

## Petrološke in mineraloške značilnosti Peračiškega tufa

### Petrological and mineralogical characteristics of Peračica tuff

VANJA KASTELIC<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Aškerčeva cesta 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; E-mail: vanja.kastelic@ntf.uni-lj.si

**Received:** May 11, 2008

**Accepted:** August 21, 2008

**Izvleček:** Peračiški tuf pripada seriji Smrekovških piroklastičnih kamnin. Starost kamnin je oligocenska, prostorska odmaknjenost obeh tipov kamnin pa posledica desnega znika ob Savskem prelomu. Peračiški tuf sodi med drobno do srednjezrnate – pelitne do psamitne tufe. Sestava plagioklazov kaže 65 % vsebnost albitske komponente, kar jih uvršča med dacitno-andezitsko sestavo. Kamnine so sekundarno spremenjene. Zeleno barvo jim daje mineral klorit, ki v veliki meri nadomešča primarni biotit, v vzorcih pa so prisotni tudi minerali glin in zeoliti. Posamezni različki Peračiškega tufa so rjave barve, kar je posledica karbonatizacije kamnine, opaženi pa so tudi redki vzorci po strukturi kristalnega tufa z nekaj milimetrskimi luskami klorita.

**Abstract:** Peračica tuff series is a part of a bigger Smrekovec piroclastic rock series. The age of rocks is Oligocene and recent space-distribution of the piroclastic rocks depict dextral strike-slip along Sava Fault line. Peračica tuffs are fine to medium grained (pelitic to psamitic) tuffs with dacite to andesite composition. Rocks exhibit secondary changes in mineral composition. Green colour of tuffs is caused by chlorite content and this mineral is substituting primary biotite. Rock samples also contain minerals from clay mineral group and also zeolites. One of Peračica tuff variety is brown in colour which is caused from intense carbonatization processes, a type with a few millimetre in size grains of chlorite belongs to a crystal tuff variety according to its structure.

**Ključne besede:** Peračiški tuf, mineralna sestava, rentgenska difrakcija, sekundarne spremembe

**Key words:** Peračica tuff, mineral composition, X-ray diffraction, secondary mineral changes

## DOSEDANJE RAZISKAVE IN REGIONALEN PREGLED

Smrekovške vulkanoklastične kamnine, kamor prištevamo tudi Peračiške tufe, so vezane na proces vulkanizma, ki je pričel delovati v morskem okolju, kjer je nastal vulkanski masiv z enim stratovulkanom. Sestava magme se je zaradi frakcionirane kristalizacije bazaltne taline s časom spreminjala od bazaltne prek bazaltno-andezitne in kisle andezitne do dacitne taline (KRALJ, 1997).

Prve opise Peračiških tufov zasledimo pri MORLOTU (1850), ki jih opisuje kot posebne zelenkaste, tufom podobne kamnine, nastale s preobrazbo krhkega eocenskega skrilavca (MORLOT, 1850). S proučevanjem Peračiških tufov sta se v nadaljnjih letih ukvarjala še Peters, ki jih je določil kot sedimentne tvorbe sestavljene iz drobcev glinastih skrilavcev in dioritnih kamnin (PETERS, 1856), ter Lipold, ki je omenjene kamnine starostno uvrstil v spodnji miocen (LIPOLD, 1857). V nadaljnjih letih so sledile raziskave slovenskih geologov. S to tematiko sta se ukvarjala predvsem JOŽE DUHOVNIK (1964), ki je izdelal geološko skico ozemlja in se ukvarjal s preiskavami plagioklazov s pomočjo Fedorove metode, ter DOLAR-MANTUANI v razpravi Peračiški tufi (1937). V tej razpravi se je ukvarjala predvsem z določevanjem kemizma tufov in s pomočjo tako dobljenih rezultatov ter z merjenjem vsebnosti anortitne komponente plagioklazov ugotovila, da kamnine pod imenom Peračiški tufi ustrezajo dacitni ali andezitni sestavi.

V novejšem času na temo podrobnejših raziskav Peračiških tufov ni bilo objavljenega

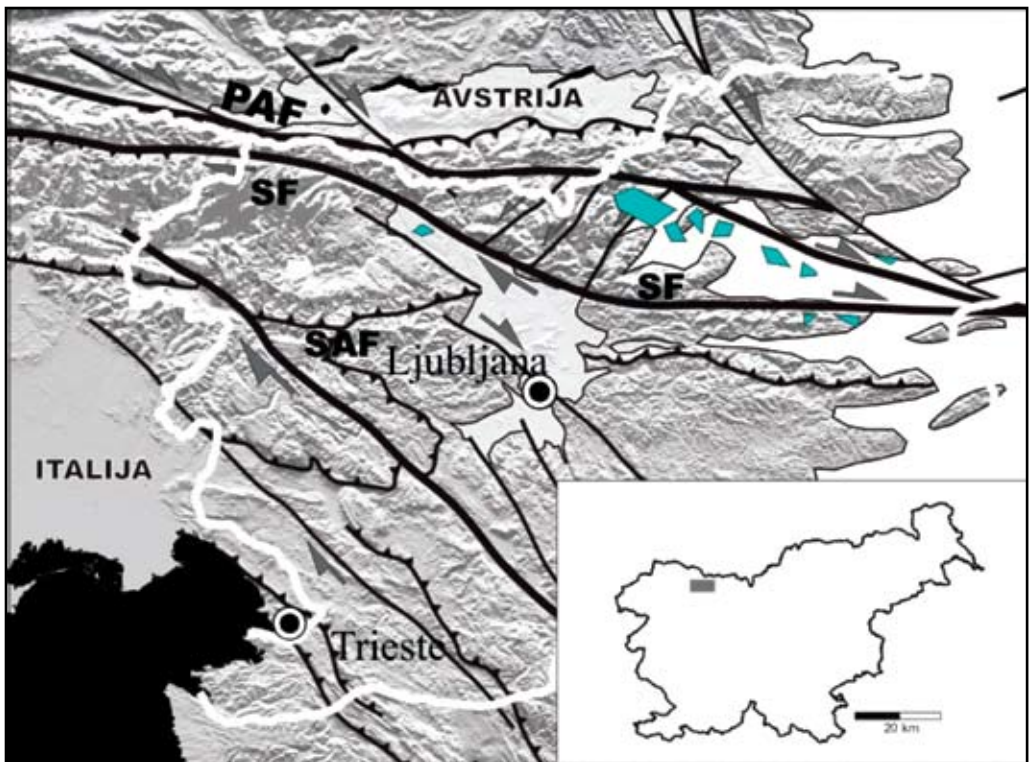
nobenega članka, omenjajo pa se v raziskavah smrekovških piroklastičnih kamnin kot njihovi ekvivalenti (HINTERLECHTER-RAVNINIK & PLENIČAR, 1967). Na podlagi sestave obeh kamnin sta sklepala na skupen izvor in ugotovila, da je središče vulkanizma moralo ležati severno od Julijskih Alp, saj plasti oligocenskega andezitnega tufa niso bile najdene severneje od Savskega preloma, le južneje v Radovljiški kotlini, medtem ko so izdanki Smrekovškega tufa bili najdeni severneje od Savskega preloma, ob katerem naj bi prišlo do desnega znika in s tem razmika obeh vulkanoklastičnih serij kamnin. PLACER (1996) je potrdil domnevo da je Celjski prelom le vzhodni podaljšek Savskega preloma, in s tem oligocenske plasti Radovljiške kotline, v kateri se nahajajo andezitni Peračiški tufi, odrezani in premaknjeni del oligocenskih plasti in serije Smrekovških vulkanoklastičnih kamnin iz Celjske kotline. Na podlagi tega je bil določen hipotetični premik ob Savskem prelomu za 65-70 km. Savski prelom je najjužnejši od spremljajočih prelomov Periadriatskega lineamenta. Dobljen premik je bil ugotovljen s pomočjo razdalje med zahodnima robovoma Radovljiške kotline in Smrekovškega oligocenskega bazena, ter vzporejanja oligocenskih plasti omenjenih enot.

Izdanki Peračiških vulkanoklastičnih kamnin so vezani na območje Radovljiške kotline v NW Sloveniji (slika 1). Regionalno območje pripada južnim obronkom Karavank in se pojavlja severno od Savskega preloma. Na severu zasledimo različke piroklastičnega materiala že skoraj ob vznožju gore Dobrča (DOLAR-MANTUANI, 1937). Proti jugovzhodu jim nato sledimo ob toku reke Peračice vse do Grofije,

kjer se strnjeno območje nastopanja omenjenih kamnin konča nekoliko zahodneje od vasi Peračica. Proti jugozahodu nato sledimo predvsem tufskim peščenjakom do vasi Črnivec, od tam proti severozahodu pa piroklastične kamnine zasledimo še vse do vasi Spodnji Otok in še severneje do Dvorske vasi. Poleg tufov zasledimo na omenjenem območju še tufske peščenjake, tufske breče in vmesne plasti gline sivice, tako da ne moremo govoriti o strnjemem območju nastopanja samih tufov.

Na omenjenem območju je bil v preteklosti aktiven Bogatajev kamnolom, kjer so pridobivali različek sivega homogenega masivnega tufa.

Na območju Peračiškega slapa so vidni prehodi med različki piroklastičnega materiala. Na dnu slapa se pojavlja plast kompaktne sive gline, nad njo ležijo plasti drobnozrnatega tufa s posameznimi večjimi mineralnimi zrni, nad njimi pa izdanjajo plasti drobnozrnatega tufa. Po DUHOVNIKU



**Slika 1.** Regionalna skica raziskanega območja. Z modro barvo so podane lokacije Oligocenskih vulkanoklastičnih kamnin Smrekovške serije (po BUSER, 1977; MIOČ in ŽNIDARŠIČ, 1987; PREMUR, 1983). SF=Savski prelom; PAF=Periadriatska prelomna cona; SAF=Južno-alpska narivna meja.

**Figure 1.** Regional scheme of the investigated area. Blue color depicts locations of Oligocene volcanoclastic rocks of Smrekovec series (after BUSER, 1977; MIOČ in ŽNIDARŠIČ, 1987; PREMUR, 1983). SF=Sava Fault; PAF=Periadriatic fault zone; SAF=South-alpine thrust zone.

(1964) najdemo večja strjena območja tufov še na področju okoli Špika in severneje, kjer se v glavnem menjata drobnozrnati in srednjezrnati tuf z redkimi vložki tufske breče, medtem ko pri vходу v Peračiško dolino pri vasi Črnivec prevladuje predvsem tufski peščenjak.

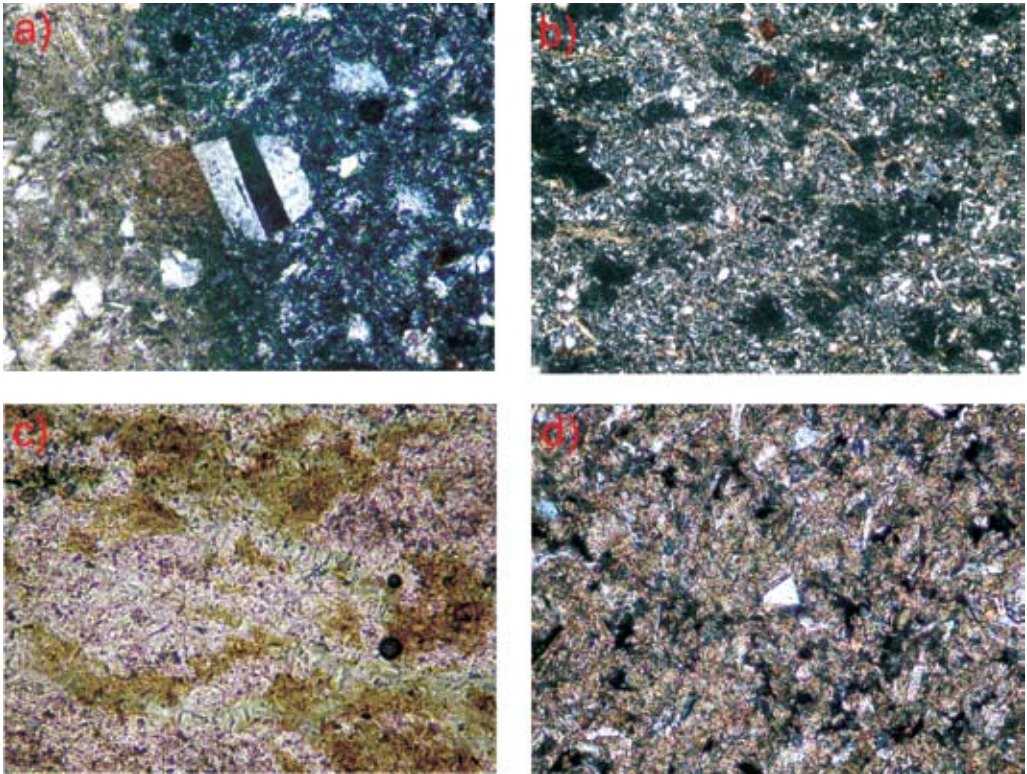
Namen vzorčenja Peračiškega tufa je bil določitev mineraloške sestave različkov tufa, ki se razlikujejo že makroskopsko. Vzorci za mikroskopske in rentgenske analize in so bili vzeti v obeh odkopih Bogatajevega kamnoloma. Odkriti so bili trije različki tufa; svetlozelen drobnozrnat tuf, svetlozelen drobnozrnat tuf z posameznimi tudi do 1 centimeter velikimi temnejšimi izraziteje zelenimi mineralnimi zrni ter različek rjavega drobnozrnatega tufa. Lokacije vzorčenja so bile izbrane tako, da so mesta vzorčenja vključevala vse tri makroskopsko vidne različke tufa v različnih delih znotraj posameznih plasti. Prve štiri vzorce sem vzela v vzhodnem delu odkopa; vzorec številka ena je tipičen svetlozelen primerek tufa vzet iz sredine južnega dela stene. Vzorca 2 in 3 sta po barvi rjavkasta, vzeta iz zgornjega dela južne stene, vzorec številka 4 pa je vzet izven glavne stene ter vsebuje makroskopsko vidna večja mineralna zrna v drobnozrnati osnovi. Vzorce 5, 6 in 7 sem vzela v zahodnejšem odkopu kamnoloma. Vsi od teh so značilne svetlo zelene barve, vzorec št. 7 vsebuje še manganove dendrite.

#### MIKROSKOPSKE ANALIZE

Mikroskopske analize so bile opravljene z mikroskopom znamke Nikon Eclipse E600 POL vpresevni polarizirani svetlobi. V zbruskih svetlozelenih drobnozrnatih

tufov prevladujejo zrna kremenena. Večina kremenovih zrn je nepravilnih oblik, posamezna kažejo zaobljeno obliko, medtem ko so posamezna kristalna zrna idiomorfna. Prisotna so zrna z normalno in valovito potemnitvijo, ki nakazujejo pogoje povišanega usmerjenega tlaka. Povprečna velikost kremenovih zrn znaša od 30 do 60  $\mu\text{m}$ , posamezna zrna pa dosežejo velikosti tudi do 300  $\mu\text{m}$ . V zbruskih so opazni letvasti kristali enostavno dvojčičnega plagioklaza, ki se po velikosti zrn ne razlikuje močno od velikosti zrn kremenena; povprečna velikost teh mineralnih zrn doseže vrednost 70  $\mu\text{m}$ , maksimalna velikost zrn pa znaša plagioklazovih zrn znašajo od 300-500  $\mu\text{m}$ . Zrna plagioklazov so povečini polisintetsko dvojčična s kotom potemnitve med  $26^\circ$  do  $28^\circ$  (slika 2d), kar nakazuje na sestavo plagioklazov, ki vsebujejo več kot 55 % albiske komponente (MACKENZIE & ADAMS, 2005). Od femičnih mineralov so prisotna posamezna zrna biotita, vendar je velika večina tega minerala že sekundarno spremenjena - kloritizirana. Ponekod je klorit nadomestil biotit že do take mere, da zasledimo le še luske klorita, ki se nahajajo v združbah posameznih pasov in imajo v celotnem zbrusku enako orientacijo. Te združbe so velike tudi do 380  $\mu\text{m}$ . V manjši meri so v zbruskih prisotni še sericit ter opaki minerali. Osnova je zelo kriptokristalna in pod mikroskopom je mineralna sestava te neprepoznava. Zbruski kažejo orientiranost; tako osnova kot tudi posamezna mineralna zrna, zlasti luske klorita (slika 2a).

Vzorci drobnozrnatih svetlozelenih tufov, ki se od ostalih makroskopsko ločijo po prisotnosti večjih lusk temneje zelenega minerala. Kremenova zrna so povečini



**Slika 2.** Mikroskopski posnetki različkov Peračiškega tufa. a) zrno dvojčičnega plagioklaza, ki po vrednosti kota potemnitve kaže na njegovo srednjo sestavo v albitno-anortitnem zveznem nizu; povečava 200 $\times$ , slikano pod navzkrižnimi nikoli. b) kremenova zrna in zrna plagioklazov, ki prevladujejo med mineralnimi zrnami ter letvičasta zrna biotita, ki kažejo povijanje in usmerjenost. Vidna so tudi polja nepresevnih mineralnih združb ter posamezna zrna železovih oksidov in hidroksidov. Osnova je drobnozrnata do nekristaljena ter ponekod sekundarno spremenjena; povečava 40 $\times$ , slikano pod navzkrižnimi nikoli. c) različek drobnozrnatega tufa, ki je močno sekundarno karbonitiziran; povečava 100 $\times$ , slikano pod navzkrižnimi nikoli. d) zelen, najbolj razširjen različek Peračiškega tufa. Vzorec kaže zelena polja, ki so rezultat nadomeščanja primarnega biotita s kloritom; povečava 200 $\times$ . e) različek drobnozrnatega tufa, ki je močno sekundarno karbonitiziran; povečava 100 $\times$ , slikano pod navzkrižnimi nikoli.

**Figure 2.** Thin-section images of Peračica tuffs. a) grain of twinned plagioclase that on the basis of extinction angle points to middle composition in the albite-anortite series; magnification 200 $\times$ , crossed polars. b) quartz and plagioclase that prevail among mineral grains and flatted grains of biotite that display wrapping and orientation. Patches of opaque mineral associations are seen in the thin-section, as well as grains of iron oxides and hydroxides. The matrix is fine grained to uncrystallized and in places secondary changed; magnification 40 $\times$ , crossed polars. c) the green, most common variety of Peračica tuff rock series. In the thin-section primary biotite grains are replaced by chlorite; magnification 200 $\times$ . d) grain of twinned plagioclase that on the basis of extinction angle points to middle composition in the albite-anortite series; magnification 200 $\times$ , crossed polars. e) fine grained variety of tuff rocks that displays high degree of secondary changes in the form of carbonatization; magnification 100 $\times$ , crossed polars.

ksenomorfni do hipidiomorfni oblik, z normalno in valovito potemnitvijo velikosti od 100-350  $\mu\text{m}$ . Prisotna so tudi polisintetsko dvojčična zrna plagioklazov s kotom potemnitve  $25^\circ$ , kar nakazuje na sestavo glinencev, ki vsebujejo več kot 65 % albitske komponente (MACKENZIE & ADAMS, 2005). Posamezna zrna plagioklazov dosegajo velikosti 230  $\mu\text{m}$ , največje zrno pa je veliko 760  $\mu\text{m}$ . Od mafičnih mineralov so prisotna biotitova zrna velikosti 230  $\mu\text{m}$ , ki so večinoma že kloritizirana, ponekod tudi do take meje, da so od biotita ostali le še posamezni otočki ter biotitov višji relief. Klorit se v vzorcih pojavlja tudi kot primaren mineral, predvsem ga zasledimo v posameznih luskah dimenzij do 75  $\mu\text{m}$ . Od ostalih mineralov so prisotna še posamezna zrna muskovita, ki v povprečju dosegajo 50  $\mu\text{m}$ .

Pri vzorcih svetlozelenih tufov pri katerih so makroskopsko vidna temnejša polja ter vključki je pri opazovanju pod mikroskopom brez analizatorja vidna drobnozrnata osnova, posamezna kremenova zrna ter dokaj številni nepresevni vključki. Opazne so tudi številne, značilno svetlozelene luske klorita. Pri opazovanju pod navzkrižnimi nikoli je še bolj opazna drobnozrnata osnova z nizkimi interferenčnimi barvami od bele do črne prvega reda. Med mineralnimi zrnji prevladujejo zrna kremena, ki so povečini ksenomorfni do hipidiomorfni oblik z normalno in valovito potemnitvijo, povprečne velikosti 170  $\mu\text{m}$ . Po količini nastopanja so na drugem mestu zrna plagioklazov. Ta so povečini polisintetsko dvojčična s kotom potemnitve  $28^\circ$ , kar nakazuje na sestavo plagioklazov, ki vsebujejo več kot 55 % albitske komponente. Veliko-

sti plagioklazovih zrn znašajo od 300-500  $\mu\text{m}$ . Razpoznavna so tudi posamezna zrna biotita. Nekatera so ohranjena še v celoti, medtem ko je od drugih ostal le še prvotni relief, drugače pa so povsem nadomeščena z kloritom (slika 2c). Velikosti teh zrn so 100-500  $\mu\text{m}$ . Klorit se pojavlja tudi kot primaren mineral v obliki lusk, prisotna pa so tudi posamezna zrna muskovita.

Svetlorjav različek Peračiškega tufa kaže zelo drobnozrnato osnovo med katero so opazna posamezna hipidiomorfna do ksenomorfna kremenova zrna velikosti 60-90  $\mu\text{m}$ , sama osnova pa je močno karbonatizirana (slika 2b). Preostali minerali zaradi močne karbonatizacije niso razpoznavni.

Rezultati mineralne sestave se ujemajo s petrološkimi rezultati DOLAR-MANTUJANIJEVE (1937) in DUHOVNIKA (1964). Slednji je za tufe Bogatajevega kamnoloma ugotovil, da v njih prevladuje andezitsko ali dacitsko steklo, ki ima pozitiven relief. Vsebovana zrna imajo največje dimenzije do 0,6 mm. Poleg teh kamnina vsebuje približno 4-5 % zrn plagioklazov, 1-2 % klorita, ki je povečini nastal kot posledica preperevanja femičnih mineralov in nastopa v glavnem v luskah velikosti 0,05 mm. Ugotovil je še prisotnost zrn kremena, ki naj bi verjetno nastal iz opala preko kalcedona pri rekristalizaciji steklaste osnove. Tufi naj bi bili podvrženi procesu kaolinitizacije, v zbruskih pa je zasledil še kalcit in sericit, ki naj bi bil prav tako posledica preperevanja vulkanskega stekla, ter pirit, goethit in lepidokrokrit. DOLAR-MANTUJANIJEVA (1937) je v okviru svoje preiskave izvedla še kemijsko analizo tufov, glavna ugotovitev te je nizka vsebnost  $\text{K}_2\text{O}$  v tufih. Tudi DUHOVNIK (1964) je v okviru svoje raziskovalne naloge izvedel kemijsko analizo. Ugotovil je, da so tufi predvsem bogati z  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  in  $\text{FeO}$ , ki je vključen v  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

**Tabela 1.** Vsebnost mineralov ugotovljena s pomočjo rentgenske difrakcije po vzorcih  
**Table 1.** Mineral composition of 7 samples of Peračica tuff rocks determined by X-ray diffraction

Št. Vzorca	1	2	3	4	5	6	7
<b>Mineral</b>							
kremen $\text{SiO}_2$	+	+	+	+	+	+	+
kalcijski albit $(\text{Na}, \text{Ca}) \text{Al} (\text{Si}, \text{Al})_3 \text{O}_8$	+				+	+	+
analkim $\text{Na}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	+	+	+	+	+	+	+
klorit $(\text{Mg}, \text{Al})_6 (\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_8$	+	+	+	+		+	+
muskovit $\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10} (\text{OH})_8$	+	+	+	+	+	+	
kalcit $\text{CaCO}_3$		+	+				
dickit $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5 (\text{OH})_4$				+			
montmorillonit $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,33} (\text{Al}, \text{Mg})_2 (\text{Si}_4 \text{O}_{10}) (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$		+					
nontronit $\text{Ca}_{,5} (\text{Si}_{7,8} \text{Al}_{,8} \text{Fe}_{,2}) (\text{Fe}_{3,5} \text{Al}_{,4} \text{Mg}_{,1}) \text{O}_{20} (\text{OH})_4$				+		+	

## REZULTATI RENTGENSKE DIFRAKCIJE

Vzorke sem analizirala z metodo praškovne rentgenske difrakcije. Uporabljen je bil rentgenski difraktometer PHILIPS s sledečimi parametri snemanja: napetost 40 kV, tok 30 mA, valovna dolžina uporabljene rentgenske svetlobe  $\text{CuK}\alpha$  1,5418 Å, sekundarni grafitni monokromator in proporcionalni števec, snemanje pa je potekalo v kotnem območju  $2^\circ$ - $70^\circ$   $2\Theta$ , s hitrostjo  $3^\circ$   $2\Theta/\text{min}$ . Rentgenogramе sem analizirala s pomočjo računalniškega programa  $\mu\text{PDSM}$ . Na ta način sem analizirala vseh sedem vzorcev. Dobljeni rezultati so si precej podobni, izstopata le vzorca 2 in 3 (tabela 1).

*RMZ-M&G 2008, 55*

Na vseh rentgenogramih so prisotni vrhovi, ki jih ustvari rentgenska svetloba uklonjena na vzporednih mrežnih ravninah (v nadaljevanju vrhovi), ki pripadajo kremenu. Prisotni so tudi vrhovi, ki pripadajo analkimu, kloritu ter plagioklazom, ki glede na njihove  $d$  vrednosti predstavljajo plagioklaze srednje sestave. V vzorcih 2 in 3 najvišja vrhova na rentgenogramu pripadata mineralu kalcitu, kar potrjuje intenziven proces karbonatizacije, ki je bila opažena že pri mikroskopskih analizah. Z metodo rentgenske difrakcije so bili je bila v vzorcih zaznana tudi prisotnost glinenih mineralov, katerih vrhove na rentgenogramih opazimo pri  $d$  vrednostih 7-15 Å.

Posamezni minerali glin s pomočjo RTG difrakcije niso bili izdvojeni, z izjemo montmorillonita v vzorcu številka 2. Poleg vseh omenjenih mineralov, sta bila v vzorcih dokazana tudi dickit in nontronit.

Mineralna sestava peračičkih tufov določena z metodo praškovne rentgenske difrakcije je predstavljena v tabeli 1.

Rezultati rentgenske difrakcije se ujema-jo z mineralno sestavo ugotovljeno pod mikroskopom. Potrjena je prisotnost kremen-ena, ki predstavlja večino med mineralnimi zrn, ter prisotnost plagioklazov, natančneje kalcijškega albita. Ta ugotovitev se sklada z že dosedanjim uvrščanjem tufov med andezitske tufe.

S pomočjo rentgenske analize je tudi razvidno, da je v tufih prisoten mineral iz skupine zeolitov – analkim. Prisotnost tega minerala lahko povezujemo z odlaganjem vulkanoklastičnega materiala v vodnem okolju (IJJIMA, 1978) in delovanjem hidrotermalnih procesov ter sprememb (IJJIMA, 1984; UTADA, 1987) kar se prav tako navezuje na že prejšnje teorije o nastanku in sekundarnih spremembah smrekovških piroklastičnih kamnin (KRALJ, 1997). Pod mikroskopom mineralnih zrn analkima nisem opazila; po tem sklepam, da je gotovo prisoten v kriptokristalni osnovi tufov. Spremenjena osnova tufov v glavnem sestoji iz sericita, analkima, že pod mikroskopom pa je bilo videti, da je osnova tudi rahlo motna in verjetno vsebuje tudi iz minerale glin. To domnevo potrjujejo tudi vrhovi pri  $d$  vrednostih 7-10 Å, ki so prisotni na rentgenogramih. Pod mikroskopom sem opazila tudi zrna biotita, ki pa so bila

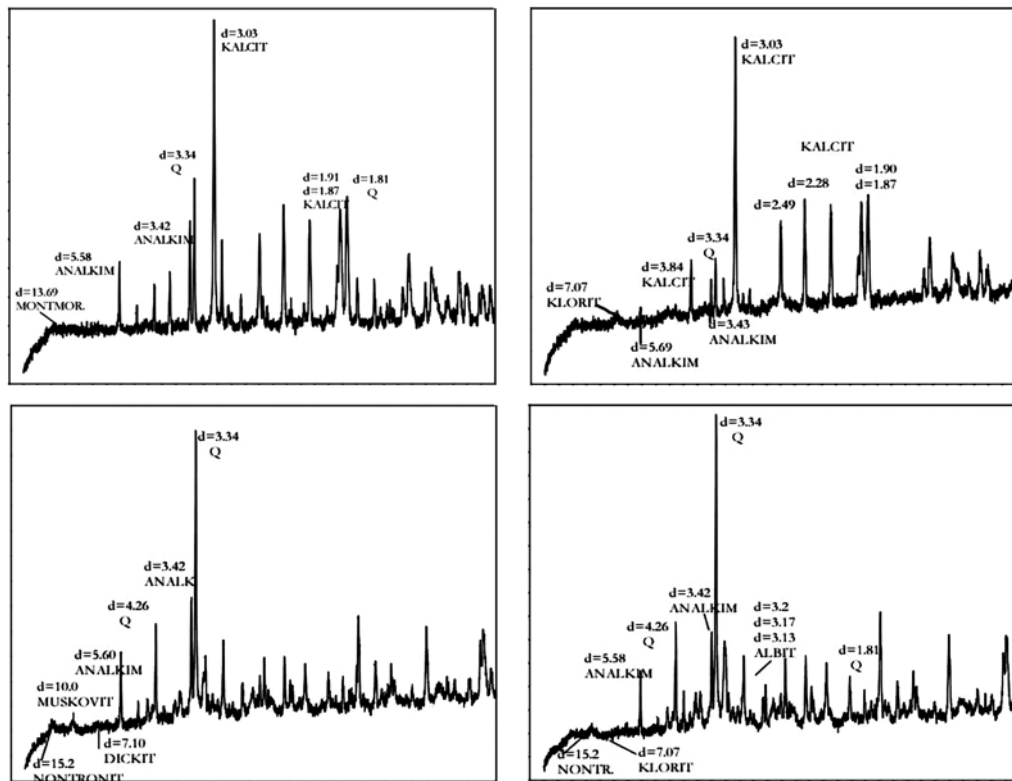
v veliki meri sekundarno spremenjena tako, da je od posameznih zrn ostal le njihov prvotni relief. Pri rentgenski analizi med zastopanimi minerali v nobenem od sedmih vzorcev nisem kot rešitev dobila minerala biotita. Kot možni mineral, ki je nadomestil prvotni biotit se pri rešitvi rentgenogramov pojavlja tudi mineral nontronit, ki pripada skupini smecktitov in vsebuje katione železa. Sestava tega minerala se lahko spreminja, ker lahko absorbira različne količine vode, pogosto pa se pojavlja v koloidnih agregatih, natančneje kot fine vlaknate strukture. Njegova barva je odvisna od vsebovane količine železovih ionov, tako je lahko motno bel, rumen ali zeleno rumen. Zaradi vseh sprememb, ki jih je prvoten piroklastičen material, ki je vseboval predvsem minerale kot so kremen, plagioklazi in biotit preterpel med odlaganjem v vodnem okolju, transportu in ostalih dejavnikih je prišlo do številnih kemijskih reakcij - nadomeščanj. Poleg tega imajo muskovit, biotit, sericit in illit podobno strukturo, kar ustreza istim lokacijam značilnim vrhov na rentgenogramih in je zaradi tega posamezne minerale težko izdvojiti. Med rezultati rentgenske analize se pogosto nahaja tudi muskovit, ki sem ga pod mikroskopom opazila samo kot posamezna manjša mineralna zrna. Obe- ma mineraloma glede na podobno strukturo na rentgenogramih pripadajo vrhovi pri podobnih  $d$  vrednostih, tako da jih je samo na podlagi analize rentgenske difrakcije medseboj težko ločiti.

Pri rešitvah rentgenske analize izstopata med ostalimi vzorca 2 in 3. Ta dva se razlikujeta od ostalih že po lastni barvi kamnine. Že pod mikroskopom je bila



razvidna močna karbonatizacija teh dveh vzorcev, ki jo je rentgenska analiza le še potrdila. Po količini v omenjenih vzorcih prevladuje kalcit, v manjši meri pa so prisotni še kremen, albit, analkim ter minerali glin, katerih prisotnost nakazuje sekundarne spremembe mineralov osnove. Tako močna karbonatizacija kot je opazna pri vzorcih številka 2 in 3 je gotovo nastala kot rezultat delovanja hidrotermalnih raztopin, ki so se verjetno v zgoraj ležečih karbonatnih kamninah obogatile z Ca ioni, ki so v tufih povzročili proces karbonatizacije predvsem njihove osnove.

Kvantitativna analiza prisotnosti posameznega minerala ni bila opravljena, ker pa so bili vsi vzorci posneti pod istimi pogoji in z enakimi nastavitvami, je primerjalna ocena zastopanosti posameznega minerala v vzorcih možna. V vzorcih, ki so bili karbonatizirani močno prevladuje mineral kalcit. Med ostalimi minerali v teh vzorcih sta na drugem mestu po prisotnosti minerala kremen in analkim, medtem ko je prisotnost sekundarnih mineralov glin in klorita majhna. Pri vzorcih, ki sekundarno niso bili izpostavljeni karbonatizaciji prevladuje mineral kremen, ki mu sledijo analkim, albit ter nato v manjših merah klorit in minerali glin.



**Slika 3.** Rentgenogrami vzorcev 2 (levo zgoraj), 3 (desno zgoraj), 4 (levo spodaj) in 6 (desno spodaj) z označenimi reprezentativnimi vrhovi posameznih mineralov

**Figure 3.** X-ray diffraction results for different tuff samples; No. 2 (left upper corner), No. 3 (right upper corner), No. 4 (left lower corner), No. 6 (right lower corner)

## ZAKLJUČKI

Peračiški tufi so del večjega, Smrekovškega kompleksa piroklastičnih kamnin. Njihov sestavni material naj bi izviral iz področja severno od njihove današnje lege in ga datirajo v obdobje oligocena. Ob koncu oligocena ali v miocenu je prišlo do desnozmičnega premika ob Savskem prelomu in posledica tega je današnja lega in razporeditev tufov in spremljajočega piroklastičnega materiala na Slovenskem ozemlju in na območju Hrvaškega Zagorja, kjer so prav tako našli omenjeni piroklastični material. Andeziti in piroklastiti se pojavljajo na veliki prelomni coni Hum na Sotli-Varaždinske toplice (PAMIČ, 1997) in ta cona se smatra za vzhodnejše nadaljevanje Smrekovške prelomne cone tj. najvzhodnejši del Periadriatskega prelomnega sistema. Ta piroklastični material je iste starosti, mineralne sestave in se pojavlja z enakimi klastičnimi sedimenti.

Pri optični analizi tufov sem opazila izredno drobnozrnato strukturo omenjene kamine. Velikosti posameznih mineralnih zrn ne presegajo 1mm, pogosto pa dosegaajo velikosti samo 100  $\mu\text{m}$  in jih tako uvrščamo med pelitne (drobnozrnate), redko tudi med psamitne (srednjezrnate) tufe. Glede na razmerje posameznih sestavnih komponent sem uvrstila vzorce med steklaste tufe, vzorec številka 4 pa bi sodil med kristalne tufe. Pod mikroskopom izmerjen kot potemnitve plagioklazov znaša približno  $25^\circ$ , kar nakazuje na vsebnost 65 % albiske komponente. To se sklada z dicitno-andezitsko kemijsko sestavo tufov in uvrščanjem le teh kot andezitske različke piroklastičnega materiala. Pod mikroskopom so tudi lepo vidne sekundarne spre-

membe, predvsem biotitovih zrn. Ta so v veliki meri nadomeščena s sekundarnimi minerali, katerih pa z izjemo klorita nisem prepoznala. S pomočjo rentgenske analize sem ugotovila da je mineral, ki je v glavnem nadomestil biotit, klorit, kot možen mineral, ki bi prav tako lahko nastal pri nadomeščanju biotita pa bi bil lahko tudi nontronit, ki pripada skupini smektitov in vsebuje Fe katione in mineral klorit. Rentgenska analiza je pokazala tudi prisotnost velike količine minerala iz skupine zeolitov-analkima, kar nakazuje na usedanje materiala v vodnem okolju in/ali sekundarne hidrotermalne spremembe vulkanskega stekla. Prisotnost glinenih mineralov v vzorcih nakazuje sekundarne spremembe prvotne mineralne sestave kot vpliv delovanja hidrotermalnih procesov in preperevanja.

Rezultati mineraloške sestave serije Peračiških tufov se skladajo z mineraloško sestavo kamnin Smrekovške serije. Za kamnine Smrekovške serije je značilna prisotnost mineralov kremena, albita, klorita ter zeolitov in njihova analiza je potrdila intruzijo vulkanskega materiala v z vodo nasičene morske sedimente ter delovanje hidrotermalnih raztopin (KRALJ, 1997). Podobna sestava ter struktura kamnin serije Peračiških tufov potrjuje njihov soroden izvor.

## SUMMARY

### **Petrological and mineralogical characteristics of Peračica tuff**

Peračica tuff rocks were investigated by methods of microscopic analysis and X-

ray diffraction to determine their petrological and mineralogical characteristics and to determine the differences between individual tuff types that can be found in the investigated area.

Macroscopically three variations of Peračica tuff were recognized. The most abundant is the light green fine graded tuff type that was and is widely used also as building and decoration stone. Variation of this type is a light green tuff type with fine graded matrix and darker green mineral grains in size of a few millimetres to a centimetre, while the third tuff type displays fine graded matrix and it brownish in colour. Microscopical analyses confirm that tuffs are composed of fine graded matrix. The mineral grains recognized in thin section belong to quartz and plagioclase, which are two minerals most abundant in samples. Measured extinction angles of plagioclases give values of around  $25^\circ$ , which corresponds to medium composition the plagioclases in the albite-anortite series and is therefore in agreement with andesitic composition of tuff rocks. Other mineral grains recognizable in thin section include small grains of muscovite, sericite and biotite, but the later shows intensive degradation and replacement by chlorite. Intensive processes of carbonatization of both matrix as well as mineral grains was already observed in thin section and re-confirmed by method of X-ray diffraction. This method also shown the presence of mineral analcime, which speaks of sedimentation processes of volcanic material in aquatic environment (IIJIMA, 1978) or influence from hydrothermal fluid activity (IIJIMA, 1984; UTADA, 1987).

Results of petrological and mineralogical characteristics of Peračica tuff series are similar to the ones obtained from investigations of Smrekovec rock series (KRALJ, 1997), while entire geographical extension of similar volcanoclastic rocks of Oligocene age are scattered over a larger area and covering also parts of N - NE Croatia (PAMIČ, 1997). Their position is an indirect indicator for dextral strike slip activity of faults belonging to the southern part of Periadriatic fault system and is post Oligocene in age.

#### Zahvala

Zahvala gre dr. Meti Dobnikar za recenzijo, ki je močno izboljšala kvaliteto članka.

#### VIRI

- BUSER, S. (1977): *Tolmač k osnovni geološki karti SFRJ, list Celje*. Zvezni geološki zavod Beograd, 72 str.
- DOLAR-MANTUANI, L. (1937): Peračiški tuf. *Vesnik geološkega inštituta Kraljevine Jugoslavije.*; Vol. 5, Beograd.
- DUHOVNIK, J. (1964): *Andezitski tufi v Peračici na Gorenjskem*. Arhiv inštituta za geologijo Univerze v Ljubljani.
- HINTERLECHTNER-RAVNIK, A. in PLENIČAR, M. (1967): Smrekovski andezit in njegov tuf. *Geologija.*; Vol. 10, str. 219-237, Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana.

- IJIMA, A. (1978): Geological occurrences of zeolites in marine environments. In: L.B. Sand and F.A. Mupton (eds): *Natural zeolites*. Pergamon, pp. 245-258, Oxford.
- IJIMA, A. (1984): A petrochemical aspect of the zeolite formation in volcanoclastic rocks. In: *Proceedings of the 27th International Geological Congress.*; Vol. 4, pp. 29-52, VNU Science Press, Utrecht.
- KRALJ, P. (1997): Zeoliti v vulkanoklastičnih kamninah smrekovškega podgorja. *Geologija.*; Vol. 40, str. 268-281, Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana.
- LIPOLD, M.V. (1857): Bericht Über Die Geologischen Aufnahmen. In: Oberkrain Im Jahre 1856. *Jb. Geol. R. A.*; Vol. 8, Wien.
- MACKENZIE, W.S. and ADAMS, A.E. (2005): *A Colour Atlas of Rocks and Minerals in Thin Section – 8th impression*. Manson Publishing, London, 192 pp.
- MIOČ, P. in ŽNIDARČIČ, M. (1987): *Tolmač k osnovni geološki karti SFRJ, list Slovenj Gradec*. Zvezni geološki zavod Beograd, 74 str.
- MORLOT, A. (1850): Über die geologischen Verhältnisse von Oberkrain. *Jb. Geol. R-A.*; pp. 389-411, Wien.
- PAMIĆ, J. (1997): Vulkanske stijene savskodravskog Međuriječja 1. *Časopis "Nafta"*; Zagreb.
- PETERS, K. (1856): Bericht Über Die Geologischen Aufnahmen. In: Kärnten, Krain Und Dem Görzer Gebiete Im Jahre 1885. *Jb. Geol. R. A.*; Vol. 7, Wien.
- PLACER, L. (1996): O premiku ob Savskem prelomu. *Geologija.*; Vol. 39, str. 283-287, Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana.
- PREMRU, U. (1983): *Tolmač k osnovni geološki karti SFRJ, list Ljubljana*. Zvezni geološki zavod Beograd, 70 str.
- UTADA, M. (1987): Zeolitization in the continental margin, with special reference to those in the Green tuff region in Japan. *Yerbilimleri.*; Vol. 14, pp. 35-43, Tsakuba.