

## MELIORACIJSKI UČINCI ŠUMSKIH KULTURA NA KRŠU U ODNOSU NA PEDOSFERU

AMELIORATION EFFECTS OF FOREST CULTURES ON THE  
KARST IN RELATION TO THE PEDOSPHERE

Vlado TOPIĆ\*

**SAŽETAK:** U radu su prikazani melioracijski učinci pojedinih šumskih vrsta na pedosferu. Istraživanja su provedena na stalnom eksperimentalnom objektu Klačine u kulturama crnoga jasena (*Fraxinus ornus L.*), atlaskoga cedra (*Cedrus atlantica Man.*), bijelog graba (*Carpinus orientalis Mill.*), crnoga bora (*Pinus nigra Arn.*), primorskoga bora (*Pinus pinaster Ait.*) i hrasta medunca (*Quercus pubescens Willd.*) koje su podignute 1958. godine. Kulture se nalaze u prugama, iste su starosti i razvijaju se u istim ekološkim uvjetima. Prva pedološka istraživanja obavljena su godinu dana prije pošumljavanja plohe (1957. godine), zatim u 19., 25. i 32. godini starosti kultura. Dobiveni su vrlo zanimljivi podaci o količini listinca i sadržaju humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu pod istraživanim kulturama. Najveće količine listinca registrirane su pod kulturom atlaskog cedra, a najmanji sadržaj humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu pod kulturom crnog bora.

**Ključne riječi:** melioracijski učinci, šumske kulture, krš, crni jasen, atlaski cedar, bijeli grab, crni bor, primorski bor, hrast medunac, pedosfera, listinac, humus, dušik, fosfor, kalij.

### UVOD – Introduction

Melioracijski utjecaj pojedinih šumskih vrsta drveća, pogotovo na pedosferu, vrlo je složen i predstavlja još uvijek neistraženo područje šumskih melioracija. Ovim istraživanjima u svijetu pridaje se veliko značenje, a kod nas toj problematice poklanjaju posebnu pozornost (Anić 1959, Horvat 1965, Komlenović i Mayer 1995, Martinović 1968, 1969, 1975, Mayer 1979, Pernar, Bakšić i Španjol 1999, Tomašević 1994, Topić 1988, 1992 i dr). Međutim, egzaktnih dugoročnih istraživanja koja se tom problematikom bave ima vrlo malo. Eksperimentalna ploha Klačine, na kojoj se već 33 godine obavljaju dana istraživanja, pruža mogućnosti brojnih analiza rezultata rada. U ovome radu istraživanja su provedena u kulturama crnoga jasena (*Fraxinus ornus L.*), atlaskoga cedra (*Cedrus atlantica Man.*), bijelog graba (*Carpinus ori-*

*entalis Mill.*), crnoga bora (*Pinus nigra Arn.*), primorskoga bora (*Pinus pinaster Ait.*) i hrasta medunca (*Quercus pubescens Willd.*). Na osnovi provedenih istraživanja, ponajprije pedoloških, koja su obavljena 1957., 1977., 1983. i 1990. godine, utvrdili smo promjene u tlu, odnosno melioracijske učinke pojedinih šumskih vrsta. Jedan od kriterija za prosudbu kvalitete i razine melioracijskog učinka istraživanih vrsta, koje se ovdje i prikazuju, nesumnjivo je i sadržaj humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu.

U ranijim istraživanjima na pokusnoj plohi Klačine (Topić 1988, 1990, 1992, 1997) analiziran je rast i prirast istraživanih šumskih vrsta, te količine i kemičkih sastojaka listinca pod navedenim kulturama. Ova istraživanja značajna su za racionalno gospodarenje šumama i šumskim zemljištima, posebice na kršu. Međutim, ona su zaustavljena na pokusnoj plohi Klačine, jer je ploha minirana u Domovinskom ratu 1992. godine.

\* Dr. sc. Vlado Topić, Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split

## PODRUČJE I OBJEKT ISTRAŽIVANJA – Area and object of investigation

Pokusna ploha Klačine nalazi se na području šumarije Sinj. Osnovana je 1956. godine i čini sastavni dio melioracijskog kompleksa Klačine, ukupne površine 40 ha. Pošumljavanje na ovoj šumsko-pokusnoj plohi izvršeno je u proljeće 1958. godine. Ploha je smještena na padinama desne obale rijeke Cetine, a najviša točka joj je 395 m. Okružena je visokim i strmim lancima Dinar i Svilaje, te nizom manjih i većih brežuljaka Cetinske udoline. Ploha je tipična za submediteransko krško područje Dalmacije i nalazi se gotovo u njegovom središnjem dijelu.

Geološki, ploha je dosta homogena, a izgrađena je od krednih vapnenaca s lećama dolomita na kojima se

danas nalaze smeda tla (kalcikambisol). Prema Köppenu, ovo područje spada u toplu i umjereno toplu klimatsku zonu, a prema kišnom faktoru u humidnu klimu. Tijekom vegetacijskog razdoblja padne 500 mm ili 40,5% od ukupne godišnje količine oborina. Najviše oborina ima mjesec prosinac - 163 mm, a najmanje srpanj - 63 mm. Nije rijedak slučaj da pojedini ljetni mjeseci ili uopće nemaju oborina, ili se one javljaju u neznatnim količinama.

Područje u kojem leži dana ploha pripada mediteransko-montanskom pojasu listopadne vegetacije sveze bijelog i crnog graba (*Ostryo - Carpinetum orientalis*).

## METODE RADA – Work methods

Terenska pedološka istraživanja obavljena su u četiri navrata i to: 1957., 1977., 1983. i 1990. godine. Prva pedološka istraživanja obavio je Z. Gračanin 1957. godine, dakle neposredno nakon osnivanja plohe Klačine. Tada su unutar šumarske plohe, površine 6,57 ha, otvorena 3 pedološka profila. Uz opis njihove vanjske i unutarnje morfologije sabrani su i uzorci za mehaničku i kemijsku analizu. Godinu dana kasnije (1958. godine) na toj su plohi obavljena pošumljavanja navedenim šumskim vrstama. Nakon obavljena pošumljavanja na plohi, ali sada u kulturama, obavljena su nova pedološka istraživanja 1977., 1983. i 1990. godine.

Tijekom travnja 1977. godine iskopana su po tri pedološka profila u svakoj pruzi naprijed navedenih šumskih kultura, osim pruge bijelog graba u kojoj su otvorena dva pedološka profila. Uzorci za laboratorijsku analizu tla uzimani su iz svakog profila, ali samo iz humusno akumulativnog horizonta (A), koji je inače najviše utjecan od šumskih kultura.

Radi potpunijeg i cijelovitijeg prikaza djelovanja šumskih nasada na proučavano šumsko tlo izvršena je 1983. godine i analiza kambičnog (B)rz horizonta. U ovoj godini otvorena su po dva pedološka profila u navedenim kulturama. Profili su otvoreni neposredno uz one iz 1977. godine, ili su na istom mjestu prošireni i produbljeni. Uzorci su uzeti iz svih profila. U lipnju 1990. godine ponovo su uzeti uzorci iz istih pedoloških profila u navedenim kulturama, ali samo iz humusno akumulativnog horizonta (A). Na terenu gdje su otvore-

ni pedološki profili uzeti su i uzorci listinca (Ol + Of pothorizont zajedno) na površini 30 x 30 cm za potrebe određivanja količine i njezinog kemizma. U laboratoriju Zavoda za istraživanje tla Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu, analizirani su uzorci tla (pH u vodi i KCl elektrometrijski, sadržaj humusa određen je 1977., 1983. i 1990. godine po Tjurinu, a 1957. godine Novak-Peliškovom modifikacijom titrimetrijske metode Walkley-Blackove, sadržaj fiziološki aktivnog fosfora i kalija određen je Al - metodom i dvostrukim laktatnim postupkom po Egner-Riehm (1957. godine), sadržaj ukupnog dušika po Kjeldahu, mehanički sastav tla pipet-metodom i stabilnost strukturnih agregata metodom M. Gračanina).

Uzorci listinca odmah su nakon sabiranja vagani, zatim sušeni na zraku u laboratoriju, potom u sušioniku sa 105°C i ponovo vagani. Nakon što su izračunate količine listinca za svaku vrstu, određen je i sadržaj bioelementa u njoj (dušik je određen metodom Kjeldaha, kalcij i magnezij AAS metodom, fosfor i kalij spajljivanjem biljnog materijala suhim postupkom, iz ekstrakta je određen fosfor spektrofotometrijski, a kalij plamen-fotometrijski. Podaci o količinama i kemizmu listinca pod istraživanim kulturama na pokusnoj plohi Klačine prikazani su u radu (Topić 1992).

Regresijska i korelacijska analiza primijenjena je pri utvrđivanju utjecaja količine listinca na promjene u sadržaju humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA – Research results and discussion

Rezultati istraživanja prikazani su u tablicama 1, 2, 3 i 4. Iz rezultata otvorenih pedoloških profila, odnosno njihovih laboratorijskih analiza, vidljivo je da su tla na plohi Klačine teškog mehaničkog sastava, ali s dobro

izraženom poliedričnom strukturu. Sadržaj čestica gline (<0,002) u A horizontu varira od 37,1 do 68,3%, a u kambičnom (B)rz horizontu od 52,7 do 78,6%. Prema podacima Z. Gračanina (1957. godine) u momentu os-

nivanja plohe Klačine bila je u jednom njenom dijelu gaženjem i erozijom uništena stabilnost većih agregata. Stabilni su ostali uglavnom mrvičasti ili mrvičasti do graškasti agregati. Međutim, prema analizama iz 1977. godine na plohi Klačine u A horizontu nalaze se potpuno stabilni strukturni agregati, što je sigurno rezultat vegetacijskog utjecaja. Jasno se uočava, iz navedenih tablica, da su pH vrijednosti tala na plohi Klačine i nakon trideset tri godine ostale gotovo nepromijenjene, što je i normalno, gledajući činjenice da je ploha geološki i pedološki dosta homogena. Reakcija tla u  $H_2O$  varira kod svih istraživanih uzoraka, kako onih uzetih iz 1957., tako i onih iz 1990. godine, od 6,0 do 8,0 pH. Prosječna pH vrijednost u površinskom A horizontu iznosi 7,0, a u (B)rz horizontu 7,2.

Analizirajući tablice 2, 3 i 4, odnosno njihove podatke dobivene 1977., 1983. i 1990. godine, vidi se da su humusno akumulativni horizonti kod svih profila veoma humusni.

Količina humusa u kambičnom (B)rz horizontu znatno je niža, a prema podacima iz 1983. godine (tab. 3) srednja se vrijednost kreće od 1,53 do 2,84 %.

Isto tako ova su tla bogata, pa čak i vrlo bogata, ukupnim dušikom. S dubinom se sadržaj dušika isto tako u svim profilima smanjuje. U (B)rz horizontu srednje vrijednosti variraju od 0,08 do 0,20% što opet ukazuje na srednju do dobru opskrbljenost dušikom i ovog horizonta. Međutim, ovdje je posebno interesantno istaći razliku u sadržaju humusa i dušika u tlu pod različitim vrstama šumskog drveća, vrstama s kojima se i eksperimentiralo na plohi te utjecaju količine listinca na njihov sadržaj.

Najveći sadržaj humusa i ukupnog dušika registriran je pod kulturom crnoga jasena (srednja vrijednost za humus je 6,14%, maksimalna 9,18%; srednja vrijednost za dušik iznosi je 0,28%, maksimalna 0,44%), zatim dolaze tla pod kulturom atlaskoga cedra i bijelog graba. Najmanje vrijednosti nalaze se u tlima pod kulturom crnoga bora (srednja vrijednost za humus je 3,9%, minimalna 3,09%, dušikom 0,15% odnosno 0,11%). Uz crni bor slabiji postotak humusa i dušika nalazi se i pod kulturom primorskog bora.

Iz tih podataka vidljivo je da su četinjače, osim atlaskoga cedra, na plohi Klačine pokazale manji intenzitet akumuliranja humusa i dušika od listača, iako produciraju znatno veću količinu listinca, što je sigurno rezultat sporijeg transformiranja šumskog listinca, kao i manjeg postotka dušika u njoj (Topić 1992).

Tablica 1. Kemijска svojstva i mehanički sastav tla na pokusnoj plohi Klačine (Z. Gračanin 1957)  
Table 1. Chemical properties and mechanical soil composition on the experimental plot Klačine (Z. Gračanin 1957)

Broj profila No.of soil profile	Oznaka uzorka - Sample mark	Kemijска svojstava tla - Chemical soil properties						Mehanički sastav tla - Mechanical soil composition						
		Dubina Horizont Horizon cm	pH H <sub>2</sub> O	pH nKCl	Humus %	C : N	K <sub>2</sub> O po Egner-Richmu mg/100 g tla	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	I. kat. mm	II. kat. mm	III. kat. mm	IV. kat. mm	0,002 n/10 mm NH <sub>4</sub> OH %	
1	A (B)rz	0-18 25-45	6,97 8,00	6,00 7,32	7,59 1,26	4,40 0,73	0,31 0,05	14,19 14,60	- 1,0	0,9 0,95	62,41 13,95	21,56 6,69	7,11 16,33	8,92 24,79
2	A (B)rz	0-17 35-60	6,40 7,85	5,03 7,06	6,90 0,84	4,00 0,49	- -	- -	0,9 0,6	- -	- -	- -	- -	- -
3	A/(B)rz	0-15	7,20	5,90	1,82	2,11	0,16	13,19	-	1,0	69,70	15,95	8,55	5,88
														41,12

Tablica 2. Kemijska svojstva i mehanički sastav tla u A horizontu pod šumskim kulturama na pokusnoj plohi Klačine (1977. godine)  
 Table 2. Chemical properties and mechanical soil composition in A horizon under forest cultures on the experimental plot Klačine (1977)

Broj profila No. of soil profile	Oznaka uzorka - Sample mark	Dubina Depth cm	Kemijski svojstva tla - Chemical soil properties						Mehanički sastav tla - Mechanical soil composition				Vrsta drveća i količina listinca - Tree species and quantity of leaf litter			
			Horizont Horizon	pH nKCl	Humus %	C %	Dušik %	C : N %	K <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0,2- mm	0,2- mm	0,02 mm	< mm	Težina listinca nakon sušenja (105°C) Weight of leaf litter after drying (105°C) kg/ha	Vrsta drveća Tree species
											Al - metoda Al - method	Al - metoda Al - method	Al - metoda Al - method	Al - metoda Al - method		
1	A	1-20	8,00	6,90	5,27	3,06	0,24	12,8	16,0	2,4	2,1	24,8	21,9	51,2	3,094	<i>Fraxinus ornus</i> L.
2	"	1-23	7,03	5,94	6,28	3,64	0,26	14,5	19,0	2,6	1,6	33,6	18,9	45,9	5,609	"
3	"	1-12	7,98	6,72	7,49	4,34	0,32	13,6	21,0	3,8	1,9	24,3	25,1	48,7	5,944	"
4	A	1-12	6,90	5,80	5,17	3,35	0,22	12,7	17,0	2,3	1,5	12,7	23,5	49,3	14,778	<i>Cedrus atlantica</i> Man.
5	"	2-16	7,36	6,22	7,89	4,58	0,32	14,3	18,0	2,6	1,9	28,8	22,8	46,5	30,330	"
6	"	1-15	7,36	6,10	4,48	2,60	0,20	13,1	14,0	2,3	2,1	25,5	21,2	51,2	12,300	"
7	A	1-12	7,80	6,64	4,80	2,78	0,21	13,1	16,0	2,8	2,1	25,3	21,7	50,9	5,037	<i>Carpinus orientalis</i> Mill.
8	"	2-25	6,90	5,80	6,25	3,65	0,26	14,1	17,5	3,0	3,0	29,8	22,3	44,9	6,972	"
9	A	1-20	6,54	5,44	3,80	2,20	0,14	15,6	14,0	2,6	2,8	32,2	20,0	45,0	16,240	<i>Pinus nigra</i> Arn.
10	"	2-20	6,50	5,24	3,09	1,79	0,11	14,1	12,0	2,5	2,9	31,0	23,5	42,6	8,917	"
11	"	2-17	6,10	4,76	3,88	2,25	0,15	15,4	15,0	2,6	2,7	33,3	27,2	36,8	16,685	"
12	A	2-12	8,00	6,90	5,72	3,32	0,20	16,6	17,5	3,6	1,8	26,8	24,3	47,1	26,8,6	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
13	"	2-10	7,00	6,10	5,25	3,02	0,17	18,1	16,5	3,2	2,8	22,9	14,8	59,5	23,311	"
14	"	2-10	7,50	6,32	3,46	2,00	0,14	14,2	14,0	2,9	2,8	20,0	13,0	64,2	17,453	"
15	A	1-10	7,73	6,43	4,53	2,62	0,15	17,2	17,0	3,0	3,6	22,3	16,5	57,7	6,203	<i>Quercus pubescens</i> Will.
16	"	1-10	7,68	6,30	5,83	3,38	0,23	14,6	21,0	3,2	3,1	21,8	15,5	59,6	8,459	"
17	"	1-10	7,32	5,90	3,11	1,81	0,10	17,4	14,0	2,9	3,0	23,5	19,4	54,1	3,503	"

Tablica 3. Kemijjska svojstva i mehanički sastav tla pod šumskim kulturama na pokusnoj plohi Klačine (1983. godine)  
Table 3. Chemical properties and mechanical soil composition under forest cultures on the experimental plot Klačine (1983)

Broj profila No.of soil profile	Oznaka uzorka - Sample mark	Horizont Depth cm	Dubina H <sub>2</sub> O	Kemijski svojstva tla - Chemical soil properties				Mechanički sastav tla - Mechanical soil composition				Vrsta drveća i količina listinca - Tree species and quantity of leaf litter			
				pH		Humus %	C %	Dušik %	C : N %	K <sub>2</sub> O mg/100 g tla	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mm	0,2- mm	0,02- mm	< mm	Vrsta drveća Tree species
					nKCl					Al - metoda Al - method					
1	A	1-4	6,72	6,08	9,18	5,31	0,44	12,1	29,5	3,6	2,1	29,4	22,3	46,2	<i>Fraxinus ornus</i> . L.
	A/(B)rz	4-20	6,95	6,02	4,62	2,67	0,22	12,1	15,0	2,3	2,0	23,5	20,9	53,6	
	(B)rz	20-30	7,10	6,12	2,27	1,31	0,20	6,6	14,0	1,2	1,2	17,7	13,6	67,5	
2	A	1-25	7,40	6,70	5,66	3,27	0,27	12,1	19,0	2,7	3,0	29,5	22,2	45,3	,,
	(B)rz	25-50	7,23	6,18	2,22	1,28	0,13	9,8	12,5	0,7	0,8	13,8	9,7	75,5	
3	A	1-12	7,32	6,80	5,56	3,22	0,25	12,9	17,0	2,7	5,0	28,2	21,0	45,8	<i>Cedrus atlantica</i> Man.
	A/(B)rz	12-25	7,25	6,38	4,28	2,43	0,17	14,3	17,5	0,7	2,6	30,9	22,2	44,3	
	(B)rz	25-50	7,22	6,48	2,17	1,26	0,15	8,4	6,0	0,6	0,7	15,0	12,3	72,0	
4	A	3-18	6,87	6,05	6,17	3,57	0,26	14,3	19,0	3,2	3,1	25,2	22,7	49,0	,,
	(B)rz	18-36	6,93	6,05	2,66	1,54	0,16	9,6	7,5	0,7	2,0	18,0	13,8	66,2	
5	A	2-20	6,80	6,00	4,20	2,43	0,20	12,2	15,0	2,6	2,2	21,3	19,2	57,2	<i>Carpinus orientalis</i> Mill.
	(B)rz	20-35	6,82	5,92	2,22	1,28	0,12	10,7	7,0	0,3	1,3	15,7	9,5	73,5	
6	A	2-18	7,28	6,50	6,56	3,79	0,32	11,8	18,5	3,1	1,5	21,2	22,5	54,4	,,
	A/(B)rz	18-32	7,18	6,50	4,01	2,32	0,18	11,0	10,0	0,9	1,7	22,1	19,8	56,4	
7	A	2-32	6,40	5,02	4,36	2,52	0,16	15,8	18,5	2,7	2,4	35,1	25,4	37,1	<i>Pinus nigra</i> Arn.
	(B)rz	32-70	6,00	4,88	1,53	0,89	0,06	14,8	9,0	1,3	1,0	18,5	12,4	68,1	
8	A	1-18	6,15	4,95	3,40	1,96	0,13	17,8	15,0	2,5	2,6	34,0	20,8	42,6	,,
	(B)rz	18-34	6,55	5,88	2,12	1,23	0,09	13,7	5,5	1,0	0,8	21,6	8,8	68,8	
9	A	2-12	7,42	6,70	4,10	2,37	0,15	16,9	16,0	3,2	4,9	18,8	8,4	68,3	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
	(B)rz	12-30	7,98	7,00	2,00	1,16	0,11	10,5	6,0	1,5	15,0	24,6	11,0	49,4	
10	A	3-12	6,60	5,78	4,44	2,57	0,19	19,8	17,5	3,3	2,0	27,2	17,1	53,7	,,
	(B)rz	12-42	7,02	6,05	2,34	1,36	0,09	15,1	9,0	1,2	1,2	23,8	14,0	61,0	
11	A	1-10	7,32	6,45	4,89	2,82	0,20	14,1	18,0	3,2	2,2	32,1	16,4	49,3	,,
	(B)rz	10-40	7,33	6,28	2,12	1,23	0,10	12,3	10,5	1,3	1,0	18,6	1,8	78,6	
12	A	1-8	7,00	5,90	3,79	2,19	0,13	16,8	17,5	3,0	3,8	25,8	13,4	57,0	,,
	(B)rz	15-35	7,58	6,60	2,84	1,64	0,13	12,6	7,5	1,2	3,0	16,1	9,7	71,2	

Tablica 4. Kemijjska svojstva tla u A horizontu pod šumskim kulturama na pokusnoj plohi Klačine (1990.godine)  
Table 4. Chemical properties of soil in A horizon under forest cultures on the experimental plot Klačine (1990)

Broj profila No.of soil profile	Oznaka uzorka - Sample mark	Dubina Depth cm	Horizont Horizon	Kemijski svojstva tla - Chemical soil properties						Vrsta drveća i količina listinca - Tree species and quantity of leaf litter	
				pH		Humus %	Dušik %	C : N %	$K_2O$	$P_2O_5$	
				H <sub>2</sub> O	nKCl						
1	A	1-20	7,35	6,50	5,72	3,32	0,27	12,3	19,5	2,7	Fraxinus ornus L.
2	"	1-23	6,95	6,10	6,44	3,74	0,30	12,5	20,0	2,8	"
3	"	1-12	7,15	6,70	7,62	4,42	0,35	12,3	21,5	3,8	"
4	A	1-12	6,87	6,05	6,20	3,60	0,27	13,3	19,0	2,8	Cedrus atlantica Man.
5	"	2-16	7,33	6,85	7,95	4,61	0,35	13,2	20,0	3,5	"
6	"	1-15	7,32	6,22	5,42	3,14	0,23	13,6	17,5	2,7	"
7	A	1-12	6,95	6,02	4,90	2,84	0,23	12,3	16,5	2,9	Carpinus orientalis Mill.
8	"	2-25	7,30	6,60	6,78	3,93	0,33	11,9	19,5	3,2	"
9	A	1-20	6,50	5,24	5,43	3,14	0,21	15,0	18,5	2,8	Pinus nigra Arn.
10	"	2-20	6,72	5,80	4,12	2,38	0,14	17,0	17,5	2,6	"
11	"	2-17	6,15	4,95	3,90	2,26	0,14	16,1	16,0	2,5	"
12	A	2-12	7,42	6,70	4,20	2,44	0,16	15,2	16,0	3,3	Pinus pinaster Alt.
13	"	2-10	6,70	5,80	4,62	2,68	0,19	14,1	17,5	3,3	"
14	"	2-10	7,40	6,64	3,80	2,20	0,15	14,7	15,0	2,9	"
15	A	1-10	7,35	6,45	4,95	2,87	0,20	14,3	18,0	3,3	Quercus pubescens Will.
16	"	1-10	7,36	6,25	6,17	3,57	0,24	14,9	21,0	3,6	"
17	"	1-10	7,10	5,95	3,80	2,20	0,14	15,7	17,0	3,0	"

Tla na istraživanom objektu slabo su opskrbljena fiziološki aktivnim fosforom, a dobro s kalijem. U svim profilima otvorenim 1977., 1983. i 1990. godine, pogotovo u A horizontu, sadržaj fosfora u projektu je 2,3 - 3,8 puta veći nego u profilima otvorenim 1957. godine, što je rezultat vegetacijskog utjecaja. Najviše fosfora nalazi se u tlima pod kulturom crnoga jasena, s većom količinom listinca, nešto manje pod kulturom hrasta medunaca, primorskog bora, bijelog graba, atlaskoga cedra i crnoga bora.

Nema podataka iz 1957. godine o fiziološki aktivnom kaliju, ali iz podataka pedoloških analiza iz 1977., 1983. i 1990. godine vidi se da su tla na plohi Klaćine opskrbljena srednje do dobro (14,0 - 29,5 mg/100 g tla) tim bioelementom. Treba pretpostaviti da ovakve opskrbljenosti nije bilo u momentu osnivanja plohe.

Maksimalna vrijednost kalija zabilježena je u humusno akumulativnom horizontu i to u njegovom površinskom dijelu, pod kulturom crnoga jasena iznosila je 29,5 mg/100 g tla. Na osnovi rezultata istraživanja kalija u 1983. godini (tab. 3) vidljivo je da se njegov sadržaj smanjuje po dubini profila. U kambičnom (B)rz horizontu srednje vrijednosti variraju od 6,7 mg/100 g tla (atlaski cedar) do 13,2 mg/100 g tla (crni jasen).

Provedeni regresijski račun pokazao je (sl. 1, 2, 3, 4, 5, 6) da se s povećanjem jedinice šumskog listinca sadržaj humusa u tlu (A horizont) povećao od 0,115% (kod atlaskoga cedra) do 0,631% (kod crnog jasena); sadržaj dušika od 0,0048% (atlaski cedar) do 0,025% (crni jasen

i hrast medunac); sadržaj fosfora - od 0,017 mg/100 g (crni bor) do 0,303 mg/100 g (crni jasen), a sadržaj kalija od 0,172 mg/100 g (atlaski cedar) do 1,465 mg/100 g (crni jasen).

Vrijednosti koeficijenta korelaciije ( $r$ ), koji pokazuje jačinu veze ili stupanj zavisnosti dvije promjenjive, u ovim istraživanjima (sl. 1, 2, 3, 4, 5, 6), kreće se u sljedećim granicama:

za humus – od 0,869 (atlaski cedar) do 0,989 (hrast medunac)

za dušik – od 0,873 (crni bor) do 0,977 (hrast medunac)

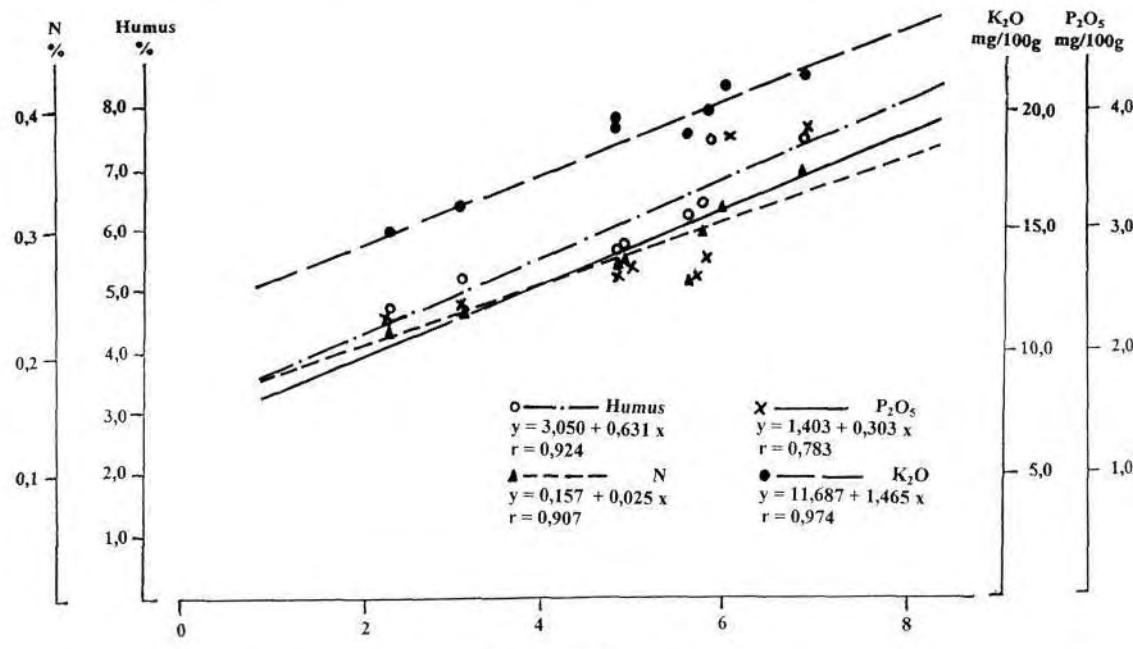
za fosfor – od 0,783 (crni jasen) do 0,933 (bijeli grab)

za kalij – od 0,808 (primorski bor) do 0,974 (crni jasen)

Minimalne vrijednosti koeficijenta korelaciije, na razini značajnosti od 5% a uz odgovarajući broj stupnjeva slobode, iznosi 0,707, odnosno 0,811, dok na razini značajnosti od 1% iznosi – 0,834, odnosno 0,917 (Petz 1974).

Iz prikazanih rezultata vidi se da postoji pozitivna korelacija velike jačine između sadržaja humusa, dušika, fosfora i kalija i šumskog listinca istraživanih vrsta drveća.

Značajnost koeficijenta korelaciije ( $r$ ), također je testirana pomoću  $t$  - testa. Na razini značajnosti od 5%, granična vrijednost "t" uz odgovarajući broj stupnjeva

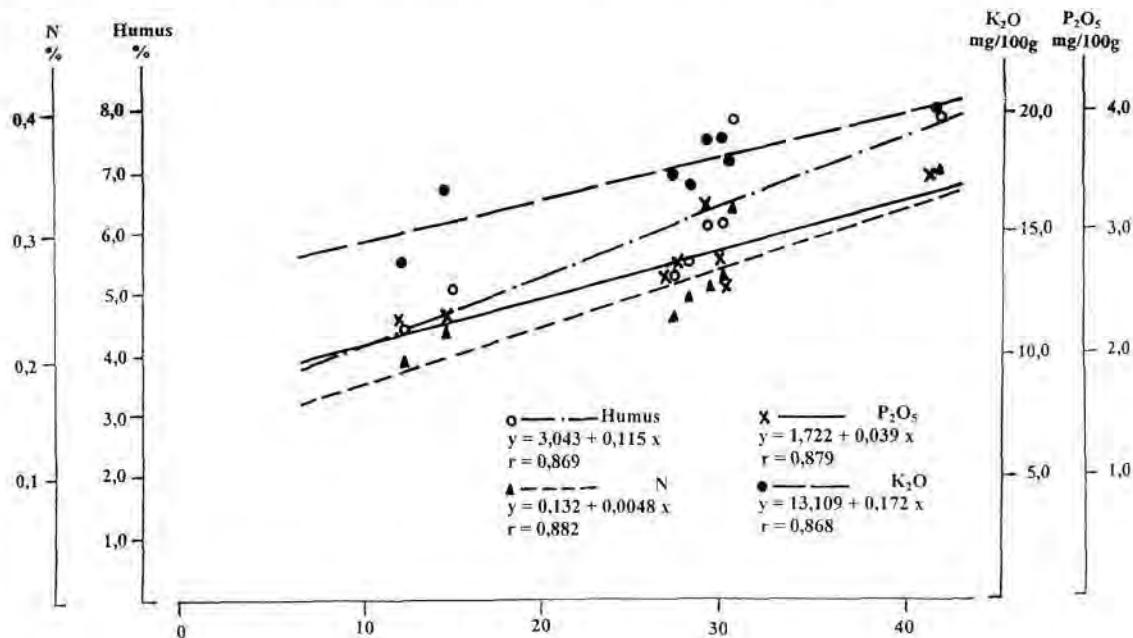


Slika 1. Grafički prikaz regresije količine šumskog listinca na sadržaj humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu pod kulturom crnoga jasena (*Fraxinus ornus* L.)

Figure 1. Regression graph of quantity of leaf litter on the content of humus, nitrogen, phosphorus and potassium in the soil under Flowering Ash (*Fraxinus ornus* L.)

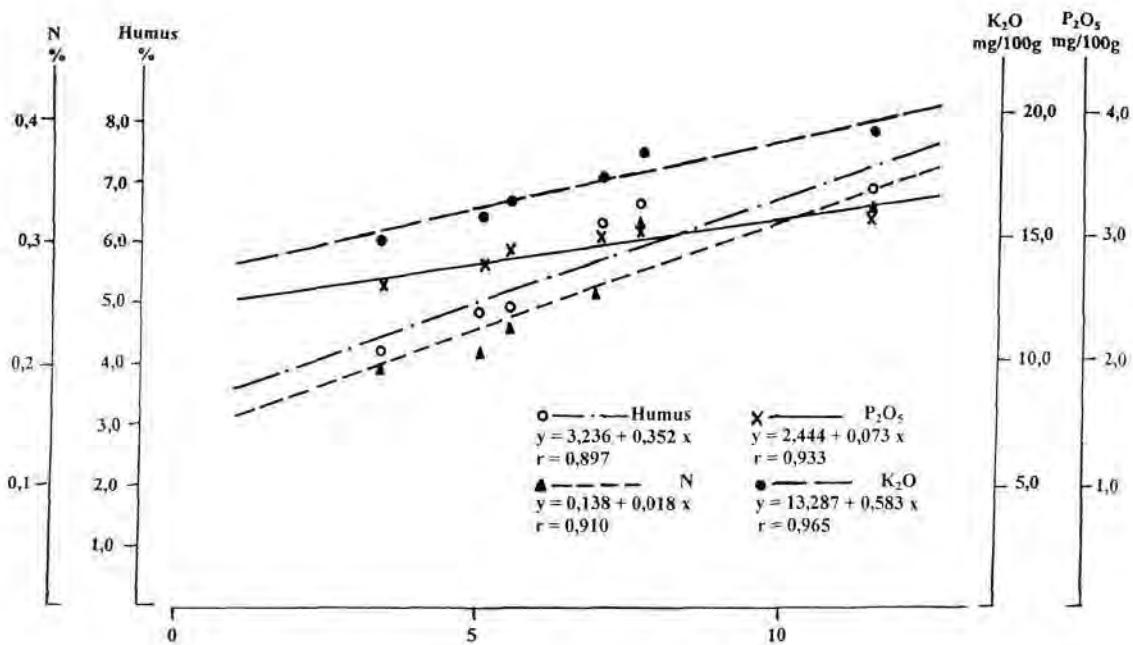
slobode iznosi 2,45 odnosno 2,78. Budući da je dobivena vrijednost računski znatno veća, može se zaključiti da je ta korelacija statistički signifikantna, čak i većim dijelom visoko signifikantna na razini od 1%.

Na osnovi koeficijenta korelacije izračunat je koeficijent determinacije ( $r^2$ ), čije su vrijednosti različite glede vrste drveća, zavisno i nezavisno promjenljive. Sudjeći prema vrijednostima toga koeficijenta, promjene u



Slika 2. Grafički prikaz regresije količine šumskog listinca na sadržaj humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu pod kulturom atlaskoga cedra (*Cedrus atlantica* Man.)

Figure 2. Regression graph of quantity of leaf litter on the content of humus, nitrogen, phosphorus and potassium in the soil under Atlas Cedar (*Cedrus atlantica* Man.)

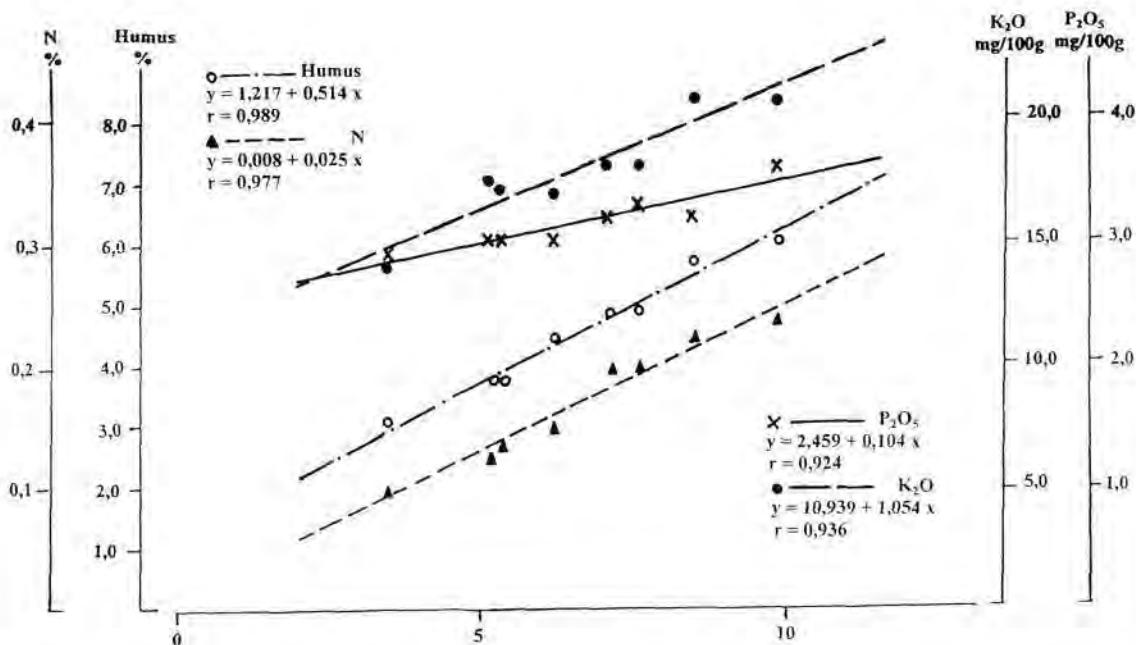


Slika 3. Grafički prikaz regresije količine šumskog listinca na sadržaj humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu pod kulturom bijelog grba (*Carpinus orientalis* Mill.)

Figure 3. Regression graph of quantity of leaf litter on the content of humus, nitrogen, phosphorus and potassium in the soil under Oriental Hornbeam (*Carpinus orientalis* Mill.)

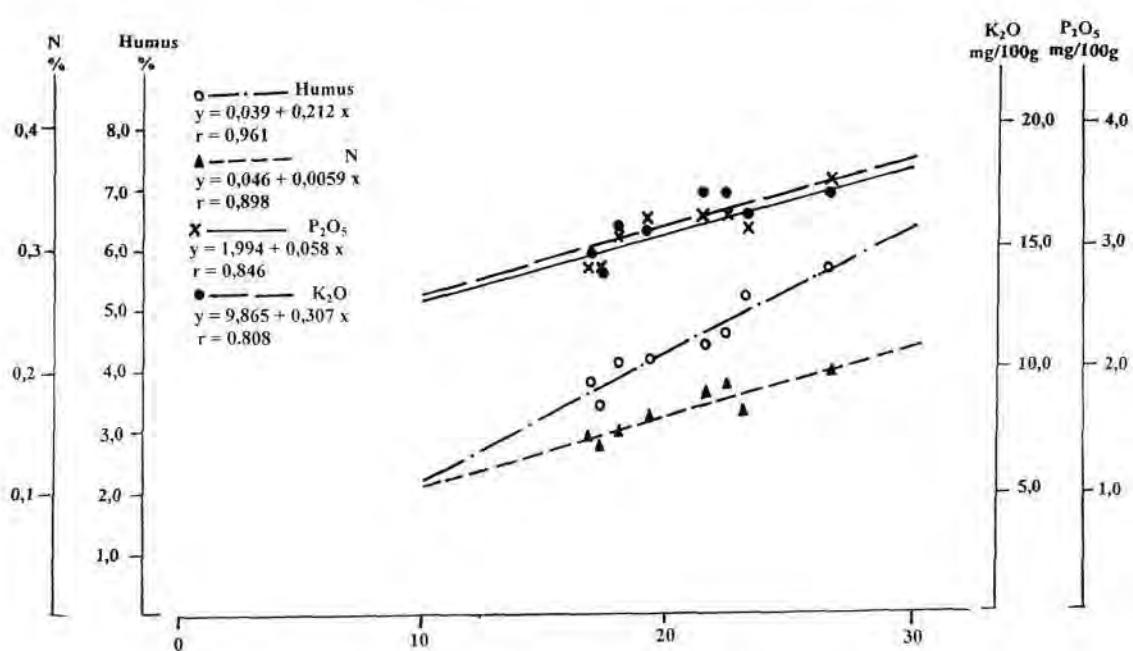
sadržaju humusa objašnjavaju se sa 75,5% (za atlaski cedar) do 97,8% (za hrast medunac), promjenama u količini šumskog listinca; promjene u sadržaju dušika (N) - 76,2% (za crni bor) do 95,4% (hrast medunac); pro-

mjene u sadržaju fosfora ( $P_2O_5$ ) - 61,3% (crni jasen) do 87,0% (bijeli grab) i promjene u sadržaju kalija ( $K_2O$ ) - od 65,3% (primorski bor) do 93,1% (bijeli grab), a ostalo ( $1 - r^2$ ), utjecajem drugih, neistraženih čimbenika.



Slika 4. Grafički prikaz regresije količine šumskog listinca na sadržaj humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu pod kulturom hrasta medunca (*Quercus pubescens* Willd.)

Figure 4. Regression graph of quantity of leaf litter on the content of humus, nitrogen, phosphorus and potassium in the soil under Oak Downy (*Quercus pubescens* Willd.)

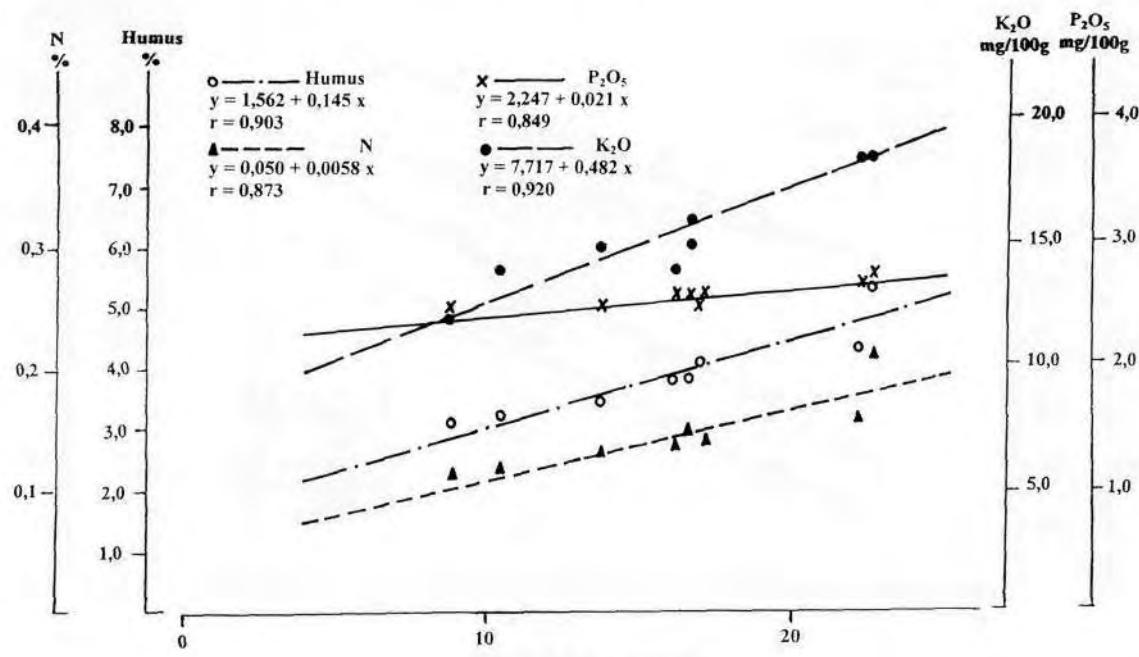


Slika 5. Grafički prikaz regresije količine šumskog listinca na sadržaj humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu pod kulturom primorskoga bora (*Pinus pinaster* Ait.)

Figure 5. Regression graph of quantity of leaf litter on the content of humus, nitrogen, phosphorus and potassium in the soil under Maritime Pine (*Pinus pinaster* Ait.)

Prema jednadžbama regresije navedenih na slikama 1, 2, 3, 4, 5 i 6, za istražene šumske vrste drveća, kako je već navedeno, promjena količine listinca za jedinicu mjere odgovara promjena sadržaja humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu, tj. u humusno akumulativnom hor-

izontu proučavanih zemljišta. Međutim, s obzirom na relativno mali broj opservacija jednadžbe regresije ne bi se mogle koristiti za interpoliranje izvan granica u kojima je obavljen istraživanje.



Slika 6. Grafički prikaz regresije količine šumskog listinca na sadržaj humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu pod kulturom crnoga bora (*Pinus nigra* Arn.)

Figure 6. Regression graph of quantity of leaf litter on the content of humus, nitrogen, phosphorus and potassium in the soil under Black Pine (*Pinus nigra* Arn.)

## ZAKLJUČCI – Conclusions

Na osnovi dugoročnih proučavanja i rezultata istraživanja na pokusnoj plohi Klačine o melioracijskim učincima istraživanih šumske vrsta na pedosferu, može se zaključiti:

1. Melioracijski učinci pojedinih šumske vrsta, u odnosu na pedosferu, vrlo su značajni i različiti. Učinci se manifestiraju kako u kemijskim, tako i fizikalnim promjenama u tlu.
2. Pod istraživanim četinjačama na plohi Klačine, u istim ekološkim uvjetima, utvrđene su veće količine listinca, a manji sadržaj, osim kod atlaskog cedra, ukupnog dušika i humusa u tlu, pogotovo njegovom humusno akumulativnom horizontu, nego pod kulturnama listača, posebice crnim jasenom i bijelim grabom, što je sigurno rezultat sporijeg transformiranja šumskog listinca (četinjača) četinjača, kao i manjeg postotka dušika u njoj. Najmanje vrijednosti nalaze se u tlima pod kulturom crnog bora. Fiziološki aktivnog fosfora najviše sadrže tla pod kulturom crnoga jasena s većom količinom listinca, nešto ma-

nje pod kulturom hrasta medunca, primorskog bora, bijelog graba i atlaskog cedra, a najmanje pod kulturom crnog bora. Isto se tako i kalija nalazi najviše u tlima pod kulturom crnoga jasena, a najmanje pod kulturom crnoga i primorskog bora.

3. Provedeni regresijski račun pokazao je da se s povećanjem jedinice šumskog listinca, sadržaj humusa u tlu (A horizont) povećao od 0,115% (kod atlaskoga cedra) do 0,631% (kod crnog jasena); sadržaj dušika od 0,0048% (atlaski cedar) do 0,025% (hrast medunac i crni jasen); sadržaj fosfora - od 0,017 mg/100 g (crni bor) do 0,104 mg/100 g (hrast medunac), a sadržaj kalija od 0,172 mg/100 g (atlaski cedar) do 1,465 mg/100 g (crni jasen).
4. Korelacija između sadržaja humusa, dušika, fosfora i kalija u tlu (A horizont) i šumskog listinca istraživanih vrsta drveća na plohi Klačine statistički je signifikantna, čak i većim dijelom visoko signifikantna na razini od 1%.

## LITERATURA – References

- Anić, M., 1959: Uzgajanje šuma, Ekologija šumskog drveća i šuma, Zagreb.
- Gračanin, M., 1950: Metodika ekoloških istraživanja tla, Priručnik za tipološko istraživanje i kartiranje vegetacije, Zagreb.
- Gračanin, Z., 1957: Pedološke prilike demonstracionog objekta kod Peruće, Zagreb.
- Horvat, A., 1965: Melioracije degradiranih šumskih terena, svezak I Krš, skripta pp 178, Zagreb.
- Komlenović, N. i Mayer, B., 1995: Uspijevanje mladih borovih kultura osnovanih na kamenjari otoka Paga. Rad., Vol. 30, Br. 1: 23-36, Šumarski institut, Jastrebarsko.
- Martinović, J., 1968: Prilog poznавању састава отпада лишћа (иглица) дрвећа у неким шумским фитоценозама на подручју крша западне Хрватске, Šumarski list 11-12, str. 452-464, Zagreb.
- Martinović, J., 1969: Prilog познавању промјена плодности тла под утjecajem шумског дрвећа, Šumarski list 7-8, str. 242-257, Zagreb.
- Martinović, J., 1975: Energija nakupljanja bioelemenata u lišću šumskog drveća u Istri, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Posebno izdanje - XXIII, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knjiga 5, Sarajevo.
- Mayer, B., 1979: Utjecaj kultura alepskoga i brucijskoga bora na tlo primorskih kamenjara izlože-
- nih zasoljavanju kod Rapca. Zemljiste i biljka, Vol. 28, No 2: 99-106.
- Pernar, N., Bakšić, D., Španjol, Ž., 1999: Neke značajke humizacije u borovim kulturama na otoku Rabu, Šumarski list 3-4, str. 101-108, Zagreb.
- Petz, B., 1974: Osnovne statističke metode, Zagreb.
- Tomašević, A., 1994: Meliorativni utjecaj kulture alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) i pinije (*Pinus pinea* Endl.) na degradirano stanište hrasta medunca (*Quercus pubescens* - *Carpinetum orientalis* H-ić, Anić 1959) u zadarskom području. Glas. šum. pokuse, 30: 223-298, Zagreb.
- Topić, V., 1988: Upotrebljivost nekih autohtonih i alohtonih šumskih vrsta kod pošumljavanja submediteranskog krškog područja Dalmacije, Doktorska disertacija.
- Topić, V., 1990: Prirast nekih vrsta četinjača na submediteranskom krškom području Dalmacije, Šumarski list 11-12, str. 441-450, Zagreb.
- Topić, V., 1992: Količina i kemički sastav prostirke pod nekim šumskim kulturama na kršu, Šumarski list 9-10, str. 407-414, Zagreb.
- Topić, V., 1997: Upotrebljivost autoktonih listača pri pošumljavanju krša, Šumarski list 7-8, str. 343-352, Zagreb.

*SUMMARY: This paper deals with the amelioration effects of forest sorts on the pedosphere. The investigations are long lasting (33 years) and are done on the experimental object Klačine on Flowering Ash (*Fraxinus ornus L.*), Atlas Cedar (*Cedrus atlantica* Man.), Oriental Hornbeam (*Carpinus orientalis* Mill.), Black Pine (*Pinus nigra* Arn.), Maritima Pine (*Pinus pinaster* Ait.) and Oak Downy (*Quercus pubescens* Willd.) which were planted in 1958. The trees are in lines, they are of the same age and they develop in the same ecologic conditions. The first pedologic investigations were done one year before afforestation of the plot (in 1957) and later at the age of 19, 25 and 32 of the trees. Very interesting data were obtained about the quantity of leaf litter, humus, nitrogen, phosphorus and potassium in the soil under the investigated trees. The greatest quantities of leaf litter were noticed under Atlas Cedar and the smallest quantity of humus, nitrogen, phosphorus and potassium in the soil under Black Pine. These investigations are important for the rational managing of forest and forest soils, especially on karst. But the investigations stopped on the experimental plot Klačine because it was mined in the war in 1992. The plot is on the area of forestry of Sinj. It was founded in 1956 and it is a part of the amelioration complex Klačine, of the entire area of 40 ha. The afforestation of this forest experimental plot was done in the spring of 1958. It is situated on the slopes of the right bank of the river Cetina, with the highest point of 395 m. The plot is typical for the submediterranean karst part of Dalmatia and it lies nearly in its middle part. Geologically, the plot is quite homogenous and is made of limestones with pebbles of dolomites on which are brown soils*

nowdays. According to Köppen, this area belongs to warm and moderately warm climatic zone, and according to rain factor into humid climate. During the vegetation period 500 mm or 40.5 % of the entire year rainfall falls. The most rainfall has December, 163 mm and the least July, 63 mm. It is not seldom that some summer months either do not have any rainfall or very little. The area in which the plot lies belongs to the Mediterranean-mountain area of the deciduous vegetation of (*Ostryo-carpinetum orientalis*).

From the data obtained on the experimental plot Klačine it can be seen that the amelioration effects of forest sorts on the pedosphere are important and different. The effects manifest in the chemical and physical changes in the soil. Under coniferous trees there are bigger quantities of leaf litter, and less content, except at Atlas Cedar, of entire nitrogen and humus in the soil, especially in its humus accumulative horizon, than under deciduous trees, especially Flowering Ash and Oriental Hornbeam, what is surely the result of slower transforming of leaf litter of coniferous trees and less percentage of nitrogen in it. The least values are in soils under Black Pine. Physiologically active phosphorus contain the soils under Flowering Ash with larger quantity of leaf litter, a little less under Oak Downy, Black Pine, Oriental Hornbeam and Atlas Cedar, and the least under Black Pine. Also the potassium lies most in the soils under Flowering Ash and least under Black Pine and Maritima Pine.

The regression account showed that with the increase of unit of leaf litter the humus in soil (A horizon) increased from 0,115 % (Atlas Cedar) till 0,631 % (Flowering Ash), the content of nitrogen from 0,0048 % (Atlas Cedar) till 0,025 % (Oak Downy) and (Flowering Ash) the content of phosphorus from 0,017 mg/100 g (Black Pine) till 0,104 mg/100g (Oak Downy) and content of potassium from 0,172 mg/100g (Atlas Cedar) till 1,465 mg/100g (Flowering Ash).

The correlation between the content of humus, nitrogen, phosphorus and potassium with soil (A horizon) and leaf litter of investigated species on the Klačine plot is statistically significant, even mostly high significant on the level of 1%.

**Key words:** amelioration effects, forest cultures, karst, Flowering Ash, Atlas Cedar, Oriental Hornbeam, Black Pine, Oak Downy, pedosphere, leaf litter, humus, nitrogen, phosphorus, potassium.