

PERIODIČNA KARAKTERIZACIJA ACIDIFIKACIJE ŠUMSKIH TALA NA KRŠU HRVATSKE

PERIODIC CHARACTERIZATION OF FOREST SOILS ACIDIFICATION ON CROATIAN KARST

J. Martinović

SAŽETAK

Na reprezentativnim objektima šumskih tala u Gorskom kotaru, Hrvatskom primorju i Nacionalnom parku Plitvička jezera bilančnom su metodom provedena istraživanja promjene pH vrijednosti u humusno-akumulativnom horizontu tla.

Za 25 godina (1965-1990) u Gorskom kotaru i Hrvatskom primorju razlika iznosi Δ pH 0,0 do 1,5 dotično za 20 godina (1970-1990) u NP Plitvička jezera iznosi Δ pH 0,2 do 0,7.

Periodične promjene pH vrijednosti u A horizontu tla korespondiraju s kategorijom kiselosti tla i tipom bioklimata.

U promatranom razdoblju u skupini kalkokambisola oštećenost tla acidifikacijom najjače je izražena u bioklimatu šume jele i bukve na području Gorskog kotara, a najmanje u submediteranskom području Hrvatskog primorja.

Ključne riječi: periodična promjena pH, acidifikacija kalkokambisola, Callamintho-Abieti-Fagetum.

UVOD

Kiselost (aciditet) tla i proces acidifikacije tala važne su pedološke i ekološke karakteristike, a iskazuju se koncentracijom vodikovih iona (H^+) u otopini tla. Prema Gračaninu (1947), " vodikovi ioni igraju veliku ulogu u dinamici tla time što:

- osiromašuju tla bazama uopće a hranivima napose,
- utječu na njihova fizikalna svojstva (kapacitet i propusnost za vodu i zrak),
- zakiseljuju ih i ograničuju tako intenzitet života i proizvodnje viših biljaka,
- mijenjaju stubokom mikrobiološki život u tlu,
- uvjetuju pojavljivanje acidofilnih asocijacija na prirodnim staništima".

Novija istraživanja opisanu ulogu u svemu potvrđuju. Sve češći su nalazi (Mückenhausen 1974, Ulrich 1983, Alekseev 1990) o ekološki nepovoljnom učinku acidifikacije tla naročito u pogledu povećanja mobilnog aluminija u tlu (Al^{3+}) te rastvorivosti i ispiranja humusa iz mineralnog dijela tla. Razumljivo je stoga da su zakonitosti promjena stanja aciditeta tla vrlo važan znanstveni i gospodarski problem.

U ovom radu iskazujemo prve podatke periodične promjene pH vrijednosti tala prirodnih stobina Gorskog kotara, Hrvatskog primorja i Male kapele (Nacionalni park Plitvička jezera).

MATERIJAL I METODE

Istraživanja u Gorskom kotaru i Hrvatskom primorju provedena su na dijelu ključnih objekata izabranih (Bertović, Martinović 1965) za proučavanje odnosa tla i vegetacije. Na uzorku koji obuhvaća 7 transekata i 23 plohe odnosno 23 poredbeno para pedoloških jama te ekološki kontrastne biljne zajednice i tipove tala (tablica 1), utvrđeni su pH u H_2O i n-KCl te C/N odnos tla, sve u humusno-akumulativnom horizontu tla. Prvo uzimanje uzoraka obavljeno je u kolovozu 1965. godine, a drugo 1990. godine na istom mjestu i u isto vrijeme kao i 1965. godine. Periodično uzimanje uzoraka tla obavljeno je iz pedoloških jama koje su otvorene jedna pokraj druge i obuhvaćaju isti elementarni areal tla.

Uzimanje uzoraka tla na području Nacionalnog parka Plitvička jezera obavljeno je na 19 primjernih ploha u šumi bukve i jele na kalkokambisolu (tablica 2).

Plohe su osnovane u projektu tipoloških istraživanja šuma. Uzimani su prosječni uzorci tla modelnih tesera i to iz humusno-akumulativnog horizonta tla. Prvo uzimanje uzoraka obavljeno je u listopadu 1970. godine, a ponovljeno je u isto vrijeme 1990. godine.

Iskazana kemijska svojstva tala određena su: pH u H_2O i n-KCl potenciometrički staklenom elektrodom, ugljik po Tjurinu i ukupni dušik po Kjeldahlu.

Uzimanje svih uzoraka tla obavio je autor osobno.

REZULTATI I TUMAČENJE

Rezultati istraživanja iskazani su u tablicama 1 i 2 i predloženi na slikama 1, 2 i 3. Ističu se ove najvažnije konstatacije i osobitosti:

1. U Gorskom kotaru i Hrvatskom primorju za 25 godina (1965-1990) u gotovo svim slučajevima pokazalo se zamjetno sniženje pH vrijednosti u humusno-akumulativnom horizontu tla. Maksimalno sniženje pH (H_2O) vrijednosti (ΔpH 1,6 i

Tablica 1 Periodična promjena reakcije tla i C/N odnosa u tlu - Gorski kotar i Hrvatsko primorje

Redni broj plohe	Biljna zajednica i tlo	Profil	Dubina cm	Stanje					
				1965.			1990.		
				pH u H ₂ O	pH n-KCl	C/N	pH u H ₂ O	pH n-KCl	C/N
1	Blechno-Abietetum Smeđe podzolasto	200	0-5	4,4	3,8	18,4	3,6	2,9	15,4
2	Blechno-Abietetum Smeđe-podzolasto	201	0-7	4,0	3,2	15,5	3,8	3,2	15,6
3	Calamintho-Abieti-Fagetum Smeđe na dolomitu	202	0-7	5,9	5,5	15,5	5,3	4,0	13,2
4	Calamintho-Abieti-Fagetum Distrično smeđe na rabej. naslagama	203	0-10	4,2	3,2	18,6	4,7	3,7	16,9
5	Carici-Centaureetum rupestris Crnica na vapnencu	204	0-14	5,5	4,6	16,9	5,2	4,1	14,6
6	Calamintho-Abieti-Fagetum Kalkokambisol plitki	206	0-10	6,1	5,1	14,8	5,0	3,8	14,0
7	S.- O. quercetosum pubescentis Kalkokambisol erodirani	221	0-10	6,5	5,9	17,2	5,9	5,0	15,0
8	S.- O. carpinetosum betuli Kalkokambisol lesivirani	222	0-11	5,8	4,8	14,1	5,6	4,6	15,5
9	Seslerio-Ostryetum fagetosum Kalkokambisol	214	0-8	6,1	5,2	17,2	5,6	4,6	15,3
10	Salicetum grandifoliae Dvoslojni profil	162	0-20	7,3	6,7	19,9	6,2	5,3	17,1
11	Nardetum strictae Lesivirano tlo ponikava	163	0-15	4,5	3,7	15,0	4,2	3,6	13,2
12	Homogyno alpinae-Fagetum Rendzina posmeđena na moreni	164	0-20	6,2	6,1	16,7	4,9	4,0	13,8

Nastavak na idućoj stranici

Tablica 1 Periodična promjena reakcije tla i C/N odnosa u tlu - Gorski kotar i Hrvatsko primorje

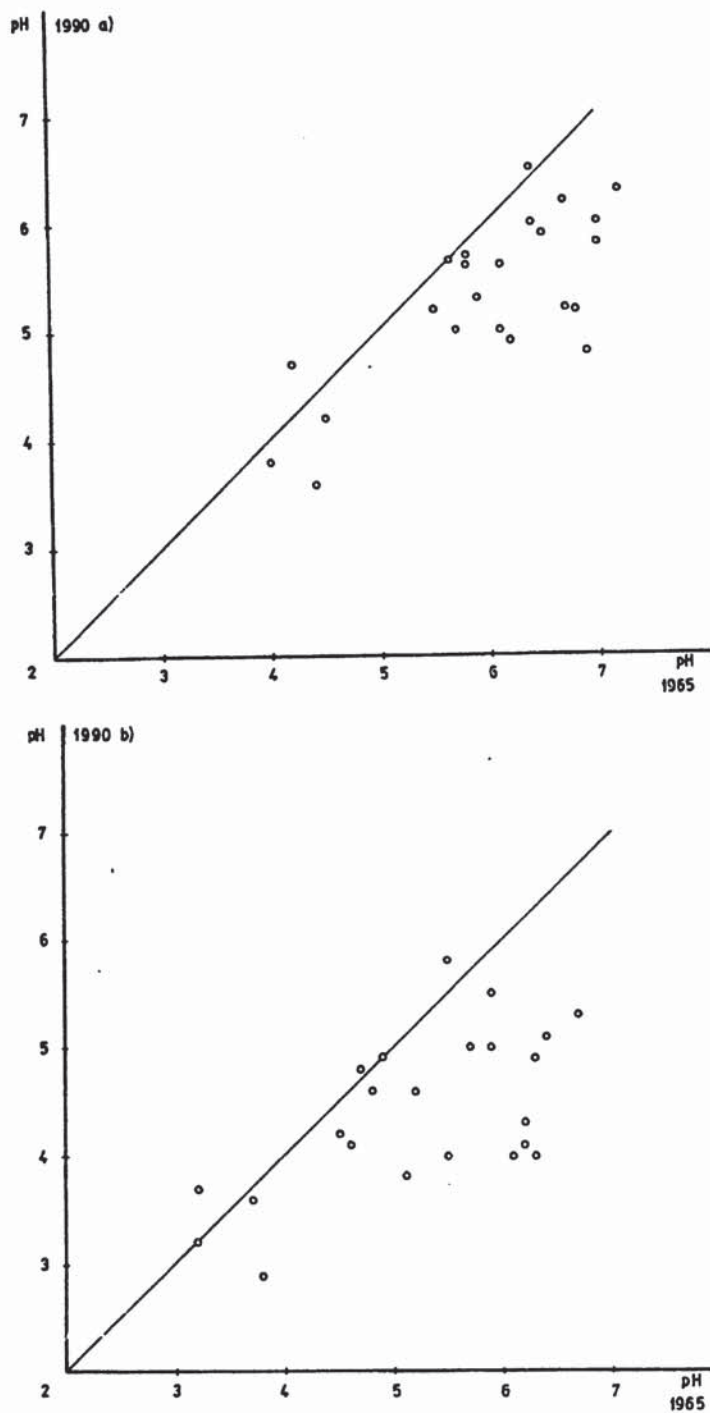
Redni broj plohe.	Bijina zajednica i tlo	Profil	Dubina cm	Stanje					
				1965.			1990.		
				pH u H ₂ O	pH n-KCl	C/N	pH u H ₂ O	pH n-KCl	C/N
13	Homogyno alpinae-Fagetum Kalkokambisol	161	0-12	6,7	5,9	15,2	6,3	5,5	12,2
14	Calamintho-Abieti-Fagetum Kalkokambisol	160	0-20	6,8	6,2	16,1	5,2	4,3	17,3
15	Calamintho-Abieti-Fagetum Kalkokambisol	165	0-20	6,9	6,3	14,8	4,8	4,0	15,3
16	Satureio-Edraianthetum Rendzina posmeđena	210	0-17	7,0	6,3	16,6	5,8	4,9	12,0
17	S.- O. quercetosum pubescentis Smeđe tlo na vapnencu	211	0-12	7,0	6,4	19,0	6,0	5,1	15,1
18	S.- O. quercetosum pubescentis Kalkokambisol lesivirani	247	0-10	5,8	4,9	12,6	5,7	4,9	12,7
19	Satureio-Ischaemetum Crvenica posmeđena	245	0-5	6,4	5,5	13,1	6,5	5,8	13,9
20	Calamintho-Abieti-Fagetum Kambisol lesivirani	179	0-10	6,7	6,2	14,3	5,2	4,1	14,3
21	Calamintho-Abieti-Fagetum Kambisol lesivirani	180	0-20	5,7	4,5	14,6	5,0	4,2	17,5
22	Calamintho-Abieti-Fagetum Crnica posmeđena	174	0-15	6,4	5,7	16,1	6,0	5,0	15,4
23	Calamintho-Abieti-Fagetum Kalkokambisol lesivirani	181	0-15	5,7	4,7	16,3	5,7	4,8	15,6

2,1) utvrđeno je kod smeđeg tla na vapnencima pod zajednicom bukve i jele ishodišno neutralne reakcije (plohe 14 i 15). Općenito, trend promjena reakcije tla je ekološki nepovoljan i većim se dijelom može pripisati tehnogenom opterećenju.

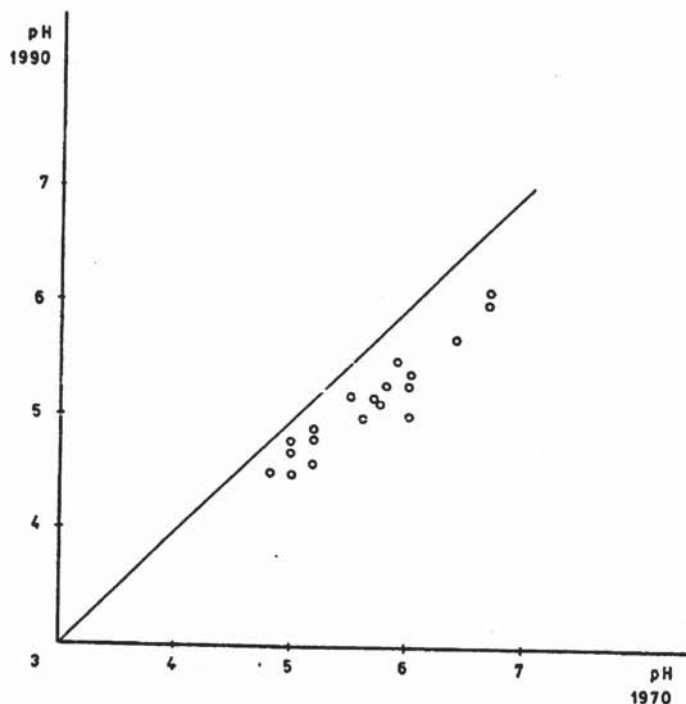
Tablica 2 Periodična promjena reakcije tla u zajednici bukve i jele na kalkokambisolu (Calamintho-Abieti-Fagetum, Borh, 1963) Nacionalni park Plitvička jezera

Broj uzorka (plohe)	Predjel	Debljina A horizonta (cm)	pH u H ₂ O 1970.	pH u H ₂ O 1990.	Δ pH (H ₂ O)
1	2	3	4	5	6
1	Mejin naslon	8,0	6,7	6,0	0,3
2	Radosavac	6,0	5,0	4,8	0,2
3	Odjel 12	10,0	5,6	5,0	0,6
4	Odjel 30	9,0	4,8	4,5	0,3
5	Nad Birtovom livadom	10,0	5,8	5,3	0,5
6	Odjel 12	9,0	5,2	4,8	0,4
7	Odjel 11	8,0	5,2	4,6	0,6
8	Klanac	7,0	5,0	4,7	0,3
9	Šolajinka	10,0	5,2	4,9	0,3
10	Plitvički Ljeskovac	10,0	6,7	6,1	0,6
11	Čorkova uvala	9,0	5,0	4,5	0,5
12	Ogreci	9,0	5,7	5,2	0,5
13	Žiga vrh	10,0	6,4	5,7	0,7
14	Žiga vrh	10,0	6,0	5,5	0,5
15	Rastovača	8,0	5,7	5,2	0,5
16	Crna rijeka	8,0	6,0	5,4	0,6
17	Crna rijeka	8,0	6,0	5,3	0,7
18	Bijela rijeka	9,0	5,9	5,5	0,4
19	Kik	10,0	5,5	5,2	0,3

Slika 1-2 Promjena pH vrijednosti u humusno akumulativnom horizontu različitih tipova tala (Hrvatsko primorje i Gorski kotar)
a) pH u H₂O b) pH u n-KCl



Slika 3 Promjena pH (H₂O) vrijednosti u A horizontu tla, Calamintho-Abieti-Fagetum na kalkokambisolu, Nacionalni park Plitvička jezera



2. Iskazani podaci (tablica 1) upućuju da sniženje pH vrijednosti općenito korespondira s kategorijama tla i bioklimatima. Za skupinu ekstremno kiselih tala (plohe 1, 2, 11) prosječni ΔpH iznosi -0,43. Kisela i jako kisela tla (pl. 5, 8, 18, 21, 23) imaju ΔpH -0,26, a slabo kisele i neutralne reakcije tla (pl. 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22) imaju ΔpH -0,96. Ovaj se odnos može uzeti s dosta pouzdanosti jer korelira s mnogim literaturnim podacima (Glazovskaja 1990).

Zanimljivi su nalazi o periodičnoj promjeni pH vrijednosti glede biofitoklimatskih uvjeta. Utvrđene razlike u pH (H₂O) vrijednosti u zoni *Seslerio-Ostryetum carpinifoliae* iznose ΔpH -0,60 (\bar{x} pH 6,6 i 6,0), a u zoni *Calamintho-Abieti-Fagetum* ΔpH iznose -1,5 (\bar{x} pH 6,5 i 5,0). Kalkokambisoli u zoni zajednice *Seslerio-Ostryetum carpinifoliae* (plohe 7, 9, 16, 17, 19) imaju u usporedbi s istim tipom tla u zajednici *Calamintho-Abieti-Fagetum* (plohe 6, 12, 14, 15, 20) značajno manju promjenu pH vrijednosti uz zamjetno plići humusno-akumulativni horizont tla. Poprečno povećanje koncentracije vodikovih iona u A horizontu tla u zoni *Seslerio-Ostryetum carpinifoliae* za 25 godina iznosi 0,00000075 gH⁺/l. i oko 10 puta je manje u usporedbi s istim tipom tla u zajednici *Calamintho-Abieti-Fagetum*.

3. Dominantan tip tla u istraživanim ekosustavima Gorskog kotara i Hrvatskog primorja - smeđe tlo na vapnencu (kalkokambisol) - pokazuje u ranijem (1965. god.) i sadašnjem stanju (1990. god.) širok raspon aktivne kiselosti. Godine 1965. imao je taj tip tla u površinskom horizontu neutralnu do kiselu reakciju (pH 7,0-5,7), a 25 godina kasnije slabo do jako kiselu reakciju (pH 6,3-4,8). Opravdano se stoga može zaključiti da je i stabilnost smeđih tala na vapnencu na utjecaj acidifikacije (kisele kiše i drugi faktori) također vrlo različita i općenito smanjena. Zanimljivo je da ova tla (kalkokambisoli), prema klasifikaciji Glazovskaja (1990), mogu pripadati različitim klasama stabilnosti u odnosu na djelovanje tehnogene acidifikacije.

4. U cjelini uzevši (\bar{x} u tab. 1), utvrđeno je nešto veće sniženje potencijalne kiselosti u odnosu na aktivnu kiselost tla (pH n-KCl i pH u H₂O).

5. U Gorskom kotaru i Hrvatskom primorju intenzitet acidifikacije, mjeren povećanjem koncentracije vodikovih iona (H⁺) u otopini tla, najveći je kod smeđeg podzolastog tla i lesiviranog tla ponikava (plohe 1, 2, 11). Za navedena tla to povećanje za 25 godina prosječno iznosi 0,000076 gH⁺/l. Smeđa tla na vapnencima pokazuju mnogo slabiji intenzitet acidifikacije. U skupini ishodišno (1965. god.) kiselih tala na vapnencima (plohe 5, 8, 18, 21, 23) povećani aktivitet vodika prosječno iznosi 0,000002 gH⁺/l.

6. Na području Nacionalnog parka Plitvička jezera (tab. 2 i sl. 3) u zajednici Calamintho-Abieti-Fagetum za 20 godina (1970-1990) snizila se srednja pH vrijednost od 5,65 na 5,17, dakle Δ pH u vodi iznosi 0,48. To je zamjetno manje nego za 25 godina u istoj zajednici u Gorskom kotaru. Premda podaci iz Gorskog kotara i NP Plitvička jezera nisu potpuno uporedivi zbog navedenih razlika u vremenu i metodi uzimanja uzoraka tla, oni ipak pouzdano upućuju na jače tehnogenetsko opterećenje Gorskog kotara, u usporedbi s područjem nacionalnog parka Plitvička jezera.

Nema dvojbe, izneseni podaci periodične karakterizacije acidifikacije tala prirodnih staništa na kršu Hrvatske, premda malobrojni, potvrđuju svu aktualnost problema pa upućuju na potrebu proširenja ovakvih istraživanja i na druge ključne objekte. Uz to se ističe prijerka potreba istraživanja ekološke stabilnosti jako i ekstremno kiselih tala promatranih šumskih stajbina.

U tablici 1 (Gorski kotar i Hrvatsko primorje) iskazani su i podaci o periodičnom stanju C/N odnosa u humusno-akumulativnom horizontu tala. Godine 1965. vrijednosti C/N odnosa nalazile su se u rasponu od 12,6 do 19,9, a 1990. godine u rasponu od 12,0 do 17,5. Utvrđene razlike nisu jednoznačne i nisu statistički signifikantne. Prema njemačkoj klasifikaciji (Münchenhausen 1974), naša se tla u oba stanja nalaze u skupini eutrofnih do mezotrofnih tala. Ovo se mora

uzeti s dužnim oprezom jer klasifikacijski kriterij i odnosi koji vrijede za područje Njemačke ne moraju odgovarati promatranim stajbinskim uvjetima.

Za pouzdanu interpretaciju nalaza C/N odnosa s gledišta ekološke stabilnosti tla, nemamo dovoljno mogućnosti (razmjerno mali broj podataka i to samo za površinski horizont tla). Ipak važno je uočiti da nema korelacije između stanja i promjena (ΔpH) reakcije tla i C/N odnosa u humusno-akumulativnom horizontu tala.

ZAKLJUČAK

1. Ovim istraživanjem dobiveni su prvi bilančni podaci promjene pH vrijednosti tla na području krša zapadne Hrvatske za razdoblje 1965. do 1990. godine. U gotovo svim slučajevima utvrđeno je zamjetno sniženje pH vrijednosti u humusno-akumulativnom horizontu tala. Isključe li se rubni podaci (5%), sniženje pH vrijednosti za 25 godina u Gorskom kotaru i Hrvatskom primorju iznosi ΔpH 0,0 do 1,5, dotično za 20 godina u NP Plitvička jezera ΔpH iznosi 0,2 do 0,7.

2. Utvrđene su i opisane pravilnosti promjena pH vrijednosti u svezi s glavnim tipovima tala i šumskih fitocenoza. U Gorskom kotaru i Hrvatskom primorju u skupini ekstremno kiselih tala poprečni ΔpH iznosi -0,43, u skupini kiselih i jako kiselih tala ΔpH je -0,26, dok tla slabo kisele i neutralne reakcije imaju ΔpH - 0,96. Poprečno povećanje koncentracije vodikovih iona u vodenoj otopini tla (kalkokambisola) u zoni *Seslerio-Ostryetum carpinifoliae* za 25 godina iznosi $0,00000075 \text{ gH}^+/1$. i oko 10 puta je manje u usporedbi s istim tipom tla u zajednici *Calamintho-Abieti-Fagetum*.

3. Svi nalazi bilančne promjene aktivne kiselosti tla uglavnom se mogu pripisati tehnogenetskom opterećenju ekosustava. U promatranom razdoblju u skupini kalkokambisola oštećenost tla acidifikacijom najjače je izražena u bioklimatu šume bukve i jele na području Gorskog kotara, a najmanje u submediteranskom području Hrvatskog primorja. Ovaj rad potvrđuje potrebu daljnjih detaljnih proučavanja tehnogenetskih promjena stanja i oštećenja tala osobito onih jako i ekstremno kisele reakcije.

SUMMARY

1. The changes of pH values in A soil horizon (table 1 and 2, pictures 1, 2 and 3) have been researched by residue method on representative objects of forest soils in Gorski kotar, Hrvatsko primorje (Croatian littoral region) and National park Plitvice lakes. C/N relationship in soil (tab. 1) has partly been researched. If the

marginal data (5%) are excluded, the decrease of pH values during 25 years (1965-1990) in Gorski kotar and Croatian littoral region is ΔpH 0,0 to 1,5. In National park Plitvice lakes these figures are ΔpH 0,2 to 0,7 during 20 years (1970-1990).

2. Determined change regularity of pH values is in connection with soil types and bioclimate. Diagonal ΔpH is -0,43 in Gorski kotar and Croatian littoral region in a group of extremely acid soils, in a group of acid and strongly acid soils ΔpH is -0,26, while slightly acid and neutral reactions have ΔpH -0,96. Diagonal increase of hydrogen ions concentration in water solution of calcocambisol in Seslerio-Ostryetum Zone in 25 years is $0,00000075 \text{ gH}^+/1$ and is some 10 times lower compared to the same soil type in Calamintho - Abieti - Fagetum community.

3. All findings of residue change of active soil acidity can to a greater extent be attributed to technogenetic ecosystem load than to the tree species and natural soil properties. In the period of monitoring in calcocambisol group soil damage caused by acidification was most evident in bioclimate of beech and fir forest on the territory of Gorski Kotar and the least in Submediterranean area of Croatian littoral region (Hrvatsko primorje).

4. Determined changes of C/N relationship in A soil horizon are not unambiguous and are not statistically significant. There is no correlation between the condition of soil and changes of active soil reaction and C/N relationship in humus - accumulative soil horizon.

LITERATURA

Gračanin, M. (1947): Pedologija, II dio Fiziografija tla, Zagreb.

Bertović, S., Martinović, J. (1965): Izbor ključnih objekata za proučavanje odnosa tla i biljnih zajednica (rukopis).

Münchenhausen, E. (1974): Die Bodenkunde.

Ulrich, B. (1983): A concept of ecosystem stability and acid deposition as driving force for destabilization, Dordrecht.

Bertović, S., Lovrić, A. Ž. (1987): Šumske zajednice – SR Hrvatska, Šumarska enciklopedija, 3, Zagreb.

Alekseev, V.A. (1990): Lesnie ekosistemi i atmosfernoje zagrjaznenie, Leningrad.

Glazovskaja, M.A. (1990): Oпит klassifikacija počv mira po ustoičivosti k tehnogenim kislotnim vozdejstvijam, Počvovedenie No9, 82-97, Moskva.

Adresa autora - Author's address:

Jakob Martinović
Šumarski institut, Jastrebarsko

Primljeno: 23. 11. 1992.