog vođe ekipe uzorkivača tla, takvi podaci moraju biti kodirani prema unaprijed utvrđenom šifarniku.

Podaci koji se prikupljaju na terenu od korisnika parcele i pri uzorkovanju tla unose se u poseban obrazac (tablica 2.) i trajno čuvaju u arhivi, a kasnije se upišu u ulaznu bazu podataka zajedno s ostalim podacima. GPS podaci unose se u decimalnoj formi kao koordinate u WGS84 geodetskom datumu (uobičajen za većinu GPS uređaja), a prikazuju u GIS-u u koordinatnom sustavu poprečne Mercatorove (Gauss-Krügerove) projekcije - skraćeno HTRS96/TM (centralni meridijan ovisi o dijelu RH). GPS uređaj

može biti opremljen posebnim programom s topografskim kartama (npr. Oziexplorer), a u suprotnom, vođa ekipe uzorkivača mora imati kopije topografskih karata s predviđenim lokacijama uzimanja uzoraka.

Tablica 2. Anketni list za prikupljanje podataka na terenu

Laboratorij:		Oznaka uzorka i tip proizvodnje:	
Podaci o uzorku tla Kontrola plodnosti - 2013.		(K) Konvencionalna	
		(I) Integrirana	
		(E) Ekološka	
1) Prezime i ime:			
2) Mjesto i pošt. broj.:			
3) Ulica i broj:			
4) Oznaka kat. čestice:		5) Površina parcele (ha):	
6) Koordinate parcele (decim.):		N _____ °	E _____ °
7) Planirani usjev:		8) Planirani prinos (t/ha):	
9) Predusjev i prinos predusjeva:		Predusjev: _____	0) Izrazito nizak 1) Ispod očekivanja 2) Očekivan 3) Visok 4) Izrazito visok
10) Žetveni ostaci:		0) zaorano: _____ (t/ha), 1) odnešeno 2) spaljeno	
11) Organska gnojidba (t/ha):			
12) Vrsta organskog gnoja:			
13) Broj godina od primjene:		0      1      2      3      4	
14) Ekspozicija i nagib: (procjena uzorkivača)		0) bez nagiba 1) <5%, pretežno južno 2) <5%, istok ili zapad 3) <5%, pretežno sjever. 4) 5-10%, pretežno južno	5) 5-10%, istok ili zapad 6) 5-10%, pretežno sjever. 7) >10%, pretežno južno 8) >10%, istok ili zapad 9) >10%; pretežno sjever.
15) Navodnjavanje:		0) suho ratarenje 1) prema proračunu 2) Samo kod pojave suše	
16) Uređenost zemljišta (procjena vlasnika parcele)		<u>Neuređeno:</u> 0) nikad ne leži voda 1) ponekad leži voda 2) često leži voda <u>Otvorena kanalska mreža:</u> 3) nikad ne leži voda 4) ponekad leži voda 5) često leži voda <u>Drenaža:</u> 6) nikad ne leži voda 7) ponekad leži voda 8) često leži voda	
17) Biogenost tla (procjena vlasnika parcele)		<u>Razgradnja žetvenih ostataka:</u> 0) dobra 1) osrednja 2) loša	
18) Tekstura tla (procjena uzorkivača, Feel test)		0) Lako pjeskovito 1) Lako ilovasto 2) Ilovasto	3) Glinasta ilovača 4) Srednje teška glina 5) Vrlo teška glina
19) Agrotehnika: (procjena vlasnika parcele)		0) Osnovna gnojidba i duboka obrada (>=30 cm) 1) Osnovna gnojidba i srednje duboka obrada (20-30 cm) 2) Osnovna gnojidba i oranje plitko (<=20 cm) 3) Osnovna gnojidba i proljetno oranje 4) Osnovna gnojidba i tanjuranje 5) "No till" i direktna sjetva: (a. NPK; b. gnojidba N)	
20) Zaštita: (procjena vlasnika parcele)		0) Bez kemijskih sredstava 1) Integralna (ako treba i kemijska) 2) Kemijska - samo kurativna 3) Kemijska - preventivna i kurativna	
21) Osnovna gnojidba: (procjena vlasnika parcele)		0) prema preporuci 1) reducirana 2) samo N	

Popunite ili zaokružite sve tražene podatke u listiću jer oni neposredno utječu na točnost i efikasnost gnojidbe preporuke!  
Datum uzorkovanja: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 2013. Uzorak uzeo: \_\_\_\_\_

Vlasnik parcele: \_\_\_\_\_

Uzorci tla za usjeve uzimaju se isključivo agrokemijskom sondom do dubine 30 cm, s najmanje 20 do 25 uboda i u krugu promjera 30 m čiji je centar geopozicioniran GPS-om. Umjesto agrokemijske sonde dopuštena je uporaba svrdla  $\phi = 28 - 32$  mm kroz otvor posude za prikupljanje uzoraka tla, a zabranjena je pedološka sonda zbog malog broja pojedinačnih uzoraka tla. Budući da je najmanja pogreška standardnog GPS uređaja bez korekcije (npr. DGPS ili SBAS) ~3 m, a prosječna 10 m (horizontalno), to je dovoljno točno za *benchmark*, odnosno uzimanja uzoraka u slijećem ciklusu na istoj, „referentnoj“ poziciji.

Podaci se u uBazu unose kodirani (tablica 3.) u bilo kojem programu za tablične proračune koji može tablicu s podacima sačuvati u csv, dbf ili xls formatu. Imena polja ne smiju sadržavati dijakritičke znakove, razmake i biti dulja od 8 karaktera, a kodirani podaci ne smiju sadržavati specijalne karaktere ("\", \"^\", \"\$\", \"?\", \"\*\", i \"+"), jer njih interpretira kompjutorski program.

Tablica 3. Šifarnik s uputama za kodiranje podaka pri unošenju u ulaznu bazu

n	Ime polja	Opis polja računalne ulazne baze
0	uzorak	redni broj uzorka (od nule redom)
1	labbroj	laboratorijski broj (može sadržavati slova, godinu i dr.)
2	pime	ime i prezime
3	adresa	poštanski broj, mjesto ili naselje, ulica i broj
4	podrucje	(program automatski dodjeljuje ovisno o koordinatama uzorka)
5	nazivp	naziv parcele ili katastarski broj čestice
6	google	prazno; 2 = jedan uzorak; 1 = početak više uzoraka i za kraj datoteke = 2;
7	povha	površina parcele ili površina na koji se odnosi pojedinačni uzorak
8	long	geografska duljina (decimalno; npr. 18.22437; 5 decimala)
9	lat	geografska širina (decimalno; npr. 45.76831; 5 decimala)
10	navod	suho ratarenje (0) ili navodnjavanje (1=prema proračunu, 2=samo u suši)
11	usjev	vrsta usjeva; kod 0 – 40 (vidi tablicu 2.)
12	planprin	planirani prinos usjeva u t/ha ST (suhe tvari) ili SvT (svježe tvari) (vidi tab.
13	predusjev	vrsta predusjeva; kod 0 – 42 (vidi tablicu 2.)
14	predusprin	0) izrazito nizak; 1) ispod očekivanja; 2) očekivan; 3) visok; 4) izrazito visok
15	zetost	žetveni ostaci u t/ha (0 je kod za spaljivanje žet. ostataka)
16	stajnjak	organski gnoj t/ha; kod 0 – 13 (vidi tablicu 3.)
17	stajg	godina od primjene stajskog gnoja; kod 0 – 4 (0 = u godini primjene)
18	phkcl	supstitucijska reakcija tla (pH u KCl-u)
19	phhoh	aktualna reakcija tla (pH u H <sub>2</sub> O)
20	alp	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g tla
21	alk	AL-K <sub>2</sub> O mg/100 g tla
22	humus	humus %
23	caco3	CaCO <sub>3</sub> % (samo kad je pH-KCl >=6)
24	kik	KIK mmol <sup>(+)</sup> ·kg <sup>-1</sup> (prazno ako nije analiziran)
25	hyme	hidrolitička kiselost (Hy) mmol <sup>(+)</sup> ·kg <sup>-1</sup> H <sup>+</sup> (prazno ako nije analizirano)
26	biogenost	0 = dobra; 1 = osrednja; 2 = loša
27	tgr	teksturna grupa; kod 0 – 5 (vidi tablicu 3.)
28	nagibe	nagib parcele i ekspozicija; kod 0 – 9 (vidi tablicu 3.)
29	uredjen	uređenost tla; kod 0 – 8 (vidi tablicu 3.)
30	agroteh	agrotehnika; kod 0 – 5 (vidi tablicu 3.)
31	zastita	zaštita usjeva; kod 0 – 3 (vidi tablicu 3.)
32	NPK	formulacija NPK; kod 0 – 12 (vidi tablicu 3.)
33	P2O5_gn	fosforno gnojivo; kod 0 – 4 (vidi tablicu 3.)
34	K2O_gn	kalijsko gnojivo; kod 0 – 4 (vidi tablicu 3.)

Kodiranje vrste usjeva obavlja se sukladno šifarniku (tablica 4.) pri čemu će program za izradu iBaze, odnosno gnojidbene preporuke, upozoriti kad je planirana visina prinosa nerealna. Naime, kod planiranja

nižeg prinosa od predviđenog šifarnikom, gnojidba vjerojatno nije niti potrebna. Nerealno visoki prinosi najčešće nisu mogući, ekonomski su neisplativi, a ekološki su štetni za okoliš. U tablici 5. su kodovi za agrotehniku, vrste gnojiva, uređenost parcele i dr.

Tablica 4. Kodovi za usjeve, predusjeve, granice i vrsta prinosa (suha ili svježa tvar)

kod	Usjev	t/ha	ST/SvT	kod	Predusjev
0	Pšenica ozima	5.0 - 9.5	ST	0	Pšenica ozima
1	Pšenica jara	4.50 - 8.0	ST	1	Pšenica jara
2	Pšenica durum	3.5 - 7.5	ST	2	Pšenica durum
3	Triticale	4.5 - 9.5	ST	3	Triticale
4	Raž	4.0 - 8.50	ST	4	Raž
5	Kukuruz	5.0 - 15.0	ST	5	Kukuruz
6	Kukuruz sjemenski	1.50 - 5.0	ST	6	Kukuruz sjemenski
7	Kukuruz silažni	20.0 - 80.0	SvT	7	Kukuruz silažni
8	Ječam ozimi	4.5 - 9.0	ST	8	Ječam ozimi
9	Ječam jari	4.0 - 7.5	ST	9	Ječam jari
10	Ječam pivarski	3.5 - 7.0	ST	10	Ječam pivarski
11	Zob ozima	4.0 - 7.5	ST	11	Zob ozima
12	Zob jara	3.5 - 6.5	ST	12	Zob jara
13	Šećerna repa	40.0 - 90.0	ST	13	Šećerna repa
14	Soja	2.50 - 6.0	ST	14	Soja
15	Suncokret	2.4 - 5.7	ST	15	Suncokret
16	Uljana repica	2.3 - 5.6	ST	16	Uljana repica
17	Lucerna	3.0 - 20.0	ST	17	Lucerna
18	Djetelina	3.0 - 17.5	ST	18	Djetelina
19	Duhan Virginia	1.5 - 3.5	ST	19	Duhan Virginia
20	Duhan Burley	1.5 - 3.5	ST	20	Duhan Burley
21	Djet. tr. smjesa	20.0 - 60.0	SvT	21	Djet. tr. smjesa
22	Rauola-sider	10.0 - 30.0	SvT	22	Rauola-sider
23	Sudanska trava	8.0 - 25.0	ST	23	Sudanska trava
24	Krumpir	15.0 - 50.0	SvT	24	Krumpir
25	Grah	3.5 - 9.5	ST	25	Grah
26	Grašak	2.5 - 10.0	ST	26	Grašak stočni
27	Grašak stočni	3.0 - 12.0	ST	27	Grašak
28	Rajčica	20.0 - 100.0	SvT	28	Rajčica
29	Paprika	20.0 - 50.0	SvT	29	Paprika
30	Krastavci	30.0 - 80.0	SvT	30	Krastavci
31	Bundeve	20.0 - 75.0	SvT	31	Bundeve
32	Kupus	20.0 - 80.0	SvT	32	Kupus
33	Salata	20.0 - 100.0	SvT	33	Salata
34	Mrkva	25.0 - 80.0	SvT	34	Mrkva
35	Luk	25.0 - 60.0	SvT	35	Luk
36	Češnjak	2.0 - 12.0	SvT	36	Češnjak
37	Jagode	10.0 - 40.0	SvT	37	Jagode
38	Kamilica	2.0 - 6.5	SvT	38	Kamilica
39	Menta	4.0 - 25.0	SvT	39	Menta
40	Melisa	5.0 - 25.0	SvT	40	Melisa
41	Sljez-korijen	1.0 - 3.0	SvT	41	Sljez
				42	Ugar
				43	Nepoznat!



Tablica 5. Kodiranje podataka o tlu, gnojivima, zaštiti i obradi

tgr (teksturna grupa tla)		NPK (izbor gnojiva)		
0	Lako pjeskovito	0	5:15:30	
1	Lako ilovasto	1	6:18:36	
2	Ilovasto	2	7:20:30	
3	Glinasta ilovača	3	7:14:21	
4	Srednje teška glina	4	8:16:24	
5	Vrlo teška glina	5	8:26:26	
predusprin (prinos predusjeva)		6	10:20:30	
0	izrazito nizak	7	10:30:20	
1	ispod očekivanja	8	15:15:15	
2	očekivan	9	20:10:20	
3	iznad očekivanja	10	12:52:0 MAP	
4	izrazito visok	11	0:20:30	
biogenost (razgradnja žetvenih ostataka)		12	0:0:0 (ekološka)	
0	dobra	P2O5_gn (P-gnojivo)		
1	osrednja	0	bez P-gnojiva	
2	loša	1	superfosfat	
zaštita		2	tripleks	
0	Bez kemijskih sredstava	3	precipitat	
1	Integralna (ako treba i kemijska)	4	tomasfosfat	
2	Kemijska - samo kurativna	K2O_gn (K-gnojivo)		
3	Kemijska – prevent. i kurativna	0	bez K-gnojiva	
nagibe (nagib i ekspozicija)		1	KCl 60%	
0	bez nagiba	2	KCl 40%	
1	<5 %; pretežno južno	3	K-sulfat	
2	<5 %; istok ili zapad	4	K-Mg-sulfat	
3	<5 %; pretežno sjeverno	stajnjak (vrsta organskog gnoja)		
4	5 - 10 %; pretežno južno	0	bez org. gnoja	
5	5 - 10 %; istok ili zapad	1	gov. stajnjak 10 t/ha	
6	5 - 10 %; pretežno sjeverno	2	gov. stajnjak 20 t/ha	
7	>10 %; pretežno južno	3	gov. stajnjak 30 t/ha	
8	>10 %; istok ili zapad	4	gov. stajnjak 40 t/ha	
9	>10 %; pretežno sjeverno	5	gov. stajnjak 50 t/ha	
uredjen (uređenost parcele)		6	gnojovka sv. 20 m <sup>3</sup>	
0	neuređeno	0) nikad ne leži voda	7	gnojovka sv. 40 m <sup>3</sup>
1		1) ponekad leži voda	8	gnojovka sv. 60 m <sup>3</sup>
2		2) često leži voda	9	gnojovka sv. 80 m <sup>3</sup>
3	površinska odvodnja	3) nikad ne leži voda	10	gnojovka gov. 20 m <sup>3</sup>
4		4) ponekad leži voda	11	gnojovka gov. 40 m <sup>3</sup>
5		5) često leži voda	12	gnojovka gov. 60 m <sup>3</sup>
6	drenaža	6) nikad ne leži voda	13	gnojovka gov. 80 m <sup>3</sup>
7		7) ponekad leži voda	14	bihugnoj 5 t/ha
8		8) često leži voda	15	bihugnoj 10 t/ha
agroteh (agrotehnika)		16	bihugnoj 15 t/ha	
0	Osn. gnojidba i duboka obrada (>=30 cm)	17	bihugnoj 20 t/ha	
1	Osn. gnojidba i srednje duboka obrada (20-30 cm)	18	bihugnoj 30 t/ha	
2	Osnovna gnojidba i plitko oranje (<=20 cm)	19	kokošji gnoj 5 t/ha	
3	Osn. gnojidba i prolj. oranje: a) plitko b) sred. dub.	20	kokošji gnoj 10 t/ha	
4	Osnovna gnojidba i tanjuranje	21	kokošji gnoj 15 t/ha	
5	"No till" i direktna sjetva: a) NPK b) samo N gnoj.	22	kokošji gnoj 20 t/ha	
		23	kokošji gnoj 30 t/ha	

## Pravila

- Raspoloživost fosfora i kalija utvrđuje se AL-metodom (Egner-Riehm-Domingo)
- Određuje se aktualna i supstitucijska pH vrijednost (u vodi i KCl-u)
- Humus se analizira bikromatnom metodom
- $\text{CaCO}_3$  se utvrđuje Scheiblerovim kalcimetrom i to samo kad je pH-KCl  $\geq 6$  (izostaviti Hy),
- Hy (hidrolitsku kiselost) se određuje po Kappenu, samo kad je pH u KCl  $< 6$  (izostaviti karbonate),
- KIK će biti automatski izračunat (empirijski), ali procjena tgr na terenu mora biti točna (slika 5.),
- ALR<sub>xp</sub> program automatski utvrđuje područje (ostaviti prazno) ovisno o koordinatama uzorka,
- Kad nije potrebna Google Earth karta, polje treba ostaviti prazno,
- U sva prazna polja potrebno je upisati 0 (nula) i
- Kad se izabere mineralno gnojivo 12 (0:0:0) program izračunava potrebu hraniva, ali ne prikazuje dozu mineralnih gnojiva i označava gnojodbenu preporuku kao „Ekološka proizvodnja“



Pokvasiti tlo s malo vode tako da se može "modelirati"



Formirati vlažno tlo u lopticu



Lako pjeskovito – stisnuta loptica tla se raspada (tgr = 0)



Lako ilovasto – ne mogu se napraviti trake (tgr = 1)



Ilovasto – mogu se napraviti trake do 2,5 cm (tgr = 2)



Srednje teška glina - mogu se napraviti trake  $> 5$  cm (tgr = 4)

Glinasta ilovača – mogu se napraviti trake do 5 cm (tgr = 3)

Vrlo teška glina - trake se mogu spojiti u prsten (tgr = 5)

Slika 5. Procjena teksture tla (oznaka polja: tgr) *feel testom*

Nakon kompjutorske obrade podataka ALR<sub>xp</sub> kalkulatorom (aktualna verzija je 13.66) dio informacija se u izlaznoj bazi nalazi i u tekstualnoj formi (slika 4.) radi njihovog lakšeg razumijevanja od strane korisnika. Također, uz gnojdbenu preporuku koja uključuje procjenu visine očekivanog prinosa i gnojdbu za razdoblje do slijedeće analize tla za šest najzastupljenijih usjeva, dane su i druge preporuke, npr. potreba kalcizacije, procjena godišnje rate mineralizacije organske tvari i dr.

Interpretacijska baza podataka se u csv formi (kao i dbf ili xls) učitava u jedan od GIS programa (QGIS; javna licenca; besplatan ili ArcGIS; komercijalan i vrlo skup) gdje se podaci, zajedno s izračunatim vrijednostima čuvaju, ažuriraju, vizualiziraju na različitim tematskim i prognostičkim kartama, statistički analiziraju i dr.

### Izmjene i nadopune sustava kontrole plodnosti

Koncept zemljište i pripadajući kompjutorski programi podložni su izmjenama, poboljšanjima i proširenjima na kojima se neprekidno radi i na tom području nema ograničenja. Međutim, proširivanje u smislu novih analitičkih podataka treba vrlo pažljivo razmotriti obzirom na mogućnosti raspoloživih laboratorija, potrebu novih zaposlenika, cijenu tih analiza i potrebno vrijeme za njihovu obradu. Na primjer, podaci o mehaničkom sastavu, volumnoj gustoći tla, njegovoj zbijenosti, tipu tla, biogenosti tla, raspoloživosti mikroelemenata i onečišćenju tla izvrsno bi poslužili:

1. Nabavkom samo jednog ili dva laserska granulometra (cijena je ~30.000 €), koji mogu analizirati veličinu čestica u suhom, samljevenom tlu (priređenom za kemijsku analizu), kapacitet za obavljanje mehaničke analize tla zadovoljio bi ukupne godišnje potrebe RH. Ti podaci poslužili bi osim veće pouzdanosti gnojdbene preporuke, i za procjenu pogodnosti tla za obradu, te u tom smislu i za planiranje vučne snage i potrebnih oruđa za obradu.
2. Utvrđivanje volumne gustoće, zbijenosti i tipa tla podrazumijeva terenska i laboratorijska istraživanja (otvaranje pedološkog profila ili sondiranje cjevastim sondama, uzimanje uzoraka Koppecky cilindrima i mjerenje zbijenosti penetrometrom) što zahtijeva puno vremena i znatne resurse (kadrovske, materijalne i financijske) i vjerojatno ne opravdava njihovo uvođenje u sustav kontrole plodnosti tla.
3. Utvrđivanje biogenosti tla kao općeg pokazatelja plodnosti, posredno preko intenziteta disanja tla, izvrstan je indikator koji bi znatno povećao pouzdanost gnojdbene preporuke, ali se vjerojatno ne bi uklopio u sustav kontrole plodnosti tla zbog skupe opreme i sporog mjerenja.
4. Podaci o raspoloživosti mikroelemenata ne zahtijevaju posebno uzorkovanje, ali je AAS ili ICP analiza relativno skupa, premda bi podaci o raspoloživosti Fe, B, Zn i Mn vrlo dobro poslužili u utvrđivanju potrebe gnojdbene nekkih usjeva (šećerna repa, kukuruz), posebice trajnih nasada.
5. Utvrđivanje onečišćenja tla složen je problem koji treba prepustiti institucijama i agencijama koje se bave onečišćenjem okoliša, te bi se njihove karte onečišćenja mogle uključiti u kontrolu plodnosti (kao GIS sloj iz koga se mogu „preuzimati“ korisni podaci, posebice za integriranu i ekološku proizvodnju).
6. Aktualni sustav kontrole plodnosti Osječko-baranjske županije koncipiran je za online način rada, ali se prethodno moraju riješiti problemi vezani uz autorska prava, vlasništvo podataka i informacija kao i formirati informatički odjel (server, dovoljan bandwidth, nadležnost i sl.).

### Laboratorijski kapaciteti u RH

Ukupan broj poljoprivrednih parcela u RH je 2.285.638 površine 1.828.000 ha (Arkod 10.06.2012.). Prosječna površina poljoprivrednih parcela je 0,800 ha, a medijana tek 0,286 ha. Ukupan broj parcela pod oranicama je 1.050.752 čija je ukupna površina 986.737,8 ha uz prosječnu veličinu od svega 0,939 ha. Kako je broj parcela pod oranicama 22.307 na cijeloj teritoriji RH s ukupnom površinom od 348.536,8 ha to je površina s kojom treba računati u kontroli plodnosti. Naime, 10-godišnje iskustvo s kontrolom plodnosti Osječko-baranjske županije pokazuje da se za kemijsku analizu prijavljuju pretežito parcele veće od 5 ha. U slučaju da se zakonom uvede sustav obavezne kontrole plodnosti u RH, logično je prvo analizirati proizvodne parcele s većom površinom.

Približna procjena laboratorijskih kapaciteta za analizu tla u RH približno je ~25.000 uzoraka/godinu, ali se trenutno ukupno analizira tek ~8.500 uzoraka na godinu (tablica 6.). Ako se računa s prosječnom površinom od 4 ha po uzorku u ciklusu od 4 godine do slijedeće analize, zahtijevani kapacitet laboratorija, pod uvjetom da se sve uključe u sustav kontrole plodnosti je  $348.536,8/4/4 = 21.784$  uzorka/god. što je približno godišnjem kapacitetu svih laboratorija u RH. Budući da fakulteti i druge javne ustanove nemaju dovoljno obučenog laboratorijskog kadra srednje stručne spreme, loše su opremljene i laboratorijski prostor koriste za znanstvena istraživanja, uglavnom se teško odlučuju na obavljanje serijskih analiza. Također, sezona uzorkovanja i analize tla obavlja se ljeti i po suhom vremenu kad je većina zaposlenika javnih ustanova na godišnjem odmoru.

Tablica 6. Kapacitet laboratorija u RH za kemijsku analizu tla

Laboratorij	Kapacitet uzoraka/god.	Radni kapacitet uzoraka/tjedan/mj.	Procjena učinka uzoraka/god.
Zavod za tlo	5.040	$210 \times 4 \times 6 = 5.040$	3.000
Agrokontrola	7.200	$300 \times 4 \times 6 = 7.200$	2.000
Inspecto	3.600	$150 \times 4 \times 6 = 3.600$	1.500
Poljoprivredni fakultet (ukupno)	4.000	$300 \times 4 \times 3 = 3.600$	1.200
Agronomski fakultet (ukupno)	1.800	$150 \times 4 \times 3 = 1.800$	500
Visoko gosp. učilište (ukupno)	600	$50 \times 4 \times 3 = 600$	300
Svi ostali	1.200	$100 \times 4 \times 3 = 1.200$	200
Ukupno	23.440		8.700

Za pretpostaviti je da bi se na javni natječaj za obavljane kontrole plodnosti javilo više privatnih laboratorija jer se radi o velikom i stalnom poslu i taj dio ne predstavlja „usko grlo“. Veći problemi se mogu očekivati kod uzorkovanja tla jer je to terenski posao za kojeg treba veći broj obučenih djelatnika. Naime, ekipu za uzimanje čine u pravilu dva djelatnika. Jedan obavlja sondiranje, a vođa ekipe mora biti agronom koji je obučen da pripremi topografske karte s lokacijama uzorkovanja i druge podatke (npr. ID parcela) kao i prikupi vjerodostojne podatke iz anketnog lista. Problem može biti i kod nabavke terenskih vozila i GPS uređaja, kao i nadzor nad kvalitetom uzorkovanja.

Obrada podataka ALR<sub>xp</sub> programom je vrlo brza te se tijekom radnog dana može pripremiti za tisak i do 1000 gnojidbenih preporuka. Obradu podataka u GIS-u trebalo bi raditi na jednom mjestu, najbolje na lokaciji servera. Na taj način dovoljno je jedna licenca za ArcMap (cijena sa potrebnim alatima serverske verzije je >300.000 kn) te se podaci mogu dostavljati korisnicima i online.

### Mogućnost korištenja drugih metoda kemijske analize tla u sustavu kontrole plodnosti zemljišta

Od *višekratnih ekstrakcijskih metoda* kod nas se, doduše vrlo malo, primjenjuje i EUF (*elektrolultrafiltracija*) koja se temelji na ekstrakciji elemenata ishrane električnim jednosmjernim naponom, pri čemu se hraniva i koloidi tla u vodenoj suspenziji odvajaju pomoću specijalnih membranskih filtera. EUF aparatura omogućuje ekstrakciju kod različitih napona i jačine struje, kao i temperature, a novi mikroprocesorski regulirani *EUF ekstraktori* održavaju jačinu struje konstantnom pa se može izdvojiti niz dobro definiranih frakcija, odnosno utvrditi neposredno pristupačna količina hraniva, kao i njihove mobilne rezerve. Omjer mobilnih rezervi i hraniva u vodenoj fazi tla reprezentira puforni kapacitet tla i omogućava sagledavanje „*vremenske dimenzije*“ raspoloživosti hraniva EUF metodom. EUF-metoda razvijena je prvenstveno za potrebe industrije šećera. Prvi laboratorij u svijetu namijenjen primjeni EUF-a osnovan je u tvornici šećera Tulln (Austrija) 1974. godine. Iza toga, ova metoda se razvija i širi dalje, prvo u Austriji, a danas je njena primjena uglavnom ograničena na Austriju i Njemačku.

U posljednje vrijeme vrši se pritisak nekolicine istraživača iz uske interesne grupe koja pokušava nametnuti EUF metodu kao okosnicu sustava kontrole plodnosti. Stoga je potrebno jasno istaći da se EUF metoda ne može uvrstiti u sustav kontrole plodnosti zbog više razloga koje ću ukratko iznijeti uz napomenu da je moj stav utemeljen na 10 godišnjem iskustvu i vlastitom kompjutorskom programu za

izradu gnojidbenih preporuka (slika 6.) te približno 4.000 gnojidbenih preporuka za šećernu repu utemeljenih na EUF analizi:

- a) Najveći broj dosadašnjih analiza tla posljednjih 50-ak godina u RH (>95%) obavljen je AL metodom. Istina je, EUF metoda daje mnogo više podataka o raspoloživosti hraniva, ali ima i vrlo velik broj nedostataka koji ju diskvalificiraju za potrebe sustava kontrole plodnosti.
- b) U RH postoji samo 8 EUF aparata, svi starijih od 25 godina, koji se često kvare (najbliži servis je u Beču), a u RH ima tek jedan tehničar, nedovoljno obučen i bez potrebnog iskustva. Metoda je dvostruko skuplja od AL metode, zahtjevnija od kemijskih ekstraktivnih metoda zbog sofisticirane i skupe aparature, sporosti analize, potrebe za visoko obučenim laboratorijskim osobljem, složene interpretacije rezultata i dr.
- c) Metoda je korištena samo za utvrđivanje potrebe gnojidbe šećerne repe (Njemačka, Austrija, Slovenija, Hrvatska, Mađarska, Srbija, Slovačka, Češka i još u nekim zemljama, ali samo eksperimentalno) i vrlo malo za gnojidbu trajnih nasada, najviše vinove loze. Dakle nije namijenjena, niti kalibrirana za druge usjeve. Trenutno se koristi samo u Njemačkoj i Austriji.
- d) Realna brzina EUF ekstrakcije (bez kemijske analize kationskog i anionskog ekstrakta, čemu se mora dodati još analiza pH i humusa) je 1 uzorak/sat (priprema za rad ekstraktora + 35 minuta ekstrakcije), što znači da bi uz šestomjesečni rad svih 8 EUF ekstraktora u 8 sati na dan bilo moguće obaviti 11.520. Budući da je ekstrakcija tek priprema za kemijsku analizu EUF ekstrakta, i kad bi svi aparati bili neprestano u funkciji (ispravni, uključujući i AAS te kanalni spektrofotometar kojima se obavlja kemijska analiza ekstrakata), realno je za očekivati kapacitet od 3.000 do 4.000 uzoraka na godinu.
- e) Budući da su svi EUF ekstraktori smješteni u Tvornici šećera Osijek (i privatno su vlasništvo), problem transporta uzoraka, unos rezultata u bazu podataka, izrada preporuka tla što bi isključilo iz projekta Državni zavod za tlo koji ne posjeduje EUF ekstraktore i sve druge laboratorije za analizu tla u RH. Također, EUF metoda je veoma složena za tumačenje rezultata analize, a poljoprivredni proizvođači, uključujući i agronome, nemaju nikakvog iskustva u primjeni tih rezultata. Također, rizično je (pa i neodgovorno) analizu tla povjeriti jednoj laboratoriji čije je dosadašnje iskustvo vrlo skromno (o tome najbolje govori i prijedlog uvođenja EUF metode u aktualni koncept Kontrole plodnosti).

Iz naprijed izloženog zaključujem kako je EUF metoda nepodesna za masovno korištenje, jer je skupa, spora te nekalibrirana za većinu usjeva i jer je nemoguće u istom sustavu kontrole plodnosti koristiti dvije posve različite analitičke metode. (interpretacija rezultata je neusporediva, a nemoguća je i dobra kalibracija EUF metode AL metodom).

Gnojdbena preporuka šećerne repe temeljem EUF analize tla									
Oznaka:	k.č. 910 GAT	Koordinate:	45.69359	18.34939	Broj uzor.:	1			
Prinos i analize tla		Rang indikatora		EUF analize makrohraniva mg/100 g					
Planirano t/ha	70.00	40 - 90 t/ha		Analiza	20°C/200V	80°C/400V	Suma	Q	
Realno t/ha	71.12	prema RP%			mg/100g		20°C+80°C	80°C/20°C	
Tekstura tla	4.00	0-5 (1-4)*		N-org	1.00	1.82	2.82	1.82	
pH H <sub>2</sub> O	5.41	≥5.0 (≥6.0)*		N-NO <sub>3</sub>	2.38	0.23	2.61	0.10	
pH KCl	4.25	≥4.5 (≥5.5)*		P	0.78	1.87	2.65	2.40	
Humus %	1.10	≥1.25 (2.0-4.0)*		K	6.30	11.60	17.90	1.84	
Sel. glina %	57.23	≥10.0 (15-30)*		Ca	3.25	5.24	8.49	1.61	
Hy cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup>	4.16	≤4.0 (≤2.0)*		Mg	6.80	3.60	10.40	0.53	
CaCO <sub>3</sub> %	0.00	≥0.0 (≥2.0)*		Na	1.68	0.32	2.00	0.19	
Potencijal pK i pP		(preporuka)*							
pK	1.67859								
pP	6.27847								
Mikroelementi mg/kg									
Fe	0.91								
Mn	0.89								
Zn	0.32								
B	0.26								
Al	-								
Rel. pog. tla za šeć. repu: Ograničeno pog! (64.3 %)		Ciljni prinos korijena t/ha		N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
Integralna gnojdba:		64		Mineralna gnojdba (kg/ha)		40		200	
Konvencionalna gnojdba:		71		115		45		250	
				B		kg/ha		Ca	
				2.24		1.598		t/ha	

Preporuka za integralnu gnojdbu:

NPK:	77	12:52:00	kg/ha
KCl 60%:	333	kg/ha	
Urea:	58	kg/ha (u osnov. gnojdbi)	
KAN:	247	kg/ha (predsj., start; prth.)	
CaO:	2238	kg/ha (prije prašenja strništa)	
Karboalk:	5115		

Profjetnu primjenu dušika provesti temeljem rezultata N<sub>min</sub> analize!  
Parcela je pogodna za uzgoj šećerne repe!

Slika 6. Preporuka za gnojdbu šećerne repe temeljem EUF analize (Vukadinović, 2012.)

#### 4. Zaključak

1. Sustavna kontrola plodnosti zemljišta mora se provodi po unaprijed utvrđenoj i jedinstvenoj metodologiji, odnosno kvantifikacija zemljišne pogodnosti za određenu namjenu (npr. uzgoj, usjeva, trajnih nasada i dr.) i mora se provoditi po standardnim (referentnim) uvjetima (tzv. "benchmark za tlo") koji određuje specifična ograničenja ili rangove vrijednosti pojedinih indikatora i ukazuju na potencijal produktivnosti za pojedini, konkretni tip korištenja tla.



2. Uzorke tla treba uzimati s ~25 pojedinačnih uboda, obavezno uz geopozicioniranje referentne točke i prikupljanje drugih dopunskih indikatora (podaci o vlasništvu, predkulturi, uređenosti zemljišta, njegovoj biogenosti, nagibu i dr.). Budući da raspoloživost hraniva varira po vremenu (mineralizacija, transformacija, usvajanje, ispiranje i dr.), po površini parcele zbog nehomogenosti tla (oraničnog ili podoraničnog sloja, odnosno matičnog supstrata), nesavršene tehnike raspodjele gnojiva te dubini soluma, uzorkovanje je potrebno pažljivo planirati i obaviti.
3. Priprema uzoraka i njihova analiza u laboratoriju izvodi se standardnim analitičkim procedurama i postupcima, a cilj analize tla mora biti dvojak: 1. dijagnoza stanja raspoloživosti hraniva i 2. procjena trenda raspoloživosti u narednom periodu (do slijedećeg ciklusa analize tla iste parcele).
4. Za utvrđivanje raspoloživosti fosfora i kalija preporuča se korištenje AL-metode koja je u RH standardna više od 50 godina, ima najveću bazu podataka, a mogu je obavljati sve laboratorije za analizu tla. Za utvrđivanje konc. humusa u tlu najpogodnija je bikromatna metoda (prilagođena velikim serijama uz najbolju reproduktivnost), za pH treba zadržati utvrđivanje aktualne (u vodi) i izmjenjive kiselost (u KCl-u), a karbonata Scheiblerovim-ovim kalcimetrom.
5. Izveštaj laboratorija o obavljenoj analizi tla mora sadržavati, gnojidbenu preporuku uz tumačenje analitičkih rezultata i gnojidbene preporuke, eventualno potrebu kalcizacije i/ili drugih mjera popravke tla s posebnim naglaskom na ograničavajuće činitelje produktivnosti tla.
6. Sve rezultate kemijske analize tla, podatke o zemljištu, uzgoju, klimi i dr. potrebno je čuvati na jednom mjestu (logičan izbor je Zavod za tlo), analizirati statističkim i geostatističkim metodama u GIS-u i svim zainteresiranim (od Ministarstva poljoprivrede, fakulteta, instituta pa do krajnjeg korisnika) treba omogućiti pristup, ograničen ili potpun, sukladno zakonskim odredbama o privatnosti i njihovim potrebama.

U Osijeku, 10. srpnja 2013.

*Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović*  
red. prof. u trajnom zvanju  
Zemljišnih resursa i Ishrane bilja