

NEKE ZNAČAJKE HUMIZACIJE U BOROVIH KULTURAMA NA OTOKU RABU

SOME CHARACTERISTICS OF HUMIZATION IN PINE PLANTATIONS ON THE ISLAND OF RAB

Nikola PERNAR*, Darko BAKŠIĆ**, Željko ŠPANJOL***

SAŽETAK: U radu su prikazani rezultati istraživanja stanja humusa u površinskom horizontu tla u dvije kulture alepskog bora i jednoj kulturi primorskog bora na otoku Rabu. Pokazale su se značajne razlike u sadržaju i kakvoći humusa, a pripisuju se vrsti drveća, matičnom supstratu, stanišnim uvjetima te vjerojatno starosti sastojine. Glede meliorativne uloge borovih kultura u mediteranskom i submediteranskom području Hrvatske, ovim se radom željelo podstaći sustavna istraživanja mogućnosti prosudbe meliorativnog učinka takvih ekosustava u različitim uvjetima.

Ključne riječi: humus, humizacija, borove kulture

UVOD - Introduction

Humus je složeni skup organskih spojeva, koji u ukupnom organskom kompleksu tla u odnosu na suhu tvar, težinski sudjeluje s 80-85 %, dok se ostalih 15-20 % odnosi na organske ostatke (korijenje i nadzemni otpad) koji još nisu izgubili svoju anatomsku građu, te na floru i faunu tla (Martinović 1997). To je vrlo heterogena organska tvar, u osnovi ciklične građe, pri čemu se izdvajaju tri funkcionalne sastavnice: huminske kiseline, fulvo kiseline i humin. Kad se govori o humusnim kiselinama (huminske i fulvo kiseline), redovito se radi o polimerima (polianionima) velikih molekulskih masa, na čijoj se trodimenzionalnoj strukturi bazira većina hipoteza o trodimenzionalnoj strukturi organske tvari tla (Schulten & Schnitzer 1997). Zbog ogromnog značenja u pedogenezi i pedofiziografiji (Snyder & Pilgrim 1985), mnoga istraživanja organske tvari tla usmjerena su upravo na odnos već navedenih sastavnica. Količinski odnos i odnos kakvoće sastavnica humusa ovisi o značajkama izvorne organske tvari i uvjetima njene pretvorbe.

Skup procesa koji uvjetuju nakupljanje humusa u tlu obuhvaćen je pojmom humizacije (Gračanin 1947), koja se smatra jednim od elementarnih procesa tvorbe tla. Humizacija je dakle nakupljanje humificirane organske tvari u tlu. To je rezultanta humifikacije i mineralizacije. Količinski pokazatelji, kao i pokazatelji kakvoće humizacije, vrlo su značajni za proučavanje pedogenetskih procesa.

U uvjetima mediteranskog krša s plitkim tlima i matičnim supstratom u kojemu dominiraju kredni vapnenici, vrlo značajna je i akumulacija mineralne sastavnice koja zaostaje nakon otapanja karbonata iz stijene. Ovakvo trošenje vapnenaca nesumnjivo je povezano s produkcijom organskih kiselina u površinskom dijelu tla.

Značajke organskih kiselina i opća transformacija organske tvari utječu na strukturu tla (agregacija, koagulacija, peptizacija), pa su prema tomu i u svezi s predispozicijom tla ka eroziji.

Ciklus biogenih elemenata u ekosustavu i hranidbeni status tla također su u izravnoj vezi s humizacijom.

I konačno, značajke humizacije u aridnom klimatskom području mediterana korespondiraju s akumula-

*Doc. dr. sc. Nikola Pernar, **Darko Bakšić, dipl. inž. šum.,

***Doc. dr. sc. Željko Španjol, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

cijom gorivog materijala na površini tla. Kako snaga i širenje šumskog požara ovisi o sastavu i količini gorivog materijala, stanje organske tvari tla i značajke pedogenetskih procesa, osobito humizacije, važan su kriterij za prosudbu stabilnosti ekosustava u navedenome području (Martinović 1987).

Dakle, refleksija značajki humizacije u šumskim ekosustavima istraživanog područja očituje se na:

- ciklusu biogenih elemenata i hranidbenom statusu tla
- trošenju matičnog supstrata, osobito kada se radi o

otapanju organogenih sedimenata kakvi su mezozojski vapnenci

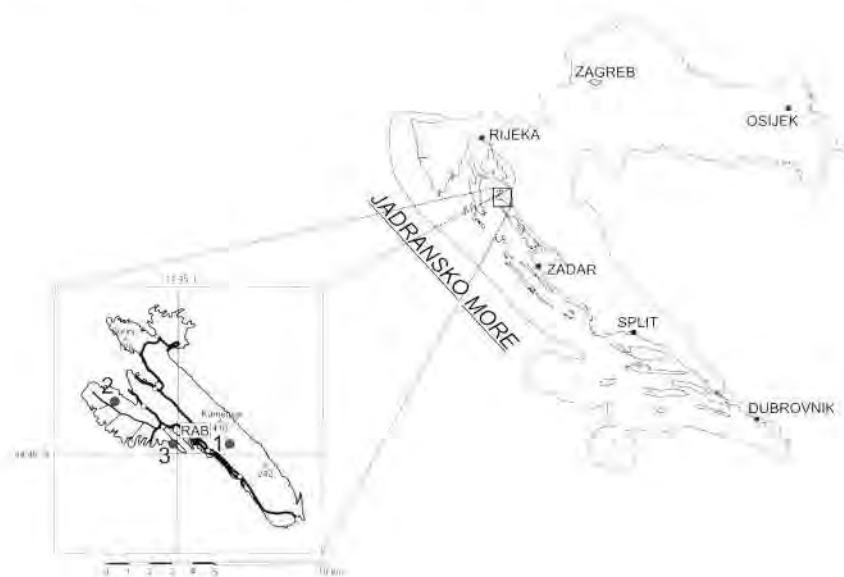
- strukturi, osobito površinskog dijela, tla i odnosu prema eroziji
- akumulaciji gorivog materijala na površini tla.

U ovome radu ograničili smo se na istraživanja provedena u tri borove kulture na otoku Rabu. Glede meliorativnog značenja borovih kultura, osobito je zanimljiva kvaliteta i razina meliorativnog učinka u različitim uvjetima. Jedan od kriterija za prosudbu takvog učinka nesumnjivo je i stanje organske tvari tla.

MATERIJAL I METODE RADA – Material and Methods

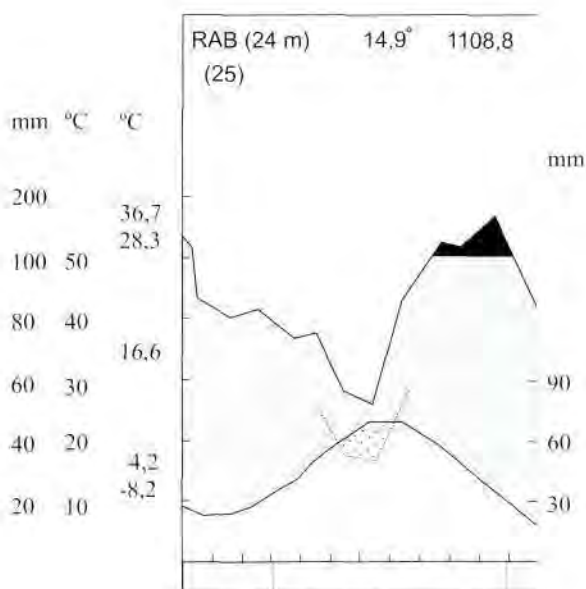
Na otoku Rabu na tri lokaliteta (sl. 1, tab. 1) u sastojinama alepskog bora (*Pinus halepensis*) i primorskog bora (*Pinus pinaster*) uzeli smo uzorke tla iz genetskih horizonata (humusno-akumulativni i kambični horizont) po načelu slučajnosti u 6 ponavljanja na svakoj

lokaciji. Sastojine u kojima su uzeti uzorci umjetno su podignute borove kulture. Klimatske značajke širega područja istraživanja iskazane su na temelju podataka meteorološke postaje Rab (sl. 2).



Slika 1. Područje istraživanja.
Figure 1. Research area.

Slika 2. Klimadijagram za meteorološku postaju Rab.
Figure 2. Klimadijagrame for meteorological station Rab



Tablica 1. Opis istraživanih lokaliteta
Table 1. Description of research localities

Lokalitet Locality	Jedinica Unit	1	Kamenjak	Kalifront	Frkanj
Zemljopisna širina (Greenwech) Geographical latitude	°	2	44°44'00''	44°46'00''	44°45'47''
Zemljopisna dužina (Greenwech) Geographical longitude		3	14°51'00''	14°41'00''	14°44'08''
Nadmorska visina Height above sea level	m	4	200	73	40
Vrsta drveća Species of trees		5	alepski bor Aleppo pine	primorski bor maritime pine	alepski bor Aleppo pine
Starost sastojine Age of stand	god. Jrs.	6	63	90	33
Drvena zaliha Growing stock	(m ³ ha ⁻¹)	7	294,46	248,96	245,44
Temeljnica Basal area	(m ² ha ⁻¹)	8	42,44	29,28	38,88
Sklop Crown closure	(%)	9	100	100	100
Korištenje i stanje prije podizanja kulture Use before plantation		10	pašnjak	makija	maslinik - vinograd olive grove - vineyard
Izloženost Exposition	°	11	230	-	160
Nagib Slope		12	25	0	8
Stjenovitost Rockness	(%)	13	75	0	25
Tlo Soil		14	Smeđe tlo na vapnenačkoj breči, plitko Brown soil on calcareous breccia	Eutrično smeđe tlo na pijesku Eutric brown soil on sand	Smeđe tlo na vapnencu Brown soil over limestone

Analize uzoraka obavljene su u pedološkom laboratoriju šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Određeni su pokazatelji općih pedofiziografskih značajki: pH u vodi i 0,01 M CaCl₂ (1:2,5), sadržaj humusa oksidacijom u kalijevu bikromatu (po Tjurinu), ukupni

dušik po Kjehldalu, te pokazatelji sastava humusa u humusno-akumulativnom horizontu tla (ekstrakcija po metodi Kononove i Bjelčikove). U obradi podataka i analizi značajki humizacije na navedenim lokalitetima poslužili smo se statističkim paketom "Statistica 4.5".

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA – Research Results and Discussion

Na temelju prosječnih vrijednosti izmjerenih pokazatelja općih pedofiziografskih značajki (tab. 2),

može se reći da su tla na ove tri lokacije izrazito različitih ekološko-proizvodnih značajki. Pretpostavi li

se nulto stanje pedosfere prije podizanja navedenih kultura, na Kamenjaku se radilo o erodiranom smeđem tlu na vapnenačkoj breči, na Kalifrontu o eutričnom smeđem tlu na crvenkastosmeđim pijescima te na

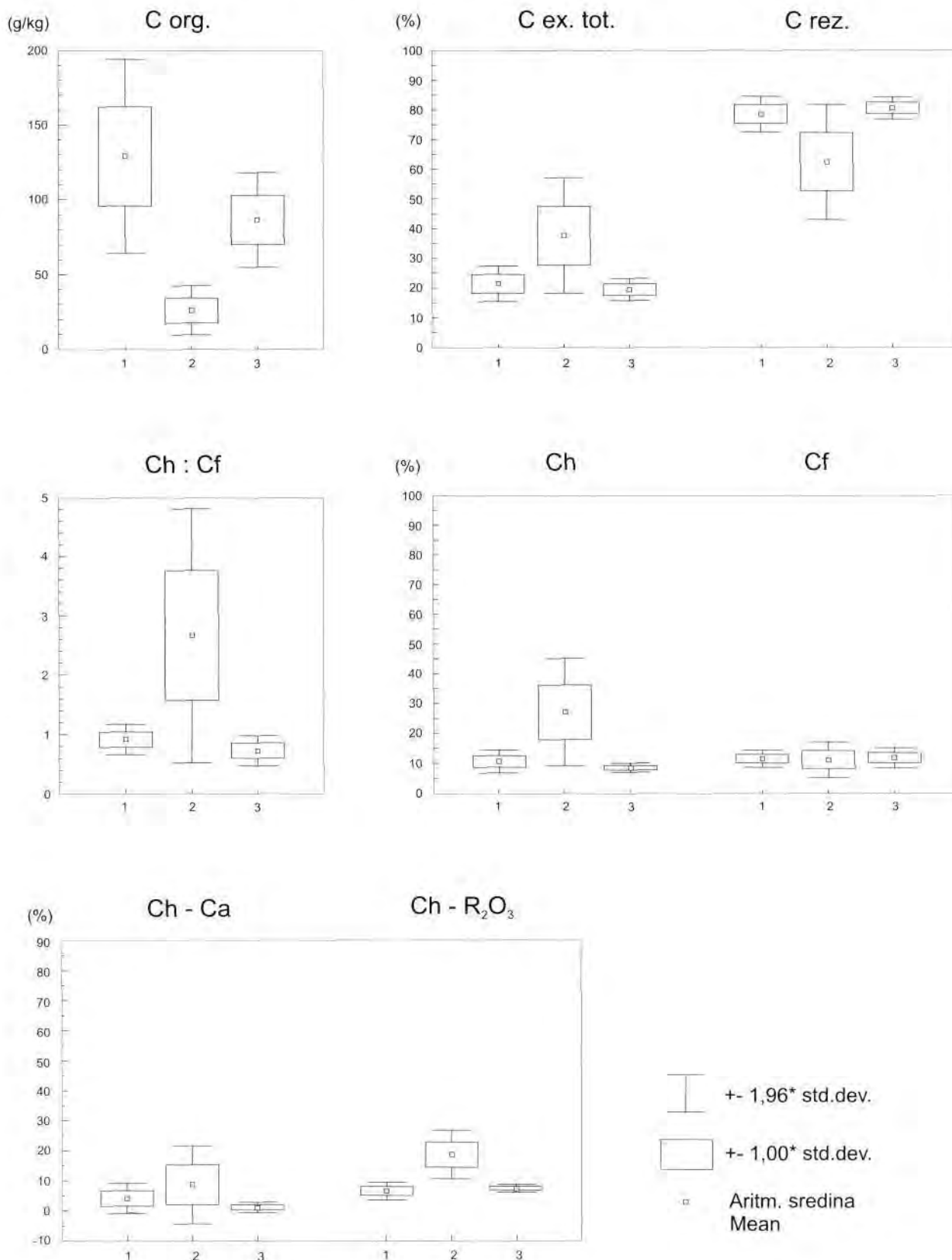
Frkanju o antropogenom tlu iz smeđeg tla na vapnencu. Parametri humusa u A- horizontu (sl. 3, tab. 3) pokazuju statistički značajne razlike između tala na ova tri lokaliteta.

Tablica 2. Pregled nekih pokazatelja pedofiziografskih značajki
Table 2. Review some parameters of physiographic soil properties.

Lokalitet i tlo Locality and soil	Horizont Horizon	Dubina Depth	pH		humus	N	C:N	Mehanički sastav - Texture				
			u H ₂ O	u 0,01 M CaCl ₂				2-0,2 mm	0,2-0,02 mm	0,02-0,002 mm	<0,002 mm	Tekstura
					(g kg ⁻¹)			(%)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kamenjak - smeđe tlo na vapnenoj breči Brown soil on calcareous breccias	A-hor.	0-6	7,2	7,0	222,7	5,7	22,6	5,5	46,2	32,3	16,0	glinasta ilovača clayey loam
	(B)rz-hor	7-23	7,6	7,2	64,2	2,3	16,2	7,9	26,3	25,5	40,3	laka glina light clay
Kalifront - eutrično smeđe tlo na pijesku Eutric brown soil on sand	A-hor.	0-8	6,0	5,4	45,1	1,3	20,2	2,6	79,1	11,9	6,4	sitnopjeskovita ilovača fine sandy loam
	(B)jv-hor	10-30	5,8	5,1	33,2	1,2	16,0	2,5	76,0	11,3	10,3	sitnopjeskovita ilovača fine sandy loam
Frkanj - smeđe tlo na vapnencu Brown soil over limestone	A-hor.	0-3	6,9	6,5	149,3	3,7	23,4	2,3	48,1	28,4	21,3	glinasta ilovača clay loam
	(B)rz-hor	4-40	7,2	6,5	40,9	1,8	13,2	1,5	37,0	21,4	40,1	laka glina light clay

Tablica 3. Srednje vrijednosti sastava humusa u A horizontu.
Table 3. Means of humus composition in A horizon.

Lokalitet Locality	C org.	C ex. tot.	Ch	Ch - R ₂ O ₃	Ch - Ca	Cf	Ch:Cf	C ex. ac.	C rez.
		(%)						(%)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Kamenjak	129,1	21,4	10,2	6,1	4,1	11,2	0,9	2,0	78,6
2. Kalifront	26,2	37,6	26,8	18,2	8,6	10,8	2,7	4,2	62,4
3. Frkanj	86,6	19,5	8,1	7,0	1,1	11,4	0,7	1,8	80,5



Slika 3. Statistički opis pokazatelja sastava i sadržaja humusa.
 Figure 3. Statistical description of qualitative and quantitative humus parameters.

Testovi sredina i standardnih devijacija osobito ističu razlike u sadržaju humusa. Na Kamenjaku mu je srednja vrijednost 222,7 g kg⁻¹, na Frkanju 149,3 g kg⁻¹ a na Kalifrontu 45,1 g kg⁻¹. Glede sastava humusa, nakon ekstrakcije tla lužinom niske koncentracije, od ukupnog organskog ugljika u otopinu je prešlo 21,4 % na Kamenjaku, 19,5 % na Frkanju te čak 37,6 % na Kalifrontu.

Kao što se vidi (tab 3 – C rez.), na Kamenjaku i Frkanju u humusu participira daleko više inertne, na transformaciju otporne, organske tvari nego na Kalifrontu. Ove činjenice relativno dobro korespondiraju sa sadržajem humusa, ali i s odnosom huminskih i fulvo kiselina. Dok se na Kamenjaku svega 10,2 % organskog ugljika odnosi na huminske kiseline, a na Frkanju 8,1 %, na Kalifrontu je to čak 26,8 %. Kako je relativno učešće fulvokiselina podjednako na sva tri lokaliteta, jako se ističe odnos ugljika huminskih i fulvo kiselina na Kalifrontu, s prosječnim iznosom od 2,7.

C:N odnos je vrlo značajan pokazatelj kvalitete humusa. Uzima se da ukoliko je ovaj odnos širi od 25, mineralizacija protiče sporo i pri tomu se proizvodi relativno niska količina mineralnih oblika dušika. Iako se sadržaj dušika na lokalitetu Kalifront značajno razlikuje po srednjoj vrijednosti i varijabilnosti od lokaliteta Frkanj i osobito Kamenjak, znakovito je da je na istom najuži C:N odnos. Na ovom lokalitetu je i najizrazitiji trend smanjenja sadržaja dušika u odnosu na O- horizont (sa 4,8 – 5,9 g kg⁻¹ u O- horizontu na 1,1-1,6 g kg⁻¹ u A- horizontu). Sve ovo upućuje na izravan utjecaj kvalitete listinca (drugim riječima biljne vrste) na značajke humusa, odnosno humizaciju.

Ova istraživanja nisu bila postavljena sa ciljem raščlambе utjecaja vrste na humizaciju, ali ih smatramo polazištem za pripremu projekta u kojemu bi se na statistički dovoljno velikom uzorku analizirao melioracijski učinak vrsta u kulturama mediteranskog i submediteranskog područja, upravo kroz značajke humizacije.

ZAKLJUČCI - Conclusions

Na temelju istraživanja značajki humizacije u tri borove kulture na otoku Rabu mogu se izvući sljedeći zaključci:

1. Tri istraživane umjetno podignute borove kulture značajno se razlikuju u sadržaju i kvaliteti humusa u humusnoakumulativnom horizontu.
2. Glede činjenice da se radi o ekosustavima s melioracijskom ulogom, ove razlike ukazuju na izvjesno različit melioracijski učinak u danim uvjetima (tre-

ba uzeti u obzir da su sastojine različite dobi, različitih vrsta i različitih stanišnih uvjeta).

Preliminarne analize uzoraka iz O- horizonta pokazale su relativno niske, a ponekad i negativne korelacijske veze između sadržaja dušika u O- pothorizontima i A- horizontu, što upućuje na vrlo složene odnose u modelu transformacije organske tvari u ovim ekosustavima.

S obzirom na navedene kvalitativne i kvantitativne značajke humusa istraživanih sastojina, nameće se pitanje uzroka njihovih razlika te posljedica po stabilnost ekosustava. Može se pretpostaviti da nulto stanje značajki površinskog dijela pedosfere ovih lokaliteta ima utjecaja na istraživane značajke. Svakako se određeni utjecaj može pripisati i specifičnostima matičnog supstrata (npr. pijesak na Kalifrontu u odnosu na vapnence na Kamenjaku i Frkanju). Niži stupanj humifikacije (C izdvojen smjesom pirofosfata i lužine) na lokalitetima Kamenjak i Frkanj može se protumačiti i utjecajem matičnog supstrata, odnosno minerala gline. Kako prirodu humina, kojim se označavaju tvari koje se ne mogu ekstrahirati u slabim alkalnim otopinama, obilježavaju jednostavnija građa i istovremeno vrlo stabilna veza s mineralima gline (Stevenson 1994, MacCarthy et al. 1990) – osobito u međulamelarnim prostorima troslojnih minerala – učešće najsitnije frakcije mehaničkog sastava na pojedinim lokacijama (tab. 2) vjerojatno je bitan čimbenik humizacije. S druge strane, stabilizirajući učinak anorganskih tvari odražava se na otpornost prema biološkoj i kemijskoj oksidaciji takvih postojanih organomineralnih kompleksa (Kumada 1987).

Cilj ovih istraživanja bio je ukazati na značajne razlike melioracijskog učinka na nesumnjivo najznačajniju nišu šumskih ekosustava u borovim kulturama primorskog područja. Neka pitanja koja su ovdje otvorena ostaju usmjeravajuća za daljnja istraživanja učinka kakvoće melioracije staništa, osobito u našem primorskom području. To zahtijeva jedan novi pristup analizi kakvoće i dinamike organske tvari tla u takvim ekosustavima.

3. Humizacija kao temeljni pedogenetski proces karakteristično je dinamičko ravnotežno stanje u kruženju tvari u ekosustavu. Ovo istraživanje pokazalo je da se može govoriti o različitim trendovima humizacije zahvaljujući utjecaju biljne vrste, ali i matičnog supstrata.
4. Istraživanja bi trebalo postaviti na većim, reprezentativnim uzorcima.

5. Glede uloge i značenja borovih kultura u ekosustavima eumediteranskog i submediteranskog područja Hrvatske, smatramo da bi trebalo razraditi kriterije za prosudbu učinka takvih kultura u odnosu na pedološke pokazatelje stanja i trenda razvoja ekosustava.

LITERATURA - References

- Gračanin, M., 1947: Pedologija (Tloznanstvo). II. dio Fiziografija tala. Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb.
- Kumada, K., 1987: Chemistry of soil organic matter. Japan Scientific Societies Press Tokyo, Elsevier Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo.
- MacCarthy, P. C. E. Clapp, R. L. Malcolm & P. R. Bloom, 1990: Humic Substances in Soil and Crop Sciences. Soil Sci Soc. Am., Madison.
- Martinović, J., 1987: Odnos tla i šumskih požara. U: Amerl, B. (editor): Osnove zaštite šuma od požara. CIP, Zagreb.
- Martinović, J., 1997: Tloznanstvo u zaštiti okoliša. Priručnik za inženjere. DUZO i Pokret prijatelja prirode LIJEPA NAŠA, Zagreb.
- Schulten, H.-R. & M. Schnitzer, 1997: Chemical model structures for soil organic matter and soils. *Soli Science*, 162(2):115-130.
- Snyder, K. E. & S. A. L. Pilgrim, 1985: Sharper focus on forest floor horizons. *Soil Surv. Horizons* 26:9-15.
- Stevenson, F. J., 1994: Humus chemistry – Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons, Inc. New York.

SUMMARY: Humus is a complex group of organic compounds participating with 80-85% of weight in the organic soil complex in relation to dry matter. The remaining 15-20% relates to organic remains (roots and aboveground waste) that have preserved their anatomic structure, and to soil flora and fauna.

The processes which lead to the accumulation of humus in the soil are included in the term humization, which is one of elementary soil-forming processes. Humization is, therefore, the accumulation of humified organic matter in the soil. It is the result of humification and mineralization. The humifying indicators of quality and quantity are very important for the study of pedogenetic processes.

This paper presents initial research in three pine plantations on the island of Rab. The aim was to analyse the condition of humus in the humus-accumulative soil horizon.

We were guided by the assumption that the characteristics of humization in forest ecosystems of eu-Mediterranean and sub-Mediterranean region of Croatia are reflected in:

- the cycle of biogenic elements and nutritive status of soil,*
- the wear of parent substrate, especially in terms of soluble organogenic sediments such as Mesozoic limestones,*
- the soil structure, especially its surface part, and its relation to erosion,*
- accumulation of inflammable material on the soil surface.*

Soil samples were taken from the A-horizon in a 63-years-old Aleppo pine plantation growing on shallow brown soil on calcareous breccias, from an 33-years-old Aleppo pine plantation on medium deep brown soil on limestone, and from a 90-years-old culture of maritime pine on eutric brown soil on sand. Differences in the humus content and composition, as well as the nitrogen content were analysed.

Differences in the humus content are particularly prominent in mean tests and standard deviation tests, where mean values range from 45.1 g kg⁻¹ to

222.7 g kg⁻¹. Significant differences in the participation of inert, transformation-resistant organic soil matter were revealed. These facts correspond well to humus content and to the relation between humic and fulvic acids. The ratio of humic and fulvic acids in the plantation of maritime pine on eutric brown soil is particularly prominent, and reaches 2.7, while its average in the plantations of Aleppo pine on brown soil on calcareous breccias is 0.9, and on brown soil on lime stone 0.7.

Preliminary analyses of samples from the O-horizon have shown relatively low, and sometimes even negative correlative links between nitrogen content in O-subhorizons and the A-horizon, which denotes very complex relations in the transformation model of organic matter in these ecosystems.

With regard to qualitative and quantitative characteristics of humus in the studied stands, a question arises of the causes of their differences, as well as of their consequences for the stability of the ecosystem. The following can be said:

1. Since this is an ecosystem with a meliorative role, these differences are an indication of different meliorative effects in given circumstances (the stands are differently aged, consist of different species and occur in different site conditions).

2. Humization is a basic pedogenetic process characterised by a dynamic balanced condition in the matter cycle of the ecosystem. The research has shown that there are different trends in humization owing to the influence of both plant species and the parent substrate.

3. Research should be carried out on a more representative sample.

4. Bearing in mind the role and importance of pine cultures in the ecosystems of eu-Mediterranean and sub-Mediterranean regions in Croatia, we believe that criteria should be drawn up for the assessment of the effects of these cultures in relation to pedological indicators and ecosystem development trends.