

SMREKOVŠKI ANDEZIT IN NJEGOV TUF

Ana Hinterlechner-Ravnik in Mario Pleničar

S 4 slikami med tekstem in z 9 slikami v prilogi

Kratka vsebina. Produkti smrekovškega vulkanizma se kažejo ob smrekovškem, šoštanskem in donačkem prelomu. To so andezit, dacit in njuni tufi. Razen teh kamenin dobimo vzhodno od Smrekovca še paleozojske in triadne sedimente s triadnimi vulkanskimi kameninami in terciarne sedimente. Andezitni in dacitni tuf nahajamo med plastmi srednjeoligocenskega laporja. V tem laporju je Rijavčeva (1966) našla oligocenske foraminifere; značilna je vrsta *Clavulinoides szaboi* (Hantk.). Med oligocenskimi sedimenti ležijo grude triadnih kamenin.

Andezit in njegov tuf smo petrografsko podrobno raziskali. Andezit vsebuje vitrošnike nekoliko bolj bazičnih plagioklazov in več femičnih mineralov kot tuf. Sestava visokotemperaturnega plagioklaza niha od oligoklaz-andezina do vključno bitovnita, v tufu ustreza predvsem oligoklazu in andezinu, le redko tudi labradoritu. Najbolj bazična jedra plagioklazov andezita pripadajo celo anortitu. Skoraj vsi vitrošniki plagioklaza so dvojlični in kažejo oscilacijsko, redkeje tudi normalno conarnost. Posebna struktura plagioklazov je zakrpana conarnost, ki smo jo opazovali v andezitu, redkeje tudi v tufu.

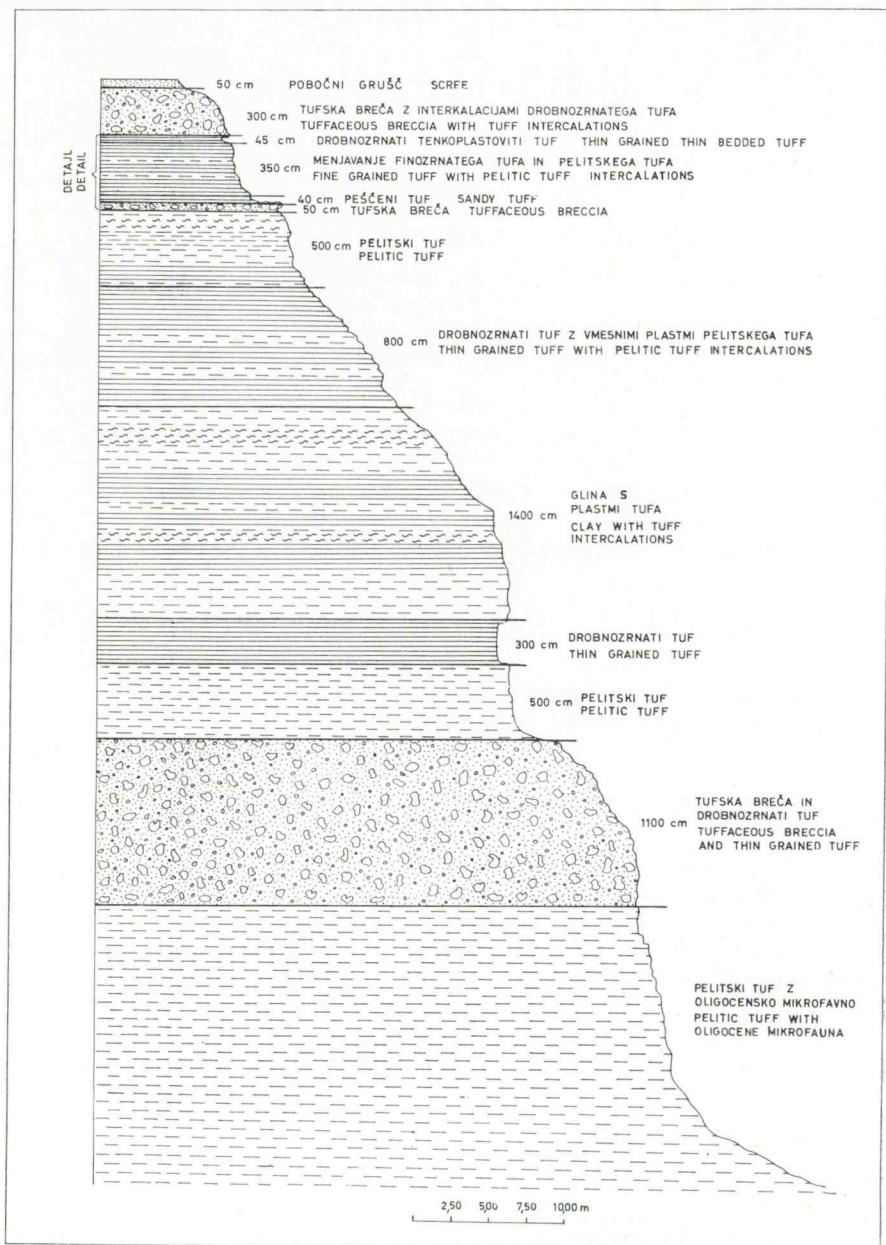
Vtrošniki femičnega minerala pripadajo avgitu, rogovači, biotitu, hiperstenu, olivinu, v tufskih različkih pa biotitu, avgitu in rogovači.

Struktura osnove magmatskih različkov je kriptokristalna do zelo drobnozrnata. Fluidalna struktura je redka. Tufski fragmenti so pogosto ohranjeni steklasti.

Ob dolgih prelomih, potekajočih v smeri severozahod—jugovzhod, ki ločijo tektonske enote prvega reda, so skladi horizontalno premaknjeni. Zaradi teh premikov je ozemlje, kjer se danes kažejo sledovi smrekovškega vulkanizma, raztrgano. Središče vulkanizma je bilo severno od današnjih Julijskih Alp, na kar kaže andezitni tuf pri Radovljici, ki ga najdemo le južno od savskega preloma; ozemlje severno od tega preloma pa je bilo premaknjeno proti jugovzhodu.

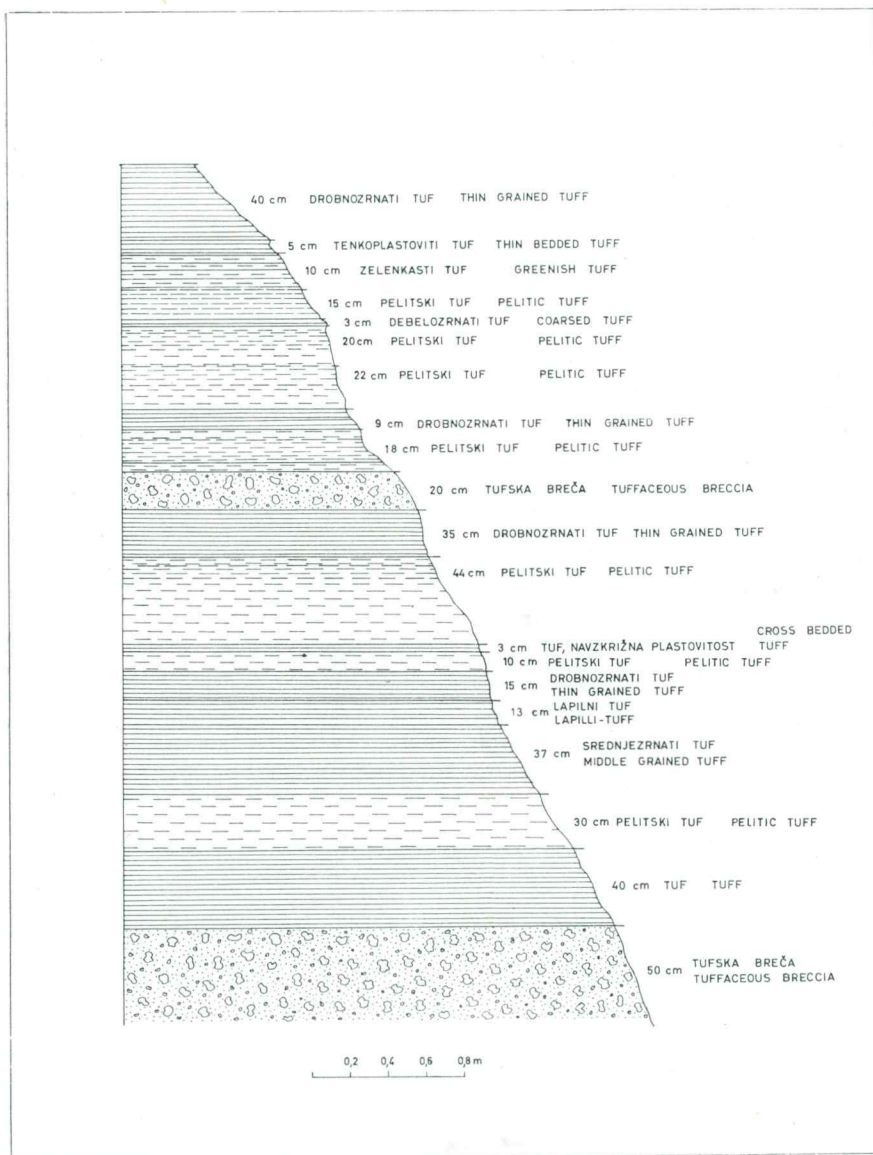
Uvod

V zadnjih desetih letih so ekipe Geološkega zavoda v Ljubljani kartirale ozemlje med Smrekovcem, Vitanjem, Rogaško Slatino, Celjem in Mozirjem. Na tem območju so razširjeni produkti smrekovškega andezit-



Sl. 1. Geološki prerez oligocenskega andezitnega tufa na južnem pobočju Smrekovca (Atelšek—Mačji potok)

Fig. 1. Geologic section of Oligocene andesite tuff on the southern slope of Smrekovec mountain (Atelšek—Mačji potok)



Sl. 1 a. Detajl slike 1

Fig. 1 a. Detail of Figure 1

nega vulkanizma. Zaradi številnih petrografskih, stratigrafskih in tektonskih problemov smo se odločili, da te kamenine podrobneje raziščemo.

Podali bomo glavne petrografske značilnosti smrekovških predornin in tufov, zbranih pri regionalnem kartiranju lista Ravne in Slovenj Gradec v letu 1965, okolice Rogaške Slatine v letih 1958/59 in Šentjurja leta 1960. Upoštevali smo tudi zbruske jeder iz strukturne vrtime 1/61 pri Mali Pirešici, globoke 630 m, ki seče na zgornjih 180 m tufe, lapilne tufe in vulkanske breče. Nekaj podatkov nam je dal material z južnega in severnega obrobja celjske kotline, zbran leta 1963, material z južnega obrobja Velenja in Dobrne (Strmole, 1960) ter iz okolice Peračice na Gorenjskem (Duhovnik, 1964).

Produkte smrekovškega vulkana je pravilno določil in označil na svoji specialki že Teller (1898). Imenoval jih je avgitni andezit in tuf, ki sta lokalno bolj kislja in prehajata v dacit in njegov tuf. Nekatere kamenine, označene na Tellerjevi karti kot andezitni različki, so dejansko triadni felziti, ki vsebujejo vtrošnike kremenca in kisle plagio-klaze (Germovšek, 1955).

Geološka zgradba andezitnega območja

Območje smrekovškega vulkanizma pripada Kamniškim Alpam, ki jih ločita od Karavank smrekovski in šoštanski prelom. Ta vulkanizem se kaže vzdolž smrekovškega preloma, ki omejuje južni rob tonalitnega pasu, ob šoštanskem prelomu, ki se odcepi od smrekovškega severno od Boskovca, in ob donačkem prelomu. Pas vulkanskega delovanja je bil dolg na današnjem slovenskem ozemlju okrog 80 km. Tufske kamenine so razširjene v glavnem na južni strani prelomov.

Južno od smrekovškega preloma imamo poleg andezita, dacita in njunih tufov še paleozojske in triadne sedimente s triadnimi vulkanskimi kameninami in terciarne sedimente. V neposredni bližini Smrekovca je triadna gruda Boskovca. Podobnih triadnih grud, vendar manjših, je še več jugovzhodno od Boskovca. Obdajajo jih morski oligocenski sedimenti z vložki andezitnega tufa. Brez dvoma so oligocenski sedimenti nekoč pokrivali celotno območje. Pozneje so bile terciarne plasti zaradi dviganja z grud odnesene in zato so danes na površini večine grud triadni skladi. Verjetno pa so nekatere še prekrите s terciarnimi sedimenti in jih zato površinsko ne moremo registrirati. Dviganja grud so sledila torej po odlžitvi oligocenskih plasti.

Andezit in dacit ter njuni tufi se pojavljajo izključno v oligocenskih sedimentih. Najnižje ležijo srednjeoligocenski skladi, sestavljeni v spodnjem delu iz breče in konglomerata, više iz temne gline in apnenca, ponekod iz peščenega laporja. V apnencu so numuliti vrst *Nummulites intermedius* d'Arch. in *N. problematicus* Tellini.

Te plasti ustrezajo gornjegrajskim skladom. Pri Gornjem gradu in pri Poljšici je bila v njih najdena bogata fosilna favna. Pri Okonini dobimo bazalne plasti kot ekvivalent srednjeoligocenskih skladov. Apneno brečo z rdečim lapornatim vezivom, ki se je odlagala istočasno kot

gornjegrajski skladi, imenujemo okoninsko brečo. Teller (1898) jo je imel za obrobno tvorbo gornjegrajskih skladov.

Tudi više ležeč peščen lapor s številnimi vložki tufa pripada še srednjemu oligocenu. Te plasti so debele okoli 1000 m. Znano je namreč, da se lahko že pri enem samem kratkotrajnem izbruhu sedimentirajo več metrov debele plasti tufa. Zato nam je izredna debelina teh skladov razumljiva.

Te sedimente je Teller (1898) uvrščal na podlagi favne, ki jo je Rolle našel blizu Mozirja, še v spodnji miocen. Rijavčeva (1966) pa je ugotovila, da pripadajo srednjemu oligocenu, kar dokazuje naslednja mikrofavna: *Clavulinoides szaboi* (Hantk.), *Vaginulinopsis gladius* (Phill.), *V. pseudodecorata* Hagn, *Almaena osnabrugensis* (v. Münster), *Nodosaria intersita* Franz., *Cyclammina* sp., *Karrieriella siphonella* Reuss, *Cibicides ungerianus* (d'Orb.), *Bathysiphon taurinensis* Sacco, *Gyroldines girardanus* (Reuss), *Robulus* sp., *Cornuspira polygyra* Reuss in *Uvigerina* sp. Po mnenju Rijavčeve, ki je to favno določila, je znašala globina morja, v katerem so se sedimenti odlagali, od 100 do 200 m.

Po sedimentoloških raziskavah (Orehek in Silvester, 1966) so ti srednjeoligocenski skladi sestavljeni iz laporja, apnenega peščenjaka z mnogo roženca, drobnozrnatega in fino zrnatega kremenovega peščenjaka s primesjo kalcijevega karbonata, sivega in zelenkastega tufa in temno sivega, skoraj črnega tufita. Med temi sedimenti so majhni vložki andezita in dacita.

V splošnem se menjavata ciklično tuf in tufit v bližini nekdanjih kraterjev, dalje od kraterjev prevladuje peščenjak z manj tufskih vložkov. Južno od Smrekovca smo v useku nove gozdne ceste izdelali profil o menjavanju tufa in tufita v srednjeoligocenskih skladih. Del tega profila kaže slika 1. Profil kaže na ritmično odlaganje sedimentov. Ritem se navadno pričenja z debelo zrnatim tufom, sledi bolj drobnozrnati tuf in končno pelitski tuf (sliki 2 in 3).

V plasteh tufa vidimo zanimive kroglaste oblike, delno povzročene zaradi lateralnih pritiskov delno zaradi težnosti.

Ob pričetku vsakega vulkanskega izbruha je priletel v morje debelo zrnati vulkanski material. Nato je prihajal vedno drobnejši pepel in tako je nastajal vedno bolj fino zrnati tuf, delno že tufit. Nastajanje tufita, ki je zmes vulkanskega pepela in morskega glinastega blata ter ostankov organizmov, kaže na nekoliko daljša obdobja posameznih erupcijskih faz. Če bi bila namreč vulkanska faza kratkotrajna, se ne bi mogle poleg vulkanskega materiala usedati še tolike količine morskih sedimentov in celo hišice foraminifer.

O starosti smrekovskega vulkanizma govori tudi Van Bemelen (1965, p. 261). Uvršča ga v intermediarno fazo med flišno in molasno fazo alpske orogeneze. Ta vmesna faza spada po njegovem mnenju v srednji oligocen, ko so nastali zaradi prečnih pritiskov prelomi v smeri severozahod—jugovzhod in ne več v smeri vzhod—zahod kot v flišni orogenetski fazi. Smrekovski vulkanizem je deloval ob takem prelomu, ki danes loči Kamniške Alpe od južnih Karavank.

Po Čiriću (1965, p. 503) pripadajo oligocenski sedimenti notranjih Dinaridov, kamor po njegovem mnenju spadajo tudi Kamniške Alpe, že molasi. Čirić ne razlikuje intermediarne faze.

Naša molasa je po Muratovu nastala v medgorskih depresijah (med dvema orogenetskima vejama: dinaridsko in alpidsko) in se tako loči od periferne molase.

Molasa je po Čiriću pozno geosinklinalna formacija bazenov, ki so se periodično pogrezali. V konglomeratih so kosi, ki ne izvirajo iz kamenin lastne serije v nasprotju s flišem, ki ima v konglomeratih kamenine nastale že v flišni seriji. Molasa vsebuje premog, velike fosile in mikrofosile, medtem ko v flišu premoga ni. Take razmere pa imamo pri nas.

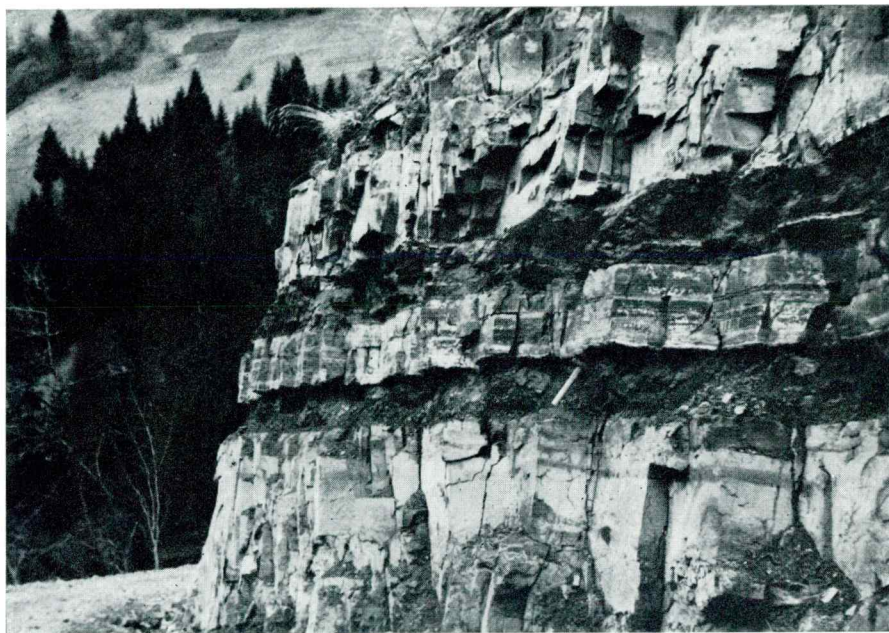
Bazen z oligocenskimi sedimenti se je periodično pogrezal. Enakomerno pogrezanje je bilo prekinjeno morda prav zaradi vulkanske dejavnosti.

Zanimivo je, da severno od Smrekovca in Velenjske kotline produktov smrekovškega vulkanizma ni. Smrekovski prelom je na tem območju zanje ostra meja. Ponekod sta tuf in andezit s prelomom ostro odrezana. Severovzhodno od preloma ni več sledu niti o tufu niti o andezitu, medtem ko dobimo tam tudi še oligocenske sedimente.

Po dosedanjih koncepcijah o zgradbi Alpidov in Dinaridov je bil južni rob Karavank narinjen na območje Kamniških Alp. Novejše raziskave kažejo, da ob smrekovškem in šoštanjskem prelomu ne gre za nariv, temveč za horizontalni premik. Regionalni študij tektonskih razmer na Slovenskem v zadnjih letih nam je to potrdil. Tudi premiki ob drugih dolgih (najmlajših) prelomih v smeri severozahod—jugovzhod, ki sekajo slovensko ozemlje, so bili horizontalni in ne vertikalni. Take so razmere ob predjamskem in idrijskem prelomu, kot kaže pa tudi ob savskem. Povsod gre za »desne premike«; analogne plasti najdemo namreč ob obeh straneh preloma vedno v določenih razmikih. Ti razmiki znašajo pri idrijskem prelomu okoli 14 km, pri savskem do 25 km in pri smrekovškem najmanj 25 km.

Iz tega izvajamo še nadaljnje sklepe. Kot kaže, je bilo središče vulkanizma severno od današnjih Julijskih Alp. Tako si lahko razlagamo, zakaj danes ne najdemo andezitnega tufa v oligocenskih plasteh severno od savskega preloma na Gorenjskem, medtem ko ga dobimo v Radovljiški kotlini južno od preloma. Pri prvotnem položaju Kamniških Alp je ležalo območje smrekovškega andezitnega tufa, ki pripada isti tektonski enoti kot Kamniške Alpe, severno od Radovljiške kotline, torej severno od savskega preloma.

Na podoben premik kažejo geološke razmere ob smrekovškem prelomu. Tuf in andezit sta tam ostro odrezana. Nadaljevanje vulkanskega območja moramo iskati ali pri Zrečah ali celo nekje pod mladoterciarnim pokrovom Dravinjskih gor in Ptujkega polja, kamor je bilo premaknjeno z območja današnje tonalitne cone pri Črni. Zaradi tektonskih premikov je torej območje smrekovškega vulkanizma danes raztrgano.



Sl. 2. Ritmično menjavanje pelitskega in zrnatega andezitnega tufa na južnem pobočju Smrekovca

Fig. 2. Rhythmic alternation of pelitic and fine grained andesite tuff on the southern slope of Smrekovec mountain



Sl. 3. Ritmično menjavanje debelo in srednjezrnatega andezitnega tufa ob novi cesti na južnem pobočju Smrekovca (Detajl)

Fig. 3. Rhythmic alternation of coarse and middle grained andesite tuffs along the new road on the southern slope of Smrekovec mountain (Detail)

Petrografske značilnosti smrekovskega vulkanizma

Glavni produkt smrekovskega vulkana je piroklastični material, po večini lepo sortiran od najfinejšega do debelega. Ker so se tufi mešali z drugim materialom, prehajajo v tufite in tufske kamenine. Pregledani vzorci tufa niso zvarjeni. Prevladujoč klastični material in njegova struktura dokazujeta, da je magma vsebovala veliko plinskih mehurčkov. Ohranjeni izlivi lave so redki. Strnjeni starejši izlivi in stene kraterjev so bili pri ponovnih vulkanskih eksplozijah večinoma zdrobljeni in tvorijo bistveni del vulkanskih breč in litoklastičnih tufov.

Pri mikroskopski preiskavi so nas zanimali predvsem bolj drobnozrnati različni tufa ter vsi do sedaj ugotovljeni magmatski izdanki.

Andezit

Razen andezita s Smrekovca smo raziskali še andezit pri Jesenku vzhodno od Celja, andezitno brečo severozahodno od Rogaške Slatine na območju Cerovca in izdanek andezita v kamnolomu Trlično pri Sv. Roku. Za vse raziskane andezitne vzorce (skupno 13) je značilno, da so megaskopsko različni in bolj ali manj nehomogeni. Vsi imajo porfirske strukturo s kriptokristalno in mikrokristalno, redko steklasto ali zelo drobnozrnato osnovo. V steklasti osnovi vzorcev opazujemo drobne paličaste plagioklaze ali njihove mikrolite, ki plavajo okrog vtrošnikov, kar je značilno za trahitsko strukturo. Značilni so tudi mikroliti femičnih mineralov. En sam vzorec s Smrekovca kaže slabo izraženo fluidalno teksturo. Megaskopsko vidno izrazito fluidalno teksturo ima hiperstenov andezit iz kamnoloma Trlično. Ohranjeno steklo je temno rjavo, zaradi primesi železovih oksidov, ki so drobno dispergirani. Kristalizirana osnova pa je navadno zelena v različnih odtenkih, kar je odvisno od količine in velikosti kloritnih zrn in dispergiranih mikrolitov neprosojnih mineralov, zlasti pirta in magnetita. Našli smo tudi različke, ki imajo drobno kristalizirano osnovo in so popolnoma beli.

Vtrošniki so po velikosti redko homogeni; pogosto opazujemo zvezne prehode od velikih do majhnih zrn osnove. Včasih se združujejo v nepravilne skupke, kjer so zavirali rast drug drugega, kar označujemo kot glomeroporfirske strukture.

Vtrošniki andezita so plagioklazi, avgit, v manjši meri hipersten, rogovača in celo olivin. Biotit je značilen predvsem za tufske različke. Vtrošniki so idiomorfni, hipidiomorfni, pogosto tudi nalomljeni, magmatsko in kemično resorbirani. Večji vtrošniki merijo nekaj mm, povečini okrog 1 mm, manjši vtrošniki osnove pa le nekaj desetink mm. Vtrošniki so pogosto sveži, so pa tudi delno ali popolnoma kloritizirani, plagioklazi pa albitizirani; oboji so pogosto kalcificirani. Vključki v plagioklazu so lahko femični in neprosojni minerali, pogostne so iglice apatita in zapolnitve s steklom. Apatit je orientiran paralelno kristalografskim ploskvam plagioklaza.

V plagioklazih opazujemo oscilacijsko, zakrpano in normalno conarnost. Včasih so conarni tudi drobni paličasti glineneci osnove. Dvojčični

zakoni, ki jih opazujemo, so albitski, karlovarski in manebaški. Ponekod so dvojčična zraščanja v delu zrna nepravilno prekinjena.

Kristali plagioklazov v andezitu kakor tudi v tufu so pogosto popolnoma prozorni in so zato primerni za merjenje po metodi Fedorova. Ugotovili smo, da so plagioklazi, ki so visokotemperaturni, v andezitu povečini bolj bazični kot v tufu (sl. 4 in 5). Manjša zrna, ki pripadajo že osnovi, so navadno nekoliko bolj kislila kot večja.

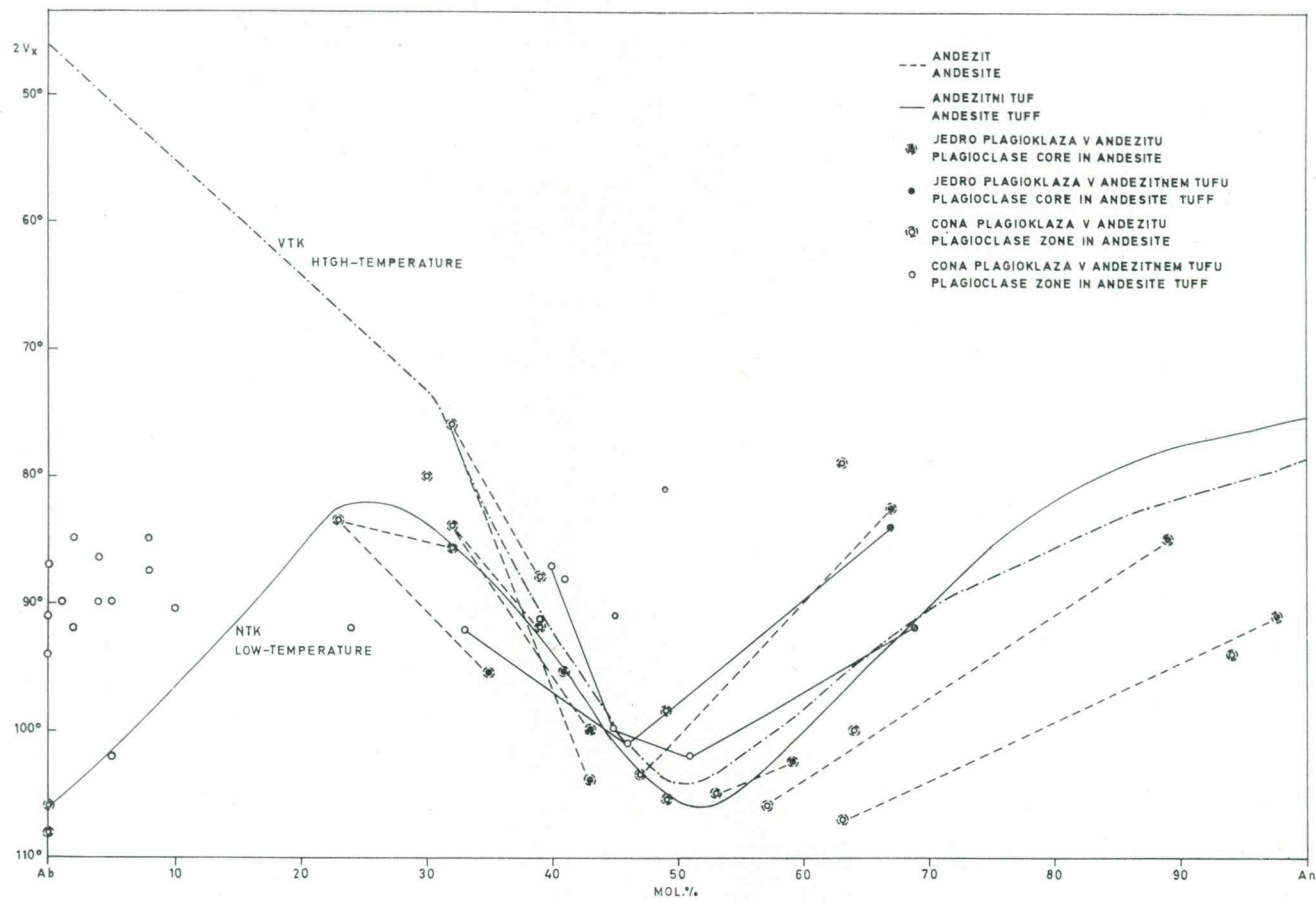
Razlika v sestavi med korodiranim bazičnim jedrom plagioklaza in prvo cono kristala je vedno največja (sl. 6). Včasih jedro ni korodirano le na obodu, temveč tudi v notranjosti, kar nam da značilna kvadratasta polja, kajti korozija v notranjosti jedra se je začela ob ploskvah razkolnosti. V naslednji fazi kristalizacije plagioklaza je nastala prva cona iz bolj kislega raztopine. Ta raztopina je zapolnila tudi votlinice v jedru kristala. Nastala je zakrpana conarnost, ki smo jo lepo opazovali pri nekaterih zrnih (sl. 7), medtem ko smo oscilacijsko conarnost opazovali pri večini zrn plagioklaza.

Zakrpana conarnost nastane po Vanceju (1962, 1965) v plagioklazih magem, ki so zelo viskozne, siromašne s hlapnimi snovmi in niso pregrete. Plagioklazi, ki so kristalizirali pri visokih pritiskih, se po vdoru magme v višje nivoje in območje nižjega pritiska resorbirajo. Pri ponovni kristalizaciji pri nižjem pritisku začne kristalizirati na obodu in v korodirani notranjosti z natrijem bolj bogat plagioklaz. Kemična sestava magme je ostala pri teh pojavih nespremenjena, bistveno se je spremenil le parcialni pritisk hlapnih snovi v magmi in v manjši meri tudi usmerjeni pritisk.

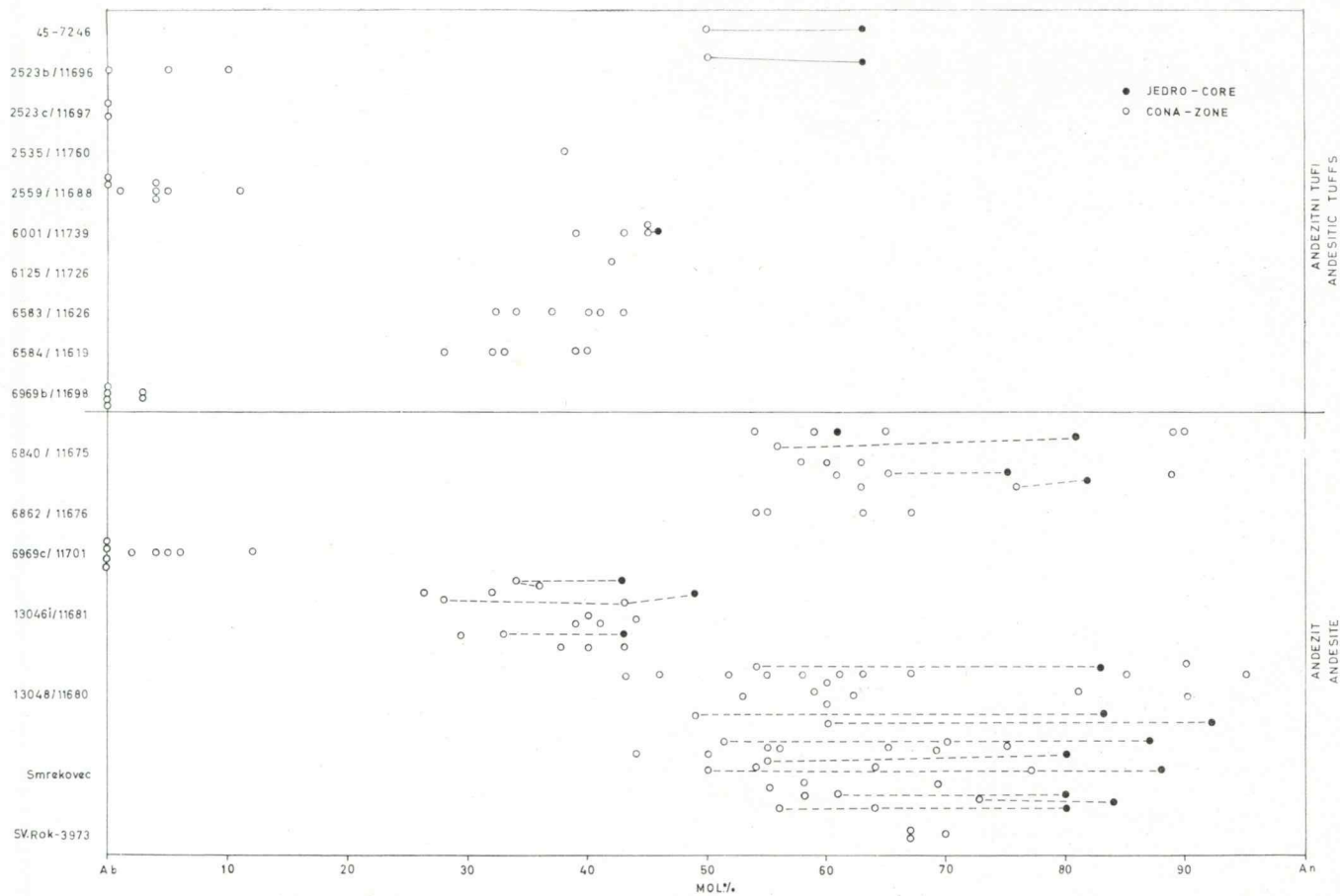
Fina oscilacijska conarnost nastane zaradi razmerja med difuzijo aluminija ter silicija in rastjo kristala. Rast kristala povzroča, da se zniža koncentracija aluminija v talini in zato postajajo kristali vedno bolj kisli. Ko je koncentracija aluminija prenizka, kristal preneha rasti, dokler se zaradi difuzije na meji kristala koncentracija aluminija zopet ne poveča in izenači s koncentracijo v celotni talini. To teorijo je prvi postavil Harloff (1927) in so jo kasneje izpopolnili (Bottlinga, Kudo, Weill 1966).

Oscilacijske cone plagioklazov so zelo številne. Največ smo jih ugotovili okrog 80, povečini pa precej manj. Na univerzalni mizici kažejo navadno tudi na videz homogeni kristali cone, ki so seveda le slabo izražene. Na plagioklazih opazujemo dve ali več con, širokih okrog 0,1 mm; vsaka kaže mikrovariacije tako po sestavi kakor tudi po številu oscilacij; merijo pogosto le po nekaj mikronov. Po metodi Fedorova je možno meriti le glavne oscilacijske cone, razlike med njimi znašajo navadno okrog 10 % anortita (sl. 8).

Kristali so povečini hipidiomorfni, redkeje idiomorfni; pogosto so nalomljeni. Meja med korodiranim jedrom in prvo cono je nepravilna, vendar zaradi velike razlike lomnih količnikov po reliefu ostra. Optična kontinuiteta pri kristalizaciji je vedno ohranjena. Idiomorfnost vsakega, tudi zelo tankega oscilacijskega ovoja, je navadno ostro izražena. Opazujemo pa tudi delno korozijo oscilacijskih con pred kristalizacijo naslednje in redko tudi difuzne postopne prehode. V različnih smereh kristala je



Sl. 4. Variacija sestave in kota optičnih osi plagioklazov v andezitu in njegovem tufu
 Fig. 4. Variation of the composition and optic axial angle in plagioclases of andesite and andesite tuff



Sl. 5. Sestava plagioklazov v andezitu in njegovem tufu. Kota optičnih osi ni bilomogoče meriti direktno
 Fig. 5. Plagioclase composition in andesite and andesite tuff. The optic angle could not be determined

število oscilacijskih con različno. Po končani fazi kristalizacije so bili vtrošniki pogosto kemično ali pa magmatsko resorbirani.

Ker so vzorci andezita redki, smo zmerili v njih skoraj vsa zrna vtrošnikov plagioklazov po metodi Fedorova (sl. 4 in 5). Korodirana bazična jedra ustrezajo bitovnit-anortitu z 80 % do 90 % anortita. Vrednosti anortita v conah variirajo od 44 % do 77 %. Večinoma je razlika v vsebini anortita med prvo cono in jedrom 20 %, redko do 30 %. Razlike med oscilacijskimi conami pa so 10 %, redkeje do 20 % anortita. V posameznih conah opazujemo mikrovariacije v sestavi za nekaj odstotkov anortita. V belem različku (vz. 13 046 i), ki je bolj kisle sestave, znašajo vrednosti anortita jedra in posameznih con 49 %, 43 % in 28 %. Okrog večjih vtrošnikov je pogosto še bolj kislja zunanja cona, široka le nekaj mikronov, ki jo pa lahko ugotovljamo le po kotu potemnitve, sestave pa zaradi premajhne širine ne moremo meriti.

Plagioklazi so včasih tudi albitizirani, in sicer popolnoma (vz. 13 337) ali pa le delno (vz. 6 862, sl. 4 in 5). Albitizirani različki imajo navadno tudi delno spremenjeno osnovo in so zato lahko podobni triadnim predorninam.

Kot optičnih osi variira od pozitivne do negativne vrednosti ustrezno kemični sestavi, ki se kaže v spremembi odstotka anortita (sl. 4). Razmerje med odstotkom anortita in direktno merjenim kotom optičnih osi se spreminja v skladu s Kaadenovo krivuljo (Tröger, 1959). Na sliki 5 so nanesene izmerjene vrednosti procenta anortita tistih plagioklazov, na katerih ni bilo možno izmeriti obeh potemnitev optičnih osi.

V andezitnih različkih so femični minerali sveži, pogosto pa tudi kloritizirani. En sam femični mineral kot vtrošnik za andezit ni značilen. Najbolj pogosten vtrošnik je avgit, poleg njega pa se pojavlja hipersten (vz. 5 854 in 13 048). Oba minerala sta rahlo pleohroična, in sicer v podolžni smeri zelenkasto, v prečni pa rahlo rjavkasto rožnato. Avgit tvori dvojčična in lamelarna zraščanja. Na enem vtrošniku opazimo, da je jedro avgitovo, obdela pa hiperstenov. V enem vzorcu (6 840) je avgit delno nadomeščen z rjavkastim sljudnatim mineralom, ki ima močan dvolum. Ta mineral ne nadomešča samo femičnega minerala, temveč se nahaja tudi v osnovi in kot droben vključek v vtrošnikih plagioklaza. Mogoče pripada hidrobiotitu ali vermikulitu. Andezit v kamnolomu Trlično vsebuje od femičnih mineralov samo hipersten v obliki vtrošnikov. V vzorcu z grebena Smrekovca pa so kot vtrošniki femičnih mineralov zastopani avgit, hipersten in olivin. Olivin je rahlo zelenkast, popolnoma nepravilnih oblik, nekoliko razpotegnjen, neizrazito lamelaren in nepravilno razpokan. Iste femične minerale vsebuje tudi andezit iz Jesenka. Serpentinizirane olivinove vtrošnike smo našli v vulkanski bombi pri Mali Pirešici. Biotit in rogovača, ki se po literaturnih podatkih običajno pojavljata v andezitih, smo našli v enem samem vzorcu (13 046 i). Oba minerala sta povečini kloritizirana in vsebujeta veliko drobnih neprosojnih zrn, ki so koncentrirana na obrobni delih mineralov. Rogovača je zelo razpotegnjena, doseže celo 5 mm. Eno dvojčično zrno rogovače ima vključek biotita in manjša zrnca plagioklaza. V enem zrnju rogovače je šibko izražena conarnost. Pleohroizem rogovače in biotita je zelen do temno rjav, skoraj črn. Andezit

s Smrekovca (vz. 13 337) vsebuje kot femični vtrošnik samo rogovačo, ki je zelo kalcificirana in kloritizirana. Femični mineral v andezitu iz kamnoloma Cerovec je popolnoma kloritiziran in kalcificiran, vendar je kratko stebričasta kontura tega minerala ohranjena. Osnova vzorca vsebuje velike krpe klorita (do nekaj desetink mm).

Podatki optičnih lastnosti femičnih mineralov v andezitu

Vzorec 6 854

hipersten $2 V_x = 43^\circ, 54^\circ, 57^\circ, 61,5^\circ, 56^\circ, 61^\circ, 59^\circ, 58^\circ, 58^\circ$

avgit $2 V_y = 53^\circ, 38^\circ, 60^\circ$

$[010] = //Nm, R_1 \searrow R_2 = 88^\circ, [001] \searrow Ng = 41^\circ$

Vzorec 6 840

Eno samo nespremenjeno femično zrno pripada avgitu s kotom $2 V_y = 52^\circ$.

Vzorec z vrha Smrekovca

hipersten $2 V_x = 68^\circ, 57^\circ$

avgit $2 V_y = 42^\circ, Ng \searrow [001] = 42^\circ$

olivin-fajalit $2 V_x = 56^\circ, 52^\circ$, pravokotnica na neizrazite lamele je $//Nm$

Hiperstenov andezit iz kamnoloma Trlično:

hipersten $2 V_x = 53,5^\circ, 60^\circ, 58^\circ, 55^\circ, 57^\circ, (66^\circ)$.

Po femičnih mineralih ločimo med raziskanimi andeziti hiperstenovo-avgitni, rogovačin in biotitno-rogovačin andezit. Kamenina iz kamnoloma Trlično je hiperstenov andezit (F a n i n g e r, 1966).

Mandljaste tvorbe so v andezitih značilne in tudi v pregledanih vzorcih pogostne. Vzorec andezita z vrha Smrekovca vsebuje redke podolgovate mandlje (velike do 0,3 mm, redko skoraj 1 mm), ki so koncentrično zapolnjeni z več plastmi mikrokristalne snovi. Ob obodu je verjetno mikrokristalni kremen, sledi mikrokristalni klorit, en značilen notranji ovoj je kratko vlaknat in rjavkast. V sredini večjih mandljev je včasih še brezbarvni radialni mineral, verjetno kremenov različek. Večje mandlje, zapolnjene z radialnimi agregati kremena in kalcita, ki se izmenjujeta koncentrično, smo našli tudi v vzorcih dacita južno od Velenja. Tudi andezit iz kamnolomov Trlično in Cerovec vsebuje mandlje.

V vzorcu andezita iz cerovškega kamnoloma opazimo številne litoidne fragmente, ki so močno limonitizirani in vsebujejo drobne idiomorfne, povečini paličaste glince. Konture napram kloritizirani osnovi kamenine so povečini precej ostre, vendar ponekod rahlo zabrisane. V drugih vzorcih andezita nismo našli kameninskih fragmentov.

V tabelah prilagamo troje kemičnih analiz, in sicer analizo hiperstenovo-avgitnega andezita s pobočja Smrekovca (tab. 1), hiperstenovega andezita iz kamnoloma Trlično (tab. 2) in brečastega kloritiziranega in delno kalcificiranega andezita iz kamnoloma Cerovec pri Rogaški Slatini (tab. 3).

HIPERSTENOVO-AVGITNI ANDEZIT — HYPERSTHENE AUGITE ANDESITE

Črni vrh, Smrekovec

Analiziral M. Treppo, Metalurški inštitut,
Analyzed by LjubljanaTabela 1
Table 1

Kemična analiza Chemical analysis			Normativna mineralna sestava CIPW norms	
SiO ₂	58,44	59,63	q	19,5
TiO ₂	0,68	0,69	or	4,45
Al ₂ O ₃	17,2	17,56	ab	24,1
Fe ₂ O ₃	3,5	3,57	an	32,8
FeO	3,81	3,89	di _{Mg}	0,43
MgO	3,4	3,47	hy _{Mg}	8,5
CaO	7,0	7,15	hy _{Fe}	2,64
Na ₂ O	2,8	2,87	mt	4,87
K ₂ O	0,7	0,72	il	1,37
P ₂ O ₅	0,19	0,2	ap	0,62
H ₂ O ⁺	2,02	—	cc	0,2
H ₂ O ⁻	0,50	—	pr	0,48
CO ₂	0,09	0,09		
S	0,24	0,24		
Vsota Total				99,96

Nigglijevi parametri
The Niggli-parameters

al	32,02
fm	34,08
c	23,84
alk	10,06
si	185
k	0,15
mg	0,42

 $\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}}$ 4,2 $\frac{\text{Q}}{\text{F}}$ 0,32 $\frac{\text{K}_2\text{O}' + \text{Na}_2\text{O}'}{\text{CaO}'}$ 0,4 $\frac{\text{K}_2\text{O}'}{\text{Na}_2\text{O}'}$ 0,17

Formula CIPW II, 4, 4, 4

Izračunana sestava plagioklazov: 56,4 % an
Calculated plagioclase composition:Izmerjena sestava plagioklazov: 87 % an jedro — core
Measured plagioclase composition: 70 % an sr. cona — first zone
48 % an zun. cona — outer zone

HIPERSTENOV ANDEZIT — HYPERSTENE ANDESITE

Sv. Rok, Rogaška Slatina

Analiziral S. Kandare, Geološki zavod,
Analyzed by Ljubljana

Tabela 2
Table 2

Kemična analiza Chemical analysis		
SiO ₂	62,75	64,71
TiO ₂	0,54	0,56
Al ₂ O ₃	16,15	16,66
Fe ₂ O ₃	0,98	1,01
FeO	5,03	5,18
MnO	0,09	0,09
MgO	1,29	1,34
CaO	4,89	5,04
Na ₂ O	3,75	3,87
K ₂ O	1,07	1,1
P ₂ O ₅	0,14	0,15
H ₂ O ⁻	0,35	—
H ₂ O ⁺	2,62	—
S pod	0,01	—
CO ₂	0,29	0,29
	99,94	100,00

Normativna mineralna sestava CIPW norms

q	22,5
c	0,80
or	6,67
ab	33,01
an	22,24
hy _{Mg}	3,4
hy _{Fe}	7,92
mt	1,39
il	1,07
ap	0,31
cc	0,7

100,01

Nigglijevi parametri The Niggli-parameters

al	36,47
fm	26,62
c	20,13
alk	16,78
si	241,4
k	0,16
mg	0,28

Sal
Fem 5,76

Q
F 0,33

K₂O' + Na₂O'
CaO' 0,93

K₂O'
Na₂O' 0,19

Formula CIPW II, 4, 3, 4

Izračunana sestava plagioklazov:
Calculated plagioclase composition: 39 % an

Izmerjena sestava plagioklazov:
Measured plagioclase composition: 68 % an

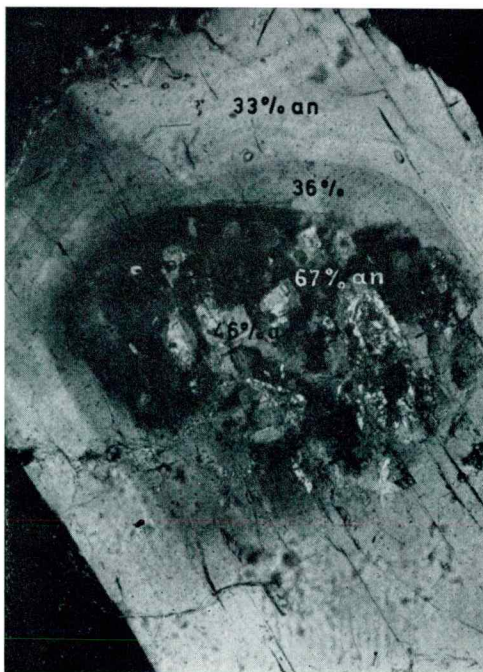


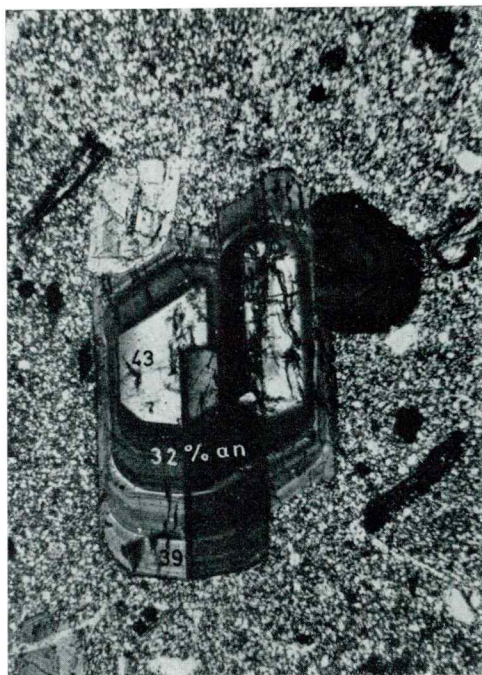
Sl. 6. Vz. 13 048/11 680, vzhodno od kmetije Brložnik, Smrekovec. Nikola +, 35 X. Hipersteno-avgitni andezit z zelo drobnazrnato osnovo. V plagioklazu je viden ostanek bazičnega magmatsko korodiranega jedra

Fig. 6. Sam. 13 048/11 680, east of Brložnik farmhouse, Smrekovec mountain. Polars +, 35 X. Hypersthene augite andesite with fine grained groundmass. In plagioclase phenocryst a core of anorthite is recorded

Sl. 7. Vrtina 1/61, Mala Pirešica, vz. 45/7 246, gl. 156 m, nikola +, 85 X. Andezitni kristalo- in litoklastični tuf; detajl: zakrpana conarnost v plagioklazu

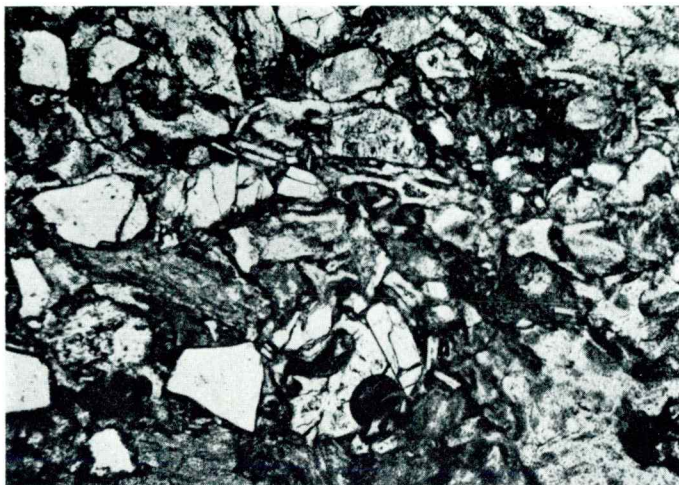
Fig. 7. Bore hole 1/61, Mala Pirešica, sam. 45/7 246, depth 156 mts, polars +, 85 X. Andesitic crystal-lithic tuff. Detail: plagioclase patchy zoning





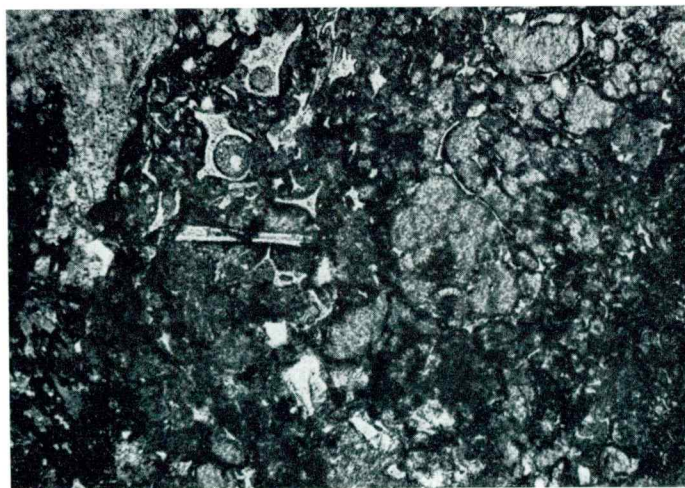
Sl. 8. Vz. 13 046 i/11 681, kmetija Atelšek, Smrekovec. Nikola
 +, 35 ×. Biotitno-rogovačni andezit z drobnozrnato osnovo.
 Plagioklaz kaže oscilacijsko conarnost

Fig. 8. Sam. 13 046 i/11 681, Atelšek farmhouse, Smrekovec
 mountain. Polars +, 35 ×. Biotite-hornblende andesite with
 fine grained groundmass. Plagioclase phenocryst shows
 oscillatory zoning



Sl. 9. Vz. 4 567/11 586, jugozahodno od Št. Ruperta. Nikola //, 35 X. Andezitni kristalo- in litoklastični tuf z značilnimi steklastimi kameninskimi fragmenti

Fig. 9. Sam. 4 567/11 586, southwest from Št. Rupert. Polars //, 35 X. Andesitic crystal-lithic tuff with plagioclase and glass particles



Sl. 10. Vrtina 1/61, Mala Pirešica, vz. 1/7 249, gl. 101,20 m, nikola //, 35 X. Lapilni andezitni tuf s fragmenti plovca in značilnimi drobci stekla

Fig. 10. Bore hole 1/61, Mala Pirešica, sam. 1/7 249, depth 101,20 mts, polars //, 35 X. Andesitic lapilli tuff with pumice fragments and glass shards



Sl. 11. Vz. 6 369/11 559, južno od Št. Ruperta. Nikola //, 35 ×.
Značilni andezitni vitroklastični tuf

Fig. 11. Sam. 6 369/11 559, south from Št. Rupert. Polars //,
35 ×. Andesitic vitric tuff composed chiefly of shards



Sl. 12. Vrtina 1/61, Mala Pirešica, vz. 41/7 242, gl. 150,20 m,
nikola +, 35 ×. Andezitni kristalo- in litoklastični tuf. Šte-
vilni so kristali plagioklaza ter mikrokristalni litoklastični
fragmenti

Fig. 12. Bore hole 1/61, Mala Pirešica, sam. 41/7 242, depth
150,20 mts, polars +, 35 ×. Andesitic crystal-lithic tuff with
plagioclase crystals and cryptocrystalline rock fragments

ANDEZIT — ANDESITE

Cerovski kamnolom

Analiziral S. Kandare, Geološki zavod,
Analyzed by Ljubljana

Tabela 3
Table 3

Kemična analiza Chemical analysis			Normativna mineralna sestava CIPW norms	
SiO ₂	53,87	55,88	q	15,00
TiO ₂	1,00	1,04	c	9,79
Al ₂ O ₃	22,12	22,95	or	5,00
Fe ₂ O ₃	1,92	1,99	ab	37,20
FeO	3,30	3,43	an	13,72
MgO	3,10	3,22	hy _{Mg}	8,1
CaO	4,53	4,7	hy _{Fe}	2,90
Na ₂ O	4,26	4,39	mt	3,01
K ₂ O	0,78	0,81	il	1,97
P ₂ O ₅	0,17	0,18	ap	0,31
H ₂ O ⁻	1,16	—	cc	3,20
H ₂ O ⁺	2,60	—		
S	0,005	0,005		
CO ₂	1,36	1,41		
	100,175	100,00		100,10

Nigglijevi parametri
The Niggli-parameters

al	48,6
fm	15,98
c	18,14
alk	17,28
si	201,0
k	0,11
mg	1,09

Sal
Fem 4,2

Q
F 0,27

$\frac{K_2O' + Na_2O'}{CaO'}$ 1,63

$\frac{K_2O'}{Na_2O'}$ 0,13

Formula CIPW II, 5, 3, 5

Izračunana sestava plagioklazov: 37 % an
Calculated plagioclase composition:

Izmerjena sestava plagioklazov: 30 % do 50 % an (večja zrna — large grains)
Measured plagioclase composition: 10 % do 20 % an (manjša zrna — small grains)

Andezitni tuf

Pregledani vzorci (skupno 200) pripadajo litoklastičnemu, vitroklastičnemu in kristaloklastičnemu tufu ter vsem možnim kombinacijam teh komponent.

Fragmenti litoklastičnega tufa pripadajo predvsem drobcem lave in luknjičavega plovca. Ti fragmenti so ohranjeni večidel steklasti, redkeje so kriptokristalni. Tuji vključki pa so kvarcit in roženec.

V drobcih plovca so plinske votlinice včasih lepo okrogle (sl. 9), povečini pa so deformirane v cevaste oblike (sl. 10). Votlinice v plovcu so navadno zapolnjene s kriptokristalno silikatno snovjo. Pogosto so fragmenti kloritizirani in kalcificirani, njihova struktura pa je ohranjena. Manjši vtrošniki v fragmentih plovca so redki. Pripadajo plagioklazu, redkeje biotitu.

Precej razširjen je vitroklastični tuf (sl. 11), ki dokazuje večjo silo drobljenja pri eksploziji kot tuf, sestavljen iz fragmentov plovca. Večinoma je dobro sortiran. Sestavljen je iz značilnih drobcov stekla, ki predstavljajo stene eksplodiranih plinskih mehurčkov. Velikost drobcov stekla variira od manj kot 0,1 mm do nekaj desetink mm. V enem zbrusku smo našli celo 1 mm dolg fragment nekdanje stisnjene in razpotegnjene stene mehurčka. V nekaterih vzorcih se med sicer dobro sortiranim drobnozrnatim materialom nahajajo tudi posamezni večji fragmenti plovca. Tudi fragmenti plovca litoklastičnega tufa so dobro sortirani, včasih delno zaobljeni, kar dokazuje krajši transport pred dokončnim usedanjem. V vulkanski breči so drobci slabše sortirani; med večjimi fragmenti tvorijo osnovo manjši, bolj zdrobljeni.

Kristali kot bistvena komponenta kristaloklastičnega tufa pripadajo plagioklazom; od femičnih mineralov sta značilna biotit in avgit, rogovača je redkejša. Biotit je rjavo in zeleno pleohroičen. Plagioklazov je največ 50 %, ostali del kamenine pa pripada v glavnem litoidnim fragmentom (sl. 12).

Debelina plasti, v katerih prevladujejo kristali plagioklazov, zelo variira; včasih znaša le nekaj centimetrov. Sortiranost je dobra. V posameznih plasteh opazujemo drobnozrnat do srednjezrnat plagioklaze.

Plagioklazi imajo isto sestavo in strukturo kot v andezitu, le močno korodiranih ekstremno bazičnih jeder v njih nismo našli. Pripadajo visokotemperaturnemu andezinu, včasih pa tudi sekundarnemu albit-oligoklazu (sl. 4 in 5). Maksimum izmerjenih vrednosti anortita pade med 40 % in 50 %. Sicer so vrednosti razsipane med 30 % in 60 % anortita. V albitiziranih različnih tufih pa niha vrednost anortita med 0 % in 10 %. Kot optičnih osi se spreminja ustrezno sestavi.

Fragmenti starejšega efuzivnega materiala, ki je sestavljal stene kraterjev in so ga mlajše eksplozije zdrobile, so navadno ohranjeni steklasti, pogosto imajo trahitsko strukturo s tankimi paličastimi glinenci in z drobnimi vtrošniki plagioklaza. So tudi mikrokristalni, homogeni ali pa imajo izrazito fluidalno teksturo. Perlitska struktura fragmentov je redka (vz. 6 866 in 6 786) in včasih združena s trahitsko (vz. 13 318).

V teh fragmentih so pogosto ohranjeni drobni, paralelno orientirani mandlji, zapolnjeni z različnimi vrstami klorita.

Piroklastični fragmenti se navadno neposredno dotikajo ali jih veže kloritno vezivo kontaktnega tipa. Včasih pa je v njih več mikrokristalne osnove, sestavljene iz vulkanskega prahu, ki ga je težko ločiti od stekla. Osnova je pogosto kalcificirana, kar velja včasih tudi za fragmente in kristale, strukture pa so ohranjene.

Poseben vulkanski fragment so vulkanske andezitne bombe, ki se nahajajo posamezno, včasih tudi močnejše koncentrirane (Šmartno ob Paki) v drobnostnatih vulkanskih brečah in lapilnih tufih. Merijo od nekaj cm do nekaj dm in so lepo zaobljene. Breča je uporabna kot okrasni kamen, vendar je neugodno to, da vulkanske bombe hitreje preperevajo kot osnova. Pregledali smo en sam zbrusek vulkanske bombe z območja Male Pirešice. Kot vtrošnike vsebuje andezin-labradorit, avgit, hipersten, rogovačo, ki je popolnoma kloritizirana in jo spoznamo le po stebričasti obliki, in povečini serpentiniziran olivin. Proces serpentinizacije se je začel ob razpokah. Osnova je mikrokristalna, motna in bogata z mikroliti neprosojnega minerala.

Smrekovške tufe smo primerjali z vzorci peraiškega tufa, ki nam jih je dal na vpogled prof. Duhovnik (1964).

Med peraiškim tufskim klastičnim materialom nismo zasledili zelo grobozrnate, temveč le bolj drobnostnato vulkansko brečo ter vse drobnejše frakcije do pelitskega tufa. Nastopajo vitroklastični, kristaloklastični in litoklastični tufi, ki imajo isto sestavo in strukturo kot smrekovski. Steklo je pogosto še ohranjeno. Spremembe so zelo napredovale, opazujemo kloritizacijo, kalcifikacijo in kaolinizacijo. Kristali plagioklaza so v pregledanih zbruskih navadno ohranjeni sveži. Podatki o meritvah Dolar-Mantuanijeve po metodi Fedorova (1937, sl. 5 in 6) kažejo, da gre za visokotemperaturni plagioklaz. Njegove vrednosti anortita so razsipane med 30 % do 50 %. Od femičnih mineralov smo ugotovili biotit, ki je večinoma kloritiziran.

Po sestavi peraiških in smrekovških tufov sklepamo na njihov skupen izvor.

Pregledani dacit južno od Velenja se po strukturi, ki ni homogena, ne razlikuje močno od njegovega tufa. Struktura je porfiriska. Med vtrošniki prevladujeta kremen in plagioklaz; od femičnih mineralov nastopata predvsem zeleno pleohroična rogovača in rjavo pleohroični biotit. Vtrošniki avgita so manj značilni. Rombičnega piroksena in olivina pa v teh kameninah, za katere je značilno nastopanje prostega kremenca, ni.

Za vtrošnike kremenca in pogosto tudi plagioklaza je značilno, da so magmatsko močno korodirani. Plagioklazi pripadajo andezinu, a so pogosto albitizirani in sericitizirani. Sprememba je lahko popolna, ali pa le delna, zajema lahko le jedro, ali pa ovoj.

Steklasta osnova je navadno precej grobo kristalizirana, vendar je polna mikrolitov ter zato motna in nedoločljiva. Pogosto so kljub kristalizaciji še vidni paličasti plagioklazi hialopilitne osnove.

THE SMREKOVEC ANDESITE AND ITS TUFF

The Smrekovec volcano products are principally pyroclastic rocks. Lava flows are scarce. Pyroclastic material structure and its predominance prove high magma gas content, strong magma vesiculation and very explosive behavior of magma. According to grain size there exist all gradations from coarser rocks, such as volcanic breccias and agglomerates with bombs to ash and finest volcanic dust. Pyroclastic rocks are often well sorted, but graded bedding in large and small scale was apperceived too. Where aerially transported material has been deposited in marine waters, tuffs contain admixed sedimentary material and grade to tuffaceous rocks intercalated with marls and quartz sandstones.

Petrographically especially finer-grained tuffs and andesite outcrops were studied. Composition of effusives and tuffs is andesitic, only locally dacitic. Andesite chemical analyses are shown in tables 1, 2, and 3.

Andesite minerals as phenocrysts are represented by less sodic plagioclase and by more mafic crystals than they exist in andesite tuffs. High-temperature plagioclase in andesite ranges from oligoclase to bytownite, in tuff it ranges from oligoclase to labradorite (Figs. 4 and 5). Corroded cores of anorthite are determined only in andesite (Fig. 6). Nearly all plagioclases are twinned, showing zoning of various types: normal, calcic-core, patchy (Fig. 7), and especially oscillatory type (Fig. 8). Matrix plagioclases are more sodic and sometimes likewise zoned. Plagioclase alteration such as albitization (Figs. 4 and 5), sericitization, and calcitization occurs often.

Mafic phenocrysts are represented by augite, green and brown hornblende, hypersthene, biotite, seldom olivine-fayalite. Mineralogical varieties show predominancy of two or one of these. In tuffs only biotite, augite, seldom hornblende are mafic crystals.

For dacite and its tuffs large corroded quartz phenocrysts are characteristic. Besides andesine and hornblende phenocrysts occur.

All effusives are porphyritic and in some cases glomeroporphyritic or seriate-porphyritic in texture. Matrix glass is brown, but generally shows devitrification, when it is cryptocrystalline or fine-grained. Trachytic, hyalopilitic, perlitic, vesicular, and amygdular textures occur in andesite and its pyroclastic fragments.

The examined tuffs are on the nature of their particles vitric, lithic, and crystal ones. Between them all gradations exist (Figs. 9, 10, 11, 12). Vitric tuffs contain predominantly glass shards, and are often excellently sorted. Crystals and crystal fragments are of plagioclase, and only exceptionally of biotite, augite, or quartz. Lithic tuff fragments include pumice and pieces of older flows and pyroclastic rocks genetically associated with the tuff itself. Also glass shards, pyrogenetic plagioclases and finest volcanic dust are admixed. The composition of coarser volcanic rocks is similar to the above mentioned.

In some examined samples alterations are very advanced.

Petrographically examined andesite tuffs occurring north of Radovljica are showing similarity with finer-grained Smrekovec pyroclastic rocks.

The foraminiferal fauna, included in the marly and tuffaceous intercalations in andesite tuffs, prove the Oligocene age of Smrekovec volcanic deposits.

The Smrekovec tuffs are spread out along the Smrekovec, Šoštanj, and Donati faults. It is very interesting to note, that they are occurring only on the southern part of the mentioned faults. Similarly also in Highland Slovenia north of Radovljica, andesite tuffs occur only south of the Sava fault. Regional studies indicate, that the center of Smrekovec volcano activity was in the region of Radovljica. The northern block of the Sava fault has been horizontally displaced towards the south-east. The length of this displacement amounts to 25 kms.

LITERATURA

Bemmelen, R. W. van in Meulenkamp, J. E., 1965, Beiträge zur Geologie des Drauzuges. Die Lienzer Dolomiten und ihre geodynamische Bedeutung für die Ostalpen; 4 slike, 1 tabela in 3 table, str. 213—268; Jahrb. Geol. Bundesanstalt, Bd. 108, Wien.

Bottlinga, Y., Kudo, A., Weill, D., 1966, Some observations on oscillatory zoning and crystallisation of magmatic plagioclase, *Am. Min.*, Vol. 51, May-June, No. 5. and 6.

Čirić, B., 1965, Sur les flyschs et les molasses du cycle alpin dans les Dinarides yougoslaves; 3 slike, str. 499—540; *Bull. de la Soc. géol. de France*, 7 Série, Tome VII, No. 3, Paris.

Dolar-Mantuani, L., 1937, Piračički tufi, *Vesnik Geol. inst. Kralj. Jugoslavije*, knj. V, 8 slik, 12 tabel in 1 geol. karta. Beograd.

Duhovnik, J., 1964, Andezitski tufi v Peračici na Gorenjskem, *Arhiv Inštituta za geologijo Univerze v Ljubljani*.

Faninger, E., 1966, Hiperstenov andezit pri Sv. Roku ob Sotli, *Geologija* 9, Ljubljana.

Germovšek, C., 1959, Triadne predornine severovzhodne Slovenije, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, razred za prirodoslovne in medicinske vede, Ljubljana.

Grad, K., 1963, Geologija Celjskog basena, *Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani*.

Heinrich, E. W. M., 1956, *Microscopic Petrography*, New York.

Orehek, S., Silvester, M., 1966, Poročilo o sedimentno petrografski preiskavi vzorcev na listu Ravne—Slovenj Gradec; *Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana*.

Rijavec, L., Šribar, L., 1966, Mikropaleontološka preiskava vzorcev na listu Ravne 54 in Slovenj Gradec 53; *Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana*.

Rittmann, A., 1960, *Vulkane und ihre Tätigkeit*, Stuttgart.

Strmole, D., 1960, Odnosi med magmatskimi kameninami okolice Belih vod, Velenja in Dobrne, njihova starost in geneza; naloga za strokovni izpit pri Geološkem zavodu, Ljubljana.

Teller, F., 1898, *Erläuterungen zur Geologischen Karte Prassberg*, Wien.

Tröger, W. E., 1935, *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine*, Berlin.

Tröger, W. E., 1959, *Optische Bestimmung der Gesteinsbildenden Minerale*, Teil 1, 3. Aufl., Stuttgart.

Verhoogen, J., 1951, *Mechanics of Ash Formation*, *Am. Jour. Sci.*, Vol. 249, Oct.

Vance, J. A., 1962, Zoning in igneous plagioclase: normal and oscillatory zoning, *Am. Jour. Sci.*, Vol. 260, Dec.

Vance, J. A., 1965, Zoning in igneous plagioclase: patchy zoning, *Jour. Geol.*, Vol. 73, July, No. 4.