



Baština Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

**Simpozijum o problemima istraživanja šumskih
zemljišta (Sarajevo – Tjentište, august 1973) -
Symposium sur les problems des recherches des
sols forestiers**

Ćirić, Milivoje

1975

Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

<https://bastina.anubih.ba/items/7e97dd29-fa96-4f9b-b5c2-f1df56002eb7>

Preuzeto s Baštine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

<https://bastina.anubih.ba/>

AKADEMIJA NAUKA I UMJETNOSTI BOSNE I HERCEGOVINE

POSEBNA IZDANJA

KNJIGA XXIII

ODJELJENJE PRIRODNIH I MATEMATIČKIH NAUKA

Knjiga 5.

SIMPOZIJUM O PROBLEMIMA ISTRAŽIVANJA ŠUMSKIH ZEMLJIŠTA

Sarajevo — Tjentište, avgusta 1973.



Urednik

MILIVOJE ĆIRIĆ,
redovni član Akademije nauka i umjetnosti
Bosne i Hercegovine

SARAJEVO
1975.

ČEDOMIR BURLICA*

PROBLEMI PROUČAVANJA VODNOG REŽIMA ŠUMSKIH ZEMLJIŠTA

U V O D

Proučavanje vodnog režima zemljišta zahtjeva, pored praćenja promjena pojedinih elemenata vodnog režima, i detaljno poznavanje vodno-fizičkih svojstava zemljišta. Ova povezanost proističe iz potrebe da se ovim ispitivanjima zemljišta dâ i ekološko značenje.

Rezultati mnogih dosadašnjih ispitivanja zemljišta u našim uslovima ukazuju da vodno-fizička svojstva zemljišta i vodni režim zemljišta predstavljaju one faktore od kojih umnogome zavisi plodnost i proizvodnost zemljišta. Poseban značaj imaju ovi faktori u uslovima šumskih zemljišta, koja se ne obrađuju, već se prema njihovim svojstvima mora izvršiti izbor onih vrsta drveća i one tehnike uzgoja i eksploatacije koji će omogućiti najveću i najkvalitetniju produkciju, a jednovremeno sačuvati zemljište od nepoželjnih posljedica iskorištavanja. Ispitivanja vodnog režima zemljišta Jugoslavije su još uvijek pojedinačna i nemaju karakter potpunih stacionarnih ispitivanja. Ovo se posebno odnosi na šumska zemljišta. Razloge, za takvo stanje treba tražiti u razvoju pedoloških disciplina kod nas i u svijetu. Proučavanje vodno-fizičkih svojstava zemljišta, kao osnove za proučavanje vodnog režima, jedna je od dosada najslabije razvijenih pedoloških disciplina kod nas. Sistematska proučavanja ove vrste su novijeg datuma (tek vršena u posljednjih dvadesetak godina). Šumska zemljišta su ovim ispitivanjima zahvaćena tek u toku posljednjih nekoliko godina. Specifičnost fizičkih svojstava šumskih zemljišta i stanišnih prilika šume uopšte zahtijeva specifične metode ispitivanja, jer metodi razrađeni za ispitivanja ravničarskih (pretežno poljoprivrednih) zemljišta

* Šumarski fakultet, Sarajevo.

nisu uvijek primjenljivi za šumska zemljišta. Skeletnost zemljišta i drvenast korijen većine šumskih vrsta uslovljavaju veliku varijabilnost rezultata ako se upotrijebe metode razradene za poljoprivredna zemljišta.

PREGLED LITERATURE

Proučavanja mehaničkog sastava naših zemljišta započeta 1903. godine od strane Rakića (Zloko vić, 1949) predstavljaju početak pedofizičkih ispitivanja kod nas. Prva ispitivanja vodno-fizičkih svojstava zemljišta obavio je Seiwert (1927), a dinamike vode u zemljištu Lomejko (1930). I pored ovako ranog početka ovih proučavanja kod nas, sistematska ispitivanja ovih svojstava nastavljena su tek nedavno (Stojičević 1960, Vučić 1960, Bašović, 1964, Resulović 1964, Vlahinić 1964, i dr.).

U proučavanjima šumskih zemljišta ispitivanje mehaničkog sastava zemljišta obuhvatano je redovno u sklopu standardnih analiza, a pojedinačno su analizirani uzorci zemljišta uzimani u cilindre po Kopeckom ili po Burgeru. Struktura zemljišta i vodopropustljivost su ocjenjivani u morfološkim opisima zemljišta.

Detaljnija ispitivanja fizičkih osobina zemljišta prvo su obuhvatila pojedinačna svojstva šumskih zemljišta ili samo pojedina staništa. Tako npr. Resulović (1964) proučavajući dinamiku vode, vazduha i oksido-redukcionog potencijala pseudogleja (parapodzola) sjeverne Bosne određuje fizička i vodno-fizička svojstva pod šumskim staništima, a Ćirić (1966) vrši ispitivanja vodopropustljivosti (infiltracione sposobnosti) krečnjačkih zemljišta Igmana. Burlica (1966) na osnovu varijabilnosti ukupne poroznosti, retencionog kapaciteta za vodu i k-vrijednosti po Darcyju analizira potreban broj uzoraka zemljišta i pogodnost načina njihovog uzimanja.

Režim vlažnosti šumskih zemljišta, pored već spomenutog rada H. Resulovića (1964), proučavaju Burlica (1967, 1968) i Martinović et al. (1967). U ovim ispitivanjima je primjenjivan gravimetrijski metod određivanja vlažnosti zemljišta, sa sušenjem na 105°C. U isto vrijeme u proučavanjima poljoprivrednih zemljišta se primjenjuju i drugi metodi određivanja vlažnosti zemljišta: gipsani i fibrozno-stakleni blokovi (Jeremić-Spasojević, 1965), gama-mjerač Bisić-Hajro i Resulović (1968), neutronske mjerače (Nedeljković, 1962).

Detaljnija proučavanja vodno-fizičkih svojstava i njihove uloge u vodnom režimu zemljišta obavljena su u šumskim staništima na 4 tipa zemljišta (smede-krečnjačko, kiselo-smede, podzol i pseudoglej) u području centralne i jugoistočne Bosne. Pri tome je analizirana i zavisnost između vodnih svojstava i fizičko-hemijskih svojstava primjenom regresivnih analiza (Burlica, 1962). Vršeni su i pokušaji da se podaci za vodno-fizička svojstva modeliraju, tako da se u dalju obradu podataka uđe sa jednom brojčanom vrijednošću koja bi u sebi odražavala sva vodna svojstva zemljišta (Burlica, 1972a).

Pregled literature iz oblasti pedofizike šumskih zemljišta pokazuje da su ova proučavanja za relativno kratko vrijeme prešla sa poje-

dinačnih problema na kompleksnija ispitivanja; primjenjuje se sve savremenija i adekvatnija analitička tehnika, uzima se odgovarajući broj uzoraka i vrši takav način obrade podataka koji omogućava donošenje pouzdanih zaključaka. Ovome je pored iskustava stečenih u ispitivanju šumskih zemljišta doprinijelo i prenošenje mnogo većeg iskustva stečenog ispitivanja zemljišta u poljoprivrednoj proizvodnji. Konačno, mora se konstatovati da su ova ispitivanja imala prije svega zadatak da se upoznaju šumska zemljišta kao jedan od specifičnih objekata ispitivanja. Problematika specifičnosti šumarske proizvodnje je tek nagoviještena ispitivanjima koja obuhvataju odnos zemljišnih svojstava i produktivnosti topola (Dekanić, 1969; Munkačević, 1967; Živanov, 1970).

Prema analizi u pristupačnoj literaturi, vidi se da su proučavanja vodno-fizičkih svojstava šumskih zemljišta šire primjenjena u Hrvatskoj i Bosni. Međutim, mora se naglasiti da su ova ispitivanja već dobro razvijena i u Sloveniji, kao i da se u posljednje vrijeme vrše pripreme za primjenu ovih ispitivanja u Srbiji.

PROBLEMATIKA ISPITIVANJA

Problematika ispitivanja vodno-fizičkih svojstava i vodnog režima šumskih zemljišta može se analizirati iz više različitih uglova. Ona se, prije svega, dijeli na problematiku specifičnu za ispitivanja šumskih zemljišta i problematiku zajedničku za sva zemljišta.

Specifičnost proučavanja šumskih zemljišta ogleda se prije svega u uticaju skeleta i drvenastog korijenja na varijabilnost rezultata ispitivanja. Drugim riječima, postavlja se pitanje dobivanja pouzdanih rezultata ispitivanja. S druge strane, razrada i primjena analitičkih postupaka u kojima skeletnost i drvenasto korijenje neće predstavljati problem dobivanja podataka sa zadovoljavajućom varijabilnošću otežava poređenje rezultata ispitivanja šumskih i poljoprivrednih zemljišta, a ujedno zahtijeva i upotrebu različitih uzoraka zemljišta za ispitivanje različitih svojstava.

Iako inventarisanje fonda šumskih zemljišta kod nas još nije praktično završeno, problemi podizanja kvantiteta i kvaliteta proizvedene drvene mase zahtijevaju da se pristupi detaljnim ispitivanjima režima pojedinih zemljišnih svojstava u uslovima šumske proizvodnje. Jedno od značajnih mjesta u ovim prioritetnim ispitivanjima imaju i ispitivanja vodno-fizičkih svojstava i vodnog režima šumskih zemljišta.

Problemi izbora i primjene odgovarajućih analitičkih postupaka

Metodi koji su razrađeni u pedofizičkim ispitivanjima u najvećem broju slučajeva zbog skeletnosti šumskih zemljišta daju rezultate velike varijabilnosti, ili se uopšte ne mogu primijeniti. Vrlo često se dešava da se i postojeći metodi za skeletna zemljišta ne primjenjuju, jer su dosada

rijetko primjenjivani u ispitivanjima poljoprivrednih zemljišta. Bogatstvo šumskih zemljišta u organskoj masi, također, otežava primjenu postojećih metoda i dobivanje realnih rezultata ispitivanja u mnogim analizama.

Mehanički sastav

Skeletnost zemljišta, koja je karakteristična za većinu šumskih zemljišta, u znatnoj mjeri koriguje pedološko i ekološko tumačenje rezultata mehaničke analize sitne zemlje. Vrlo često, međutim, u dosadašnjim ispitivanjima šumskih zemljišta nije određivan ukupan sadržaj i frakcioni sastav skeleta. Skeletnost je dosada samo ocjenjivana pri morfološkom opisu profila zemljišta.

Poseban problem u određivanju mehaničkog sastava šumskih zemljišta predstavlja povećan sadržaj organske materije. Organska materija otežava razdvajanje primarnih čestica, a metode sa ostranjivanjem organske materije putem spaljivanja uklanjaju organsku materiju kao fizičke čestice koje svakako imaju veliki uticaj na procese u zemljištu.

Strukturni sastav zemljišta i stabilnost strukturnog agregata

U dosadašnjim ispitivanjima šumskih zemljišta struktura je ocjenjivana samo pri opisu profila.

Pri kvantitativnim ispitivanjima strukturnog sastava javljaju se teškoće u sitnjenju (mrvljenju) uzorka zemljišta, odnosno u podešavanju vremena uzimanja uzoraka u momentu najpogodnije vlažnosti zemljišta. Pri ovim ispitivanjima vrlo često se zanemaruju istraživanja ekološkog značaja različitih formi strukturnih agregata. Skromna ispitivanja ove vrste, obavljena samo za 4 tipa šumskih zemljišta, pokazala su vrlo različite odnose sferoidnih i poliedričnih agregata (Burlica, 1972).

Faktori obrazovanja strukturnih agregata nisu proučavani ni za poljoprivredna zemljišta, a popravak strukture zemljišta dodavanjem vještačkih materija je tek primijenjen za poljoprivredna zemljišta.

Široko primijenjeni metodi mokrog prosijavanja u određivanju stabilnosti agregata (Stojičević, 1960; Vučić, 1964; Burlica, 1972) ne odgovaraju u potpunosti prirodnim uslovima narušavanja strukturnih agregata. Primjena nekog drugog, pogodnijeg metoda određivanja stabilnosti strukturnih agregata je još neriješeno pitanje u ispitivanjima zemljišta uopšte.

U prikazivanjima strukturnog sastava kod nas se primjenjuju metodi srednjeg težinskog prečnika po De Leenheer L., De Booth (Resulović et al., 1966), kao i Vasiljeva (Vučić, 1964).

Specifična i zapreminska težina zemljišta

U određivanju specifične težine najšire se primjenjuje piknometrijski metod sa vodom, i to za sva zemljišta, iako je poznato da ovo određivanje zavisi od mehaničkog sastava (Blake, 1965).

Zapreminska težina se najčešće određuje upotrebom cilindra, i to samo jednim uzimanjem uzorka (pri vlažnosti poljskog vodnog kapaciteta). Iskorišćavanje ovoga podatka u proučavanjima režima vlažnosti donosi vrlo često i nelogične zaključke.

I pored postojanja nekih analitičkih postupaka koji obezbjeđuju tačnije određivanje volumne težine, posebno u skeletnim zemljištima, u svim onim slučajevima kada je i sa mnogo truda moguće uzimanje uzoraka zemljišta u cilindre treba isto upotrijebiti, jer omogućuje određivanje više svojstava na jednom uzorku zemljišta, što umnogome olakšava analizu rezultata ispitivanja.

Vodna svojstva zemljišta

U određivanjima vodnih svojstava zemljišta sve češće se iskorišćavaju energetska određivanja vode u zemljištu po Richardsu (1947, 1948), i to najčešće na uzorcima uzetim u nenarušenom stanju (Richard-Beda, 1953).

Primjena jednakog pritiska u određivanju vodnih karakteristika za sva zemljišta ima prednosti ako se žele ekološki upoređivati različita zemljišta, ali ne daje odgovarajuću vrijednost za ispitivanu vodnu karakteristiku kod većine ispitivanih zemljišta. Problematičnost upotrebe uzoraka zemljišta u nenarušenom stanju za šumska zemljišta nameće ujedno i problem određivanja sposobnosti zadržavanja vode u uzorcima u narušenom stanju, za koje je utvrđeno da znatno odstupaju od odgovarajućih vrijednosti za vodne konstante, posebno za poljski vodni kapacitet (Vučić, 1964, Živanov, 1970). Prema postavkama koje daje Hillel (1971), ispitivanja ove vrste u nas se mogu okarakterisati kao klasična, jer se analizira samo zemljište, tj. određuje se količina vode u zemljištu između određenih pF-vrijednosti. Ovo ima svoje opravdanje ako se ocjenjuje ekološka vrijednost samo zemljišta. Međutim, u stranoj literaturi se javljaju stremljenja da se ovi odnosi rješavaju u jednom kontinuelnom sistemu zemljišta, biljke i atmosfere (Hillel, 1971: Slatyer, 1967).

Među vodnim osobinama posebno mjesto zauzimaju ispitivanja pokretljivosti vode u zemljištu. U našim ispitivanjima široko se primjenjuju metodi određivanja filtracione sposobnosti zemljišta na osnovama Darcyevog zakona, nešto manje određivanja infiltracione sposobnosti zalivanjem u cilindrima i još nikako — kapilarna provodljivost zemljišta.

Primjena Darcyevog zakona u kretanju vode kroz saturisano zemljište u posljednje vrijeme podliježe izvjesnim kritikama (Kutilek,

1969; De Wiest, 1969). Određivanje infiltracione sposobnosti se bolje prilagođava prirodnim uslovima ako se primjenjuju aparati sa vještačkom kišom (Dobrzanski, 1956).

Ispitivanja vodno-fizičkih svojstava šumskih zemljišta u Bosni (Burlica, 1972) pokazala su da je cjelishodnije uložiti veći trud pri uzimanju uzoraka u cilindre, a rezultate kasnije preračunavati uzimajući u obzir sadržaj skeleta, nego primjenjivati više različitih analitičkih postupaka koji su također opterećeni relativno velikim i različitim metodskim greškama. Osim toga, najčešće dolazi i do velikih razlika, odnosno nepoklapanja rezultata iz različitih metodika.

Elementi vodnog režima zemljišta

U ispitivanjima elemenata vodnog režima zemljišta kod nas je obuhvaćena najčešće samo analiza režima vlažnosti zemljišta (Burlica, 1967, 1968; Martinović et al., 1967; Resulović, 1964). Karakteristika ovih ispitivanja je u uzimanju uzoraka sa sondom, što zbog velike prostorne varijabilnosti otežava donošenje pouzdanih zaključaka. Primjena savremenih metoda određivanja vlažnosti zemljišta koji isključuju uticaj prostorne varijabilnosti je usporena iz dva razloga. Ovi metodi imaju relativno veliku metodsku grešku određivanja vlažnosti na mjestu mjerenja i, drugo, vrlo je teško očuvati u staništima šumskih sastojina dosta skupe instalacije koje zahtijeva ova metodika.

Tek u posljednjim programima kod nas je predviđeno, odnosno započeto je ispitivanje režima vlažnosti zemljišta pod vještačkim uslovima vlaženja, kako se to npr. radi u Austriji (Czell, 1972).

Problemi održavanja instalacija za praćenje ostalih elemenata vodnog režima zemljišta, također, otežavaju razvijanje ovih ispitivanja u našim uslovima.

Ostala fizička svojstva

Od ostalih fizičkih svojstava zemljišta, koja u proučavanjima šumskih staništa kod nas nisu praktično ni obuhvaćena, a imaju veliki značaj u šumskoj proizvodnji, posebno mjesto zauzimaju temperaturni i vazdušni režim, kao i mehanički otpor zemljišta. Zato je poželjno da se ova ispitivanja počnu što prije i kod nas primjenjivati.

Izbor pokazatelja rezultata ispitivanja i načina obrade podataka

Rezultati ispitivanja vodno-fizičkih svojstava najčešće se prikazuju u volumnim procentima. Ovako prikazani rezultati pogodni su za pedogenička razmatranja. Za ekološka i hidrološka razmatranja potrebno je uz

ove podatke uzimati u obzir i dubine horizonata. Jednostavnija ekološko-hidrološka analiza postiže se ako su vodna svojstva preračunata u milimetre u odnosu na dubinu profila zemljišta.

U analizama gdje se uzima u razmatranje više (fizičko-hemijskih) svojstava zemljišta potrebno je nastojati da se sva vodno-fizička svojstva izraze jednom brojčanom vrijednosti. Najčešće se to čini različitim indeksima (Chirita et al., 1964; Burlica, 1972a).

Prikazivanje rezultata dinamike vlažnosti zemljišta može se podijeliti na dvije osnovne grupe. Prvu grupu predstavlja prikazivanje različitih vrijednosti (različiti oblici vode u apsolutnim ili relativnim procentima, pF-vrijednost i druge energetske jedinice) hronoizohijetama u zamišljenom presjeku profila. Ovaj način prikazivanja rezultata je pogodan za ekološke analize u pojedinim horizontima profila i njihovim međusobnim odnosima, ali za jedinstvenu ocjenu profila i bilansiranje vode je nepodesan.

Drugi način je prikazivanje promjene jednom linijom za cijeli profil zemljišta ili odvojeno za svaki horizont zemljišta. Linija promjena, koja može predstavljati različite vrijednosti (apsolutne ili relativne procenete količine vode, odnosno energetske jedinice), nanosi se na odgovarajuću osnovu sastavljenu iz podataka za maksimalni vodni kapacitet, poljski vodni kapacitet i vlažnost venjenja. Ovaj način prikazivanja rezultata nije podesan (naročito ako je dat sumarno za cijeli profil) za ekološke analize, ali je vrlo pogodan za jedinstvenu ocjenu promjena vlažnosti zemljišta i za bilansiranje vode.

Ovdje je potrebno ukazati na činjenicu da u proučavanjima dinamike vlažnosti zemljišta treba voditi računa da se pojedini stadiji razvoja šumskog drveća odvijaju tokom više hidroloških godina, a ne kao kod poljoprivrednih kultura da pojedinim stadijima razvoja biljaka odgovara samo određeno stanje vlažnosti zemljišta u jednom dijelu vegetacionog perioda.

Terminološka problematika

S obzirom da su ispitivanja vodno-fizičkih svojstava šumskih zemljišta praktično tek započeta, potrebno je strogo voditi računa o preciznom iskorišćavanju pojedinih termina. Ovo tim prije što su u dosadašnjim ispitivanjima opšteg karaktera postojale tendencije iskorišćavanja različitih termina pedofizike u cilju razbijanja monotonije (ponavljanja) teksta.

Z A K L J U Č C I

Proučavanja vodno-fizičkih svojstava i vodnog režima šumskih zemljišta razvijaju se posljednjih godina u našoj zemlji brzo, ali ne i ravnomjerno u svim republikama. Posebno se malo radi upravo u onim oblastima (Srbija i Makedonija) gdje je problem obezbjeđenja vode najveći.

U proučavanja se uvodi savremena metodika, razrađena za poljoprivredna zemljišta, međutim bilo bi potrebno koncentrisati postojeće mo-

gućnosti na pronalaženju takve metodike rada koja će, s obzirom na prirodnu šumskih zemljišta (skeletonost i drvenasto korijenje), omogućiti uzimanje takvih uzoraka zemljišta kojim je moguće određivanje više svojstava sa manjom varijabilnosti rezultata nego što se to danas postiže upotrebom cilindra ili posebnih uzoraka za svako svojstvo zemljišta. Povećan sadržaj organske materije zahtijeva modifikovanje nekih analitičkih postupaka u oblasti fizike zemljišta, posebno pripreme zemljišta za mehaničku analizu.

S druge strane, potrebno je započeti sa proučavanjima vezanim za toplotni i vazdušni režim zemljišta, jer ova svojstva imaju vrlo veliki ekološki značaj.

Ispitivanja dinamike vlažnosti zemljišta, kao i drugih elemenata vodnog režima, koja su dosada vršena u određenim razmacima vremena tokom cijele hidrološke godine, treba zamijeniti češćim osmatranjima, uz vještačko mijenjanje uslova u karakterističnim stanjima vlažnosti.

U analizi rezultata proučavanja treba odabrati takve načine obrade podataka i prikazivanja rezultata koji će najbolje odgovarati postavljenim zadacima.

Buduća ispitivanja fizičkih svojstava i vodnog režima šumskih zemljišta treba vezivati za proizvodnost šumskih staništa.

U ovim analizama obuhvaćena su samo ona svojstva koja su značajna za većinu šumskih zemljišta u našim uslovima, što ne znači da neka od izostavljenih fizičkih svojstava u specifičnim stanišnim uslovima ne mogu imati i daleko veći značaj od analiziranih svojstava.

BURLICA Č.

THE PROBLEMS OF INVESTIGATION OF MOISTURE REGIME IN FOREST SOILS

SUMMARY

Specific properties of forest sites and forest soils require a critical evaluation of methods which has been designed for agricultural soils.

The ecological interpretation of results of soil investigation may be efficient only if the physical properties of soil related to soil water are considered.

This kind of research is still scarcely developed and incomplete in Yugoslavia. The major contributions to this field have been done in Bosnia and Croatia. But nevertheless, a rather accelerated development of such researches, as well as introduction of new methods of investigation and data processing is going on in present days.

The presence of skeleton in forest soils has not been considered enough, although it has to be used as correction factor for all of data,

In texture analyses the problem of preparation of samples has to be mentioned, particularly due to high content of organic matter of forest soils.

Determination of soil structure is connected with the problems of preparation of soil samples, such as grinding, the time of sampling for dry sieving, the choice of ways for fractionation with preservation of natural aggregates and so on.

The methods of sampling without destroying natural composition of soil was discussed, particularly as concerned the volume weight determination and other related properties. It recommends the use of cylinders for sampling soils in undisturbed conditions, because the estimation of several properties from one sample has advantages as compared with the analyses from separated samples each. The necessity of such methods estimation of infiltration rate which may simulate the natural conditions of wetting of soils has been emphasized.

For investigation of elements of water and moisture regime we propose, instead of measurement in longer time spans during the whole year, the more frequent observation in short time after addition of controlled amount of water in different moisture status of soils.

In addition the need of soil temperature and soil air investigation has been emphasized, because such investigation has not yet been started in Yugoslavia, in spite of their great ecological importance.

The great variability of forest soils properties requires very careful design of sampling application of adequate statistical methods. The results of investigation have to be presented differently, according to the purpose. The modelling of results may simplify the use of mutually inter-related data.

At the end, the problem of unification and precision of terminology in soil physics has been discussed.

LITERATURA

- Bašović M. (1964): Uticaj obrade i mineralnih đubriva na produktivnost parpodzola sjeverne Bosne. Radovi Polj. fak., Sarajevo, br. 15.
- Bisić-Hajro Dž., Resulović H. (1968): Mjerenje sadržaja vlage u ilovastom aluvijumu sa gama-mjeračem. Referat na sastanku I komisije, Skopje.
- Blake G. R. (1965): Particle Density. Methods of Soil Analysis I.
- Burlica Č. (1966): Prilog metodici načina uzimanja uzoraka za ispitivanje fizičkih svojstava šumskih zemljišta. Zemljište i biljka, Vol. 15, No 3.
- (1967): Režim vlažnosti zemljišta na krečnjaku. Zemljište i biljka, Vol. 16, No 1—3.
- (1968): Karakteristike režima vlažnosti pseudogleja pod šumskom vegetacijom. Zemljište i biljka, Vol. 17, No 2.
- (1972): Vodni režim najvažnijih tipova šumskih zemljišta Bosne. (Doktorska disertacija).
- (1972a): Vlažnost zemljišta u ocjenjivanju ekološke vrijednosti šumskih zemljišta. Referat na IV kongresu JDZPZ, Zemun.
- Chirita et al. (1964): Classification of Soil Moisture Regimes for Ecological Purposes. Stiinta Solului, No 3—4.

- Czell A. (1972): Wasserhaushaltsmessungen in subalpinen Böden. Mitt. der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, Wien. Heft 98.
- Ćirić M. (1966): Zemljišta planinskog područja Igman — Bjelašnica. Radovi Šum. fak. i Inst. za šum. Sarajevo, god. X, knj. 10, sv. 1.
- Dekanić I. (1969): Dubina podzemne vode i tla kao važni ekološki činioci uspijevanja nekih evroameričkih topola na aluviju Save i Kupe kod Siska. Šumarski list, 11—12.
- Dobrzanski Z. (1956): Polowe metody iznaczanie wspolozynnika przepuszczalności skal wodonosnych i gruntov. Metody, Warczawa.
- Hillel D. (1971): Soil and Water. Physical Principles and Processes. New York.
- Jeremić M., Spasojević M. (1964): Dinamika vode u zemljištu glinovito aluvijalnog nanosa kod aračina pod kulturom šećerne repe i efekat njegovog navodnjavanja. Zemljište i biljka, Vol. 13, No 2.
- Kutilek M. (1969): Nadarcyovske proudeni vody v zeminach v laminarni oblasti. Vodohospodarsky časopis, Roč. XVII, Č. 5.
- Lomejko S. (1930): Režim vlažnosti zemljišta u Metohiji. Glasnik Min. Polj., Beograd.
- Martinović J. et al. (1967): Sezonske promjene sadržaja vlage u tlu i mineralnih hranjiva u iglicama u kulturi običnog bora i američkog borovca kraj Ogulina. Šumarski list, br. 3—4.
- Munka čević V. (1967): Proizvodna vrednost zemljišta u plantažama topole klona I—214 u Baranji. (Mag. rad) Beograd.
- Nedeljkovi Lj. (1962): Određivanje gustine zemljišta metodom refleksije gama-zračenja. Radioaktivni izotopi i zračenja, No 4, Beograd.
- Resulović H. (1964): Dinamika vode, vazduha i oksidoredukcionog potencijala u parapodzolu sjeverne Bosne. (Dokt. dis., Sarajevo).
- Resulović H. et al. (1966): Prilog poznavanju indeksa stabilnosti strukturnih agregata na nekim tipovima tla. Agrohemija, 3—4.
- Richard F. Beda J. (1953): Methoden für Bestimmung der Wasserbindung und der Porengrößen in natürlich gel getren Waldböden. Mitteil, Schweiz. Anstalt für das forst Versuch., XXIX Bd 2 Hft.
- Richards (1948): Porous Apparatus for Measuring Moisture Retention and Transmission by Soil. Soil Sci. 66 No 2.
(1947): Pressure-Membrane Apparatus-Construction and use. Agricult. Enginž Vol 28, No 10.
- Seiwerth A. (1927): Prilozi za poznavanje tla hrastovih šuma u Podravini. Glasnik za šumske pokuse, br. 2.
- Slatyer R. O. (1967): Plant-Water Relationships. Acad. Press, London.
- Stojičević D. (1960): Važnije vodne osobine glavnih tipova zemljišta u Srbiji. Savez vodnih zajednica NRS, Novi Sad.
- Vlahinić M. (1964): Vodno-fizičke karakteristike tresetišta u Livanjskom polju. (Dokt. dis.), Sarajevo.
- Vučić N. (1964): Vodne osobine černoze i livadske crnice i njihov značaj za navodnjavanje u irigacionom području Bačke. Savremena poljoprivreda, pos. izd., br. 1.
- Zloković (1949): Biografska građa za pedološka proučavanja jugoslovenskih zemljišta u periodu do 1940. godine.
- Živanov (1970): Prilog izučavanju prirasta klona I-214 na zemljištima različitih vodofizičkih svojstava. (Mag. rad), Novi Sad.