

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Branko LAJEVEC

**IZBRANE FIZIKALNO KEMIJSKE LASTNOSTI TAL  
APAŠKE DOLINE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Branko LAJEVEC

**IZBRANE FIZIKALNO KEMIJSKE LASTNOSTI TAL APAŠKE  
DOLINE**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**SELECTED PHYSICOCHEMICAL SOIL PROPERTIES OF APAČE  
WALLEY**

GRADUATION THEISIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija agronomije in hortikulture. Delo je bilo opravljeno na Katedri za pedologijo in varstvo okolja Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Marjetko SUHADOLC.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Metka HUDINA  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Marjetka SUHADOLC  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Marina PINTAR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Branko LAJEVEC

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 631.41(497.4)(043.2)
- KG pedologija/lastnosti tal/fizikalno kemijske lastnosti tal/Apaška dolina
- AV LAJEVEC, Branko
- SA SUHADOLC, Marjetka (mentorica)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2016
- IN IZBRANE FIZIKALNO KEMIJSKE LASTNOSTI TAL APAŠKE DOLINE
- TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
- OP X, 29, [1] str., 3 pregl., 14 sl., 22 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Apaška dolina predstavlja zaradi svoje ravninske lege odličen potencial za pridelovanje poljščin. Za namen diplome smo v reprezentativnih profilih obrečnih, hipoglejnih in psevdoglejnih tal preučili izbrane fizikalno-kemijske lastnosti. Skupaj je bilo na območju izkopanih 18 talnih profilov. Na terenu smo v vseh horizontih določili morfološke lastnosti ter odvzeli porušene in neporušene vzorce tal za nadaljnjo analizo v laboratoriju. Obrečna tla so srednje globoka, hipoglej in psevdoglej spadata med globoka tla. Skelet je prisoten le v obrečnih tleh, v povprečju 4,98 %, delež lahko naraste tudi do 15 %. Obrečna tla so teksturno lahka do srednje težka, hipoglej in psevdoglej izstopata po večji vsebnosti melja (tudi do 70 % in več), tla so srednjetežka do težka. Vsebnost organske snovi v površinskem horizontu vseh 18 profilov znaša od 1,96 % do 5,4 %, z globino se vsebnosti zmanjšujejo. Meritve pH so pokazale, da so tla v splošnem kislila in je potrebno apnjenje. Kationska izmenjalna kapaciteta, določena za celotni profil tal, je največja v psevdogleju, kjer znaša v povprečju 93,6 mmol/100 g, sledi hipoglej s 50,1 mmol/100 g tal ter obrečna tla s 36,4 mmol/100 g tal. Za kmetijsko pridelavo rastlin so v Apaški dolini, zaradi ugodnih fizikalno-kemijskih lastnosti, zelo primerna obrečna tla, ki pa jih lahko omejujeta skeletnost in občutljivost za sušo. V hipoglejnih in psevdoglejnih tleh lahko omejitve pri pridelavi predstavljata neugodna tekstura tal in zastajanje vode v talnem profilu.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Vs
- DC UDC 631.41(497.4)(043.2)
- CX pedology/soil properties/physicochemical properties/Slovenia/Apače walley
- AU LAJEVEC, Branko
- AA SUHADOLC, Marjetka (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2016
- TI SELECTED PHYSICOCHEMICAL SOIL PROPERTIES OF APAČE WALLEY
- DT Graduathion Thesis (Hgher professional studies)
- NO X, 29, [1] p., 3 tab., 14 fig., 22 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB Apače Valley exhibits excellent potential for crop production due to its flat-land postion. For the purposes of this thesis, selected physico-chemical properties in representative profiles of Fluvisol, Gleysol and Stagnosol were studied. A total of 18 soil profiles were excavated in the area. Morphological soil characteristic of all horizons were determined in the field, as well as both disturbed and undisturbed soil samples were taken for further analysis in the laboratory. Fluvisol are in general medium deep, while Gleysol and Stagnosol fall under deep soils. Skeleton is only present in Fluvisol soils with an average of 4.98 %, whereby this share may increase up to 15 %. Fluvisol soils are light to medium in texture, while Gleysol and Stagnosol are medium to heavy, standing out with higher silt content. Organic matter content in the surface horizon of all 18 profiles range from 1.96 % to 5.4 %, whereby it decreases with the soil depth. The pH measurements have shown that the soils are generally acidic and liming is required. The highest cation exchange capacity of the whole soil profile is in Stagnosol, with average of 93.6 mmol/100 g, followed by Gleysol with 50.1 mmol/100g and Fluvisol with 36.4 mmol/100 g. Fluvisol soil have favourable physical and chemical properties for crop production, which can; however, be restricted by the high skeleton content and also sensitivity to drought. In Gleysol and Stagnosol, potential limitations for crop production are unfavourable soil texture and water retention in the soil profile.

## KAZALO VSEBINE

	Str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Okrajšave in simboli	X
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	1
<b>2 PREGLED OBJAV</b>	<b>2</b>
2.1 KLASIFIKACIJA TAL IN TALNI TIPI APAŠKE DOLINE	2
<b>2.1.1 Obrečna tla</b>	<b>3</b>
2.1.1.1 Nerazvita obrečna tla	3
2.1.1.2 Razvita obrečna tla	4
<b>2.1.2 Oglejena tla</b>	<b>4</b>
2.1.2.1 Hipoglej	4
2.1.2.2 Epiglej	4
2.1.2.3 Amfiglej	4
<b>2.1.3 Psevdoglej</b>	<b>5</b>
2.2 FIZIKALNE LASTNOSTI TAL	5
<b>2.2.1 Skelet</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2 Volumska gostota</b>	<b>6</b>
<b>2.2.3 Tekstura</b>	<b>6</b>
<b>2.2.4 Globina tal</b>	<b>6</b>
2.3 KEMIJSKE LASTNOSTI TAL	7
<b>2.3.1 Reakcija tal</b>	<b>7</b>
<b>2.3.2 Vsebnost organske snovi</b>	<b>7</b>
<b>2.3.3 Kationska izmenjalna kapaciteta</b>	<b>8</b>
2.3.3.1 Delež bazičnih kationov	8
<b>3 MATERIAL IN METODE</b>	<b>9</b>

3.1	OPREMA NA TERENU	9
3.2	IZKOP PEDOLOŠKEGA PROFILA	9
<b>3.2.1</b>	<b>Popis profila in odvzem vzorcev</b>	10
3.3	ANALITSKE METODE	10
<b>3.3.1</b>	<b>Skelet</b>	10
<b>3.3.2</b>	<b>Volumska gostota</b>	11
<b>3.3.3</b>	<b>Tekstura</b>	11
<b>3.3.4</b>	<b>Globina tal</b>	11
<b>3.3.5</b>	<b>Reakcija tal</b>	11
<b>3.3.6</b>	<b>Vsebnost organske snovi v tleh</b>	12
<b>3.3.7</b>	<b>Zaloga organskega ogljika</b>	12
<b>3.3.8</b>	<b>Kationska izmenjalna kapaciteta</b>	13
3.4	OBDELAVA PODATKOV	13
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b>	14
4.1	VSEBNOST SKELETA	14
4.2	VOLUMSKA GOSTOTA	15
4.3	TEKSTURA	16
4.4	GLOBINA TAL	18
4.5	REAKCIJA TAL	18
4.6	VSEBNOST ORGANSKE SNOVI	19
<b>4.6.1</b>	<b>Zaloga organskega ogljika</b>	20
4.7	KATIONSKA IZMENJALNA KAPACITETA	21
4.8	DELEŽ BAZIČNIH IONOV	22
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	24
5.1	RAZPRAVA	24
5.2	SKLEP	26
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	27
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	28
	ZAHVALA	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Razdelitev tal glede na vrednost pH, merjeno v $\text{CaCl}_2$ po Stepančiču (cit. po Suhadolc in sod., 2006)	7
Preglednica 2: Delitev kmetijskih tal glede na vsebnost organske snovi v % (Suhadolc in sod., 2006)	7
Preglednica 3: Vrednosti faktorjev F (Suhadolc in sod., 2006)	12



## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Prikaz volumskega deleža skeleta (vol. %) po posameznih horizontih obravnavanih profilov v Apaški dolini (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)	15
Slika 2: Volumska gostota tal ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) po posameznih horizontih obravnavanih profilov po tipih tal (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)	16
Slika 3: Povprečni deleži (%) peska, melja in glinev prvem horizontu tal Apaške doline ( $N_{\text{hipoglej}} = 6$ vzorcev, $N_{\text{psevdoglej}} = 2$ vzorca, $N_{\text{obrečna tla}} = 10$ vzorcev)	17
Slika 4: Povprečni deleži (%) peska, melja in gline v zadnjem horizontu tal Apaške doline ( $N_{\text{psevdoglej}} = 2$ vzorca, $N_{\text{hipoglej}} = 6$ vzorcev, $N_{\text{obrečna tla}} = 10$ vzorcev)	17
Slika 5: Globina (cm) tal izkopanih profilov v Apaški dolini (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)	18
Slika 6: Reakcija tal površinskega horizonta izbranih talnih profilov v Apaški dolini (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)	19
Slika 7: Reakcija tal spodnjega horizonta izbranih talnih profilov v Apaški dolini (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)	19
Slika 8: Delež organske snovi (%) v izbranih talnih profilih Apaške doline, predstavljeno po horizontih (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)	20
Slika 9: Zaloga $C_{\text{org}}$ (t/ha) obravnavanih profilov, računana brez upoštevanja oz. z upoštevanjem deleža skeleta (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)	20
Slika 10: Vsebnost organskega ogljika (%) v Profilu 17 v odvisnosti od globine	21
Slika 11: Povprečna skupna kationska izmenjalna kapaciteta tal ( $\text{mmol}/100$ g) v površinskem horizontu obravnavanih tipov tal Apaške doline ( $N_{\text{psevdoglej}} = 2$ vzorca, $N_{\text{hipoglej}} = 6$ vzorcev, $N_{\text{obrečna tla}} = 10$ vzorcev)	21
Slika 12: Kationska izmenjalna kapaciteta tal ( $\text{mmol}/100$ g tal), izračunana za celoten profil. Predstavljena so povprečja po tipih tal Apaške doline ( $N_{\text{psevdoglej}} = 2$ vzorca, $N_{\text{hipoglej}} = 6$ vzorcev, $N_{\text{obrečna tla}} = 10$ vzorcev)	22
Slika 13: Delež bazičnih kationov (vrednost V (%)) površinskega horizonta. Prikazana so povprečja po tipih tal Apaške doline ( $N_{\text{psevdoglej}} = 2$ vzorca, $N_{\text{hipoglej}} = 6$ vzorcev, $N_{\text{obrečna tla}} = 10$ vzorcev)	23

Slika 14: Delež bazičnih kationov (vrednost V (%)) horizonta nad matično podlago. Prikazana so povprečja po tipih tal Apaške doline ( $N_{\text{pseudoglej}} = 2$  vzorca,  $N_{\text{hipoglej}} = 6$  vzorcev,  $N_{\text{obrečna tla}} = 10$  vzorcev) 23

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

CEC	kationska izmenjalna kapaciteta ( <i>Cation exchange capacity</i> )
$C_{org}$	skupni organski ogljik
pH	reakcija tal ( <i>Potenz H</i> )
PKE	pedokartografske enote
PSE	pedosistematske enote
S	vsota bazičnih kationov
V[%]	delež bazičnih kationov
$\rho_{vol}$	volumska gostota

## 1 UVOD

### 1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Današnji svet se sooča z vedno večjimi izzivi, kako zagotoviti dovolj hrane za potrebe naraščajočega svetovnega prebivalstva. V nekaterih deželah obstajajo odlične naravne danosti, ki zagotavljajo velika območja kakovostnih kmetijskih obdelovalnih zemljišč. V Sloveniji imamo dokaj neugodne naravne danosti za kmetijstvo, saj je velik delež države zaradi hribov in gora reliefno razgiban v tolikšni meri, da omejuje rastlinsko pridelavo. K temu prispeva tudi velika pokritost s kraškimi svetovi, ki s svojimi talnimi značilnostmi otežuje obdelavo tal. To nas sili, da čim boljše izkoristimo tista območja, ki so za kmetijstvo najbolj ugodna. Tla Apaške doline zaradi svoje ravne lege dajejo odlične možnosti za razvoj kmetijstva.

Apaška dolina se nahaja na severovzhodu Slovenije. Severno meji na reko Muro, južno pa na Slovenske gorice. Obsega 54,73 km<sup>2</sup> z nadmorsko višino od 200 do 220 m. Dolina je nastala z erodiranjem reke Mure. Ugodna ravninska lega je tudi vzrok, da kmetijska zemljišča obsegajo 68,8 % površine. Gozda je 23,3 %, ostalo so poseljena območja (Rojec, 2008). Pridelava temelji predvsem na žitih (80 %), nato sledijo oljnice (14 %) in koreninske poljščine (5 %) (Topolovec, 2008, cit. po Štangelj, 2009).

Tla imajo ključno vlogo pri pridelovanju kulturnih rastlin, saj jih oskrbujejo z vodo in hranili ter dajejo oporo koreninam. Na osnovi poznavanja talnih lastnosti se lahko odločimo, katere rastline tam najbolj uspevajo. Po drugi strani pa lahko z vedenjem o morebitnih pomanjkljivostih tal ta tla z agrotehničnimi ukrepi izboljšamo.

### 1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Zaradi razgibanega reliefa in heterogene matične podlage predvidevamo, da se tla Apaške doline v posameznih pedosistematskih enotah razlikujejo v globini, teksturi, volumski gostoti, vsebnosti organske snovi, reakciji tal ter kationski izmenjalni kapaciteti. Med seboj jih bomo primerjali po posameznih lastnostih in ugotavljali razlike med njimi.

## 2 PREGLED OBJAV

Tla so preperina na zemeljskem površju, ki nastaja v pedogenetskih procesih z razpadanjem kamnin zaradi fizikalnih in kemičnih procesov, podnebnih in bioloških dejavnikov od rastlinstva, mikroorganizmov in živalstva do človeka. Ta proces poteka skozi daljše časovno obdobje, lahko od nekaj desetletij do več tisočletij (Lah, 2002).

Tla opravljajo številne ekološke funkcije, kot so opora rastlinam, filtracija podtalnice (vir pitne vode), izmenjava plinov z ozračjem, zadrževanje hranil itd., hkrati pa predstavljajo človeštvu temeljni prostor za pridelavo hrane, ki je bistvenega pomena za njegov obstoj (Vidic in sod., 2015).

Razmerje med komponentami tal, večinoma med peskom, meljem in glino, ter organsko snovjo, vodo in zrakom, kot tudi način, s katerim so se te komponente povezale v stabilno strukturo, definirajo značilnosti tal (Suhadolc in sod., 2006). Tla se med seboj razlikujejo po fizikalno-kemijskih in biotskih lastnostih. Te različno vplivajo na samo rodovitnost tal, ki je glavni produkt pedogeneze tal. Sama tla se skozi čas tudi spreminjajo v odvisnosti od okoljskih dejavnikov, ki jih stroka deli na štiri glavne dejavnike (Plaster, 2009):

- **dodajanje snovi:** kot so aluvialni nanosi, odpad listja, strniščni ostanki, antropogeno odlaganje v tla (kompost, gnojila);
- **izgube iz tal:** različna izpiranja hranil v globino, površinska erozija, uhajanje plinov iz tal;
- **premeščanja:** posamezne snovi se premeščajo v globino pa tudi proti površju (evaporacija, kapilarni dvig) ter skozi tla s pomočjo živali (mravlje, deževniki);
- **transformacije:** različne snovi v tleh se spreminjajo (razgradnja organske snovi, preperevanje mineralov, kemijske reakcije).

Za dobro poznavanje tal nekega območja je potrebno sondiranje, nato izkop in opis dovolj velikega števila reprezentativnih profilov, sledi analiza fizikalnih in kemijskih lastnosti tal v pedološkem laboratoriju.

Profil je prerez tal v navpični smeri. Sega od površine tal do matične podlage. Sestavljajo ga plasti, ki se imenujejo horizonti. Horizonti so v medsebojni odvisnosti, saj so nastali v procesu pedogeneze. Označujemo jih s črkami glede na značilnost oz. lastnosti tal. Z velikimi tiskanimi označujemo glavne horizonte, podhorizonte pa z malimi tiskanimi. Če je horizont značilno tipičen za neko vrsto tal ga imenujemo diagnostični horizont (Prus, 2000).

Talne lastnosti so kazalec nespremenljivih (matična podlaga, relief) in spremenljivih okoljskih dejavnikov (klimatske razmere) ter rabe tal (Zupan in sod., 2008).

### 2.1 KLASIFIKACIJA TAL IN TALNI TIPI APAŠKE DOLINE

Klasifikacija tal je razvrščanje tal v sistematično urejen sistem. Slovenska klasifikacija loči 5 oddelkov kot najvišje sistematske enote. Oddelke označujemo z velikimi tiskanimi črkami. Oddelki so naslednji (Prus in sod., 2015):

- avtomorfna tla (A),

- hidromorfna tla (B),
- halomorfna tla (H),
- subakvalna tla (D),
- antropogena tla (E).

V Sloveniji so v večini primerov zastopani oddelki A, B in E, ostala H in D se ne pojavljata v večjem obsegu. Oddelki se naprej delijo v razrede (označujemo jih z rimskimi številkami), ki jih opisujemo z zaporedjem horizontov (male in velike tiskane črke). Med seboj se razlikujejo glede na morfološke in fizikalno-kemijske lastnosti posameznih horizontov. Razred je lahko sestavljen iz več talnih tipov (Prus, 2000).

Talni tipi so osnovni del klasifikacijskega sistema. V njih se odraža vsa različnost pogojev njihovega nastanka, to je matične osnove, klime, vpliva živih organizmov, reliefa in časa nastanka (Suhadolc in sod., 2006). Talne tipe z enakimi klasifikacijskimi lastnostmi, ki so različne od ostalih talnih tipov, imenujemo pedosistematske enote (Prus in sod., 1992). Od ena do tri pedosistematske enote sestavljajo pedokartografsko enoto, ki je osnovna enota na pedološki karti (Prus in sod., 1992).

V nadaljevanju so predstavljeni talni tipi, ki se pojavljajo na območju Apaške doline. Vsi tipi spadajo v oddelek hidromorfni tal.

Oddelek hidromorfni tal zajema tla, v katerih zastaja voda dalj časa in se zaradi tega v talnem profilu izoblikujejo specifični horizonti. Po izvoru je lahko padavinska, zlivna, podzemna ali poplavna. Zlivna voda se izbira kot površinska voda oziroma njen odtok ob vznožju pobočij (Prus, 2000).

### **2.1.1 Obrečna tla**

Obrečna tla so po nastanku mlada tla. Nastanejo z nalaganjem in nasipavanjem materiala, ki ga je tja nanese reka. Reka v zgornjem toku nalaga zaobljen kamninski drobir, v spodnjem delu pa se nalagajo vedno bolj fine usedline. Prisotna sta lahko tudi glina in melj v aluvialnih nanosih. V nanosih je izrazita plastovitost različnih grobih in finih naplavin (npr. pesek ali prod). Oglejevanje je prisotno, vendar je manj izrazito (tekoča podtalnica). Obrečna tla v večini primerov nimajo močvirnatega videza. Na teh področjih so prisotne travnate površine z rastlinami, značilnimi za obrečna tla. Obrečna tla se delijo na nerazvita in razvita (Prus, 2000).

#### **2.1.1.1 Nerazvita obrečna tla**

Nerazvita obrečna tla se pojavljajo v zgornjem toku rek. Gradijo jih nanosi proda in peska. Zgornji horizont je slabo razvit. Pojavlja se samo na posameznih predelih. Tla prekriva rastlinje, prisotni pa so tudi posamezni otoki neporaslih površin. Podtalnica določa razliko med litosolom, ki jim je po videzu zelo podoben. To območje je zaraščeno s pionirskimi vrstami (*Populus* sp., *Salix* sp.) (Prus, 2000).

### 2.1.1.2 Razvita obrečna tla

Razvita obrečna tla se pojavljajo v osrednjem in spodnjem delu vodotokov. Aluvialni nanos je večinoma sestavljen iz finih delcev. Spodnji profil sestavlja večji material (pesek, prod). Lahko se pojavljajo tudi znaki oglejevanja. Tla so zaradi velike vsebnosti organske snovi (humusa) zelo rodovitna. Predvsem prevladujejo travniki. V primeru obdelovanja površine mora biti poskrbljeno za izvajanje protipoplavnih ukrepov (Prus, 2000).

### 2.1.2 Oglejena tla

Tla prepoznamo po močvirnatem videzu. Rastline, ki preraščajo površino, so izrazito vodoljubne. Pojavlja se različno trstičevje, džombe, ločki, travinje in močvirsko rastlinje. Drevesne vrste, zastopane na takih območjih, so jelše in vrbe. Zaradi obilice vode v tleh potekajo redukcijski procesi. Tla so obarvana značilno sivkasto, sivkasto zeleno in modrikasto sivo zaradi reduciranega železa. V območjih, kjer so tla občasno prezračena, so lisasta ali marmorirana (sivo rjava) (Prus, 2000).

Te vrste tal imajo oblikovane svojevrstne horizonte, ki so nastali zaradi izmenjujočih se oksidacijsko, redukcijskih pa tudi močno anaerobnih razmer (Tehična navodila ..., 2008).

Značilnost teh horizontov je v morfološkem pogledu sivo rjava lisavost ali marmoracija (Prus, 2000).

#### 2.1.2.1 Hipoglej

Hipoglej je osnovni podtip gleja, je tudi najpogostejši. Gre za teksturno težka tla z velikim deležem gline. Reliefno so za ta področja značilne depresije, doline z oviranim odtokom vode ter konkavnim površjem. Značilnost hipogleja je velika vlažnost tal, ki je posledica visoke podtalne vode. Profil je grajen iz horizonta Aa-Go-Gr. Horizont Gr je sive barve in zasičen z vodo. Horizont Go je v višini nihanja podtalnice. Meja med horizontoma Go-Gr je tam, kjer je višina podtalnice poleti (malo padavin). Meja med horizontoma A-Go pa v obdobju dalj časa trajajočih padavin (Prus, 2000).

#### 2.1.2.2 Epiglej

Zanj je značilna velika vlažnost v zgornjem horizontu tal, ki je posledica zastajanja vode na površju zaradi izrazito zmanjšane prepustnosti tal. Zgornji horizont predstavlja redukcijski horizont sive barve. Spodnji profil pa ne kaže redukcijskih procesov (Prus in sod., 2015).

#### 2.1.2.3 Amfiglej

Za amfiglej sta značilni obe vrsti oglajevanja: epiglejnega in hipoglejnega. To so izrazito močvirnata tla. Pojavlja se tam, kjer je kombinacija visoke podtalnice, poplav in izlivnih

voda. Območja so za kmetijstvo neprimerna, če ne vključujejo obsežnih hidromelioracijskih del (Prus in sod., 2015).

Pomembna je pravilna izbira hidromelioracijskih tehnik ter njihovo redno vzdrževanje. Velika območja odprtih jarkov zmanjšajo površino kmetijskega zemljišča. Cevna drenaža je zato veliko bolj primerna, saj omogoča obdelavo tudi nad njo (Prus, 2000).

### **2.1.3 Psevdoglej**

Pojavlja se v območjih, kjer je izrazito nihanje med vlažnim in suhim obdobjem. Voda se v tleh slabo infiltrira, zato so podvržena eroziji (površinski odtok). Psevdoglej nastaja na ravninah ter blagih pobočjih (ravnine, platoji, ravniki itd.), kjer je matična podlaga sestavljena iz melja in gline. Zaradi večje prisotnosti melja ter težje teksture v talnem profilu padavinska voda zastaja (zbita tla). Ta lastnost povzroča redukcijske procese v času izobilja z vodo, med njenim pomanjkanjem pa oksidacijo (Prus, 2000).

Območja prerašča hrastov in gabrov gozd, ki pa je zaradi kmetijskih zemljišč izkrčen. Pojavljajo se predvsem travniki, njive so redkejše (Prus, 2000).

Za uporabo te vrste tal v kmetijske namene je potrebno izboljšanje vodno-zračnih lastnosti tal in izvrševanje protierozijskih ukrepov (Prus, 2000).

## **2.2 FIZIKALNE LASTNOSTI TAL**

Med fizikalne lastnosti tal spadajo tiste lastnosti, ki jih lahko opredelimo, izmerimo ali preračunamo. Nekatere lastnosti lahko določimo že na terenu, za druge pa dobimo zanesljive rezultate le z laboratorijsko analizo.

Lastnosti, ki jih opredelimo kot fizikalne, so: globina tal (zelo globoka, globoka, srednje globoka, plitva in zelo plitva), skeletnost (neskeletna, malo skeletna, srednje skeletna, skeletna, zelo skeletna tla), tekstura, volumska gostota, obstojnost agregatov in struktura, infiltracija, sposobnost za zadrževanje vode, mehanska upornost, hidravlična prevodnost ter globina korenin (Suhadolc, 2013).

### **2.2.1 Skelet**

Skelet predstavlja kamninski drobir, ki je večji od 2 mm. Njegova specifična površina je majhna. Skelet vpliva na zračnost tal ter njihovo propustnost za zrak in vodo. Skeletni delež se največkrat določa po opisu tal. Ocenjujemo volumski delež, oblikovanost ter maksimalno velikost delcev skeleta. Volumski delež skeleta določa različne kategorije tal. Neskeletna tla, kot že beseda pove, ne vsebujejo skeleta, maloskeletna tla vsebujejo od 0 do 5 vol % skeleta, srednje skeletna od 5 do 15 vol. %, skeletna tla od 15 do 40 vol % ter zelo skeletna več kot 40 vol. % skeleta (Suhadolc in sod., 2006).



### 2.2.2 Volumska gostota

Volumska gostota je razmerje med maso trde faze tal in volumnom celotnega neporušenega vzorca (Suhadolc in sod., 2006). Odvisna je od količine organske in mineralne snovi ter volumna vseh por v tleh. Majhno volumsko gostoto imajo tla z veliko porami in veliko organske snovi, veliko volumsko gostoto pa tla, ki imajo malo por in so zbita. Določajo jo talne lastnosti: tekstura tal, struktura tal ter delež organske snovi v tleh. Volumska gostota je lastnost tal, ki se pod določenimi pogoji spreminja. Nanjo lahko vplivajo dejavniki, ki spreminjajo lastnosti tal. Mednje spada obdelava tal s kmetijskimi stroji ter pašništvo, pri čemer živali gazijo tla. Prav tako pa nanje vplivajo vremenski vplivi, kot so močni nalivi ter toča (Suhadolc in sod., 2006).

### 2.2.3 Tekstura

Tekstura tal je razmerje med delci različnih velikostnih skupin v tleh in se nanaša na mineralne delce, manjše od 2 mm. Mineralni delci, ki jih upoštevamo pri določanju teksture so: pesek, melj in glina (Stritar, 1991).

- Pesek: (2 do 0,02 mm) je v tesni zvezi s fizikalnimi lastnostmi tal (zrak, voda v tleh, toplotne lastnosti tal in posredno vpliva na ekološke značilnosti pedona). Na kemične lastnosti tal nima nobenega večjega vpliva. Predstavlja ga kamninski drobir in minerali, v večjem obsegu kremen, zelo redko tudi novotvorbe.
- Melj: (0,02 do 0,002 mm) so okruški kamnin, minerali in tudi novotvorbe. Zaradi povečane specifične površine v manjši meri sodeluje pri fizikalno-kemijskih procesih. Meljasta tla v Sloveniji so zelo pogosta na pleistocenskih pelitskih nekarbonatnih materialih in so tla slabše kakovosti (psevdoglej lesivirana tla – steljniki).
- Glina: (< 0,002 mm) zastopajo jo minerali glin, oksidi železa, aluminija, mangana itd., pa tudi minerali (opal). Je najpomembnejša frakcija za fizikalno-kemijske procese v tleh (sorbcija, zamenjava kationov).

### 2.2.4 Globina tal

Globina je lastnost tal, ki močno vpliva na lastnosti rabe tal v kmetijstvu. Globlja tla so v večini primerov teksturno težja, saj imajo večji delež glinastih delcev. Zato so na takih tleh pridelovalni pogoji težji. V Sloveniji globina tal narašča z zahoda proti vzhodu. Prav tako deleži gline v tleh (ARSO, 2016).

Globina tal je določena z globino vseh horizontov v talnem profilu, ki so drobljivi in imajo sposobnost, da v njih prodirajo korenine rastlin. Globina tal je odvisna od: globine in vrste geološke podlage, pojavljanja cementiranosti, akumulacije gline in seskvioksidov (oksidov železa in aluminija) ter talne vode v profilu (Tehnična navodila ..., 2008).

Ločimo naslednje stopnje tal (Tehnična navodila ..., 2008):

- zelo globoka tla, če so drobljivi horizonti globoki več kot 1 m;
- globoka tla, če so drobljivi horizonti globoki od 70 do 100 cm;
- srednje globoka tla, če so drobljivi horizonti globoki od 40 do 70 cm;

- plitva tla, če so drobljivi horizonti globoki od 20 do 40 cm;
- zelo plitva tla, če so drobljivi horizonti globoki manj kot 20 cm.

## 2.3 KEMIJSKE LASTNOSTI TAL

### 2.3.1 Reakcija tal

Reakcija tal oz. pH je merilo za koncentracijo vodikovih ionov v talni raztopini. Opisuje kislost ali bazičnost v talni raztopini. Reakcija talne raztopine se nahaja v razponu med 4,0 do 8,5, pri čemer so tla razdeljena v skupine glede na vrednosti pH (preglednica 1). Dostopnost hranil rastlinam je v veliki meri odvisna od reakcije tal, saj je največja topnost večine hranil pri pH od 6 do 7 (Suhadolc in sod., 2006).

Preglednica 1: Razdelitev tal glede na vrednost pH, merjeno v  $\text{CaCl}_2$  po Stepančiču (cit. po Suhadolc in sod., 2006)

Tip tal glede na vrednost pH	Vrednost pH
alkalna (bazična)	7,3–8,0
nevtralna	6,6–7,2
zmerno kislja	5,6–6,5
kislja	4,6–5,5
močno kislja	< 4,5

### 2.3.2 Vsebnost organske snovi

Organsko snov tal sestavljata živa in neživa organska snov. Med živo organsko snov tal štejemo talne organizme. Neživa organska snov nastaja iz odmrle rastlinske in živalske biomase. Delimo jo v razgradljivo organsko snov, ki predstavlja manjši delež nežive organske snovi, in stabilno organsko snov – humus (Leštan, 2002).

Glede na vsebnost organske snovi delimo tla v naslednje razrede: zelo slabo humozna tla, ki imajo manj kot 1 %; slabo humozna imajo 1–2 %; humozna 2–4 %; močno humozna 4–8 % in zelo humozna 8–15 % organske snovi (Suhadolc in sod., 2006).

Vsebnost organske snovi v tleh je pomemben kazalec kakovosti tal. Organska snov sodeluje pri pomembnih funkcijah tal. Vpliva na kemijske, fiziološke in biološke lastnosti tal ter ima vlogo v pedogenetskih procesih. Vsebnost organske snovi (razgradnja in tvorba) v tleh variira glede na različne dejavnike v okolju (klimatski in talni). Na hitrost razgradnje organske snovi vpliva tudi vsebnost dušika v tleh in razmerje med C in N (Suhadolc in sod., 2006).

Preglednica 2: Delitev kmetijskih tal glede na vsebnost organske snovi v % (Suhadolc in sod., 2006)

% org. snovi v kmet. tleh	oznaka
<1	zelo slabo humozna
1–2	slabo humozna
2–4	humozna
4–8	močno humozna
8–15	zelo močno humozna

### 2.3.3 Kationska izmenjalna kapaciteta

Kationska izmenjalna kapaciteta (CEC) je količina izmenljivih kationov na enoto tal. Izražamo jo v mmol na 100 g tal. Večino izmenljivih kationov predstavljajo bazični kovinski kationi  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  in kisló delujoča  $\text{H}^{+}$  in  $\text{Al}_3^{+}$ . Vsota omenjenih izmenljivih baz predstavljá oceno za skupno količino izmenljivih bazičnih kovinskih kationov (vrednost S).  $\text{H}^{+}$  in  $\text{Al}_3^{+}$  pa v vodni raztopini delujeta kisló in sta zato potencialna povzročitelja kislósti tal (vrednost H oz. skupna izmenljiva kislóst). Ocena kationske izmenjalne kapacitete v tleh je tako vsota vrednosti S in H (Suhadolc in sod., 2006).

Kationska izmenjalna kapaciteta se določa na podlagi izmenjalne reakcije. Uporabljajo se ekstrakcijske raztopine, s katerimi dobimo različne stopnje izmenjave. Rezultat reakcije ni absoluten, ampak ravnotežno stanje (Suhadolc in sod., 2006).

Proces izmenjave nastane, ko kationi iz talne raztopine zamenjajo katione na talnih koloidih. Aktivna površina delca je pozitivno oziroma negativno nabita površina. Vezava le-teh pa se imenuje sorpcija. Kationi se med seboj izmenjujejo po načelu ekvivalentnosti. Na vezavo vplivata moč zadrževanja adsorptivno vezanega iona in stopnja hidratiziranosti (Suhadolc in sod., 2006).

#### 2.3.3.1 Delež bazičnih kationov

Delež bazičnih kationov (V), glede na vse izmenljive katione (oz. CEC) se v splošnem odraža v pH tal. Tla, ki imajo malo bazičnih kationov ( $V < 50\%$ ), imenujemo distrična tla, pričakovani pH je kisel. Obratno pa tla, v katerih prevladujejo bazični kationi ( $V > 50\%$ ), imenujemo evtrična tla, pričakovani pH je lahko alkalen, nevtralen ali zmerno kisel. V zgornjih slojih tal lahko bazične katione nadomeščamo z dodajanjem apna (Zupan in sod., 2008).

### 3 MATERIAL IN METODE

V raziskavi smo preučili talne lastnosti Apaške doline. Raziskava je vključevala terensko in laboratorijsko delo. Skupaj je bilo izkopanih 18 talnih profilov v različnih krajih Apaške doline: Apače, Ščap ob Muri, Žepovski travnik, Škrinjar, Zg. Konjišče, Žiberci, Lutverci, Segovci, Žepovci, Žiberci, Travnik, Brezje čez Plitvico, Plitvica, Lomanoše-Lutverci, potok Plitvica, Mahovci, Lomanoše in Janhova. Izbor reprezentativnih lokacij za izkop profilov je bil narejen na osnovi pedološke karte v razmerju 1:25.000, aeroposnetkov območja ter informativnega sondiranja.

Pri vsakem profilu smo odvzeli porušen in neporušen vzorec po horizontih. Neporušene vzorce smo odvzeli s pomočjo Kopeckyjevih cilindrov in sonde v treh ponovitvah za vsak horizont posebej. Terensko delo je bilo opravljeno v jeseni 2006.

#### 3.1 OPREMA NA TERENU

V terenski raziskavi smo uporabljali naslednje pripomočke:

- zemljevid primerne merila,
- lopata s spodnjim ravnim delom,
- tračni meter (2 m),
- kladivo,
- večji nož z ravnim rezilom,
- papirnate vrečke za vzorce,
- deionizirana voda,
- petrijevke, epruvete,
- univerzalni indikator reakcije po Yamadi,
- 0,01 M raztopina  $\text{CaCl}_2$ ,
- Razredčena klorovodikova kislina (10 %),
- kompas,
- višinomer,
- sonda za odvzem talnih vzorcev,
- cilindri Kopecky,
- barvne tabele "Munsell Soil Color Charts".

#### 3.2 IZKOP PEDOLOŠKEGA PROFILA

Pred izkopom smo zarisali tloris profila in mu določili čelo profila. To je stranica profila, ki je namenjena opazovanju in vzorčenju tal. Lego čela profila na ravnini smo določili glede na stanje sonca na nebu ob izkopu (preučevanju) profila. Čelo v ravnini je vedno obrnjeno proti soncu, da je kar se da osvetljeno in nas žarki ne slepijo pri opazovanju profila. Nasproti čela smo stopničasto izkopali jamo do dna talnega profila. Širina profila je merila cca 80 cm. Pri izkopu jame smo izkopano zemljo odlagali levo in desno ob daljših stranicah profila. Pri tem smo pazili, da smo odlagali zgornji del na eno, spodnji del izkopanih tal pa na drugo stran jame. S tem smo preprečili mešanje mrtve in žive zemlje. Pri delu nismo hodili nad čelom profila. S tem smo preprečili teptanje zemlje in rastlin. Po končanem delu na profilu smo le tega zasuli. Pred opisovanjem smo čelo profila najprej

očistili s pomočjo noža. Z njegovo konico smo zbodli v tla in potegnili nož stran odsebe. S tem smo dosegli, da površina čela ni bila odrezana, temveč odlomljena po robovih strukturnih agregatov. Profil smo na ta način očistili po vrstnem redu od vrha do tal. Pri tem so se pokazali posamezni horizonti.

### **3.2.1 Popis profila in odvzem vzorcev**

Na terenu smo določili morfološke lastnosti vseh horizontov v profilu. Te smo vpisali v vpisni obrazec. Na prvo stran smo vpisali podatke o številki profila, kraju, datum, ime in priimek popisovalca, matični podlagi, vegetaciji, reliefu, rabi tal, zgledu mikrolokacije profila (koreninski sistem, dreniranost, infiltracija, kamnitost itd.). Na drugo stran lista smo vpisali podatke o strukturi, konsistenci, teksturi, barvi, vsebnosti organske snovi, vlagi, prekoreninjenosti, skeletu, novotvorbah, globini in prehodu za vsak horizont izbranega profila.

Vzorci tal za laboratorijsko analizo smo odvzeli v vseh profilih po horizontih v vrstnem redu od spodaj navzgor. S tem smo preprečili mešanje in kontaminacijo vzorcev. Odvzeli smo približno 0,5 kg tal iz posameznega horizonta. Vzorce smo shranili v papirnate vrečke. Zraven smo podali listek s podatki o vzorcu (kraj in datum izkopa, številka profila, oznaka in globina horizonta).

Za odvzem neporušenega vzorca tal smo uporabili 100 cm<sup>3</sup> cilindre Kopecky. Sondo s cilindrom smo z enakomerno močjo s kladivom zabijali v tla na zeleno globino odvzema vzorca. Nato smo sondo izvlekli in iz nje previdno vzeli cylinder. Na obeh odprtih straneh cilindra smo z nožem z majhnimi potegljaji odluščili odvečna tla (vsa zemlja nad nivojem cilindra). Cylinder smo nato na obeh straneh pokrili s plastičnima pokrovčkoma in shranili do določitve volumske gostote in skeleta.

## **3.3 ANALITSKE METODE**

Vse prinesene vzorce s terena smo analizirali v laboratoriju Centra za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Kemijske analize in teksturo smo določali v povprečnem porušenem vzorcu horizonta, ki smo ga zračno posušili, zmleli, presejali skozi 2-milimetrsko sito in homogenizirali. Volumsko gostoto in delež skeleta smo določali v neporušenih vzorcih tal in izvedli v treh ponovitvah za vsak talni horizont.

### **3.3.1 Skelet**

V profilih, kjer je bilo veliko skeleta, smo poleg Kopeckijevih cilindrov odvzeli tudi neporušen vzorec tal s pomočjo plastičnih kolotov premera 15 cm in višine 10 cm. Vsebnost skeleta smo določili v vseh odvzetih neporušenih vzorcih tal. Talne vzorce smo sušili 48 ur na 105° C. Suhe talne vzorce smo presejali skozi 2-milimetrsko sito. Skelet je ostal na situ. Tega smo stehali na tehtnici. Izračunali smo masni delež skeleta, in sicer tako, da smo delili maso skeleta s celotno maso vzorca. Volumen skeleta smo izmerili s pomočjo merilnega valja z določeno prostornino vode v njem. Vanj smo potopili skelet in

odčitati, za koliko se je spremenil volumen. Razlika v volumnu merilnega valja predstavlja volumen skeleta. Delež volumna skeleta smo izračunali tako, da smo delili volumen skeleta z znanim volumnom neporušenega vzorca tal, tj. cilindra ( $100 \text{ cm}^3$ ) oz. koluta ( $17.766 \text{ cm}^3$ ).

### 3.3.2 Volumska gostota

Volumsko gostoto smo določali po standardu ISO 11272 (1993). Neporušene vzorce tal, pridobljene s cilindri Kopecky ( $100 \text{ cm}^3$ ), smo sušili 48 ur na  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ . Posušeno maso smo stehtali. Volumska gostota tal je definirana z razmerjem med maso trdne faze tal in volumnom celotnega neporušenega vzorca tal (Suhadolc in sod., 2006). Za izračun gostote smo uporabili naslednjo formulo:

$$\rho_{vol} = \frac{m}{V} \quad \dots (1)$$

Legenda:

- **m**—masa tal neporušenega vzorca, sušenega pri temperaturi  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  (g)
- **V**—volumen cilindra ( $100 \text{ cm}^3$ )

### 3.3.3 Tekstura

Teksturo vzorcev tal smo določali s standardno sedimentacijsko metodo ISO 11277 (2009). Ta temelji na različnih sedimentacijskih časih glede na velikost delcev v stoječi vodi (Stokesov zakon). Pogoji uspešnosti metode je bil popolna disperzija talnih delcev. To smo dosegli z dodajanjem natrijevega pirofosfata ter štiriurnim tresenjem vzorca. Po tem času smo talno raztopino prelili skozi sito. Na situ so ostali grobi delci peska. Ostanek, ki je šel skozi sito, smo prelili v valj. Po določenemu času usedanja delcev smo iz globine 10 cm odvzeli suspenzijo. Za delce, ki so manjši od  $0,05 \text{ mm}$ , je bil potreben čas usedanja 44 s, za delce, velikosti  $0,002 \text{ mm}$ , 4 min in 27 sekund ter za delce, manjše od  $0,002 \text{ mm}$ , 7 ur in 35 min. Med posameznimi pipetiranjmi smo valj ponovno stresali 3 min. ter postopek ponovili glede na čas usedanja. Odvzete vzorce smo posušili pri  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ . Posušen vzorec smo presejali, tako smo ločili grobi pesek od finega. Le-tega smo dobili, ko smo odšteli mase ostalih delcev. Teksturni razred smo določili glede na masne deleže delcev po ameriškem teksturnem trikotniku.

### 3.3.4 Globina tal

Globino tal in posameznih horizontov smo izmerili ob izkopu talnih profilov na terenu.

### 3.3.5 Reakcija tal

Reakcijo tal smo izmerili v suspenziji tal z  $0,001 \text{ mol/l}$  raztopino kalcijevega klorida po standardni metodi ISO 10390 (2005).

V čašo smo dali vzorec tal, ki je bil zračno sušen, ter ga prelili s kalcijevim kloridom (1:5). Suspenzijo smo temeljito premešali v stresalniku. V stresalniku smo suspenzijo pustili od dveh do štiriindvajset ur. Pred začetkom meritev smo umerili pH-meter s pufernima raztopinama ter suspenzijo temeljito premešali. Vrednost na pH-metru smo odčitali takrat, ko rezultat ni več variiral (cca 1 min). Meritev smo zapisali na dve decimalni mesti natančno.

### 3.3.6 Vsebnost organske snovi v tleh

Določali smo jo po standardu SIST ISO 14235 (1999) in po Walkley-Blackovi metodi SIST ISO 14235. Stehtanemu vzorcu tal (0,02–0,05 g) smo dodali 10 ml  $K_2CrO_7$  ter premešali. Nato smo dolili 20 ml  $H_2SO_4$  ter čakali 20 do 30 minut. Nato smo v bučo dolili deionizirano vodo. 20 ml alikvot smo odpipetirali in dodali 10 kapljic  $H_3PO_4$ , 0,2 g NaF ter 3 kapljice indikatorja. Titrirali smo z 0,5 mol/l raztopine  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ . Titrirali smo toliko časa, dokler se ni pokazal preskok v barvi iz rjave v modro in na koncu v zeleno. Vsebnost organske snovi vzorca smo izračunali z razliko med standardno vrednostjo ter vzorcem. Standardni poizkus se naredi po enakih postopkih, vendar ne uporabimo vzorca tal.

Formula za izračun deleža organske snovi:

$$\% \text{ org. snovi} = 10 \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right) \cdot F \quad \dots (2)$$

Legenda:

- **a**–ml feroraztopina, porabljena za slep vzorec
- **b**–ml feroraztopina, porabljena za preiskovani vzorec

Faktor **F** izberemo glede na zatehto, ki je prikazana v preglednici 3.

Preglednica 3: Vrednosti faktorjev F (Suhadolc in sod., 2006)

Zatehta	Faktor
0,05g	13,4
0,1g	6,7
0,2g	3,35
0,5g	1,34
1,0g	0,67
2,0g	0,335

V faktorju F je upoštevan 77-odstotni izkoristek metode, pretvorbeni faktor med ogljikom in organsko snovjo je 1,724. F ima različno vrednost glede na zatehto.

### 3.3.7 Zaloga organskega ogljika

Iz vsebnosti organske snovi smo izračunali delež organskega ogljika ( $C_{org}$ ), saj le-ta v splošnem predstavlja 58 % organske snovi tal. Glede na rezultate vsebnosti organskega ogljika, volumske gostote tal in globine horizontov smo izračunali zalogo organskega

ogljika po horizontih ter nato v celotnem profilu tal. Za izračun zaloge organskega ogljika v horizontu smo uporabili naslednjo formulo:

$$\text{Zaloga } C_{\text{org}} \text{ v horizontu} = \rho_{\text{vol}} * h * A * C_{\text{org}} \quad \dots (3)$$

Legenda:

- $\rho_{\text{vol}}$  – volumska gostota ( $\text{kg/m}^3$ )
- $h$  – debelina horizonta (m)
- $A$  – površina ( $\text{m}^2$ )
- $C_{\text{org}}$  – skupni organski ogljik (g/g)

### 3.3.8 Kationska izmenjalna kapaciteta

Izražamo jo kot vsoto bazičnih kationov in izmenljivih kislih ionov. Izmenljive bazične katione smo določali po amonoacetatni ekstrakciji. Izmenljivo kislost pa po ekstrakciji z barijevim kloridom s pH 8.

Zatehtali smo 10 g vzorca ter mu dodali 100 ml 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ( $\text{CH}_3\text{COOHNH}_4$  s pH 7). Suspenzijo smo pustili stati čez noč. Pred meritvijo smo jo eno uro stresali v stresalniku. Vsebino smo sfiltrirali ter določili katione. Merili smo na plamenskem emisijskem spektrometru (Na in K) in na atomskem absorpcijskem spektrometru (Ca in Mg).

Izračunali smo vrednosti S in T ter deleže posameznih kationov. Vrednost T je ocena kationske izmenjalne kapacitete.

$$CEC = T(\text{mmol}_c/100\text{gtal}) = [H^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [K^+] + [Na^+] \quad \dots (4)$$

$$S(\text{mmol}_c/100\text{gtal}) = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [K^+] + [Na^+] \quad \dots (5)$$

$$V(\%) = (S/T) \times 100 \quad \dots (6)$$

$$\%Ca^{2+} = ([Ca^{2+}]/T),$$

$$\%Mg^{2+} = ([Mg^{2+}]/T),$$

$$\%K^+ = ([K^+]/T),$$

$$\%Na^+ = ([Na^+]/T),$$

$$\%H = ([H^+]/T)100.$$

### 3.4 OBDELAVA PODATKOV

Vse dobljene rezultate smo prenesli v program Microsoft Excel. Izračunali smo povprečne vrednosti in standardni odklon. Rezultate smo prikazali v tabelah in grafih. Za združitev podatkov iz več excelovih zvezkov smo uporabili program Access.



## 4 REZULTATI

Z opisom pedoloških profilov na terenu smo v Apaški dolini določili tri osnovne tipe tal. To so obrečna tla, hipoglej in psevdoglej.

V Apaški dolini so bile ugotovljene štiri pedosistematske enote obrečnih tal (Rojec, 2008):

- Obrečna tla na nekarbonatnem prodnatem aluviju, evtrična in distrična, plitva.
- Obrečna tla na nekarbonatnem prodnatem aluviju, evtrična 80 % in distrična, srednje globoka.
- Obrečna tla na nekarbonatnem peščeno prodnatem aluviju, evtrična in distrična, plitva in srednje globoka.
- Obrečna tla na peščeno prodnatem in meljasto ilovnatem aluviju, distrična globoka.

Hipoglej je bil ugotovljen v dveh različnih vrstah (Rojec, 2008):

- Hipoglej srednje močan do zmeren, distričen.
- Hipoglej zmerno močan, distričen 70 % in evtričen.

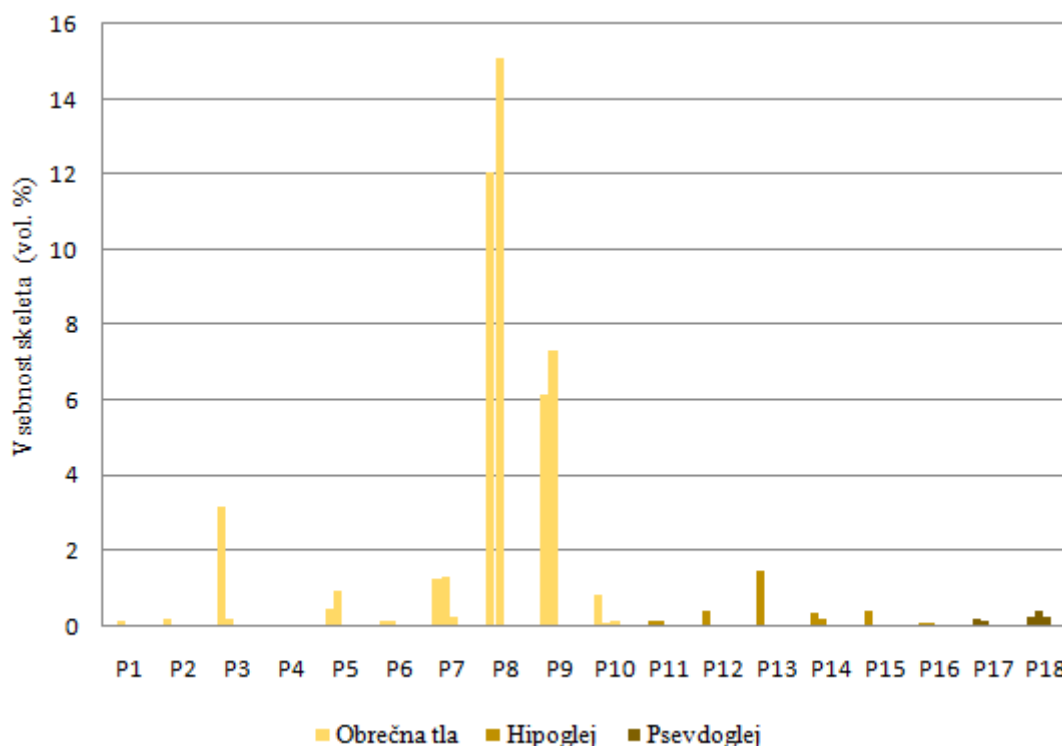
Psevdoglejni tip tal je bil ugotovljen kot (Rojec, 2008):

- psevdoglej, terasni, globok, distričen.

V nadaljevanju predstavljamo rezultate izbranih fizikalno-kemijskih lastnosti vseh 18 izkopanih profilov.

### 4.1 VSEBNOST SKELETA

Volumski delež skeleta je različno zastopan v tleh Apaške doline (slika 1). Razpon po posameznih horizontih izbranih profilov je od 0,00 do 15,10 %. Največja zastopanost skeleta je v prvem in drugem horizontu profilov 8 in 9 obrečnih tal. Na splošno je največja volumska zastopanost skeleta v obrečnih tleh, kjer znaša v povprečju 5,0 %. V hipoglejnih in psevdoglejnih tleh je zastopanost skeleta zanemarljiva in znaša povprečno 0,5 in 0,6 %. Po obliki je v vseh tleh zastopan zaobljen skelet.

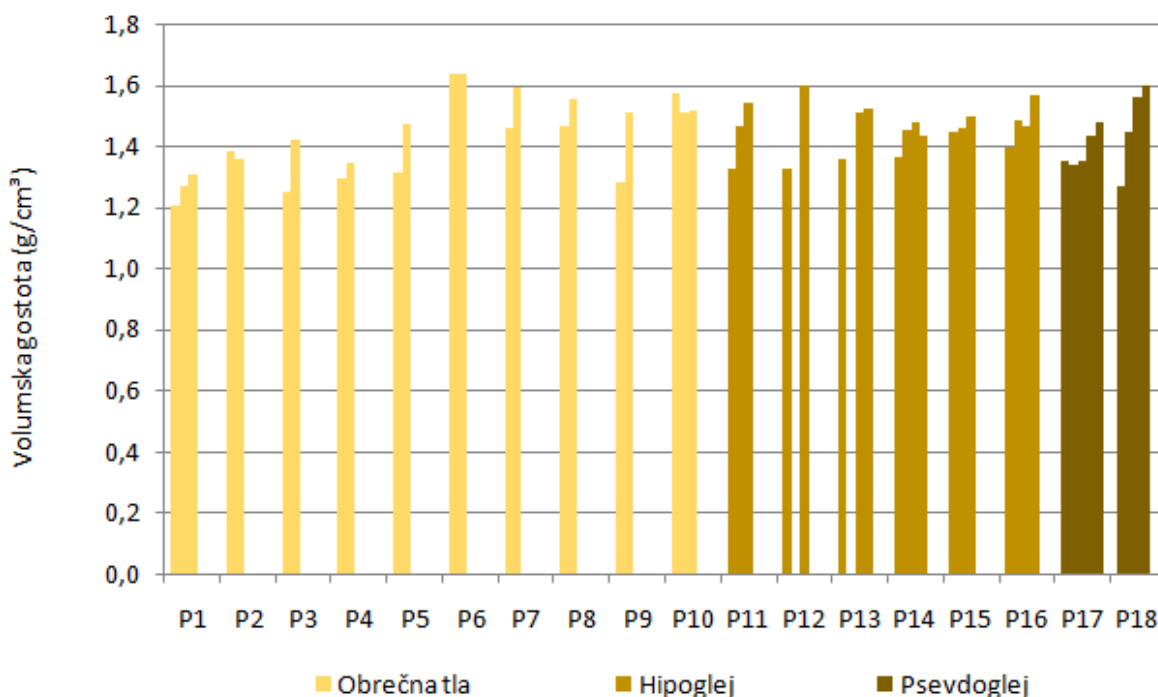


Slika 1: Prikaz volumskega deleža skeleta (vol. %) po posameznih horizontih obravnavanih profilov v Apaški dolini (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)

## 4.2 VOLUMSKA GOSTOTA

Volumska gostota izbranih profilov v Apaški dolini znaša od 1,20 do 1,63 g/cm<sup>3</sup>, praviloma z globino narašča (slika 2). Izjema je profil 10, kjer je največja v zgornjem (1,57 g/cm<sup>3</sup>), nato se v drugem horizontu zmanjša (1,51 g/cm<sup>3</sup>). Tudi v profilu 17 se gostota v drugem horizontu zmanjša (za 0,2 g/cm<sup>3</sup>), nato z globino zopet narašča.

V obrečnih tleh je razpon volumske gostote v površinskem horizontu izbranih profilov velik in znaša od 1,20 do 1,63 g/cm<sup>3</sup>, s povprečjem 1,38 g/cm<sup>3</sup>. V hipoglejnih tleh je volumska gostota površinskega horizonta od 1,32 do 1,45 g/cm<sup>3</sup>, s povprečjem 1,37 g/cm<sup>3</sup>. V prvem horizontu psevdoglejnih tal znaša vol. gostota od 1,27 do 1,36 g/cm<sup>3</sup>, s povprečjem 1,31 g/cm<sup>3</sup>.

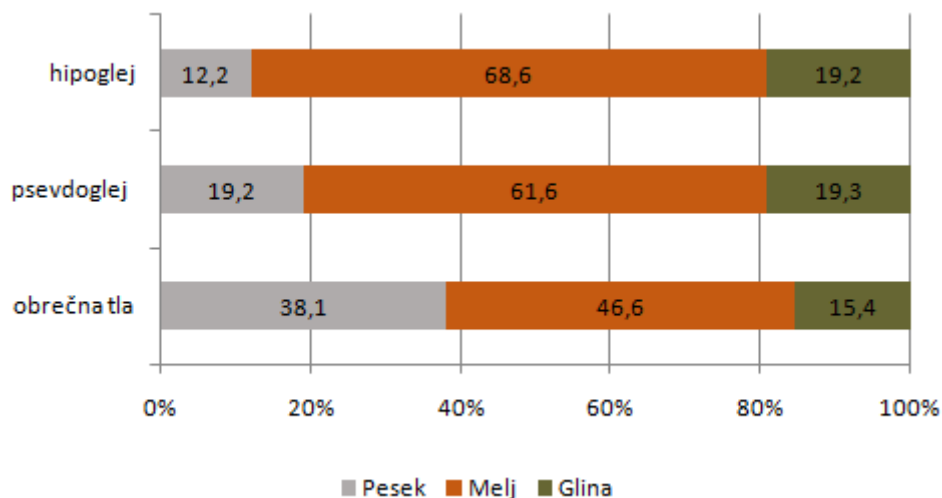


Slika 2: Volumska gostota tal ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) po posameznih horizontih obravnavanih profilov po tipih tal (P1 do P10= obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)

V spodnjem horizontu, to je horizontu nad matično podlago, je razpon volumske gostote obrečnih tal od  $1,30$  do  $1,63 \text{ g}/\text{cm}^3$ , s povprečjem  $1,47 \text{ g}/\text{cm}^3$ . V hipoglejnih tleh volumska gostota spodnjega horizonta znaša od  $1,43$  do  $1,60 \text{ g}/\text{cm}^3$ , s povprečjem  $1,53 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Psevdoglejna tla imajo volumsko gostoto v spodnjem horizontu  $1,48$  in  $1,60 \text{ g}/\text{cm}^3$ , s povprečjem  $1,54 \text{ g}/\text{cm}^3$ .

#### 4.3 TEKSTURA

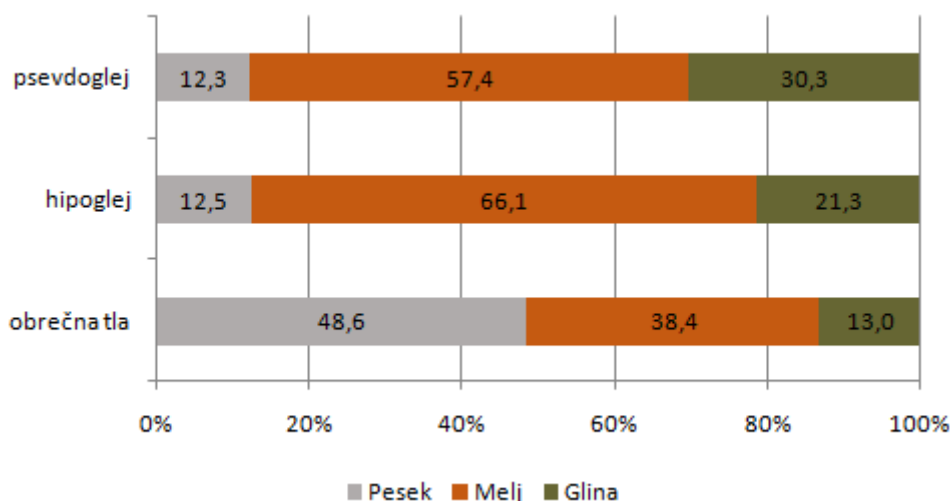
Rezultati analiz teksture tal obravnavanih profilov Apaške doline so pokazali, da je v njih najbolj zastopan delež melja (slika 3). Povprečna vsebnost melja v površinskem horizontu izkopanih profilov znaša  $55,6 \%$ , z razponom od  $31,5$  do  $72,8 \%$ . Sledi mu pesek s povprečno vsebnostjo  $27,3 \%$ , z razponom od  $8,6$  do  $49,0 \%$ . Najmanjši je delež glinenih delcev, ki v povprečju znaša  $17,1 \%$ , z razponom od  $7,4$  do  $22,7 \%$ .



Slika 3: Povprečni deleži (%) peska, melja in glin v prvem horizontu tal Apaške doline ( $N_{\text{hipoglej}} = 6$  vzorcev,  $N_{\text{psevdoglej}} = 2$  vzorca,  $N_{\text{obrečna tla}} = 10$  vzorcev)

Tekstura spodnjega horizonta, tj. horizonta nad matično podlago, kaže podobne rezultate (slika 4). Največja je vsebnost melja, ki znaša v povprečju 54,0 %, z razponom od 4,7 do 68,1 %. Sledi mu pesek s povprečno vsebnostjo 24,5 % in razponom od 7,4 do 84,6 %. Delež glinenih delcev znaša v povprečju 21,5 %, z razponom od 7,5 do 30,5 %.

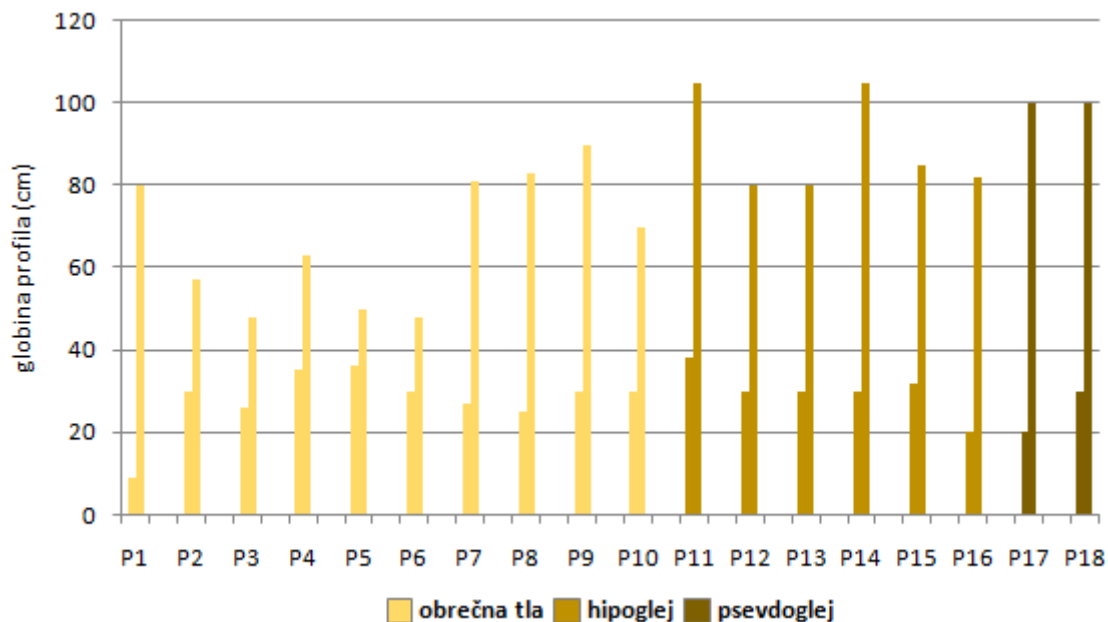
Obrečna tla Apaške doline vsebujejo povprečno 48,6 % peska v horizontu nad matično podlago. Delež je znatno manjši v hipoglejnih (12,5 %) in psevdoglejnih tleh (12,3 %). Hipoglejna tla v istem horizontu tal vsebujejo povprečno 66,1 % melja in se po njegovi večinski zastopanosti ločijo od ostalih dveh tipov tal. Psevdoglejna tla izstopajo po deležu glin (30,3 %) v primerjavi z ostalima tipoma tal.



Slika 4: Povprečni deleži (%) peska, melja in glin v zadnjem horizontu tal Apaške doline ( $N_{\text{psevdoglej}} = 2$  vzorca,  $N_{\text{hipoglej}} = 6$  vzorcev,  $N_{\text{obrečna tla}} = 10$  vzorcev)

#### 4.4 GLOBINA TAL

Globina tal v Apaški dolini znaša od 48 do 105 cm (slika 5). Povprečna globina izkopanih profilov je 78 cm. Najbolj plitva tla so izmerjena v profilu P3 in P6 obrečnih tal, kjer znaša globina 48 cm, najgloblja pa so izmerjena v P11 in P14 hipoglejnih tal z izmerjeno globino 105 cm. Prvi horizont izkopanih profilov tal Apaške doline ima povprečno globino 28 cm, najbolj plitev je globok 9 cm. Izmerjen je v P1 obrečnih tal. Najglobljega, z izmero 38 cm, vsebuje P11 hipoglejnih tal.

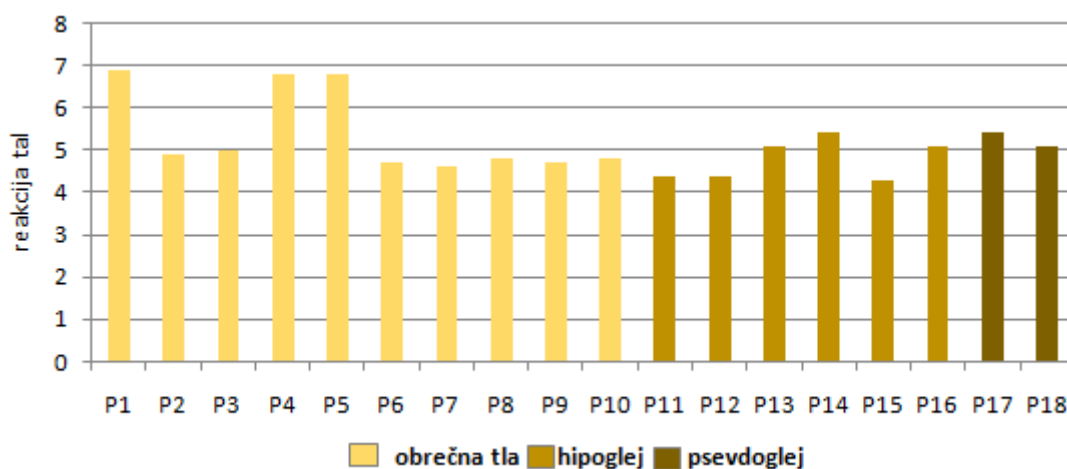


Slika 5: Globina (cm) tal izkopanih profilovv Apaški dolini (P1 do P10= obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)

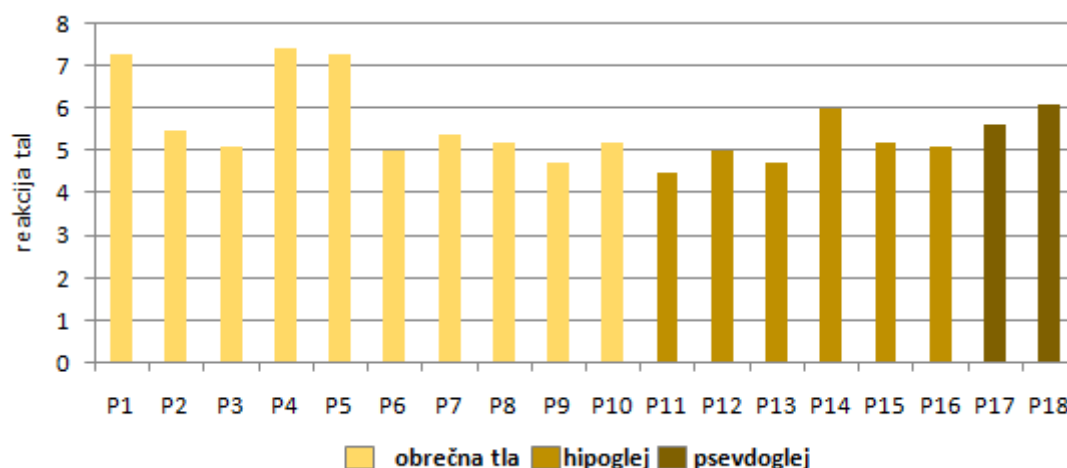
#### 4.5 REAKCIJA TAL

Razpon vrednosti pH v zgornjem, površinskem horizontu vseh 18 profilov tal je od 4,3 do 6,9; v spodnjem (nad matično podlago) pa od 4,5 do 7,4 (sliki 6, 7). Največji pH smo izmerili v profilih P1, P4 in P5, povprečen pH v površinskem horizontu teh treh profilov je 6,8; v spodnjem pa 7,3. To gre pripisati prisotnosti karbonatov v matični podlagi. Pri vseh ostalih profilih je povprečna vrednost 4,8 v površinskem in 5,2 v spodnjem horizontu.

V splošnem je razvidno, daje pH v spodnjih horizontih profilov nekoliko večji od površinskega, kar lahko pojasnimo z izpiranjem bazičnih kationov ter odvzemom bazičnih kationov s strani rastlin. Izjema je P13, kjer je površinski horizont manj kisel (5,1) kot spodnji (4,7), domnevamo, da so kmetje najverjetneje apnili zgornji sloj tal.



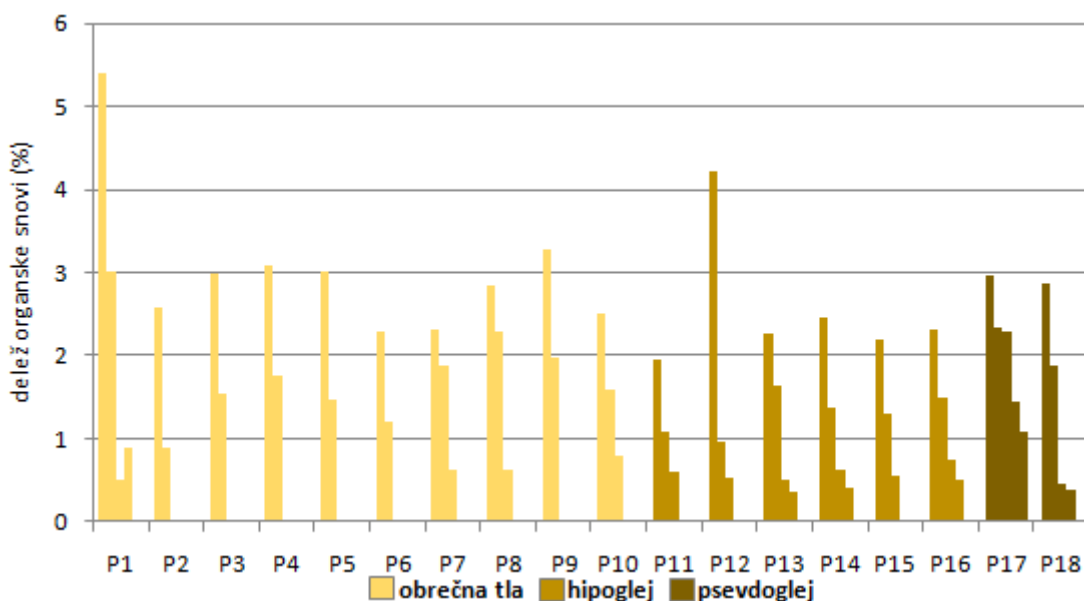
Slika 6: Reakcija tal površinskega horizonta izbranih talnih profilov v Apaški dolini (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)



Slika 7: Reakcija tal spodnjega horizonta izbranih talnih profilov v Apaški dolini (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)

#### 4.6 VSEBNOST ORGANSKE SNOVI

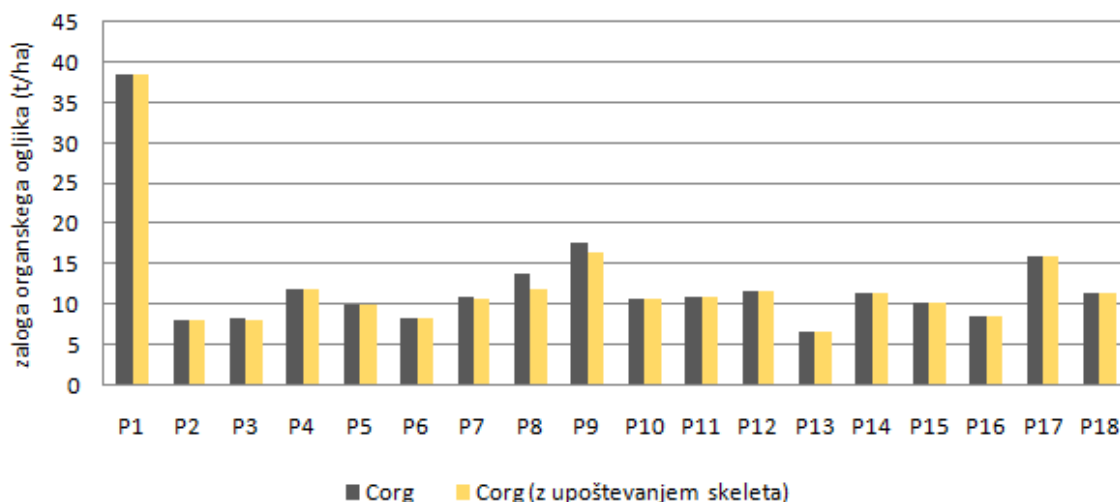
Tla Apaške doline imajo v površinskem horizontu obravnavanih profilov od 1,96 do 5,4 % organske snovi, povprečno 2,86 % (Slika 8). Uvrščamo jih v humozna tla. Delež organske snovi se z globino profilov praviloma zmanjšuje. Znatno preskok v količini je v profilu P12, kjer se zmanjšuje s 4,92 % v površinskem horizontu na 0,97 % v horizontu pod njim.



Slika 8: Delež organske snovi (%) v izbranih talnih profilih Apaške doline, predstavljeno po horizontih (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)

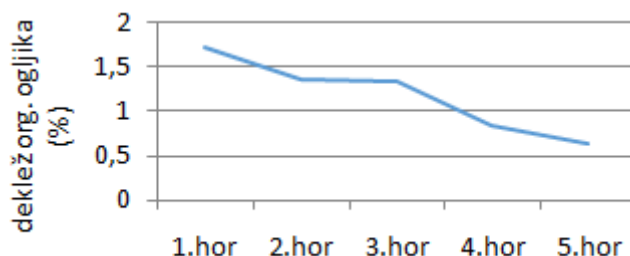
#### 4.6.1 Zaloga organskega ogljika

Zaloga skupnega organskega ogljika ( $C_{org}$ ), računana po horizontih od površine do matične podlage, znaša v povprečju 12,35 t/ha, z razponom od 6,60 do 38,58 t/ha (slika 9). Pri izračunu smo upoštevali prisotnost skeleta. Vidnejša razlika v zalogi  $C_{org}$  je le v izkopanih profilih 8 in 9, kjer je zastopanost skeleta večja in je posledično manjša količina organskega ogljika v primerjavi z neupoštevanjem skeleta.



Slika 9: Zaloga  $C_{org}$  (t/ha) obravnavanih profilov, računana brez upoštevanja oz. z upoštevanjem deleža skeleta (P1 do P10 = obrečna tla, P11 do P16 = hipoglej, P17 do P18 = psevdoglej)

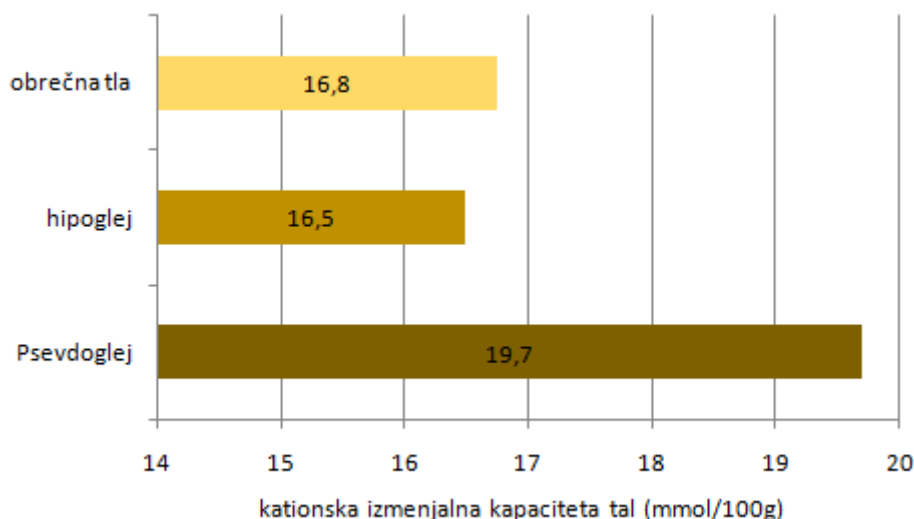
Največje vsebnosti organskega ogljika so v površinskem horizontu. Delež  $C_{org}$  se z globino zmanjšuje. Za primer smo podali profil 17 s petimi horizonti (slika 10). V površinskem horizontu ga je 1,71 %; vsebnost se zmanjšuje na 0,63 % v zadnjem horizontu.



Slika 10: Vsebnost organskega ogljika (%) v profilu 17 v odvisnosti od globine

#### 4.7 KATIONSKA IZMENJALNA KAPACITETA

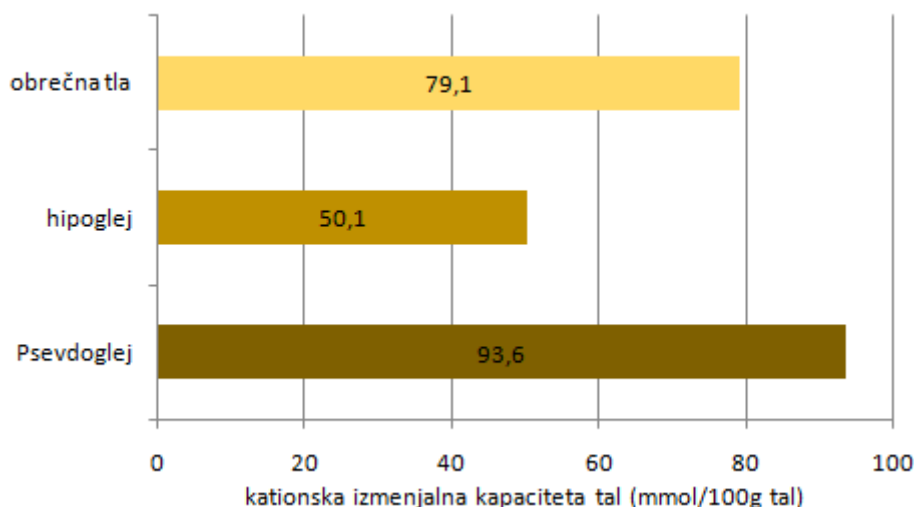
Povprečna kationska izmenjalna kapaciteta površinskega horizonta vseh 18 profilov v Apaški dolini znaša 17,4 mmol/100 g tal, z razponom od 15,1 do 22,0 mmol/100 g tal (slika 11). V obrečnih tleh ima povprečno vrednost 16,8 mmol/100 g tal, z razponom od 15,1 do 18,7 mmol/100 g tal. V hipoglejnih tleh je povprečna vrednost 16,5, z razponom od 15,3 do 18,0 mmol/100 g tal. V psevdogleju je povprečna vrednost 19,7 mmol/100 g tal, z razponom od 17,4 do 22,0 mmol/100 g tal.



Slika 11: Povprečna skupna kationska izmenjalna kapaciteta tal (mmol/100 g) v površinskem horizontu obravnavanih tipov tal Apaške doline ( $N_{psevdoglej} = 2$  vzorca,  $N_{hipoglej} = 6$  vzorcev,  $N_{obrečna\ tla} = 10$  vzorcev)

Skupna kationska izmenjalna kapaciteta tal (CEC), izračunana kot vsota CEC vseh horizontov v obrečnih tleh znaša od 29,3 do 54,1 mmol/100 g, s povprečjem 36,4 mmol/100 g (slika 11). V hipoglejnih tleh je skupna CEC večja in znaša od 44,3 do 59,7 mmol/100 g, s povprečno vrednostjo 50,1 mmol/100 g. V profilih psevdoglejnih tal Apaške doline pa znaša od 77,0 do 110,0 mmol/100 g, s povprečno vrednostjo 93,6 mmol/100 g.





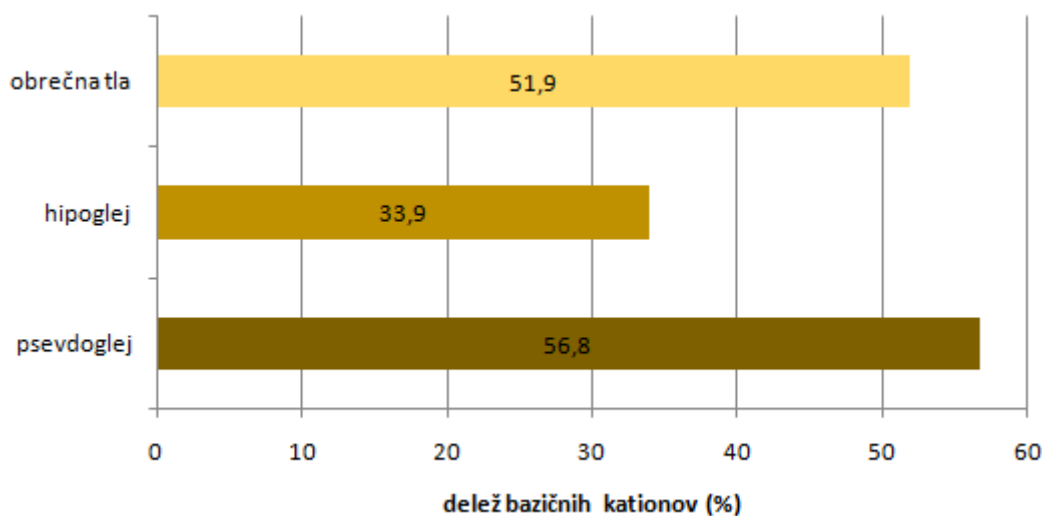
Slika 12: Kationska izmenjalna kapaciteta tal (mmol/100 g tal), izračunana za celoten profil. Predstavljena so povprečja po tipih tal Apaške doline ( $N_{\text{psevdoglej}} = 2$  vzorca,  $N_{\text{hipoglej}} = 6$  vzorcev,  $N_{\text{obrečna tla}} = 10$  vzorcev)

#### 4.8 DELEŽ BAZIČNIH IONOV

Rezultati meritev deleža bazičnih kationov (vrednost  $V$  (%)) od skupne kationske izmenjalne kapacitete so pokazali, da ima zgornji horizont tal, to je horizont A oziroma Ap, povprečno vrednost  $V$  v obrečnih tleh 51,9 % (slika 13). Upoštevajoč povprečje, so tla evtrična. Razpon med posameznimi profili pa je od 27,2 do 88,5 % vrednosti  $V$ .

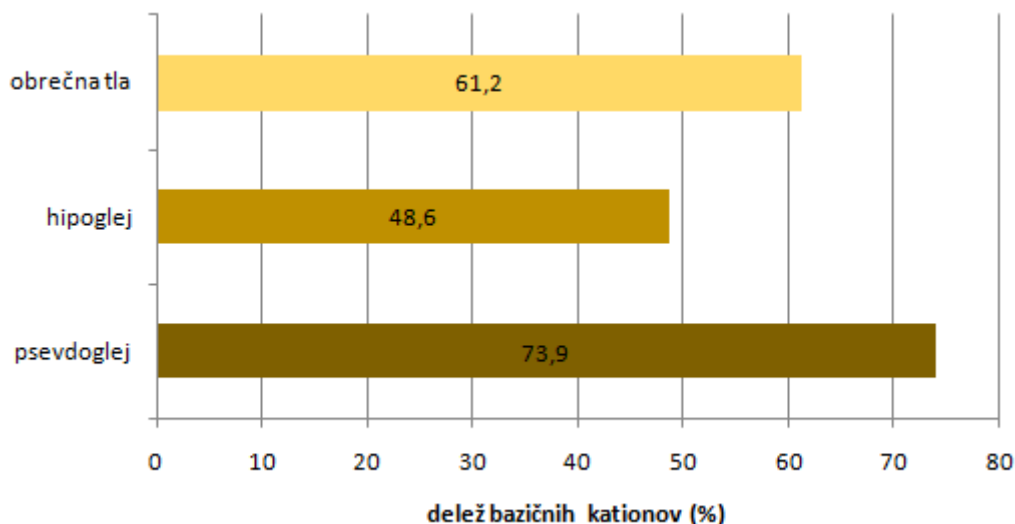
Hipoglejna tla imajo povprečno vrednost  $V$  33,92 %. Spadajo v distrična tla. Razpon med posameznimi profili teh tal je od 22,1 do 55,9 % vrednosti  $V$ .

V PKE psevdoglejnih tal smo od dveh vzorčenih profilov dobili povprečno 56,75 % vrednost  $V$  z razponom od 51,7 do 61,8 %. Ta tla spadajo v evtrična tla.



Slika 13: Delež bazičnih kationov (vrednost V (%)) površinskega horizonta. Prikazana so povprečja po tipih tal Apaške doline ( $N_{\text{psevdoglej}} = 2$  vzorca,  $N_{\text{hipoglej}} = 6$  vzorcev,  $N_{\text{obrečna tla}} = 10$  vzorcev)

V spodnjem profilu nad matično podlagose je v vseh treh tipih tal povečal delež bazičnih kationov. Če gledamo povprečje, se je v obrečnih tleh povečal za 9,33 (slika 13 in 14); hipoglejnih za 14,7 in psevdoglejnih tleh za 17,15 % vrednosti V. Edini profil, ki se mu vrednost V skozi globino ni povečala, je P13. Pri njem se je zmanjšala za 2,3 %.



Slika 14: Delež bazičnih kationov (vrednost V (%)) horizonta nad matično podlago. Prikazana so povprečja po tipih tal Apaške doline ( $N_{\text{psevdoglej}} = 2$  vzorca,  $N_{\text{hipoglej}} = 6$  vzorcev,  $N_{\text{obrečna tla}} = 10$  vzorcev)

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

V Apaški dolini smo ugotavljali izbrane fizikalno-kemijske lastnosti tal. Iskali smo podobnosti med profili in po čem so se razlikovali. S poznavanjem lastnosti si lahko ljudje gospodarneje izbirajo vrste gojenih rastlin, uporabijo ustrezne kmetijske tehnologije za obdelavo zemlje, se ustrezno pripravijo na sušna obdobja ter zmanjšujejo okoljska tveganja izpiranja hranil in sredstev za varstvo rastlin.

Tla Apaške doline so malo do srednje skeletna (slika 1). V večini obravnavanih profilov je volumski delež skeleta manj kot 5 %. So pa zemljišča, kjer je delež skeleta večji, na primer v profilu 8 (P8 – Segovci) znaša 15,1 %. Delež skeleta je odvisen od vrste tal. Povprečni delež skeleta v obrečnih tleh znaša 5%, v hipogleju in psevdogleju pa desetkrat manj. Prisotnost skeleta v površinskih horizontih lahko ovira obdelovanje tal ter povečuje hiter odtok vode po makroporah (Plaster, 2009). Skelet pa ima lahko v tleh tudi ugoden vpliv na zračno-vodne razmere tal, na primer v hipoglejnih in psevdoglejnih tleh, kjer bi bila njegova večja zastopanost drobnega velikostnega razreda s premerom 0,2–2,0 cm (Tehnična navodila ..., 2008) povsem primerna v smislu ugodnejšega zračnega režima v tleh.

Volumska gostota tal je odvisna predvsem od razmerja organske in mineralne snovi v tleh in skupnega volumna por. Volumska gostota obravnavanih profilov z globino v splošnem narašča (slika 2), delež organskih snovi pa se zmanjšuje (slika 8). Izjemi sta profila 10 (P10 – Žiberci) in 17 (Lomanoše), kjer je kljub večjemu deležu organske snovi v prvem horizontu večja tudi volumska gostota v drugem horizontu. V profilu 6 pa ostaja nespremenjena z volumsko gostoto  $1,63 \text{ g/cm}^3$  v prvem in drugem horizontu. Ti trije primeri nakazujejo, da je volumska gostota tal dinamična lastnost, ki se lahko spreminja z obdelovanjem zemlje, uporabo kmetijske mehanizacije, gaženjem živali, pa tudi pod vplivom posebnih vremenskih pogojev (Suhadolc in sod., 2006). V teh treh primerih gre verjetno za površinsko zbijanje tal zaradi uporabe strojev in vozil.

Tekstura tal je pokazala, da vsebujejo obrečna tla od vseh treh tipov največji delež peska, in sicer v površinskem horizontu do 49 % (slika 3). Tega je v povprečju za 10 % več v horizontih nad matično podlago (slika 4). Tla z večjim deležem peska so topla in imajo dobro prezračenost ter so ugodna za rast korenin. Zaradi majhne specifične površine delcev (fini pesek  $0,1 \text{ m}^2/\text{g}$  tal) pa slabo zadržujejo hranila, ter so dobro prepustna za vodo (Suhadolc in sod, 2006). S tem so rastline hitreje izpostavljene suši. Izjemno pazljivi pri teh tleh moramo biti z gnojenjem in uporabo FFS, saj se ta lahko hitro izpirajo v podtalnico (Štangelj, 2009). Melj je najbolj zastopan v hipogleju in psevdogleju, njegov delež znaša tudi do 73 %. Večja vsebnost melja je v površinskem horizontu kakor v horizontu nad matično podlago. Zaradi prevladujočega melja, ki ima specifično površino delcev  $1 \text{ m}^2/\text{g}$  tal, so ta tla sposobna zadrževati nekoliko več vode, možen je že kapilaren dvig (Suhadolc in sod, 2006). Največji delež gline je v horizontih nad matično podlago hipoglejnih in predvsem psevdoglejnih tal. Ker ima zelo veliko specifično površino (od 10 do  $10.000 \text{ m}^2/\text{g}$  tal), omogoča zelo močno vezavo hranil in vode. Prav tako je večja vezava FFS. Šibanc (2009) je v tleh Apaške doline ugotovila večjo adsorpcijo herbicida terbutilazina v

teksturno težjih tleh (9 % P, 65 % M, 27 % G) v primerjavi s teksturno lažjimi (8 % P, 72 % M, 20 % G), ob podobnem deležu organske snovi.

Obrečna tla s povprečno globino 67 cm spadajo med srednje globoka tla (slika 5). Ob upoštevanju, da so dobro odcedna, so hitro podvržena pomanjkanju vode. Hipoglejna in psevdoglejna tla imajo povprečno globino 98,5 in 100 cm, kar jih uvrsti v globoka tla. Ta tla imajo, kljub večji globini, obratno težavo v primeru večjih količin vode, saj se ta zadržuje v profilu, možen je tudi površinski odtok. V sušnih razmerah pa njihova večja sposobnost za zadrževanje vode (Rojec, 2009) ter kapilaren dvig vode iz spodnjih v površinske horizonte predstavlja njihovo manjšo ranljivost za sušo v primerjavi z obrečnimi tlemi.

Reakcija oziroma vrednost pH v proučevanih profilih je pokazala, da se kislost načeloma manjša z globino, kot je razvidno s slik 6 in 7 (P6 – Žiberci, P7 – Lutverci). Naši rezultati potrjujejo, da se pH spreminja v odvisnosti od deleža bazičnih kationov, to je vrednostjo V (%). Vrednost V se je namreč z globino profilov praviloma večala (sliki 13 in 14), prav tako tudi pH (slika 7). Lep primer je profil 18 (P18 – Janhovo), kjer je v zgornjem horizontu vrednost V 51,7 %, v spodnjem pa 79,4 %. Sprememba v deležu bazičnih kationov se je odrazila v vrednosti pH, ki je bila 5,1 v zgornjem in 6,1 v spodnjem horizontu.

Naši rezultati kažejo, da so tla v Apaški dolini relativno kislata (slika 6). Z izjemo treh profilov z nevtralno reakcijo, tj. profil 1 (P1 – Apače), profil 4 (P4 – Škrinjar) in profil 5 (P5 – Zgornje Konjišče), kjer je pH zgornjega horizonta v povprečju 6,8, je v preostalih profilih zgornjega horizonta pH v povprečju 4,8 (sliki 4 in 5). Ta spadajo po Stepančiču v kislata tla. Leskošek in Mihelič (1998) navajata, da je optimalen pH za srednje težka tla, ki so značilna za Apaško dolino, od 6,3 do 7,0. V tem reakcijskem območju srednje težkih tal lahko rastline najugodnejše koristijo hranilne snovi. Glede na naše ugotovitve o relativno kisli reakciji tal v Apaški dolini bi za boljšo pridelavo rastlin svetovali apnjenje (Leskošek in Mihelič, 1998). Apnjenje se v praksi na nekaterih zemljiščih Apaške doline verjetno že izvaja. Na to kažejo nekoliko večje vrednosti pH v zgornjih v primerjavi s spodnjimi horizonti (P13 – Plitvica).

Delež organske snovi v tleh Apaške doline je od 1,96 do 5,4 % (slika 8). V obrečnih tleh, ki so najbolj podvržena suši, ima organska snov še posebej velik pomen, saj pomaga zadrževati vodo in jo rastline lahko koristijo (Zupan in sod., 2008). Poleg tega povečuje kationsko izmenjalno kapaciteto ter s tem zadrževanje hranil in FFS, kar je v teksturno lahkih tleh prav tako izjemnega pomena. Obrečna tla vsebujejo od 2,3 do 5,4 % organske snovi v zgornjem horizontu. Povečevanje vsebnosti organske snovi je relativno enostaven ukrep za zmanjševanje ranljivosti pred sušo in izpiranjem FFS v podzemno vodo. V vseh profilih se po pričakovanjih delež organske snovi z globino zmanjšuje. Znatno preskok v količini je v profilu 12 (P12 – Brezje), kjer pade z 4,92 % v površinskem horizontu na 0,97 % v horizontu pod njim. Tudi v hipoglejnih tleh je pomembno ohranjanje zadostne vsebnosti organske snovi, posebno v profilu 11 (P11 – Travnik), saj jo je le 1,96 % v zgornjem horizontu. Zaloge organskega ogljika v obravnavanih tleh Apaške doline imajo zelo velik razpon od 6,68 do 38,59 t/ha. Vezava C v tleh (sekvestracija) je poleg ugodnih vplivov na kakovost tal pomembna tudi z vidika globalnih podnebnih sprememb.

V literaturi je navedeno, da je kationska izmenjalna kapaciteta (CEC) odvisna predvsem od vsebnosti organske snovi v tleh in deleža gline (Zupan in sod., 2008). Iz rezultatov je razvidno, da je s povprečno vrednostjo 93,6 mmol/100 g skupna CEC največja v psevdoglejnih tleh, sledi hipoglej s 50,1 mmol/100 g (slika 12). V teh tleh narašča z globino tudi delež gline. V obrečnih tleh, kjer je delež gline majhen in se z globino zmanjšuje (sliki 3 in 4), hkrati pa se zmanjšuje tudi vsebnost organske snovi (slika 8), je CEC v povprečju 36,4 mmol/100 g tal. Razlika v skupni CEC med obravnavanimi tlemi je velika tudi zaradi razlik v globini tal. V obrečnih tleh ima večjo vlogo za zadrževanje hranil in FFS organska snov, posebno v površinskem horizontu. V psevdogleju, ki ima od vseh treh tipov tal največji delež gline, pa le-ta pomembno prispeva k CEC. Delež gline namreč narašča z globino (sliki 3 in 4), z globino se povečuje tudi CEC kljub manjši vsebnosti organske snovi (slika 8). CEC naraste z 19,7 v površinskem horizontu na 21,65 mmol/100 g tal v horizontu nad matično podlago.

Rezultati kažejo, da je mogoče z ustreznimi kmetijskimi ukrepi izboljšati kakovost tal za pridelovanje poljščin. Pri obrečnih tleh bi lahko z dodatkom organske snovi povečali kapaciteto za zadrževanje vode ter zmanjšali ranljivost za sušo. Hkrati bi s tem ukrepom povečali CEC ter s tem zmanjšali potencialna tveganja rabe FFS. Pri hipogleju in psevdogleju pa bi s podzemno drenažo izboljšali vodno-zračne razmere v tleh.

## 5.2 SKLEP

Tla Apaške doline so zelo pestra, osnovni talni tipi se razlikujejo v globini, teksturi, volumski gostoti, vsebnosti organske snovi, reakciji tal ter kationski izmenjalni kapaciteti. Razlike v omenjenih lastnostih smo ugotovili tudi znotraj posameznih pedosistematskih enot.

Obrečna tla so srednje globoka, teksturno lahka do srednje težka (PI-MI), v povprečju s 5-odstotnim volumskim deležem skeleta. Vsebnost organske snovi površinskega horizonta je v povprečju 3 %, pH v površinskem horizontu je v povprečju 5,4. Skupna CEC je v povprečju 36,38 mmol/100 g tal, delež bazičnih kationov površinskega horizonta je 51,9 % in z globino narašča. Hipoglejna tla so globoka, teksturno srednje težka do težka (MI-MGI), skoraj brez skeleta (v povprečju 0,5 % volumskega deleža). Vsebnost organske snovi površinskega horizonta je v povprečju 2,6 %, pH površinskega horizonta je v povprečju 4,8. Skupna CEC znaša v povprečju 50,1 mmol/100 g tal. Delež bazičnih kationov je v povprečju 33,9 %. Psevdoglejna tla so globoka, teksturno srednje težka do težka (MI, MGI), skoraj brez skeleta (v povprečju 0,6 %). Vsebnost organske snovi površinskega horizonta je v povprečju 2,9 %. pH v površinskem horizontu je v povprečju 5,3. Skupna CEC v povprečju vsebuje 93,6 mmol/100 g tal, od tega je delež bazičnih kationov 73,9 %.

## 6 POVZETEK

Apaška dolina zaradi svoje ravninske lege predstavlja odličen potencial za kmetijsko dejavnost. Večina ljudi v tej dolini se tudi v praksi ukvarja z njo. Poznavanje fizikalno-kemijskih lastnosti tal nam pri tem omogoča pravilno izvajanje smernic za trajnostno rabo tal.

Raziskava je vključevala terensko in laboratorijsko delo ter obdelavo podatkov. Na terenu je bilo jeseni 2006 izkopanih 18 profilov. Pri vsakem profilu smo odvzeli porušen in neporušen vzorec po horizontih. Vse prinesene vzorce s terena smo analizirali v laboratoriju Centra za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Skelet smo določili v neporušenih vzorcih tal, odvzetih s pomočjo Kopeckyjevih cilindrov in plastičnih kolotov, premera 15 cm in višine 10 cm. Volumsko gostoto smo določali po standardu ISO 11272 (1993). Teksturo vzeti vzorcev tal smo določali s sedimentacijsko-pipetno metodo ISO 11277 (1998). Globino tal in posameznih horizontov smo izmerili ob izkoputalnih profilov na terenu. Reakcijo tal smo izmerili v suspenziji tal z 0,001 mol/l raztopino kalcijevega klorida po standardni metodi ISO 10390. Vsebnost organske snovi smo določali po Walkley-Blackovi metodi SIST ISO 14235. Iz vsebnosti organske snovi smo izračunali delež organskega ogljika ( $C_{org}$ ) in skupne zaloge  $C_{org}$  v obravnavanih profilih tal. Kationsko izmenjalno kapaciteto smo določali na podlagi metode z amonoacetatno ekstrakcijo in ekstrakcijo z  $BaCl_2$ .

Rezultate smo primerjali po treh različnih osnovnih talnih tipih, ki se pojavljajo v Apaški dolini: obrečna tla, hipoglej in psevdoglej. Vsebnost skeleta je največja v obrečnih tleh, kjer doseže v posameznem profilu tudi do 15 %. Volumska gostota tal se bistveno ne razlikuje med talnimi tipi in je v površinskem horizontu od 1,20 do 1,63 g/cm<sup>3</sup>. Z globino načeloma narašča. Teksturno se med seboj ločijo: obrečna po večjem deležu peska, hipoglejna po večjem deležu melja, psevdoglejna pa po večjem deležu gline. Obrečna tla so srednje globoka, hipoglejna in psevdoglejna pa globoka tla. pH površinskega horizonta tal vseh tipov je v povprečju kisel (5,2) in načeloma narašča z globino, kjer v horizontu nad matično podlago naraste povprečno na 5,6. Vsebnost organske snovi površinskega horizonta tal je v povprečju 2,86 % in jih uvršča v kategorijo humoznih tal. Z globino se delež organske snovi zmanjšuje. Kationska izmenjalna kapaciteta je največja v psevdogleju, kjer je v povprečju 93,6 mmol/100 g tal, sledi hipoglej s 50,1 mmol/100 g tal in obrečna tla s 36,4 mmol/100 g tal. Delež bazičnih kationov je v splošnem večji od 50 % v obrečnih tleh in psevdogleju, medtem ko je v hipogleju manjši od 50 %. Razpon vrednosti V med posameznimi profili pa je zelo velik, od 31,8 do 92,6 %. V vseh treh PSE z globino narašča, največ v psevdoglejnih tleh (povprečno za 17,15 %).

Podatki o fizikalno-kemijskih lastnostih tal, pridobljeni s to raziskavo, so uporabni v kmetijsko svetovalne namene, tako za izboljševanje rodovitnosti tal kot tudi za zmanjševanje okoljskih tveganj izpiranja hranil in FFS.

## 7 VIRI

- ARSO. 2016. Varstvo okolja. Tla. Ministrstvo za okolje in prostor: 17 str.  
<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/tla.pdf> (15. avgust 2016)
- ISO 10390. 2005. Soil quality - determination of pH: 5 str.
- ISO 11272. 1993. Soil quality - determination of dry bulk density. Modify after Janytzki, 1986: 10 str.
- ISO 11277. 2009. Determination of particle size distribution in mineral soil material-method by sieving and sedimentation: 34 str.
- Lah A. 2002. Okoljski pojavi in pojmi. Okoljsko izrazje v slovenskem in tujih jezikih z vsebinskimi pojasnili. Zbirka usklajeno in sonaravno. Ljubljana, Svet za varstvo okolja Republike Slovenije: 208 str.
- Leskošek M., Mihelič R. 1998. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. 1. del poljedelstvo in pašništvo. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 51 str.
- Leštan D. 2002. Ekopedologija. Študijsko gradivo za študente opredelilnega študija Ekopedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Oddelek za agronomijo: 267 str.
- Plaster E. J. 2009. Soil Science & Managment. 5th Edition. New York, Delmar: 495 str.
- Prus T. 2000. Klasifikacija tal. Študijsko gradivo za ciklus predavanj. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Center za pedologijo in varstvo okolja. 22 str.  
<http://web.bf.uni-lj.si/cpvo/Novo/PDFs/KlasifikacijaTal.pdf> (15. avgust 2016)
- Prus T., Kralj T., Vrščaj B., Zupan M., Grčman H. 2015. Slovenska klasifikacija tal. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Kmetijski inštitut Slovenije: 52 str.  
[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo\\_okolja/tla/Slovenska\\_klasifikacija\\_tal.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/tla/Slovenska_klasifikacija_tal.pdf) (18. avgust 2016)
- Prus T., Vidic N, Zupan M. 1992. Študijsko gradivo za predmet pedologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 194 str.
- Rojec L. 2009. Sposobnost tal za zadrževanje vode na izbranih tleh Apaške doline na osnovi meritev v porušeni vzorcih in neporušeni vzorcih. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Agronomijo: 35 str.
- Rojec M. 2008. Pedosistematske enote Apaške doline. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Agronomijo: 36 str.
- SIST ISO 14235. 1999. Kakovost tal - Določanje organskega ogljika z oksidacijo v kromžvepleni kislini (modificirano po Walkley-Black-u): 5 str.

- Stritar A. 1991. Pedologija. Kompendij. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Agronomski oddelek: 126 str.
- Suhadolc M. 2013. Biotski indikatorji kakovosti tal. V: Novi izzivi v agronomiji 2013. Zbornik simpozija. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 50-55
- Suhadolc M., Ruprecht J., Zupan M. 2006. Študijsko gradivo za vaje iz pedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja: 54 str.
- Šibanc N. 2009. Razgradnja herbicida terbotilazina v dveh teksturno različnih tleh Apaške doline. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Agronomijo: 35 str.
- Štangelj A. 2009. Ocena izpiranja izbranih herbicidov na obrečnih tleh Apaške doline, posejanih s koruzo. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 80 str.
- Tehnična navodila za določanje bonitetnih zemljišč. 2008. Ljubljana, Geodetska uprava Slovenije, Ministrstvo za okolje in prostor: 91 str.  
[http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/zakonodaja/ZEN/Tehnicna\\_navodila\\_za\\_dolocanje\\_bonitete\\_zemljisc\\_Internet.pdf](http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/zakonodaja/ZEN/Tehnicna_navodila_za_dolocanje_bonitete_zemljisc_Internet.pdf) (21. avgust 2016).
- Vidic N. J., Prus T., Grčman H., Zupan M., Lisec A., Kralj T., Vrščaj B., Ruprecht J., Šporar J., Suhadolc M., Mihelič R., Lobnik, F. 2015. Tla Slovenije s pedološko karto v merilu 1: 250 000. Evropska komisija, Skupni raziskovalni center (JRC).  
[http://soil.bf.uni-lj.si/projekti/pdf/atlas\\_final\\_2015\\_reduced.pdf](http://soil.bf.uni-lj.si/projekti/pdf/atlas_final_2015_reduced.pdf) (21. avgust 2016)
- Zupan M., Grčman H., Lobnik F. 2008. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 63 str.



## ZAHVALA

V prvi vrsti bi se rad zahvalil svoji mentorici doc. dr. Marjetki SUHADOLC za vso pomoč, trud in napotke pri izdelavi diplomske naloge. Za terensko delo se zahvaljujem dipl. ing agr. Janezu RUPREHTU. Za strokovno recenzijo se zahvaljujem prof. dr. Marini PINTAR. Zahvalil bi se tudi vsem zaposlenim Centra za pedologijo in varstvo okolja.

Za pomoč pri urejanju naloge bi se zahvalil Toniju KORACĀINU, za lektoriranje pa Nataši JAKOP. Hvala vam.

Zahvalil bi se tudi starim staršem hčerke Zoje za njeno varstvo in pomoč v času dokončevanja študija.

Bratu Andreju se zahvaljujem za osnovne korake v programu Excel in za pomoč pri statistični združitvi podatkov. Andrej na tem mestu bi se ti še posebej rad zahvalil za tvojo skrb in pokazano pot, ki me je pripeljala do študija in posledično do končanja.

Predvsem pa hvala tebi Ada za vso moralno podporo, ljubezen ter veliko mero potrpežljivosti, še iz časa rednega študija, zlasti pa sedaj, ko se ta zgodba zaključuje.