

UTJECAJ MATIČNOG SUPSTRATA NA ZNAČAJKE KALKOKAMBISOLA NA PODRUČJU NP PLITVIČKA JEZERA

INFLUENCE OF THE PARENT MATERIAL ON CALCOCAMBISOL IN THE AREA OF THE PLITVICE LAKES NATIONAL PARK

Ivan PERKOVIĆ^{*1}, David POČEKAL², Vibor ROJE¹, Darko BAKŠIĆ¹, Nikola PERNAR¹

SUMMARY

Kalkokambisol (smeđe tlo na vapnencima i dolomitima) jedno je od najzastupljenijih tipova tala u Hrvatskoj. Kako i sam naziv sugerira, razvijeno je na vapnencima i dolomitima koji uključuju niz prijelaznih formi stijena glede načina i intenziteta fizičkog i kemijskog trošenja. Na području Nacionalnog parka Plitvička jezera otvoreno je 30 pedoloških profila, 18 na vapnencima i 12 na dolomitima. Na terenu su bili određeni ektomorfološka i endomorfološka svojstva tla. Na prikupljenim uzorcima tla iz humusno-akumulativnog (A) i kambičnog (B) horizonta određeni su sljedeći parametri: granulometrijski sastav tla, reakcija tla odnosno pH-vrijednost u vodi i vodenoj otopini CaCl_2 , udio karbonata te udio organskog i ukupnog dušika. Najveće razlike u ektomorfološkim parametrima između tala povrh vapnenaca i dolomita utvrđene su u stjenovitosti i kamenitosti – na vapnencima se ona kreće u rasponu od vrlo niske do vrlo visoke, dok je na dolomitima nema. Na profilima kalkokambisola povrh dolomita utvrđen je veći udio frakcija pijeska i manji udio gline od kalkokambisola povrh vapnenaca. Dominantna teksturna oznaka u B-horizontu koji je ujedno i dijagnostički horizont kalkokambisola povrh vapnenaca je praškasta glina, dok je kod kalkokambisola povrh dolomita praškasto glinasta ilovača. Prosječne pH-vrijednosti i udjeli CaCO_3 u kalkokambisolima povrh vapnenaca bili su statistički značajno niže od kalkokambisola povrh dolomita duž cijelog profila. Nije utvrđena značajna razlika u udjelima C_{org} i N_{tot} između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita, pa tako nema ni velike razlike u omjeru C/N. Prosječni odnos C/N duž cijelog profila kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita iznosi 14, odnosno dekompozicija traje neometano. Ovim istraživanjem je utvrđeno da postoje značajne razlike u ektomorfološkim (stjenovitost i kamenitost) i endomorfološkim (granulometrijski sastav tla, pH-vrijednost tla i udio CaCO_3) svojstvima kalkokambisola na različitim matičnim supstratima.

KLJUČNE RIJEČI: kalkokambisol, vapnenci, dolomiti, NP Plitvička jezera

UVOD INTRODUCTION

Kalkokambisol (smeđe tlo na vapnencima i dolomitima) jedan je od najzastupljenijih tipova tala u Hrvatskoj. Dominantno je razvijen na području Dinarskog krša (Pilaš i

sur., 2016) i nedvojbeno je najzastupljenije tlo u šumskim ekosustavima (Pernar, 2017). Nastaje trošenjem karbonatnih stijena i rezidualnom akumulacijom netopivog ostatka. Evolucijski gledano, razvija se iz crnice povrh vapnenaca i rendzine povrh dolomita, a daljnjim povećanjem dubine i procesom ilimerizacije evoluira u pravcu luvisola koji se

¹ Izv. prof. dr. sc. Ivan Perkočić, izv. prof. dr. sc. Vibor Roje, prof. dr. sc. Darko Bakšić, prof. dr. sc. Nikola Pernar, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvine tehnologije, Zagreb, Hrvatska

² David Počekal, student-diplomant, Sveučilište u Zagrebu, Fakulteta šumarstva i drvine tehnologije, Zagreb, Hrvatska

*Dopisni autor: Ivan Perkočić, email: iperkovic@sumfak.hr

smatra najrazvijenijim tлом na karbonatnim sedimentima (Pernar, 2017; Spaargaren, 2008; Pilaš i sur., 2016).

Svojstva kalkokambisola određuje netopivi ostatak matičnog supstrata, koji je na kršu dijelom i alohtonog porijekla (lesoliki materijal) nanesen eolski (Yallon, 1997; Muhs i sur., 2012). Jedno od jako varijabilnih svojstava kalkokambisola je dubina profila i površinska stjenovitost. Okršenost dolomita znatno je manja od okršenosti vapnenaca, pa je i dubina profila ujednačenija (Husnjak, 2014). Tekstura tla je praškasto glinasta do glinasta (Martinović, 2003; Husnjak, 2014; Pernar, 2017), s izraženom stabilnom poliedričnom strukturom (Pernar, 2017), nepovoljne unutarnje poroznosti agregata koji slabo upijaju vodu (Čirić, 1984) i povoljnim vodno-zračnim odnosom (Gonzales-Pelayo i sur. 2006). Ovo tlo je u pravilu nekarbonatno, s pH-vrijednošću od 5,5 do 7. Ima visok stupanj kapaciteta zamjene bazičnih kationa > 50 % (Martinović, 2003; Pernar 2017) i varijabilni udio organske tvari (Durn i sur., 2019).

Proces nastanka tla počinje fizičkim i kemijskim trošenjem matične stijene, a odvija se kao niz interaktivnih procesa koji zajedno čine pedogenezu. Tla koja su razvijena na različitim matičnim supstratima imaju karakteristične razlike u fizičkim značajkama kao posljedicu različitog trošenja matičnog supstrata. Kemijski i mineraloški sastav matičnog supstrata uvjetuje količinu trošine koju supstrat može producirati te njegovu početnu propusnost za vodu, što određuje brzinu razvoja tla, odnosno vrijeme potrebno za dostizanje stadija klimaksa (Škorić 1986). Za razliku od tvrdih i čistih vapnenaca koji se dominantno troše kemijski, većina dolomita troši se fizički, pri čemu nastaje dolomitni grus dimenzija pijeska i sitnog šljunka. Na vapnencima kalkokambisol se razvija iz razvojne serije: crnica organogena – crnica organomineralna – crnica posmeđena, dok se povrh dolomita kalkokambisol razvija iz rendzina (Vrbek, 2009). Trošivost ovih stijena, njihova vodopropusnost, predispozicija eroziji i važna uloga u hidrološkom ciklusu snažno se odražavaju na pedogenetske procese i značajke tla, a razumijevanje pedogenetskih procesa dobilo je na važnosti, posebice posljednjih desetljeća, kako zbog globalno prepoznate opasnosti od degradacije tla (Amundson i sur., 2015.; Hou i sur., 2020.), tako i zbog prepoznatosti njegove ekološko-regulacijske uloge povezane s globalnim ciklusom ugljika (Sanderman i sur., 2017).

Kako i sam naziv sugerira kalkokambisol (smeđe tlo na vapnencima i dolomitima) razvijen je na vapnencima i dolomitima, koji pak uključuju niz prijelaznih formi stijena u pogledu načina i intenziteta fizičkog i kemijskog trošenja. Cilj rada je utvrditi postoje li razlike između fizičkih i kemijskih svojstava kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita na odabranim reprezentativnim profilima prikupljenim u sklopu projekta "Izrada pedološke karte Nacionalnog parka Plitvička jezera". Hipoteza postavljena u ovom radu

je da se različitim načinom trošenja vapnenaca i dolomita manifestiraju i različiti utjecaji na ekto- i endomorfološka te na fizička i kemijska svojstva kalkokambisola.

MATERIJALI I METODE MATERIAL AND METHODS

Područje istraživanja – *Study site*

Plitvička jezera najstariji su i najveći nacionalni park Republike Hrvatske, proglašen nacionalnim parkom 1949. godine, te su od 1979. ušla na UNESCO-vu Listu svjetske baštine (Prpić i Kosić, 2019). Ukupna površina parka je 29.630 hektara, od čega vodene površine zauzimaju oko 1 % od ukupne površine. Ostatak Parka čine dominantno šumska područja (81 %), travnjačke površine (oko 15 %) te oko 3 % površine značajnije izmijenjene antropogenim djelovanjem (Plan upravljanja NP Plitvička jezera 2019.-2028.). Nadmorska visina kreće se između 384 m.n.v. i 1279 (Seliški vrh) m.n.v. (Vukelić i dr., 2023). Park se većinom nalazi na jugoistočnom dijelu Male Kapele i na prijelaznom području prema Plješevici.

Prema Köppenovoj klasifikaciji, područje NP Plitvička jezera ima umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetom (Cfbwx) bez sušnog razdoblja, a prema rasponu nadmorskih visina NP Plitvička jezera ima dva od pet klimatskih razreda. Prevladava razred C – umjereno tople kišne klime, a na manjoj je površini prisutan razred D i tip Df koji označava snježno-šumsku, borealno-vlažnu klimu na visinama iznad 1200 m (Šegota i Filipčić 2003). Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 9,2 °C, a u vegetacijskom razdoblju (IV. do IX. mjesec) 14,9 °C. Prosječna godišnja količina oborina iznosila je 1539 mm, a za vegetacijsko razdoblje 742,9 mm, s najmanjom količinom u mjesecu srpnju (Vukelić i dr., 2023).

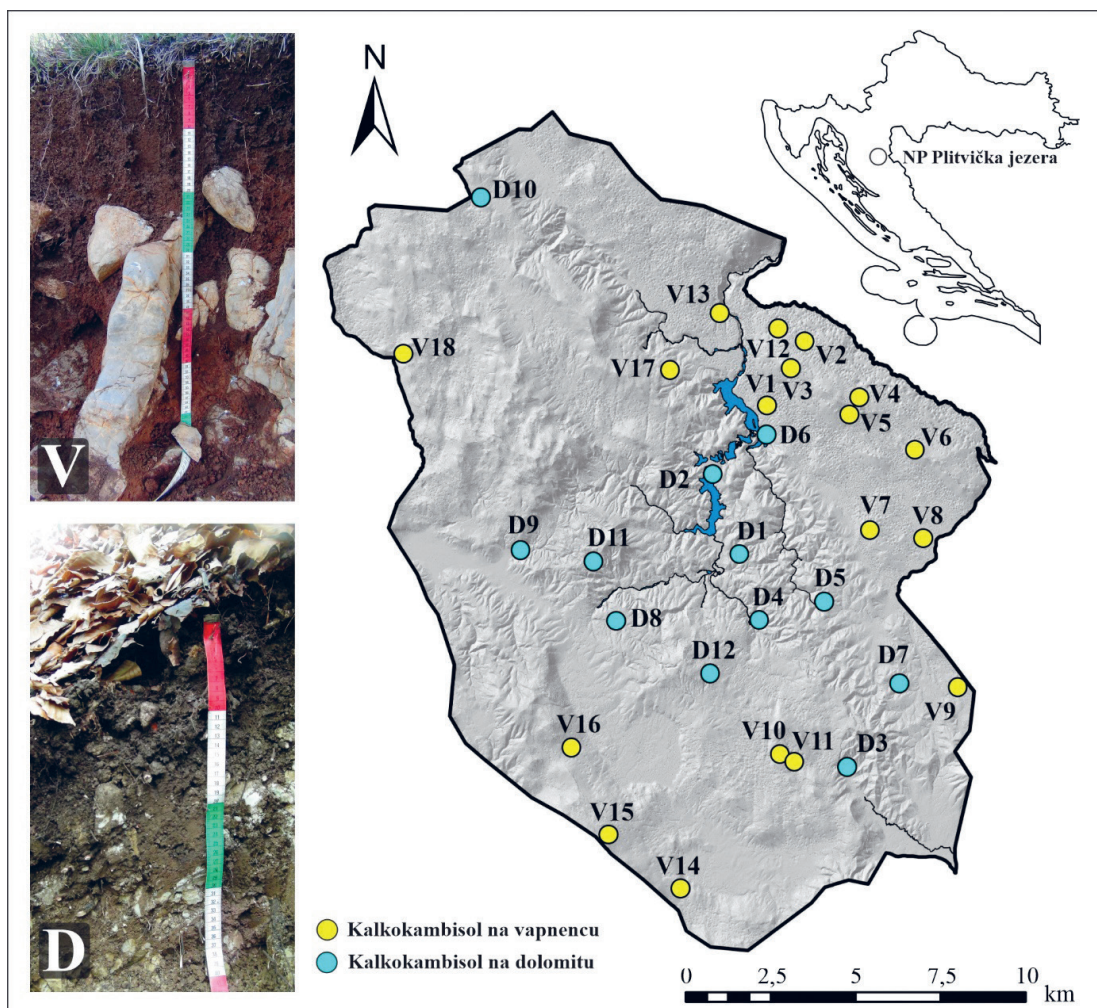
Geološka podloga unutar granica NP Plitvička jezera, a i šireg okruženja dio je prostrane karbonatne sredine s naslagama mezozojske starosti na neposrednoj površini (Polšak i sur., 1976, 1978; Vukelić i dr., 2023). Osnovne vrste stijena koje možemo razlikovati su vapnenačke i dolomitne stijene te niz njihovih prijelaznih formi. Oblikovanju i izgledu reljefa u ovom dijelu Hrvatske možemo zahvaliti nizu zbivanja u geološkoj prošlosti koji su se događali na prostoru Dinarida pri stvaranju planinskih masiva (kako Velebita, tako i Velike i Male Kapele te Ličke Plješevice). Pri tom izdizanju i kretanju stijena stvorila su se područja jače i slabije razlomljenosti, odnosno slabije i jače vodopropusnosti. Voda je kroz dugi niz godina oblikovala reljef kemijskim i mehaničkim razaranjem karbonatnih stijena. Odnos slabije propusnih ili vododrživih dolomita prema okršenim i vodopropusnim vapnencima rezultirao je današnjim konačnim izgledom čitavog prostora unutar granica Parka, a tako i izvan tih granica (Krnjak, 2019).

U NP Plitvička jezera nalaze se raznolike šumske zajednice sa sveukupnim 80 %-tnim udjelom u površini Parka. Najzastupljenije vrste drveća su obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) i obična jela (*Abies alba* Mill.). Od ostalih vrsta dolaze: gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.), javor mliječ (*Acer platanoides* L.), javor gluhač (*Acer obtusatum* Waldst. and Kit. ex Willd.), hrast kitnjak (*Quercus petraea* (Matt) Liebl.), gorski brijest (*Ulmus montana* Stokes), te od crnogorice obična smreka (*Picea abies* (L.) Karsten) i obični bor (*Pinus sylvestris* L.). Dominantne šumske zajednice su: brdska šuma bukve s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum* /Horvat 1938/ Borhidi 1963) i bukovo-jelove šume s mišjim uhom zapadnih Dinarida (*Omphalodo-Fagetum* /Tregubov 1957 corr. Puncer 1980/ Marinček et al. 1993), dok se na dolomitnom matičnom supstratu pojavljuje i bukova šuma s kukurijekom (*Helleboro nigri-Fagetum* /Zukrigl 1973/ Pelcer 1978 nom. illeg.). Sve tri navedene zajednice pripadaju svezi *Armonio-Fagion* te podsvezi *Lamio orvale-Fagenion* (Ilirske montanske bukove i bukovo-jelove šume) (Vukelić, 2012).

Prikupljanje uzora tla – Soil sampling

Terenska istraživanja provedena su tijekom 2021., 2022. i 2023. godine u okviru projekta "Izrada pedološke karte nacionalnog parka Plitvička jezera". Na izabranim profilima na terenu određeni su ektomorfološki parametri tla – određene su koordinate otvorenog pedološkog profila, nadmorska visina, ekspozicija, inklinacija, utvrđena je biljna zajednica, kao i stjenovitost i kamenitost prema FAO (2006) (tablica 1). Na profilima su po horizontima uzeti uzorci tla te je određena skeletnost u skladu s FAO (2006), kao i debljina pojedinih horizonata i ukupna dubina cijelog profila (endomorfološki parametri tla).

Ukupno je izdvojeno 18 profila kalkokambisola povrh vapnenaca te 12 profila povrh dolomita (slika 1, tablica 1). Nakon prikupljanja uzoraka tla, uzorci su dopremljeni u Ekološko-pedološki laboratorij u Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.



Slika 1. Lokaliziteti otvorenih pedoloških profila u NP Plitvička jezera
V – kalkokambisol na vapnencu; D – kalkokambisol na dolomitu

Figure 1. Localities of open pedological profiles in Plitvice Lakes National Park
V – calcocambisol on limestone; D – calcocambisol on dolomite

Tablica 1. Osnovne značajke lokaliteta na istraživanom području
Table 1. Basic features of the locality in the study site

Oznaka profila Soil profile	Taksonomski naziv tla Type of soil	Koordinate HTRS96 Coordinates HTRS96		N. V. A.S.L. [m]	Ekspozicija Exposition	Inklamacija Inclination [°]
		N [m]	E [m]			
kalkokambisoli na vapnencu – calcocambisol on limestone						
V1	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4974129	431554	620	22	10
V2	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4973339	431147	775	217	15
V3	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4972244	430443	585	116	15
V4	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4972488	433165	805	5	25
V5	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4971986	432867	765	192	9
V6	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4970948	434807	770	55	12
V7	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4968594	433477	760	155	9
V8	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4968348	435045	653	245	4
V9	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4964118	436302	762	32	10
V10	tipično do ilimerizirano, duboko tlo / typical and illimerized, deep soil	4962023	430827	922	293	4
V11	tipično do ilimerizirano, duboko tlo / typical and illimerized, deep soil	4961795	431253	845	81	19
V12	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4974516	430775	600	40	8
V13	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4974965	429053	585	35	7
V14	tipično, duboko tlo / typical, deep soil	4958094	427898	815	120	23
V15	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4959663	425782	1100	56	14
V16	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4962220	424697	960	80	21
V17	plitko, skeletno tlo / shallow, skeletal soil	4973296	427595	713	46	13
V18	srednje duboko, skeletno tlo / moderately deep, skeletal soil	4973614	419467	868	290	25
kalkokambisol na dolomitu – calcocambisol on dolomite						
D 1	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4967893	429642	695	250	34
D 2	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4970238	428856	650	255	20
D 3	tipično, duboko, antropogenizirano tlo / typical, deep, anthropogenic soil	4961651	432805	715	135	3
D 4	tipično, srednje duboko, antropogenizirano tlo / typical, moderately deep, anthropogenic soil	4965961	430221	690	177	34
D 5	tipično, duboko tlo / typical, deep soil	4966493	432130	783	312	4
D 6	tipično, srednje duboko, antropogenizirano tlo / typical, moderately deep, anthropogenic soil	4971394	430433	495	220	4
D 7	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4964108	434333	750	126	1
D 8	tipično, srednje duboko, antropogenizirano tlo / typical, moderately deep, anthropogenic soil	4965935	426009	794	–	–
D 9	tipično, srednje duboko, antropogenizirano tlo / typical, moderately deep, anthropogenic soil	4968004	423201	777	–	–
D 10	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4978432	421920	867	10	3
D 11	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4967678	425346	886	10	10
D 12	plitko, skeletno tlo / shallow, skeletal soil	4964395	428782	982	302	11

Labaratorijske analize – Laboratory analysis

Uzorcji tla su sušeni na zraku pri sobnoj temperaturi pri čemu je izdvojen sitni skelet i organska tvar (grančice, listovi i sl.). Zatim su uzorcji tla drobljeni u tarioniku i prosijani kroz sito gustoće pletiva 2 mm × 2 mm i 0,2 mm × 0,2 mm u skladu s normom ISO 11464 (1994) i Pernar i dr. (2013). Nakon usitnjavanja i prosijavanja, na uzorcima tla iz humusno-akumulativnog (A) i kambičnog (B) horizonta određeni su sljedeći parametri:

- granulometrijski sastav tla (tekstura tla) u skladu s normom ISO 12277, 1998;
- reakcije tla odnosno pH-vrijednosti u vodi i otopini CaCl₂ u skladu s ISO 10390, 1994;
- na uzorcima gdje je utvrđena pH-vrijednost u CaCl₂ veća od 5,5 određen je i udjel karbonata u tlu u skladu s ISO 10693, 1995;
- udjel ukupnog ugljika (ISO 110694, 1995) i ukupnog dušika (ISO 13878, 1998) metodom suhog spaljivanja u uređaju u Flash 2000[®] Combustion NC Soil Analyzer (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA).

Udio organskog ugljika (C_{org}) izračunat je tako da je od udjela ukupnog ugljika (C_{uk}) koji je određen metodom suhog spaljivanja oduzet udjel mineralnog ugljika (C_{min}), koji je izračunat na osnovi udjela karbonata.

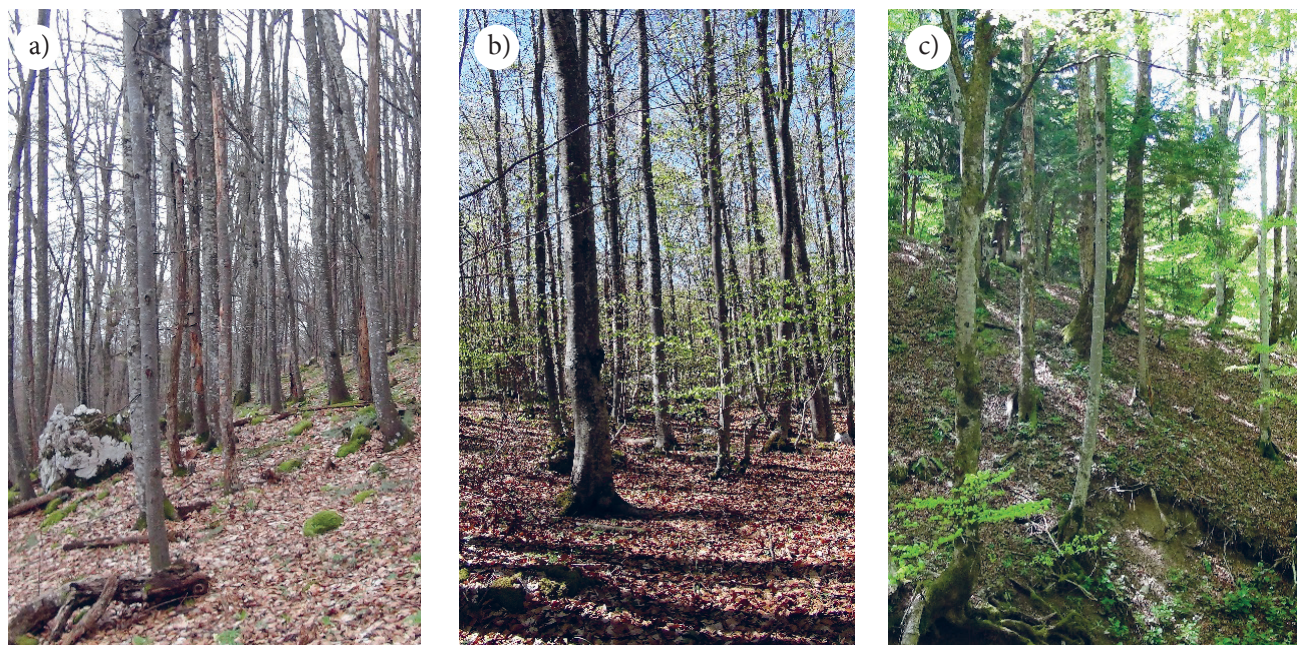
Statistička obrada podataka – Statistical data analysis

Za sve analizirane varijable napravljena je detaljna deskriptivna statistika (N, aritmetička sredina, standardna devija-

cija te minimalne i maksimalne vrijednosti), po vrsti matičnog supstrata (vapnenac i dolomit). Razlike između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita testirane su t-testom i neparametrijskim Mann-Whitniyevim U testom. Rezultati su se smatrali statistički značajni s granicom pouzdanosti p < 0,05 (Sokkal i Rohlf 1995). Statističke analize su napravljene pomoću programa Statistica 14.0 (TIBCO Software Inc. 2020).

REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

Prema podacima iz tablice 2 vidljivo je da su na odabranim lokalitetima dominantne tri zajednice: (i) *Lamio orvalae-Fagetum* (slika 2a) koja se nalazi na 13 od 18 lokaliteta uzorkovanih na vapnencima i samo na jednom lokalitetu uzorkovanom na dolomitu, (ii) druga zajednica je *Helleboro nigri-Fagetum* (slika 2c) koja dolazi na jednom lokalitetu uzorkovanom na vapnencu te 4 lokaliteta uzorkovanih na dolomitu, (iii) treća zajednica je *Omphalodo-Fagetum* (slika 2b) na 3 lokaliteta na vapnencu i 3 lokaliteta na dolomitu. Vidljivo je iz prethodno navedenog da je zajednica *Lamio orvalae-Fagetum* dominantna na vapnencu, dok se zajednica *Helleboro nigri-Fagetum* uglavnom pojavljuje na dolomitu, a *Omphalodo-Fagetum* se podjednako pojavljuje na dolomitu i vapnencu. Osim otvorenih profila u šumskim zajednicama, na području vapnenaca otvoren je jedan pedološki profil na travnjaku – pašnjaku, dok su na području



Slika 2. a – zajednica brdske bukove šume s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum*); b – zajednica bukovo-jelove šume s mišjim uhom zapadnih Dinarida (*Omphalodo-Fagetum*); c – zajednica bukove šume s kukurijekom (*Helleboro nigri-Fagetum*)

Figure 2. a – beech forest with dead nettle (*Lamio orvalae-Fagetum*); b – Dinaric beech-fir forest (*Omphalodo-Fagetum*); c – common beech and black hellebore forest (*Helleboro nigri-Fagetum*)

Tablica 2. Ektomorfološke značajke tla**Table 2.** Ectomorphological soil properties

Oznaka profila Soil profile	Biljna zajednica Plant community	Stjenovitost Rockiness	Kamenitost Stoniness
		[ploš. %]	
Matični supstrat vapnenac – Parent material limestone			
V1	Lamio orvalae-Fagetum typicum	10-30-50	0-3
V2	Lamio orvalae-Fagetum typicum	10-20	0-3
V3	Lamio orvalae-Fagetum typicum	0-2	0
V4	Lamio orvalae-Fagetum typicum	10	0-5
V5	Lamio orvalae-Fagetum typicum	5-70	0
V6	Lamio orvalae-Fagetum typicum	5-15	0-2
V7	Lamio orvalae-Fagetum caricetosum pilosae	0-2	0-2
V8	Lamio orvalae-Fagetum typicum	20-90	3-10
V9	Omphalodo-Fagetum aceretosum pseudoplatani	0-5	0-5
V10	Lamio orvalae-Fagetum typicum	10-40	0
V11	Lamio orvalae-Fagetum typicum	0-20	0
V12	Lamio orvalae-Fagetum typicum	3-50	0-1
V13	Omphalodo-Fagetum caricetosum pilosae	5-15	0
V14	Travnjak (pašnjak) – Grassland (pasture)	3-5	0
V15	Lamio orvalae-Fagetum typicum	3-10	0
V16	Lamio orvalae-Fagetum typicum	0-3	0
V17	Helleboro nigri-Fagetum typicum	0-5	0-5
V18	Omphalodo-Fagetum aceretosum pseudoplatani	35-45	8-10
Matični supstrat dolomit – Parent material dolomite			
D1	Helleboro nigri-Fagetum typicum	0	0
D2	Helleboro nigri-Fagetum typicum	0	0
D3	Travnjak – Grassland	0	0
D4	Helleboro nigri-Fagetum abietetosum albae	0	0
D5	Helleboro nigri-Fagetum typicum	0	0
D6	Travnjak – Grassland	0	0
D7	Omphalodo-Fagetum caricetosum albae	0	0
D8	Travnjak – Grassland	0	0
D9	Travnjak – Grassland	0	0
D10	Šumska čistina – Forest clearing	0	0
D11	<i>Omphalodo-Fagetum caricetosum albae</i> var. <i>Abies alba</i>	0	0
D12	Lamio orvalae-Fagetum typicum	0	0

dolomita otvorena tri profila na travnjaku – košanici (tablica 2).

Najveće razlike u ektomorfološkim parametrima između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita utvrđene su u stjenovitosti i kamenitosti zemljišta. Dok na dolomitima nije utvrđena stjenovitost i kamenitost zemljišta, na vapnencima se stjenovitost prema FAO (2006) kreće u rasponu o vrlo niske (0 do 2 %) do vrlo visoke (40 do 80 %). Kamenitosti nema na lokacijama osam otvorenih pedoloških profila, a osrednja je na oko dva pedološka profila (tablica 2). Okršenost dolomita znatno je manja od okršenosti vapnenaca, pa je i dubina soluma ujednačenija odnosno kamenitosti i stjenovitosti u pravilu nema. Razlog ovakvih rezultata leži u načinu trošenja stijene. Za razliku od tvrdih i čistih vapnenaca koji se samo kemijski troše, dolomitne stijene pokazuju intenzivno mehaničko raspadanje i tvorbu obilja dolomitnog pijeska i sitnog šljunka. Do sličnih rezul-

tata dolaze i Vukelić i dr. (2023) na području NP Risnjak gdje nije utvrđena stjenovitost i kamenitost na kalkokambisolima na dolomitima, a na kalkokambisolima povrh vapnenaca stjenovitost je iznosila od 0 do 70 %, a kamenitost od 5 do 20 %. Velike oscilacije u stjenovitost povrh vapnenaca ovise o teksturi stijene (posebice slojevitosti) i položaju slojeva. Kalkokambisole na gromadastim vapnencima odlikuje stjenovitost i preko 80 %, dok na pločastim vapnencima stjenovitost može i izostati. Za kalkokambisole, u području rasprostranjenosti u RH, Martinović (2003) navodi da im je stjenovitost značajna (30 do 50 %), što se u ovom radu podudara samo za kalkokambisole povrh vapnenaca.

Skeletnost je, slično kao stjenovitost i kamenitost, veća u kalkokambisolima povrh vapnenaca. Prosječna skeletnost kalkokambisola povrh vapnenaca u A-horizontu iznosi 4,92 % s velikom standardnom devijacijom (SD = 12,2), zbog čega nije statistički značajno veća od kalkokambisola povrh

dolomita, gdje je skeletnost 0,5 % (tablica 3). Statistički značajno veće razlike utvrđene su u B-horizontu ($p = 0,0028$), gdje skeletnost na kalkokambisolima povrh vapnenaca iznosi 24,69 % (visoka skeletnost, FAO 2006) u odnosu na kalkokambisole povrh dolomita, gdje je skeletnost 4,58 % (niska skeletnost, FAO 2006) (tablica 3).

Prosječna debljina A-horizonta povrh vapnenaca je 8,9 cm s rasponima debljina od 2 do 17,5 cm, dok se prosječna debljina A-horizonta povrh dolomita statistički značajno razlikuje ($p = 0,0033$) i iznosi 15,3 cm s rasponima debljina od 9 do 25 cm (tablica 3). Ovi podaci se slažu s podacima Martinović (2003) koji je utvrdio debljine A-horizonta kalkokambisola povrh vapnenaca od 7,2 do 13 cm, a u kalkokambisolima povrh dolomita od 10,5 do 16,6 cm u bioklimatu šume bukve i jele u kojim su dominantno i otvoreni profili u sklopu ovog istraživanja, te navodi da imaju manju debljinu A-horizonta u odnosu na toplije bioklimate. Pernar (2017) navodi da debljina humusno-akumulativnog horizonta kalkokambisola obično opada s većom dubinom profila, tako da se kod plićih kalkokambisola radi o moličnoj formi, a kod dubljih o ohričnoj. Razlike u debljini humusnog-akumulativnog horizonta između kalkokambisola povrh dolomita i vapnenaca uvjetovano je dominantnim biljnim zajednicama koje se pojavljuju na različitim matičnim supstratima. Na kalkokambisolima povrh vapnenaca dominantna biljna zajednica je brdska bukova šuma s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum*), gdje je prosječna debljina 9,1 cm s rasponima debljina od 3 do 15 cm, dok su na kalkokambisolima povrh dolomita najzastupljenije zajednice travnjaka i zajednica bukove šume s kukurijekom (*Helleboro nigri-Fagetum*) gdje je prosječna debljina 13,5 cm s rasponima debljina od 9 do 20 cm. U B-horizontu nema statistički značajnih razlika u debljini horizonta između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita. Prosječna debljina B-horizonta kalkokambisola povrh vapnenaca iznosi 27,6 cm (raspon debljina B-horizonta od 12 do 57 cm) i znatno je veća od kalkokambisola povrh dolomita – 27 cm (raspon debljina B-horizonta od 10 do 40 cm). Prosječna dubina profila kalkokambisola povrh vapnenaca (do čvrste stijene) iznosi 36,5 cm, dok je prosječna dubina povrh dolomita (do detritusa stijene) 42,3 cm (tablica 3). Dominantni varijetet kalkokambisola povrh vapnenaca prema dubini soluma je plitki (< 35 cm, 56 % otvorenih profila), zatim slijede srednje duboki varijetet (35 do 50 cm; 28 % profila) i duboki (> 50 cm, 16 % profila). Na kalkokambisolima povrh dolomita dominantni varijetet je srednje duboki (50 % profila), a zatim slijede plitki i duboki s 25 % otvorenih pedoloških profila. Martinović (2003) navodi da su u Hrvatskoj najzastupljeniji varijeteti plitkog kambisola (25 do 30 cm), što se podudara s podacima iz ovoga rada za kalkokambisole povrh vapnenaca na području NP Plitvička jezera. Kalkokambisoli povrh dolomita imaju prosječno veću dubinu od kalkokambisola povrh vapnenaca. Razlog ma-

njih dubina kalkokambisola povrh vapnenaca je način trošenja stijena. Vapnenac se troši otapanjem koje se sporo odvija – za akumulaciju 1 cm tla iz vapnenca s 1-2 % netopljivog ostatka u humidnoj klimi potrebno je 800 do 10000 godina (Pernar, 2017).

Dominantna teksturna oznaka kalkokambisola povrh vapnenaca je praškasta glina, dok je kod kalkokambisola povrh dolomita praškasto glinasta ilovača. Mnoge studije navode da je glinovita frakcija dominantna u kalkokambisolima (Škorić et al. 1987; Pernar 2017; Martinović 2003; Miloš i Maleš 1998; Miloš i Bensa 2014), dok su ostale frakcije (pijesak dominantno) varijabilne ovisno o pedogenetskim čimbenicima, a posebice o matičnom supstratu i reljefu. Udjeli krupnog i sitnog pijeska u A- i B-horizontima kalkokambisola povrh vapnenaca su manji od 1 %, dok se udjeli krupnog i sitnog pijeska u kalkokambisolima povrh dolomita kreću oko 7 %, uz statistički značajne razlike (tablica 3). Udjeli praha (krupnog i sitnog) nisu pokazali statistički značajne razlike između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita. Najveće statistički značajne razlike u granulometrijskom sastavu tla pokazali su udjeli frakcije gline. Udio gline u A-horizontu kalkokambisola povrh vapnenaca iznosi 48,6 % i statistički se značajno razlikuje od udjela gline u kalkokambisolu povrh dolomita gdje je 34,5 % ($p = 0,0025$). U B-horizontu razlike između udjela gline su manje, bez statistički značajne razlike (povrh vapnenaca udjel gline je 44,0 %, a povrh dolomita 35,8 %) (tablica 3). Ovi podaci su donekle u skladu s rezultatima istraživanja Martinovića (2003) koji je utvrdio da su u A-horizontu podjednaki granulometrijski sastavi (glinasta ilovača) između kalkokambisola na vapnencu i kalkokambisola na dolomitu u različitim bioklimatskim područjima Republike Hrvatske.

U A-horizontu kalkokambisola povrh vapnenaca pH-vrijednost u vodi iznosi $5,54 \pm 0,53$ (slabo kisela reakcija) i statistički je značajno manja ($p = 0,0003$) od one utvrđene u kalkokambisolu povrh dolomita gdje iznosi $6,63 \pm 0,83$ (vrlo slabo kisela reakcija). pH-vrijednosti u otopini CaCl_2 također su statistički značajno niže ($p = 0,0003$) u kalkokambisolima povrh vapnenaca ($4,78 \pm 0,56$) u odnosu na kalkokambisole povrh dolomita ($5,95 \pm 0,95$). U B-horizontu kalkokambisola povrh vapnenaca pH-vrijednost u vodi iznosi $6,37 \pm 0,76$ i također je statistički značajno niža ($p = 0,0118$) od kalkokambisola povrh dolomita gdje iznosi $7,09 \pm 0,59$. Također su utvrđene nešto više pH-vrijednosti u otopini CaCl_2 na kalkokambisolima povrh dolomita u odnosu na kalkokambisole povrh vapnenaca, ali bez statistički značajne razlike (tablica 4). Ovi rezultati u skladu su s podacima koje donosi Pernar (2017), a koji navodi da su to nekarbonatna tla, što je u skladu s teorijom razvoja ovog tipa tla, koja su nastala kao rezultat dekarbonatizacije karbonatnog matičnog materijala i akumulacije netopljivog ostatka. Karbonati su prisutni u vidu karbonatne opne na kontaktu s čvrstim vapnencem, u C-horizontu iznad dolo-

Tablica 3. Deskriptivna statistika (aritmetička sredina i standardna devijacija), t-test i Mann-Whitney U test za istraživane endomorfološke parametre i granulometrijski sastav tla
 Table 3. Descriptive statistics (arithmetic mean and standard deviation), t-test and Mann-Whitney U test for the investigated ectomorphological soil properties and particle size distribution

A horizon / A horizon									
Varijable Variable	Vapnenac Limestone	Dolomit Dolomite	t-value	Df	p	Rank Sum	U	Z	p-value
Debljina (cm) / Thickness (cm)	8,94 ± 4,51	15,33 ± 4,98	-3,6458	28	0,0011	209,0	38,0	-2,9422	0,0033*
Skeletnost (%) – soil skeleton (%)	4,92 ± 12,20	0,50 ± 1,45	1,2410	28	0,2249	317,5	69,5	1,6087	0,1077
KP (2-0,2 mm)	0,22 ± 0,22	2,70 ± 4,51	-2,3445	28	0,0264	197,0	26,0	-3,4502	0,0006*
SP (0,2-0,063 mm)	0,45 ± 0,27	4,97 ± 5,56	-3,4734	28	0,0017	197,0	26,0	-3,4502	0,0006*
KPr (0,063-0,020 mm)	13,86 ± 5,57	15,21 ± 4,08	-0,7024	28	0,4883	264,0	93,0	-0,6138	0,5393
SPr (0,020-0,002 mm)	36,87 ± 8,06	42,68 ± 11,09	-1,6637	28	0,1073	237,0	66,0	-1,7568	0,0789
G (<0,002 mm)	48,60 ± 11,22	34,45 ± 9,25	3,6215	28	0,0011	351,0	36,0	3,0268	0,0025*
B horizon / B horizon									
Varijable Variable	Vapnenac Limestone	Dolomit Dolomite	t-value	Df	p	Rank Sum	U	Z	p-value
Debljina (cm) / Thickness (cm)	27,58 ± 13,64	27 ± 10,7	0,1245	28	0,9018	261,0	90,0	-0,7408	0,4588
Skeletnost (%) – soil skeleton (%)	24,69 ± 23,38	4,58 ± 6,56	2,8890	28	0,0074	350,0	37,0	2,9845	0,0028*
KP (2-0,2 mm)	0,31 ± 0,52	2,05 ± 2,59	-2,7935	28	0,0093	195,0	24,0	-3,5348	0,0004*
SP (0,2-0,063 mm)	0,97 ± 1,54	4,88 ± 4,33	-3,5339	28	0,0014	205,0	34,0	-3,1115	0,0019*
KPr (0,063-0,020 mm)	14,38 ± 7,26	17,66 ± 10,37	-1,0199	28	0,3165	263,0	92,0	-0,6562	0,5117
SPr (0,020-0,002 mm)	40,33 ± 10,47	39,65 ± 10,12	0,1749	28	0,8624	284,0	103,0	0,1905	0,8489
G (<0,002 mm)	44,02 ± 17,19	35,76 ± 14,95	1,3557	28	0,1860	310,0	77,0	1,2912	0,1966

KP – krupni pijesak; SP – sitni pijesak; KPr – krupni prah; SPr – sitni prah; G – glinae; * – statistički značajne razlike ($p < 0,05$)
 KP – coarse sand; SP – fine sand; KPr – coarse silt; SPr – fine silt; G – clay; * – statistically significant differences ($p < 0,05$)

mita, a na strmijim dolomitnim padinama u čitavom profilu zbog sitnog skeleta (koji je nerijetko povezan s vjetroizvalama). Rezultati su sukladni s podacima na području NP Risnjak, gdje je u B-horizontu pH-vrijednost bila pronađena u rasponu od 5,5 do 7,2 (izuzev ekstremnih slučajeva) (Vukelić i dr. 2023). Martinović (2003) navodi da kalkokambisoli povrh dolomita u odnosu na druge taksonomske jedinice kalkokambisola imaju vrlo slabo alkalnu reakciju. Na povišene pH-vrijednosti u površinskom dijelu kalkokambisola mogu utjecati i vjetrom nanesene fine čestice CaCO_3 koje povećavaju pH-vrijednost (Baltensweiler i sur. 2017; 2020). Iako je za tipični kalkokambisol “in situ” karakteristična odsutnost karbonata u profilu tla (Pernar 2017; Škorić i sur. 1987; Miloš i Maleš 1998), za pojedine kalkokambisole svojstvena je karbonatnost kao posljedica kolvijalnih procesa i nanosa karbonatnog skeleta (Vrbek i Pilaš, 2007; Bogunović i sur., 2009).

U A-horizontu na kalkokambisolima povrh vapnenaca od ukupno 18 profila udio karbonata utvrđen je na 2 profila (11 %), a na kalkokambisolima povrh dolomita od ukupno 12 profila udjel karbonata utvrđen je na 10 profila (83 %). S porastom dubine raste i udio karbonata (tablica 4), tako da je u B-horizontu na kalkokambisolima povrh vapnenaca od ukupno 18, udio karbonata utvrđen je na 8 profila (44 %), a na kalkokambisolima povrh dolomita od ukupno 12 udio karbonata utvrđen je na 11 profila (92 %). Udio karbonata u oba horizonta kalkokambisola povrh vapnenca je značajno manji od kalkokambisola povrh dolomita sa statistički značajnim razlikama (u A-horizontu $p = 0,0007$; u B-horizontu $p = 0,0116$). U A-horizontu u kalkokambisolima povrh vapnenca udio karbonata iznosi $0,13 \pm 0,39 \text{ g kg}^{-1}$, dok je kod kalkokambisola povrh dolomita $76,9 \pm 162,8 \text{ g kg}^{-1}$. U B-horizontu u kalkokambisolima povrh vapnenaca udio karbonata iznosi $0,80 \pm 1,25 \text{ g kg}^{-1}$, a u kalkokambisolima povrh dolomita $106,6 \pm 253,9 \text{ g kg}^{-1}$. Razlog većim udjelima u dubljim dijelovima tla može biti rezultat ponovnog taloženja otopljenog CaCO_3 iz fragmenata karbonatne stijene, kao i sitni fragmenti fizički istrošene karbonatne stijene (pogotovo je karakteristično za dolomitni matični supstrat) koje su prisutne u ho-

rizontu i doprinose većoj koncentraciji otopine tla (Švob i dr. 2021).

Udio organskog ugljika (C_{org}) u oba horizonta nije se statistički značajno razlikovao. U A-horizontu kalkokambisola povrh vapnenca prosječni udio organskog ugljika iznosi $139,4 \pm 55,79$ g kg^{-1} , a u kalkokambisolima povrh dolomita iznosi $123,4 \pm 75,22$ g kg^{-1} . S porastom dubine smanjuje se i prosječni udio organskog ugljika (povrh vapnenaca $58,21 \pm 27,09$ g kg^{-1} , a povrh dolomita $45,99 \pm 22,38$ g kg^{-1}). Pernar (2017) i Martinović (2003) navode da udjeli organskog ugljika (humusa) u A-horizontu variraju u širokim granicama ovisno o načinu korištenja zemljišta. Pernar (2017) navodi da je prosječni udio organskog ugljika na travnjacima $20 - 30$ g kg^{-1} , u humidnom klimatu u šumi 60 g kg^{-1} , a s pojavom prijelazne forme humusa poprima vrijednosti i više od 120 g kg^{-1} . Statistički značajne razlike u A-horizontu nisu utvrđene za udjele ukupnog dušika (N_{tot}) između istraživanih kalkokambisola. Vrijednosti njihovih prosječnih udjela približno iznose 9 g kg^{-1} . Statistički značajno veća razlika ($p = 0,0401$) prosječnog udjela ukupnog dušika (N_{tot}) utvrđena je u B-horizontu – u kalkokambisolima povrh vapnenaca iznosi $4,25 \pm 1,72$ g kg^{-1} , dok u kalkokambisolima povrh dolomita iznosi $3,18 \pm 1,07$ g kg^{-1} (tablica 4). Odnosi C_{org}/N_{tot} u A- i B-horizontima kod kalkokambisola povrh vapnenca te kalkokambisola povrh dolomita su vrlo slični te ne postoje statistički značajne razlike. Kod kalkokambisola povrh vapnenca taj odnos iznosi $15 \pm 2,2$ u A-horizontu i $13 \pm 1,2$ u B-horizontu, a kod kalkokambisola povrh dolomita $14 \pm 1,7$ u A-horizontu i $14 \pm 4,3$ u B-horizontu (tablica 4). C/N odnos je vrlo dobar pokazatelj kvalitete organske tvari tla (Baties 1996), a odnos veći od 25 ukazuje na usporene dekompozicijske procese (Swift i dr. 1979). Kad je C/N odnos manji od 25, što je slučaj za kalkokambisole na području NP Plitvička jezera dekompozicija organske tvari je neometana, odnosno odvija se u pravilu unutar jedne godine.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Sa gledišta geneze i evolucije tla, teoretski nema razlika u mehanizmu tvorbe tla na čvrstim vapnencima i dolomitima, zbog čega po-

Tablica 4. Deskriptivna statistika (aritmetička sredina i standardna devijacija), t-test i Mann-Whitney U test za istraživane kemijske značajke tla
Table 4. Descriptive statistics (arithmetic mean and standard deviation), t-test and Mann-Whitney U test for the investigated soil chemical properties

Varijable Variable	A horizont / A horizon					U	Z	p-value
	Vapnenac Limestone	Dolomit Dolomite	t-value	Df	p			
pH _{H2O}	5,54 ± 0,53	6,63 ± 0,83	-4,4029	28	0,0001	21,0	-3,6618	0,0003*
pH _{CaCl2}	4,78 ± 0,56	5,95 ± 0,95	-4,2882	28	0,0002	21,5	-3,6407	0,0003*
ww	8,04 ± 1,49	8,33 ± 3,15	-0,3321	28	0,7423	98,0	0,4022	0,6876
CaCO ₃	0,13 ± 0,39	76,9 ± 162,8	-2,0120	28	0,0531	28,0	-3,3365	0,0007*
Corg	139,4 ± 55,79	123,4 ± 75,22	0,6719	28	0,5072	83,0	1,0372	0,2997
Ntot	9,20 ± 2,68	8,75 ± 4,34	0,3474	28	0,7309	98,0	0,4022	0,6876
Corg/Ntot	14,82 ± 2,24	13,56 ± 1,74	1,6378	28	0,1127	67,0	1,7145	0,0864
Varijable Variable	B horizont / B horizon					U	Z	p-value
	Vapnenac Limestone	Dolomit Dolomite	t-value	Df	p			
pH _{H2O}	6,37 ± 0,76	7,09 ± 0,59	-2,7567	28	0,0102	48,0	-2,5188	0,0118*
pH _{CaCl2}	5,62 ± 0,92	6,31 ± 0,69	-2,2097	28	0,0355	63,0	-1,8838	0,0596
ww	6,52 ± 1,07	5,94 ± 1,8	1,1189	28	0,2727	78,0	1,2488	0,2117
CaCO ₃	0,80 ± 1,25	106,6 ± 253,9	-1,78,38	28	0,0085	49,0	-2,4765	0,0116*
Corg	58,21 ± 27,09	45,99 ± 22,38	1,2936	28	0,2064	73,0	1,4605	0,1442
Ntot	4,25 ± 1,72	3,18 ± 1,07	1,9174	28	0,0654	59,0	2,0532	0,0401*
Corg/Ntot	13,49 ± 1,25	14,35 ± 4,31	-0,8012	28	0,4298	89,0	0,7832	0,4335

* – statistički značajne razlike ($p < 0,05$)
* – statistically significant differences ($p < 0,05$)

stojeća klasifikacija ne izdvaja zasebno kalkokambisole povrhnjice i dolomita. Kalkokambisoli (smeđe tlo na vapnencima i dolomitima) kako i sam naziv sugerira, razvijaju se na različitim vrstama stijena (vapnencima i dolomitima), koji uključuju niz prijelaznih formi stijena u pogledu načina i intenziteta fizičkog i kemijskog trošenja. U Hrvatskoj se rijetko uspoređuju svojstva kalkokambisole na vapnencima od onih na dolomitima, na temelju čega je postavljena hipoteza da postoje razlike u svojstvima tla, koje su ovim istraživanjem i potvrđene. Utvrđene razlike proizlaze iz načina trošenja stijena, za razliku od vapnenaca koji se troše samo kemijski, dolomiti se troše kemijski i mehanički. Osim ektomorfoloških i endomorfoloških razlika, utvrđene su razlike i u kemijskim svojstvima. Prosječne pH-vrijednosti tla i prosječni udjeli karbonata u profilima tla bili su veći u kalkokambisolima povrhnjice dolomita u odnosu na kalkokambisole povrhnjice vapnenaca, dok su udjeli organskog ugljika i ukupnog dušika kao i odnos C/N bili podjednaki. Iako su prosječni udjeli ugljika i dušika bili podjednaki, ukupne zalihe istih su veće u kalkokambisolima povrhnjice dolomita koja su dublja tla i imaju deblji humusnoakumulativni horizont, gdje su najveće vrijednosti organskog ugljika i totalnog dušika. Jasne razlike su utvrđene i u biljnim zajednicama koje pridonose na različitim supstratima: zajednica *Lamio orvalae-Fagetum* dominantna je na vapnencu, dok je zajednica *Helleboro nigri-Fagetum* karakteristična za dolomitni supstrat. Ako su poznata svojstva tla formirana na različitim matičnim supstratima u određenim klimatskim, vegetativnim i topografskim uvjetima, tada se karakteristike tla mogu predvidjeti na temelju matičnog supstrata, što u konačnici može pomoći u upravljanju zemljištima, kako bi se koristila učinkovitije i produktivnije.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGMENTS

Ovaj rad je napravljen u okviru projekta „Izrada pedološke karte nacionalnog parka Plitvička jezera” koji je financirala Javna ustanova Nacionalni park Plitvička jezera.

LITERATURA REFERENCES

- Amundson, R., A. A. Berhe, J. W. Hopmans, C. Olson, A. E. Szein, D. L. Sparks, 2015: Soil and Human Security in the 21st Century. *Science* 348 (6235) doi: 10.1126/science.1261071
- Baltensweiler, A., L. Walthert, C. Ginzler, F. Sutter, R. S. Purves, M. Hanewinkel, 2017: Terrestrial Laser Scanning Improves Digital Elevation Models and Topsoil pH Modelling in Regions with Complex Topography and Dense Vegetation. *Environ Model Softw* 95: 13-21
- Baltensweiler, A., G. B. M. Heuvelink, M. Hanewinkel, L. Walthert, 2020: Microtopography Shapes Soil pH in Flysch Regions across Switzerland. *Geoderma* 380: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114663>
- Bogunović, M., A. Bensa, S. Husnjak, B. Miloš, 2009: Suitability of Dalmatian Soils for Olive Tree Cultivation. *Agronomski glasnik* 5-6: 367-404
- Baties, N. H., 1996: Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47, 151-163, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386>
- Čirić, M., 1984: Pedologija, udžbenik. Izdavač: Svjetlost OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, str. 312, Sarajevo
- Durn G., S. D. Škapin, N. Vdović, T. Rennert, F. Ottner, S. Ružičić, N. Cukrov, I. Sonđi, 2019: Impact of Iron Oxides and Soil Organic Matter on the Surface Physicochemical Properties and Aggregation of Terra Rossa and Calcocambisol Subsoil Horizons from Istria (Croatia). *Catena* 183 doi: 10.1016/j.catena.2019.104184
- FAO 2006: Guidelines for soil description (fourth edition). Food organization on the united nations, p. 1-95, Rome
- González-Pelayo O., V. Andreu, J. Campo, E. Gimeno-García, J. L. Rubio, 2006: Hydrological Properties of a Mediterranean Soil Burned with Different Fire Intensities. *Catena* 68 (2-3): 186-193, doi: 10.1016/j.catena.2006.04.006
- Hou D., N. S. Bolan, D. C. W. Tsang, M. B. Kirkham, D. O'Connor, 2020: Sustainable Soil Use and Management: An Interdisciplinary and Systematic Approach. *Sci Total Environ* 138961. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138961
- Husnjak, S., 2014: Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska sveučilišna naklada. Croatia, pp. 1-371, Zagreb
- ISO 11464, 1994: Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analyses. ISO, Geneve
- ISO 10390, 1994: Soil quality – Determination of pH. ISO, Geneve
- ISO 10693, 1995: Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method, ISO, Geneve
- ISO 10694, 1995: Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). ISO, Geneve
- ISO 13878, 1998: Soil quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). ISO, Geneve
- ISO 11277, 2009: Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. ISO, Geneve
- Krnjak, H., 2019: Strukturno-geološki model područja Nacionalnog parka Plitvička jezera. Diplomski rad. RGN fakultet, Sveučilište u Zagrebu, str. 49, Zagreb
- Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj. pp. 1-525, Jastrebarsko.
- Miloš, B., P. Maleš, 1998: Soils of Kaštela Bay and Problems of Their Protection. *Agronomski glasnik* 4: 185-204
- Miloš, B., A. Bensa, 2014: A GIS Based Assessment of Agricultural Resources for Karstic Areas of the Adriatic Coastal Region. *Agriculture and Forestry* 60 (4): 135-141
- Muhs D. R., J. R. Budhan, J. M. Prospero, G. Skipp, S. R. Herwitz 2012: Soil Genesis of the Island of Bermuda in the Quaternary: The Importance of African Dust Transport and Deposition. *J Geophys Res* 117(F0): 3025 doi: 10.1029/2012JF002366
- Pernar, N., 2017: Tlo nastanak, značajke, gospodarenje; Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, str. 799, Zagreb
- Pernar, N., D. Bakšić, I. Perković, 2013: Terenska i laboratorijska istraživanja tla, priručnik za uzorkovanje i analizu; Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Hrvatske šume, str. 192, Zagreb
- Pilaš I., J. Medak, B. Vrbek, I. Medved, K. Cindrić, M. Gajić-Čapka, M. Perčec Tadić, M. Patarčić, Č. Branković, I. Güttler,

- 2016: Climate Variability, Soil, and Forest Ecosystem Diversity of the Dinaric Mountains. In: Sustainable Development in Mountain Regions (Zhelezov G., ed.). Springer, Cham, pp. 113-139
- Plan upravljanja NP Plitvička jezera 2019.-2028.: <https://np-plitvicka-jezera.hr/wp-content/uploads/2019/10/Plan-upravljanja-NP-Plitvi%C4%8Dka-jezera.pdf>
 - Polšak, A., M. Juriša, M. Šparica, A. Šimunić, 1976: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Bihać, L33-116. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd
 - Polšak, A., J. Crnko, An. Šimunić, Al. Šimunić, M. Šparica, M. Juriša, 1978: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Bihać, L33-116. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd
 - Prpić, J., D. Kosić, 2019: Plitvička jezera – 40 godina od upisa na UNESCO-ovu listu Svjetske i kulturne baštine. Hrvatske vode 27 (2019) 110: 361-365
 - Sanderman J., T. Hengl, G. J. Fiske, 2017: Soil Carbon Debt of 12,000 Years of Human Land Use. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 114 (36): 9575-9580
 - Sokkal, R. R., F. J. Rohlf, 1995: Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. 3rd ed. W. H. Freeman, p 887, New York
 - Spaargaren O., 2008: Luvisols. In: Encyclopedia of Soil Science (Chesworth W., ed.). Springer, pp. 440-443
 - Swift, M. J., O. W. Heal, J. M. Anderson, 1979: Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford: Blackwell.
 - Šegota, T., A. Filipčić, 2003: Köppenova podjela klime i hrvatsko nazivlje. Geoadria 8 (1): 17-37
 - Škorić, A. 1986: Postanak, razvoj i sistematika tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
 - Škorić A., M. Adam, F. Bašić, M. Bogunović, D. Cestar, J. Martinović, B. Mayer, B., Miloš, Ž. Vidaček, 1987: Pedosphere of Istria. Projektni savjet Pedološke karte Hrvatske, Zagreb
 - Švob, M., A. Bensa, D. Dominguez-Villar, D. Perica, K. Krklec, 2021: Basic Properties of Calcocambisol from a Location on North Dalmatian Plain. Agric. conspec. sci. Vol. 86 (2021) No. 4, 305-316
 - TIBCO Software Inc., 2020: Data Science Workbench, version 14. <http://tibco.com>
 - Vrbek, B., 2009: Istraživanje tipova tala područja J. U. „Park prirode Medvednica“ s izradom karte karte tala mjerila 1:25000. Hrvatski šumarski institut, str. 1-58, Jastrebarsko
 - Vrbek, B., I. Pilaš, 2007: Soils of Krka National Park. In: Book of Abstracts of the Symposium Krka River and Krka National Park: Natural and Cultural heritage, Protection and Sustainable Development (Marguš D., ed). Krka National Park, Šibenik, Croatia, pp. 949-977
 - Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 398, Zagreb
 - Vukelić, J., N. Pernar, I. Perković, D. Bakšić, M. Baneković, I. Šapić, 2023: Tlo i šumska vegetacija Nacionalnog parka „Risnjak“, str. 1-132, Crni lug
 - Vukelić, J., I. Šapić, D. Ugarković, K. Krapinec, 2023: Šume Nacionalnog parka „Plitvička jezera“, str. 1-165, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Oikon, Šume NP Plitvička jezera (oikon.hr)
 - Yallon, D. H. 1997: Soils in the Mediterranean Region: What Makes Them Different? Catena 28 (3-4): 157-169

SUMMARY

Calcocambisol (brown soil on limestone and dolomite) is one of the most common soil types in Croatia, and it is the dominant soil type developed on karst, as well as in the area of the Plitvice Lakes National Park, which is located in the karst area. As its name suggests, calcocambisol is developed on different carbonate substrates, which are different in terms of chemical composition as well as in terms of rock erosion. In the area of the National Park, 30 pedological profiles have been opened, 18 of which were on limestone and 12 on dolomite. In the field, ectomorphological and endomorphological soil parameters were determined. The following parameters were determined on the collected soil samples in the humus-accumulative (A) and cambic (B) horizons: particle size distribution of the soil, soil reaction, i.e. pH-value in water and CaCl_2 solution, carbonate content, and total carbon and total nitrogen content using the dry burning method. The highest differences in ectomorphological parameters between limestone and dolomite were found in the classification of rockiness and stoniness, where they ranged from very low to very high on limestone, while they were absent on dolomite. On the profiles of calcocambisol on top of dolomite, a higher proportion of sand fractions and less clay than on calcocambisol on top of limestones was found. The dominant soil textural class of calcocambisol on top of limestone was silty clay, while in calcocambisol on top of dolomite it was silty clay loam. The pH-values of the soil and the proportion of CaCO_3 on calcocambisol on top of dolomite were statistically significantly higher than on calcocambisol on top of limestone. Since there was no great difference in the fractions of organic carbon and total nitrogen between calcocambisol on top of limestones and dolomites, there was also no great difference in the C/N ratio. The average C/N ratio along the entire profile of calcocambisol on top of limestone and dolomite was 14, i.e. decomposition continued undisturbed and there was no accumulation of raw humus. The hypotheses in this paper were confirmed, and clear differences in the investigated ectomorphological (rockiness and stoniness) and endomorphological (particle size distribution, pH-values and CaCO_3 content) properties between calcocambisol on top of limestone and dolomite were observed.

KEY WORDS: calcocambisol, limestone, dolomite, Plitvice Lakes National Park