

## PRIMJENA EUF METODE U GNOJIDBI ŠEĆERNE REPE

### 1. UVOD

Za izradu preporuka gnojidbe usjeva koristi se niz kemijskih analitičkih metoda i tehnika. Pri izboru analitičke metode treba uzeti u obzir činjenicu kako je svaka analitička metoda dobra ako uz nju postoji razrađeni sustav interpretacije dobivenih vrijednosti. Kod klasičnih analitičkih metoda (česte su i danas) za interpretaciju rezultata koriste se tablice graničnih vrijednosti, koje daju više orijentacijske rezultate, jer bioraspoloživost hraniva nije statička vrijednost, ona ovisi o nizu čimbenika (biološki, fizikalni, hidrološki, agrotehnički). Zato se od analitičkih i prognostičkih metoda traži da daju uvid u količinu stvarno raspoloživih hranjivih elemenata u tlu, brzinu promjene količine utvrđenih hraniva tijekom vegetacije (npr. radi apsorpcije, ispiranja ili fiksacije) i količinu hranjivih elemenata koju treba dodati za optimalnu ishranu biljka. Kod nekih izračuna uzima se u obzir i potreba povećanja razine nekog od hraniva u tlu na ciljnu vrijednost.

Rezultati analize tla se najčešće tumače preko klasa opskrbljenosti tla (granične vrijednosti) i pomoću njih se predviđa djelovanje gnojidbe (Drissen, 1986). Klasične metode analize tla su u osnovi jednokratne ekstrakcije koje procjenjuju samo intenzitet hraniva u tlu, a ne i kvantitet (rezerve). Tako npr. količina pristupačnog kalija (mg  $K_2O/100g$ ), utvrđena slabim ekstrakcijskim sredstvom ( $H_2O$ ,  $CaCl_2$ ), sama za sebe predstavlja količinu lako pristupačnog kalija u vodenoj otopini tla i može biti brojčano jednaka na lakom tlu bez pufernog djelovanja kao i na teškom tlu bogatom glinom u kojem postoji velika i nepoznata rezerva ovog hraniva. Metode u kojim se primjenjuju jača ekstrakcijska sredstva (AL, DL, CAL i dr.) daju veće vrijednosti količine hraniva, ali ne pokazuju koja je količina hranjivog elementa stvarno pristupačna biljkama. Unatoč navedenim nedostacima, jednokratne ekstrakcijske metode su uobičajene u praksi zbog brzine i relativno niske cijene, a potreba za gnojidbom se jednostavno određuje pomoću graničnih vrijednosti.

### 2. METODE UTVRĐIVANJA POTREBA U GNOJIDBI

Metode utvrđivanja potreba u gnojidbi dijele se grubo na *biološke* i *kemijske*. U obje grupe metoda postoji veliki broj različitih postupaka za utvrđivanje efektivne plodnosti tla. *Efektivnu plodnost tla karakterizira njegova sposobnost da osigura biljkama potrebne uvjete za rast i razvitak*. Tako definirana plodnost nekog tla podrazumijeva niz fizičko-kemijskih i bioloških svojstava tla, utjecaj klime i primijenjene agrotehnike. S agrokemijskog gledišta, *plodno je ono tlo koje u tijeku čitave vegetacije osigurava biljkama dovoljno hraniva i na kome se trajno postižu visoki prirodni*. Kao sinonim za plodnost često se koristi izraz *kakvoća tla* koja se ne može vidjeti ili direktno mjeriti jer obuhvaća velik broj različitih svojstava tla i njegovih promjena pod različitim agrotehničkim i agroekološkim uvjetima. Zbog toga se pojedina svojstva tla koriste samo za procjenu njegove plodnosti, posebice raspoloživost hraniva.

#### 2.1. Vegetacijski pokusi

Najpouzdanija metoda za određivanje stvarnih potreba za gnojidbom su vegetacijski pokusi. Ako se oni provode dovoljno dugo, a postavljeni su tako da daju odgovore vezane za primjenu gnojiva, kao što je utjecaj pojedinog elementa ili uzajamni utjecaj na visinu priroda i njegovu kakvoću, djelovanje doze, vremena unošenja i slično, tada predstavljaju moćno sredstvo za veće iskorištenje genetskog potencijala rodosti poljoprivrednih biljaka.

Od kalibracijskih vegetacijskih pokusa očekuje ispravna interpretacija rezultata kemijske analize tla, iako se često nastoje utvrditi i optimalne doze gnojidbe za određene agroekološke uvjete i usjeve. Sva ispitivanja u tom pravcu daju dobru korelaciju gnojidbe i priroda na tlima niske opskrbljenosti pristupačnim hranivima. Na srednje i dobro opskrbljenim tlima veličina priroda često zavisi snažnije od drugih činitelja rasta (prinos) nego li od raspoloživosti hraniva, ali se uglavnom pronalazi čvrsta korelacija između količine pristupačnih hraniva u tlu i koncentracije tih elemenata u biljci. Zbog toga se iznošenje biogenih elemenata koristi kao mjerilo opskrbljenosti tla pristupačnim hranivima, pa je kalibracijske pokuse potrebno postavljati na svaki tip tla i za svako proizvodno područje jer se pouzdani rezultati mogu očekivati samo kada su svi djelujući čimbenici uzeti u obzir.

## 2.2. Kemijske ekstraktivne metode

Utvrđivanje raspoložive količine hraniva u tlu je temelj za preporuku gnojidbe i primjenu gnojiva. U tu svrhu se široko upotrebljavaju različite kemijske ekstraktivne metode, ponekad nedovoljno kalibrirane ili s nekritički prihvaćenim granicama opskrbljenosti, preuzetim iz strane literature, bez provjere u konkretnim agroekološkim uvjetima.

U analizama tla primjenjuje se velik broj ekstraktivnih sredstava različite "moći" ekstrakcije, već prema tome da li se koriste kiseline (mineralne, organske, jake, slabe), soli, kelatizirajući spojevi, voda, struja, smjese otapala (obično pufernih svojstava) i sl. Cilj je utvrditi količinu raspoloživog hraniva, odnosno kojoj količini hraniva u tlu odgovara rezultat analize, a to se postiže samo kalibracijom pojedine kemijske ekstraktivne metode.

Moć usvajanja hraniva korijenom bitno je drugačija od ekstrakcije hraniva kemijskom otopinom. Korijenske izlučevine su različitog kemijskog sastava i količine ovisno od vrste, starosti biljke, njezine opskrbljenosti pojedinim elementima ishrane, vlage tla itd. Zatim masa korijena je oko 1% od mase tla koju prožima, pa se usvajanje hraniva, ovisno o njihovim kemijskim svojstvima, obavlja različitim mehanizmima (kontaktno, difuzija, kretanjem mase i dr.). Također, produkcija karbonatne kiseline (disanje korijena) obično je viša od potrebne za usvajanje hraniva (5-30 Kekv/ha) i vjerojatno nije ograničavajući čimbenik u ishrani bilja. Stoga pojedine ekstraktivne metode koriste *višestruku ekstrakciju hraniva*, npr. EUF (elektro-ultra filtracija) metoda, kako bi se razlučila hraniva različite čvrstoće vezivanja u tlu (kemijski i fizička sorpcija) te, pored neposredno raspoložive količine procijenila, puferna, a za dušik i mineralizirajuća sposobnost tla.

Razvojem znanstvenih spoznaja počinju se kod izračuna potrebe za gnojidbom uzimati u obzir i međusobni odnosi hraniva u tlu i biljci, te parametri koji na njih utječu (prva od njih je DRIS metoda, *Diagnosis and Recommendation Integrated System*). Za potpuno sagledavanje stanja u tlu potrebno je utvrđivanje niza parametara, što analizu tla čini složenijom i dugotrajnijom a time i skupljom (pH, humus, frakcije dušika u tlu, teksturni sastav, KIK i dr.). Iz ovih razloga razvijena je i već u svijetu široko prihvaćena EUF metoda, koja primjenjuje princip ekstrakcije hraniva pomoću električne struje i ultrafiltracije. Kod ove metode se u jednokratnoj, višefaznoj ekstrakciji pomoću vode, gradacijom temperature i napona dobije cijeli niz podataka o tlu, što na kraju opravdava višu cijenu analize uzorka tla.

EUF-tehnika omogućava određivanje potencijala hraniva u tlu i pufernog kapaciteta tla, te daje vremensku dimenziju oslobađanja (desorpcije) elemenata iz tla, koju jednokratne ekstrakcije tla ne prikazuju. Posebice je EUF metoda prikladna za određivanje statusa dušika u tlu i njegove mineralizacije. To se koristi u procjeni potrebe, ne samo N-prihrane kao kod  $N_{min}$  i DRIS metode, već i za procjenu ukupno potrebne količine dušika tijekom vegetacije. Metoda najpouzdanije određuje efektivne i potencijalne količine kalija u tlu, što je za repu kao kaliofilnu biljku izuzetno važno.

Metoda elektroultrafiltracije (EUF) predstavlja kombinaciju elektrodijalize i ultrafiltracije, za čiju sve veću primjenu u praksi je zaslužan *Nemeth, K. (1976)* sa svojim suradnicima. Poboljšavanjem principa rada aparata za EUF kojeg je konstruirao *Bechold* sa suradnicima tridesetih godina, *Köttgen* je uspio izraditi aparat pogodan za znanstvena ispitivanja tla. Nakon II svjetskog rata, nije bilo značajnijeg napretka u istraživanju procesa EUF, sve do radova *Németha* i njegovih suradnika od sedamdesetih godina do danas.

U početku se ekstrakcija hraniva postupkom EUF vršila u tri frakcije:

- I frakcija: 0 - 5 minuta na 50 V
- II frakcija: 5 - 30 minuta na 200 V
- III frakcija: 30 - 35 minuta na 400 V.

Za potrebe gnojidbe više se ne koristi prva frakcija te se danas u svakom uzorku tla najčešće određuju po dvije frakcije Na, K, Ca, B i P, po tri frakcije Mg, po četiri frakcije N i po jedna frakcija Mn, Zn, pH i "aktivne" gline (*selektivno vezujuće gline*), dakle ukupno 21 parametar. U prvom stupnju ekstrakcije na 200 V, 20°C i 15 mA tijekom 30 minuta utvrđuju se direktno pristupačne količine hraniva iz tla (*intenzitet hraniva*), a u slijedećem stupnju ekstrakcije na 400 V, 80°C i 150 mA (30-35 minuta) utvrđuju se hraniva iz mobilne rezerve koja je potencijalno pristupačna biljkama tijekom vegetacije (*kvantitet hraniva*).

Za znanstvena ispitivanja uzimaju se frakcije svakih 5 minuta kako bi se utvrdila dinamika desorpcije pojedinog hraniva ovim postupkom (*Németh, 1976.*), a za praktične namjene je uobičajena ekstrakcija u dvije frakcije:

- I frakcija: na 200 V, 20°C i 15 mA tijekom 30 minuta,
- II frakcija: povećanjem napona na 400 V, temperature na 80°C i jakosti struje 150 mA u narednih 5 minuta.

Povećanjem napona i jakosti struje tijekom EUF moguće je opisati i stvarnu pristupačnost hraniva i njihovo puferno djelovanje u jednom radnom ciklusu, što predstavlja značajnu prednost u odnosu na druge metode ekstrakcije hraniva.

Primjena ove analitičke metode u kontroli plodnosti tla kod nas još nije dovoljno raširena, što zbog nepoznavanja mogućnosti ove metode, što zbog visoke cijene aparature i same analize. Ona je međutim, precizna i visoko reproducibilna metoda, što je dokazano njenim korištenjem u više od dvadeset zemalja.

Kako dušik i kalij ponajviše utječu na formiranja prinosa i kvalitete šećerne repe, 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 (tri tvornice šećera: Bruck, Siedendorf i Tulln), gdje se šećerna repa uzgaja na ~25.000 ha površina.

EUF-metoda je kompleksna jer se uz pomoć kompjutorskih programa može u matematički model obuhvatiti sve analitičke čimbenika i njihove interakcije (oko 40 parametara), što omogućuje sigurniju procjenu potrebe za gnojidbom (*Nemeth, 1988., Muller, 1988., Dropulić i surad., 1994.*).

### 2.3. Razvoj i primjena EUF metode

Razvoj analitičke kemije početkom 20. stoljeća omogućio je i pouzdanije mjerenje koncentracije i dinamike hraniva u tlu. Prvi uređaj za elektro-ultra-filtraciju konstruiran je još 1925. godine (*Köttgen, Diehl, 1929.*), kada je *Köttgen* napisao: "U pogledu fiziologije biljaka, manje je važno koliki je ukupan sadržaj hranjivih elemenata u tlu, nego li kako se tijekom vegetacije ti elementi raspoloživi biljkama".

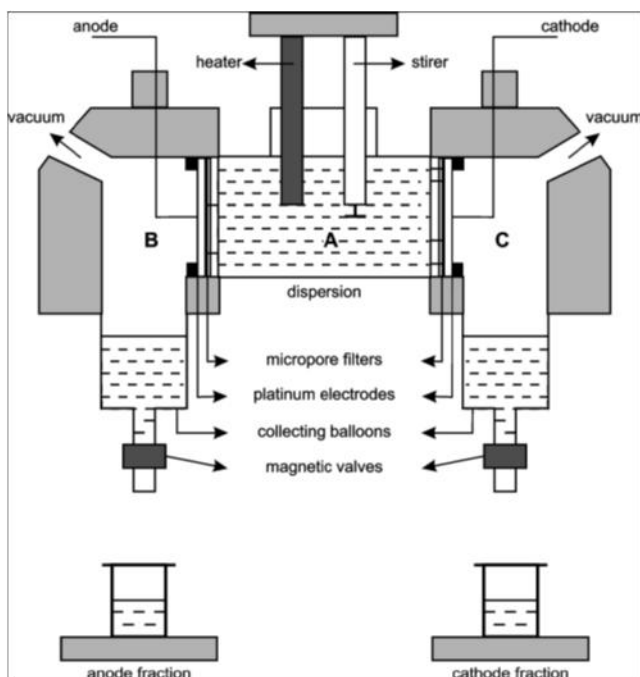
EUF metoda se godinama razvija i usavršava, u početku isključivo u proizvodnji šećerne repe, a poslije se prenijela i na ostale biljne vrste (pšenica, kukuruz, krumpir), posebice vinovu lozu. Primjenom EUF-a u gnojidbi šećerne repe za potrebe šećerane Tulln (Austrija) u razdoblju od 15 godina (1971.-1985.) sadržaj šećera u repi je u prosjeku porastao s 16.9 na 18.5%, a smanjena je istovremena gnojidbena doza dušika s prosječno 200 na 60-80 kg/ha (*Wiklicki, 1988.*).

U Hrvatskoj se EUF metoda prije rata koristila jedino u tvornici šećera Branjin Vrh (PIK Belje) u razdoblju 1982.-1991. god. i to uglavnom u ishrani i gnojidbi šećerne repe. U bivšoj Jugoslaviji još su jedino tvornica šećera u Ormožu (Slovenija) i Vrbasu (Vojvodina) primjenjivala isti sustav za određivanje gnojidbe.

Nakon okupacije Baranje (22. kolovoza 1991.) prestaje svaki rad na kontroli plodnosti tla EUF metodom, da bi 1993. IPK Osijek (PZC) stavio u funkciju svoju EUF opremu (četiri ekstraktora s 10-kanalnim auto analizatorom, nabavljenu 1989. god.) za planiranje gnojidbe šećerne repe. Do 1994. godine u Hrvatskoj je EUF-metodom analizirano 41218 ha oranica (15210 uzoraka) i to 25505 ha u PIK „Belje“, 11466 ha Čakovec-Varaždin-Ludbreg (analize rađene u Ormožu), 2990 ha Holding IPK Osijek, 1363 ha PK „Kutjevo“ i 894 ha PP Orahovica i 127 ha vinograda (*Dropulić, Laktić, Vukadinović, Bertić.*).

Prve analize u vinogradima EUF ekstrakcijom obavljene su 1974. godine, a prvi rezultati iz Mađarske objavljeni su 1982. godine (*Eifert et al., 1982., Nemeth et al, 1983.*). Rad se nastavlja u njemačkim vinogradima od 1984. godine, s naglaskom na EUF NO<sub>3</sub><sup>-</sup> i N<sub>org</sub> (*Müller und Nemeth, 1987.*), a zatim uz dušik i ostale elemente, pri čemu se utvrđuju odnosi između teže i lakše frakcije elemenata, te traže korelacije između hraniva u tlu (dubina 0-30 i 30-60 cm) i istih elemenata u biljnom tkivu.

Hrvatska industrija šećera (CROS) zajedno s firmom DEMD i stručnim timom za primjenu EUF metode u proizvodnji šećerne repe izradili su Program rada na unapređenju šećerne repe, koji se provodio od 1993.



Slika 1. Shema rada EUF aparata

do 1998. god. Osim EUF metode program je obuhvaćao i primjenu  $N_{min}$  metode za gnojidbu šećerne repe dušikom.

### 3. Princip EUF metode

EUF je skraćenica nastala iz kombinacije koja opisuje tehniku primijenjene metode: elektrodijaliza + ultrafiltracija. Elementi ishrane (biljna hraniva) koji se određuju izdvajaju se iz otopine u obliku iona (kationa i aniona). Promjenom temperature i napona struje u suspenziji tlo-voda izdvajaju se iz tla slabije ili čvršće vezani elementi ishrane.

Ekstrakcijski medij je destilirana voda, a tijekom ekstrakcije pod utjecajem električnog polja (istosmjerna struje) iz suspenzije se na anodi i katodi izdvajaju različito nabijeni ioni i čestice. Ovim postupkom izdvaja se iz tla prvo lako pristupačni dio hraniva, a zatim čvršće

vezana frakcija hraniva, koja se u tijeku vegetacije postepeno mobilizira. U sustav se ne unose kemikalije kao kod klasičnih postupaka ekstrakcije, tako da koncentracije hraniva koje se utvrde EUF-om bolje odgovaraju onima koje su stvarno biljci pristupačne (premda biljka ne usvaja hraniva uz pomoć električne struje).

Za potrebe gnojidbe koriste se rezultati iz dva ekstrakta i označavaju se kao EUF<sub>20</sub> i EUF<sub>80</sub>. Međutim, u istraživačkom radu temperatura se može mijenjati od 20 do 80 °C, a napon struje 200-400 V, tako da su u tom slučaju rezultati analize prikazani trendom, imaju vremensku dimenziju i izraženi u mg/100 g tla u jedinici vremena ekstrakcije, naravno za dati napona i jačinu struje te temperaturu.

Za vrijeme ekstrakcije pozitivno nabijeni ioni ( $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) putuju do katode, a negativno nabijeni ioni (anioni,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $BO_3^{3-}$  itd.) prema anodi. Uz pomoć kontinuiranog protoka vode ioni se izdvajaju uvijek u istoj količini vode.

Izborom vremena trajanja i uvjeta ekstrakcije moguće je jednom ekstrakcijom dobiti više frakcija hraniva, ali to treba znati ispravno interpretirati. Npr., brzina desorpcije kalija ovisi kako od sadržaja gline, tako i tipa sekundarnih minerala koji ju čine. Stoga se prema količini desorbiranog kalija može odrediti o svojstvima gline (sadržaj selektivno vezanih minerala ovisi o mogućnosti sorpcije ili fiksacije na unutrašnjim, međulamelarnim prostorima alumosilikata, odnosno gline), što je važno za određivanje gnojidbene doze kalija (Nemeth, 1976., 1979.).

#### 3.1. Analiza elemenata ishrane u EUF filtratima

Otopine koje se izdvajaju u prostoru anode i katode su bistre, jer su prošle kroz ultrafilter i filter papir te se određivanje elemenata može obaviti svim poznatim analitičkim metodama (emisiona spektrofotometrija, AAS, plazma, spektrofotometar, ionometar, kolorimetar). Dio elemenata ostaje vezan uz glinu, pa se katodni talog mora posebno otapati, a nakon toga analitički obraditi. Za otapanje taloga u početku se po uputama proizvođača opreme koristio natrijev komplekson, ali se u praksi pokazalo da je kvantitativno otapanje bolje u 0.1 N HCl, jer se dobiju viši i reproduktivniji rezultati. Ovim postupkom su šećerane od 1979. godine određivale Zn, Mn, Fe i kationski Mg.

Kod serijskih analiza, uz EUF najčešće se koristi kombinacija auto analizatora i AAS. U EUF ekstraktu i uglavnom se mjere slijedeći elementi: Ca, K, Mg, Na, Mn, Zn, Fe, P, Cl, S i B. Dušik se određuje u nekoliko oblika:  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$  i lako topive organske frakcije do molekularne mase 20.000. Za određivanje pH reakcije tla i sadržaja humusa koriste se standardne metode. Također, uz EUF se često koristi i mehanička analiza, a pred sjetvu u proljeće status dušika se često provjerava  $N_{min}$  metodom.

### 3.2. Određivanje raspoloživih hraniva u tlu

U konvencionalnim analitičkim metodama za tlo koriste se različiti ekstraktanti, kao npr. AL, DL, CAL, HCl, NH<sub>4</sub>-acetat, CaCl<sub>2</sub> itd. Ovisno o ekstrakcijskoj sposobnosti sredstva, iz tla se izdvajaju različite količine elemenata, a rezultati se izražavaju u mg/100 g tla ili mg/dm<sup>3</sup> otopine. Budući da bioraspoloživost hraniva ovisi o svojstvima tla (količina gline, vrsta gline, pH, sadržaj organske tvari) i jačine ekstrakcijske otopine, usvajanju mikroorganizmima, korovima i usjevima, ona se tijekom vegetacije znatno mijenja. Kako je sve manje mobilnih hraniva u vodenoj fazi tla, ona se nadoknađuju iz izmjenjivo vezanih, a ova pak puno sporije iz mobilnih rezervi tla (vrlo često sporije od potrebe biljaka) i možemo ih smatrati „potencijalno“ pristupačnim. Zato se EUF-om određena hraniva ponekad izražavaju u mg/100 g tla/vremenska jedinica, jer se kombinacijom napona struje i temperature dobiva *dinamika* otpuštanja elemenata. EUF frakcija koja dobro ocrtava bioraspoloživost hraniva je ona dobivena na 20°C i 200 V (*Nemeth 1976., 1979., Nemeth i Wiklicky 1980.*).

### 3.3. Interpretacija rezultata EUF analize za potrebe šećerne repe

Za tumačenje rezultata analize tla dobivene EUF-om potrebno je znati potencijal prinosa ispitivanog područja. U našim uvjetima to je 50-80 t šećerne repe/ha ili 7-10 t/ha šećera.

### 3.4. Primjena EUF metode u gnojidbi dušikom

Višegodišnja ispitivanja provedena u Tulnu (Austrija) pokazala su da se uz redukciju gnojidbe može ostvariti povećanje prinosa šećera te smanjenje troškova proizvodnje. Na II međunarodnom EUF-simpoziju u Budimpešti (1984.) zaključeno je da je uvođenje EUF postupka u Austriji, Njemačkoj, Irskoj, Mađarskoj i bivšoj Jugoslaviji značajno pridonijelo optimalizaciji gnojidbe šećerne repe (*Németh, 1988.*). EUF metoda može se primijeniti i u gnojidbi drugih kultura kao što su žitarice, kukuruz, krumpir i vinova loza, što je bila je tema III međunarodnog EUF-simpozija održanog u Mannheimu.

Rezultati istraživanja pokazuju da je u klimatskim uvjetima zapadne i srednje Europe naročito kritična opskrba repe dušikom tijekom ljetnih mjeseci (svibanj-rujan) jer određuje prinos i kakvoću korijena, a ustanovljena je uska veza između EUF-N u oraničnom sloju i  $\alpha$ -amino dušika. Ispitivanja pokazuju da je kod sadržaja EUF-N od 2.4 mg/100 g tla u ožujku usvajanje šećernom repom 125 kg N/ha, pri čemu se akumulira 6.7 t/ha šećera (*Németh et al., 1987.*). Šećerna repa koristi obje frakcije dušika (EUF-NO<sub>3</sub> i EUF-N<sub>org</sub>).

Sadržaj EUF-NO<sub>3</sub> važniji je kod određivanja potrebe u N za žitarice negoli za okopavine. Višegodišnji poljski pokusi pokazuju da 1 mg EUF-NO<sub>3</sub> u oraničnom sloju pod žitaricama tijekom ljeta odgovara otprilike 30 kg N/ha u slijedećoj godini za šećernu repu. Da bi se osigurao dovoljan broj klasova, pri niskom do srednjem sadržaju EUF-N<sub>org</sub> (2.5-3.5 mg) treba biti dovoljno EUF-NO<sub>3</sub> (1.5 mg/100 g tla, *Németh, 1988.b.*).

1981. godine razvijena je metoda za određivanje lako topive frakcije organskog dušika (N<sub>org</sub>) u EUF ekstraktima. Od ukupne količine organskog dušika u obradivim tlima N<sub>org</sub> predstavlja vrlo mali dio (1-3%), međutim ta frakcija ima najveći značaj jer predstavlja lako mineralizirajući dušik tla. Stoga, izrazita moć sorpcije iona i sposobnost humusa da stupa u različite reakcije s mineralnom frakcijom tla, osigurava organskoj tvari prvorazredan značaj u poboljšanju pufernih svojstava tla, regulirajući ravnotežu između iona u vodenoj fazi tla i onih koji su izmjenljivo vezani na koloidnim česticama tla.

Rezerve dušika u tlu su samo u formi organske tvari, humus, a znatno manje to su žetveni ostaci, organski gnoj ili siderati. Smatra se da poljoprivredna tla našeg klimata (srednja Europa) sadrže u zoni korijena rezerve od 2000 do 4000 kg N/ha (~2% humusa na 4.5 mil kg tla/ha uz ~5% N u humusu = 4.500 kg N/ha, što uz 1% god. N-mineralizacije iznosi 45 kg N iz rezervi tla. Najveći dio organske tvari u tlu je stabilni humus uskog C:N omjera i mikroorganizmi ga gotovo ne razgrađuju. Ne humusne tvari, kao što su žetveni ostaci, mikrobiološka masa i organski gnoj, koji imaju puno širi omjer C:N (malo dušika, ali puno energije potrebne mikroorganizmima) lakše se razgrađuju. *Horn und Németh (1991.)* ispitivali su utjecaj sadržaja humusa na EUF frakcije dušika (N<sub>org</sub> i NO<sub>3</sub>-N) te N<sub>org</sub>-Q (EUF-N<sub>org</sub>-II/EUF-N<sub>org</sub>-I) na 93 lokaliteta. Nitratni dušik, kao i N<sub>org</sub> pokazali su pozitivne korelacijske veze prema humusu, a jačina veze je jača u multiploj regresijskoj analizi uz

uključenje  $N_{org-Q}$ . Najčvršća veza nitrata s humusom utvrđena je kod uzorkovanja tla u studenom.  $N_{org}$  je čvršće korelirao s humusom od nitrata, čak i u II-III mjesecu jer zimske padaline nisu utjecale na sadržaj  $N_{org}$  za razliku od nitrata koji podliježu ispiranju.

Između  $N_{org}$  i EUF-Ca postoji čvrsta korelacija (Németh *et al.*, 1991.), jer su tla bogata kalcijem s više lako mobilne frakcije dušika prema kiselim tlima. Na lakom tlu sjeverozapadne Njemačke s visokim sadržajem humusa (3.2-5.2 %) ustanovljena je veza između sadržaja humusa i aminokiselina u obje EUF frakcije  $N_{org}$  koju čine dušični spojevi molekulske mase do 20 000. Prema Wiklicky und Németh (1981.), 1 mg EUF- $N_{org}$ /100 g tla odgovara količini od 50 kg N/ha u prosjeku, pa do 70-80 kg N na dubokim černozemima.

Pored analiziranih frakcija EUF-N u proračunu gnojidbe koristi se i EUF- $N_{org-Q}$  (omjer frakcija Norg-II i Norg-I) koji je usko povezan sa sadržajem humusa i kalcija i oscilira između 0,4 i 0,7. Prema Németh-u niskom vrijednošću smatra se 0,3, a visokom 0,8. Visoki EUF- $N_{org-Q}$  veže se s povećanom mineralizacijom i obrnuto. Frakcija  $N_{org-II}$  predstavlja specifičan potencijal dušika koji se korištenjem tla može tek dugoročno promijeniti, dok se  $N_{org-I}$  lako mijenja uslijed gnojidbe dušikom. S povećanim udjelom frakcije  $N_{org-II}$  (veći  $N_{org-Q}$ ), raste i naknadno oslobađanje dušika.

Veći broj istraživača uspoređivao je EUF metodu s drugim ekstrakcijskim metodama, a najčešće su komparirani rezultati analize dušika  $N_{min}$  i EUF-metodom. Prema Mengel (1982.),  $N_{min}$  metoda ne obuhvaća količine nitrata koje će biti stvorene mikrobiološkom aktivnošću tijekom vegetacije. Naime,  $N_{min}$  metoda za ozima žita uzima u obzir samo mineralne oblike dušika u tlu (iz gnojidbe i rezidualni što je korektno jer zimi nema N-mineralizacije), dok se za jare usjeve procjenjuje mineralizacija organske tvari za period vegetacije konkretnog usjeva, što je prema Mengeleu (1991.) samo orijentacijska vrijednost (koja ovisi najviše od vremenski i zemljišnih uvjeta). Osnovni nedostatak  $N_{min}$  metode, zbog koje je relativno slabo prihvaćena kod farmera u južnim dijelovima Njemačke, je vrijeme uzorkovanja tla koje se vrši do dubine od 90 cm u kratkom vremenskom periodu u rano proljeće. Međutim, usporedba  $N_{min}$  i EUF metode, pokazuje da je  $N_{min}$  pouzdana i reproducibilna. U cilju poboljšanja praktičnosti kod  $N_{min}$  metode Olf (1995.) preporučuje analiziranje tla do 60 cm dubine te preračunavanje količine mineralnog dušika na uobičajenu dubinu i kombinaciju  $N_{min}$  analize s kompjutorskom simulacijom dinamike dušika.

Kao nedostatke kod  $N_{min}$  metode navodi se nepraktičnost uzimanja uzoraka i kratko vrijeme od izvođenja analize do primjene preporuke za gnojidbu, a kod EUF metode velika varijabilnost rezultata, naročito na glinastim tlima. S druge strane, rezultati Appel und Steffens (1988.) pokazuju podjednake korelacije kod obje metode između sadržaja organskog dušika i njegovog usvajanja.

Više biljke usvajaju dušik iz tla uglavnom u obliku  $NO_3^-$  i  $NH_4^+$ , koji su u tlu porijeklom iz mineralnih gnojiva i organskih rezervi. Dio  $NH_4^+$  iona može se fiksirati u međulamelarne prostore sekundarnih glinenih minerala (jednako kao kalij) ili desorbirati s kompleksa adsorpcije (Scharer i Mengel, 1979.).

Za određivanje gnojidbene preporuke potrebno je analizom odrediti koncentraciju  $NH_4^+$  i  $NO_3^-$  u otopini tla (Scharff 1977.), odrediti sadržaj nisko molekularni N spojeva, te brzinu desorpcije  $NH_4^+$  iona na katodi. Organski dušik se dakle izdvaja i na katodi i na anodi, a jedan dio tih frakcija su aminokiseline i drugi niskomolekularni N-spojevi.  $NH_4^+$  i  $NO_3^-$  određuju se bojenim metodama (na auto analizatoru ili spektrofotometru), a organski vezani dušik standardnom Kjeldahl metodom, koja zahtjeva više vremena. Neki analitičari predlagali su da se organski vezani N ne reducira do  $NH_3$  zbog Kjeldahl-metode, već da se oksidira do  $NO_3^-$  (npr. po bakrenim granulama cinka) i tada spektrofotometrijski odredi. Isti postupak predložen je i za fiksirani  $NH_4^+$ . Tim postupkom analiza je brža i ima učinak 30 uzoraka na sat.

#### 3.4.1. Gnojidba šećerne repe prema EUF-N analizi

Za potencijalni prinos 9-10 t/ha šećernoj repi teoretski treba 220-250 kg/ha N. Dio tog dušika oslobađa se iz tla procesom mineralizacije, čiji intenzitet ovisi o količini organskih rezervi u tlu i uvjeta za životnu aktivnost mikroorganizama. Ostali dio dušika treba podmiriti gnojidbom. Obzirom na širok raspon količina N koje se dobivaju mineralizacijom, dinamiku dušika je teško precizno odrediti. Najveće količine N repa usvaja u razdoblju lipanj-srpanj.

Rezultati mnogih poljskih vegetacijskih pokusa pokazali su da u rezultatu analize 1mg N/100 g tla mjeren kao EUF-  $NO_3^-$  predstavlja rezervu od 30 kg/ha N. Organska EUF-N frakcija (EUF-N bez EUF-  $NO_3^-$ ) se procjenjuje s 50 kg/ha N za 1 mg EUF-N/100g tla.

Dušik se u EUF analizi definira utvrđenom koncentracijom nitratnog dušika i organski vezanim dušikom. EUF-Norg je pokazatelj mikrobiološke aktivnosti tla, koji ovisi o sadržaju organske tvari u tlu i snabdjevenosti tla ostalim biogenim elementima potrebnim za aktivnost mikroorganizama. Za dobru plodnost tla potrebno je  $> 1.8 \text{ mg}/100 \text{ g EUF-N}_{\text{org}}$ .

Vrijednost preko  $2.5 \text{ EUF-N}_{\text{org}}$  smatra se previsokom za šećernu repu, jer u tim uvjetima može doći do jake mineralizacije i „luksuzne“ ishrane šećerne repe dušikom uz izraženu retrovegetaciju u jesen. Analiza sirovinskog područja 3 hrvatske šećerane pokazala je na području Virovitice prosječno 1.7, na području Osijeka 1.8 i Županje 2.3  $\text{mg}/100 \text{ g EUF-N}_{\text{org}}$ .

Iz rezultata EUF-N može se prognozirati mineralizacija N na slijedeći način:

$\text{EUF-NO}_3 \text{ mg N}/100 \text{ g tla} \times 30$

$\text{EUF-N bez EUF-NO}_3 \text{ mg N}/100 \text{ g tla} \times 50$

### 3.5. Primjena EUF metode u gnojidbi kalijem

#### 3.5.1. Snabdjevenost tla kalijem

Za tumačenje rezultata raspoloživosti kalija u tlu koriste se obje frakcije dobivene EUF-om. Prema odnosu  $\text{EUF}_{80}/\text{EUF}_{20}$  dobiva se kvocijent EUF-QK. Što je QK veći, veće su zalihe K vezanog selektivno vezujućim mineralima gline, što znači da će i uz niže koncentracije EUF-K<sub>2</sub>O tlo moći dobro snabdjevati biljku duže vegetacije dovoljnim količinama kalija.

Na I međunarodnom kongresu o EUF-u, održanom u Budimpešti 1981. godine dogovoreno je da bi optimalna koncentracija EUF-K<sub>2</sub>O trebala iznositi 9-15  $\text{mg K}/100 \text{ g tla}$ . Na proizvodnom području tri hrvatske šećerane EUF-K je između 12-15  $\text{mg}/100 \text{ g tla}$ , pri čemu se EUF-QK kretao od 0.3-0.7. Prosječna vrijednost EUF-K<sub>2</sub>O za cijelo područje bila je 7.7  $\text{mg}/100 \text{ g tla}$ .

#### 3.5.2. Potreba kalija za šećernu repu

Doza kalija potrebna za gnojidbu šećerne repe ovisi o količini selektivno vezujućih minerala gline u tlu, te zastupljenosti drugih kationa (prvenstveno Ca i Mg) na kompleksu adsorpcije. Kada je u tlu mala količina gline (pjeskovita tla) ili glina nema sposobnost fiksacije kalija (kaolinit, koji je raširen u tropskim krajevima), desorpcija K u EUF analizi teče vrlo brzo. Zato se već u prvoj frakciji dobivaju puno više koncentracije EUF-K u ekstraktu nego u frakciji pri 80°C i trajanju 30-35 minuta. Često ta frakcija nema izdvojenog K u otopinu.

Kod izračunavanja treba uzeti u obzir da 30  $\text{kg}/\text{ha}$  K u gnojidbi podiže koncentraciju EUF-K u prvoj frakciji za 1.0  $\text{mg}/100 \text{ g tla}$ . Selektivno vezani K se lako izvlači EUF ekstrakcijom. Odnos EUF-K u prvoj i EUF-K u drugoj frakciji ovisi o kapacitetu tla za fiksaciju K i može biti 1:1 kod tala visokog kapaciteta do 4:1 kod lakših tala.

Tla se prema tim svojstvima mogu podijeliti u dvije grupe:

odnos  $\text{EUF-K}/20^\circ\text{C}:\text{EUF-K}/80^\circ\text{C} \geq 4:1$  (nema K u drugoj frakciji)

odnos  $\text{EUF-K}/20^\circ\text{C}:\text{EUF-K}/80^\circ\text{C} < 4:1$  (prisutan K u drugoj frakciji)

Prema rezultatima petogodišnjih pokusa, za postizanje prinosa šećerne repe od 9-10  $\text{t}/\text{ha}$ , sadržaj EUF-K mora biti na razini 10-20  $\text{mg}/100 \text{ g tla}$  za frakciju kod 20°C kroz 30 minuta.

Rezultati EUF-K od 20  $\text{mg}/100 \text{ g}$  dobivaju se u uvjetima kada je suma EUF Ca+EUF-Mg na 20°C/30 min. preko 80  $\text{mg}/100 \text{ g tla}$ . Tada je kvocijent  $\text{EUF-K}/(\text{EUF-Ca}+\text{EUF-Mg})$  u istim uvjetima manji od 0.2. Visoke koncentracije zemno alkalnih metala Ca i Mg u tlu mogu antagonistički utjecati na usvajanje kalija, posebice kod tala slabije opskrbljenim kalijem.

Vrijednost od 20  $\text{mg}/100 \text{ g EUF-K}$  odgovara koncentraciji otopine tla 1  $\text{mmol K}/\text{dm}^3$  i osigurava dobru ishranu šećerne repe ovim elementom.

Prema rezultatima poljskih pokusa, u nekim uvjetima u tlu vrijednost od 10 mg/100 g tla EUF-K (frakcija na 20°C kroz 30 min.) također može osigurati dobru ishranjenost repe i prinos šećera 9-10 t/ha. To pokazuje da prva frakcija kalija na EUF-u nije dovoljan parametar za procjenu rezervi K u tlu koji repa može usvojiti tijekom vegetacije. Ti rezultati su slični onima koji se dobiju klasičnim ekstrakcijama slabim reagensima, kao što su H<sub>2</sub>O ili CaCl<sub>2</sub>.

Također, dobar pokazatelj zaliha K u tlu je frakcija kod 80°C i 400 V. Zato se kod analitičkog postupka nakon prve ekstrakcije (20°C i 200 V) proces nastavlja daljnjih 5 minuta na 80°C i 400 V. Time se dobije korekcija rezultata koje daje samo prva ekstrakcija, jer kod viših vrijednosti K u drugoj frakciji, niže su vrijednosti za optimalnu koncentraciju K u tlu u prvoj frakciji. Na to utječe i odnos EUF-K/(EUF-Ca + EUF-Mg). To znači da su pri istim zalihama K (druga frakcija) kod višeg kvocijenta optimalne vrijednost K u prvoj frakciji niže (jer su niže koncentracije Ca i Mg).

Kombinacijom EUF-K u dvije frakcije i kvocijenta K/Ca+Mg vrijednosti može se status kalija u tlu pouzdanije definirati. Tako se dobila relacija koja dobro prognozira K na temelju rezultata Ca i Mg i glasi:

$$\text{EUF-K (20°C)} = 0.2 \times (\text{EUF Ca} + \text{EUF-Mg}).$$

Ova relacija može se koristiti sama za teška, a ne i za laka tla. Kod lakih tala, koja nemaju kapacitet vezanja K, rezultati prve EUF frakcije trebali bi biti iznad 20 mg/100 g tla (na 20°C kroz 30 min).

### 3.6. EUF Ca i Mg

U dobrim uvjetima za proizvodnju šećerne repe u prvoj frakciji bi vrijednosti Ca trebale bi biti 50-60 mg/100 g. U svakom slučaju, treba paziti da odnos (kvocijent) EUF-K/EUF(Ca+Mg) ne padne ispod 0.2.

Prema rezultatima poljskih pokusa optimalna razina Mg u tlu je 4-5 mg Mg/100 g tla pri ekstrakciji 35 minuta. Tla s visokim sadržajem EUF-Ca nisu pokazivala utjecaj na usvajanje Mg šećernom repom.

### 3.7. Određivanje sadržaja „aktivne gline“ (selektivno vezujuće gline ili SVG)

Sadržaj aktivne gline određuje se računski, indirektno iz podataka EUF analize, a prema analizama tla, na sirovinsko području hrvatskih šećerana, kreće se 20-40%. Vrsta i količina selektivnih minerala u tlu definiraju brzinu desorpcije K u EUF-ekstrakciji. Posredno se sadržaj K-selektivnih minerala može izračunati iz rezultata K u frakcijama. Za izračun je potrebno znati: 1. EUF-K (200 V i 20°C 0-30 min.), 2. EUF-K (400 V i 80°C 30-35 min.) i 3. odnos EUF-K-80°C/EUF-K-20°C. Ove vrijednosti daju krivulju regresije iz koje se može očitati sadržaj SVG, od 5-40% ili se, uz manju točnost, može koristiti originalni Nemethov nomogram.

Uz pomoć EUF frakcija ne može se odrediti mehanički sastav tla, već samo procijeniti količina minerala koja ima sposobnost fiksacije K u međulamelarnim prostorima. Ti minerali utječu na snabdjevanje biljke kalijem jer mogu privremeno vezati i K dodan gnojidbom i tako smanjiti efikasnost gnojidbe. Sadržaj K određen EUF analizom u tlima umjerenog klimata dobro korelira sa rezervama K vezanim u SVG.

### 3.8. Izračunavanje potrebe K gnojiva

Tablica 1. Potrebe K gnojiva u ovisnosti od sadržaja K selektivnih minerala

EUF-K I mg/100g	Količina K <sub>2</sub> O kg/ha kod različitih sadržaja SVG			
	10%	10-20%	20-30%	30-40%
1	200	300	500	900
2	150	250	300	600
3	10	150	200	400
4	80	130	200	300
5	80	100	150	250
6	50	100	150	200
7	50	80	150	150



8	40	90	110	150
9	40	70	100	100
10	40	70	90	100
11	30	60	80	100
12	30	60	70	80
13	30	50	60	60
14	30	50	50	50
15	30	40	50	50
16	30	40	40	50
17	30	40	40	40
18	30	30	30	40
19	30	30	30	30
20	30	30	30	30

Koeficijent za preračunavanje EUF-K vrijednosti iz sume Ca i Mg je različit i ovisi o sumi Ca i Mg, prema slijedećoj relaciji:

Kada je suma (Ca+Mg) iona > 40, koeficijent je	0.20	
Kada je suma (Ca+Mg) iona 35-40, koeficijent je		0.25
Kada je suma (Ca+Mg) iona manja od 35, koeficijent je	0.30	

Kod nižih vrijednosti koeficijenta gnojidba kalijem je veća. Pri proračunu treba voditi računa i o dubini tla (plitka, srednja i duboka), te o korištenju organskih gnojiva, gdje se učešće K može približno izračunati.

### 3.9. Snabdjevenost tla fosforom

Optimalne koncentracije fosfora u tlu definirane su kao i za kalij na kongresu o EUFu u Budimpešti 1981. godine. Prema toj procjeni fosfor je optimalno pristupačan usjevima kada su vrijednosti dobivene u prvoj frakciji EUF-P<sub>20</sub> u rasponu 1.5-2.5 mg/100 g tla.

Višegodišnja ispitivanja EUF-P na proizvodnim područjima hrvatskih šećerana pokazala su da je prosječni EUF-P-20 u tim tlima iznosio 1.47 mg/100 g tla, a najniži je na području Virovitice. Kvocijent EUF-P-80°/EUF-P-20 kretao se između 0.4 i 0.6.

#### 3.9.1. Potreba fosfora

Za podizanje vrijednosti EUF-P u tlu moraju se osim ekstrakcijom utvrđenih koncentracija znati i svojstva tla. Na biopristupačnost fosfora ponajviše utječe pH, sadržaj teških metala i sadržaj gline u tlu. Kod pH (KCl) vrijednosti >6.0 i <7.5 (optimalni pH) dovoljno je za određivanje gnojidbe uzeti u obzir samo sadržaj gline. Potreba za gnojdbom obrnuto je proporcionalna vrijednostima EUF-P u prvoj frakciji.

Prema vrijednostima prve frakcije EUF-P može se izračunati učešće druge (80°C) frakcije EUF-P i obrnuto. Kada se prema učešću II frakcije (80°C) izračunava vrijednost I frakcije (20°C), odnos je slijedeći:

> 50 % učešća	2.0 mg/100 g EUF-P
50-60	1.9
60-70	1.8
70-80	1.7
80-90	1.6
90-100	1.5

Kod određivanja gnojidbenih doza, kao i kod kalija, treba uzeti u obzir dubinu soluma, primjenu organskih gnojiva i željenu razinu bio pristupačnog fosfora u otopini tla. Prema rezultatima poljskih gnojidbenih pokusa gornja granica gnojidbene doze za naše područje je 200 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

### 3.9.2. Primjena EUF metode u gnojidbi fosforom

Prema rezultatima provedenih pokusa za prinos šećera od 9-10 t/ha rezultati EUF-P trebali bi biti 1.5-2.0 mg/100 g tla P u prvoj frakciji. Kada rezultati druge frakcije (5 min ekstrakcije nakon prve koja traje 30 min) pokazuju preko 1.0 mg P/100 g tla, onda je u prvoj frakciji dovoljno imati 1.0 mg P/100 g tla. Ove relacije je potrebno znati radi određivanja gnojidbe.

### 3.10. Snabdjevenost tla kalcijem

Prema rezultatima istraživanja *Nemetha (1981.)*, tla dobro opskrbljena kalcijem su ona koja sadrže 40 mg/100 g EUF-Ca<sub>20</sub>. Tla s nižim sadržajem od navedenog treba kalcizirati. Analize tla na našem sirovinskom području našem području pokazuju da preko 70% kontroliranih površina zadovoljava taj kriterij. Kod rezultata nižih od 30 mg/100 g, ovisno o sadržaju gline, treba kalcizirati s 1-3 t/ha CaO.

Novija ispitivanja navode da frakcija EUF-Ca<sub>80</sub> bolje definira sadržaj Ca u tlu (*Nemeth 1995.*), jer korelira sa sadržajem CaCO<sub>3</sub> u tlu. Kalcij uz pH regulira i povoljnu strukturu tla, smanjuje toksičnost teških metala u tlu i pozitivno utječe na vodo-zračne odnose. Za tla s 20-40 % gline (područje hrvatskih šećerana) EUF-Ca<sub>80</sub> trebao bi biti >40 mg/100 g. Rezultati analize nažalost pokazuju da samo 14 % površina odgovara tom odnosu, dok većina tala ima EUF-Ca<sub>80</sub> nižu od 15 mg/100 g tla.

#### 3.10.1. Potreba kalcija

Problem uspješne biljne proizvodnje na kiselim tlima vezan je uz prisustvo reduciranih oblika teških metala, koji u većim koncentracijama mogu biti toksični za biljke (Al, Fe, Mn itd.). U pokusima na hranjivim otopinama dokazano je da uz niske koncentracije ovih elemenata biljke dobro podnose niže pH vrijednosti. Najveću toksičnost imaju slobodni ili slabo adsorbirani teški metali. Nedovoljnom snabdjevenošću kalcijem smatra se 45-50 mg/100 g tla EUF-Ca kod 20°C i 200 V. U tim uvjetima može se naći toksična količina teških metala u tlu. U većini tala sadržaj teških metala raste s porastom sadržaja gline u tlu. Kada su rezerve Ca u tlu niske, redovito se preporuča analiza sadržaja teških metala.

Na području Slavonije utvrđene su visoke EUF-Mn vrijednosti (više od 1 ppm), a *Nemeth i Wiklicky* utvrdili su negativnu korelaciju između sadržaja šećera u repi i EUF-Mn u tlu.

Za izračun potrebe u kalcizaciji razvijen je niz metoda, od kojih neke uvažavaju samo pH tla, neke sadržaj gline u tlu ili kombinaciju parametara. Kod EUF metode na izračun Ca utječe i koncentracija teških metala u tlu. Uzima se da je kalcizacija potrebna u uvjetima kada je Ca prve frakcije 45-50 mg/100 g tla i Mn preko 1 ppm. Ti rezultati ukazuju i na redukcijske uvjete u tlu, a potrebe za Ca su tada veće.

### 3.11. Snabdjevenost tla magnezijem

Magnezij pristupačan za usjev je definiran koncentracijom EUF-Mg<sub>20</sub>, te magnezijem koji se za vrijeme ekstrakcije izluči na katodi (EUF-Mg<sub>kat.</sub>). Zbroj ove dvije frakcije mora biti veći od 4 mg/100 g tla da bi zadovoljio potrebe šećerne repe. Na našem sirovinskom području utvrđen je manjak Mg na približno 10 % analiziranih uzoraka, a većina površina dobro je opskrbljena ovim elementom.

### 3.12. Sadržaj natrija u tlu

Natrij spada u korisne elemente i smatra se da pospješuje rast šećerne repe (*Kastori, 1983.*). Istraživanja na području Baranje (Branjin Vrh) i Vojvodine (Vrbaš) ukazuju na antagonizam natrija prema kaliju, što negativno utječe na kvalitetu šećerne repe i smanjuje prinos šećera po hektaru.

Natrij se kao kation veže uz kompleks adsorpcije tla, lako se otapa i ispire. Zato se obično nalazi u dubljim slojevima tla i u podzemnim vodama. Ascendentnim tokovima vode može biti prenesen u gornje slojeve.

Na ispitivanom području Hrvatske najviša prosječna koncentracija natrija utvrđena je na Virovitičkom području (6.2 mg/100 g tla EUF-Na), a najniža na Osječkom (3.5 mg/100 g tla).

### 3.13. Mikroelementi u tlu

EUF ekstrakcijom mogu se odrediti svi biogeni mikroelementi, dio kao kationi, a dio anioni. Obzirom na slabo ekstrakcijsko sredstvo (destilirana voda), koncentracije ovih elemenata u otopini su vrlo niske, a interpretacija rezultata obavlja se prema slijedećim vrijednostima:

Optimalna koncentracija EUF-Mn: 0.7-1 ppm

Optimalna koncentracija Zn približno: 0.5 ppm

Optimalna koncentracija Fe je približno: 1 ppm

EUF ekstrakcija mikroelemenata nastojala se poboljšati korištenjem drugih ekstraktanata osim destilirane vode i dobiveni su pozitivni pomaci u reproducibilnosti. Tako se za pristupačni mangan dobrom pokazala ekstrakcija uz primjenu 0.05 M otopine  $H_3BO_3$  (Bertić, Čumakov, Manojlović, 1985.).

Tablica 2. Pregled površina (ha) prema koncentraciji mikroelemenata u destiliranoj vodi

Područje	Fe ppm			Mn ppm			Zn ppm	
	<0.5	0.5-1.0	>1.0	<0.5	0.5-1.0	>1.0	<0.5	>0.5
Osijek	0	117.8	301	22.5	249.8	146.5	105.9	312.9
Virovitica	25.0	40.7	166.5	71.4	154.1	6.7	111.3	120.9
Županja	3.0	146.6	293.3	173.2	162.4	107.3	226.7	216.2
CROS	28.0	305.1	760.8	267.1	566.3	260.5	443.9	650.0

Bor je od svih mikroelemenata najviše istražen, jer je važan za proizvodnju kvalitetna šećerne repe. U šećerani Branjin Vrh koristile su se vrijednosti koje uzimaju u obzir i pH tla, na slijedeći način:

Tablica 3. Odnos pH tla i koncentracije pristupačnog bora u tlu

pH <sub>KCl</sub>	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
Potrebna konc. B ppm	0.3-0.5	0.4-0.6	0.5-0.7	0.6-0.9	0.7-0.9

Prosječne vrijednosti EUF-B bile su 0.33 ppm u Osijeku, 0.41 ppm u Virovitici i 0.43 ppm u Županji.

#### 4. Rezultati kontrole plodnosti tla sirovinskog područja šećerana EUF metodom

Prema podacima iz 1996. i 1997. godine sačinjen je pregled plodnosti obuhvaćenih površina. EUF analize na području hrvatskih šećerana ukazuju na variranja vrijednosti pojedinih parametara, te na razlike opskrbljenosti tla seljačkih i parcela u vlasništvu velikih proizvođača. Sve to ukazuje na potrebu složenijeg pristupa kod određivanja gnojidbe, jer se svaka parcela mora obraditi izdvojeno, uvažavajući njene specifičnosti.

Općenito, većina tala sirovinskog područja oskudijeva u kaliju, ali je on u većim rezervna nađen u tlima bivšeg društvenog sektora (veća ulaganja u mineralnu gnojidbu) negoli na privatnim posjedima. Nasuprot tomu, seljačke parcele su bogatije humusom, imaju više EUF-N<sub>org</sub> i viši sadržaj EUF-Ca, dakle bolju biogenost (mikrobiološku aktivnost) i plodnost. Snabdjevenost tala fosforom, u prosjeku je osrednja.

Tablica 4. Osnovni pokazatelji svojstava tla sirovinskog područja u 1995 godini (1093 ha)

Područje	ha	EUF-K20 mg/100	EUF-P20 mg/100	EUF N <sub>org</sub> mg/100	EUF-Ca20 mg/100	EUF-Ca80 mg/100	Humus %
Društveno	262.3	6.1	1.46	2.5	27.9	24.9	2.5
Privatno	831.6	8.2	1.51	1.8	22.5	17.0	2.2

Primjena EUF metode na području hrvatskih šećerana nastavila se 1996-1997., ispitivanjem 850 površinskih uzoraka i 47 profila tla (2803 ha). U to vrijeme počinju se primjenjivati kompjutorski modeli procjene pogodnosti tla za uzgoj šećerne repe, korištenjem sedam parametara analize tla: tip tla, volumna masa, pH<sub>KCl</sub>, humus, te koncentracija EUF-Ca, EUF-K i EUF-P (Vukadinović, 1998.).

##### 4.1. Snabdjevenost tla dušikom

Zalihe dušika u tlu ocjenjuju se prema sadržaju EUF N-NO<sub>3</sub>, EUF<sub>org</sub> i sadržaju humusa, a dio rezultata prikazan je tablicama.

Tablica 5. Prosječni sadržaj N-NO<sub>3</sub> u tlu

Područje	ha	N-NO <sub>3</sub> mg/100 g tla				
		Prosjek	Max.	Min.	δ	Cv
Osijek	1977.8	1.07	3.36	0.11	0.532	49.7
Virovitica	1326.7	1.15	6.79	0.29	0.557	48.4
Županja	592.9	1.44	3.93	0.51	0.561	48.4
CROS	3897.4	1.15	6.79	0.11	0.555	48.3

Tablica 6. Udio površina prema snabdjevenosti tla organskim dušikom

Područje	ha	EUF-N <sub>org</sub> mg/100g					Prosjek
		<1.0	1.0-1.8	1.8-2.5	2.5-3.0	>3.0	
Osijek	1977.8	21.0	26.0	31.3	20.8	0.9	1.8
Virovitica	1326.7	23.0	41.1	30.7	0.8	4.4	1.6

Županja	592.9	6.3	23.5	16.7	18.5	35.0	2.5
CROS	3897.4	19.5	30.8	28.9	13.6	7.2	1.8

Na visoki prosjek  $N_{org}$ . Na području Županje utjecao je visoki udio površina s preko 3.5 mg/100 g EUF-N. Nasuprot tome područje Virovitice ima na 60 % površina nizak sadržaj organskog dušika, ali višu koncentraciju nitratnog dušika od drugih područja. To se može povezati s činjenicom da je to područje s najviše privatnih proizvođača, koji koriste veće doze mineralnih dušičnih gnojiva.

#### 4.2. Snabdjevenost tla kalijem

Zastupljenost K u tlu izražena je vrijednostima K u prvoj frakciji i kvocijentom EUF-K.

Tablica 7. Udio površina prema snabdjevenosti tla kalijem

Područje	ha	EUF-K <sub>20</sub> mg/100g					Prosjek
		<5	5-7	7-10	10-15	>15	
Osijek	1977.8	4.5	15.1	39.1	31.0	10.2	10.2
Virovitica	1326.7	34.4	24.7	28.6	11.8	0.5	6.8
Županja	592.9	8.7	25.3	58.1	7.9	-	7.6
CROS	3897.4	15.3	20.0	38.4	20.9	5.3	8.7

Oko 70 % kontroliranih površina ima EUF-Q između 0.3 i 0.5, a 20 % između 0.5 i 0.7. To ukazuje na to da je sadržaj selektivnih minerala u većem dijelu površina 10-20%, što osigurava umjerene zalihe adsorbiranog kalija. Kod ovih zaliha kalija EUF K<sub>20</sub> trebao bi iznositi 12-15 mg K/100 g tla. Prosječni sadržaj kalija u ispitivanim tlima je niži, 8.7 mg/100 g, s tim da je najviši na osječkom području.

#### 4.3. Snabdjevenost tla fosforom

Tablica 8. Udio površina prema snabdjevenosti tla fosforom

Područje	ha	EUF-P <sub>20</sub> mg/100g					Prosjek
		<1.0	1.0-1.5	1.5-1.8	1.8-2.25	>2.25	
Osijek	1977.8	9.4	41.0	24.7	8.0	16.9	1.6
Virovitica	1326.7	28.6	43.5	19.3	3.7	4.9	1.3
Županja	592.9	19.9	44.4	18.7	11.0	6.0	1.3
CROS	3897.4	17.5	42.3	21.9	7.0	11.2	1.4

Kao i kod snabdjevenosti kalijem osječko područje ima najbolji status pristupačnog fosfora. Oko 50 % ukupnih površina ima nižu razinu fosfora od optimalne, što je vjerojatno posljedica jakog afiniteta fosfatnog aniona za kemijskom adsorpcijom u tlu.

#### 4.4. Snabdjevenost tla kalcijem

Sadržaj kalcija u tlu važan je podatak u kontroli plodnosti tla, jer ovaj zemno alkalni metal utječe na fizikalna i kemijska svojstva tla. Usko je povezan s reakcijom tla (pH) i pristupačnošću ostalih elemenata ishrane, posebice mikroelemenata.

Tablica 9. Udio površina (%) prema snabdjevenosti tla EUF Ca<sub>20</sub>

Područje	ha	EUF-Ca <sub>20</sub> mg/100g					Prosjek
		<20	20-30	30-40	40-50	>50	
Osijek	1977.8	27.7	54.8	16.6	0.6	0.3	22.6
Virovitica	1326.7	37.8	34.3	19.1	7.5	1.3	24.0
Županja	592.9	39.8	22.6	24.4	11.7	1.5	25.8
CROS	3897.4	32.9	42.9	18.7	4.7	0.8	23.6

Tablica 10. Udio površina (%) prema snabdjevenosti tla EUF Ca<sub>80</sub>

Područje	ha	EUF-Ca <sub>80</sub> mg/100g					Prosjek
		<10	10-15	15-30	30-40	>40	
Osijek	1977.8	21.5	45.7	17.8	11.6	3.4	16.2
Virovitica	1326.7	32.9	23.9	30.2	5.0	7.9	18.3
Županja	592.9	25.8	25.8	17.2	2.2	28.3	24.1
CROS	3897.4	26.1	26.1	21.9	7.9	8.7	18.1

Kako se optimalnom koncentracijom kalcija u tlu smatra 40 mg/100 g tla EUF-Ca<sub>80</sub>, podaci ukazu ju na činjenicu da 90 % ispitanih površina ima slabu opskrbu ovim elementom, a kod 60 % površina taj nedostatak je vrlo aktualan, jer su vrijednosti EUF-Ca<sub>80</sub> ispod 15 mg/100 g tla.

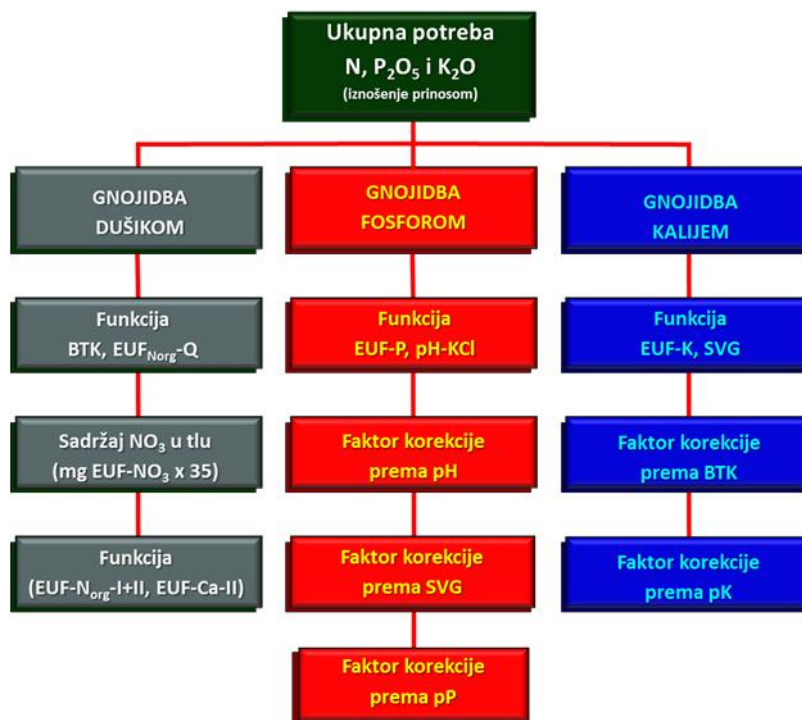
Zbog utjecaja kalcija na pristupačnost mikroelemenata izračunat je i tablično prikazan njihov međusobni odnos.

Tablica 11. Odnos sadržaja EUF-Ca<sub>80</sub> i mikroelemenata u tlu (CROS 1997 godine)

EUF Ca <sub>80</sub> mg/100 g tla	<10	10-15	15-30	30-40	>40
ha	690.3	337.1	264.0	133.2	177.8
Mn ppm	1.80	1.20	1.12	0.48	0.43
Fe ppm	2.55	1.97	2.00	2.73	2.89
Zn ppm	1.23	1.31	1.29	0.85	1.43
pH <sub>HOH</sub>	5.16	5.91	6.77	7.30	7.26

## 5. KOMPJUTORSKI MODEL IZRAČUNAVANJA GNOJIDBE PREMA EUF ANALIZI

U Zavodu za kemiju, fiziku i biologiju tla Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, u suradnji s firmom DEMD Terra&Herba d.o.o. Osijek, razvijena kompleksna kompjutorska aplikacija (Vukadinović, 1993.) koja se još uvijek primjenjuje na proizvodnom području šećerne repe u Slavoniji i Baranji. Princip proračuna gnojidbe ovim postupkom prikazuje shema 1.



Shema 1. Struktura modela za određivanje gnojidbe dušikom, fosforom i kalijem po EUF metodi (Vukadinović, 1993.)

Predstavljeni model određivanja gnojidbe dušikom, fosforom i kalijem za šećernu repu prema EUF metodi temelji se na primjeni matematičkih funkcija koje definiraju pristupačnost hraniva kroz uvažavanje najznačajnijih činitelja dinamike hraniva u tlu. Polazeći od ukupne potrebe usjeva, gnojidbena preporuka se izračunava uzimajući u obzir sadržaj hraniva utvrđen EUF analizom tla te korekcijama ovisno o pojedinom hranivu i agrokemijskim svojstvima tla. U izračunavanju gnojidbe fosforom i kalijem, model je dopunjen konceptom potencijala hraniva kao značajnim pokazateljem njihove pristupačnosti u tlu. Model je podložan provjeri u praksi, prilagodbi drugačijim agroekološkim uvjetima kao i drugim vrstama usjeva, a evaluiran je na približno 4.000 analiza tla koje je financirao CROS od 1993. do 2001. godine.

Gnojidba usjeva prema ovom modelu se određuje polazeći od ukupne potrebe koja predstavlja ukupno iznošenje hraniva planiranim prinosom, nakon čega slijede odgovarajuće korekcije, koristeći podatke o tlu iz baze te je krajnji rezultat preporuka gnojidbe izražena u kg/ha N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O.

## Poljoprivredni fakultet Osijek

## Preporuka za gnojidbu šećerne repe na temelju EUF-metode

Parcela KTJ 08.95 Ovčara, Šiljkovac Vlasnik: PPK "Kutjevo"  
d.d.

Uzoraka: 23

Prinos korijena t/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	B	Mn	CaO	Stajnjak
	Mineralna gnojidba (kg/ha)					t/ha	
60	209	116	265		3,5	1,94	
55	189	106	243		3,5	1,90	
50	169	96	227		3,5	1,87	
45	149	87	199		3,5	1,84	
40	129	77	177		3,5	1,80	
Stajski gnoj (t/ha) + mineralna gnojidba (kg/ha)							
50 (1. god.)	119	66	161		1,5	1,39	20,0
50 (2. god.)	144	81	191		2,0	1,44	20,0
50 (3. god.)	154	87	205		2,5	1,46	20,0
50 (1. god.)	69	36	101		0,0	1,29	40,0
50 (2. god.)	119	66	161		0,5	1,39	40,0
50 (3. god.)	139	78	189		1,5	1,43	40,0

Fizikalno-kemijske analize tla			EUF analize makro i mikroelemenata				
Tip tla	Pseudoglej obronačni		Analiza	20°C/20 0V	80°C/40 0V	Suma	Q
Tekstura	Glinasta ilovača			mg/100g		20°C+80 °C	80°C/20 °C
VM + BTK	1,64	8	N-org	1,29	0,43	1,72	0,33
pH HOH	6,25		N-NO3	1,06	0,36	1,42	0,34
pH KCl	5,23		P	1,15	0,62	1,77	0,54
Humus %	1,47		K	8,36	3,04	11,40	0,36
Sel. glina %	16,01		Ca	16,59	9,79	26,38	0,59
			Mg	2,61	1,07	3,67	0,41
<i>Osn. gnojidba (kg/ha) gnojiva za prinos 40 t/ha korijena:</i>			Na	2,30	0,35	2,65	0,15
			B				
7-20-30	589		Fe	1,05			
Urea	51	50% N	Mn	1,16			
P2O5	-41	Višak!	Zn	1,19			
			Cu				
KAN 27%	239		Al				
<i>Mineralna gnojiva + stajnjak u 1. god. primjene s 40 t/ha za prinos 40 t/ha korijena:</i>			Potencijal P i K				
			pK	1,9098			
			pP	6,2777			
7-20-30	189						
Urea	-106	NE					
P2O5	-21	Višak!					
KAN 27%	54						



## Slika xx. Preporuka za gnojidbu šećerne repe na temelju EUF-metode

### 5.1. Praktična iskustva primjene kompjutorskog modela

Razvijeni sustav kontrole plodnosti tla podrazumijeva sustavno prikupljanje svih relevantnih fizikalno-kemijskih podataka o tlu (i klimi) i njegovom korištenju, te doprinosi boljoj raspodjeli mineralnih i organskih gnojiva, uklanjanju akutnih deficita hraniva, kemijskoj i fizikalnoj popravci tla, ekonomičnijoj proizvodnji, odnosno očuvanju i podizanju efektivne plodnosti tla čime su prirodi viši i stabilniji, te manje podložni promjeni uslijed različitih vremenskih prilika.

Uvođenjem matematičkih modela u preporuku gnojidbe ratarskih usjeva broj parametara može biti znatno veći, a njihovo djelovanje se tada procjenjuje kvantitativno matematičkim funkcijama uz utvrđivanje interakcija čime se izbjegava kruto razvrstavanje tala u razrede opskrbljenosti, a lako i brzo se dobiju preporuke za niz različitih proizvodnih situacija.

EUF proračun preporuke gnojidbe ratarskih usjeva vrlo je složen pa je nemoguće bez kompjutera uzeti u obzir sve elemente analize i njihove međusobne odnose. Stoga je u Zavodu za agroekologiju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku razvijena kompleksna kompjutorska aplikacija EUF metode (Dropulić i dr., 1994., Teklić, 1996., Vukadinović et al., 1997. i Vukadinović et al., 1998.) koja se koristi za proračun gnojidbe šećerne repe po EUF metodi za potrebe CROS-a.

Kompjutorski model određivanja gnojidbe dušikom, fosforom i kalijem za šećernu repu (Vukadinović, 1993.), prema EUF metodi, temelji se na primjeni matematičkih (skor) funkcija koje definiraju pristupačnost hraniva kroz uvažavanje najznačajnijih činitelja dinamike hraniva u tlu. Polazeći od ukupne potrebe šećerne repe, gnojidbena preporuka se izračunava uzimajući u obzir sadržaj hraniva utvrđen EUF analizom tla te korekcijama specifičnim za pojedino hranivo i agrokemijska svojstva tla.

Model je provjeren u praksi na području istočne Hrvatske (3763 uzoraka) na 15 tipova tla tijekom 10 godina i pokazao je prednost u odnosu na konvencionalni postupak zbog značajne brzine izdavanja gnojidbenih preporuka, točnosti, mogućnosti sistematizacije, čuvanja i pretraživanja raspoloživih podataka o plodnosti proizvodnih površina uz racionalizaciju gnojidbe koja je podešena potrebama šećerne repe, agroekološkim uvjetima, visini ulaganja u proizvodnju i dr.

Kvalitativni pomak u odnosu na konvencionalni način dobivanja preporuka sastoji se u korištenju funkcijskih povezanosti više varijabli (sadržaj hraniva i humusa, pH reakcija tla, broj teksturne klase, rata mineralizacije i dr.) s agroekološkim, ekonomskim i tehnološkim kondicijama proizvodnje koje zajedno određuju preporuku gnojidbe.

## 6. LITERATURA

BERTIĆ Blaženka (1984) : Bilješke o EUF metodi sa specijalizacije u Bratislavi na Institute of soil science. Tihana Teklić: EUF-metoda u kontroli plodnosti pseudoglejnih tala (doktorat).

BRITTON, J. (1988.): Experiences with the application of EUF soil testing in sugar beet production in Ireland. EUF-Düngeberatung in der Bundesrepublik Deutschland. EUF Symposium "Kostensenkung und Umweltschutz". Band I: Neu Forschungsergebnisse der EUF-Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit. 30-31 Mai 1988, Mannheim, BRD: 373-403.

DROPULIĆ, D., VUKADINOVIĆ, V., BERTIĆ BLAŽENKA, BOGUNOVIĆ, M., (1994.): Primjena EUF metode u sustavu kontrole plodnosti tla i određivanju gnojidbe. Poljoprivredne aktualnosti 30(94)1-2, str. 209-214.

NÉMETH, K. (1976.): Die effektive und potentielle Nährstoffverfügbarkeit im Boden und ihre Bestimmung mit Elektro-Ultrafiltration (EUF). Habilitationsschrift, Fachbereich Angewandte Biologie und Umweltsicherung, Justus-Liebig Universität Giessen.

NÉMETH, K. (1988): Wissenschaftliche Grundlagen der EUF-Stickstoffempfehlung zu Getreide und Hackfruchten. EUF Symposium "Kostensenkung und Umweltschutz". Band I: Neü Forschungsergebnisse der EUF-Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit. 30-31 Mai 1988, Mannheim, BRD:11-46.

NÉMETH, K. und WIKLICKY, L. (1982.): Bestimmung pflanzenverfügbarer Stickstoff-Fractionen im Boden und Beurteilung des Stickstoff-Düngerbedarfs für die Zuckerrübe mit EUF. Zuckerind. 107: 958-962.

NÉMETH, K., BARTELS, H. und VOGEL, M. (1986.): Die Bestimmung des pflanzenverfügbaren anorganischen und organischen Bodenstickstoffs mittels EUF. 1. Teil. Zuckerindustrie 111:932-937.

NÉMETH, K., RECKE, H. und HEUER, C. (1991.): Determination of plant available inorganic and organic nitrogen in the soil by means of electroultrafiltration (EUF) and the calculation of nitrogen fertilizer requirements for agricultural crops. Part 2. Sugar Beets. Trends in soil science 1: 227-236.

ORLOVIUS, K. (1987.): Entwicklung der K-Gehalte im Boden (CAL und EUF) bei optimaler Kali-Düngung, dargestellt an Hand langjähriger Feldversuche. VDLUFA-Schriftenreihe 24: 175-185.

TEKLIĆ, T. (1996.): EUF metoda u kontroli plodnosti pseudoglejnih tala. Poljoprivredni fakultet Osijek. Doktorska disertacija, str. 124.

ULRICH, B. (1961.): Boden und Pflanze - Ihre Wechselbeziehungen in physikalisch-chemischer Betrachtung. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.

Vinka Laktić (1995/1996): Procjena plodnosti površina analiziranih EUF postupkom.

VUKADINOVIĆ, V. i LONČARIĆ, Z. (1998): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet Osijek.

VUKADINOVIĆ, V., DROPULIĆ, D., TEKLIĆ, T. i BERTIĆ, B. (1997.): Recentni pristup u određivanju gnojdbje EUF metodom. XXXIII Znanstveni skup hrvatskih agronoma, Pula 25.-28.02.1997., 16-17.

VUKADINOVIĆ, V., DROPULIĆ, D., TEKLIĆ, T. i LONČARIĆ, Z. (1998): Pogodnost tla za uzgoj šećerne repe na temelju EUF metode. XXXIV Znanstveni skup hrvatskih agronoma, Opatija 25.-28.02.1998., 100.

WIKLICKY, L. (1982.): Application of the EUF procedure in sugar beet cultivation. Plant and Soil, Vol. 64, 5-6:115-128.

WOODRUFF, C. M. (1955.): Ionic equilibria between clay and dilute salt solutions. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 19: 36-40.



Slika 2. Izgled EUF ekstraktora i višenakanlnog spektrofotometra