

METODA EKOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U SPONTANIM I ANTROPOGENIM EKOSUSTAVIMA

METHOD OF ECOLOGICAL STUDIES IN SPONTANEOUS AND ANTHROPOGENIC ECOSYSTEMS

V. Ivanek

SAŽETAK

U ovom radu prikazuje se jedinstvena metoda ekoloških istraživanja svojstva staništa i biljnog pokrova koja se može primijeniti u poljoprivredi, šumarstvu i fitocenološko-pedološkom kartiranju. U radu se također prikazuju primjeri istraživanja ovom metodom u ekosustavu livada i oranica.

Ključne riječi: ekološka istraživanja, metode, ekosustav

ABSTRACT

The paper presents a uniform method of ecological studies of habitat properties and plant cover that can be applied in agriculture, forestry and phytocoenosis and pedological mapping. The paper also presents examples of this method applied in the studies of meadow and arable land ecosystem.

Key words: ecological researches, methods, ecosystem

UVOD I PROBLEM

Dosadašnja odvojena fitocenološka istraživanja i kartiranja biljnog pokrova prema florističkom sustavu Braun-Blanquetove škole kao ni pedološka istraživanja i kartiranja primjenom genetskog pedološkog sustava koji nije uvažavao biljni pokrov, nisu bila dovoljno svrsishodna za potrebe ekologije, poljoprivrede, šumarstva, zaštite tla i biljnog pokrova. Osobito se ta nesvrshodnost opazila kod izrade pedološke karte u kojoj ne postoje razlike između tala šuma i tala antropogenih ekosustava. Ciljevi i metode njihovih istraživanja znatno su se razlikovali.

Tako je npr. pedologija prema Gračaninu (1946.) imala glavnu zadaću objasniti zakone postanka tala, istražiti njihova svojstva i dinamičke procese što se u njima zbivaju, te na osnovu tako stečenih spoznaja izraditi prirodni sustav klasifikacije tala, a ne spominjući tlo kao stanište.

Pedologija je, dakle, stavljala težište na genezu tla, oslanjajući se na genetsku klasifikaciju i fiziografske opise horizonata pedoloških profila i sistematiku tla koja nije uvažavala biljni pokrov i nije npr. uzimala u obzir razlike između tla šuma, oranica kao i ostalih ekosustava čija su se tla razvijala pod drugim uvjetima tvorbe (vidi pedološke karte i novije udžbenike iz pedologije).

Tako šumska tla stoljećima primaju 20-60% manje direktne oborinske vode od obrađivanih površina zbog krošnje drveća i listinca, pa su na brdskom području sačuvale diluvijalne eolske naslage kisele ilovine od erozije. Ekosustavi obrađivanih površina oranica i vinograda u brdskom području imaju zbog erozije najčešće drugu geološku podlogu, nego tla acidofilnih šuma koja ih okružuju. Osim toga u ekosustavima šuma i travnjaka nije bilo obrade tla koja stvara velike razlike u fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima u odnosu na neobrađena tla. Svaki ekosustav ima tako svoje specifičnosti ne samo u biljnom pokrovu, već i u svojstvima tla.

Fitocenološka istraživanja u takvoj podjeli ograničila su se uglavnom na biljni pokrov i vanjske karakteristike staništa zanemarujući unutarnja svojstva tla. Rezultati tako odvojenih istraživanja nisu imali dovoljan ekološki aspekt i zbog toga nisu mogla dati ni jedinstvene odgovore o mjerama iskorištavanja i zaštite tala kao ni o ekološkim odnosima između biljnog pokrova i tla koji u prirodi čine zajedništvo nazvano po Tenslyu ekosustav.

Razumljivo je da se te dvije znanosti ne mogu nadalje razvijati i djelovati odvojeno kao do sada, već su upućene jedna na drugu s usklađenim ciljevima i metodama istraživanja što odgovaraju današnjem trenutku i potrebama iskorištavanja, održavanja, te razvoja i zaštite pojedinih ekosustava.

Stoga nam u pedologiji više ne smije biti glavni cilj i djelatnost geneza tla i fiziografija njihovih profila, odnosno u botanici evolucija i morfologija vrsta, već poznavanje, održavanje, pravilno iskorištavanje i čuvanje raznovrsnosti tla kao staništa i njegovog biljnog pokrova.

Da bismo tu raznovrsnost prirode mogli održati i čuvati, te pravilno iskoristiti, moramo jedinstveno istraživati ekološke odnose između biljnih vrsta, njihove združene oblike, facijese, varijetete, zajednica i svojstva njihovih staništa (biotopa) na koje danas sve veći i prijeteci utjecaj ima civilizacijska aktivnost čovjeka.

Posljedica dosadašnjih podvojenih ciljeva i neusklađenosti pedoloških i fitocenoloških istraživanja u suštini je zanemarivanje ekoloških istraživanja. Naročito

u metodama pedoloških istraživanja nije se uzimalo u obzir da je pedološki profil tla i ekološki profil usko povezan s biljnim pokrovom.

Činjenica danas, a i podaci iz prošlosti jasno pokazuju da tlo nije samo rastresiti površinski sloj litosfere, već stanište čija se svojstva bitno razlikuju od prvotnog materijala iz kojeg je nastalo svojim organskim dijelom, tj. biogenim faktorima i procesima. Stvaranje takvog tla u geološkoj evoluciji Zemlje započinje pojavom života, osobito biljnog svijeta na rastresitom sloju litosfere, pa se litosfera prije pojave života na Zemlji ne može izjednačiti s tlom. Ako bi to učinili tada bi zaniijekali i dosadašnje saznanje o genezi tla koje obavezno uključuje biogene faktore. Zbog toga je i razumljivo da su i do sada mnogi pedolozi smatrali tlom samo onaj dio pedosfere koji je nositelj biljaka (Williams, Joff, cit. Gračanin, 1946.).

Biotizacija tla koja je započela pojavom biljaka po ocjeni geologa krajem eozoika postala je i ostala do danas jedan od najvažnijih faktora tvorbe tla. S njome započinju novi procesi u tvorbi tla na rastresitom supstratu litosfere.

Na Zemljinoj površini, kako ističe Vernadski, nema kemijske sile koja bi djelovala tako postojano i bila moćnija od živih organizama (cit. Gračanin, 1946.).

Za razvitak pedosfere uopće nema druge sintetske snage koja bi iz anorganskog dijela spontano proizvodila organsku tvar. Organizmi pedosfere time su obogaćivali mrtvu kamenu trošinu ogromnim količinama organske tvari i u tim procesima povezivali atmosferu, hidrosferu s pedosferom.

Agensi biosfere, biljke i životinje, snažno su zahvatili razvojne procese pedosfere i udarili biljeg procesima tvorbe tla. Bez biljaka, životinja i mikroorganizama, ne možemo govoriti o tlu već o rastresitom mrtvom materijalu litosfere. Prema tome, pedologija i fitocenologija, odnosno i biocenologija upućene su na vrlo usku ekološku povezanost.

Druge velike promjene u pedosferi započele su pojavom čovjeka na Zemlji i njegovim prelaskom iz selilačkog na sjedilački način života.

Čovjek je stvarao nove proizvodne prostore i drugačije odnose između biljaka i njihovih staništa. Iz spontanih ekosustava šuma, močvara i drugih površina stvarani su stoljećima antropogeni ekosustavi. Započele su intenzivnije pedološke promjene u tlu i biljnom pokrovu, a osobito se pojačala erozija tla uvjetovana antropogenim utjecajem. Kao primjer novih odnosa koje je stoljećima stvarao čovjek na križevačkom i vrbovečkom području ukupne površine od 1061 km², šume zauzimaju 31,00% površine, livade 18,19%, oranice 38,32%, vinogradi 2,13%, voćnjaci 1,11%, ruderalna staništa 7,35%, ribnjaci i pašnjaci i ostalo 1,90% (SG 1991).

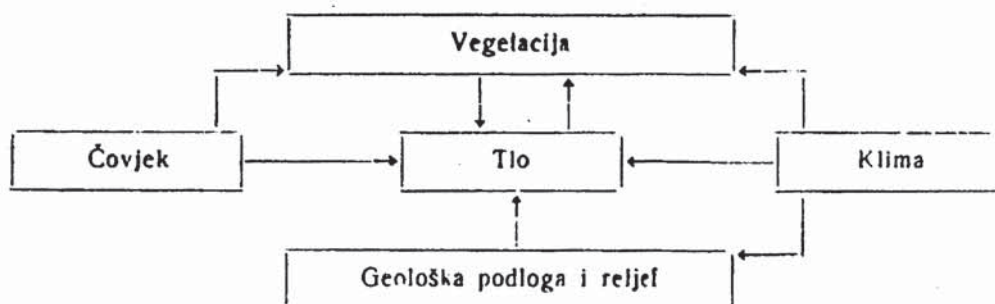
Iz ovog primjera vidljivo je da tlo nije samo rezultat klimatskih faktora i

geološke podloge, već je sve više pod utjecajem različite civilizacijske aktivnosti čovjeka. Naročito u posljednjim desetljećima ta aktivnost čovjeka u industriji, kemizaciji poljoprivrede, prometu i drugim granama privrede sve više ugrožava čistoću vode, zraka i tla. Drugim riječima, ugrožava u takvim prilikama i pojedine ekosustave.

U takvom slijedu manje više međusobnog utjecaja biljnog pokrova i tla kao staništa i sve većeg utjecaja čovjeka na tlo i biljni pokrov dolazimo do zaključka da su biljni pokrov, tlo i čovjek imali u prošlosti, a osobito u posljednjim desetljećima najuži međusobni utjecaj i ovisnost (Ivanek, 1994). Niti jedan drugi faktor tvorbe tla i razvoja biljnog pokrova nema tako izražene i međusobno povratne utjecaje. Zbog toga se oni moraju istraživati jedinstveno, jer povezuju klimu, geološku podlogu, reljef, vrijeme i utjecaje čovjeka u određene ekosustave.

Tu povezanost prikazuje i Schefferov grafički prikaz djelovanja faktora staništa na vegetaciju i vegetacije na stanište.

Scheffer grafički prikazuje povezanost djelovanja faktora staništa međusobno na vegetaciju i vegetacije na stanište:



Prema tome, jedna od osnova za proučavanje biljnog pokrova i tla su ekološki odnosi u ekosustavima. Fitocenologija i pedologija moraju zbog toga imati više zajedništva i u metodama istraživanja, jer su biljne vrste, facijesi, zajednice spontanih i antropogenih ekosustava najbolji pokazatelji odnosa između tla, biljnog pokrova i utjecaja čovjeka, a isto tako i klime, geološkog supstrata, reljef itd.

KOPNENI EKOSUSTAV ZEMLJE

S obzirom na biogene faktore i antropogene utjecaje na biljni pokrov razlikujemo na kopnu Zemlje spontane (prirodne) i antropogene ekosustave.

Spontani (prirodni) ekosustavi su uglavnom pod utjecajem prirodnih spontanih

faktora klime i tvorbe tla i sami se održavaju, dok u antropogenim ekosustavima dominantan utjecaj ima čovjek s melioracijskim i agrotehničkim mjerama. U tim ekosustavima biocenoza se osiromašuje vrstama i brže se mijenjaju svojstva tla. Ti ekosustavi zahtijevaju stalnu brigu čovjeka.

U spontane ekosustave kopna možemo, prema fitocenološkom kriteriju Kovačevića (1971), ubrojiti:

- a) Slanuše i grebnjače s biljkama koje naseljavaju obale mora,
- b) Sustave vodenjara s biljkama koje naseljavaju bare, kanale, sporotekuće vode,
- c) Vrbike i čretove sa staništima na kojima izbija podzemna voda na površinu,
- d) Muljevite obale rijeka, jezera i sl. koje obrašćuje u uskom pojasu brojno rastlinstvo trava i šaševa,
- e) Pješčare - pustinje s biljnim svijetom prilagođenim pješčanim suhim staništima,
- f) Planinske vrtiće s biljnim svijetom dovoljno vlažnih i humoznih planinskih staništa vlaženih postepenim otapanjem snijega. Nalaze se obično u podnožju stijena.
- g) Biogeocenoze pećina (špilja) s vrstama prilagođenim na oskudnije prilike svjetla. To je obično mahovina uz svojstvenu faunu.
- h) Biogeocenoze stijena čije biljke naseljavaju pukotine stijena s malo tla. Prilike staništa su ekstremne u pogledu vlage i zagrijavanja.
- i) Točila su nasipi (sipina) usitnjenog kamenja nastalog trošenjem stijena. Biljke imaju ulogu povezivanja i umirivanja kretanja čestica točila.
- j) Klimatogeni travnjaci (livade i pašnjaci) čine biljne vrste određenih staništa na koje klimatski faktori imaju dominantan utjecaj. To su kserotermni travnjaci: savane, stepe, prerije i pampasi koji zauzimaju velike površine u Sjevernoj i Južnoj Americi, Africi, Aziji i Australiji, a manje u Evropi (Rusija, Mađarska) i arktički travnjaci - tundre u kojima je glavni klimatski faktor niska temperatura koja ne dopušta rast šumskog drveća već kratkotrajne travnjačke vegetacije.
- k) Šume čiji biljni pokrov čine brojne zajednice sastavljene od različitog drveća, grmlja i prizemnog rašća.

Antropogeni ekosustavi nastali su najviše na staništima šuma i močvara, primjenom različitih melioracijskih i agrotehničkih mjera, a održavaju se stalnom brigom čovjeka. Dijelimo ih na antropogene travnjake, poljoprivredne obradive površine i ruderalna staništa.

1) Antropogeni travnjaci nastali su sječom i krčenjem šuma, odvodnjom suvišne vode na močvarnim staništima, te košnjom i napasivanjem stoke i predstavljaju prelaz prema spontanim ekosustavima. S obzirom na vlažnost i druga svojstva

staništa, te floristički sastav, dijelimo ih na močvarne, nizinske, dolinske i brdske travnjake, a prema načinu iskorištavanja na livade i pašnjake.

m) Poljoprivredne obradive površine čine agrobiocenoze oranica, vrtova, voćnjaka i vinograda, sastavljene od vrsta i sorti poljoprivrednih kultura i njihovih pratilaca, korova.

n) Ruderalna staništa predstavljaju dvorišta, puteve, međe itd. sa specifičnim biljnim pokrovom i zajednicama korova.

U svakom od ovih ekosustava postoje brojne biljne vrste združene u zajednice koje svojim florističkim sastavom i strukturom održavaju raznovrsnost svojih staništa i biljnog pokrova. Upoznavanje tih ekoloških odnosa između florističkog sastava i svojstva tla i antropogenog utjecaja najvažniji je cilj ekoloških istraživanja.

PREDLOŽENA METODA EKOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U SPONTANIM I ANTROPOGENIM EKOSUSTAVIMA

Usporedna fitocenološka i pedološka istraživanja zahtijevaju takvu metodu terenskog i laboratorijskog rada kojom se može utvrđivati ne samo stanje florističkog sastava biljnog pokrova i svojstva tla, već i dinamični ekološki odnosi između biljnih vrsta, facijesa, zajednica i njihovih staništa, odnosno tla i antropogenih utjecaja.

To je preduvjet da bi se između svojstva tla, biljnog pokrova, antropogenih utjecaja, klime itd. mogle utvrđivati korelacije i regresije, te ekološka dinamična ravnoteža.

Fitocenološka, terenska istraživanja i kartiranja polazište su ekoloških istraživanja.

Prvi zadatak u tim istraživanjima i kartiranjima je temeljitiji pregled i utvrđivanje biljnih zajednica, varijanti, facijesa, značajnih biljnih grupa i vrsta u pojedinim ekosustavima. To se jednako odnosi i na spontane i antropogene ekosustave. Lokaliteti istraživanja, kao što je već naglašeno u fitocenološkoj literaturi, moraju biti jednolični po florističkom sastavu i svojstvima staništa u svim svojim dijelovima.

Površina istraživanja u šumama može biti veličine 200-1000 m², na travnjacima 20-30 m², a na obrađivanim tlima to je parcela ili slog površine od 5-100 m² ili površina parcele pokusa. U šumama valja osobito voditi računa o antropogenom utjecaju prorede šuma, ophodnje, iskorištavanja listinca, pokrovnosti krošnje drveća, starosti šume itd. U opisu lokaliteta istraživanja valja opisati mjesto, parcelu, nadmorsku visinu, inklinaciju, ekspoziciju i druge podatke koje je zahtijevala i dosadašnja metoda istraživanja biljnog pokrova prema florističkom sus-

tavu po Braun-Blanquetu.

Po Braun-Blanquetovoj metodi procjena biljnih vrsta u sastojini podijeljena je u 6 grupa (+ do 5) i ne predstavlja pravi kvantitativni odnos, pa ne može poslužiti za ekološka, poljoprivredna i druga istraživanja i uspoređivanja između svojstva tla i biljnog pokrova (Ivanek, 1994).

Za ekološka istraživanja prikladnija je za floristička snimanja *metoda Klappa i sur. (1953) kojom se utvrđuje postotni težinski udio svake biljne vrste ili grupe u ukupnoj težini biomase floristički snimljene sastojine.*

Za pojedine ekosustave floristička snimanja su različita. Tako npr. posebno se floristički snima u šumama sloj drveća, sloj grmlja i sloj prizemnog rašća. Kod toga je važno godišnje doba, procjena pokrovnosti krošnjom, vitalnost drveća i ocjena eventualnog prorjeđivanja nekih vrsta drveća, sušenje pojedinog drveća uslijed melioracijskih i drugih utjecaja, pojava štetnika i bolesti itd. Takvi podaci daju različite mogućnosti služenja ovim podacima terenskih istraživanja.

Ako je cilj ekološkog istraživanja upoznavanje antropogenih utjecaja u šumama, florističko snimanje obuhvaća šumske sastojine različite starosti te antropogene i druge utjecaje.

Florističko snimanje na travnjacima koji predstavljaju prema načinu iskorištavanja livade i pašnjake olakšava se prethodnom procjenom u postocima biljnih grupa trava (Poaceae), travolika (*Carex sp.*, *Juncus*), lepirnjača (Leguminose) i zeljanica. Nakon ove grupne procjene % težinskog udjela biljnih grupa, procjenjuje se unutar svake grupe težinski % svake biljne vrste. Ova se procjena može izraziti i kao udio u tratini ili sijenu.

Na osnovi ovakvih težinskih procjena u %, izražene su po Ellenbergu (1974) metode utvrđivanja svojstva staništa bez pedoloških analiza. Ujedno ovakva procjena služi i za utvrđivanje kvalitete travnjaka (Klapp i sur., 1953, Ellenberg, 1952, Stählin, 1967, Šoštarić-Pisačić i Kovačević, 1968. i drugi autori).

Isto tako % težinske zastupljenosti biljnih vrsta može poslužiti za utvrđivanje i uspoređivanje djelovanja melioracijskih i agrotehničkih mjera, osobito gnojidbe, primjene herbicida i drugih utjecaja na promjene florističkog sastava, visine priroda, zagađivanja te promjene u svojstvima tla.

Na obrađivanim tlima važne su i zajednice korova kao indikatora svojstva tla, odnosno staništa.

Ekološka, odnosno agroekološka istraživanja najlakše se provode usporedbom visine i strukture priroda poljoprivrednih kultura sa svojstvima tla i intenzitetom primjene agrotehničkih mjera.

Pedološka istraživanja. Kod primjene ekološke metode terenska pedološka istraživanja usko su povezana s lokalitetom fitocenoloških istraživanja ili

utvrđivanja strukture priroda poljoprivrednih kultura, učinka agrotehničkih mjera na biljni pokrov i tlo.

Opći podaci o lokalitetu pedoloških istraživanja opisani su već kod florističkog snimanja, pa se odnose i na pedološka istraživanja.

Prosječni uzorci tla u šumama i na travnjacima uzimaju se na dubini 0-15 cm, a na obrađivanim tlima do dubine obrade. Za temeljitija ekološka istraživanja staništa uz florističku snimku uzimaju se uzorci tla iz pedoloških profila za pedološke analize. Obavlja se opis horizonata pedološkog profila, ali to nije osnova za uzimanje uzoraka tla.

Budući da se u ekološkim istraživanjima pedološki profil smatra ekološkim profilom, uzorci tla uzimaju se uvijek iz istih dubina u odnosu na površinu tla.

Na križevačkom i vrbovečkom području gdje su obavljena opisana ekološka istraživanja u razdoblju od 1957. do danas, uzorci tla iz pedološke jame uzimani su iz dubina 0-15, 18-22, 25-30, 45-50, 70-75, 100-105, 120-125 i 145-150 cm.

Ovakav način uzimanja uzoraka tla uvijek iz istih dubina i malih raspona u pedološkom profilu, omogućuje usporedbu svojstava tla pod različitim biljnim zajednicama, varijantama, facijesima ili biljnim vrstama spontanih ekosustava. U antropogenim ekosustavima moguća je usporedba svojstva tla s djelovanjem melioracijskih i agrotehničkih mjera i visinom i strukturom priroda. Posebna je mogućnost utvrđivanja dinamike pedogenetskih procesa u profilu tla i međusobne usporedbe svojstva tla.

Primjena ekološke metode u dosadašnjim istraživanjima spontanih i antropogenih ekosustava. Na križevačkom i vrbovečkom području ekološka mjera primjenjivala se u istraživanju ekosustava livada, šuma i oranica. U zajednicama ekosustava livada iskopano je 208 pedoloških jama i polujama, a za većinu njih utvrđen je i floristički sastav.

Usporedo s ovim ekološkim istraživanjima postavljani su brojni egzaktni gnojidbeni pokusi na livadama. Ukupno je do danas bilo postavljeno preko 50 egzaktnih gnojidbenih pokusa. tim egzaktnim pokusima utvrđivan je utjecaj gnojidbe na promjenu florističkog sastava, visine priroda sijena, a na nekima je utvrđivan utjecaj gnojidbe na kemijske promjene u tlu i biljci.

Agroekološka istraživanja oranica provodila su se paralelno s kontrolom plodnosti tla. Na križevačko-vrbovečkom području istraženo je tako 2600 rudina površine do cca 30 ha. Uzorci tla uzimani su iz dubine 0-25 i 40-50 cm. Posebno su se obavljala agroekološka istraživanja između svojstva tla i visine priroda poljoprivrednih kultura na proizvodnim površinama.

S proizvodne površine na odabranim mikrolokalitetima veličine 2- 15 m² (ovisno o kultivaru), utvrđivan je prirod poljoprivrednih kultura i njegova struk-

tura, a uzeti su i prosječni uzorci tla za pedološku analizu. Prosječni uzorci tla na oranicama uzimani su iz dubine 0-25 cm, a na livadama 0-15 cm.

Rezultati pedoloških analiza koji su se najčešće odnosili na reakciju (pH) tla, opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom (P_2O_5) i kalijem (K_2O), te humusom uspoređivani su metodom korelacija i regresija s visinom i strukturom priroda pšenice, kukuruza, šećerne repe i sijena na istraživanim mikrolokalitetima.

Ovi rezultati na osnovi utvrđenih korelacija i regresija pokazuju dinamičnu ekološku ravnotežu između svojstva tla, osobito opskrbljenost tla biljnim hranivima i visine i strukture priroda istraživanih kultura.

Regresije su također poslužile za bolju interpretaciju kontrole plodnosti tla i ekonomičniju primjenu određene gnojidbe na području istraživanja.

Ekološka metoda prikladna je i za ekološko kartiranje biljnih zajednica i svojstva staništa u pojedinim ekosustavima, jer objedinjuje vegetacijsko-fitocenološko i pedološko kartiranje. Osnovica ekološke karte je fitocenološka karta koja prikazuje biljne zajednice, a po potrebi i niže jedinice pojedinih ekosustava.

Na fitocenološkoj karti označuju se istim brojevima lokaliteti florističkih snimaka i pedoloških jama ili polujama iz kojih su se uzimali uzorci tla za pedološke analize. Fitocenološkoj karti dodan je posebni prilog - tumač, u kojem se opisuje kartirana i bojom ograničena fitocenološka jedinica, a pod istim brojem prikazuju se florističke snimke zajednica ili facijesa i rezultati pedoloških analiza lokaliteta florističke snimke.

Ovakva vegetacijska karta s florističkim snimkama i rezultatima pedoloških analiza može služiti i za utvrđivanje tipova, podtipova, varijanti i formi tla.

Na navedeni način jedinstvenog fitocenološkog i pedološkog istraživanja kartirane su prirodne livade na križevačkom i vrbovečkom području.

NEKI REZULTATI PRIMJENE EKOLOŠKE METODE ISTRAŽIVANJA NA LIVADAMA I ORANICAMA

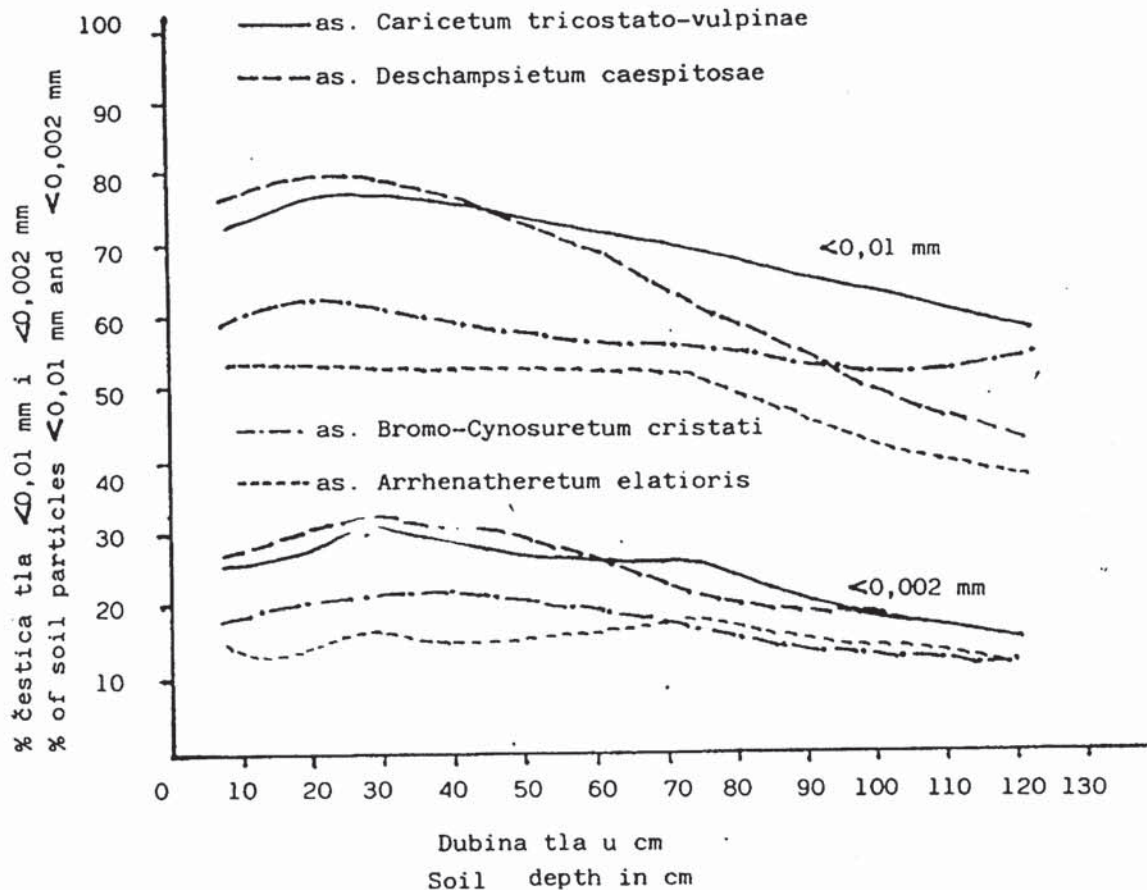
Ciljevi ekoloških i agroekoloških istraživanja primjenom ove ekološke metode mogu biti različiti. Tako npr. cilj istraživanja može biti utvrđivanje ekologije biljne zajednice, varijante, facijesa ili biljne vrste, prirod poljoprivrednih kultura i sl.

Kao primjeri primjene ekološke metode istraživanja donose se grafički prikazi nekih rezultata istraživanja na prirodnim livadama i oranicama na križevačkom, vrbovečkom i bjelovarskom području.

Na grafikonima 1 i 2 prikazan je prosječan mehanički sastav tla (% čestica $< 0,01$ i $< 0,002$ mm), odnosno % humusa u profilima tla pod različitim livadnim zajednicama (Ivanek, 1972).

Grafikon 1 Prosječni % čestica tla < 0,01 mm i < 0,002 mm u profilima tla pod livadnim zajednicama na području sjeverozapadne Hrvatske

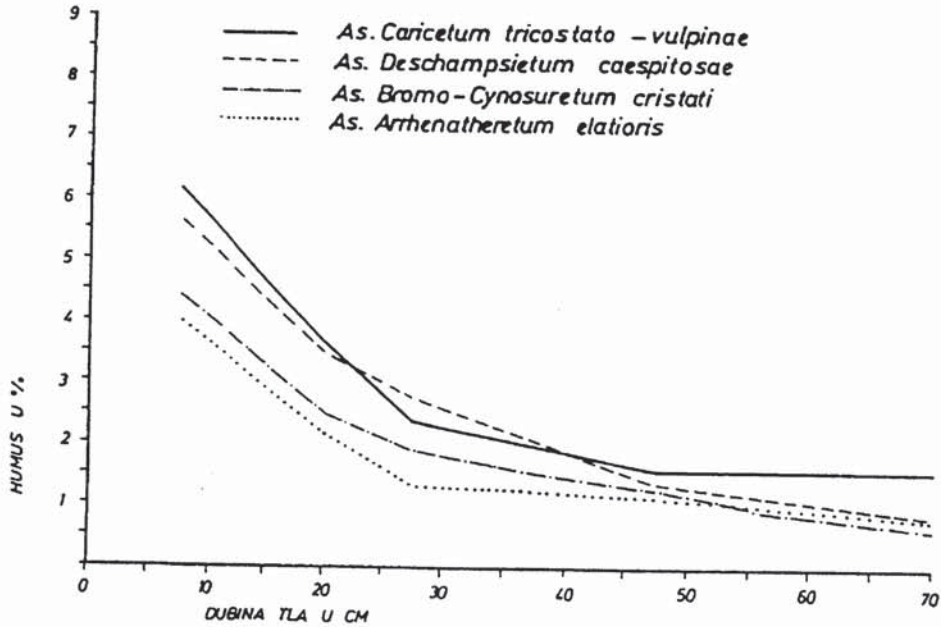
Graph 1 Average % of soil particles < 0,01 mm and < 0,002 mm in soil profiles under different meadow associations in north-west Croatia.



Na grafikonima 1 i 2 vidi se da tla močvarnih zajednica livadnog šaša (*Caricetum tricostato-vulpinae*) i oštre busike (*Deschampsietum caespitosae*) imaju veći % glinastih čestica < 0,01 mm i < 0,002 mm a i veći % humusa u površinskom horizontu tla. Iz grafikona 1 i 2 može se također zaključiti da je povećana glinovitost tla i povećani % humusa na močvarnim tlima u pozitivnoj korelaciji (Ivanek, 1994).

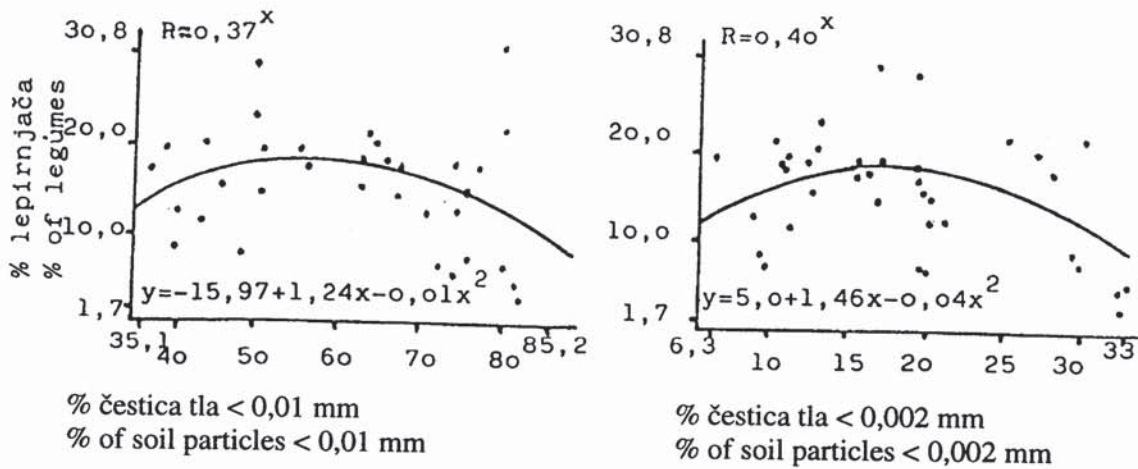
Grafikon 2 Prosječni % humusa u različitim dubinama tla prirodnih livadnih asocijacija

Graph 2 Average % of humus at different soil depths of natural meadow associations



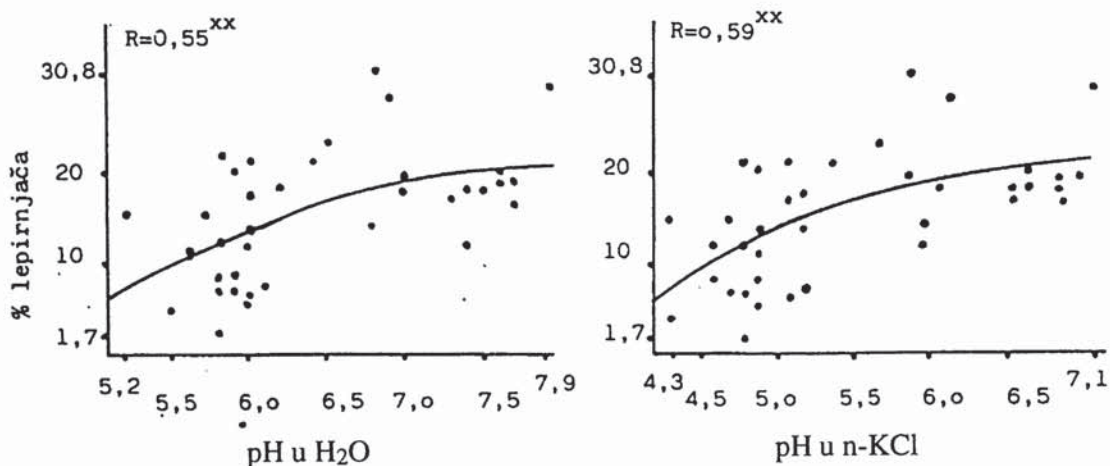
Grafikon 3 Korelacija i regresija između % čestica tla < 0,01 mm, odnosno < 0,002 mm na dubini 0-15 cm i % lepirnjača u tratinu 38 negnojnih livada.

Graph 3 Correlation and regression between % of soil particles < 0,01 mm and < 0,002 mm at the depth of 0-15 cm and % of legumes in 38 unfertilized meadows.



Grafikon 4 Korelacija i regresija između pH tla u H₂O, odnosno u 1M KCl i % lepirnjača u tratini negnojnih parcela na 38 gnojidbenih pokusa na prirodnim livadama.

Graph 4 Correlation and regression between soil pH in H₂O and in 1M KCl, respectively, and % of legumes on unfertilized plots in 38 fertilizer tests on natural meadows.



Ove prosječne vrijednosti mehaničkog sastava tla i % humusa ne prikazuju dinamiku ekoloških odnosa u ekosustavu livada. Takove dinamične ekološke odnose između % čestica tla < 0,01 mm, odnosno < 0,002 mm, te reakcije (pH) tla na dubini 0-15 cm i % lepirnjača u tratini negnojnih parcela 38 gnojidbenih pokusa na nizinskim livadnim zajednicama prikazuju grafikoni 3 i 4 iz kojih je vidljivo da se najveći % lepirnjača u ekosustavu nizinskih livada pojavljuje ako je u tlu % čestica tla < 0,01 mm od cca 45 do 65%, a % čestica tla < 0,002 mm od cca 12 do 23%. Najpovoljnija reakcija (pH) tla u H₂O za razvoj lepirnjača je od slabo kisele do slabo alkalične. To su obično staništa dolinskih livadnih zajednica (Ivanek, 1989, 1990).

Kako na ove odnose između svojstva staništa, odnosno % lepirnjača utječe PK gnojidba, prikazuju grafikoni 5, 6 i 7 (Ivanek, 1988).

Iz regresije na grafikonima 5, 6 i 7 vidi se da PK gnojidba ima najveći učinak u povećanju prirodna sijena na livadama u čijoj je negnojnoj tratini:

- % lepirnjača od cca 15 do 25% a u tlu na dubini 0-15 cm,
- % čestica tla < 0,01 mm od cca 43 do 60%,
- % čestica tla < 0,002 mm od cca 6 do 15%,
- reakcija (pH) tla u H₂O iznad 6,8
- reakcija (pH) tla u 1M KCl iznad 5,8.

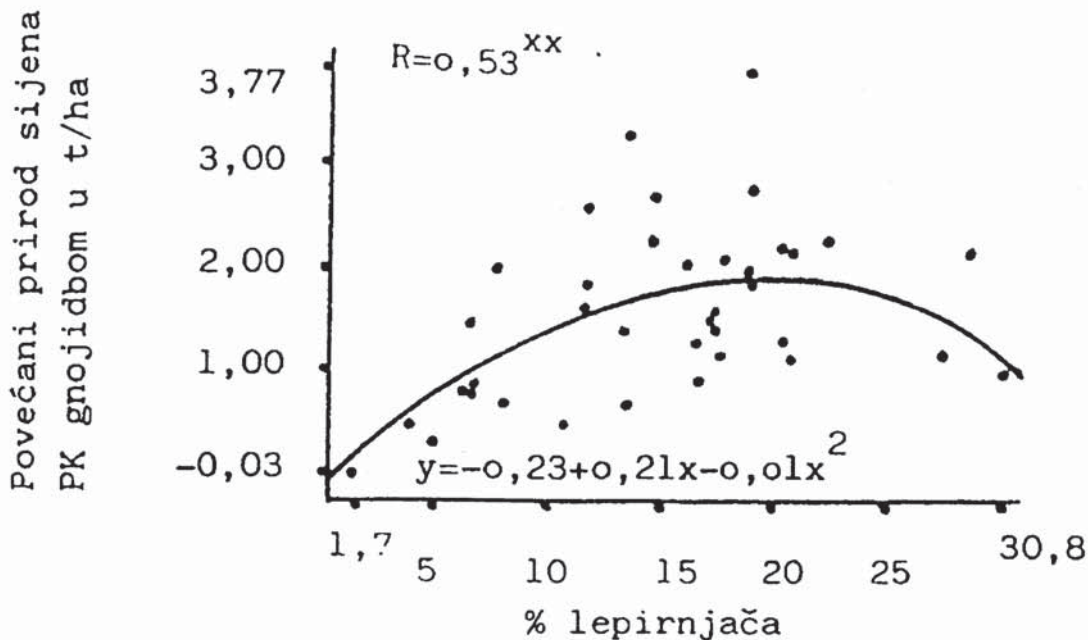
Ovi ekološki odnosi s grafičkim prikazom korelacija i regresija mogli su se utvrditi jedino primjenom ekološke metode usporednog florističkog snimanja biljnog pokrova utvrđivanja priroda sijena i rezultata pedoloških analiza prosječnih uzoraka tla te učinka gnojidbe na livadnim zajednicama.

Agroekološki odnosi između svojstva tla i strukture priroda poljoprivrednih kultura na oranicama podređeni su obično utvrđivanju onih ekoloških faktora koji povećavaju prirode.

Takve dinamične ekološke odnose između opskrbljenosti tla s fiziološkim aktivnim fosforom (P_2O_5) i kalijem (K_2O) na dubini od 0-25 cm i strukture priroda šećerne repe na 82 lokaliteta na području bivše ZO Bjelovar prikazuje grafikon 8 (Ivanek, 1986).

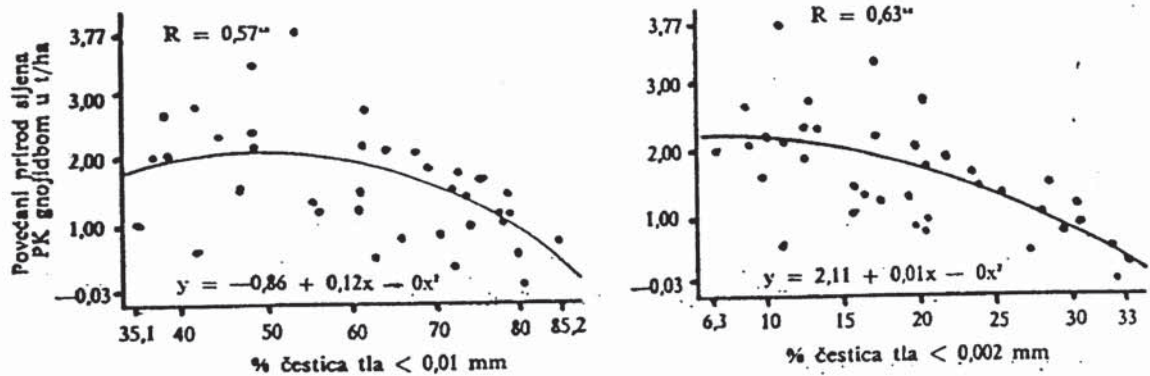
Grafikon 5 Korelacija i regresija između % lepirnjača na negnojnim parcelama i povećanog priroda sijena u t/ha PK gnojidbom na 38 gnojidbenih pokusa na prirodnim livadama.

Graph 5 Correlation and regression between % of legumes on unfertilized plots and increased hay yield in t/ha by PK fertilization in 38 fertilizer tests in natural meadows.



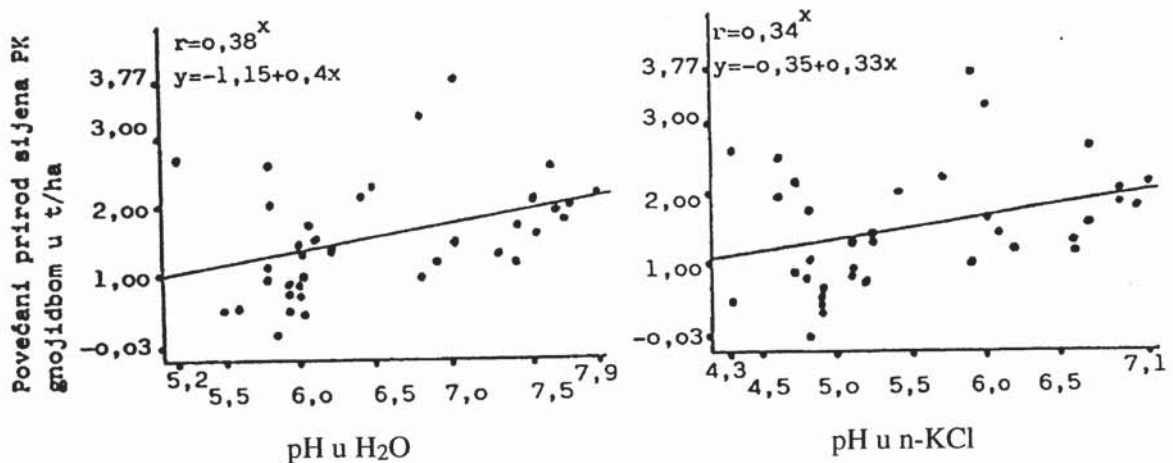
Grafikon 6 Korelacija i regresija između % čestica tla < 0,01 mm, odnosno < 0,002 mm na dubini od 0-15 cm i povećanog priroda sijena PK gnojdbom u t/ha na 38 gnojdbenih pokusa na prirodnim livadama.

Graph 6 Correlation and regression between % of soil particles < 0,01 mm and < 0,002 mm at the depth of 0-15 cm and increased hay yield by PK fertilization in t/ha on 38 fertilizer tests in natural meadows.



Grafikon 7 Korelacije i regresije između reakcije tla u H₂O, odnosno u 1M KCl i povećanog priroda sijena PK gnojdbom na 38 gnojdbenih pokusa na prirodnim livadama.

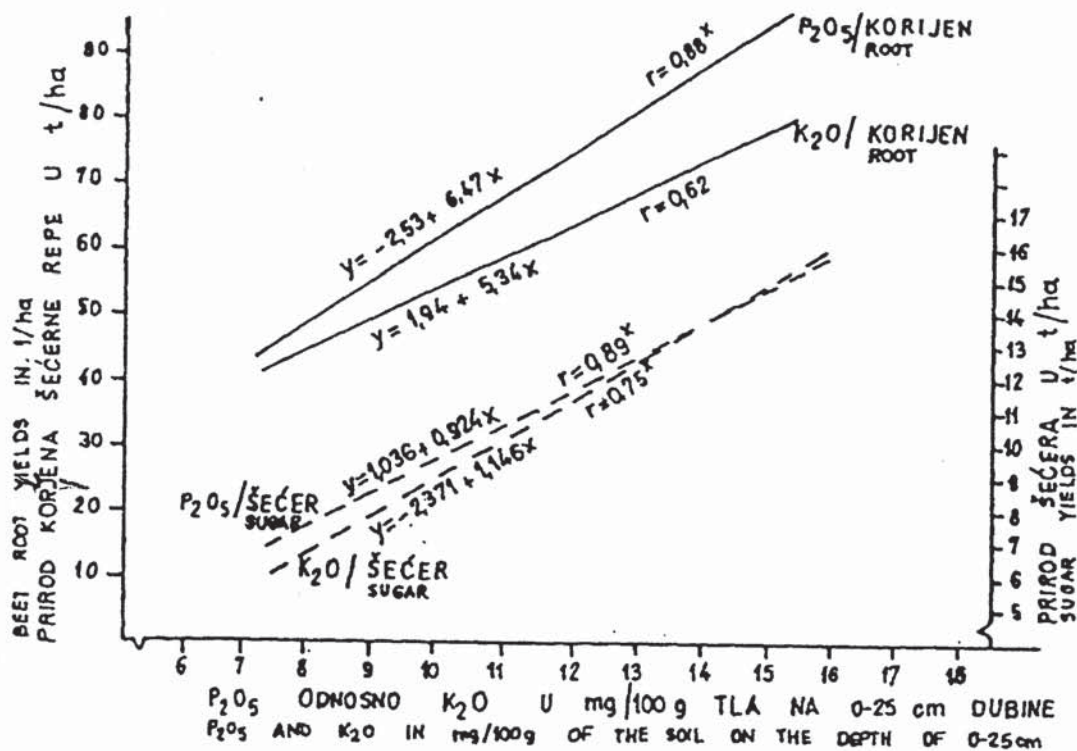
Graph 7 Correlation and regressions between soil reaction in H₂O and 1M KCl and increased hay yield by PK fertilization in 38 fertilizer tests in natural meadows.



Grafikon 8 prikazuje ne samo raspon svojstva tla na parcelama šećerne repe u 1981. i 1982. godini već i njihov odnos prema strukturi priroda šećerne repe. Budući da oni predstavljaju stanje 1981. i 1982. godine vjerojatno bi danas ti odnosi bili drugačiji, jer je došlo do promjena plodnosti tla.

Grafikon 8 Korelacije i regresije između opskrbljenosti tla s fiziološki aktivnim fosforom, odnosno kalijem i visine priroda korijena šećerne repe, odnosno šećera u t/ha.

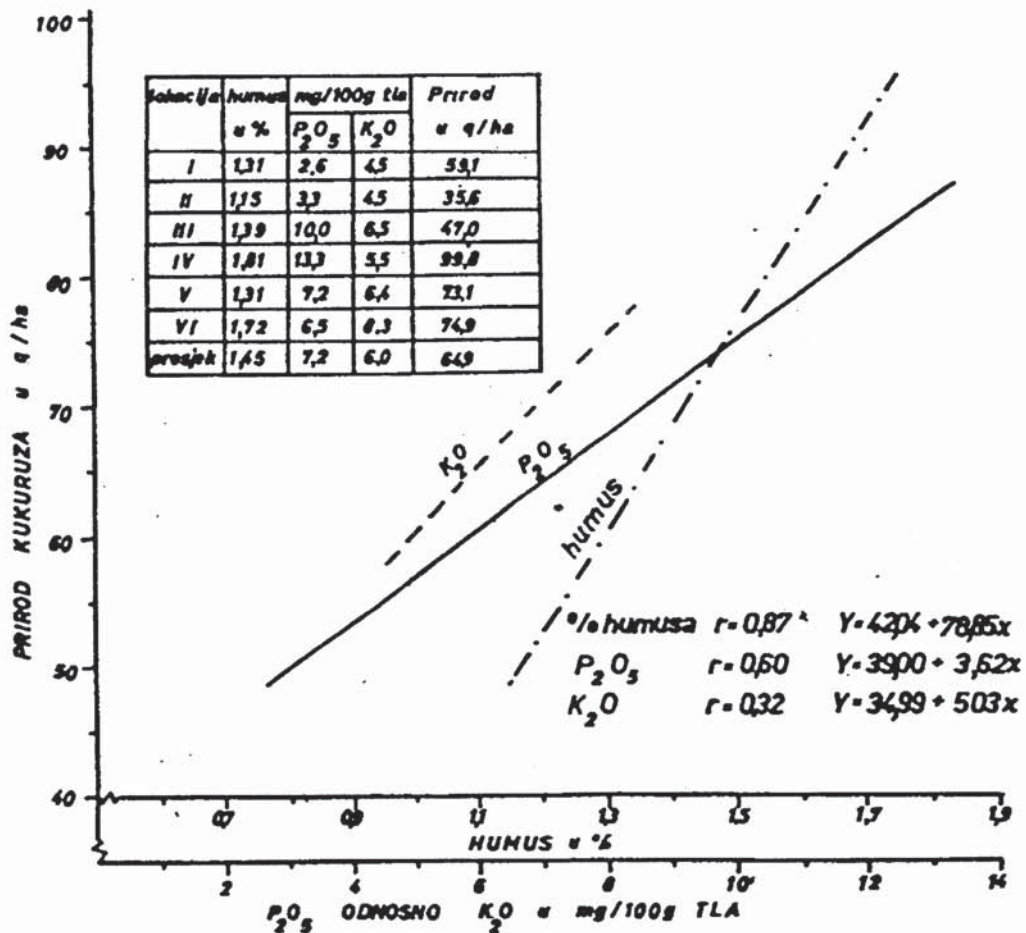
Graph 8 Correlations and regressions between the availability of soil with phosphorus and potassium and the sugar beet yield and sugar yield in t/ha.



Drugi primjer na grafikonu 9 prikazuje ekološki odnos između % humusa, količine fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O) i visine priroda kukuruza na arondiranoj parceli Nova Rača (Bjelovar). I u ovom primjeru vidljiva je velika nejednoličnost u plodnosti tla i njen utjecaj na prirod kukuruza.

Grafikon 9 Korelacija i regresija između opskrbljenosti tla s fiziološki aktivnim fosforom, kalijem te humusom i prirodna kukuruza u q/ha na proizvodnoj parceli Nova Rača u 1967. god.

Graph 9 Correlation and regression between phosphorus, potassium available in the soil and humus and maize yield in q/ha on Nova Rača production plot in 1967.



Ovih nekoliko primjera utvrđenih primjenom ekološke metode istraživanja odnosa između svojstva tla, florističkog sastava, strukture priroda i antropogenog utjecaja pokazuje ogromne mogućnosti primjene ekološke metode u spontanim i antropogenim ekosustavima. Rezultati takvih istraživanja mogu izmijeniti u mnogo slučajeva egzaktne poljske pokuse.

OSVRT

U traženju prikladne metode istraživanja pojedinih ekoloških faktora staništa i odnosa između svojstva tla, biljnog pokrova, klimatskih faktora, geološkog supstrata i antropogenog utjecaja, postoje u okviru prirodoslovnih znanosti različiti sustavi, ciljevi i metode istraživanja. To je i razumljivo, jer su se prirodoslovne znanosti razvijale odvojeno, svaka za sebe. Svaka od tih znanosti imala je zbog svoje posebnosti vlastite sustave i metode istraživanja. Ekologija, kao interdisciplinarna znanost, imala je tako sužen, odijeljen prostor za svoj razvoj. Zbog takve podvojenosti ciljeva i metoda istraživanja nije bilo ni moguće uspoređivati rezultate fitocenoloških i pedoloških istraživanja.

U fitocenološkom istraživanju biljnog pokrova primjenjivala se metoda kombinirane procjene broja individua i pokrovnosti po Braun-Blanquetu sa 6 kvantitativnih kategorija procjene florističkog sastava od + do 5.

U pedološkim istraživanjima uzorci iz profila tla uzimani su iz subjektivno ocijenjenih horizonata različite dubine i debljine, pa se rezultati nisu mogli uspoređivati (vidi pedološku kartu, Ivanek, 1994). Pedološki profil tla nije se po genetskom sustavu smatrao ekološkim profilom.

Jedna i druga znanost istraživale su ekosustave Zemlje odvojeno, iako ih svi čimbenici života upućuju na zajedničko proučavanje osobito danas kada su tlo i biljni pokrov Zemlje sve više ugroženi.

Potica na kompleksno gledanje istraživanja biljnog pokrova, svojstva tla, klime, mikroklimе i antropogenog utjecaja, dala su obimna fitocenološka, pedološka i mikroklimatska istraživanja započeta u 1954. godini na križevačkom i vrbovečkom području. Temeljila su se na "Priručniku za tipološko istraživanje i kartiranje vegetacije" koji su 1950. objavili I. Horvat, S. Horvatić, M. Gračanin, G. Tomašić, H. Eni i B. Maksić. Obavljala su se u početku s odvojenim neusporedivim metodama "Priručnika".

Na terenu fitocenološka kartiranja obavljali su profesori i studenti Prirodoslovno matematskog fakulteta, a pedološka istraživanja i kartiranja agronomi i poljoprivredni tehničari Agropedološkog laboratorija Srednje gospodarske škole i Poljoprivredne stanice. Mikroklimatska istraživanja na 20 pomičnih mikroklimatskih stanica obavljala je ekipa agronoma i poljoprivrednih tehničara uz pomoć stručnjaka Hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu.

Zbog osobitosti i neusklađenosti metoda, te odvojenosti terenskog istraživanja i kartiranja vegetacije od tla, podaci se nisu mogli primijeniti za utvrđivanje ekoloških odnosa između svojstva tla i biljnog pokrova. Da bi se to postiglo valjalo je primijeniti posebnu ekološku metodu za usporedna istraživanja tla i biljnog

pokrova koja objedinjuje fitocenološka i pedološka istraživanja. Ova se metoda već 1956. godine počela primjenjivati prilikom fitocenološkog i pedološkog kartiranja livada u križevačkom i vrbovečkom području. Njezina primjena proširila se do danas i na ostale ekosustave (šume i oranice).

Primjenom ove metode u ekološkim istraživanjima uvidjelo se da je na terenu mogu primjenjivati fitocenolozi i pedolozi samo u jedinstvenoj terenskoj ekipi, ili pojedinac ekolog koji poznaje fitocenološku i pedološku znanost.

Na principima ove metode obavljena su od tada istraživanja ne samo u ekosustavu livada već i oranica i šuma. Neki naslovi tih istraživanja nalaze se u popisu literature Ivaneka.

U svim tim istraživanjima primjenjivala se induktivna usporedna metoda snimanja biljnog pokrova i svojstva staništa. Biljne zajednice ili struktura priroda poljoprivrednih kultura bile su terenska orijentacija ovim ekološkim i mikroekološkim istraživanjima. Metoda uzima u obzir svaku florističku snimku i prirode koji su popraćeni rezultatima pedoloških istraživanja. To ne treba biti uvijek tipičan floristički snimak biljne zajednice, već i njihovi prijelazi. Rezultati ekoloških istraživanja omogućuju utvrđivanje dinamične ravnoteže između svojstva staništa, strukture i florističkog sastava biljnog pokrova što najbolje prikazuju grafikoni od 1 do 9.

Metoda je prikladna za ekološka, mikroekološka istraživanja zajednica, facijesa i biljnih vrsta u ekosustavu šuma i poljoprivrede, te u jedinstvenom fitocenološkom i pedološkom kartiranju. Njeni rezultati omogućuju i utvrđivanje razlike u staništima pojedinih ekosustava kako u pogledu erozije tako i u promjenama svojstva tla. Rezultati ekoloških istraživanja mogu dati osnovu za pravilno iskorištavanje pojedinih ekosustava i programiranje zaštite tla i biljnog pokrova.

Ovom prilikom valja posebno naglasiti da je za primjenu ekološke metode istraživanja bio najveći poticaj u raznovrsnosti staništa i biljnog pokrova na križevačkom i vrbovečkom području. Ona proizlazi iz različite geološke podloge, reljefa koji je u rasponu od 104 do 643 m nadmorske visine, klime i mikroklike, te različitog višestoljetnog antropogenog utjecaja.

Zbog razlike u spontanim i antropogenim ekosustavima križevačko i vrbovečko područje je ekološki najprivlačnije u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske i poticajno za ekološka istraživanja.

ZAKLJUČCI

Predložena ekološka metoda istraživanja ekoloških odnosa između svojstva staništa i florističkog sastava, strukture priroda biljnog pokrova te antropogenih

utjecaja povezuje dosadašnja odvojena fitocenološka i pedološka istraživanja u spontanim i antropogenim ekosustavima. Temelji se na florističkom sustavu kod kojega se florističkim snimanjem određene površine biljnog pokrova utvrđuje težinski postotak zastupljenosti svake biljne vrste. Na istom lokalitetu istražuju se i pedološka svojstva kao i druga svojstva staništa.

Uzorci tla za pedološke analize uzimaju se uvijek iz istih dubina i debljina pedološkog profila, umjesto iz pedoloških horizonata.

Ekološki odnosi primjenom ove metode mogu se izraziti s različitim korelacijama i regresijama koje predstavljaju dinamičnu ekološku ravnotežu između svojstva tla, biljnog pokrova ili antropogenih utjecaja.

Metoda je prikladna za ekološka i mikroekološka istraživanja ekosustava u šumarstvu, poljoprivredi, te za jedinstvena fitocenološka i pedološka kartiranja i programiranja zaštite prirode. Neki rezultati istraživanja ovom ekološkom metodom na livadama i oranicama prikazani su u ovom radu grafikonima.

SUMMARY

Former results of separate phytocoenological studies of plant cover by the method of Braun-Blanquet floristic system and also of pedological studies by the application of genetic system with soil samples taken from horizons in the soil profile have not provided the basis for more detailed ecological studies.

In this paper an ecological method is proposed for ecological relationships studies among soil properties, floristic composition and plant cover structure as well as anthropogenetic influence in spontaneous and anthropogenetic ecosystems.

This method is based on establishing individual plant species presence expressed in percentage. At the same time, together with floristic mapping of the surface, pedological and other habitat properties are studied. Soil samples for pedological analysis are always taken at the same depth in relation to soil surface and root system.

By this method ecological relationships can be expressed by different correlations and regressions that present dynamic ecological balance between habitat properties and phytocoenological composition in spontaneous ecosystems.

In anthropogenetic ecosystems these correlations and regressions can present the relationship between soil properties and yield structure.

The method is suitable for ecological and microecological studies in agriculture, forestry, unique phytocoenological and pedological mapping and environmental protection programmes.

This paper shows the results of studies expressed in graphs by the application

of ecological method in ecosystem of meadows and fields.

Key words: ecological studies, method, ecosystem.

LITERATURA

- Bašić, F., Šimunić, I.** (1984): Pedološka karta SFRJ, Čakovec 3, 1:50000.
- Braun-Blanquet, J.** (1964): Pflanzensociologie, Wien - New York.
- Ellenberg, H.** (1974): Zeigerwort der Gefäßpflanzen Mitteleuropas Acta Geobotanica IX Göttingen.
- Gračanin, M.** (1946): Pedologija - geneza tla, Zagreb.
- Gračanin, M.** (1951): Pedologija III dio, Sistematika tla, Zagreb.
- Gračanin, M., Ilijanić, Lj.** (1977): Uvod u ekologiju bilja, Zagreb.
- Horvat, I.** (1949): Nauka o biljnim zajednicama, Zagreb.
- Horvat, I., Horvatić, S., Gračanin, M., Tomašec, G., Maksić, B.** (1950): Priručnik za tipološko istraživanje i kartiranje vegetacije, Zagreb.
- Horvatić, S.** (1955): Vegetacijska karta općine Križevci.
- Horvatić, S.** (1930): Soziologische Einheiten der Niedeningswiesen in Kroatien und Slavonien. Acta biologica 5, Zagreb.
- Ilijanić, Lj.** (1959): Ekološko-fitocenološka istraživanja nizinskih livada Hrvatske (disertacija), Zagreb.
- Ivanek, V.** (1959): Vegetacijska karta općine Vrbovec.
- Ivanek, V.** (1972): Botanički sastav, kvaliteta i produktivnost i kvalitetni ekvivalent livada križevačkog područja, disertacija, Zagreb.
- Ivanek, V.** (1974): Primjena korelacije i regresije u kontroli plodnosti tla. Poljoprivredna znanstvena smotra br. 32 (42), str. 143-158.
- Ivanek, V.** (1978): Prilog metodici ekoloških istraživanja na prirodnim travnjacima, Polj. znan. smotra 44(54).
- Ivanek, V.** (1978): Mehanički sastav tla i kvaliteta sijena dolinskih i močvarnih livada i livadnih zajednica, Polj. znan. smotra 44(54).
- Ivanek, V.** (1978): Prilog poznavanju odnosa između reakcije (pH) tla i učinka dušika u gnojidbi prirodnih livada, Polj. znan. smotra br. 44, str. 163-174, Zagreb.
- Ivanek, V.** (1978): Udio lepirnjača na prirodnim negnojnim livadnim zajednicama i povećanje priroda sijena primjenom fosfornih i kalijevih gnojiva, Polj. znan. smotra br. 44, str. 219-230.
- Ivanek, V.** (1978): Odnosi između % lepirnjača i učinka dušika u gnojidbi prirodnih livadnih zajednica, Polj. znan. smotra br. 44, str. 129-139.
- Ivanek, V.** (1979): Neka svojstva staništa švedske djeteline (*Trifolium hybridum*) i njen udio u sijenu prirodnih livada, Drugi kongres ekologa Jugoslavije.
- Ivanek, V.** (1981): Povećanje opskrbljenosti tla fiziološki aktivnim fosforom i kalijem i njihova ekonomska opravdanost. Savjetovanje o proizvodnji šećerne repe, Križevci, 26. III 1981.
- Ivanek, V.** (1984): Svojstva staništa livadne kadulje (*Salvia pratensis*) na prirodnim livadama i njihova poljoprivredna vrijednost, Poljoprivredna znanstvena smotra 66.
- Ivanek, V.** (1985): Mogućnost zamjene mineralne gnojidbe dušikom vezanim bakterijama na

prirodnim livadnim staništima livadne kadulje (*Salvia pratensis*), Polj. znanstvena smotra br. 69, str. 315-334, Zagreb.

- Ivanek, V.** (1986): Utjecaj opskrbljenosti tla fiziološki aktivnim fosforom i kalijem na visinu i kvalitetu priroda šećerne repe, *Agrohemija* No 3, str. 167-175.
- Ivanek, V.** (1988): Utjecaj gnojidbe na produktivnost i kvalitetu travnjaka, *Agronomski glasnik* br. 1/88, str. 45-56.
- Ivanek, V.** (1989): Utjecaj mehaničkog sastava tla (teksture) na botanički sastav, kvalitetu i produktivnost livada. *Poljoprivredna znanstvena smotra*. Vol. 54, br. 3-4.
- Ivanek, V.** (1990): Utjecaj reakcije (pH) na botanički sastav, kvalitetu i produktivnost ekosistemu nizinskih livada. *Polj. znan. smotra* Vol. 55, br. 1-2, str. 69-96.
- Ivanek, V.** (1993): Biljni pokrov i staništa Kalničko-križevačke regije. Znanstveni skup Križevci u prošlosti i suvremenosti. Križevci 14-16. X. 1994. Zbornik u tisku.
- Ivanek, V.** (1994): Neprikladnost florističkog snimanja biljnog pokrova metodom Braun-Blanqueta u ekološkim istraživanjima. *Agronomski glasnik* (u tisku).
- Ivanek, V.** (1994): Osvrt na pedološke karte i njihove tumače za Republiku Hrvatsku. *Agronomski glasnik* (u tisku).
- Ivanek, V.** (1994): Ocjena genetske klasifikacije tla. *Šumarski list* (u tisku).
- Klapp, E., Boeker, P., König, F., Stählin, A.** (1953): Wertzahlen d. Grünlandpflanzen *Grünland* 5. 39-40.
- Klapp, E.** (1965): *Grünlandvegetation und Standort*, Berlin.
- Kovačević, J.** (1971): *Poljoprivredna fitocenologija*, Zagreb.
- Prpić, B.** (1989): Propadanje šuma u SR Hrvatskoj i Jugoslaviji, *Šumarski list*, godina CXIII 6-8, str. 235-242.
- Rauš, Đ.** (1987): *Šumarska fitocenologija*, Zagreb.
- Rauš, Đ.** (1991): *Zaštita prirode i čovjekova okoliša*, Zagreb, Šumarski fakultet.
- Škorić, A.** (1990): *Postanak, razvoj i sistematika tla*, Zagreb.
- Škorić, A.** i sur. (1977): *Tla Slavonije i Baranje*.
- Šošarić-Pisačić, K., Kovačević, J.** (1968): *Travnjačka flora i njena poljoprivredna vrijednost*, Zagreb.

Adresa autora - Author's address:

Prof. dr. Vilim Ivanek
Poljoprivredni institut Križevci
M. Demerca 1, 43260 Križevci

Primljeno: 16. 10. 94.