

O POGOJIH NASTANKA PREMOGIŠČ NA KRASU*

Milan Hamrla

Z 31 slikami in 12 tabelami med besedilom in v prilogi

I. UVOD

Ozemlje Primorskega krasa in Istre je za študij stratigrafije na prehodu mezozoika v terciar med najzanimivejšimi v Evropi. Poleg stratigrafskih značilnosti kaže še morfološke ter hidrološke posebnosti v zvezi s kraškimi pojavi. Sedimenti vsebujejo tudi premoge zelo dobre kakovosti, ki kažejo v primerjavi z ostalimi premogi določene posebnosti v kemičnem in tehnološkem pogledu.

Pričujoče delo se v glavnem nanaša na premogišči Sečovlje in Vremski Britof v Slovenskem primorju, delno tudi na Rašo v Istri. Skušal sem pojasniti geološko okolje, v katerem so premogi nastajali. V ta namen sem podrobno obdelal geološke razmere in petrografske sestav premogov ter prikameninc, kakor tudi odvisnost njihovega sestava od faciesa. Da bi to pokazal, sem vpeljal krivuljo slojnih profilov. Petrografske značilnosti premogov sem dopolnil z osnovnimi podatki o njihovem kemičnem sestavu. Obravnaval sem še problem njihove klasifikacije po kemizmu in moči odboja vitrinita.

Geološke preiskave na površini in v jamah ter vzorčevanja sem izvedel leta 1954 in 1955, nekaj tudi v prvih mesecih naslednjega leta. Tedaj je Geološki zavod iz Ljubljane tudi vrtal v Vremskem Britofu in v Izoli.

Zbrano floro iz Sečovelj mi je določil asistent beograjske Univerze, paleobotanik Nikola Pantić. Večino kemičnih preiskav sta napravila v kemičnem laboratoriju Geološkega zavoda v Ljubljani ing. M. Babšček in ing. S. Kandare, nekaj vzorcev so analizirali tudi v kemičnem laboratoriju Rudnika Trbovlje. Koksne lastnosti precej številnih vzorcev premoga je določil dr. ing. B. Lavrenčič v kemičnem inštitutu SAZU v Ljubljani.

II. SPLOŠNA GEOLOŠKA SLIKA PRIMORSKEGA KRASA IN ISTRE

Srednji in severni del Istre ter Primorski kras grade tri obširne sinklinale, ki so izpolnjene s staroterciarnimi usedlinami, in vmesne kredne antiklinale. Vodična geološka smer je dinarska, saj obravnavano ozemlje

* Skrajšana doktorska disertacija, ki jo je avtor predložil Univerzi v Ljubljani dne 15. julija 1956.

v celoti pripada Dinarskemu sistemu. Od Raše in Labina preko Pazina in Grožnjana do Umaga sega pazinska terciarna sinklinala. Ozka in dolga bujska antiklinala med skrajnim zahodnim rtičem Žalbore (Punta Salvore) ter dolino rečice Mirne jo loči od obsežne tržaško-koprške ali severnoistrske flišne sinklinale, ki je med Buzetom in Učko spojena s pazinsko sinklinalo. Obširna kredna antiklinala med Opatijo in Kozino jo loči od ozke in dolge reške terciarne sinklinale, s katero se združuje severno od Kozine. Najbolj severno leži goriško-vipavska sinklinalna flišna cona, ki je vzhodni podaljšek furlanskega terciarnega ozemlja. Sega do Postojne ter se pri Pivki združuje z reško flišno cono.

Geološko zgradbo ozemlja Istre in Primorskega krasa podaja geološka karta (1. sl.).

Kredna formacija v Istri dosega debelino okrog 1000 metrov. Zastopana je celotna kreda od neokoma do senona. Ob zahodni obali Istre nastopajo še titonske usedline.

Po Stacheju (1889) je v Tržaškem krasu zgornja kreda zgrajena takole: najviše so svetli subkristalinski apnenci, ki vsebujejo često odlomke rudistov ter so ponekod prekriti še s foraminifernimi apnenci. Pripadajo kampanu in santonu ter verjetno tudi daniju. Pod njimi sledo nabrežinske breče in ploščasti apnenci s številnimi rudisti ter ostreami. Plasti ustrezajo koniasiju.

V južni polovici Istre je v skladu s poševno antiklinalno zgradbo njen zahodni del zgrajen iz spodnjekrednih apnencev. Na listu Labin je Lipparini prikazal samo zgornjo kreda. Po Salopeku (1954) so apnenci v podlagi terciarnih plasti okolice Labina in Pičnja v glavnem turonski, kreda v severozahodni Čičariji pa sega od zgornjega cenomana do spodnjega senona.

Enako razdelitev krede imata D'Ambrosi (1942) na listu Trst ter Martinis (1951) na listu Gorica. Najvišji del krednih plasti zastopajo svetli, često subkristalinski apnenci z rudisti, ki naj bi pripadali turonu in senonu.

Krednim usedlinam sledijo terciarne. Stache (1859) je skupino plasti med kreda in terciarom poimenoval najprej kot kozinske plasti, pozneje pa kot liburnijsko stopnjo ali protocen. Pod protocenom je Stache (1859) zajel vse plasti med hipuritnimi svetlimi apnenci zgornje krede in eocenskimi numulitnimi apnenci. Razdelil jih je na tri podstopnje: spodnji foraminiferni apnenci, kozinske plasti in zgornji foraminiferni apnenci. Pozneje je omejil liburnijsko stopnjo oziroma protocen na plasti med hipuritno kreda in glavnimi alveolinskimi apnenci ter takšno ločitev izvedel tudi kartografsko.

Spodnje foraminiferne apnenice sestavljajo morski in brakični sedimenti ter vmesne plasti s kopno in sladkovodno favno. Ta paralična skupina je najmočnejše razvita med Bazovico in Spodnjimi Ležecami ter Rodikom. V spodnjem delu so zastopani povečini svetlosivi in temni apnenci z miliolidami, redkimi ostanki rudistov ter morskih školjk, dalje več horizontov bituminoznih apnencev in skrilavcev, često s premogovnimi sloji. Plasti vsebujejo haraceje ter sladkovodno favno polžev rodov

Stomatopsis in *Cosinia*. Med foraminiferami izstopa rod *Peneroplis*. Morski moluski so pogostni, zlasti v zgornjem delu spodnjih, paraličnih plasti. Haraceje in miliolide nastopajo pogosto skupaj. Stache ni podrobneje razčlenil navedenih plasti, domneval pa je, da bi mogle pripadati še daniju.

Do enakih zaključkov je prišel tudi Meunier-Chalmas (Salopek, 1954) po primerjalnih študijah liburnijske stopnje v Istri in Dalmaciji. Favna *Sphaerulites* in *Apricardia* opredeljuje sedimente po analogiji z razmerami v Franciji kot danij.

Kozinski apnenci tvorijo srednji del liburnijske stopnje. Sestavljajo jih pretežno kremenasti bituminozni apnenci in apnene breče. V teh plasteh so obilno zastopane hare, zlasti *Lagynophora*. Kopensko favno zastopa rod *Kallomastoma*, vezan v glavnem na brečaste različke, ki naj bi nastali iz pobočnega grušča sladkovodnih bazenov. Sladkovodna favna z nekaterimi brakičnimi različki ne kaže posebne zveze s spodnjimi foraminifernimi apnenci. Zastopani so rodovi *Melanopsis*, *Goniobasis*, *Hydrobia*, *Cyrena* in *Cerithium*, poslednja dva često spremljajo hare.

Kot sta torej za prvo podstopnjo severnega istrskega območja značilna polža rodov *Stomatopsis* in *Cosinia*, tako sta za drugo vodilni obliki *Kallomastoma* in *Lagynophora*.

Meunier-Chalmas je po fosilu *Cerithium inopinatum* prištel te plasti montiju.

Zgornji foraminiferni apnenci obsegajo paralične plasti v smeri od kopenskega razvoja ponovno proti morskemu. Debelina zgornjih foraminifernih apnencev je neenakomerna. V plasteh s sladkovodnimi in brakičnimi fosili je našel Stache le redko nanesene ostanke kopenske favne. Ponekod se više vedno pogostejše vključujejo že plasti s prvimi alveolinami. Med foraminiferami je rod *Coskinolina* vodilen za zgornji del liburnijske stopnje. Po Stacheju se ta oblika pojavlja tako v Primorskem krasu kot v Istri in Dalmaciji približno v istem horizontu pod glavnimi alveolinskimi apnenci.

Po Rakovcu (1949) je treba spodnje foraminiferni apnenice, ki vsebujejo rudiste, uvrstiti v paleocen, ker so rudisti najbrž naplavljeni iz krednih plasti. Naslednjo serijo sladkovodnih apnencev s premogom ter haracejskih apnencev, ki naj bi bila na južnem Notranjskem in v severni Istri debela okrog 100 m, imenuje Rakovec kozinske plasti. Njihov spodnji del prišteva še paleocenu, zgornji pa že eocenu. Apnene sklade nad njimi, ki vsebujejo predvsem miliolide, imenuje miliolidne apnenice. Lokalno vsebujejo tudi že alveoline. Zaradi pomanjkanja značilnih fosilov domneva, da pripadajo te plasti najvišjemu delu spodnjega eocena ali najnižjemu delu srednjega eocena. Alveolinski apnenci, ki sledijo, so zanesljivo srednjeeocenski, enako višji numulitni apnenici in fliš.

V srednji Istri leži po Stacheju (1889) zgornji del liburnika neposredno na erodiranem krednem apnencu ali apnenih brečah, ki naj bi bile odložene namesto glavnih haracejskih apnencev.

V jugovzhodni Istri pri Labinu so razviti še nižji haracejski apnenici, ki vsebujejo premogove sloje. Premog leži neposredno na kredu. Spodnji

foraminiferni apnenci tu manjkajo, enako tudi v Dalmaciji in na otokih. Favna produktivnih plasti ne vsebuje skoraj nobene oblike iz kozinskega območja, pač pa je karakterizirana z oblikami *Planorbis* in drugimi kopnimi polži. Med haracejsko floro tudi ni rodu *Lagynophora*. Usedline so torej lokalni kopni facies spodnje paralične podstopnje, pri čemer se Stache glede časovne vrzeli med crozijo kredne podlage in sedimentacijo premoga ni točneje izrazil.

Više slede debele plasti s haracejami in melanidami, ki vključujejo v spodnjem delu še več premogovnih horizontov. Razvoj teh plasti ustreza kozinski podstopnji. Apnenci s foraminiferami, malimi alveolinami in brakično-morskimi konhilijskimi ločijo to skupino od višjega horizonta alveolinskih apnencev.

Italijanski geologi se s Stachejevo razdelitvijo niso strinjali. Po D'Ambrosiju (1931) je liburnijska vmesna stopnja nepotrebna. Vse sedimente med svetlimi krednimi apnenci ter morskimi apnenci eocena obseže kot plasti spileko (Spilecciano). To so sivi in temni, često bituminozni apnenci s haracejami, miliolidami in stomatopsidi ter premogovnimi sloji. Prišteva jih najnižjemu eocenu v smislu Saccà (1924). Spileko obsega po italijanski razdelitvi plasti med danijem in spodnjim lutecijem (Gignoux, 1950) ter je identičen z londonijem oziroma ipresom (Haug, 1920). Neposredno nad plastmi spileko sledi spodnji lutecij z miliolidnimi apnenci. Više so svetlosivi apnenci srednjega lutecija z bituminoznimi vložki ter prevladujočimi alveolinami, manj pogostnimi asilinami in numuliti, še više slede glavni alveolinski in numulitni apnenci.

Podobno razdelitev spodnjega dela terciarja je postavil D'Ambrosi (1931) tudi v tolmaču h geološki karti lista Pazin, to je za srednjo Istro. Zaradi pomanjkanja značilnih fosilov pa je meja med spilekom in lutecijem negotova. Oba oddelka eocena merita po debelini plasti le nekaj metrov. Popolnoma isto razdelitev uporablja tudi Lipparini (1935) v geološki karti lista Labin.

Salopek (1953) navaja za labinsko in pičansko območje pisane breče pod liburnijskimi sloji. Prišteva jih delno kredi, delno terciarju. Liburnijske plasti v sladkovodnem in brakičnem razvoju s premogom prišteva v paleocen. V njihovi bazi pa je lokalno našel tudi miliolidne apnence neposredno na kredi. Po tem sklepa na prisotnost spodnjih foraminifernih apnencev tudi v tem delu Istre. Isto je opazil tudi že Waagen (1906). Tanke plasti miliolidnih apnencev vsebujejo tudi rudiste, verjetno na sekundarnem mestu.

Šikič (1951/53) se drži stratigrafske delitve starejših avtorjev.

Nekateri geologi, kot D'Ambrosi, domnevajo, da je mogel biti del fliša odložen še v oligocenu, ko je verjetno bila Istra pokrita še z morjem. Erozijska pa je popolnoma odnesla morebitne usedline.

Boksit na krednih apnencih je posledica krašenja apnenih površin. Po D'Ambrosiju (1940) so vezani istrski boksiti na dva različna horizonta: prvi je posledica emerzije ob koncu neokoma, drugi ustreza

senonski regresiji, ko je Istro ponovno zajela kontinentalna faza. Vsa bogatejša nahajališča boksita v Istri ustrezajo senonski fazi.

Terra rossa je neogenska in pleistocenska ter produkt izravnave istrske površine, ki se je pričela po D'Ambrosiju (1931) že v miocenu ter dosegla višek v ledenih dobah.

V neogensko-kvartarni periodi sorazmerno že stabilnega kopna so nastala tudi številna večja ali manjša jezera s sladkovodno favno ter usedlinami glinastega mulja.

Pleistocen zastopajo še breče. Dolinske naplavine in pobočni grušč pripadajo holocenu.

V nasprotju s sosednjimi Alpami kažeta Primorski kras in Istra — kot Dinaridi sploh — sledove zmernejšega delovanja tangencialnih sil. Enostavna antiklinalna in sinklinalna območja v pretežnem delu Istre prehajajo v nekoliko bolj komplicirano zgradbo Učke s Čičarijo in Tržaškega krasa. Območje Čičarije je po Waagenu (1913) in Salopeku (1953) karakterizirano celo z luskasto strukturo in poglobljenimi gubami. Šikič (1953) in Salopek navajata tudi prave narive pod vplivom pritiska s severa. Tržaški kras pa je tektonska gruda.

Po Winklerju (1924) je pričetek dinarskega gubanja v primeri z južnoalpskim, ki ga postavlja v predoligocen, kasnejši. Večina primorskih Dinaridov je bila gubanih šele v posteocenski, delno celo postoligocenski dobi, kar sledi iz popolnoma konkordantno gubanih eocenskih in spodnjeoligocenskih plasti s podlago (Promina). Gubanja pa so morala biti tudi že pred transgresijo morskega eocena. Winkler predpostavlja močno gubanje v mejnih delih Dinaridov tudi v zgornji kredi. Sledilo je še mlado terciarno gubanje.

Po Šikiču (1951/53) je v Čičariji udeležen v luskasti zgradbi ves fliš; premiki so v glavnem oligocenski, pričeli pa so se že v eocenu.

Tangencialne sile, ki so se uveljavljale v Julijskih Alpah, so vplivale tudi na dinarsko regijo. Paroksizem v tem delu Dinaridov najbrž sovpada z glavnimi tangencialnimi premiki v Julijskih Alpah. Tektonska premikanja, ki so bila najbolj intenzivna v Alpah, so v smeri proti jugu postajala vedno slabša.

Po neogenski emerziji, vezani na orogenetsko delovanje sredi terciarja, ozemlje današnjega severnega Jadrana ni bilo več pokrito z morjem. Z epirogenetskimi premikanji v sorazmerno mladi geološki preteklosti je nastopila poslednja faza v fizičnem preoblikovanju kopnega. Regionalno premikanje obal v dobi po pleistocenu je evidentno še v historičnem času. Stache (1888) skuša spraviti v sklad premikanja jadranske obale v kvartarno-historični periodi z vulkansko aktivnostjo v Sredozemlju.

Današnja obala Istre je na vzhodni in zahodni strani tektonska ter poteka več ali manj prečno na dinarsko smer. Kaže očitne znake poplajene oziroma toneče obale ter se polotok kot celota ugreza še danes. Da se je območje Istre od diluvija dalje grezalo najmanj za 200 m, dokazuje debela plast fluvio-glacialnih usedlin Soče pri Gradežu, po čemer sklepa Melik (1935) na najmočnejše grezanje Jadrana v severnem delu.

Na obravnavanem ozemlju ločimo dva tipa zemljišč. Medtem ko je prepokano apneno ozemlje vodopropustno, je peščeno-laporasti fliš vodonepropusten. Od te lastnosti je odvisen značaj ozemlja, njegov morfološki razvoj in ostale posebnosti.

Značilna za apneno kraško ozemlje je blago zaobljena površinska konfiguracija ter obširni platoji. Apnenec je pokrit lokalno s kraško preperino (terro rosso), ki je koncentrirana v depresijah. Številna nakopičenja boksita so v obliki žepov in gnezd nepravilno porazdeljena po stari izravnani kredni površini.

Po paleogenski morski sedimentaciji je nastopila v miocenu zopet emerzija. Pričel se je proces krašenja z nastajanjem terre rosse, ki traja še danes.

Kakšna je stopnja skrašenja v območjih, kjer so premogišča? V Primorskem krasu je bil ta proces dalekosežen. Globina skrašenja je velika ter sega najmanj do današnjega morskega nivoja. V severozahodni Istri v območju bujske antiklinale ne seže globoko. V sečoveljskem premogovniku na nivoju jamskih del ne opazujemo kraških pojavov v krednih apnencih v podlagi terciarja. V vzhodnem delu Istre v rudniku Raši pa segajo skrašeni kredni apnenci še globoko pod morski nivo.

III. GEOLOGIJA PREMOGIŠČ

Primorsko-istrsko premogovno ozemlje razdelimo na dve skupini: severna obsega Primorski kras med Trstom, Kozino in Pivko. Produktivno je severno krilo tržaško-koprske terciarne kadunje ob prehodu v reško eocensko kadunjo. Južni skupini prištevamo pojave premoga v Istri od njenega severozahodnega do jugovzhodnega dela. Premog vsebuje v severni skupini prehodne plasti med kredo in paleogenom, v južni pa bazalne plasti transgresivnega paleogena. Premogonosnost je nestalna ter se izpreminja od debelih slojev, ki dopuščajo razvoj velikih rudarskih obratov, do nepomembnih vložkov.

Severna skupina

Med Bazovico in Pivko je pas produktivnih plasti sorazmerno širok. Na več mestih izdanjajo tanki sloji premoga, ki so jih bili v preteklosti nekajkrat raziskovali. Debelina premogovih slojev je zaenkrat le v neposredni okolici Vremskega Britofa tolikšna, da dopušča rudarsko eksploatacijo.

Rudarska dejavnost v Vremskem Britofu ima svoje začetke v 18. stoletju. Sistematsko so rudarili le Italijani med leti 1920 in 1931 ter tik pred drugo svetovno vojno. Po letu 1945 je bila rudarska dejavnost omejena na jamo Zavrhek, ki je bila jeseni leta 1955 izčrpana in potopljena. Zato so pričeli z obnavljanjem jame Jadran IV. pa tudi starih francoskih prog na levem bregu reke. Rudarske obrate in vrtine v vremski dolini kaže 2. slika.

1. Splošne geološke razmere okolice Vremskega Britofa. Kreda med Divačo in Famljami izstopa morfološko in vegetacijsko; bel skalnat teren

ni kultiviran. Kredni pas obdajajo na obeh straneh povečini temni apnenci *Stachejevega* liburnika oziroma italijanskega spileka. Plasti se nadaljujejo navzgor v sorazmerno širok pas miliolidnih apnencev. Slede alveolinski apnenci in nad njimi tanjši pas numulitnih apnencev, ki prehajajo navzgor v lapornato-apnene, ponekod tudi peščene flišne sedimente. Med Skocijanom in Zavrhom potekajo plasti približno od zahoda proti vzhodu, nato se obrnejo precej ostro proti severovzhodu. Sorazmerno široka cona produktivnih plasti se pri Spodnjih Vremah konča ob prelomnici. Produktivni apnenci na planoti Gaberk padajo proti jugu ter so ločeni od krede s prelomnico. Na severu nalegajo konkordantno na kredno antiklinalo Vremšče.

Edina večja dislokacija v neposrednem območju Vremskega Britofa poteka v dinarski smeri preko Spodnjih Vrem vse do Divače. Geološka zgradba kaže na večjo premaknitev v vertikalni smeri, pri čemer se je ugreznilo severno krilo. Dislokacijo direktno nakazujejo še močno porušene kamenine.

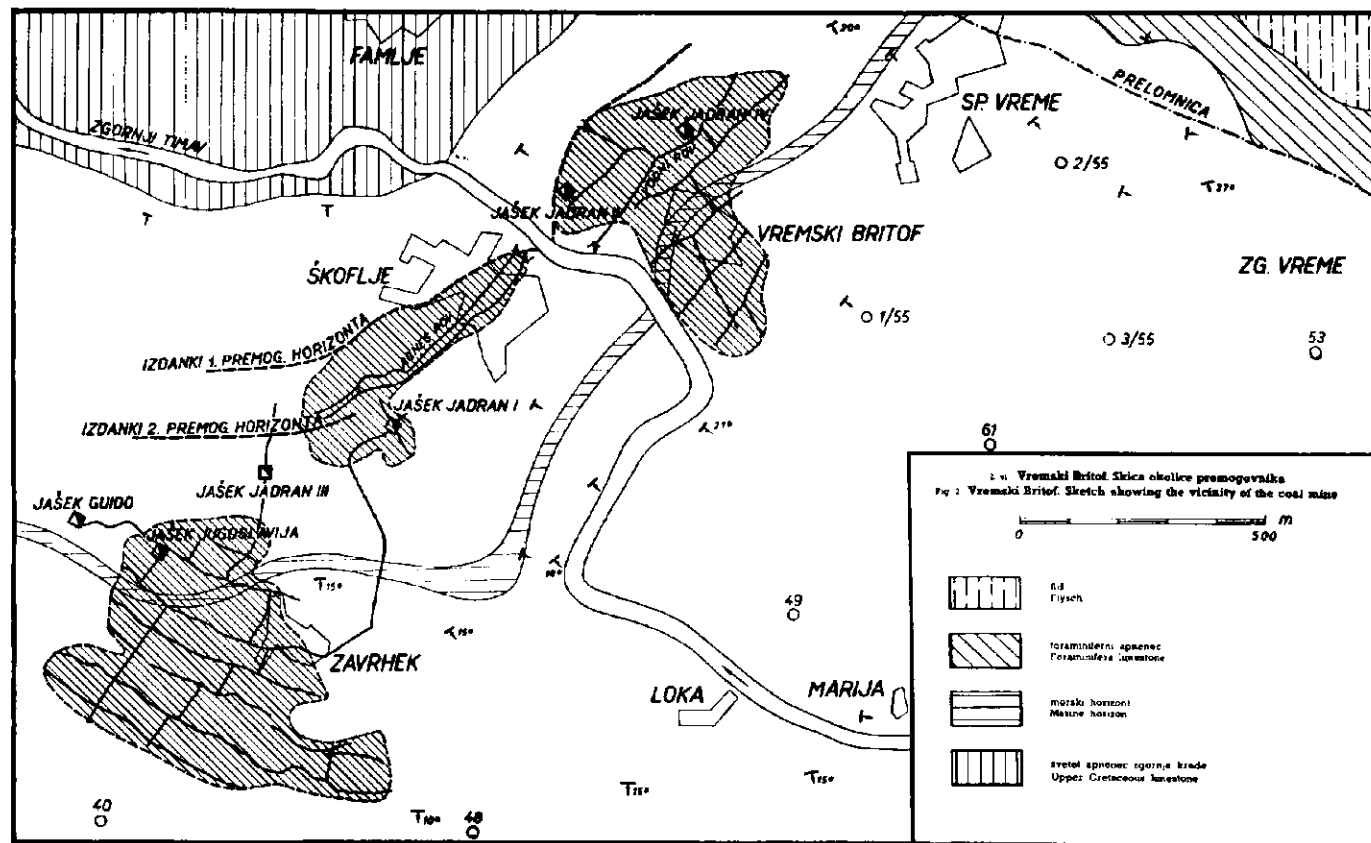
Prehod med svetlimi apnenci krede in produktivnimi apnenimi plastmi je zvezen. V spodnjem delu produktivnih apnenih plasti najdemo le malo makrofavne ter nekaj miliolid. Pogostnejše so hare v temnem bituminoznem apnencu. Pomembna je tanjša vmesna plast sivega in temnosivega bituminoznega apnenca z obilico miliolid, peneroplid ter mersko favno moluskov. Zgornji del produktivnih plasti zastopajo več ali manj bituminozni apnenci, lokalno z miliolidno favno. Ti prehajajo navzgor v miliolidne apnene ter alveolinske in numulitne apnene.

Izdankov premogovih slojev danes na površini skoraj nikjer več ne najdemo.

2. Vrtine. V letih 1937 do 1939 so izvrtali v širši okolici Vremskega Britofa 14 raziskovalnih vrtin. Za tri vrtine (52, 57, 59) ni znan položaj, za eno, katere oznako in položaj poznamo, ni ohranjen profil (40), pač pa le ustni podatki, o eni vrtini pa nimamo nobenih podatkov.

Vrtina 42 ni zadela na premog. V vrtini 47 je v globini 511 m 5 cm debela premogovna žila. Vrtina 48 kaže dva premogovna horizonta: med 164 in 165,75 so štirje tanki sloji oziroma žile z debelinami 7, 10, 30 in 5 cm, na globini 176 m pa žili 3 in 2 cm. Zgornji horizont naj bi ustrezal sloju, ki so ga odkopavali v jami Zavrhek, le da je ob površinsko neopazni prelomnici precej visoko dvignjen.

V vremski dolini je pokazala vrtina 49 dva premogova sloja: na globini 130 m sloj 16 cm in na globini 150 m žilo 3 cm. Vrtina 61 je pokazala spodnji premogovni horizont med 245 in 246,5 m s 5, 8, 9 in 12 cm debelimi žilami, više na približno 120 m pa še dva sloja, 13 in 7 cm debela. Spodnji in višji horizont se v primerjavi z vrtino 3/55 ujemata z najnižjim ter naslednjim višjim premogovnim horizontom. Vrtina 53 je pokazala med 370 in 375 m pet slojev premoga: 14, 4, 17, 110 in 4 cm ter na globini 399 m še sloj 27 cm. Obe skupini pripadata predvidoma obema glavnima premogovnim horizontoma. Vrtina 50 severno od Barke je zadela le na najnižji premogovni horizont, kjer so med 365 in 367,5 m



sloji in žile z debelinami: 6, 5, 57, 11, 6, 14 in 10 cm. Sosednja vrtina 62 pa je bila brez premoga.

Vrtina 58 vzhodno od Zgornjih Vrem je zadela med 585 in 586 m na sloje 11,4 in 16 cm, na 593 m sloj 10 cm in na 595 m žilo 9 cm.

Obc najbolj vzhodni vrtini 51 in 56 nista dosegli produktivnega dela terciarnih plasti.

Podatki vrtin nam dajejo sliko o položaju posameznih premogovnih horizontov med kreda in alveolinskimi apnenci. V 1. tabeli so podane poševne debeline plasti pri povprečnem naklonu 15–20°.

Table 1

1. tabela

Vrtina št.:	50	58	53	61	49	48
Razdalje med kreda in najnižjim premogovnim horizontom (m)	59	120	37	100	102	26
Razdalje med glavnim premogovnim horizontom in spodnjo mejo alveolinskih apnencev (m)	205	364	254			

Premogovi sloji pripadajo torej različnim horizontom v liburnijskih plasteh.

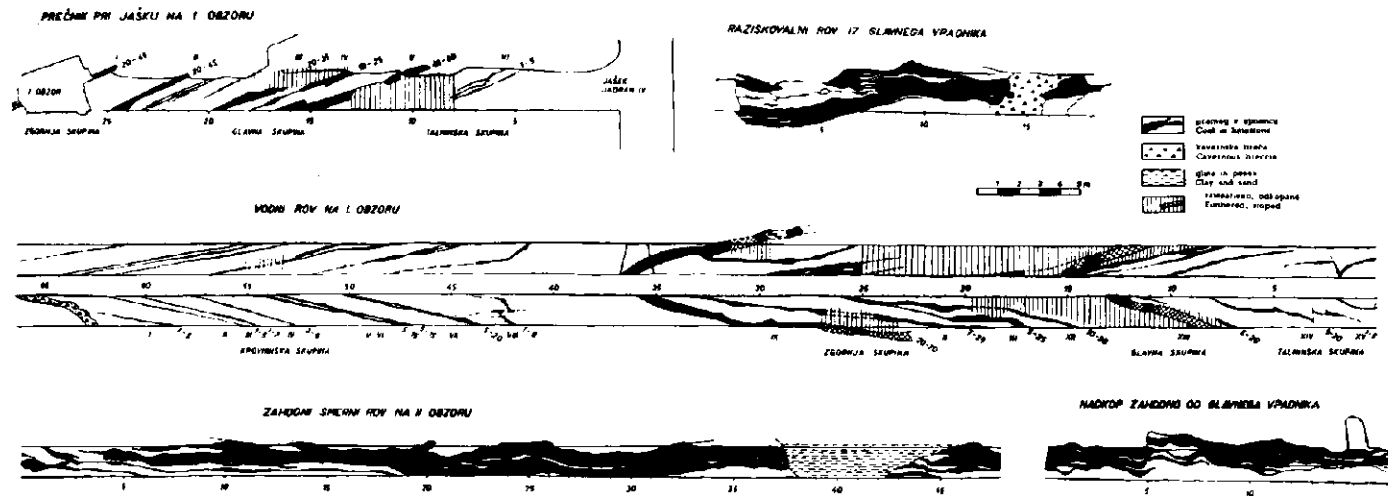
V letu 1955 so bile izvrtane še tri vrtine vzhodno od Vremskega Britofa, ki so zanesljivo podale zvezen profil produktivnih plasti s kredno podlago. Vrtina 1/55 je pokazala v najnižjem premogovnem horizontu blizu skupaj 3 sloje premoga, s skupno debelino 1,35 m. Višji horizonti so vsebovali le tanke vložke in žilice premoga v temnem bituminoznem apnencu. Enako so bili zastopani premogovni horizonti tudi v vrtini 2/55, ki pa debelejšega sloja premoga ni pokazala. V vrtini 3/55 smo zadeli le tanek sloj premoga v najnižjem horizontu. Zlasti poslednja vrtina je potekala v močno zdrobljenem in porušnem, kavernastem apnencu.

3. Geološke razmere in tektonika v jami. V jami Zavrhek so odkopavali en sam sloj premoga, debel povprečno okrog 50 cm. Nekako 2 in 3,5 m nad tem glavnim slojem sta še dve tanjši premogovi žili.

Jama Jadran IV je bila v letu 1955 obnovljena do tretjega obzora. Stare smerne proge in vpadniki so izdelani v premogu, ki pa je v območju dostopne jame povečini odkopan. Razmere v jami kažejo neenakomeren razvoj premogovnih slojev, ki so nestalni po številu, medsebojnem položaju in debelini. V vodnem rovu, ki poteka prečno na plastovitost, smo našli največ 15 tankih žil in slojev premoga. V območju starih odkopov opazujemo dve glavni skupini premogovnih slojev, ki so jih vsako zase odkopavali. V »zgornji« skupini je odkopen v glavnem le en tanek sloj. V »spodnji« skupini pa je več slojev, ki se po debelini močno izpreminjajo. Mestoma dosežejo tudi skupno debelino 2 m ali pa so na račun apnenih vložkov skoraj v celoti reducirani. V nekaterih delih premogišča se premog menjava s polami in z vložki apnenca. Kot primarna pri-kamenina premoga nastopa izključno apnenec.

3. slika
Značilni stenski posnetki iz premogovnika Vremski Britof

Fig. 3
Characteristic views of walls in Vremski Britof coal mine



Poleg sedimentarnih vzrokov so na nepravilnosti v debelinah in poteku slojev vplivali tudi drugotni faktorji, predvsem tektonika in erozija. Tektonska premikanja so premogove sloje lokalno stanjšala ali iztisnila, na drugi strani pa lečasto obogatila. Največ premoga je vzdolž tako imenovanih »cevi«, ki so odebeljeni deli slojev ob fleksurah in lokalnih prelomih. Korozivnemu delovanju podzemnih voda v apnenecu je sledila podzemna erozija. Premogovi sloji so pogosto odneseni v celoti ali delno, prazne prostore pa so tesno zapolnili rumena in zelena glina, kosi apnenca, povečini pa prineseni prodniki ter droben pesek. V teh zapolnitvah kraških podzemnih votlin z materialom, ki izhaja delno s površine, najdemo tudi fragmente drevesnih debel, ki so dosegla v stopnji karbonifikacije ksilitni stadij. Po tem moremo sklepati na precej staro skrašenje tega ozemlja.

Podzemne vode so vplivale tudi na premogovo substanco ter ob njej in v njej odlagale mehansko transportiran glinast material ali pesek. Tako opazujemo ponekod postopen prehod premogove substance v temno glino.

Nekaj značilnih stenskih posnetkov iz jame, ki ponazarjajo obliko in nestalnost premogovih slojev, kaže 3. slika.

Premogove sloje razdelimo na več skupin. Zgornjo skupino predstavljata v prečniku I sloja 1 in 2 ter žilice pod njima, v vodni progi pa so to sloji 9, 10, 11 in 12 z vmesnimi tankimi žilicami. Najvišji sloj te skupine je navadno najdebelejši. V rudniku ga imenujejo »zgornji« sloj in ga odkopavajo posebej.

Glavno skupino sestavljajo navadno trije sloji. V prečniku I ji prištevamo sloje 3, 4, 5, v vodni progi pa sestavljen sloj 13. Debelina slojev je nestalna; najdebelejši je včasih najvišji, včasih najnižji sloj. To skupino slojev tudi v glavnem odkopavajo.

Nad zgornjim slojem je še več tankih premogovih slojev in žil, ki jih imenujemo krovna skupina. Pod glavno skupino pa je nekaj tankih premogovih slojev talne skupine.

V jami Jadran IV je zgornji premogov sloj precej enakomerno razvit v debelini do največ 60 cm. Nekako 70 do 100 cm pod njim ga spremlja lokalno še en tanek sloj, ki ustreza sloju 2 v prečniku I. Razvoj slojev glavne skupine je bolj neenakomeren. Najmočnejše je razvit zgornji sloj te skupine, ki doseže tudi 80 cm. Pod njim je več tanjših slojev, ki se ponekod združijo ter ponovno cepijo na tanjše pole. Včasih zastopa celo skupino tudi samo en sloj, ki je sorazmerno debel.

Plasti apnenca vpadajo enakomerno pod kotom okrog 20°. Ob številnih dislokacijah so le malo premaknjene. Prečne porušitve pod vplivom tangencialnih sil se kažejo kot številni prelomi raznih smeri, fleksure, medplastovni premiki in večje dislokacije z medsebojno premaknitvijo obeh kril za največ nekaj desetih metrov.

Prva večja dislokacija loči jami Jadran IV in Jadran II. Apnenec je zdrobljen in milonitiziran. Porušeno cono apnenca opazujemo v srednjem delu vodne proge na prvem obzoru, kjer je bil del zdrobljenega apnenca odnesen, nastale kaverne pa je zapolnila zelenkastosiva glina

4. slika

Zaporedje produktivnih liburnijskih plasti pri Vremskem Britofu

Fig. 4

Sequence of the coal bearing Liburnian strata in Vremški Britof

Približna debelina horizonta m	Petrografski opis	F O S I L I		Facies	Premoگووimi horizonti	Strati- grafija
		MAKRO	MIKRO			
	SIVI IN TEMNOSIVI APNENCI		FORAMINIFERA			
25-30	SIVI KRISTALASTI APNENCI, MESTOMA TEMNEJŠI PASASTI		MILIOLIDAE PENEROPLIDAE ALVEOLINA			
25-30	TEMNOSIVI APNENCI Z REDKIMI TANKIMI, TEMNIMI BITUMINOZNIMI PLASTMI	TANKOLUPI- NASTI POLŽI CERITHIUM	MILIOLIDAE (LOKALNO) CHARACEAE			
20-30	SIVI IN TEMNOSIVI GOSTI APNENCI	POLŽI KORALE	MILIOLIDAE PENEROPLIDAE COSKINOLINA			
20-25	TEMNOSIVI APNENCI, LOKALNO BITUMI- NOZNI Z DROBNIMI VKLJUČKI PREMOGA	CERITHIUM STOMATOPSIS	MILIOLIDAE (LOKALNO)		5	
15-20	TEMNOSIVI IN ČRNI BITUMINOZNI APNENCI Z VKLJUČKI PREMOGA	STOMATOPSIS CERITHIUM	LAGYNOPHORA		4	
5-10	SIVI IN TEMNOSIVI APNENCI	RUDISTAE OSTREA, ANOMIA	MILIOLIDAE PENEROPLIDAE			
40-45	TEMNOSIVI APNENCI, ZLASTI V SPODNJEM DELU ODEKA BITUMINOZNI S TANKIMI SLOJI IN ŽILICAMI PREMOGA		MILIOLIDAE PENEROPLIDAE LAGYNOPHORA		3	
~ 20	SIVI IN SIVORJAVI APNENCI	RUDISTAE OSTREA				
20	TEMNOSIVI IN BITUMINOZNI APNENCI S TANKIMI SLOJI IN ŽILICAMI PREMOGA	STOMATOPSIS COSINIA	CHARACEAE		2. ZGORNJI (ZAVRHEK)	
20	SIVKASTORJAVI GOSTI APNENCI		MILIOLIDAE			
20	TEMNI BITUMINOZNI APNENCI S SLOJI PREMOGA	STOMATOPSIS CYRENA	LAGYNOPHORA		1. SPODNJI (BRITOF-SKOFLJE)	
50	SVETLI SIVORJAVI GOSTI APNENCI; IZJEMNO TANKE, TEMNOSIVE PLASTI					
	SVETLI SIVORJAVI KRISTALASTI APNENCI	RUDISTAE				

morako
Marinebrakično
Brackishsladkovodno
Freshwater

z apnenčevimi prodniki ter s kosi lesa. Dislokacija poteka približno v smeri N-S ter je zahodno krilo premaknjeno za približno 50 m proti severu.

Drugo večjo dislokacijo je zadela nova raziskovalna proga na drugem obzoru na razdalji okrog 180 m od Eydamovega vpadnika proti vzhodu. Tudi tu je apnenec močno porušen, vezan z rumeno mastno glino ter ima značaj kavernske breče. Premogov sloj, ki je bil lokalno debel tudi do 120 cm, se naglo stanjša ter tektonsko izklinja oziroma prehaja v zdrobljen apnenec, ki je premešan s temno premogovo maso.

V ostalih delih dostopne jame ni večjih dislokacij. Na lokalne porušene cone kažejo mestoma precej velike votline, zapolnjene z nanesenimi usedlinami.

Številni manjši prelomi potekajo v glavnem približno prečno dinarsko, vpad pa je povečini strm v jugovzhodno smer ali tudi navpičen. Izrazito dinarsko usmerjenih lokalnih prelomov skoraj ne najdemo.

Zanimiv je pojav lokalnih fleksur s premikom okrog 1 m. Ob njih so tangencialne sile povzročile nakopičenje premoga. Odebelitve potekajo povečini linearno ter so približno dinarsko ali prečno dinarsko usmerjene. V neposredni bližini pa se premogov sloj zopet stanjša ali celo izklini. Imamo torej opravka s tektonsko migracijo premoga na kratke razdalje. Pri tem se je premog močno porušil; je skrilav, poln tektonskih zrcal tako v sami substanci kakor ob stikih s prikamenino.

4. Profil produktivnih plasti v Vremskem Britofu. Po podatkih jame, vrtin in površinske geologije je bilo mogoče sestaviti geološki profil produktivnih plasti pri Vremskem Britofu, ki ga kaže 4. slika.

Kredno podlago gradi svetel kristalast apnenec, ki vsebuje rudiste, ponajveč majhne radiolite pa tudi kaprinide. Izjemno nastopajo tanki vložki apnenih breč z zelenkastim glinastoapnenim vezivom.

Navzgor prehaja kredni apnenec v svetel sivorjav, gost in drobno-kristalast apnenec brez makro- in mikrofavn. Te plasti so debele okrog 50 m ter pripadajo prav gotovo še morskemu razvoju, v zgornjem delu mogoče tudi že brakičnemu. Sledi s precej ostro mejo temen bituminozni apnenec, ki vsebuje premogove sloje najnižjega premogovnega horizonta. Sloji so po številu in debelini zelo nestalni. Debelina celotnega horizonta, ki ga karakterizira predvsem favna *Stomatopsis* sp. in flora *Lagynophora* sp., znaša okrog 20 m. To je prvi horizont, na katerega je vezan največji del premoga. Nad njim so najprej svetlejše, rjavkastosive plasti gostega apnenca v debelini okrog 20 m, ki vsebuje poleg nedoločljivih polžev tudi miliolide. Nato se ponovi bituminozni apnenec s tankimi sloji ali tudi le z drobnimi žilicami in vložki premoga. Sledi siv in sivorjav kompakten apnenec, v katerem so poleg foraminifer lokalno tudi morske školjke. Debelina teh plasti je okrog 20 m. Više se pričenjajo okrog 50 m debeli skladi apnencev, ki vsebujejo v spodnjem delu ponovno tanjši horizont bituminoznega apnenca s tankimi sloji premoga, povečini pa le z drobnimi žilicami. Plasti mestoma karakterizira obilna favna miliolid in peneroplid. Tudi više se ponovno lokalno pojavi bituminozni apnenec s premogastimi vključki. Morski razvoj tega foraminifernega horizonta je posebno po-

udarjen z morsko favno školjk. Ta plast sivega apnenca z avtohtono morsko favno je v okolišu Vremskega Britofa debela okrog 10 m ter je edini jasen vodilni horizont v produktivnih plasteh, ki jih deli na dva dela.

Vertikalno razprostiranje morskih fosilov je navzgor ostro omejeno. Morski razvoj preide naglo, brez izrazitih vmesnih tvorb, v sladkovodnega z značilnimi fosili. Zastopa ga temen bituminozni apnenec s pogostnimi drobnimi vključki in žilicami premoga. Ta horizont ni izrazit; prištevati mu moremo kakšnih 15 do 20 m v povprečju. Navzgor se pri skoraj neizpremenjenem petrografskem sestavu kamenine uveljavlja brakična makro- in mikrofavna. V vrtini 3/55 je v tem delu tudi temen bituminozni apnenec s tankimi vključki premoga. Nekako 40 do 45 m nad morskim horizontom nastopa okrog 20 do 30 m debela plast gostega sivega apnenca s peneroplidami in drugo mikrofavno, zlasti s koskinolinami ter sicer redko, najbrž brakično-morsko makrofavno. Sledi zopet povečini temnosiv apnenec, ki le v določenih plasteh vsebuje mikrofavno, med katero prevladujejo miliolide. Temen bituminozni apnenec z drobnimi vključki premoga se le še redko uveljavi. Hare najdemo le izjemno. Tudi makrofavna skoraj popolnoma pojenja ter jo zastopajo le še redki nedoločljivi tankolupinasti gastropodi. Nato postaja apnenec svetlejši. Kakšnih 100 m nad glavnim morskim horizontom nastopi okrog 30 m debela plast gostega sivega kristalastega apnenca z obilno mikrofavno. Miliolide še vedno prevladujejo, uveljavljajo pa se tudi peneroplide in oblike, ki sličejo lagenidam. V posamičnih primerkih najdemo tudi že prve alveoline. Slede debele plasti več ali manj temnosivega apnenca, ki vsebuje foraminifere s prevladujočimi miliolidami. Te se pojavljajo v večji množini le v posameznih tanjših plasteh. Plastovitost apnenca je postopno vedno slabša. Vedno bolj se uveljavljajo alveoline ter takoj tudi redki numuliti. Alveolinski horizont je slabo izražen. Sledi apnenec z numuliti in više fliš.

Ločimo torej pet premogovnih horizontov. Spodnji trije so pod vmesnim morskim horizontom, nad njim pa sta dva. Najnižji premogovni horizont je najbolj pomemben. V njem so se razvila glavna rudarska dela. Naslednjemu, drugemu premogovnemu horizontu pripada sloj, ki so ga odkopavali v Zavrhu.

Iz dosedanjih podatkov sledi, da obsega najnižji premogovni horizont območje jugovzhodno od spojnice Britof–Škoflje, to je sektor vrtin 1/55, 47 in 61. Vrtini 2/55 in 3/55 bi kazali, da premoga v spodnjem premogovnem horizontu ni več, vendar zaradi naglih sprememb v debelini slojev ti podatki ne morejo biti posebno zanesljivi. 110 cm debel sloj v vrtini 53 predvidoma pripada drugemu premogovnemu horizontu, ki se tudi v vrtini 3/55 javlja s tanjšim slojem. Sicer pa drugi premogovni horizont v območju Britofa ni pomemben.

5. Fosili. Fosilnih ostankov v vremskem premogišču nisem podrobno obdeloval. Več kot je ugotovil že Stache (1899), bi mogla dati le najbolj podrobna paleontološka obdelava širokega ozemlja. To pa ni naloga tega dela, pri katerem so fosili le splošni indikator okolja, v katerem je premog nastajal.

Flora. V apneni prikamenini najdemo izredno bogato haracejsko floro, zlasti delce razvejanega stebela v tipičnih oblikah, kot jih je upodobil Stache (1899). Med oogoniji so gladke okroglaste oblike, še več pa jih ima spiralno skulpturo na površini. Te različke sem po Stacheju označeval kot *Lagynophora* sp., ostale le kot *Characeae*. Po masovnem nastopanju sodeč so mogle biti te primitivne vodne rastline v znatni meri udeležene tudi v prvotnem premogovnem materialu.

Favna. Od številnih fosilov, ki jih navaja Stache (1899) za območje Tržaškega krasa, najdemo v jami le velike polže rodu *Stomatopsis* sp. Največ jih je med sloji premoga v svetlem sivorjavem zrnatem apnencu z množico laginofor ali v premogastem apnencu tik nad sloji premoga. Velike primerke najdemo celo v premogu. Opazovani različki pripadajo v glavnem vrsti *Stomatopsis cosinensis* St.

Poredkoma sem našel tudi fragmente gastropodov, ki kažejo na *Goniobasis* sp., poleg tega še drobne okroglaste polžke, močno vraščene v apnenec ter drobne tankolupinaste stolpičaste polže v nedoločljivih presekih. Vsa ta favna nastopa v neposredni zvezi s haracejami. Iz analognih plasti pri Kozini in Gaberku navaja Stache (1889) obilno sladkovodno in kopno favno.

V jedrih iz vrtin sem našel poleg tega še slabo ohranjene fragmente školjke, ki spominja na *Cirena* sp., in polža *Cosinia* sp.

Našteti fosili so s haracejami značilni zlasti za spodnje tri premogovne horizonte pod morskim vložkom, ki deli liburnijsko stopnjo na dva dela. Morski horizont vsebuje sicer redke, vendar manjše *Radiolites* sp. ter številne preseke zavitih školjk družine *Caprinidae* z značilno strukturo lupine. Precej pogostna je manjša školjka *Anomia liburnica* St. z značilno skulpturirano lupino (Stache, 1889, tab. Va). Nejasni odtisi nepravilnih lupin školjk utegnejo pripadati školjkam *Ostrea* sp., ki jih navaja tudi Stache. Ostanke polžev *Cerithium* sp. dobimo v posameznih primerkih v zgornjem delu morskega horizonta pa tudi više.

Številno mikrofavno zastopajo prvenstveno miliolide, zlasti *Biloculina* sp., *Triloculina* sp. in *Quinqueloculina* sp. V območju premogovnih horizontov je miliolidna favna redka; v bližini premoga je sploh ni. Številnejša je v morskem horizontu pa tudi v brakičnih vključkih. Za te odseke je značilna predvsem *Rhapydionina liburnica* St. (*Peneroplis protoaenica* St.), (Stache, 1899, tab. Va); poleg tega še številne spiralne peneroplide, med njimi zlasti *Peneroplis cylindraceus* Lam. ter *Spirolina arietina* Batsch. V višjih plasteh se pojavljajo poleg miliolid že prve alvcoline, poleg tega še različki, ki utegnejo pripasti lagenidam (*Textularia* sp.). Najdemo tudi posamične *Coskinolina* sp.

V vrtini 3/55 sem opazoval ostanke koral, katere navaja za protocen tudi Stache (1889).

V svetlem krednem apnencu so številni rudisti *Radiolites* sp., od mikrofavne pa predvsem miliolide ter redke peneroplide. Najdemo tudi nekaj zavitih rožastih ohišij *Globotruncana* sp.

6. Facies premogonosnih plasti. Po favni sklepamo na pretežno sladkovodni razvoj premogonosnih usedlin. Limničnega razvoja je tudi še del

plasti pod najnižjim premogovnim horizontom ter enako neposredno krovinske plasti. Pod drugim premogovnim horizontom je brakični vključek z miliolidami, ki ga opazujemo tako v jami kot v vrtinah. Plasti drugega premogovnega horizonta pa so zopet sladkovodne. Menjavanje limničnega faciesa s pretežno slabimi morskimi vplivi je značilno tudi za ostali del liburnijskih plasti. Iznad mejnega morskega horizonta so bituminozni sladkovodni horizonti s premogom vedno šibkejši, istočasno pa je vedno več foraminiferne favne, ki kaže postopno vedno močnejše uveljavljanje morskega okolja.

Haracejska flora je značilna za plitve sladkovodne bazene. Po Cayeuxu (1935) žive hare v globini 10 do 15 m, prilagoditi pa se morejo tudi brakični vodi (Stache, 1899).

Miliolide kot tudi peneroplide žive po Glaessnerju (1948) v 1–5 sežnjevi globoki vodi s temperaturo 21–31° C. Miliolide se morejo prilagoditi tudi brakičnemu okolju.

7. Petrografija kamenin v premogišču. Primarna prikamenina premogovih slojev je izključno apnenec. Je v splošnem drobnozrnat in kompakten z ravnim ali školjkastim prelomom. Tekstura je povečini homogena, redko tudi skrilava. Barva je različna, od svetle sivorjave do črne. Temni bituminozni različki vsebujejo tudi vključke premoga ter prehajajo v premogast apnenec. V premogu so pogostni tanki vložki apnenca. Prehodi med apnencem in premogom navadno niso ostri.

Tudi neizrazita apnena breča je ponekod zastopana najčesče neposredno pod premogom. Kamenina je izključno apnena. Do nekaj centimetrov velika zrna z nejasnimi konturami so tesno vezana z apnenim vezivom, ki se le po barvi razlikuje od drobcev.

Sapropelskih apnencev ni v vremskem okolišu.

Drugotne hribine, kot različki gline, peska in proda, so mehansko transportiran material s površine v votline v plasteh apnenca. Izvor kremenovega peska moremo iskati v glavnem v flišnih peščenjakih, zelenih glin pa v flišnih laporjih.

Pod mikroskopom vidimo, da je struktura apnenca homogena pelitska, le redko tudi nejasna zrnata psamitska ali celo brečasta. Detritičnih primesi kamenina ne vsebuje pač pa lokalno številne organogene vključke, zlasti ostanke haracej, ki so ponekod nakopičeni v veliki množini. Mikro- in kriptokristalasta kamenina se ne menja tudi neposredno ob premogu. V premogastem apnencu pa je premogova substanca porazdeljena v izredno drobnih pasovih in vključkih. Organska substanca, ki je dala premog, je morala biti sedimentirana istočasno. Apnenec je potemtakem najbrž biokemični produkt, v prvi vrsti posredna posledica asimilacije vodnih fitogenih organizmov. Pri tem izpada karbonat čisto v obliki apnenega blata, ki prekriva in vključuje rastlinske fragmente. Haraceje direktno vežejo kalcijev karbonat oziroma se z njim inkrustirajo ter se morfološko ohranijo. Cayeux (1935) navaja, da je bilo ugotovljeno 0,61 g kalcijevega karbonata na eno rastlino, to je nekako 75 %. Apnenec je kvečjemu nekoliko prekrystaliziran, pri čemer se njegova homogena tekstura ni izpremenila.

Neizrazite breče brez ostrih meja med zrni in vezivom smatramo po Niggliju (1952) za intrafacične, genetsko vezane na plitvo lakustralno okolje. Nastale so zaradi mehanskih vplivov nemirnih voda v sedimentacijskem bazenu na usedlo apneno maso. Brečaste kamenine vsebujejo zlasti fitogene organske ostanke.

Foraminiferni apnenci so tipični organopelitsamiti s psevdoolitno, oziroma brečasto strukturo (Niggli, 1952).

8. Zaključki o nastanku premogišča. Iz favnističnih in petrografskih značilnosti usedlin sledi, da se je zgornjekredna regresija razvila do obširnega poplavitvenja morskega sedimentacijskega območja. Postopno se je tu in tam uveljavil občasen limnični razvoj. Sklepamo na sorazmerno obširno obalno območje z močnimi dotoki sladkih voda. Sedimentacija je bila pretežno zvezna. V relativno plitvejših fazah je prišlo do nastanka psevdobreč ter najbrž tudi intenzivnejšega odlaganja rastlinskega materiala kot izhodne premogove substance. Terestričnega razvoja ni bilo. Občasne morske ingresije se kažejo v udeležbi brakične in morske favne; v teh vmesnih stadijih stopa nastajanje premoga v ozadje ter se v naslednji lakustralni fazi zopet obnovi. Prehod razvojev je bil dokaj hiter. Značaj sedimentacijskega bazena je zato lagunarno-lakustralen. V skladu s tem je premogišče prehodnega paralično-limničnega tipa.

Nastanek premoga je vezan le na lakustralno okolje. Premogovi sloji leže v različnih nivojih v obliki več ali manj izrazitih leč. Nakopičenje organske substance je bila posledica lokalno ugodnih pogojev, ki so dopustili občasno, prostorsko omejeno prevladovanje organske fitogene sedimentacije nad anorgansko. Med temi lokalnimi vzroki pridejo v poštev primerna globina in kakovost vodá poleg še drugih. Rastlinski material se je nakopil v okolju, kjer se je istočasno sedimentiral izključno drobnozrnat apnenec, to je v sorazmerno globljih vodnih bazenih. Udeležba avtohtone kopne flore je zato izključena. Glavni del materiala premogove substance je moral potemtakem pri avtohtonih slojih pripadati vodnemu rastlinstvu, najbrž v prvi vrsti haracejam. Po Cayeuxu (1935) so na dnu nekaterih recentnih jezer haraccje močno nakopičene. Gotovo so bile razen haracej udeležene še druge vodne rastline, n. pr. modre alge in podobno.

Odsotnost sapropelskih apnencev kaže, da v premogišču pogoji za nastanek bitumenskih komponent iz nakopičenega rastlinskega materiala niso bili ugodni.

Lakustralno sedimentacijo je z začetkom terciarja postopoma nadomestila brakična in nato morska; vzporedno s tem so tudi prenehali pogoji za usedanje organskega materiala.

OSTALI POJAVI PREMOGA NA PRIMORSKEM KRASU

Klasično ozemlje za študij razvoja vmesnih plasti med kreda in morskim eocenom leži med Bazovico, Kozino, Rodikom in Britofom. Geološke razmere v tem ozemlju so enake kot v Vremskem Britofu. O podrobni geološki zgradbi liburnijske stopnje na tem ozemlju je v litera-

turi le malo podatkov. Spoljarič (1904) podaja profil 250 m globokega raziskovalnega jaška med Bazovico in Lipico. Skupna debelina plasti, ki jih je zajel jašek ter preko 600 m dolga raziskovalna proga z dna jaška, znaša okrog 435 m.

V letu 1956 sem podrobno geološko obdelal celotno navedeno ozemlje med tržaško in reško sinklinalo. Ugotovljene razmere se v celoti skladajo z ugotovitvami za okoliš Vremskega Britofa. Pri Kozini znaša debelina liburnika okrog 120 m, pri Lipici pa celo okrog 400 m. Vmesni morski horizont je povsod zvezen in izrazit; morske vložke opazujemo še pod njim. Premog je vezan na več bituminoznih sladkovodnih horizontov. V okolici Lipice je več tanjših slojev premoga. Z vrtino smo ugotovili najdebelejši sloj 0,8 m, poleg nekaj tanjših. Z drugo vrtino smo zadeli celo 1,8 m debel sloj premoga, katerega avtohtonost pa ni zanesljiva. Tektonsko dokaj porušene plasti vpadajo zmerno proti jugu. Neugoden pa je močno skrašen votlinast teren.

Debelina plasti liburnijske stopnje postaja navzven od tega ozemlja vedno manjša, tako ob severnem robu tržaške sinklinale kot na obeh straneh reške sinklinale, na račun višjih morskih sedimentov z miliolidami ter alveolinami oziroma fliša. Nekje južno od Kozine mora biti mejna cona območij zvezne ter prekinjene sedimentacije, o čemer pa danes še ni zadostnih geoloških podatkov.

Po različnih virih, zlasti po Spoljariču (1904), navedem za Primorski Kras še nekaj podatkov o premogu:

Bazovica: V 25 m globokem jašku sta bila dva sloja premoga, debela 15 in 20 cm.

Lipica: Raziskovalni jašek iz leta 1900, globok 24,5 m, je pokazal med 5 in 15 m sloje ter žile premoga naslednjih debelin: 2, 5, 15, 20, 5, 5, 66–90, 30–40 cm. Najdebelejši sloj je dosegel tudi preko 100 cm. Odkopavali so ga najbrž že za časa Francozov v začetku prejšnjega stoletja.

Okolica Kozine: Z vpadnikom in jaškom nekako 2,2 in 1,7 km vzhodno od Kozine so našli 45 cm debel premogov sloj.

Rodik: Med Kačičami in Rodikom so v letih 1936 in 1937 izvrtali 14 vrtin. Ohranjeni profili večine vrtin so pomanjkljivi. Le vrtine v okolici Kačič so pokazale nekaj premoga. Tanki premogovi sloji in žile pripadajo različnim premogovnim horizontom.

Tudi z nekaj sto metrov dolgo raziskovalno progo jugozahodno od Rodika so našli le 15–20 cm debel premogov sloj ter dve tanki žilici premoga. 2 km zahodno od železniške postaje Rodik je v 65 m dolgem vpadniku 20–55 cm debel sloj premoga. Herzog (1931) omenja tu dva vpadnika s 40–100 cm debelim slojem.

Okolica Matavuna: V bližini križišča cest Divača–Kozina in Trst–Vreme so z vpadniki ugotovili 2 premogova sloja, debela 60 in 15 cm.

Gaberk: Gaberk je kraška ravan vzhodno od Divače. V 20 m globokem jašku so našli 4 sloje, debele 15, 30, 5 in 5 cm. Iz jaška so smerno sledili 40–80 cm debel sloj.

Košana: Na nekaj mestih izdanjajo največ 35 cm debeli sloji premoga.

Kal in Neverke: S kratkimi rovi so sledili dva sloja premoga z debelinama 20 in 50 cm.

Zbrani podatki potrjujejo, da nastopa premog v več različnih horizontih. Majhna je verjetnost, da v nekem določenem horizontu zavzema debelejši premogov sloj večjo površino, kjer bi bil ekonomsko pomemben. Največ upanja daje ozemlje med Lipico in Lokvo.

STRATIGRAFIJA PRODUKTIVNIH PLASTI V OBMOČJU PRIMORSKEGA KRASA

V območju Primorskega krasa je bila sedimentacija iz mezozoika v kenozoik zvezna. V tej vmesni fazi prehaja kredna neritsko-litoralna sedimentacija v brakično lagunarno in sladkovodno estuarsko z vmesnimi kratkotrajnimi morskimi vplivi, nakar se preko brakične faze postopno vrača v terciarno morško.

Morski horizont sredi liburnijskih plasti vsebuje avtohtono morško favno. Stache (1880, 1889) je imel rudiste za avtohtone, v novejšem času pa so nekateri geologi trdili, da so nanesen iz krednih plasti (Salopek, 1953, Rakovec, 1949).

Proti alohtonosti rudistov govori naslednje:

1. Morski horizont z rudisti moremo zasledovati zvezno povsod v liburnijskih plasteh Primorskega krasa.

2. Kamenina morskega horizonta je drobnozrnat apnenec. Relativno velika »zrna« rudistov sama, brez drugega nanescenega detritičnega materiala, niso mogla biti transportirana ter alohtono sedimentirana v tem okolju.

3. Pri zvezni sedimentaciji med kredno in terciarom ni mogoča v ožjem okolišu istočasna sedimentacija ter odnašanje fragmentov ali celo celih rudistov.

4. Pod morskim horizontom opazujemo ponekod še tanke vložke z isto morško favno (Lipica, Lokve).

5. Sicer redki opazovani rudisti so bili v pokončni legi z ozirom na smer plasti.

Stratigrafski položaj plasti v bazi paleogena je bil sporen. Povzemimo kratko še enkrat mnenja o tem:

Stache je prehodne plasti med kredno in terciarom izločil kot enoto zase. Spodnji paralični del je deloma že prišteval daniju, zgornji pa suessoniju. Terciar bi se torej pričel šele z glavnim haracejskim apnencem nad morskim horizontom, točneje pravzaprav šele z izrazitim morskim alveolinskim in numulitnim apnencem. Sicer pa je Stache menil, da meje med kenozoikom in mezozoikom ni primerno predstaviti z enostavno mejno črto, ampak s celo vmesno formacijo (1888).

D'Ambrosi (1931) je ločil Stachejev liburnik na kredno, spileko in eocen. Spileko bi ustrezal spodnjemu eocenu, višje plasti pa že luteciju. Istega mnenja je Meunier-Chalmas (Salopek, 1953),

ki pa je na podlagi fosilov prištel kozinske plasti montiju. Salopek (1953) in Rakovec (1949) nasprotujeta kredni starosti usedlin.

Po Haugu (1920) je le malo sistemov, katerih omejitev bi povzročila tako velike razlike v mnenjih kot ravno paleogen. Glede spodnje meje paleogena meni isti avtor, da sta danij in montij dve ločeni stopnji. Opazovati jih moremo na številnih mestih po svetu. Danijska favna vsebuje še mnogo senonskih oblik, med njimi so pogostni rudisti. Montij vsebuje še kakšen ostanek kredne favne, pač pa popolnoma izginejo rudisti. Včasih je prehod krede v paleogen povsem neobčuten ter zastopan z morskimi konkordantnimi plastmi. Tako navaja za Lombardijo Cita (1953) zvezno sedimentacijo med kreda in eocenom brez posebnih izprememb faciesa. Ločitev je možna le mikropaleontološko.

Razmere v Istri in Dalmaciji so po Haugu analogne kot v Pirenejih, kjer morski razvoj tudi postopno prehaja v lagunarnega.

Po Gignouxu (1950) danes velja, da danij pripada kreda, terciar pa se pričenja z montijem, katerega tipični zastopniki so v pariškem bazenu in v Belgiji. Montij z landenijem (tanecij in sparnasij) in ipresom predstavlja spodnji eocen. Tudi Sacco (1924) in D'Ambrosi (1931) uporabljata samo eocen v širšem smislu; sem vključujeta tudi paleocen. Ves spodnji del eocena obsežeta s spilekom. V severni Italiji se pričenja terciar s spilekom, ki vsebuje že numulite in zahodnoevropskemu ipresu sorodno favno moluskov. Po Haugu (1920) pa je paleocen splošno uporabljena oznaka za najnižji del paleogena.

Kljub splošno uporabljeni delitvi paleogena na eocen in oligocen ni nobenega razloga, da ne bi za spodnji del eocena, ki ga predstavljajo montij, tanecij in sparnasij, obdržali pojem paleocena.

Direktna primerjava paleocenskih kakor tudi danijskih plasti z različnih krajev severne hemisfere ni mogoča zaradi raznolikosti tedanje sedimentacije ter nešteti možnosti facialnih kombinacij. Splošna poteza je menjavanje paralično-lagunarnih in litoralnih tvorb, sladkovodnih in kontinentalnih ter brakičnih z vmesnimi morskimi interkalacijami med obema imerzijama. Vzrok temu so bila orogenetska gibanja, ki so se v območju Thetisa pričela konec krede ter se zaradi lokalnih faktorjev od kraja do kraja različno odražala v razvoju. Zato je razvoj te prehodne dobe mezozoika v terciar v podrobnostih močno različen. Sedimenti so bili lokalno različno imenovani, n. pr. garumnij, aachenij, valdonij, nimfij, vitrolij, volvicij, itd. (Sacco, 1924). Stratigrafsko horizontiranje je otežkočeno, ker prevladujoča lokalna sladkovodna favna za to v splošnem ni primerna.

Pri zvezni sedimentaciji med kreda in terciarom je na ozemlju Primorskega krasa zastopan celotni paleocen. Regresija se je potemtakem pričela že v zgornji kreda. Avtohtoni rudisti v morskem horizontu postavljajo vse nižje plasti v izmeničnem sladkovodnem in brakičnem razvoju v najvišji oddelek krede. Debelina teh skladov znaša pri Vremskem Britofu okrog 170 m. Sladkovodno-brakične plasti z vključki premoga tik nad morskim horizontom pričenjajo terciar. Pripadajo montiju, kot jih je horizontalal že Meunier-Chalmas. Landeniju in ipresu pri-

padajo višje, pretežno brakično-morske plasti, ki prehajajo navzgor postopno v morske sedimente lutecija. Podrobna razčlemba paleocena oziroma spodnjega eocena pa je še odprto vprašanje.

Za skupino plasti, ki torej stratigrafsko pripadajo različnim horizontom, pač pa so po značilnostih razvoja enota zase s skupnimi potezami, je vsekakor primerno posebno lokalno ime. Zato moremo obdržati stari naziv liburnijska stopnja v istem smislu kot ga je uporabljal Stache. Deliti pa jo moramo na spodnji, danijski in zgornji, paleocenski del. Menim pa, da ni primerno obdržati naziv »kozinske plasti« le za spodnji paleocenski del liburnika, kot je predlagal Stache. To bi pomenilo stratigrafski pojem le za en del liburnijske stopnje, v kateri sicer nastopajo petrografske in paleontološke enake plasti v nekaj horizontih. Primerneje bi torej bilo z izrazom kozinske plasti ali še bolje kozinski facies označevati vse bituminozne apnene plasti s premogom ter favno stomatopsisov, kozinij in haracej ter še drugo sladkovodno in kopensko favno, ki so udeležene v liburniku.

Premogovni korizonti v Primorskem krasu pripadajo tako daniju kot paleocenu. Oba horizonta, ki jih eksploatirajo v Vremskem Britofu, sta torej kredne starosti.

Južna skupina

Južna skupina obsega pojave premoga v Istri. V nasprotju s severno skupino je premog vezan na terciarne plasti, ki leže diskordantno na kredni podlagi.

Premog eksploatirajo le v premogišču Sečovelje v Slovenskem primorju ter v raških premogovnikih v jugovzhodnem delu Istre.

Sečoveljsko premogišče obsega manjšo kadunjo v jugozahodnem krilu tržaško-koprske paleogenske sinklinale, vzdolž bujske kredne antiklinale. Produktivne plasti so na površini skoraj v celoti erodirane oziroma prekrite z aluvialnimi naplavinami rečice Dragonje. Zato jih moremo opazovati le v jami.

Prvo vrtno so v premogišču izvrtali leta 1935 ter našli nekaj tankih slojev premoga. Intenzivna raziskovalna dela so nato omogočila prvo produkcijo že v letu 1938. Po vojni potopljeni rudnik je bil leta 1953 osušen ter je še v fazi obnove in raziskav. Spomladi 1957. leta je v rudnik ponovno nenadno vdrla voda.

Rudnik leži neposredno ob morski obali ter je glavni izvozni jašek le 5 m nad povprečno morsk gladino.

1. Splošne geološke razmere okolice Sečovelj

Apnenci severnega krila bujske kredne antiklinale pripadajo po D'Ambrosiju (1941) senonu in zgornjemu turonu. Na njih so pogostni žepi boksita.

Aluvialno dolino rečice Dragonje gradi predvsem droben glinast in peščen material, nanesen s flišnega ozemlja.

Debelina aluvija doseže na ustju doline Dragonje po podatkih vrtin tudi do 100 m. Zasipanje doline je v zvezi z grezanjem zahodnoistrske obale v zadnjih geoloških obdobjih; po Meliku (1935) in Saccu (1924) šele nekako od diluvija dalje. Točen petrografski sestav globljih delov aluvija ni znan. V profilih italijanskih vrtin je označen kot prst, ilovica in tudi prod.

Na spodnjem delu krednega pobočja iznad sečoveljske doline najdemo denudacijske ostanke terciarnih usedlin, ki vpadajo pod dolinski aluvij.

Profil spodnjega dela diskordantnih terciarnih usedlin jugozahodno od Sečovelj je naslednji: Svetlosiv peščen apnenec na kredi vsebuje miliolide pa tudi alveoline in različne moluske. Više se menjavajo tanke plasti peščenega apnenca s plastmi svetlorjavega trdega apnenca z miliolidami. Lokalno nastopa tudi izredno trd drobnozrnat apnenec s školjkastim lomom brez favne. V svetlorjavem ploščastem peščenem apnencu pogosto najdemo kardije ter zelo številne ceritije, ponekod prav nad kredo tudi melanide. Slede ponovno peščeni različki s številno favno moluskov, med njimi *Natica* sp. in *Perna* sp., z množico miliolid in alveolin ter z redkimi orbitoliti. Više se ponovi svetlorjav trd apnenec z miliolidami in alveolinami ter vmesnimi plastmi svetlorjavega kompaktnega apnenca skoraj brez favne. Foraminifere in moluski so neenakomerno porazdeljeni, više je vedno več alveolin, orbitolitov ter tudi numulitov. Debelina ohranjenih plasti na površini doseže do 25 metrov.

V peščenem apnencu s kardiji in drugimi moluski sem našel tudi korale. Omenja jih tudi Stache (1899).

Terciarni sedimenti na pobočju bujske antiklinale so torej pretežno razviti že v najnižjih horizontih kot miliolidni in alveolinski apneneci. Brakični in morski razvoj se torej uveljavlja več ali manj že neposredno na stiku s kredo. Le lokalno, zlasti bolj proti zahodu, opazujemo prav v najnižjih plasteh še sladkovodne oblike (*Goniobasis* sp., *Melania* sp.) in šele nekoliko više foraminifere. Proti jugovzhodu pa se ti horizonti postopoma tanjšajo ter sega numulitni horizont vedno bliže h kredni podlagi. V območju Kaštela se zato na prvi pogled vsiljuje domneva, da imamo tu vzdolžni tektonski kontakt numulitnega apnenca ob kredni podlagi. Isto je domneval tudi že Stache (1864). Vendar na neposrednem kontaktu ni znakov tektonike.

Jugozahodno od Sečovelj so plasti z numuliti in alveolinami v splošnem relativno više nad kredno podlago, proti jugovzhodu pa se tej približujejo. Zato sklepam, da v tej smeri transgredirajo morske plasti preko spodnjih.

Transgresivno prekrivanje starejših paleogenskih plasti je znano tudi iz drugih delov Istre. Stache je našel južno od Pazina morske foraminiferne apnenca na kredi (1864); isti pojav omenjajo še Petrascheck (1926/27), Salopek (1953) in Šikič (1952).

Stache (1871) je ob dolini Dragonje našel poleg ceritijev še trebušaste gastropode, katere je imel za *Ampullaria* sp. Domneval je, da je tu razvit nekoliko bolj brakični člen kozinskih plasti. Dopusčal pa je tudi, da so fosili morska *Natica* sp., vendar se je po analogiji z razmerami pri

Pazinu bolj nagibal k prvemu (1889). Pri tem pa je očitvidno prezrl možnost, da sega morski razvoj preko starejših plasti.

Nad numulitnim apnencem sledi fliš, ki ga zastopajo predvsem laporaste plasti z vložki peščenjaka. Izrazitejši peščen horizont je v območju Sečovelj v spodnjem delu fliša. Med laporje se vključujejo tanke plasti peščenega apnenca. Numulitni in alveolinski apnenec izdanjata izpod fliša tudi v neposredni okolici Izole.

2. Vrtine

Med leti 1933 in 1943 so Italijani sistematsko preiskali okolico Sečovelj. Skupno so izvrtali 143 vrtin. Zajeli so ozemlje med Dragonjo na jugu ter črto Krkavče—Korte—Morgan—Ravne na severu.

Podatki vrtanja se niso v celoti ohranili. Profili 21 vrtin so neznani, za 18 vrtin, o katerih je ohranjen profil, ni znan položaj. Profili vrtin so premalo natančni, točneje so podane le debeline premoga ter vmesnih vložkov. O najbolj vzhodnih vrtinah v dolini Dragonje iz leta 1943 imamo le ustne podatke.

Vrtine so skoraj povsod pokazale več tankih slojev premoga neposredno nad kredo. Največ slojev je v vrtini 32, in sicer 20. Sledi vrtina 12 s 16 sloji ter vrtina 14 z 12 sloji. Dokaj vrtin je bilo tudi negativnih ali le z nepomembnimi sledovi premoga. V splošnem pojema debelina premoga ter število slojev v smeri proti dnu kadunje. Vrtine so bile v povprečju globoke nekaj sto metrov. Najgloblja je bila vrtina 55 s 586 m.

V letu 1955 smo izvrtali še dve vrtini južno in jugozahodno od Izole, da bi preiskali severno krilo sečoveljske sinklinale, ki ga nakazujejo izdanki foraminifernih apnencev pod flišem pri Izoli. Vrtini sta podali zanesljiv in podroben profil terciarnih plasti.

Pod flišem sta pokazali nekaj metrov debel glavkonitni horizont, ki tvori prehod fliša k foraminifernim apnencem. Pod glavkonitnim je numulitni horizont v debelini nekaj deset metrov. Svetlorjav kompakten apnenec vsebuje v glavnem numulite in litotamnije, nekaj alveolin in orbitolitov. Pod njim je alveolinski horizont, kjer prevladujejo alveoline poleg orbitolitov in niže zlasti miliolide. Med makrofavno so pogostni morski moluski, zlasti ceritiji, kardiji, perne in natike. Navzdol udeležba alveolin postopoma pojenja ter prevladujejo miliolide, ki karakterizirajo do 10 m debel miliolidni horizont. Poleg miliolid vsebuje še brakično-morske moluske ter redko že tudi sladkovodne zastopnike. Najnižji del plasti je sladkovoden z značilno favno. Kredni apnenec, v katerega je segla zlasti vrtina II/55 dokaj globoko, je enakomeren in vsebuje posamezne rudiste.

3. Geološka struktura in tektonika sečoveljske kadunje po podatkih jame in vrtin

Geološke razmere v jami so v kratkem naslednje. Neposredno na razčlenjeni podlagi belega krednega apnenca leže apnene plasti s sloji premoga, ki so povečini tanki in nestalni. Najdebelejši je običajno najnižji sloj, ki v dostopnem delu jame ne preseže 90 cm, v opuščenih revirjih pa

je dosegel tudi do 2 m. Višji sloji so tanjši. Najvišje žile premoga sežejo še nekako do višine preko 10 metrov nad kredno podlago. So tanke ter jalovinaste. Odkopavajo le najnižje sloje, po številu 2–5. Deli premo-gišča, ki imajo zadostno debelino sloja za odkop, so porazdeljeni dokaj nepravilno. To velja predvsem za zahodni, centralni in vzhodni revir, medtem ko so v I. jugovzhodnem revirju bogatejše cone dinarsko usmer-jene. Jamska karta podaja sliko odkopanih površin, čeprav v podrobnostih ni popolna (5. sl.).

Asimetrična sečoveljska kadunja ima približno dinarsko smer. Se-verno krilo je nekoliko bolj strmo, južno pa je položnejše s povprečnim naklonom okrog 15° . Os sinklinale ima smer Strunjan–Padena. Podatki vrtin nakazujejo izrazitejšo sinklinalo v obalnem delu, proti notranjosti pa se podlaga izravnava.

Strukturna karta, ki je bila izdelana po podatkih vrtin, kaže ne-enakomeren potek kredne podlage z obširnimi kadunjastimi vdolbinami, zlasti v globljem in položnejšem delu sinklinale. Poleg tega širokega reliefa je razčlenjenost kredne površine še drobnejša. Vzpetine, hrbti in čeri se menjavajo z vdolbinami in jarki. Dimenzije teh oblik so od nekaj deset metrov navzdol. Relief kredne podlage lepo ponazarja nekaj sten-skih posnetkov iz jame Sečovlje v 6. sliki.

Relief je bil povzročen v glavnem z denudacijskim oblikovanjem nekdanje površine. Pri ponovni inundaciji senonske kopnine se je organ-ska in anorganska sedimentacija pričela najprej v kadunjastih vdolbinah. Profil v 7. sliki nazorno kaže odvisnost števila slojev in celotne debeline premoga od reliefa kredne podlage. Najnižji sloji, ki so običajno tudi najdebelejši, so več ali manj omejeni le na manjše kadunje na kredni podlagi, višji, tanjši pa zavzemajo večje površine.

Jamske razmere v smerni progi vzhodno od potopljenega revirja kaže 8. slika.

Tektonska aktivnost v jami se kaže z radialnimi prelomi in s tan-gencialnimi premiki.

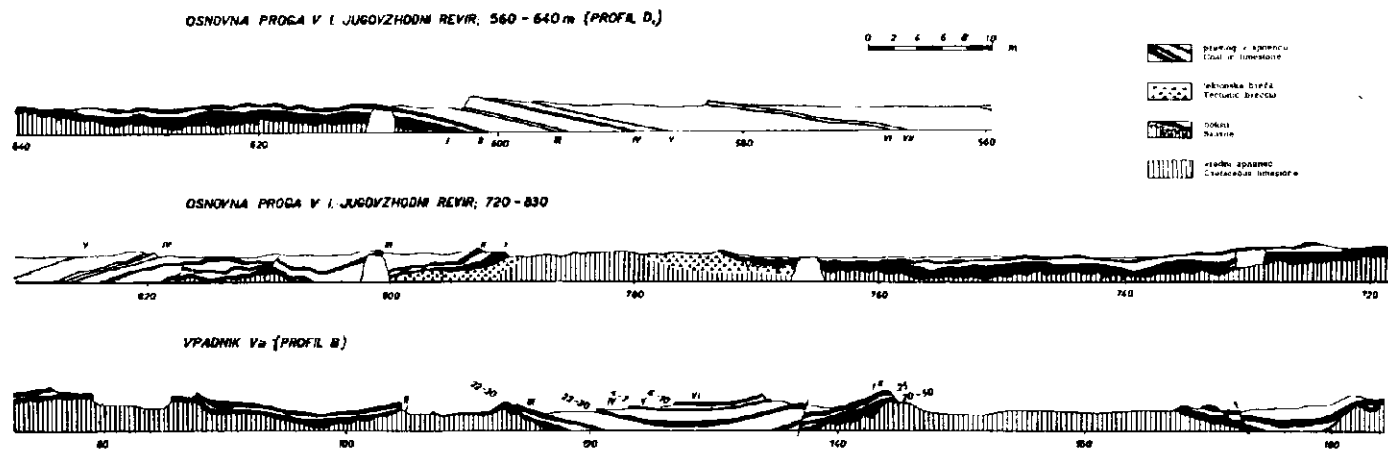
Številni lokalni prelomi so večidel vertikalni ali strmi. Prevladuje dinarska smer. Premiki znašajo največ do 10 m. Pogreznjeno je običajno spodnje krilo glede na vpad plasti.

Pomembnejše so posledice delovanja tangencialnih sil. Breče v podlagi produktivnih plasti so izključno tektonske. Površina krede je gladka ter prevlečena s tanko plastjo skrilavega premoga. Na tej drsni ploskvi često opazujemo izrazite brazde, katerih smer poteka pravokotno na sinklinalno os. Drsne ploskve in zrcala so tudi v spodnjem delu produktivnih plasti pogostna.

Dimenzije tangencialnega premika znašajo le nekaj metrov. Značilno jc, da premog ni nikjer zelo zdrobljen, kar je popolnoma nasprotno kot v Vremskem Britofu. Tudi po tem moremo sklepati na majhno inten-zivnost premikov. Prečne sile v sistemu apnenec–premog so se sprostile na kontaktu obeh v glavnem tik nad kredno, delno pa tudi ob višjih slo-jih, zlasti ob talninski meji.

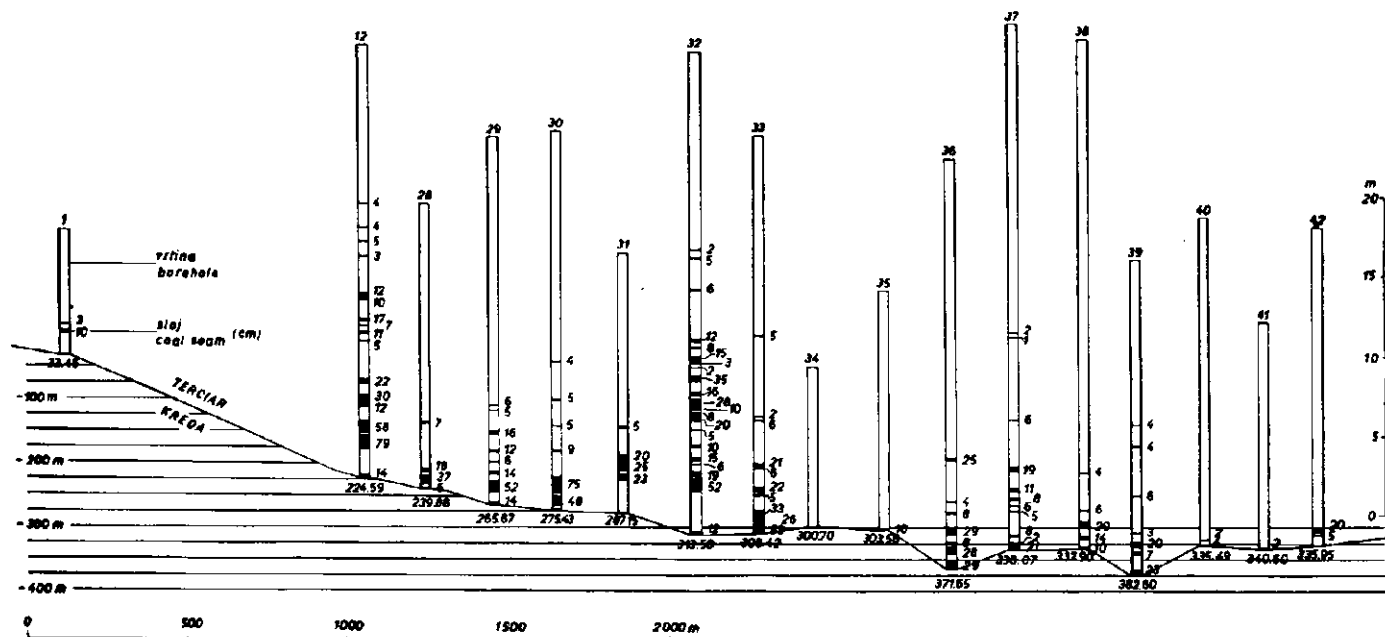
6. slika
Značilni stenski posnetki iz premogovnika Sečovelje

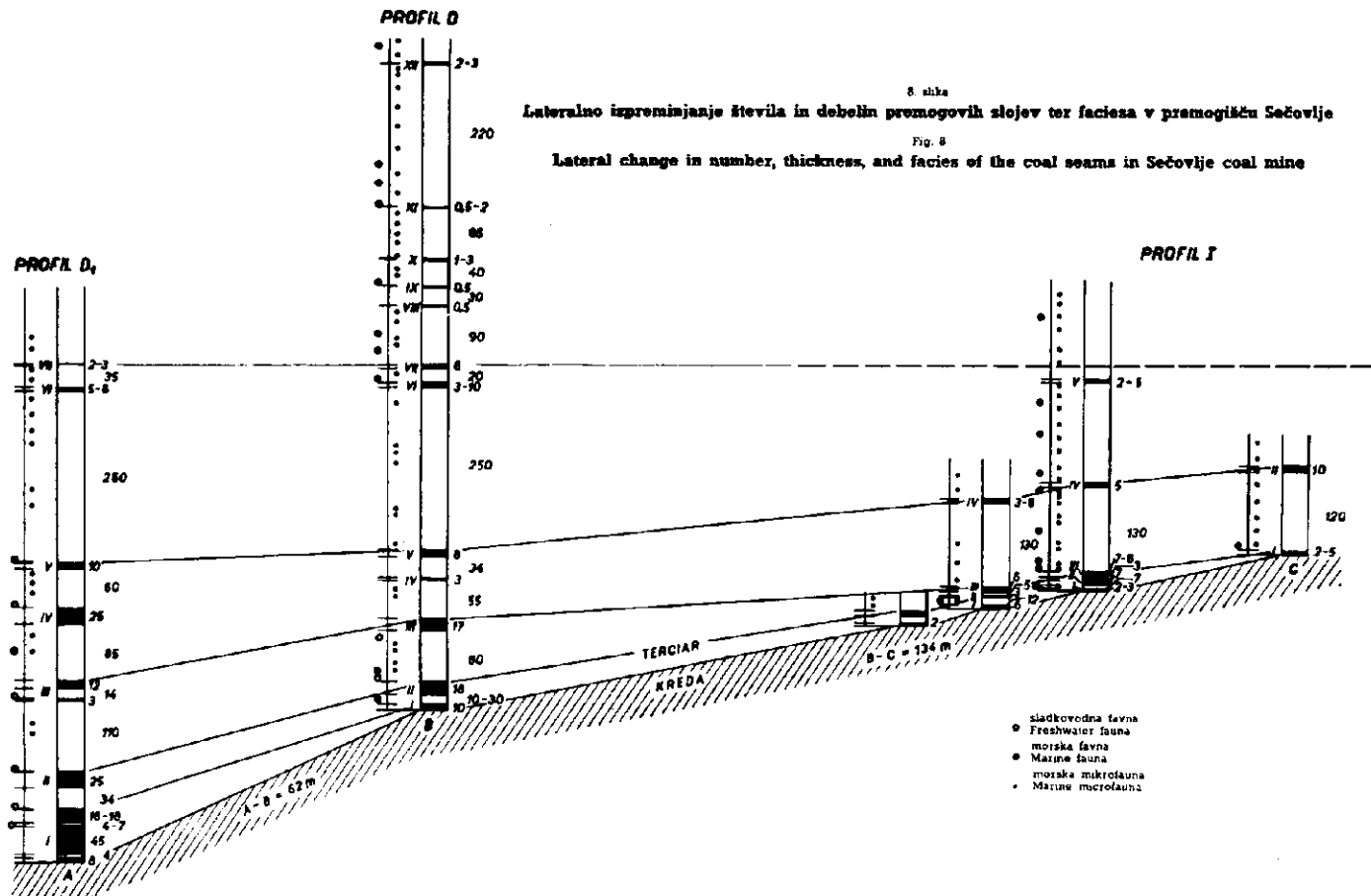
Fig. 6.
Characteristic views of walls in Sečovelje coal mine



7. slika
 Profil premogišča Sečovlje

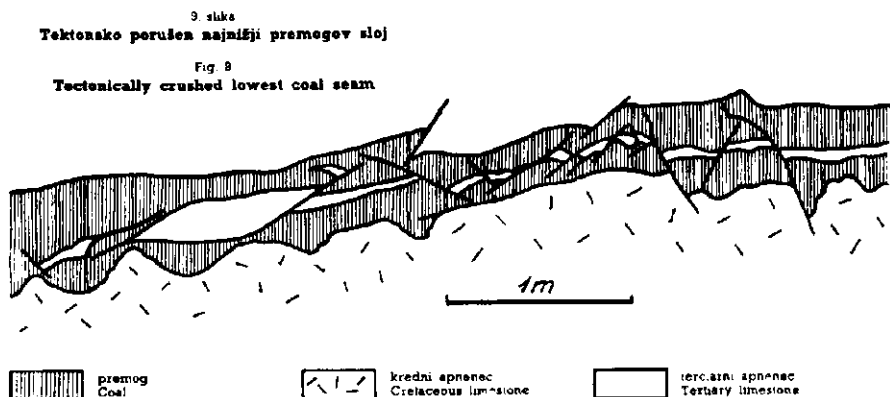
Fig. 7
 Section through Sečovlje coal beds





Premiki so najverjetneje posledica glavne alpinske orogeneze, ko je prišlo do kontrakcije tedaj že izoblikovane tržaško-koprske sinklinale z vsemi odloženimi terciarnimi usedlinami. Tektonske pojave v jami je mogoče tolmačiti z medplastovnimi premikanji ob upogibanju sinklinalno oblikovanih plasti. Tangencialni premiki so starejši od radialnih in poševnih, kajti prečni prelomi sečejo drsne ploskve, kvečjemu so več ali manj sinhroni.

Posledica pritiska je tudi pojav migracije premoga; le-ta je s svojega prvotnega mesta lokalno potoval ter tu in tam zapolnil razpoke v kredni podlagi. Zaradi stranskih pritiskov so se premogovi sloji ponekod odebelili, ponekod stanjšali ali celo popolnoma reducirali. Isto velja za vmesne jalovice. Del tektonsko porušenega najnižjega premogovega sloja kaže 9. slika.



4. Fosili

Favna. Sestav favne kaže poleg sladkovodnih tudi močno udeležbo brakično-morskih oblik, kar je pomemben nov moment v poznavanju razvoja najnižjih transgresivnih paleogenskih plasti na ozemlju severo-zahodne Istre.

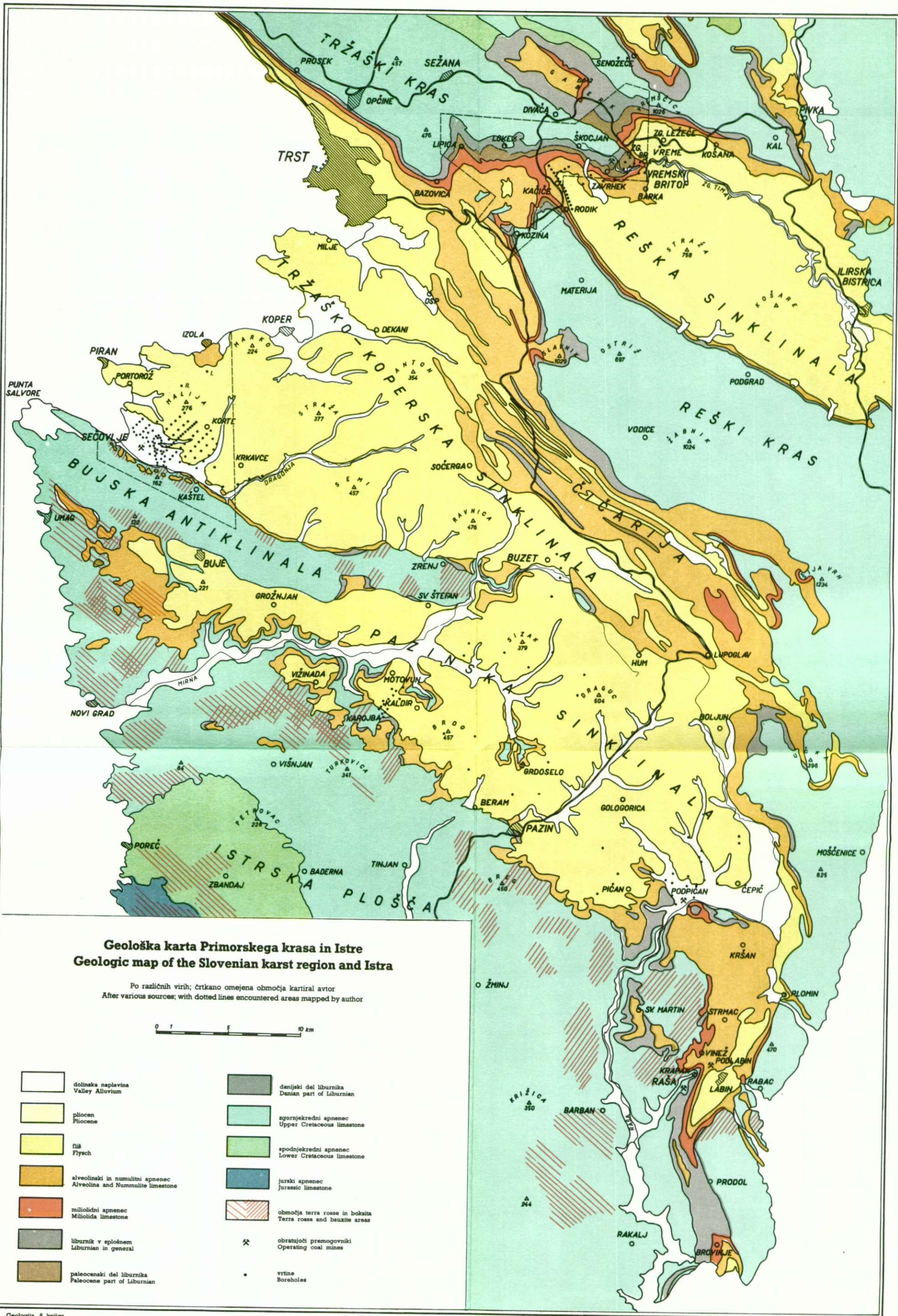
Največ favne sem nabral v jami sečoveljskega rudnika, nekaj pa v jedrih vrtin. V splošnem je slabo ohranjena ter močno zraščena z apnencem.

V okviru možnosti sem določil favno povečini samo generično, kar zadostuje za karakterizacijo faciesa pri nastajanju premogišča. Literatura, ki sem jo imel pri določevanju na razpolago, je označena v seznamu z zvezdico (*). Tudi z mikrofavno se podrobneje nisem ukvarjal; navajam le družino oziroma genus.

Podajam pregled makrofavne spodnjega dela paleogenskih plasti brez podrobnejšega opisa posameznih oblik:

Morska favna:

Školjke: *Perna* sp., *Cytherea* sp., *Cardium* sp., *Pholadomia* sp. (?), *Psammobia* sp., *Thracia* sp. (?),



Polži: *Cerithium* sp. (6 različnih primerkov), *Cerithium* cf. *subscalare* St., *Cerithium* cf. *melchioris* St., *Cerithium* aff. *fleoricosta* St., *Natica* sp., *Turritella* sp.

Sladkovodna (in brakična) favna:

Školjke: *Cyrena* sp.

Polži: *Hydrobia* sp., *Bythinia* sp., *Auricula* sp., *Lymnaeus* sp., *Kalomastoma* cf. *tergestinum* St., *Valvata cosinensis* St., *Stomatopsella* sp., *Buliminus* sp. (?), *Helix* sp. (?), *Planorbis* sp. (?), *Melania* sp. (4 različni primerki), *Goniobasis characearum* St., *Melanopsis* cf. *jasonis* St.

Seznam makrofavne obsega 35 oblik, od katerih 7 pripada školjkam, 28 pa polžem. Sestavljena je iz morskih, brakičnih in sladkovodnih zastopnikov, ki pripadajo 23 rodovom. Med ceritiji sem ločil 10 vrst, od katerih sem le tri primerjal z oblikami, ki jih navaja Stache (1889). Ostali so glede vrste nedoločeni ter označeni s številkami. Isto velja za melanide.

Fosili redko nastopajo množično. Lokalno so precej nakopičeni ceritiji in melanije ter še bolj perne, ki tvorijo pravcate lumakele. Tu in tam so nakopičeni tudi morski fosili, zlasti velike školjke *Cytherea*.

V splošnem velja, da foraminifer v spodnjih delih premogonosnih plasti ni, više pa njihova udeležba postopoma narašča. Višek dosežejo v foraminifernih apnencih, ki vsebujejo v glavnem alveoline in numulite. Vendar pa najdemo foraminifere tudi v najnižjem delu produktivnih plasti. V prvi vrsti so zastopane *Miliolidae*, *Peneroplidae* in *Alveolinidae*. Med miliolidami opazujemo rodove: *Biloculina* sp., *Triloculina* sp., *Quinqueloculina* sp.

Med peneroplidami sta zastopani v glavnem: *Spirolina* sp., *Peneroplis* sp.

Nekatere spiralno zavite oblike sličejo rotalidam, vendar predstavljajo le nedorasle oblike spirolin. Po Cita (1953) je genus *Globorotalia* značilen za najnižji terciar v severovzhodni Italiji, ki se po tem loči od zgornje krede z globotrunkanami.

Miliolide in peneroplide nadomeščajo više alveoline, ki so v začetku še majhne ter se pojavljajo v gnezdih, više pa večje ter bolj raznolike. Mednje se postopoma vključujejo numuliti ter spočetka majhni, nato večji zastopniki orbitolitov, zlasti *Orbitolites conplanata*.

Seznam raznih vrst foraminifer, zlasti alveolin, podajajo: Stache (1889), Sacco (1924), D'Ambrosi (1931), Salopek (1953) in drugi.

V določenih plasteh nekatere foraminifere prevladujejo ter moremo sklade pod flišem razdeliti na horizonte, imenovane po prevladujoči foraminiferi. Delitev pa ni vedno idealno izvedljiva, ker se favna meša. To velja zlasti za miliolide in alveoline, ki nastopajo pogosto skupaj.

V plasteh, ki jih karakterizira sladkovodna favna, dobimo tudi ostrakode.

V severozahodni Istri imamo torej najnižji paleogen zastopan tudi v morskem razvoju s favno, ki je podobna favni klasičnih paleogenskih nahajališč zahodne Evrope (Haug, 1920). Isto velja tudi za brakično in sladkovodno favno. Sečoveljska favna je v primeri z brakično in morsko

favno tanecija in sparnasija zahodne Evrope zaenkrat siromašnejša. Značilna pa je pogostna *Perna* sp., ki je Haug ne navaja med vodilnimi morskimi oblikami za paleocen zahodne Evrope, pač pa je znana iz drugih krajev Istre. Stache jo je najprej imel za kongerijo, pozneje pa jo je določil kot *Perna istrica* (1859, 1871). Oppenheim navaja *Perna postalensis* (1896). Tudi Salopek navaja številne pernide iz labinskega bazena (1953).

O morskih konhilijah iz ostale Istre je le malo podatkov. Omenja jih Stache pri Labinu in Pazinu (1864, 1872) in tudi pri Krapnju in Vižinadi, zelo verjetno tudi pri Prodolu (1871). Morske polže je našel tudi v sečoveljskem območju, kjer pa jih je imel za sladkovodne (1864, 1871).

Iz okolice Raše navajajo ceritije, zlasti *Cerithium giganteum*, Salopek (1953) ter italijanski avtorji.

Iz številnih Stachejevih razprav moremo sklepati, da je Stache v srednji Istri sicer tudi opazoval morsko-brakično favno, da pa ji je — vsekakor pod vplivom sladkovodnega razvoja produktivnih plasti pri Kozini in na Tržaškem krasu — posvečal premalo pozornosti.

Flora. Fosilno floro najdemo v jami dokaj pogosto, najčešče na prehodu premoga v krovnino. Povečini je le slabše ohranjena. Največ je različno oblikovanih listov, poleg še drugih nejasnih rastlinskih fragmentov.

Pod sloji so pogostni poogleneli rastlinski deli, ki po obliki ter legi nakazujejo korenine nekdanjih rastlin. Ostanke so vedno tanki in nežni ter segajo največ 20 do 30 cm globoko pod premog.

Zbrano floro sem poslal v obdelavo asistentu beograjske Univerze, Nikoli Pantiću, ki je zaenkrat določil naslednje oblike:

Cycadophyta gen. et spec. indet., *Myrica lignitum* Ung., *Banksia longifolia* Ett., *Banksia* sp., *Laurus* sp., *Eucalyptus oceanica* Ung., *Andromeda protogaea* Ung., *Monocotyledones* div. gen. et spec. indet.

Kot značilnost te flore navaja Nikola Pantić, da je zastopano ozko kožasto listje »poltavskega« tipa, katerega recentne zastopnike najdemo predvsem v tropskih delih Afrike in Avstralije. Elementi zmernejšega, »turgajskega« tipa manjkajo. To kaže, da pripada sečoveljska flora tropski »poltavski« flori paleogena. Točnejša biostratigrafska primerjava ni mogoča, ker nimamo primerjalne paleogenske flore. Vendar je potrebno omeniti podobnost sečoveljske flore z rastlinskimi ostanki na planini Promini (gornji oligocen) in s floro Häringa. Znatna razlika med obema florama pa je, da v Sečovljah manjkata vrsti *Sequoia couttsiae* in *Sequoia sternbergi*, ki sta na Promini in v Häringu na prvem mestu.

Med kalcificirano floro najdemo dokaj pogosto členkaste *Dasycladaceae* (?) ter še druge z apnencem inkrustirane oblike, ki pripadajo nekim nizko organiziranim rastlinam. Pojavljajo se vedno z morsko favno.

Pomembna značilnost sečoveljskega okoliša je tudi popolna odsotnost haracej!

Ostali podatki o fosilni flori Istre niso številni. Stache omenja pri Pazinu floro *Dryandra* in *Banksia* (1889, 1864), poleg tega še *Dryan-*

droides in *Sapotacites* (1872) ter dalje poleg številnih haracej še *Typhaeae* ter halugo *Hypuridella* (1889). V raškem okolišu je našel še odtise listov (1889), severno od Buj pa navaja v plasteh s problematično *Ampullaria* sp. liste dikotiledon ter druge rastlinske ostanke (1871).

Sledove rastlinskih ostankov v laporjih s tankimi premogovnimi sloji omenja na teritoriju Učke in Čičarije Salopek (1953). Ostanke rodu *Cupressus* so našli pri Pazinu hrvaški geologi (Anić in drugi, 1952).

5. Facies premogonosnih plasti

Fosili določajo v glavnem dva faciesa: sladkovodnega in več ali manj morskega. Vmesni brakični facies zastopajo predvsem melanide in kardiji. Ceritiji so vedno v najožji zvezi z morskimi moluski kakor tudi alveolinami ter jih moramo imeti za morske oblike. Ostale morske oblike spremljajo vedno tudi foraminifere.

Medtem ko morske miliolide najbrž lahko žive tudi v brakičnem okolju, so peneroplide in druga mikrofavna morske. Po Glaessnerju (1948) brakične foraminifere iz predoligocena sploh niso znane. Nasprotno trdi Petrascheck (1926), da se morejo miliolide prilagoditi tudi brakični vodi. Glaessner navaja, da žive miliolide in peneroplide v do 5 sežnjev globoki, topli vodi ter da nekatere foraminifere (n. pr. *Quinqueloculina*) žive danes v vodi z zelo nizko saliniteto. Po Salopeku (1953) se tudi alveoline prilagode brakičnemu okolju.

Po fosilni vsebini in litološkem značaju kamenin ugotavljamo naslednje značilnosti premogišča:

1. Facies spodnjega dela plasti s premogom se menja. Pri tem obstoja medsebojna odvisnost z morfologijo podlage ter številom in debelino premogovih slojev.

2. V vdolbinah kredne podlage, za katere je značilno večje število premogovih slojev, prevladuje sladkovoden razvoj. Z uveljavljanjem morskega vpliva se manjša debelina premogovih slojev na račun vmesnih plasti. Oba razvoja se v vertikalni smeri tudi ozko menjavata. Prehod faciesov je večidel oster.

3. Tam, kjer je kredna podlaga izbočena, je razvoj morski že v najnižjih delih, premogovi sloji pa so tanki. Morsko-brakične plasti transgredirajo preko izpolnjenih vdolbin na kredni površini.

4. Facies premogovih slojev se menja tudi lateralno. To velja zlasti za najnižji sloj, ki zvezno sledi kredni podlagi tako v vdolbinah kot na izbočenih delih.

5. Debelina sladkovodnih plasti doseže največ nekaj nad deset metrov. Višji miliolidno-alveolinski horizont je debel v območju premogovnika Sečovlje nekako 10–45 m, numulitni horizont v območju vrtin pa 80–120 m.

6. Tako po favni kot flori moremo sklepati na toplo tropsko klimo med sedimentacijo premogovnih plasti, ki je na prehodu v terciar v splošnem prevladovala v mediteranskem območju.

6. Petrografija kamenin v premogišču

Kredni apnenec in breča. Kredni apnenec je bel, ponekod tudi sivkast ali rdečkast, kompakten in drobnozrnat. Plastovitosti ne kaže.

Pogosto je pod premogom groba apnena breča. O porazdelitvi breč na kredni površini dostopne jamske zgradbe niso dopuščale zanesljivih podatkov. Kjer je breča debelejša, so običajno premogovi sloji tanjši. Ponekod doseže breča debelino preko 2 m. Po zrnivosti se kamenina menja od drobne do grobe, v kateri dosežejo kosi nekaj decimetrov. Sestavlja jo pretežno kredni apnenec, lokalno tudi prihrbina premogovih slojev. Vezivo je v glavnem premogasto, ponekod tudi boksit ter le redko bel zdrobljen apnenec.

Breča je nedvomno tektonskega nastanka. Ob premikanjih vzdolž kredne podlage so se vzpetine in nosovi na kredni površini porušili, zdrobili ter pomešali s premogom pa tudi s sivo boksitno preperino, ki je bila odložena v vdolbinah na apnencu. Kosi apnenca so se pri kotaljenju tudi delno zaoblili.

Prikamenina premogovih slojev. Ločimo v glavnem dva različka apnenca:

1. drobnozrnat trd in kompakten apnenec z ravnim ali školjkastim prelomom ter ostrimi robovi,
2. več ali manj zrnat trd in kompakten apnenec, zelo redko peščenjak z nepravilnim lomom.

Apnenec je rjav, siv in rumen ali tudi temen v odvisnosti od organske primesi. S premogom se prerašča zlasti tam, kjer so sloji debeli in nakopičeni; tak je navadno tudi mehkejši.

Drobnozrnat apnenec je povečini svetlejši. Vsebuje le sladkovodno favno, zlasti drobne gastropode. Gradi v glavnem najnižje plasti s premogom; tanjše plasti z enako favno ali brez nje se pojavljajo tudi v višjih delih nekaterih profilov.

Zrnati različki so značilni za brakično-morski razvoj višjih transgresivnih plasti. Tu in tam ga opazujemo v tankih plasteh tudi v spodnjem delu.

Med kameninami z organsko primesjo razločujemo makroskopsko:

1. premogast apnenec kot ozko preraščanje apnenca z drobnimi žilicami in vključki premoga v debelini od nekaj milimetrov do najmanjših še vidnih dimenzij,
2. bituminczni apnenec z drobno porazdeljeno organsko primesjo, ki je makroskopsko ne vidimo, pač pa je apnenec temen,
3. sapropelski apnenec kot gost, rjav, pogosto skrilav apnenec; svež ima močan vonj po nafti in žveplovem vodik.

Redko nastopa tudi drobna, neizrazita breča, ki med zrni in vezivom ne kaže petrografskih razlik. To je psevdobreča, katere nastanek sega v začetni stadij nastajanja apnenca.

Pod mikroskopom je drobnozrnat apnenec, pretežno enakomerno krypto- do mikrokristalast apnen pelit z redkimi bolj debelo kristalastimi vključki naknadno kristaliziranega kalcita.

Pogosto je apnena substanca okroglasto izoblikovana z nejasno psevdoolitno strukturo.

V peščenem apnencu neposredno nad nekaterimi sloji premoga vidimo pod mikroskopom tudi prvotna psamitska apnena zrna. Struktura različkov je klastična, vendar zaradi prekrystalizacije že več ali manj zabrisana. Za klastično naravo primarne kamenine govori tudi prisotnost organske substance samo v mikrozrnatem vezivu med zrn.

Tudi v apnencih ob višjih slojih prevladuje pod mikroskopom neizrazita zrnata struktura, po kateri bi mogli sklepati na prvotni, diagenetsko izpremenjen drobnozrnat apnen peščenjak.

Zrna pa so često nejasno omejena, kosmičasta. Ti okroglasti kriptokristalasti ali mikrokristalasti agregati bi mogli biti — vsaj ponekod — tudi konkrecionarne ali psevdoolitne oblike, nastale v glavnem zaradi določenih pogojev sedimentacije in poznejše kristalizacije. Po Cayeuxu (1935) in Carozziju (1953) bi ustrezali ti apnenci psevdoolitnim različkom (*«calcaires grumeleux»*). Sicer pa je prvotna struktura apnenih kamenin zaradi diagenetskih vplivov pogosto več ali manj zabrisana (Niggli, 1952).

Milliolidni in alveolinski apnenci kažejo pod mikroskopom drobnozrnatost osnovo s številnimi foraminiferami in fragmenti moluskov. So tipični organogeni apneni pelit-psamiti.

Medtem ko karakterizira kript- in mikrokristalaste apnene pelite pretežno sladkovodna favna, je za zrnate ali celo reliktnne psamitske različke značilna brakično-morska favna. Premog nastopa v enih kakor v drugih.

Sladkovodni apnenci so običajno čisti, brez primesi gline ali drugih mineralov. V splošnem so fitogene usedline, nastale biokemično zaradi življenjskih procesov (fotosinteze) raznih vodnih organizmov. Vpliv organizmov je indirektni; rastline odvezemajo vodi ogljikov dioksid, zato karbonat izpade. V sladkovodnih usedlinah iz Sečovelj ne najdemo ostankov alg, še manj haracej ter tudi zelo redko favno. Videti je, kot da pri njihovem nastanku organski elementi niso bili udeleženi. Po Carozziju (1953) doslej ni povsem pojasnjen nastanek kriptokristalastih lakustralnih apnencev.

Anorganski nastanek teh apnencev je najbolj verjeten. Z lahko topljivih krednih apnencev so v kadunjaste dele kredne površine dotekale vode z obilo raztopljenega karbonata. Ta se je mogel usedati iz prenasajenih raztopin prvenstveno zaradi izhlapevanja, mogoče tudi ob pomoči fizioloških vplivov organizmov. O vplivu bioloških faktorjev pri tem ni dosti znanega. Po Carozziju se pri razkroju organske substance nastali amoniak veže z ogljikovo kislino, kar povzroča izpadanje kalcijevega karbonata. Z močno dejavnostjo bakterij pojasnimo tudi nastanek sulfida v boksitih in v sečoveljskem premogu; verjetno je bila podobna njihova vloga tudi pri sedimentaciji apnenca.

Enakomerno zrnati apnenci kažejo na mirno enakomerno sedimentacijo. Od časa do časa so se uveljavili pogoji, ugodni za kopičenje izhodnega premogovega materiala. Premog je povečini ostro omejen od

apnenih kamenin, ki so tik pod premogom često neizrazito brečaste in kažejo na relativno poplivenje. Ob ponovni ostri izpremembi sedimentacijskih razmer, najbrž ob nenadnih dotokih voda v kadunje, je bilo kopičenje organske substance prekinjeno. Mehansko transportirana drobna apnena zrna najdemo kot peščene različke v neposrednem krovu nekaterih premogovih slojev. Proces usedanja karbonata se je nato ponovil do ponovnega nastopa fitogene sedimentacije.

Brakično-morska sedimentacija v območju premogovih slojev je lito-loško izražena z neenakomerno zrnatimi apnenci, ki so kemičnega ali biokemičnega nastanka, vsebujejo pa tudi pretransportirane apnene delce. Sedimentacija je zajela v primeri s povsem lokalnim začetnim limničnim stadijem širši predel ter je bila nemirnejša. Premogovi sloji niso vedno vezani na plitvo limnično okolje. Nastajali so tudi med relativno globljo brakično-morsko sedimentacijo. To kaže morska favna v jalovicah ter neposredni prikamenini premoga. Pod takšnimi sloji tudi ni premogove baze s koreninami.

Sedimentacija v bazenu je bila torej prehodna lakustralno-lagunarna, premogišče pa je limnično in paralično.

Sapropelski apnenci. Sveži sapropelski apnenci imajo značilen močan duh, so rjave barve, včasih skrilavi ter slični bituminoznim skrilavcem. Sorazmerno dosti jih je bilo v obeh vrtninah pri Izoli.

Pod mikroskopom vidimo organsko primes kot rjav pigment, s katerim je apnenec impregniran, ali pa je v njem šlrasto razporejen. Pri klastičnih strukturah je organska snov vezana v glavnem na osnovo med zrn. V sečoveljski jami smo opazovali tudi drobne kapljice črnorjave asfaltske substance.

Osnovne kemične značilnosti bitumenske primesi smo določili na združenem vzorcu sapropelskega apnenca iz vrtine Izola II/55. S kislinško obdelavo smo dobili 7 % kerogena. Posušen pri 100° C je črn, amorfen in trden ter se rad vžge. Sestav je naslednji:

	%	% (vpp)
vlaga	2,0	
pepel	26,8	27,3 (vp)
ekstrakt v benzol-alkoholu (1 : 1)	17,0	23,9
C	48,3	66,1
H	5,0	6,8
N	1,05	1,45
O	9,88	12,16
Scel.	9,87	13,5
S v pepelu	5,25	
S piritno	0,05	

V posušenem ekstraktu in ostanku po ekstrakciji smo določili še žveplo:

	% S	% pepela
ekstrakt	8,2	nedoločeno
ostanek	10,4	3,6

Ekstrakcija vzorca v benzol-alkoholu (1:1) je dala izkoristek 0,4 %. Ekstrakt je vseboval 8,62 % žvepla ter 0,99 % dušika.

Destilacijski poizkus v Fischerjevi retorti (do 520° C) je pokazal:

katran	1,3 %
tiljna voda	0,9 %
plin in izgube	1,8 %

Razmerje C/H znaša približno 10, C/N pa 46, kar poleg visokega žvepla in dušika kaže na sapropelsko naravo in anaerobni razkroj prvotnega organskega materiala.

Po Carozziju (1953) so sapropelski apnenci limnične in morske usedline, v katerih je razkroj vegetalne kot animalne substance potekal ob odsotnosti kisika. Anaerobne razmere so predpogoj za tvorbo sapropela. Po Niggliju (1952) so nastali v žveplovodikovem okolju, kjer so potekali reduktivni procesi pod vplivom bakterij. Tudi Cayeux (1935) obravnava sapropelske apnence kot posebno skupino kamenin, nastalih pri pogojih, kakršnih v današnjih morjih v popolnosti ni več.

V vrtni II/55 smo našli neposredno pod flišem še mehko bitumensko rjavorumeno substanco, ki je v dolžini 1 do 2 m zapolnjevala drobne tektonske razpoke v glavkonitnem apnencu. Niže so bile razpoke zapolnjene s črnim asfaltom, ki je drobno impregniral več ali manj vse foraminiferne apnence do premoga. Vsebina asfalta navzdol nekoliko pojema. Nedvomno imamo opravka s pojavom migracije bitumenske substance iz matične kamenine, ki je premog.

Pojav opisanih sapropelskih in asfaltskih produktov poleg premoga kaže, da so v spodnjem delu paleogenskih plasti obstojali posebni sedimentacijski pogoji, ki so vodili k nastanku bitumenskih substanc. Ti procesi se odražajo tudi v sestavi premoga. Zveza med pogoji nastanka premoga in asfaltskih produktov v istem sedimentacijskem okolju je več ali manj nujna.

Boksiti. V jami najdemo siv boksit. Neposredna lega na krednih apnencih ter ponekod zvezen prehod v premog oziroma apnenec priča, da je boksitna substanca prva transgresijska usedlina na denudirani kredni površini. S premogom je torej singenetska ter po pogojih sedimentacije z njim ozko povezana.

Boksiti imajo oolitno ali grobo pizolitno strukturo. Vsebujejo precej neenakomerno porazdeljenega železovega sulfida, često v oblikah, ki nakazujejo podolgaste fitogene relikte. Zelenkasti kristali melanterita pa tudi sadre po kamenini so v jami pogosten pojav.

Na površini je boksit rjavorumen pa tudi rdečkast in vijoličast, z enako strukturo ter drobnimi vključki rjavega železovca. Siv boksit je na površini redek. Pripisovali so mu hidrotermalni nastanek (Petronio, 1927). Svoj čas so sive boksite v Istri izkoriščali za dobivanje galice.

Nekaj vzorcev boksita smo kemično in diferencialno-termično analizirali. V mineraloškem sestavu prevladuje böhmit.

Struktura in sestav boksita nakazuje okolje pri njegovi sedimentaciji. Večji del boksitne substance je bil koncentriran v vdolbinah krednega reliefa v kopni fazi. Drugi del je bil odložen v vodi, bodisi neposredno ali pa presedimentiran. V skladu s tem opazujemo tudi nečiste zrnate in brečaste različke.

Cavinato (1947) ugotavlja za boksite izključno lakustralni facies, brez ozira na tip nahajališča oziroma matično substanco. Morski in drugačen razvoj pa je možen pri sekundarnih boksitnih ležiščih.

Železo, glinica in kremenica so bili transportirani najbrž tako v raztopini kot v koloidni obliki, mogoče tudi v suspenzijah. Pogoji raztapljanja in transporta hidroksidov in hidrosilikatov v različnem okolju so komplicirani. Te substance so se v Sečovljah usedale v glavnem v sladki vodi, kjer je prišlo do nastanka ooidne strukture boksita, tvorbe sulfida in odlaganja prvotnega premogovega materiala takorekoč istočasno.

Mikroskopski pregled nekaj vzorcev boksita iz jame pokaže izredno drobnozrnato rumenkasto substanco s povsem nejasno anizotropijo. V tej homogeni osnovi so številni okroglasti ooidi z enakomerno, le na periferiji nekoliko gostejšo strukturo. V njih so več ali manj koncentrično razporejeni obročasti vključki železovega sulfida. Ta je pretežno drobnozrnat, brez pravih kristalnih oblik in izredno lahko oksidira; sulfati na boksitu so pogostni. Po teh znakih kakor tudi po rjavkasti barvi ter slabi refleksiji prištevam večji del sulfida kemično malo stabilni modifikaciji melnikovita. Poleg tega zastopa sulfid v manjši meri še pirit, mestoma v jasni kubični kristalni obliki. Nastal je iz prvotnega melnikovita.

Okroglasti ooidi nimajo jedra. Običajna razlaga njihovega nastanka z usedanjem substance na osnovna jedra, suspendirana v nemirnem vodnem mediju, torej odpade. Cavinato (1947) in Carozzi (1953) navajata, da nastanek ooidov v boksitih še ni pojasnjen.

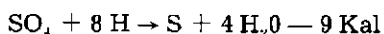
Ooidi so morali nastati že pri izločanju gelov iz hidrosolov oziroma tik po sedimentaciji v zgodnje epigenetski fazi. Nedvomno je nastajanje ooidov in železovega sulfida istočasno. Železove spojine so prešle pod določenimi pogoji delno v sulfidno obliko, preostale boksitne komponente pa so se pri tem oblikovale v okroglaste, konkrecijske oblike, katerim se je podredila tudi razporeditev sulfidov.

Predpogoj za nastanek sulfidov je prisotnost žveplovega vodika. Ta nastaja v izključno anaerobnem okolju, ki je moralo potemtakem prevladovati v boksitni usedlini med usedanjem.

Nastajanje sulfidov v subakvatskih usedlinah je običajno posledica delovanja bakterij. Različne vrste heterotrofnih bakterij razkrajajo organ-

sko substancno, ki vsebuje žveplo (beljakovine), pri čemer se tvori žveplov vodik. Večji pomen pa ima nastajanje žveplovega vodika pri bakterijski redukciji sulfatov.

Redukcija sulfatov je možna samo v anaerobnih razmerah. Vršni se lahko v morju kakor tudi v brakični ali sladki vodi; pri tem poteka endotermni proces po shemi (Baier, 1942):



Potrebni vodik dajejo organske substance oziroma njeni razkrojeni produkti. Zato se razvije sulfid v največji meri tam, kjer je organska substanca nakopičena.

Žveplov vodik reagira z železovimi spojinami, ki so v vodi raztopljene, pri čemer se obarja železov hidrosulfid. Pri tem pridejo v poštev tako soli kot hidrosoli; od prvih v glavnem ferrosoli, ki so enako kot žveplov vodik nestabilne ob prisotnosti kisika, potreben pa je $\text{pH} > 7$ ter primerna koncentracija žveplovega vodika. Pri $\text{pH} < 7$ se sulfid obarja le pri izredno visokih koncentracijah (Ruttner, 1942). Ferrihidroksid je navadno v koloidni obliki kot hidrosol ob zaščitnem učinkovanju humusnih koloidov. Železo more biti transportirano tudi kot humat ali adsorbtivno vezano na humusne koloide. Koloidne oblike so obstojnejše kot prave raztopine, zato čisto barske vode tudi ob prisotnosti kisika vsebujejo še znatne količine železa.

Železov sulfid izpade najprej kot črn amorfni hidrofilni monosulfid, hidrotroilit ($\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$). S tem, da izgubi vodo ter privzame žveplo, preide v bisulfidno obliko, melnikovit, ta pa dalje v pirit ali markazit. Singenetski nastanek teh treh različkov je odvisen od značaja okolja: v kislem se tvori rombski markazit, v nevtralnem ali slabo kislem kubični pirit in v bazičnem melnikovit (Carozzi, 1953).

Ker nastaja melnikovit iz prvotnega monosulfidnega gela le v alkalnem okolju, je moralo le-to potemtakem prevladovati v bazenu med odlaganjem prvih premogovih usedlin. Epigenetsko pa je melnikovit prešel lokalno tudi v pirit, za kar predpostavlja Mackowsky $\text{pH} > 7$ (1943). Okolje je bilo torej alkalno.

Podobno kot pirit so mogli nastati še sulfidi nekaterih kovin, ki so prisotne v manjši množini (V, Ni, Mo, Cu).

Na zgornjem nivoju žveplovodikove cone se običajno razvijajo tudi aerobne žveplene bakterije, ki ga oksidirajo (Niggli, 1952). Pri tem nastaja prosto žveplo in žveplena kislina, ki reagira z raztopljenimi solmi ter tvori ponovno sulfate, prosto žveplo pa more preiti v sestav organske substance.

Z intenzivnim razvojem žveplovega vodika pri nastajanju premoga, pa tudi z direktnim delovanjem žvepljenih bakterij si moremo razlagati tudi visoko vsebnost piritnega ter zlasti organskega žvepla v sečoveljskem in sploh v kraških premogih.

OSTALI POJAVI PREMOGA NA OZEMLJU SREDNJE ISTRE

Literaturni podatki o premogu v območju srednje Istre so maloštevilni.

Stache (1864) poroča o bituminoznih plasteh pri Buzetu, ob jugozahodnem robu tržaško-koprške sinklinale ter v območju Kuka, kjer so bila tudi stara raziskovalna dela na premog. V dolini Mirne in pritokov v območju Sv. Štefana so bile več col debele žile premoga. Pri Grdoselu sta bila dva do 90 cm debela premogova sloja. Šikić navaja tam 6 vložkov premoga (1954).

Izdanke pri Pazinu ter raziskovalna dela pri Karojbi, Motovunu, v okolici Buzeta, Sluma ter Kuka omenja Petraschek (1926/27).

Po D'Ambrosiju so bili v vrtinah pri Karojbi posamezni sloji debeli nekaj decimetrov (1931). Tudi Herzog omenja številne izdanke in pojave premoga v miliolidnih apnencih ozemlja Vižinada-Karojba-Kaldir, vendar raziskovalna dela niso dala nikjer pozitivnih rezultatov (1932).

Po Šikiću vsebujejo v območju celotne srednje Istre spodnje paleogenske usedline v morsko-brakičnem razvoju le tanke žile premoga (1952, 1954). Nekaj sledov premoga v morskih apnencih Čičarije navaja tudi Salopek (1953). Anić in drugi (1952) navajajo transgresivni položaj morskih sedimentov na zahodnem robu pazinske kadunje. Premog je bil ugotovljen z vrtinami le v osrednjih delih sinklinale.

Iz podatkov sledi, da sladkovodni facies paleocenskih plasti tudi v srednji Istri sorazmerno hitro nadomesti brakična in morska sedimentacija z le slabo razvitimi vložki in sloji premoga. Geološki pogoji nastopanja premoga na ozemlju srednje Istre so potemtakem v glavnem slični kot v območju Sečovelj.

STRATIGRAFSKI POLOŽAJ PRODUKTIVNIH PLASTI V SEVEROZAHODNI ISTRI

Po Stacheju (1889) so baza eocena glavni alveolinski apnenci. D'Ambrosi (1931, 1942) jih uvršča v srednji lutecij, apnence z miliolidami in alveolinami v spodnji lutecij, numulitne apnence v srednji in zgornji lutecij, fliš v oversij in del priabona. Isto imata za list Labin Lipparini ter za list Gorica Martinis. Petraschek (1926/27), Schubert (1912) in Rakovec (1949) menijo v glavnem isto. Salopek (1953) uvršča miliolidne apnence k zgornjemu paleocenu. Anić et al. (1952) prištevajo sladkovodne usedline pri Karojbi najvišjemu paleocenu.

Za sečoveljske produktivne plasti je torej veljalo, da spadajo nekako v prehod paleocena k eocenu. Ker pa je razvoj foraminifernih apnencev lahko pogojen facialno in zato ne predstavlja vedno določenega horizonta, ta zaključek ni bil zanesljiv.

Stratigrafski položaj plasti s premogom v Sečovljah moremo približno določiti tudi po debelini odloženih usedlin pod flišem, ki je v območju

Istre in Primorskega krasa na veliki površini razvit enakomerno v znatni debelini. Predpostavljamo, da je flišna sedimentacija na vsem ozemlju nastopila istočasno. Debeline posamičnih horizontov paleogenskih skladov pod flišem za različne lokalitete podaja 2. tabela.

Table 2

2. tabela

Debeline horizontov (m)	Sečov- lje	Izola II/55	Vremski Britof	Ro- dik	Li- pica	Karoj- ba	Labinski bazen
numulitni apnenci	80—120	50	50—150	30	300	30—70	200
gl. alveolinski apnenci	20	35	100—300	400			
miliolidni (+ alveolin- ski apnenci)	10—25	10	200—250	100	100		50—100
produktivni (kozinski)	0—15	5	150—200	120	300	2—20	70—200
apnenci							
skupna debelina	110—180	100	500—900	650	700	32—90	320—500
povprečno	145	100	700	650	700	60	410

Primerjajmo debelino paleogenskih plasti med kreda in flišem za območje Vremskega Britofa, kjer je bila sedimentacija zvezna, ter za Sečovelje, kjer nas zanima starost najnižjih terciarnih usedlin, oziroma pričetek ponovne imerzije. Pri tem predpostavimo enako hitrost usedanja litološko sličnih usedlin. Debelina plasti pod flišem v Primorskem krasu znaša okrog 700 m, v območju Sečovelj pa le okrog 150 m, to je slabo četrtino debeline vseh plasti, ki so bile odložene v območju zvezne sedimentacije. Emerzijska faza v območju Sečovelj je trajala torej približno tri četrtine časa med koncem krede in pričetkom flišne sedimentacije, ki je nastopila po D'Ambrosiju v zgornjem luteciju ali celo spodnjem oversiju (list Pazin). Pri tem predpostavimo pričetek emerzije ob koncu krede; po Salopeku (1953) utegne biti tudi višji.

Pričetek ponovne inundacije ozemlja severozahodne Istre bi potemtakem ustrežal nekako prehodu paleocena v eocen, če ne celo že spodnjemu eocenu, kar se v splošnem ujema z dosedanjim mnenjem starejših avtorjev. Zaradi postopne transgresije morja pričetek sedimentacije ni bil povsod istočasen, kakor tudi ne nastop emerzije ob koncu krede.

Plasti s premogom v Sečovljah torej stratigrafsko ne ustrezajo produktivnim plastem Primorskega krasa. Le v najnižjem delu so v debelini do nekaj metrov razvite v faciesu, ki sliči kozinskemu.

IV. PREMOCI

S z a d e c z k y - K a r d o s s je leta 1939 prvi karakteriziral eocensko-paleocenske premoge jadransko-donavskega ozemlja kot posebno skupino z naslednjimi značilnostmi:

1. visoka vsebnost žvepla;
2. izredno močno poenotena substanca;
3. visoka vsebnost kalcija in magnezija ter tudi žvepla v pepelu;
4. humulitno-sapropelitni značaj premoga, ki daje dosti katrana z zmerno vsebino fenolov (B e c k , 1948).

Ta premogišča kažejo še naslednje posebnosti: nakopičenje prvotnega organskega materiala na skraseli podlagi, neenakomerni in nestalni premogovi sloji ter kot neposredna prihrbina apnenec, včasih tudi glina, terra rossa in boksit.

Razen tega so obravnavani premogi nenormalni tudi v kemičnem oziru. Istočasno kažejo lastnosti visoke in nizke stopnje karbonifikacije ter vsebujejo zlasti obilo organsko vezanega žvepla. Tudi v tehnološkem pogledu se povsem značilno obnašajo (L a v r e n č i č , 1956). Zato je njihova uvrstitev problematična.

1. Nastanek mikrolitotipov in maceralij ter odvisnost od okolja

Različni tipi ter vrste premoga so pogojeni v glavnem s posebnostmi regije, dobe in faciesa. Okolje v premogiščih je bilo nestalno tako lateralno kot časovno ter odvisno od najrazličnejših faktorjev. Ako smatramo petrografske komponente premoga kot facialne različke, potem je za njihovo izoblikovanje merodajna le prva faza nastajanja šotišča (diageneza), kajti prvotni geokemične faze (metamorfoze) so bili za celotni sloj enaki. Iz petrografskega sestava moremo obratno sklepati nazaj na facies pri nastajanju premogovega sloja.

1 mm debel pas premoga ustreza pri koeficientu usedanja 10 do 20 (T e i c h m ü l l e r , 1952) prvotni 1 do 2 cm debeli plasti nakopičenega rastlinskega materiala. Pri predpostavki, da je bilo za 100 m rjavega premoga potrebno okrog 1.000.000 let (M a c k o w s k y , 1951), ustreza debelini 1 mm 10 let. V tej dobi so se mogli pogoji sedimentacije v premogišču občutno menjati ter smo upravičeni govoriti o diferencah faciesa.

Po razmerju H/O kakor tudi vsebnosti C sklepa M a c k o w s k y (1951), da so v premogu neenako zrele komponente. Vzroke je iskati torej v začetni fazi zorenja premoga. Pogoji razkroja organske substance so glede na stopnjo aerobije različni. Predpostavljamo, da so različki z relativno manj kisika nastajali v bolj anaerobnem okolju kot različki z večjo vsebino kisika. Ker pa je temu vzrok v glavnem le višje ali nižje prekritje z vodo, moremo govoriti tudi o »mokrih« oziroma »suhih« pogojih nastanka. Vitrit ima sorazmerno malo kisika ter velja kot bolj »mokra« tvorba v primeri s fuzitom, ki vsebuje več kisika ter velja kot ekstremno »suha« tvorba. Tudi zrnat mikrinit velja kot različek »mokrega« okolja, ker ga najdemo večji del v vitritu sapropelskih premogov.

Po Mackowsky (1951, 1955) so torej vitrit in klarit ter durit z zrnatim mikrinitom izrazito anaerobni, fuzinit, semifuzinit, sklerotinit ter durit s kosmičastim mikrinitom izrazito aerobni. Vmesni položaj pripada telinitu, deloma tudi semifuzinitu ter vmesnim stopnjam. Istočasno nastopanje različno zrelih maceralij v premogu tolmači z neenako hitrostjo razkroja prvotne organske substance, kar skuša spravljati v sklad z različno hitrostjo grezanja. Po petrografskih karakteristikah sklepa na tako imenovani sedimentacijski ritem premogovega sloja. Komponente premoga z vitrinitom in fino zrnatim mikrinitom govore za relativno močnejše prekritje z vodo, oziroma večjo hitrost grezanja sedimentacijskega bazena. Nasprotno je fuzinit znak zastoja grezanja. Vprašanje durita s kosmičastim mikrinitom pušča odprto. Vse različke smatra kot avtohtone. Alohtonost pripisuje le anorganskim primesem, ki naj bi bile indikator relativno močnejšega grezanja. Sedimentacijski ritem ponazori Mackowsky s položno, neenakomerno nagnjeno črto (1955).

Po Stacheju so nastajali vsi duriti v humidnih pogojih, to je več ali manj v vodi. Semifuzinit in sklerotinit pa sta vezana na začetno oksidacijo rastlinskega materiala, to je na suho fazo (Freund, 1952).

Povsem aerobno naravo pripisuje fuzinitu tudi Teichmüllerjeva (1950), ne glede na način postanka. Zrnat kot kosmičast mikrinit ima kot tipična za močno anaerobno nevtrarno ali alkalno okolje (Ertle, 1954). Loči telmatski facies s plitvo vodo, pollimnični in limnični facies, pri čemer se spreminja okolje od močno aerobnega, kislega do anaerobnega nevtralnega oziroma alkalnega.

Tudi po Karmasinu (1950) je zrnat različek mikrinita tipičen za anaerobno okolje, kosmičasti mikrinit pa kaže na bolj aerobne pogoje nastanka. Strogo aerobijo ugotavlja za fuzinit, zlasti za tako imenovani razkrojni fuzinit. Loči več faciesov, katere spravlja v sklad z različno hitrostjo grezanja sedimentacijskega območja.

Szadeczky-Kardoss (1956) na svoj način klasificira močvirske tipe ter pogoje nastanka posameznih maceralij, kjer imajo zlasti vitrinit-ske komponente izredno široko območje.

Poizkus karakterizacije slojev s krivuljo slojnih profilov

Facialno dokaj definirane komponente so torej aerobni fuzitno-sklerotinitni različki ter anaerobni vitrinitno-mikrinitni različki. Od anorganskih komponent pridenemo še singenetski pirit, deloma tudi siderit. Oba nastajata le pri popolni odsotnosti kisika ter sta zato značilna indikatorja anaerobnih pogojev.

Kot način grafičnega prikaza mikro sestava premogovih slojev ter facialnih izprememb med sedimentacijo vpeljem krivuljo slojnega profila. Diagram oziroma krivulja ponazarja izpreminjanje pogojev pri nastajanju sloja v odvisnosti od okolja. Podlaga je podrobna mikroskopska izmera sloja.

Postopek je naslednji: Profil sloja izmerimo s pomočjo integracijske mizice na zveznih kosovnih preparatih po centimetrih. Iz podatkov rišemo diagram, pri večji natančnosti najprej v merilu 1 : 1, sicer 1 : 4 ali tudi 1 : 2. Komponente razporedim tako, da na eni strani označujejo aerobne, na drugi anaerobne razmere. Vmesni člen so organski kot anorganski klastični različki. Fuzinit, semifuzinit, sklerotinit in durit s kosmičastim mikrinitom združim pod aerobno skupino. Različki z vitrinitom so v smeri naraščanja primesi zrnatega mikrinita vedno bolj značilni za anaerobne razmere. Peščeni in glinasti vključki ter vmesne stopnje s fragmenti aerobnih komponent kažejo na razgibano vodo oziroma več ali manj plitvo okolje. Uvrstim jih kot vmesni člen v območje delne aerobije. V smeri anaerobije se večja globina bazena ter mirnost in enakomernost sedimentacije. Sem uvrstim še gline oziroma premogaste skrilavce ter sapropelske premoge (kenel, boghed). Na tej podlagi ločim tudi pretežno kopni facies, dalje plitvi ter subakvatski facies. Najširši interval pripada srednjemu, plitvemu faciesu, ki obseže največji del navadnega trakastega premoga.

Kopni razvoj bi mogli v skladu z oznakami Teichmüllerjeve (1950) in Ertleja (1954) poimenovati tudi strogo telmatski. Srednji, plitvi razvoj bi ustrezal telmatskemu, telmatsko-pollimničnemu, deloma tudi limničnemu faciesu Teichmüllerjeve oziroma Karmasina. Subakvatski razvoj je vezan na odprte vodne bazene, tako limnične kot morske, kjer nastajajo sapropelske usedline.

Različki suhega, kopnega faciesa so avtohtoni, če so nakopičeni v večji množini, fragmenti pa so vsekakor preneseni. Vitrinit je vedno strogo avtohton, ker je malo mogoče, da je prenesen ter alohtono odložen. Heterogeni različki, kot duriti ali vmesne stopnje, vsebujejo vedno alohtone fragmentarne delce aerobnih različkov. Tudi eksinit je ali avtohton ali alohton. Območje heterogenih komponent je torej dokaj široko.

Durit s kosmičastim mikrinitom uvrstim zaenkrat v aerobno skupino. Duro-klariti kakor tudi jalovinski, pretežno glinasti različki so upoštevani na dveh mestih po strukturi in okolju, v katerem se nahajajo. Peščenjaki ali brečaste premogaste jalovine nakazujejo prej plitvo kot globoko okolje. Glinasta primes premogastega skrilavca pa se je sedimentirala v relativno mirni vodi. Take različke pogosto spremlja drobnozrnat singenetski pirit.

Splošen razpored različkov v odvisnosti od okolja pokaže 10. slika. Po tej razporeditvi vnašam tudi podatke mikroskopske izmere. Seveda je za razne petrografske in zrelostne tipe premoga potrebna smiselna razdelitev različkov.

Izmera se nanaša le na en sam profil v premogovem sloju. Izmeriti moramo več profilov.

2. Sečoveljski premog

Makroskopski opis. Premog je neizrazito trakast. Redki trakovi svetlega premoga so tanki ter lečasti v debelini 1–3 mm ter največ 10 mm. Vsebuje mestoma precej razpršene anorganske primesi, ki pripada železovemu sulfidu, karbonatu in boksitu. Sulfid je porazdeljen v drobnih

vladujeta prva dva, zlasti klarit. Obilna so preraščanja z anorgansko primesjo.

Vitrit nastopa v tankih pasovih. Je pretežno enakomeren, redko čist. Vsebuje drobce eksinita, anorgansko primes ter izjemno tudi sklerotinit.

Klarit prevladuje v širokih pasovih z različno vsebino eksinita, ki pojema na eni strani do vitrita, na drugi pa lokalno naraste do sporita. Eksinit je zastopan s polenom in kutikulami, največji del pa predstavlja maceralija, ki ne ustreza običajnim različkom eksinita. Vsebuje nepomembne fragmente inertinita. Struktura klarita je trakasta, pogostoma tudi zrnata, mrežasta ali nepravilna.

Duro-klarit vključuje med eksinitom še redke fragmente fuzinita in semifuzinita. Struktura je trakasta pa tudi brečasta. Najdemo ga le v bližini fuzita.

Fuzit je zelo redek ter nastopa v premogu v tankih lečah. Sestavlja ga večidel fuzinit, delno tudi semifuzinit.

Mineralna preraščanja s karbonatom, boksitom in piritom so pogostna zlasti v spodnjih slojih. Preraščanja variirajo od drobnih impregnacij do grobih vključkov. Struktura je trakasta, zrnata ali mrežasta. Pogosto prehaja klarit postopoma v jalovinaste različke.

Vitrinit nastopa pretežno kot enakomeren homogen kolinit. Telinit je redek ter je prvotna struktura le slabo nakazana.

Maceralija, ki zastopa eksinit, nastopa v trakastem klaritu v obliki drobnih podolgastih ali redko večjih lečastih vključkov. Zapolnjuje tudi razpoke v vitrinitu. Je sivorjava z rjavkastorumenkastimi notranjimi refleksi, sorazmerno mehka, brez reliefa in strukture ter sliči rezinitu. Različek je ponekod močno nakopičen ter tvori šlirasto osnovo s fragmenti vitrinita. Struktura često kaže na plastično oblikovanje substance. V benzol-alkoholu (1:1) se topi. Po kemičnem sestavu se dobro ujema z bitumenom sapropelskih apnencev (12. tab.).

Maceralije ne moremo uvrstiti k nobeni od doslej definiranih komponent eksinita. Lastne oblike, ki bi dopuščale sklep na določeno botanično pripadnost, nima. Razen na primarnem nastopa tudi na sekundarnem mestu, kjer se po obliki prilagodi razpoložljivemu prostoru. Ker je bistvena komponenta premogove substance, jo je treba uvrstiti med petrografske sestavine kot nov različek.

Novo maceralijo poimenujem bitumininit ter jo uvrstim pod splošni pojem eksinita, poleg sporinita, alginita, kutinita in rezinita. Visoke vsebnosti bitumena, ki ga ekstrahiramo iz sečoveljskega premoga, moremo praktično vezati na to komponento.

Bitumininit je produkt posebnih pretvorbenih procesov v premogišču. Zorenje premoga potemtakem ni bilo samo proces karbonifikacije, pač pa tudi pretvorb, imenovanih bituminiranje. Rezultat teh procesov je nastanek substanc z naravo bitumenskih ogljikovih vodikov. Ker so v premogu pod enakimi pogoji pritiska in temperature nastale različne komponente, sklepamo v glavnem na vzročno zvezo z izhodnim organskim materialom.

15. slika

Vremski Britof — Zgornji sloj glavne skupine; premog je zdrobljen, brez plastovitosti.

Fig. 15.

Vremski Britof — The upper seam of the main group; the coal is crushed, without stratification.

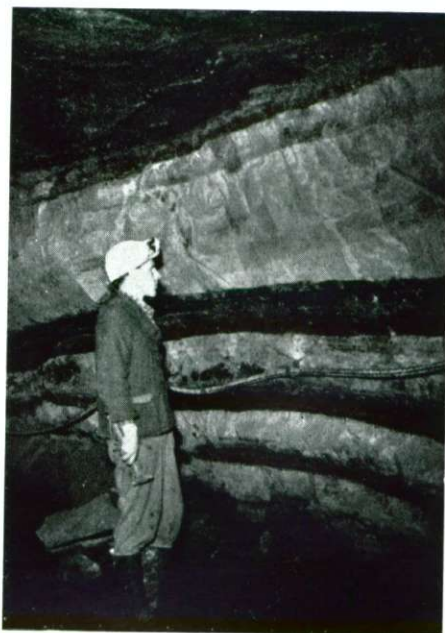


16. slika

Sečovlje — Najnižji del produktivnih apnenih plasti s tankimi sloji premoga.

Fig. 16.

Sečovlje — The lowest part of the coalbearing limestone beds with some thin coal seams.



17. slika

Sečovlje — Relief kredne podlage najnižjega premogovega sloja.

Fig. 17.

Sečovlje — Cretaceous eroded surface under the lowest coal seam.



18. slika

Sečovlje — Profil D. Stevilne alveoline in morski moluski nad 12 slojem premoga.

Fig. 18.

Sečovlje — Section D. Numerous Alveolinae and marine Molusca above the 12th coal seam.



19. slika

Sečovlje — Pov. 4,5 X. Ooidni boksit in trakovi premoga.

Fig. 19.

Sečovlje — X 4,5. Bauxite oöides in banded coal.



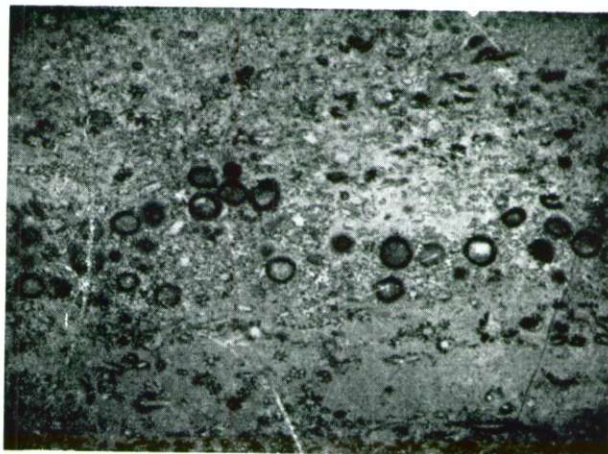
III. TABLA — PLATE III.

20. slika

Vremski Britof — Pov. 4,5 $\times$. Haracejski apnenec.

Fig. 20.

Vremski Britof — $\times 4,5$. Chara limestone.

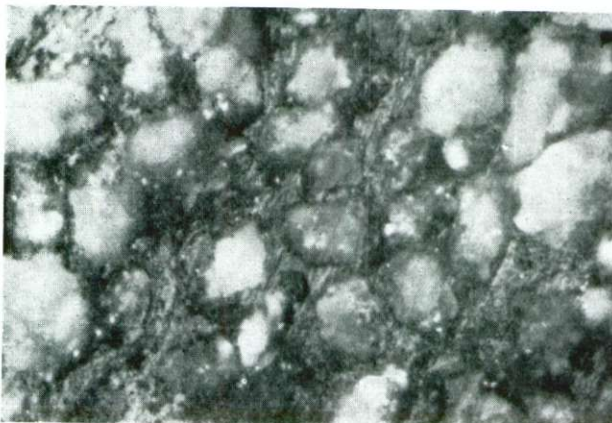


21. slika

Sečovlje — Profil B. Pov. 125 $\times$. Apnena psamitska zrna v premogu neposredno nad 2. slojem.

Fig. 21.

Sečovlje — Section B. $\times 125$. Psamitic grains of limestone, immediately above the 2nd seam.



22. slika

Sečovlje — Profil C. Pov. 125 $\times$. Mikrokristalast apnenec z žilico asfalta.

Fig. 22.

Sečovlje — Section C. $\times 125$. Asphalt vein in microcrystalline limestone.



23. slika

Sečovlje — Profil II — 2. sloj; glic imerz., pov. 225 $\times$. Klarit z bituminom na primarnem mestu.

Fig. 23.

Sečovlje — Section II — 2nd seam; glyc. immersion, $\times$ 225. Clarite with bituminite in situ.



24. slika

Sečovlje — Profil II — 1. sloj; glic. imerz., pov. 225 $\times$. Impregnacija z drobnnozrnatim piritom ter vključki bituminita na sekundarnem mestu.

Fig. 24.

Sečovlje — Section II — 1st seam; glyc. immersion, $\times$ 225. Fine-grained pyrite impregnation and bituminite inclusions on secondary place.

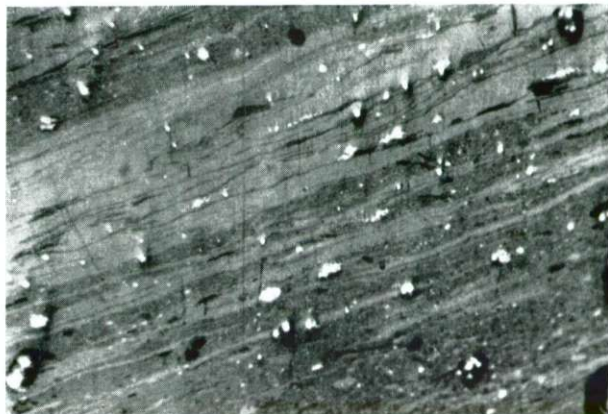


25. slika

Sečovlje — Profil B — 1. sloj; glic imerz., pov. 225 $\times$. Vitrinit z žilicami bituminita ter trakasto porazdeljena boksitna primes.

Fig. 25.

Sečovlje — Section B — 1st seam; glyc. immersion, $\times$ 225. The inclusions of bituminite in vitrinite and banded bauxite.



V. TABLA - PLATE V.

26. slika

Vremski Britof — 1. sloj, zg. skupina; glic. imerz., pov. 225 $\times$. Različki inertinita v vitrinitu.

Fig. 26.

Vremski Britof — 1st seam, upper group; glyc. immersion, $\times$ 225. Inert ingredients in vitrinite.

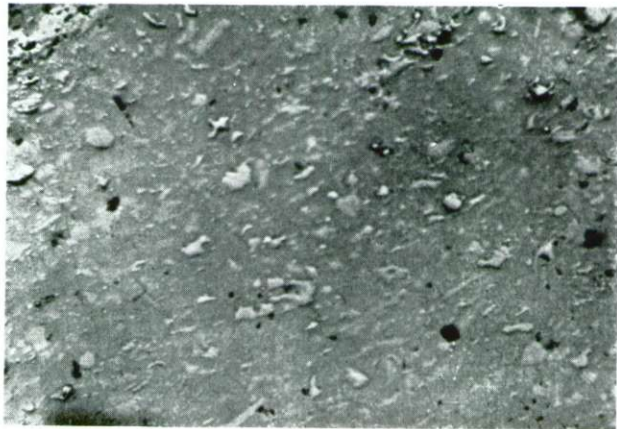


27. slika

Vremski Britof — 2. sloj, gl. skupina; glic. imerz., pov. 225 $\times$. Vitrinertit s fragmentarnim inertinitom.

Fig. 27.

Vremski Britof — 2nd seam, main group; glyc. immersion, $\times$ 225. Vitrinite with fragments of inertinite.

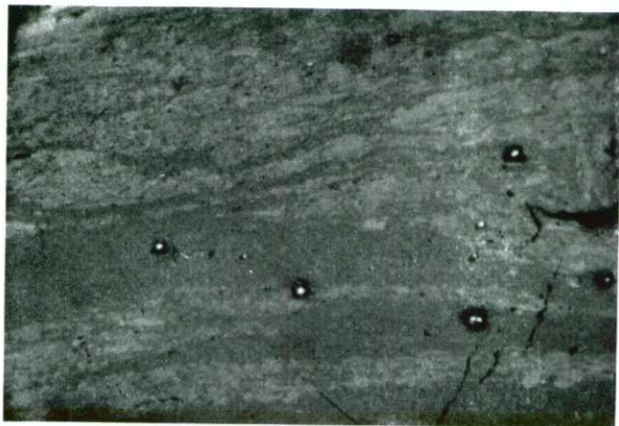


28. slika

Vremski Britof — 1. sloj, zg. skupina; glic. imerz., pov. 225 $\times$. Vitrinertit z obilo drobnnozrnatega inertinita (mikrinita).

Fig. 28.

Vremski Britof — 1st seam, upper group; glyc. immersion, $\times$ 225. Fine-grained inertinite (micrinite) in vitrinite.

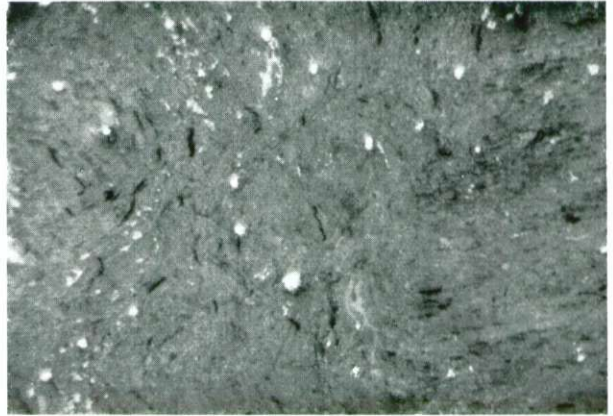


29. slika

Raša — »Kredni« sloj; glic. imerz. pov. 250 $\times$. Klarit s strukturo, ki kaže prvotno plastično stanje substance.

Fig. 29.

Raša — »Cretaceous« seam; glyc. immersion, $\times 250$. Clarite structure, showing the former plastic state of substance.

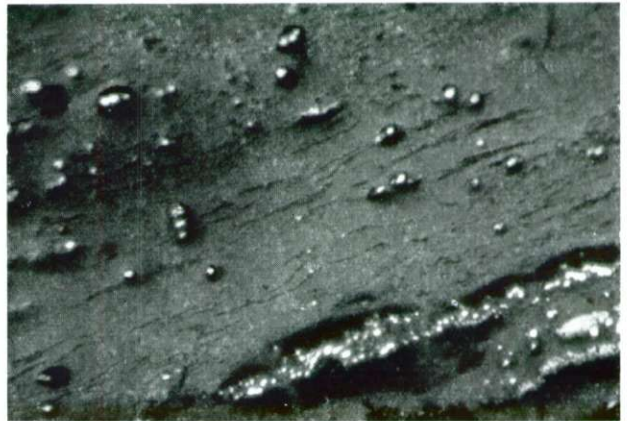


30. slika

Raša — »Kredni« sloj; glic. imerz., pov. 225 $\times$. Žilice bituminita, drobno razpršena anorganska primke, in pirit v vitrinitu.

Fig. 30.

Raša — »Cretaceous« seam; glyc. immersion, $\times 225$. The bituminite veins, finely dispersed mineral matter, and pyrite in vitrinite.



31. slika

Raša — »Kredni« sloj; glic. imerz., pov. 225 $\times$. Singenetski karbonat v vitrinitu.

Fig. 31.

Raša — »Cretaceous« seam; glyc. immersion, $\times 225$. Syngenetic carbonate in vitrinite.



Proces bituminiranja je možen tako v morskem kot lakustralnem okolju.

O podobnih maceralijah kot bistvenih komponentah premoga doslej v literaturi ni zanesljivih podatkov. V premogu iz Anzeindaza (Diablerets) je našel Beck (1948) temnosive oblike v kolinitiski osnovi ter domneval na prvotno pripadnost smolnim telesom. Teichmüllerjeva omenja v klaritu premogišča Serbariu na Sardiniji dosti bituminoznih celičnih ekskretov in neoblikovanih bitumenskih delcev. V eocenskih nemških premogih je našla droben temen bitumen ter sledove plastičnega stanja premogove osnove, kar spravlja v sklad s tvorbami gyttja v odprtih vodnih bazenih. Temna bitumenska telesa, podobna mikrosporam, omenja tudi v moskovskih rjavih premogih, enako tudi v pliocenskih premogih iz Wetteraua. Bitumenska telesa ter neoblikovan širast bitumen so posebno značilni za bitumenske gyttje. Tudi rjavi premogi iz Burgbrohla in Erpela na Renu, ki so tipični algasti premogi, imajo kot osnovo temen, neoblikovan bitumen in le malo vitrititnih vključkov, prav tako premogi iz Rotta (1950, 1952).

Sečoveljski bituminit tudi ni identičen z bituminitom, ki ga omenja Szadeczký-Kardoss (1956), pač pa prej z njegovim kerogenom. Po Potoniéu (1951) bi spadal bituminit med stabilne metabitumene. Ti morejo razen iz živalskih in rastlinskih maščob ter beljakovin (labilni protobitumen) nastati z dejavnostjo mikroorganizmov tudi iz ogljikovih hidratov (sekundarni labilni protobitumen).

Vključki polena ter tankih, dolgih kutikul v sečoveljskem klaritu se ločijo od bituminita po nekoliko temnejši sivorjavi barvi ter močnejšem reliefu. Kvantitativno sta sporinit oziroma kutinit povsem nevažna.

Fuzinit je večinoma porušen in fragmentaren. Ima tipično strukturo z debelimi stenami in okroglimi odprtinami. Refleksija je močna, relief izrazit. Periferno prehaja v več ali manj izrazit semifuzinit. Redki fragmenti obeh maceralij so tudi v klaritu. Kvantitativno sta fuzinit in semifuzinit popolnoma nepomembna.

Nastanek fuzitskih različkov danes še ni pojasnjen. V splošnem sta priznana tako imenovani razkrojni fuzinit, nastal zaradi delovanja organizmov v aerobnem okolju ter fuzinit, ki je nastal zaradi požarov v šotiščih. Različek v Sečovljah kaže prej značilnosti prve skupine.

Sklerotinit zastopajo tipične spore ter sklerociji. Med sporami ločimo več vrst, različnih po obliki, velikosti in debelini sten.

Spore nastopajo skoraj vedno v skupinah v vitrititu, pa tudi v semifuzinitu.

Mikrinita v sečoveljskem premogu ni. Le zelo redko najdemo podobne, nejasne svetle vključke v vitrititu.

Anorganske primesi v premogu so v glavnem singenetske. Boksit in apnenec nastopata v obliki trakov in vključkov pa tudi drobnozrnatih impregnacij pogosto skupaj, zlasti v spodnjem sloju. Železov sulfid je zgodnje epigenetski. Nastopa v obliki drobnih zrn ali drobnozrnatih okroglastih kongrecij ter je neenakomerno ter obilno porazdeljen po

premogu zlasti v nižjih slojih. Sulfid je pirit pa tudi drobnnozrnat melnikovit oziroma melnikovit-pirit. Že obravnavani nastanek sulfidov kaže na alkalno okolje v začetni fazi nastajanja premogišča. Ker reakcije niso potekale kvantitativno, sta prisotna oba različka.

Epigenetske zapolnitve razpok s kristaliziranim karbonatom so redke.

V štirih profilih v premogišču sem meril vse dostopne sloje premoga po zgoraj opisani metodi. Upoštevane komponente razdelim takole:
aerobna skupina:

1. semifuzinit,
2. fuzinit,
3. sklerotinit;

anaerobna skupina:

1. telinit,
2. kolinit,
3. klarit z nad 5 % eksinita,
4. klarit z več ali manj eksinita ter primesjo drobno porazdeljene anorganske substance,
5. duro-klarit z več kot 5 % inertinita,
6. močna preraščanja premogove substance z anorgansko primesjo,
7. boksit z malo primesjo premoga,
8. karbonat z malo primesjo premoga,
9. železov sulfid (kot prevladujoča komponenta).

Slojni profil enega izmed številnih izmerjenih pokaže 11. slika. Najmanjši merjeni interval je približno 1 mm.

Profilne krivulje vseh slojev kažejo izključno območje anaerobne sedimentacije v relativno globlji vodi. Trakasta narava premoga pride do izraza v menjavanju vitrinita s klaritskimi različki ter jalovinskimi vključenji. Aerobne komponente so izjeme; debelini dveh vključkov fuzita sta 4 in 6 mm. Tanki lečasti vključki ter spremljajoči duro-klarit govore za alohtonost teh komponent. Prisotnost fuzinita pa kaže tudi na aerobne razkrojne pogoje v premogišču, vsekakor v močno omejenem obsegu.

Grafično je podana tudi subjektivno ocenjena množina železovega sulfida v šestih stopnjah, med 1 % in 20 %. V nižjih slojih je sulfida več kot v višjih, poleg tega ga je več v zgornjih delih slojev, kar pa se povsod ne potrjuje.

Kvantitativno udeležbo vitrinita in bituminita sem izmeril na nekaj slojih po običajnem postopku maceralne analize. Dobljene vrednosti (pri prizveti spec. teži bituminita 1,2) podaja 3. tabela.

Table 3

3. tabela

Profil	Sloj	vitrit	bituminit	Anorganske sestavine in preraščanja
B	6	74,9	11,1	14,0
	5	64,7	21,5	8,8
	4	83,7	12,8	3,5
	3	65,0	13,8	21,2
	2	54,4	14,4	33,2
	1	71,2	16,8	12,0
A	8	82,3	10,6	7,1
	5	87,0	11,2	2,3
	1	72,8	12,8	14,4
B z bituminitom bogat izbran vzorec		58,8	27,4	14,2

Povprečna utežna udeležba bituminita je okrog 13 %, izjemno pa utegne narasti tudi preko 25 %. Vsebnost bituminita v višjih slojih nekoliko pada.

Sestav in mikrofacies premoga kažeta na humulitno-sapropelitni tip premogišča. Sedimentacija se je vršila v glavnem v prostih vodah. Poleg višjega rastlinstva so bile udeležene zlasti vodne rastline, najbrž predvsem alge pa tudi beljakovinski mikroorganizmi kot rastlinski in živalski plankton. Za udeležbo poslednjih, domnevno tudi zoogenih, n. pr. planktonskih komponent, bi govorila bitumenska substanca v premogu. Okolje je bilo v celoti anaerobno ter alkalno ali kvečjemu nevtrarno, kar je dopuščalo bogato dejavnost anaerobnih bakterij, na katero moramo vezati obilico žvepla. Pri redukcijskih procesih je nastajal žveplov vodik. V takih pogojih je potekal proces zorenja organske substance delno tudi v smeri nastanka bitumenskih produktov poleg vitritnih komponent. Danes prevladuje mnenje, da med nafto in premogom v genetskem oziru ni bistvenih razlik. Ligninski material in tudi celuloza višjega rastlinja so po znanih načelih prešli v glavnem v huminske produkte, maščobne snovi in beljakovine pa verjetno v več ali manj polimerizirane spojine oziroma bitumenske ogljikove vodike. Zaradi delovanja bakterij pa more preiti v bitumenske produkte tudi celuloza (Potonié, 1951); Teichmüller, (1950). Obe substanci moreta biti pri sličnem organskem izhodnem materialu tudi le končna produkta različno potekajočih procesov (Niggli, 1952).

Genetsko pripada torej sečoveljski premog usedlinam mirne vode in sicer profudalnim humusnim gyttjam.

3. Premog iz Vremskega Britofa

Makroskopski opis. Trd kompakten premog najdemo le izjemno. Je neizrazito trakast z drobnimi lečastimi vključki fuzita ter premogastega apnenca. Tekstura je homogena, prelom raven. Večji del pa je premog

zaradi tektonskih vplivov drobno skrilav, zdrobljen in prhek. Posebnost je naravno briketiran premog v porušenih conah. Briket ima majhno trdnost. Zaradi obilne primesi ilovice je pogosten tudi popolnoma mehak jalovinast premog. Ilovico so v zdrobljen premog nanesele podzemne vode.

Premog je sivočrn s črno-rjavo razo ter enako barvo prahu. Sijaj je dokaj močan, na zdrobljenih vzorcih medel.

Petrografski sestav in facies. Pri mikroskopiranju sem uporabljal v glavnem zrnaste preparate, ker kosov za izmero slojnih profilov v zdrobljenem premogu skoraj ni bilo mogoče odvzeti. Težave je povzročala priprava preparatov mehkega glinastega premoga.

Petrografski sestav premoga je enostaven. Od mikrolitotipov so udeleženi vitrit, vitrinertit ter fuzit.

Premog je kombinacija vitrinita z inertnimi maceralijami, pri čemer opazujemo razne vmesne prehode od brezstrukturnega kolinita na eni strani do tipičnega fuzinita na drugi.

Vitrinertitu pripada praktično skoraj vsa premogova substanca. Vitrinitna osnova vključuje semifuzinit, fuzinit ter neizrazit mikrinit v obliki fragmentov in večjih teles do makroskopsko vidnih leč. Struktura je trakasta ali mikrobečasta.

Vitrinitu z manj kot 5 % inertnih primesi pripadajo posamezni ozki pasovi v premogu. Skoraj vedno vsebuje drobce fuzinita.

Fuzit sestavljajo različki fuzinita ter razni stadiji semifuzinita. Nastopa v obliki največ nekaj centimetrov dolgih in ozkih leč.

Jalovinske različke zastopajo preraščenja s karbonatom ter onečiščenja z ilovico.

Kolinit, ki prevladuje, je homogen in enakomeren ter svetlo sivkasto-modrikast. Telinit je strukturno več ali manj izrazit.

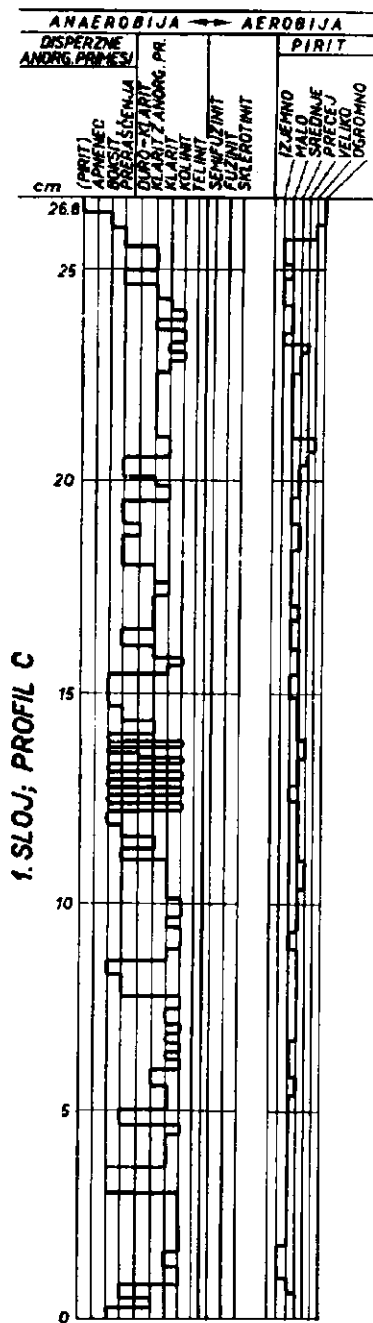
Semifuzinit je izredno raznolik. Opazujemo vse prehode med sivkastimi različki z neznatnim reliefom do izrazitega fuzinita. Fuzinit je tipičen, s precej debelimi stenami.

Sklerotinit zastopajo zelo redki sklerociji, katere smo opazovali le v semifuzinitu. Spor gliv ni.

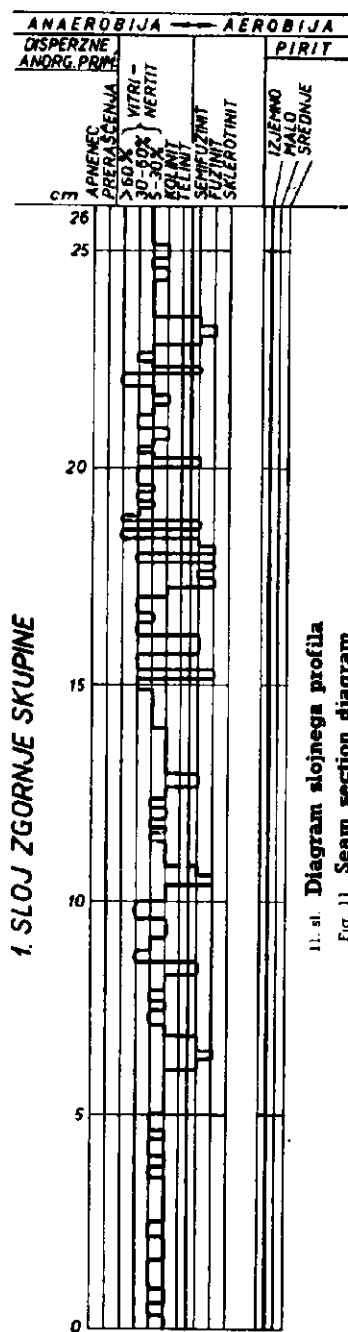
Kosmičastemu mikrinitu prištevamo drobce in tudi večja telesa brez strukture in reliefa. Njihova velikost je lokalno znatna. Po dosedanjih definicijah znaša velikost zrn kosmičastega mikrinita sicer le do nekaj stotink milimetra, vendar velikost maceralije pri ostalih značilnostih ne more biti merodajna. Kosmičasti mikrinit je v najožji zvezi s fuzinitom in semifuzinitom, katera nedvomno izhajata iz prvotne lesne rastlinske substance.

Po Teichmüllerjevi (1950) se je najbrž kosmičasti mikrinit dokončno izoblikoval šele z metamorfozo. Pripisuje mu nastanek iz gelov v jezerskih usedlinah. Mackowsky (1953, 1955) si o izvoru kosmičastega mikrinita ni na jasnem. Po Karmasinu (1952) je kosmičasti mikrinit nastal iz humusnega vitrinitskega materiala, podobno kot razkrojni fuzinit, le da je bil izpostavljen daljši oksidaciji. Podrobni pogoji nastanka inertnih maceralij doslej še niso zadosti pojasnjeni. Velja le, da je njihov nastanek možen na več načinov v izključno aerobnem okolju.

SEČOVLJE



VREMSKI BRITOF



11. sl. Diagram slojnega profila
Fig. 11 Seam section diagram

Neposredna zveza inertnih maceralij v vremskem premogu govori v prid dosedanjim domnevam o izvoru kosmičastega mikrinita iz lesne substance pod pogoji, ki so analogni pogojem nastanka semifuzinita in fuzinita. Njihov nastanek mora biti le posledica določenega procesa, ki je v odvisnosti od lokalnih faktorjev različno intenzivno potekal ali pa bil prekinjen v različnih stadijih. V vremskem premogu se potemtakem potrjuje ozka genetska zveza maceralij fuzinit–semifuzinit–kosmičasti mikrinit s skupnim izvorom iz prvotnih rastlinskih delov, najbrž pod aerobnimi pogoji in pod vplivom organizmov.

Od anorganskih primesi je udeležen v premogu predvsem apnenec, tako singenetski kot epigenetski. Vsebuje vedno drobno porazdeljeno premogovo snov, zlasti drobne vključke inertnih maceralij. Najdemo tudi drobne vertikalne razpoke, zapolnjene s steklasto kolinitno substanco ter med epigenetski kristalast kalcit vključen vitrinit. Vitrinitna substanca je bila torej tudi transportirana in odložena, najbrž kot humat v koloidni obliki. Mehanska migracija premoga v drobne, tektonsko nastale razpoke, ni verjetna.

Lc za štiri sloje je bilo mogoče zmeriti celotni profil. Ostale sloje sem mikropetrografsko obdelal po metodi izmere povprečnih zrnastih vzorcev z višino 5 cm.

Pri slojnih profilih sem upošteval naslednje komponente:
aerobna skupina:

1. semifuzinit,
2. fuzinit;

anaerobna skupina:

1. telinit,
2. kolinit,
3. vitrinertit s 5 do 30 % inertnega,
4. vitrinertit s 30 do 60 % inertnega,
5. vitrinertit z nad 60 % inertnega,
6. preraščanja s singenetskim apnencem,
7. apnenec.

Slojni profil za en sloj pokaže grafično 11. slika.

Iz diagramov vidimo prevladujoče območje anaerobne sedimentacije. Avtohtonih horizontov aerobnega fuzinita in semifuzinita v območju merjenih profilov ni; ti bi morali imeti večjo lateralno stalnost pa tudi večjo debelino od opazovanih vložkov. Vitrinit je avtohton, vitrinertit hipoavtohton, pri čemer je fragmentarni inertinit alohtono sedimentiran. Le-ta kaže na nemirno sedimentacijo ter strujanja v bazenu. Sklepamo, da je bil plitev obrežni del šotišča, kjer so nastajale aerobne maceralije, izven ožjega območja današnjega premogišča.

Izmera zrnastih preparatov ne dopušča genetskih zaključkov, pač pa daje natančno sliko o kvantitativnem sestavu premoga. Normalno metodo sem izpremenil v toliko, da sem upošteval merjena zrna v okviru

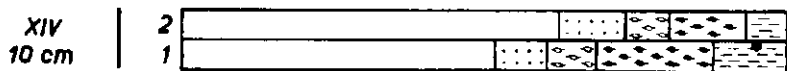
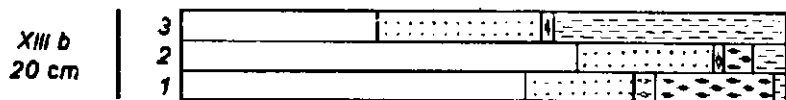
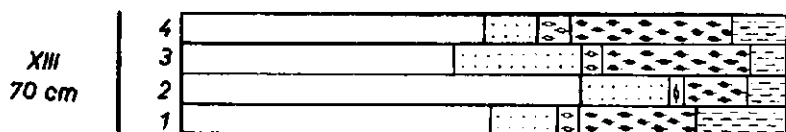
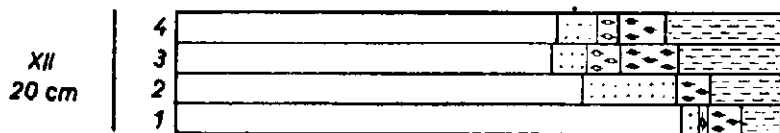
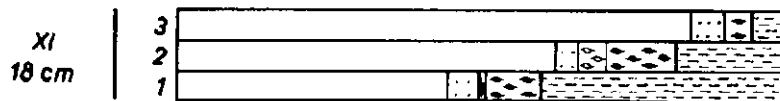
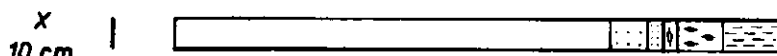
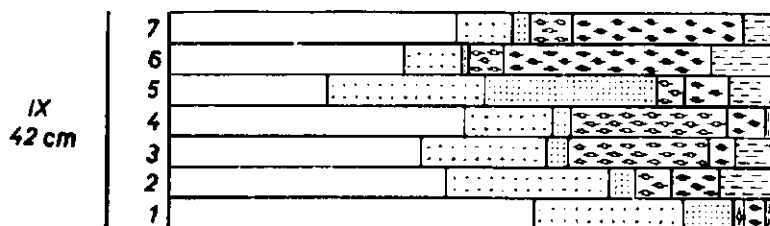
12. slika

Kvantitativni mikropetrografski sestav nekaterih slojev premoga v rudniku Vremski Britof

Fig. 12

Quantitative mikropetrographic composition of some coal seams in Vremski Britof coal mine

SLOJ



zornega polja kot celoto. Ločil sem naslednje komponente, za katere podam tudi običajne oziroma privzete specifične teže:

	spec. teža
1. vitrinit	1,30
2. inertinit; 5–40 % inertnega	1,35
3. inertinit; nad 40 % inertnega	1,40
4. fuzinit	1,50
5. semifuzinit	1,35
6. preraščanja z apnencem nad 20 % in apnena jalovina	2,15

Kvantitativni mikropetrografski sestav za nekatere sloje premoga iz profila vodne proge podam grafično v 12. sliki.

Iz analiz sledi, da je sestav premogovnih slojev neenakomeren. V spodnjih slojih je nekoliko večja udeležba homogenih, čistih maceralij, v zgornjih slojih pa je več heterogenih fragmentarnih komponent.

Povsod znatna udeležba alohtonega fragmentarnega inertninita kaže na stalno prisotnost aerobnih pogojev v širšem območju šotišča.

Značilnost vremskega premoga je izredno majhna udeležba pirita. Nastopa izjemno v drobnih zrnih po vitrinitu ter je le lokalno nekoliko bolj nakopičen. V inertinitu ga ni.

Vsebina celokupnega žvepla v premogu je okrog 10 %; od tega večina v organski obliki. V šotišču so obstajale anaerobne razmere z nastankom žveplovega vodika oz. žvepla, ki je prešlo v sestav organskih spojin. Vzrok odsotnosti železovega sulfida bi moglo biti pomanjkanje železa v sedimentacijskem bazenu ali preveč kislo okolje, kjer se sulfid teže obarja. Ker pa bi kislo okolje zavrlo bakteriialno aktivnost, sklepam na le majhno vsebnost železa v bazenu. Ta zaključek podpira tudi zelo malo železa v pepelu premoga.

Odsotnost sapropelskih komponent v vremskem premogišču skušamo tolmačiti z neprimernimi sedimentacijskimi ter biološko-kemičnimi pogoji, ki niso vodili v smeri bituminiranja. Najbrž nista bila primerna prvotni organski material ter značaj sedimentacijskega bazena. V primeri s stagnirajočimi kadunjami pod neposrednim morskim vplivom v območju Sečovelj, kjer je bila verjetno tudi udeležba zoogenega organskega materiala večja, je bila domnevno stopnja anaerobije v vremskem okolišu manjša.

4. Raški premog

Splošno. Premog iz Raše je med kraškimi premogi najbolj poznan. Je predmet intenzivnega proučevanja z vidika kemije in tehnologije. Njegove anomalne lastnosti so ozko vezane na izredno visoko vsebnost žvepla, ki po Kreulenu (1952) in Kavčiču (1956) nadomešča v sestavu organskih spojin kisik. Kreulen pravilno predpostavlja, da bo mogoče kaj več reči o zrelosti in kemični konstituciji raškega premoga šele, ko bo podrobneje poznan izvor premoga.

Premogišča nisem podrobno obdeloval. Splošne geološke razmere so podane v pregledu geologije Istre. Razmere v premogišču so podobne kot v Sečovljah, le da so dimenzije večje. Sladkovodni, brakični in morski vplivi se menjavajo. Vseh slojev premoga, ki so tudi dokaj debeli, je blizu 40. Najnižji premogov sloj leži neposredno na krednih apnencih ter se prilagodi erodirani, skrašeni podlagi. Za eksploatacijo primernih je okrog 10 slojev, ki so razdeljeni v več skupin s po nekaj sloji v skupni debelini 1–3 metre.

Raški premog je izredno homogen, pretežno svetlega sijaja brez vidne pasovitosti. Je črn s temnorjavo razo in barvo prahu. V najnižjem »krednem« sloju je premog često zelo trd, v višjih slojih je mehkejši in drobljiv. Prelom je v glavnem nepravilen. Tu in tam vidimo rumenkaste vključke drobno porazdeljenega sulfida.

Petrografski sestav in facies. Izredno homogenost premoga omenja že Petrascheck (1926/27). Beck (1948) je mikroskopsko preiskal vzorec premoga. Enako Abramski (1948), ki je primerjal sestav s koksavostjo. Bežno omenja petrografski sestav tudi Kreulen (1952).

Mikroskopsko sem preiskal vzorce različnih slojev. Izredna enakomernost premoga zaenkrat upravičuje splošenje dobljenih rezultatov.

Petrografsko pripada premog vitritu in klaritu. Vitrit prevladuje. Vključuje anorgansko substanco, eksinit in mikrinitu slične maceralije. Z naraščanjem vključkov prehaja vitrit v klarit. Durit in fuzit kakor tudi vmesne stopnje niso udeleženi. Vsebina eksinita je vedno zelo majhna. Kvantitativna izmera kaže povprečno okrog 35 % klarita, ostalo vitrit in 5 do 10 % jalovinskih različkov z več kot 20 % anorganskih primesi.

Vitrinit kot prevladujoča maceralija je pretežno enakomeren. Zanimive so zapolnitve razpok z drugotnim kolinitom. Lokalno opazujemo neizrazito strukturo telinita. Pogostna je izredno drobno porazdeljena anorganska primes. Z naraščanjem te primesi postaja struktura mestoma zrnata ali celo brečasta. Razpršena anorganska primes ter zrnata struktura vitrinita je značilnost v glavnem le najnižjega premogovega sloja.

Eksinit v klaritu pripada polenu, kutikularnim oblikam in bituminitu. Polen je maloštevilen. Podolgastim, tankim oblikam sivorjave barve z izrazitim reliefom pripisujem kutikularno naravo. Najdemo tudi povečini drobne podolgaste vključke bituminita, ki je identičen z opisano maceralijo iz Sečovelj. Kvantitativno ni posebno pomemben. V spodnjem sloju ga je več kot v višjih slojih. Redko ga opazimo na drugotnem mestu v razpokah vitrinita. Za oceno kvantitativne udeležbe bituminita je obseg preiskav premajhen.

Bitumenske komponente v premogišču potrjuje naravni asfalt, ki ga tudi najdemo v premogovniku. Substanca ima videz temnega asfaltnega bitumena. Pod mikroskopom ustreza bituminitu.

Tu in tam opazujemo v vitrinitu tudi sivkaste vključke z nejasnimi notranjimi refleksi. Verjetno gre za smolaste vključke (Hamrla, 1955) kar podpirajo tudi podatki o »trinkeritu« (Jenčič, 1955).

Fuzinit in semifuzinit nista prisotna niti v najmanjših fragmentih.

Sklerotinit zastopajo spore v gručah po vitrinitu. Po debelini in obliki lupine, reliefu in refleksiji je zastopanih več vrst. Združene v skupine dajejo videz sklerocijev.

V vitrinitu višjih slojev najdemo tudi svetle, nejasne vključke, ki se po značilnostih približujejo mikrinitu. Količinsko so nepomembni.

Anorganske primesi v premogu so kalcit, boksit in železov sulfid. Boksit je vezan v glavnem na najnižji sloj ter je lokalno precej nakopičen. Boksitne impregnacije poudarjajo zrnato ali šlirasto strukturo premoga.

Karbonat je stalna primes v premogu. Singenetski karbonat v obliki drobno porazdeljenih kosmičastih zrn je pogosto v neposredni zvezi z boksitnimi disperzijami. Večji del karbonata je epigenetski v obliki tankih žil.

Železovega sulfida v obliki zrn, skupkov in kopuč je največ v spodnjem sloju, manj v višjih slojih. Poleg pirita je zastopan tudi drobnozrnat rjavkastorumen različek piritnega gela.

Po sestavu je torej raški premog sličen sečoveljskemu. Tudi pogoji nastanka premoga so morali biti močno podobni. Prevladujoči vitrinit z obilico singenetskega pirita ter popolna odsotnost fuzinita in semifuzinita govore za anaerobne razmere. Prvotno plastično stanje substance jasno kaže šlirasta struktura osnove zlasti v spodnjih slojih, kjer je domnevno tudi relativno največ bituminita.

Petrografske karakteristike podpira tudi kemični sestav premoga (Dermelj et al., 1955). Razmerje C/N kot merilo sapropelskih pogojev razkroja v premogišču (Niggli, 1952) daje visoko vrednost okrog 38. Visok odstotek dušika (2 %) je najbrž posledica močne dejavnosti bakterij. Nekatere vrste bakterij morejo akumulirati znatne množine dušika (Rankama, Sahama, 1950). Visoka vsebina dušika sama že govori za anaerobne pogoje razkroja organske snovi, kajti v aerobnem okolju dušik odide v obliki raznih več ali manj topnih produktov ter se ne ohrani. Bakterije tudi dvigujejo alkalnost okolja s tem, da tvorijo amoniak iz dušikovih spojin, da izrabljajo ogljikovo kislino ter reducirajo sulfate.

Ker opazujemo v višjih slojih manj pirita ter skoraj nobenega bituminita, prevladuje pa vitrinit z relativno znatno udeležbo spor ter neizrazitega kosmičastega mikrinita, sklepamo, da so bili sapropelski pogoji pretvorbe organskega materiala intenzivnejši v spodnjih slojih.

KEMIJA PREMOGOV

1. Splošno

Sečoveljski in vremski premog smo obširno kemično preiskali. Zasedovali smo morebitne izpremembe sestava v posameznih slojih, delih slojev ter utežnih frakcijah. Tu navedem le glavne podatke. Za raški premog je dovolj podatkov v literaturi.

Pripravo vzorcev smo izvedli v laboratorijih Geološkega zavoda. Frakcionirali smo v zmesi benzina, tetrakloreтана in bromoforma pri specifičnih težah: 1,3 (1,35), 1,5, 1,7 in 1,9.

Ekstrakcije so bile izvedene v Soxhlet aparatu z benzol-alkoholom 1:1 do brezbarvnega topila. Koks smo določili po metodi Radmacherja. Ogljik in vodik po Denstedtovi metodi, dušik po modificiranem postopku Kjeldahla (ing. Dermelj). Kisik je dobljen iz difference. Celokupno žveplo smo določili po metodi Seutheja, piritno po Radmacherju in Mantelu. Poslednje za kraške premoge odpove ter daje 10–20-krat prenizke rezultate.

Vrednosti za vlago so nekoliko previsoke zaradi nepopolne odstranitve organskih topil.

Osnovni reakciji, kislinska s KOH ter ligninska s KNO_3 pokazeta:

	KOH (ln)	HNO_3 (1:9)
Sečovlje	rjavo	vinsko rumeno
Vremski Britof	brezbarvno	brezbarvno
Raša	brezbarvno	brezbarvno

Ekstrakt pri ekstrakciji z benzol-alkoholom (1:1) je za Sečovlje rjav z aromatičnim duhom, za Vremski Britof temen s komaj vidno modrikasto fluorescenco topila, za Rašo temen.

2. Sečovlje

Imediatna, elementarna in tehnološka analiza. Podatke analiz za nekaj skupin slojev z dveh mest v premogišču, ločenih na frakcije, daje 4. tabela. Meročajna je najlažja frakcija, v kateri je vitrit nakopičen. Pri vzorcih C frakcije –1,3 zaradi anorganskih primesi ni. Povprečen sestav premoga oziroma frakcije –1,3 vsebuje 11. tabela.

Visoka vsebina žvepla dopušča dvojno razlago sestava; ali ga prištejemo k ogljiku ali h kisiku. Tako dobimo dva različna zrelostna stadija premoga. Na nižjo zrelost bi kazala visoka vsebnost hlapnega. Ta pa je vezana na bitumenske komponente v premogu.

Kreulen (1952) je sklepal, da je žveplo v sorodnem raškem premogu vezano v aromatskih obročih. Isto je ugotovil Kavčič (1956). Predpostavljamo, da žveplo nadomešča v sestavu organskih spojin kisik. Strukturno-kemično moremo na ta način razložiti tudi nizko vsebino vlage v premogu, ki s povprečkom okrog 4 % ni v skladu z visoko vsebnostjo hlapnega.

Ekstrakcije v benzol-alkoholu (1:1) so dale okrog 12 % ekstrakta, v kloroformu okrog 8 %. Vsebina bitumena, ki se ekstrahira, je po podatkih za sorodni raški premog odvisna od postopka in topila. V ekstrakt gre najbrž predvsem bituminit. Količina se približno ujema s kvantitativno izmerjeno vsebnostjo bituminita.

Določili smo zgornji toplotni efekt 8 vzorcev zračno suhega premoga, kar daje sežigne toplote suhe, čiste substance med 7095 in 7520 Kal, povprečno 7350 Kal.

Povprečna vsebnost celokupnega žvepla v frakciji –1,3 z okrog 11 % je dokaj stalna, v težjih frakcijah pa variira. Z višjimi sloji vsebina pada. Po mikroskopski oceni sodeč gre ta diferenca na račun manjše udeležbe

Kemični sestav slojev premoga iz Sečovelj po frakcijah

Chemical composition of Sečovlje coal seams fractions

Table 4.

4. tabela

Vzorec Sample			Imediatna analiza							Elementarna analiza				
Profil Section	Sloj Seam	Frakcija Fraction	vlaga Mois- ture	pepel Ash	koks Coke	S_{cel} S_{tot}	bitumen hlapno Bitumen Volatiles	C_{fix}	Kzg***	C	H	S_{cel}	O	N
					vp*		vpp**			vpp				
A	I-II	-1,3	6,96	3,15					6965	69,8	6,20	11,7	11,64	0,66
		-1,5	6,30	10,04	54,20	11,8	12,28	51,25						
		1,5-1,9	5,37	24,95	58,95	12,5	6,10	54,70						
	III-VI	-1,3	3,75	3,01					7333	69,9	5,94	11,2	12,33	0,63
		-1,5	6,70	7,82	50,08	11,4	13,50	53,43						
		1,5-1,9	7,55	31,58	56,07	8,9	9,07	64,24						
	VII-X	-1,3		5,80						71,8	5,22	11,1	11,13	0,75
		-1,5	6,55	8,08	51,34	11,2	13,67	52,89						
		1,5-1,9	7,45	26,49	56,51	9,9		59,10						
C	I	-1,5	4,75	8,47	53,29	12,1	10,86	51,03	6743	70,0	5,66	13,2	10,29	0,84
		1,5-1,9	4,60	27,68	58,17	11,7	8,83	57,85						
	II-IV	-1,5	4,78	10,55	53,35	12,3	10,98	52,98	6561	70,6	6,52	13,7	8,28	0,88
		1,5-1,9	4,56	25,68	57,24	12,9	8,97	56,79						
	V-VI	-1,5	6,30	9,45	52,34	11,9	12,15	53,65	6496	70,4	5,84	13,1	9,87	0,79
		1,5-1,9	4,75	26,27	56,00	10,95	11,20	59,53						

* brez vlage; dry basis.
 ** brez vlage in pepela; dry-ash-free basis.
 *** kcal/kg.

piritnega žvepla v gornjih slojih. Sulfatno žveplo je le malo udeleženo. Organsko žveplo je dobljeno iz difference; pripada mu najmanj 90 % od celokupnega žvepla.

Swelling indeks kot parameter spekljivosti znaša pri nižjih slojih 1, pri višjih doseže 2,5 do 3. Dilatacija in kontrakcija sta majhni; v reološkem oziru je premog vseskozi neugoden. Molekularno razmerje $\frac{H}{O+N}$

kot indeks za presojlo koksnihi sposobnosti znaša 7,4, medtem ko se za normalne koksne premoge ta vrednost giblje med 8 in 12.

Destilacijski poizkus v Fischerjevi retorti (do 520° C) je bil napravljen za dva vzorca frakcije —1,35. Tiljni koks (61 %) je sintran. Vsebnost katrana (18,4 %) je visoka, kar je v zvezi z bitumenom v premogu.

Sestav pepela in redki metali v premogu. Povprečno vsebuje frakcija —1,3 le 4 % pepela, frakcija 1,3—1,5 okrog 8,5 % in frakcija 1,5—1,9 okrog 26,5 % pepela. Sestav pepela različnih slojev z dveh mest v premogišču podaja 5. tabela.

Iz iste tabele vidimo, da so na lahko frakcijo vezani v glavnem V, Ni, Mo; bolj na težjo frakcijo Cr, od frakcije neodvisna pa sta Mn in Ti. Sklepamo, da so V, Ni in Mo vezani na organsko substanco, kar se ujema z ugotovitvami Ottejeve (1953).

Domnevamo, da so redki metali v premogu v obliki sulfidov ali pa so adsorbirani na bitumen. Soli teh metalov so bile za časa usedanja rastlinskega materiala prisotne v sedimentacijskem bazenu kot suspenzije ali raztopine. Znano je, da so nekateri asfalti pa tudi nafte izredno bogati z vanadijem in nikljem. Rankama in Sahama (1950) navajata 38,2 % V v pepelu asfalta ter 21,4 % V v pepelu premogov iz Argentine. Na asfalte ter bituminozne kamenine so vezani zlasti V, Ni in Mo.

6. tabela kaže faktor obogatenja redkih metalov v primerjavi z recentnimi rastlinami (Otte, 1953) pri povprečnem pepelu 10 % ter koeficientu usedanja 1/10. Neznatna obogatenja so pri Mo, Ni in Ti, razredčenja pri Cr in Mn. Pri vzporejanju vsebnosti redkih metalov s faciesom ugotovimo za metale, ki so vezani na lahko frakcijo, večje vsebnosti pri limničnem razvoju.

3. Raša

Obširne kemične analize raškega premoga so objavljene (Dermelj, 1955); zaradi primerjave povzamem osnovne povprečne podatke v 11. tabeli.

Pepela je 4—16 %. Največ ga je v najnižjem sloju. Ekstrakcija v ben-zolu daje 0,8—3,85 % (vpp); največ v najnižjem sloju. Od celokupnega žvepla 11,2 % odpade 0,75 % na piritno in 0,1 % na sulfatno žveplo; 10,4 % je organsko vezanega.

Premog najnižjega, »krednega« sloja odstopa po lastnostih od višjih slojev. Sestav pepela 6 vzorcev tega sloja z različnih mest, treh višjih slojev in naravnega bitumena, kaže 7. tabela. Neenakomeren sestav je v glavnem posledica različne udeležbe boksitne primesi, ki je je največ v najnižjem sloju. V pepelu asfalta je zlasti dosti vanadija.

Sestav pepela premoga
Composition of ash

Table 5.

Profil	Sloj	Frakcija	vлага	pepel	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	CaO
A	I	—1,5	4,16	27,0	19,3	36,2	18,1	2,82
		+1,5	5,31	25,3	23,8	33,7	20,6	3,26
	II	—1,5	6,18	7,78	21,2	22,2	25,0	5,21
		+1,5	4,92	23,1	30,6	33,4	18,5	1,99
	III	—1,5	6,70	8,40	23,5	25,3	13,8	10,38
		+1,5	11,30	23,0	13,8	12,2	9,6	26,1
	IV+V	—1,5	6,80	5,04	23,1	24,1	15,3	9,74
		+1,5	5,50	24,3	30,2	28,2	15,20	7,97
	VI	—1,5	7,11	9,85	20,7	20,7	12,3	16,32
		+1,5	7,81	39,8	16,4	6,70	4,55	26,3
	VII	—1,5	6,09	7,99	18,5	17,1	16,6	14,63
	VIII	—1,5	6,38	9,76	21,8	16,4	16,5	14,45
		+1,5	6,53	37,1	15,7	3,60	4,30	27,76
	IX	—1,5	4,61	6,48	24,1	23,8	15,9	9,77
		+1,5	7,15	23,10	33,0	27,7	11,0	9,40
C	X	—1,5	4,43	6,85	24,1	8,56	25,8	5,07
	I	—1,5	4,13	8,47	14,86	25,0	21,0	9,43
		+1,5	4,28	26,02	29,2	28,7	17,1	6,96
	II	—1,5	4,70	10,01	22,46	24,59	18,72	9,60
		+1,5	4,57	23,11	23,44	24,4	18,25	9,45
	III	—1,5	4,40	9,06	20,8	24,7	20,53	9,51
		+1,5	5,08	23,32	15,32	22,5	18,43	14,10
	IV	—1,5	3,85	11,82	17,43	28,6	24,0	5,61
		+1,5	4,57	23,04	20,0	34,3	25,1	3,08
	V	—1,5	5,14	10,28	19,16	27,5	19,67	9,00
		+1,5	6,18	30,55	17,24	27,7	12,5	14,51
	VI	—1,5	4,67	7,45	21,1	18,43	15,60	14,47
		+1,5	4,64	26,90	17,6	19,3	13,3	19,7

iz Sečovelj
of Sečovlje coal

5. tabela

MgO	Ti	V	Cr	Mo	Mn	Ni	Ca : Mg
0,77	1,12	0,11	0,028	0,002	0,007	0,025	4,37
1,02	0,83	0,069	0,053	0,005	0,004	0,032	3,78
1,62	0,59	0,15	0,031	0,016	0,007	0,038	3,82
1,37	0,99	0,030	0,045	0,003		0,025	1,66
1,55	0,82	0,054	0,031	pod 0,001	0,004	0,022	7,63
0,93	0,48	0,18	0,035	0,002			33,2
2,16	0,60	0,036	0,031	pod 0,001	0,007	0,025	5,18
1,79	0,94	0,020	0,039	0,009			3,16
1,54	0,56	0,080	0,025	0,012	0,006	0,025	12,54
1,45	0,43	pod 0,01	0,018	pod 0,001	0,006	0,011	21,5
2,20	0,57	0,042	0,031	0,014	0,007	0,018	7,63
2,17	0,59	0,12	0,021	0,005	0,004	0,031	7,33
1,24	0,32	pod 0,01	0,012	pod 0,001	0,003	0,011	26,6
2,66	0,72	0,067	0,033	0,017	0,003	0,030	4,19
1,27	0,80	pod 0,01	0,072		0,003	0,021	8,8
1,29	0,35	0,070	0,020	pod 0,001	0,005		4,8
2,24	0,79	0,14	0,055	0,019	0,005	0,034	4,96
1,71	0,84	0,059	0,13		0,008	0,032	4,85
2,01	0,72	0,24	0,048	0,021	0,005	0,044	5,72
0,94	0,74	0,059	0,10		0,006	0,050	12,0
1,99	0,66	0,27	0,053	0,061	0,004	0,040	5,72
0,98	0,64	pod 0,01	0,082		0,006	0,027	17,2
1,93	0,95	0,19	0,048	0,030	0,005	0,044	3,45
1,23	0,94	0,058	0,14		0,006	0,050	2,59
2,15	0,86	1,15	0,038	0,025	0,007	0,036	4,95
1,42	0,86	0,023	0,082		0,005	0,023	12,2
2,08	0,61	0,13	0,030	0,042	0,004	0,035	8,28
2,18	0,61	0,031	0,074			0,024	10,8

Vsebnost redkih metalov v pepelu premoga iz Sečovelj ter faktor obogatjenja

Rare metals content in the ash of Sečovlje coal and factor of enrichment

Table 6.

6. tabela

Frakcija —1,5

Redki metali	Povprečna vsebnost ‰	Reducirano na premog		Vsebnost metalov v recentnih rastlinah (Otte, 1953)	Faktor obogatjenja
		s povpr. pepelom 10 ‰ ‰	s povpr. koe- ficientom usedanja 1/10 ‰		
Ti	0,8	0,08	0,0008	0,001	8
V	0,1	0,01	0,001	0,0001—0,001	0 — 10
Cr	0,05	0,005	0,0005	0,005	—10
Mo	0,007	0,0007	0,00007	0,0009	1,3
Mn	0,005	0,0005	0,00005	0,001—0,02	—20 — —400
Ni	0,03	0,003	0,0003	0,00015—0,00033	0 — 2

Sestav pepela nekaterih slojev premoga iz Raše
Composition of ash from some Raša coal seams

Table 7.

Jama Podlabin

7. tabela

Sloj	pepel %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Ti	Mn	V	Cr
1. (močno jalo- vinast)	52,6	40,6	34,5	7,8	1,3	1,32	1,00	0,014	0,32	0,60
1.	15,3	9,49	15,2	14,6	14,2	7,32	0,40	pod 0,001	0,20	0,28
1.	15,2	10,1	23,5	19,1	20,6	0,83	0,78	0,003	0,65	0,18
1.	9,7	4,14	6,7	11,8	22,3	9,8	0,19	pod 0,001	1,30	0,39
1.	5,1	12,2	3,5	50,0	15,7	—	0,41	pod 0,001	1,40	0,22
1.	12,1	17,8	43,8	8,3	20,7	3,69	0,61	0,09	0,33	0,52
2.	11,4	8,24	7,6	29,8	19,5	2,59	0,35	pod 0,001	0,46	0,20
5.	3,8	6,33	11,5	7,6	32,3	4,26	0,25	pod 0,001	0,09	0,16
10.	11,1	3,62	1,67	1,8	35,0	3,48	0,45	pod 0,001	0,13	0,04
Asfaltni bitumen	1,69	5,59	5,6	cca 50	18,9	1,0	—	—	1,95	0,37

4. Vremski Britof

Imediatna, elementarna in tehnološka analiza. 8. tabela kaže sestav nekaterih premogovih slojev z različnih mest jam Jadran IV in Zavrhek, ločenih po frakcijah. Povprečen sestav premoga podaja v primerjavi s sečoveljskim in raškim premogom 11. tabela.

Zaradi karbonatov v premogu je odstotek hlapnih snovi nekoliko previsok.

Odstotek vodika je za višino ogljika normalen, dušika pa je sorazmerno precej. Visoka vsebnost žvepla je dokaj enakomerna ter neodvisna od lege sloja. Piritnega in sulfatnega žvepla je zelo malo. Skoraj v celoti je žveplo organsko vezano. Ekstrakcije dajo izkoristek povprečno 1,1 % (vpp).

Zgornji toplotni efekt vzorcev zračno suhega premoga frakcije —1,35 daje vrednosti med 8049 in 8338 Kal, kar ustreza sežigni toploti med 8435 in 8620 Kal, povprečno 8500 Kal.

Spekljivost in koksavost vremskega premoga sta ugodni. Swelling indeks svežega premoga znaša 7–8 %, pri oksidiranih vzorcih takoj pade celo na 1. Dilatacije so različne, pri svežih vzorcih v splošnem visoke, pri drugih z istim indeksom nizke. Kontrakcija znaša 17–20 % brez ozira na vrednost indeksa in dilatacije. Pri majhnem številu poizkusov tega zaenkrat še ni mogoče razložiti.

Destilacijski poizkus na dveh vzorcih daje povprečno 8,35 % katrana, visoko vsebino koksa (83,5 %) in malo tiljne vode (1,3 %). Podobne rezultate dajejo normalni črni premogi z enako vsebino ogljika in hlapnega.

Sestav pepela in redki metali v premogu. 9. tabela podaja sestav pepela skupin premogovih slojev z vodne proge v jami Jadran IV. Največji del kremenice, glinice, železa in titana je vezan na lahko frakcijo, kar govori za singenetski značaj primesi. V težji frakciji prevladuje le kalcij. Pomembna je nizka vsebnost železa. Magnezij je — kot v Sečovljah — vezan na lahko frakcijo ter ne gre paralelno s kalcijem; sklepamo, da magnezij ni kot karbonat v jalovini, ampak v premogovi substanci.

Med elementi v manjših koncentracijah so V, Cr in Ni močnejše udeleženi v lažji frakciji, iz česar sklepamo, da so prvenstveno vezani na organsko snov. Stopnjo obogatjenja kaže 10. tabela. Koncentrirani so isti metali kot v Sečovljah, vendar so obogatjenja pri nekaterih večja. V skladu z razmerami v Sečovljah domnevamo, da so bile limnične anaerobne razmere v premogiščih kopičenju redkih metalov bolj ugodne kot brakično-morske.

KLASIFIKACIJA PREMOGOV

Problem splošno uporabne klasifikacije premogov še ni rešen. Razne vrste različno zrelih premogov z neenako kemično konstitucijo je težko zadovoljivo karakterizirati. V ta namen so bili uporabljeni najrazličnejši parametri.

Kemični sestav slojev premoga iz Vremskega Britofa po frakcijah

Table 8.

Chemical composition of Vremski Britof coal seams fractions

8. tabela

Vzorec		Imediatna analiza									Elementana analiza					
Sloj	Frakcija	vlaga	pepel	S _{cel}	S _{pir}	S _{sulf}	S _{org}	hlapno C _{fix} bitum.			Kzg	C	H	N	O	S _{cel}
								vp	vpp							
Jama Jadran IV																
zg. skupina																
zgornji sloj	-1,35	0,77	3,95	9,3	sled	sled		21,02	87,98	1,30	8180	80,07	4,67	1,25	4,32	9,69
gl. skupina	-1,35	0,62	3,72	11,1	sled	sled		24,45	75,55	0,65	8117	80,0	4,41	1,12	2,92	11,55
zgornji sloj	-1,5	0,73	5,33	10,1	0,03	0,024	9,05	28,92	71,08							
sloj	1,5-1,9	1,04	30,07	8,6	0,19	0,085	8,33	32,91	67,09							
gl. skupina	-1,35	0,73	3,52	9,1	sled	sled		18,25	81,75	1,06	8220	83,0	4,58	0,97	2,01	9,44
srednji sloj	-1,5	0,56	4,63	8,9	0,019	0,022	8,86	22,77	77,23							
sloj	1,5-1,9	0,84	23,0	6,5	0,054	0,04	6,41	31,71	68,29							
gl. skupina																
spodnji sloj	-1,35	0,49	7,1	8,60	sled	sled		22,84	77,16	1,02	7615	84,2	4,45	0,95	2,14	9,26
Jama Zavrhek																
I. prem.																
hor.																
gl. sloj	-1,35	0,97	3,99	8,9	sled	sled		23,18	76,82	2,89	8075	81,0	4,34	0,96	4,43	9,27
II. prem.	-1,35	0,36	3,09	8,7	sled			25,90	74,10	0,61	8338	82,7	4,50	0,98	2,84	8,98
hor.	-1,5	0,61	5,01	7,8	0,012	0,017	7,77	26,14	73,86							
gl. sloj	1,5-1,9	0,58	29,0	5,14	0,03	0,023	5,09	44,45	55,55							

Sestav pepela premoga iz Vremskega Britofa
Composition of ash of Vremski Britof coal

Table 9.

9. tabela

Jama Jadran IV; vodna proga

Skupina	Sloj	Frakcija vlaga pepel			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	CaO	MgO	Ti	V	Cr	Mo	Mn	Ni
krovnin- ska	zg. del 2 + 3	—1,35	0,39	5,35	12,94	15,38	2,02	34,00	4,79	0,29	1,67	0,21	—0,001	—0,001	—
		+1,35	1,55	23,8	6,83	5,14	0,80	39,40	0,88	1,12	0,25	0,048	—0,001	—0,001	0,009
	sr. del 4 + 5 + 6	—1,35	0,89	5,29	19,68	16,20	2,46	13,88	4,60	0,35	1,80	0,27	—0,001	—0,001	0,049
		+1,35	4,89	18,8	10,53	7,56	1,59	33,86	0,80	0,19	0,54	0,19	—0,001	—0,001	0,040
	sp. del 7 + 8	—1,35	1,12	6,5	10,09	11,01	1,36	18,94	5,02	0,22	1,95		—0,001	—0,001	
zgornja	zg. del 9 + 10	+1,35	8,47	20,1	10,58	7,77	1,50	32,23	0,79	0,20	0,87	0,22	—0,001	—0,001	0,034
		—1,35	0,33	4,22	22,76	23,08	2,56	11,46	4,21	0,53	1,80	0,26	—0,001	—0,001	0,13
		+1,35	1,34	18,2	8,49	8,02	2,93	34,23	0,71	0,20	0,74	0,079	—0,001	—0,001	0,046
	sp. del 11 + 12	—1,35	0,41	4,19	2,90	13,08	0,91	23,90	1,67	0,25	1,02	0,23	—0,001	—0,001	0,053
		+1,35	2,70	26,1	0,67	1,62	0,34	47,36	0,57	0,043	0,050	0,038	—0,001	—0,001	0,013
glavna	13	—1,35	0,62	3,73	19,55	19,71	2,94	12,39	4,86	0,43	2,73	0,20	—0,001	—0,001	0,18
		+1,35	1,81	15,3	5,71	5,24	1,10	39,09	0,71	0,11	0,61	0,16	—0,001	—0,001	0,041
talninska	14 + 15	—1,35	1,10	4,91	6,94	22,61	3,14	16,99	4,00	0,28	4,18	0,53	—0,001	—0,001	0,12
		+1,35	3,25	17,2	32,62	30,36	2,60	12,33	0,87	0,56	0,99	0,32	—0,001	—0,001	0,076

**Vsebnost redkih metalov v pepelu premoga iz Vremskega Britofa
ter faktor obogatenja**

**Rare metals contents in the ash of Vremski Britof coal
and factor of enrichment**

Table 10.

10. tabela

Frakcija — 1,35

Redki me- tali	Povprečna vsebnost %	Reducirano na premog		Vsebnost me- talov v recent- nih rastlinah (Otte, 1953) %	Faktor obogatenja
		s povpr. pepelom 5 % %	s povpr. koeficien- tom useda- nja 1/10 %		
Ti	0,34	0,017	0,0017	0,001	1,7
V	povpr. 2,5	0,125	0,0125	0,0001 — 0,001	12,5 — 125
	max. 4,15	0,221	0,0221		22 — 222
Cr	povpr. 0,27	0,013	0,0013	0,005	— 3,8
	max. 0,53	0,026	0,0026		— 1,9
Mo	< 0,001	< 0,00005	0,000005	0,0009	— 188
Mn	< 0,001	< 0,00005		0,01 — 0,02	— 200
Ni	povpr. 0,10	0,005	0,0005	0,00015 — 0,00033	3,3 — 1,5
	max. 0,18	0,009	0,0009		6 — 2,7

Pri klasifikaciji po elementarni analizi moremo vse tri premoge dokaj dobro uvrstiti, ako upoštevamo namesto kisika vsoto kisika in žvepla. Za sečoveljski in raški premog je vsebnost vodika nekoliko visoka, pri vremskem pa je za njegovo količino ogljika prenizka. Tako padeta po Seylerjevi shemi prva dva visoko v »per« območje, vremski pa med mnogo zrelejše »sub« različke. Podobno je v Mottovi klasifikacijski shemi (Francis, 1954).

V Francisovem klasifikacijskem diagramu (1954) se osnovni parametri C, H, O + S (+N), K_{2x} ter hlapno dobro ujemajo. Sečoveljski premog spada po položaju v diagramu, ki ga kaže 13. slika, v 1. podskupino netrdnega rjavega premoga blizu prehoda v trdne rjave premoge. Raški premog pripada isti skupini, vendar 2. podskupini trdnega rjavega premoga na prehodu k 3. podskupini (subbituminous coal). Oba ležita v perhidričnem območju. Vremski premog spada že v skupino »bituminoznih« premogov (bituminous), nekako v prehod med skupinama 1. in 2. v subhidričnem območju.

Ako torej manjkajoči kisik nadomestimo z žveplom, pripadata raški in sečoveljski premog še območju rjavih premogov z nekoliko večjo vsebnostjo bitumenskih komponent, vremski pa manj karbonificiranim črnim premogom s povečano udeležbo inertnih komponent.

V diagramu vidimo še položaj asfaltskega bitumena iz Raše, bitumena (kerogena) iz sapropelskih apnencev ter ekstrakta (v benzol-alkoholu) iz sečoveljskega premoga. Sestav teh različkov kaže 12. tabela.

Strukturno-kemične preiskave obravnavanih premogov v smeri, ki jo je nakazal van Krevelen (1956) z metodo statistično-konstitutivne analize, bi mogle bolj pojasniti ali osvetliti njihov izreden značaj ter jih točno opredeliti. Nekaj podatkov, ki jih je izračunal van Krevelen (Kreulen, 1952) za raški premog, ne osvetljuje dovolj zrelosti premoga, ki je ostala zaenkrat po kemični poti še nedoločena.

1. Uvrstitev po klasifikacijskem sistemu CODE

Dokaj razširjen način klasifikacije nima znanstvenega pomena, pač pa je uporaben za tehnično-trgovsko uvrstitev premogov. Vsaka točna klasifikacija premoga mora biti izvedena izključno le na vitrinitu kot karakteristični, enotni komponenti premoga. CODE klasifikacija pa zajema premog kot celoto ter dopušča celo do 10 % pepela.

Nekoliko večja je vrednost klasifikacije, ako upoštevamo najlažjo frakcijo premoga, v kateri je nakopičena vitritna komponenta. To sem upošteval tudi v danem primeru.

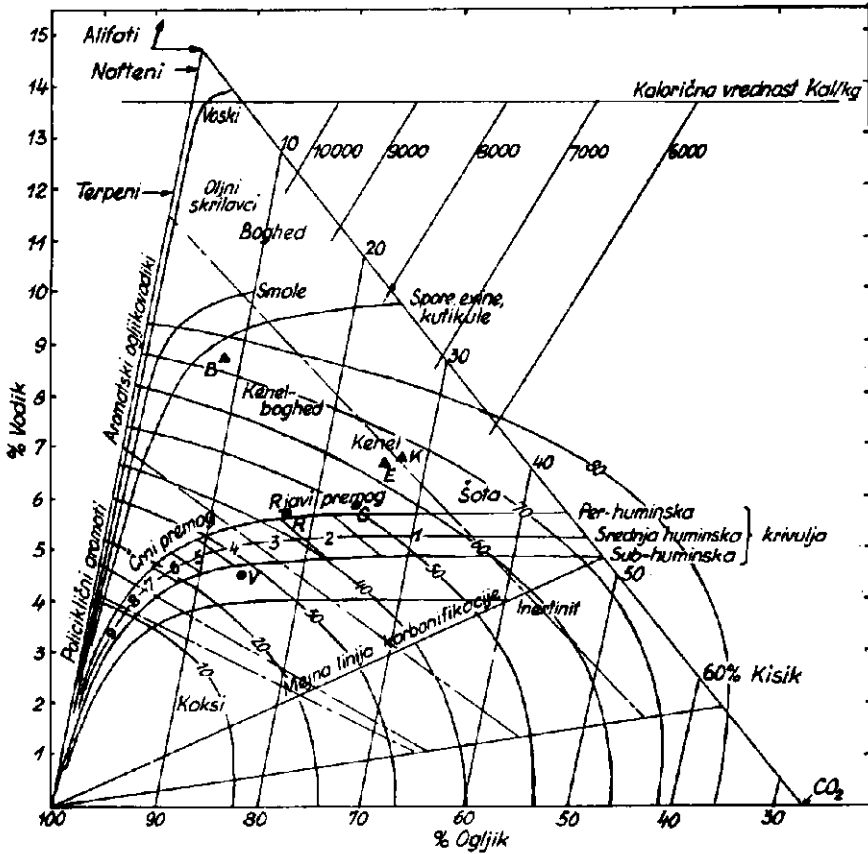
Sečoveljski premog s klasifikacijskim številom 711 spada v skupino VI, ki jo označuje slaba spekljivost in koksavost ter sintran, slabo napihnjen koks.

Za raški premog navaja Lavrenčič (1956) število 634, za slabo koksav premog »krednega« sloja tudi nižje število.

Premogi in bitumenski različki v Francisovem klasifikacijskem diagramu

Fig. 13

Coals and bituminous constituents in Francis's rational classification chart



- S Sečovelje
- R Raša
- V Vremski Britof

- ▲ B Naravni bitumen, Raša
- ▲ K Kerogen iz saprop. opnenca, Sečovelje
- ▲ E Ekstrakt iz sečoveljskega premoga (benzol-alkohol 1:1)

Povprečne elementarne karakteristike premogov

Average ultimate characteristics of coals

Table 11.

11. tabela

Frakcije — 1,3

	Sežigalna toplota) (zračno suho) kcal/kg	hlap- no	C _{fix}	C _{fix} hlapno	C	H	S _{cel}	N	O	O + S	C + S	C H	O H	O + S H
Sečovlje	7095 — 7520	50	50	1	70,4	5,9	11,0	0,75	11,95	22,95	81,4	12	2	3,9
Raša	7750 — 8025	49	51	1,04	77	5,7	11,2	2,0	4,1	15,3	88,2	13,5	0,7	2,7
Vremski Britof	8435 — 8620	26	74	2,84	81,8	4,5	9,9	1,1	2,7	12,6	91,7	18	0,6	2,75

Kemični sestav bitumenskih različkov

Chemical composition of bituminous substances

Table 12.

12. tabela

	vlaga	pepel	ekstrakt benz. alk. 1:1	C	H	S _{cel}	N	O	O + S
							vpp		
Asfaltni bitumen iz Raše	0,0	1,69	99,0	83,1	8,7	7,6	0,12	0,48	8,08
Ekstrakt sečoveljskega premoga (benz.-alk. 1:1)		0,0		67,6	6,62	11,9	0,66	13,12	25,02
Ekstrakt sapropelskega apnenca (benz.-alk. 1:1)						8,62	0,99		
Bitumen iz sapropelskega apnenca	2,0	27,3	23,9	66,1	6,8	13,5	1,44	12,16	25,66

14 slika

**Položaj premogov v C r. diagramu za »normalne« premoge
(po van Krevelenu)**

Fig. 14

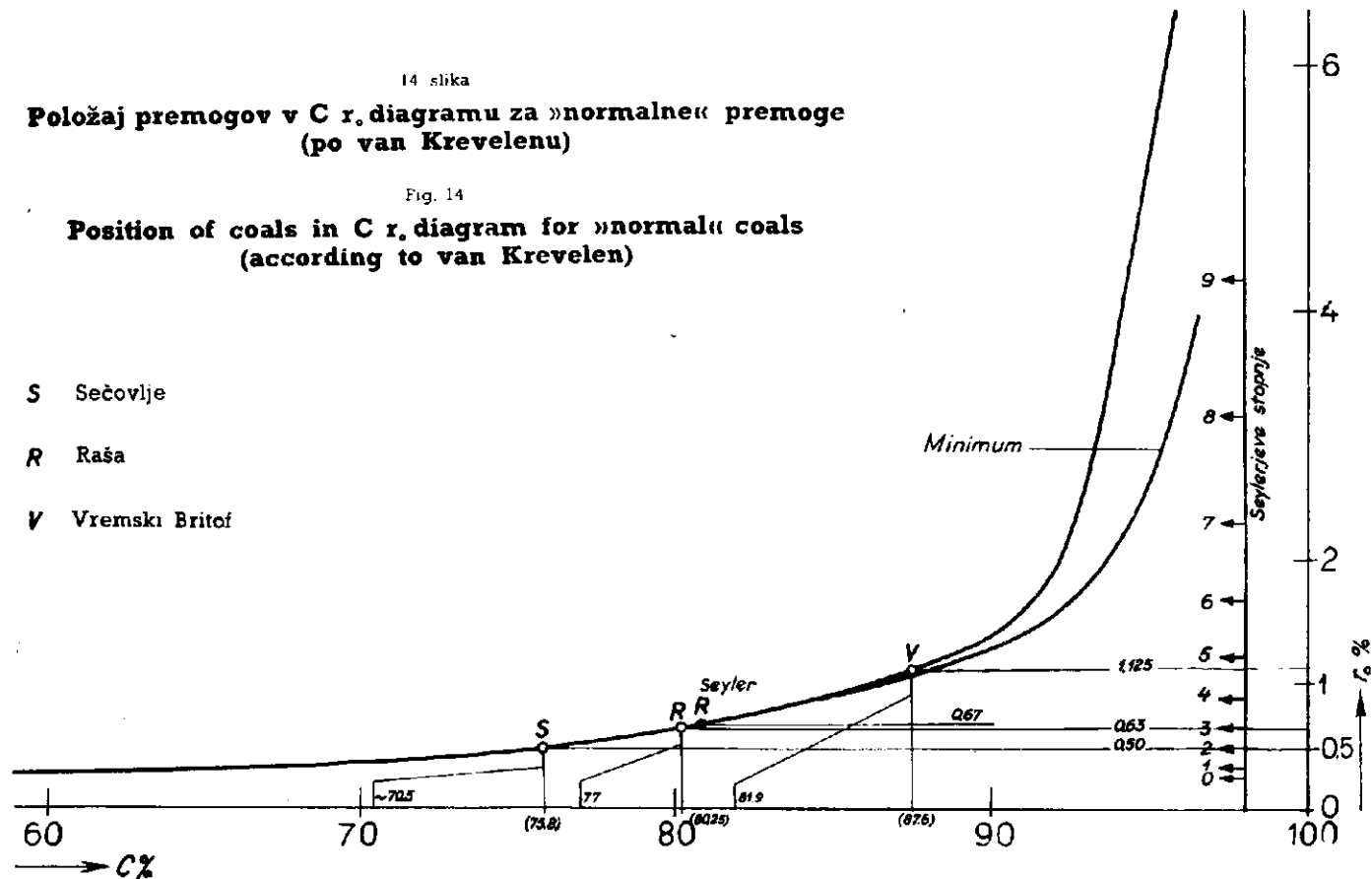
**Position of coals in C r. diagram for »normal« coals
(according to van Krevelen)**

S Sečovlje

R Raša

V Vremski Britof

210



Vremski premog s klasifikacijskim številom 434 spada v skupino Vb, ki obsega koksavo črne premoge z 20–30 % hlapnih snovi.

Raški in sečoveljski premog pripadata še območju manj zrelih premogov s slabo spekljivostjo ter zelo slabo koksavostjo. Če to velja za sečoveljski premog, nikakor ne velja za raškega, kar kaže omejeno veljavnost in vrednost klasifikacijskega sistema CODE.

2. Merjenje moči odboja svetlobe

Med fizikalnimi parametri sem določil le moč odboja svetlobe obravnavanih premogov. Za premoge z normalno kemično konstitucijo zaenkrat velja, da je odboj svetlobe optična konstanta, neposredno proporcionalna doseženi zrelosti.

Znano je, da je Seyler prišel do zaključka o nezveznem stopnjevanju refleksije z rastočo zrelostjo premoga. Seylerjevo ugotovitev, ki je obetala za študij konstitucije premogov velik pomen, so v začetku nekateri raziskovalci potrdili, drugi ovrgli. Danes velja, da nezveznosti odboja svetlobe v odvisnosti od zrelosti premoga ni. Obstoja pa neposreden odnos med odbojem svetlobe in strukturno-kemično zgradbo premoga (Van Krevelen, 1956). Preračunavanja Van Krevelena kažejo, da je refleksija v zvezi z benzolovimi jedri in prostimi elektroni v ravninah teh jeder. Kreulen (1952) je domneval, da utegne vitrit z organskim žveplom, ki je vezano v obročih, moč odboja svetlobe občutno znižati. Na znižanje moči odboja v premogu, ki je bogat z organskim žveplom, sklepa tudi Stach (1955) ter smatra pojav kot eno od možnosti za odstopanja od Seylerjevih trditev. Na nižjo moč odboja nekaterih z žveplom bogatih premogov iz Porurja sklepa tudi Teichmüllerjeva (1955), ki pa navaja povečan odboj umetno sulfuriranih premogov (1954).

Doslej edino meritev na raškem premogu je izvedel Seyler, ki je dobil vrednost $r_0 = 0,67$ v olju, čemur ustreza reflektančno število 3 (Kreulen, 1952).

Meritve sem izvedel z Berekovim fotometrom. Uporabljal sem cedrovo imerzijo ter Leitzov objektiv 8 mm. Pri zadostnem številu opazovanj so rezultati enakovredni objektivnim postopkom (Van Krevelen, 1954). Vrednost odboja sem primerjal z izotropnim presekom kremenca. Težave so le zaradi enakih lomnih količnikov olja in kremenca. Meril sem v monohromatski svetlobi ob uporabi Leitzovega zelenega filtra 53. Izvršil sem več meritev s po 10 odčitki. Srednje vrednosti odboja v olju so naslednje:

	r_0
Sečovlje	0,50
Raša	0,63
Vremski Britof	1,125

Vrednost za Sečovlje ustreza Seylerjevi stopnji (reflektančnemu številu) 2, za Rašo stopnji 3, medtem ko za Vremski Britof pade med stopnjo 4 in 5.

Iz 14. slike, ki kaže odnos refleksije do zrelosti premoga, kot ga podaja Van Krevelen (1954), oziroma iz primerjave izmerjenih vrednosti z ustreznimi podatki sledi, da le-te ustrezajo znatno višjim vsebnostim ogljika. Vrednost za Vremski Britof pade v pričetek anizotropnega območja, kar se potrjuje s komaj zaznavno anizotropijo tudi pod mikroskopom.

Ker je Van Krevelenova krivulja r_o/C sestavljena po podatkih meritev na »normalnih« premogih, sklepam, da imajo premogi z visoko vsebnostjo organskega žvepla znatno večjo moč odboja svetlobe kot sicer »normalni« premogi z isto vrednostjo ogljika. Ugotovitev je torej nasprotna navedeni domnevi Kreulena in Teichmüllerjeve ter trditvi Stacheja, da organsko vezano žveplo moč odboja pri določeni vsebnosti ogljika niža.

Vrednosti odboja opredeljujejo premoge med bolj zrele kot pa kažejo vsebnosti ogljika. Moč odboja vitrita ni neposredno proporcionalna vsebnosti ogljika.

VPLIV METAMORFOZE IN ZRELOST PREMGOV

Zrelost normalnih premogov primerjamo med seboj po vsebnosti ogljika. Pri anomalnih premogih pa je vprašanje, kaj je merodajno za oceno zrelosti; ali stopnja refleksije ali vsebnost ogljika? Razlike v vsebini ogljika so delno tudi petrografsko pogojene. Zato smemo primerjati le vitrite raznih premogov.

Relativne zrelosti vseh treh premogov, tako po vsebini ogljika kot odboju, si približno ustrezajo. Razmerja, podana z odstotno vsebnostjo ogljika so:

	po kemičnih analizah (a)	po odboju svetlobe (b)	$\frac{b}{a}$
Sečovlje	70,5	75,8	1,075
Raša	77,0	80,25	1,042
Vremski Britof	81,9	87,6	1,07

Za doseženo zrelost nekega premoga so poleg začetnih biokemičnih procesov merodajni še metamorfni vplivi. Dinamični vplivi, to je pritisk in torna toplota, imajo le majhno vlogo pri metamorfozi. Odločujoč pomen gre geotermičnim vplivom zaradi povišane temperature pri pogreznjenju v določeno globino (Teichmüller, 1954, Francis, 1954).

Debeline nekdanjih pokrovov nad obravnavanimi premogišči ne poznamo. Moremo jih približno oceniti. Debelina plasti pod flišem je za Vremski Britof okrog 900 m, za Labin (Rašo) 500 m, za Sečovlje 170 m. Debelina fliša v labinskem bazenu je po Šikiću (1953) največ okrog 500 m. V tržaško-koprski kadunji predpostavljamo najmanj 800 m fliša. Ako dodamo zaradi erozije vsaj še kakšnih 200 m, moremo povprečno računati z najmanj 1000 metrov debelo plastjo flišnih sedimentov.

Debeline odloženih plasti nad premogovimi sloji ter pripadajoče temperature pri normalni geotermični stopnji 33 m/1° bi bile potemtakem:

Vremski Britof	1900 m	58°
Raša	1500 m	45°
Sečovlje	1170 m	35°

Ako vzporejamo te vrednosti s podatki, ki jih diagramsko podaja Francis (1953, 1954) za določene zrelostne stopnje, vidimo, da bi morali imeti normalni premogi pri navedenih geotermičnih pogojih znatno višje vsebnosti ogljika kot jih obravnavani trije anomalni premogi dejansko imajo. Vsebnosti ogljika iz Francisovega diagrama se dobro ujemajo z vsebnostmi, določenimi po moči odboja svetlobe glede na normalne premoge. Iz tega sledi, da bi za zrelostno stopnjo, ki jo kažejo po vsebnosti ogljika in tudi moči odboja vsi trije premogi, zadoščal že sam normalen geotermični metamorfni vpliv. Biokemični faktorji v začetni fazi zorenja so bili potemtakem brez posebnega vpliva na doseženi zrelostni stadij. Vpliv intenzivnega bakterijskega razkroja utegne biti bolj kvalitativen glede smeri poteka reakcij pri izpreminjanju organske substance.

Presoja drugih metamorfnih faktorjev je težavna. Vlogo dinamičnih vplivov metamorfoze izključujem, enako tudi morebitni pomembnejši vpliv katalitskega učinkovanja težkih metalov (Mackowsky, 1954) ali vpliv radioaktivnega izžarevanja (Teichmüller, 1954). Le-to bi moglo imeti določeno vlogo pri nastanku bitumenskih komponent v premogu. Znano je namreč, da se pri obsevanju z alfa žarki maščobne kisline in njihove soli dekarboksilirajo (Seyer, 1952).

Tudi presoja geotermične metamorfoze kaže na višjo zrelost premoga kot pa jo podaja vsebnost analitsko določenega ogljika. Pri tem predpostavljam zadostno točnost geotermičnih in Francisovih podatkov. Vsebnost ogljika v premogih z anomalno visokim žveplom ni merilo zrelostnega stadija v istem smislu kot to velja za »normalne« premoge. Premoge z neenakim kemičnim sestavom je primerneje med seboj primerjati po moči odboja svetlobe.

V. ZAKLJUČEK

Pri premogiščih v Istri se nekdanji kras odraža v razgibani morfologiji podlage terciarnih plasti. V globelih in kotanjah je najprej in v največji meri prišlo do nastanka premoga. Odvisnost položaja premogovih slojev od oblike podlage je značilna; premogišča pripadajo tipu talnih slojev. Naslednja značilnost je udeležba boksita na skrašeni podlagi ter med anorganskimi primesmi premoga. Novo nastali sedimenti kot prikamenine premoga so izključno apnenci, ki so kemične, biokemične pa tudi drobno klastične psamitske usedline.

Premog je nastajal v globlji, mirni stoječi vodi v izključno anaerobnem alkalnem okolju, ki je bilo pretežno sladkovodno pa tudi morsko. Dejavnost bakterij je neposreden vzrok obilici žvepla v premogih pa tudi

v boksitu. Proces zorenja ni potekal samo v smeri karbonifikacije pač pa tudi v smeri nastanka bitumenskih substanc. Pri istih pogojih metamorfoze je mogel biti zato merodajen le izhodni organski material, oziroma biokemični stadij diagenese. Premog pripada humulitno-sapropelitnemu tipu. Bitumenski različek v premogu smatramo kot novo maceralijo, ki je značilna za navedene pogoje nastanka.

Nasprotno v vremskem območju, oziroma v severnem produktivnem pasu, ni bilo krasa med nastajanjem premogišča, ki zato pripada tipu konkordantnih premogovih slojev. Tudi tu je prikamenina izključno apnena, pretežno organogena fitogena. Boksitov ni, tudi bitumenskih komponent ne. Dejavnost bakterij se kaže v visoki vsebnosti organskega žvepla. Sklepamo, da je bilo v primeri s Sečovljami okolje bolj razgibano ter manj anaerobno.

Recentni kras z erozijsko-korozijsko podzemno dejavnostjo je za opredelitev premogišč brez pomena. Pojavi so odvisni le od slučajnega položaja premogišč nad erozijsko bazo. V Vremskem Britofu so številni, v Sečovljah jih ne opazimo.

Med Sečovljami in Rašo na eni ter Vremskim Britofom na drugi strani so torej v nastanku pomembne razlike. Premogišči Sečovlje in Rašo moremo po zgoraj navedenih morfoloških in genetskih potezah opredeliti kot poseben kraški tip premogišč. Vremski Britof in ostala nahajališča premoga v severnem pasu ne spadajo med premogišča kraškega tipa.

Vprašanje kemijske strukture premogov z visoko vsebnostjo organsko vezanega žvepla in s tem v zvezi ostalih fizikalnih karakteristik še niso rešena. Vsebina ogljika v takšnih premogih ni merilo zrelostnega stadija v primerjavi z »normalnimi« premogi. Možnost primerjave pa daje moč odboja svetlobe na vitrinitu.

Nadaljnje preiskave analognih premogišč sredozemsko-podonavskega pasu morejo dosedanje predpostavke in ugotovitve še dopolniti.

ON THE CONDITIONS OF ORIGIN OF THE COAL BEDS IN THE KARST REGION

Among the numerous coal beds of north-western Yugoslavia there are some in Slovene coastland and Istria. The beds belong to the youngest Mesozoicum and to the oldest Tertiary. Stratigraphically, the region is one of the most important in Europe, especially in connection with morphological and hydrological peculiarities of karst phenomenon. Comparing with other coals those show some differences.

I intend to treat first of all the coal beds of Vremski Britof (called also Timav) and those of Sečovlje in the Slovene coastland, as well as those of Raša in Istria. The work was done in 1955/56.

Stache was the most prominent geologist of those working in the past century in Istria and Slovene coastland. His investigations were the basis for all works later on. He excepted the beds between the Cretaceous

and Eocene as a special formation, called first the Kozina beds, later on Liburnian stage or Protocen. Stache divided the Liburnian beds in three parts: the Lower Foraminifera limestone, the medium Kozina beds, and the Upper Foraminifera limestone. He was fond of the idea, the Lower Foraminifera limestone belongs to the Danian and the Kozina beds should give the start of the Tertiary.

The Italian geologists did not agree with Stache's division of the beds. They have combined all sediments between the white Cretaceous limestone and the marine beds of Eocene into Spilecciano beds, which contain the interval between the Danian and the lower Lutetian.

Some of our geologists thought in the last time, the Liburnian stage should belong completely to Paleocene. Generally the conditions were not clear, as in the Slovene coastland the transition of the Cretaceous sedimentation in that of the Tertiary one is gradual, meanwhile in the Istria both formations are separated by more or less characteristic unconformity.

The upmost part of the Eocene is flysch. This youngest sedimentary unit comformably overlays the older beds and is some hundred metres thick. Some geologists consider the flysch sedimentation extended into Oligocene.

In Istria the bauxite deposits are connected with the previous erosional surface of the Upper Cretaceous limestone and have been formed due to regression at the end of this age. Terra rossa is formed still today. The process started in Miocene and culminated in the glacial epochs.

Tectonically Istria and Slovene coastland belong to the Dinaric region with the characteristic orographic direction. The area is built up of three great anticlines and synclines.

The main tectonic activity took place in the posteoocene time, some folding took place before the Eocene marine transgression. Epirogenetic movements arised in Neogene.

The limestone region is typical karst. The karstifying started with the neogenic emersion. The karstified area extends on some places pretty deeply below the present sea level.

The coal area is divided into two parts. In the northern one between Trst and Pivka, the coal seams are included in the transitional limestone beds between Cretaceous and Tertiary. The only active colliery is that of Vremski Britof. In the southern one between Sečovlje and Raša, the coal seams are intercalated in the lowest beds of the transgressive Tertiary. Only two mines are working here: that of Sečovlje and the Raša one.

I have searched the coal beds of Vremski Britof on the surface as well as underground, employing the boreholes too. There are 14 boreholes in addition of which three new ones have been drilled during 1955. The beds including the coal are exclusively limestone beds. The marine neritic and littoral sedimentation of Upper Cretaceous passed gradually over into brackish lagunal and fresh water one with shortly lasting intermediate marine influences. They returned by brackish phase back into

the marine one of the Tertiary. The boundary between the Cretaceous and the Tertiary is an explicit marine horizon, about 10 m thick. It includes besides of marine snails and Foraminifera some rare small autochthonic Rudists, not appearing any more in upper beds.

The coal in form of variable seams is allied with the fresh water horizons. They are five of them. The lower three ones are in the Cretaceous part of beds below the marine horizon, the upper two ones in the Paleogene part of them. The lowest two are mineable, representing lenticular seams of coal the thickness of which is 0,2–1,5 m. Limestones contain fresh water fauna and are locally extraordinarily rich with Characea flora.

In the limestone beds there are numerous karst caves tightly filled up by loam, sand and cave breccia. The coal seams have been often eroded.

According to the faunistic as well as petrographic characteristics of the sediments the uplift in the time between Cretaceous and Tertiary graded into extensive shallowing of the sea, alternating with the limnic conditions in which the coal beds have been formed. At the time of the marine influences the coal forming receded, but it was renewed in the next limnic phase. The coal seams have a form of large lenses in limestone. Their forming was thus locally given by favorable conditions, which for the time allowed the prevailing of the organic phitogenic sedimentation over the anorganic one. As the coal is very intimately connected with the fine-grained microcrystalline limestone, we can conclude the coal has been formed in fairly deep water. The main part of the initial coal material should belong to the lower organized water plant, first of all to Characeas, and similar ones.

In the northern area the transition beds between the Mesozoic and the Tertiary form a special unit due to their development. We could retain for them the Stache's nomination of the Liburnian beds. They have to be divided stratigraphically into Danian and Paleogenic part. The dark limestones with coal which repeat to occur in the intermediate beds, we can call the Kozina beds, the expression being used only as the facial one but not as stratigraphic one.

The coal field of Sečovlje forms a local basin in the northwestern part of the Trst–Koper Paleogene syncline. The coalbearing beds are outcropping in small patches only, the main part of them being covered by the Dragonja river alluvion. On the surface the flysch sediments prevail. Thus, the geologic features in the mine were the object of detailed examination. The data of some 145 boreholes were of great use. The last two of them have been drilled in 1955 near to Izola.

The following beds form the Tertiary series; the sandstone and marl of flysch grade into glauconite limestone and Foraminifera limestone downwards. According to the prevailing Foraminifera we can distinguish Nummulite, Alveolina and Miliolida limestones. The lowest part of the beds has been formed in fresh water. The thickness of this horizon, containing coal seams, amounts only some metres. The Miliolida-alveolina

horizon is 10 to 25 m thick, the Nummulite one 80 to 100 m in the area examined.

The first coal seam in an average thickness of about 0,7 m lies directly on the calcareous Upper Cretaceous erosional surface. The following coal seams are thinner. There are at most 20 of them, but regularly only about 7 of them can be found. The thickness of the seams as well as that of the intercalations is varying in great extent, therefore the parts of the coal beds mineable are distributed very irregularly. The greater part of the coal is accumulated in the hollows of the footwall, where the number and the thickness of the seams is greater.

The tectonic in the Sečovlje mine is moderate. There are many small vertical faults. A moderate overthrust of the Tertiary beds on the Cretaceous ones could be stated, being caused of the bending of the syncline. Because of the displacement the coal beds are deformed and the tectonic breccias have been formed.

The coal beds contain some fossil flora (determined by N. Pantić, Belgrade), belonging to the typical tropic Paleogene flora of the Poltava type. The absence of the Conifera of the *Sequoia* genus is significant, as they are very frequent in similar floras. As well significant is the complete absence of the Characea. Fossil fauna is pretty frequent. As it can indicate the facies only, it was determined by genera only. The fauna is composed of fresh water and marine forms. This is a new important moment in the knowledge of the Paleogene of north-western Istria.

There is a relation between the facies of the coal beds and the Cretaceous footwall morphology as well as the number of the coal seams and the thickness of them. The fresh water facies in the lowest part of the Tertiary beds is limited mainly in the hollows on the uneven erosional surface. Principally the marine facies is developed upwards, but locally both are interchanged also. The coal is bound on both of them, the thicker coal seams finding place in the fresh water facies. With prevailing marine influence their number and the thickness are decreasing.

The coal seams occur in limestone. There are fine-grained limestones, but locally even sandy limestones and calcareous sandstones. The first ones correspond with the fresh water facies, the grained ones with the brackish-marine facies prevailingly. Fine-grained limestones are very frequent globular textured. They should be formed due to the sedimentation of the limestone out of the saturated solutions. The grainy limestones should be of chemical origin as well as of biochemical one with local participation of exclusively calcareous psammitic constituents. Fine-grained limestones prove the calm phase of anorganic sedimentation, being interrupted from time to time by the deposition of the initial coal substance. That happened in the time of the shallow phases, as there are some incharacteristic breccias immediately beneath the coal itself. At the end of organic deposition fine sand has been transported sometimes. We find it as calcareous sandstone in the hanging wall of some beds.

Sapropelic limestones occur locally besides of coal itself. Soft yellowish organic substance as well as dark brown asphaltheous one can be observed in the limestones sometimes. Beneath the flysch cover in the borehole II/55 the fine fractures have been filled in a distance of 100 m with black asphalt as far as the coal. That is a proof of migration of bituminous substance out of matrix coal rock.

Sapropelic and asphaltheous substances show, that in the lowest part of the Paleogene beds there were not only conditions leading to the forming of coal but also the conditions leading to the origin of bituminous hydrocarbons. The effect of these processes is reflected also in the composition of the coal.

The bauxite is the first transgression sediment over the Cretaceous basis and grades on some places continuously into the coal. It is of grey colour and has an öoid texture. Boehmite is the prevailing mineral. Bauxite contains plenty of very fine-grained iron sulphide, the greater part of it being distributed into the öoids in the form of concentric rings. It belongs to melnicovite and pyrite, formed epigenetically out of the first one. The öoids without core have been formed by concentration out of the hydrosols in the early epigenetic phase, together with iron sulphide. The great quantities of sulphide in the bauxite as well as in the coal we could explain through the forming of sulphur hydrogen as being the consequence of bacterial activity. The environments were thus anaerobic and alcalic as proved by the presence of melnicovite and epigenetic pyrite.

The coal beds in the rest of Istria are not very frequent except the Raša coal district. The outcrop-conditions are almost the same as in Sečovelje. The fresh water facies with some thinn coal intercalations is pretty fastly replaced by a brackish and marine sedimentation. The boreholes have not given favorable results on some places. Some lenslike coal seams exist near to Pazin, Karojba and Kaldir, but perhaps without any economic value.

We tried to establish the stratigraphic position of the coal beds by means of the thickness of the sediments beneath the flysch in the Sečovelje area. Comparing this area with that of Vremški Britof, where the sedimentation was continuous, we conclude the subsidence of the north-western part of Istria started on the passage between Paleocene and Eocene or even in the Eocene itself. That agrees quite well with the statements of authors given up to date.

To establish the genetic conditions the coals have been examined microscopically in details. The Leitz KPM microscope and six-spindle intergrating stage were used. It was introduced a new graphical way of the illustration of the facies relation to the petrographic composition of the coal seam. The bed profile in form of a curve should give at the same time the changes of conditions of the origin of the seam depending on environments. The basis of the diagram is the detailed microscopic examination of the entire seam. According to data of various coal petrologists we can distinguish clearly aerobic fusitic — sclerotinitic and

anaerobic vitrinitic-micrinitic facies for the time being. On one side of the diagram are given the aerobic conditions, on the other side the anaerobic ones. At the same time is given the transition from the continental facies to the subaquatic one, respectively the transition of the autochthonous type of sedimentation into the allochthonous one (Fig. 10).

The bright coal is prevailing in the feebly banded coal of the Sečovlje mine. It is hard and compact, black with the dark brown streak and irregular fracture. Petrographically it consists of clarite, vitrite, duroclarite and fusite. The clarite is the prevailing component, the last two components being very insignificant. The fine carbonate and sulphide intergrowths are very frequent. In the lowest seam the bauxite component is important too. There is no micrinite in the Sečovlje coal. Fusinite and semifusinite are occurring in traces only, forming thin lenses of fusite.

Exinite is represented almost entirely by a grey-brown formless component with brownish-yellow inner reflections, which is soft and reliefless. It is accumulated on some places, forming thus the basis in which the fragments of vitrinite are included. The texture of such specimens is a proof of the previous plastic state of the substance. The component is solved in the benzol-alcohol solution (1:1). It is a primary component, but we can find it on secondary places too. It is an essential component of the coal, but it does not belong to any maceral defined up to date. Therefore we have to treat it as a new maceral of exinite, which we call bituminite for the time. It has to be ranged besides of sporinite, alginite, cutinite and resinite. According to Potonié's classification of bitumens the component belongs to the stable metabitumens.

The maceral might be bound on a special initial organic material or it is produced by special diagenetic processes in the coal swamp. The change of organic substance is not given as the coalification only, but as bitumenisation process also, which gives the substances belonging to the bituminous hydrocarbons. We conclude, the component has been formed in an early epigenetic phase, migrating later from the original place in the coal seam into the waste.

There are not yet sufficient data on the disposition of the bituminite in the coal seams. The average amounts to 13%. The bituminite content in the marine environments seems to be a little lower.

The diagrams of numerous coal seams examined show the conditions of anaerobic sedimentation in comparatively deep water. The quite exceptional aerobic inclusions of fusite are allochthonic. The composition and the facies of the coal seams are proving the humulitic-sapropelitic type of the coal field. The sedimentation should take place mainly in free water basins in which the water plants took part mainly, perhaps the albuminous microorganisms and plancton too. The environments were entirely anaerobic and alcalic or at least neutral, giving thus the possibility for the strong bacterial activity, the result of which the great quantities of sulphur must be seen. Lignine and cellulose passed into humic products, fats and albumina as well as perhaps a part of cellulose itself could pass into bituminous products.

The Raša coal district is geologically similar to those of Sečovelje, except its greater dimensions. The lowest coal seam lies directly over the Upper Cretaceous erosional surface. The bright coal prevails. Vitrite and clarite are the petrographic components only. Durite and fusite as well as the intermediate components have not been found. The structure of coal is uniform, sometimes granular or even breccious. Fine disseminations of mineral matter are frequent in the coal. Because of bauxite component the coal of the lowest seam is especially hard. Exinite is represented by pollen, cuticles and bituminite, identical with the maceral of Sečovelje. The bituminite occurs in small quantities only, the lowest seam being richer than the upper seams. The dark asphaltheous inclusions can be found in the limestone sometimes.

The prevailing vitrite with plenty of syngenetic iron sulphide and without any aerobic component are proof of completely anaerobic conditions. The original plastic state of substance is clearly given by the streaky texture of the groundmass, especially in the lowest seam, which together with bituminite and iron sulphide prove the sapropelic conditions in the initial phase of the coal forming. The Raša coal similarly to that of Sečovelje belongs thus to the humic gyttja sediments of calm water. We could explain the high sulphidic and especially organic sulphur content of the coal with the intensive bacterial activity.

The Vremski Britof coal is feebly banded with numerous small lenticular inclusions of fusite. It is black with black streak. The coal is tectonically nearly completely crushed, brittle, sometimes slaty. In the crushed zones even natural coal briquet can be found. Vitrite, vitrinertite and fusite are the petrographic components. The coal is a combination of vitrinite with inert macerals, forming transitions of texturless colinite to typical fusinite. There is also a maceral with properties of massive micrinite. It is always intimately bound with fusinite and semifusinite and therefore doubtlessly formed out of woody substance. The intermediate transitions of macerals speak in favour of intimate genetic connection of macerals fusinite—semifusinite—massive micrinite, being formed most probably under analogic conditions. Among the mineral matter in the coal, syngenetic and epigenetic carbonate prevail, meanwhile the iron sulphide is observed almost exceptionaly.

The examining of a small number of seam profiles (only 4 because of the crushed coal) shows the change of autochthonic vitrinite with hypautochthonic vitrinertite. There are no autochthonic inclusions of aerobic fusinite and semifusinite. Fragmentlike inertinite and the breccious texture of the coal prove the streams in the basin. The coastal part of the swamp, where the aerobic macerals have been formed, was outside of the present coal beds area.

The high organic sulphur content in the Vremski coal we can explain with the bacterial activity in anaerobic conditions and the development of sulphur hydrogen in the coal beds. The low amount of iron sulphide in the coal can be a consequence of the shortage of iron in the basin. The iron content of the ash of the coal is low too. There are also no sapropelic

limestones in the Vremski Britof area. We suppose the unfavorable organic substance and sedimentation conditions in the exclusively fresh water environments could be the reason for that.

The chemical analysis of the Sečovlje and Vremski Britof coal have been made systematically. For the Raša coal the basic data on the chemical composition are found in the references. The very high organic sulphur content is characteristic for all coals. According some investigators the sulphur replaces oxygene in the organic compounds. The low moisture which does not correspond at all with the high volatiles in the Raša and Sečovlje coal could be explained thus by structural chemistry. The volatiles are bound first of all on bituminous components of the coal. The extraction in the benzol-alcohol gives for the Sečovlje coal pretty high percent of extract, fairly corresponding to the quantity of bituminite, established microscopically. Rheologic properties of the Sečovlje coal are generally unfavorable. Swelling index amounts to 3. Dilatation and contraction are low. The coking properties of the Raša coal are very unstable due to unclear yet reasons. We suppose, the rheologic properties are influenced by the anorganic components. The swelling index of the Vreme coal is 7 to $8\frac{1}{2}$, decreasing to 1 with the oxidized coal. The dilatation varies widely. It is high with fresh coal generally, with other coals with the same index are low. The contraction is stable, regardless on index and dilatation.

The Sečovlje coal distilled in the Fischer's retort gives 18,4 % of tar, the Vreme one approximately 8 %. The Raša coal gives much tar also.

We examined the chemical composition of the ash also. Bauxitic mineral matter is the most important component in the lowest coal seam in Sečovlje as well as in Raša. Therefore we find the enrichment of silica, alumina, ferrous and titanium oxides in the ash of these seams. In the coals we have established also the presence of some trace elements and determined the enrichment factor for comparing with the recent plante. In comparing the contents of rare metals with facies, the analysis of light fractions indicates that some metals are more abundant in the limnic facies than in the brackish-marine one.

The classification of the coals as well as their comparing with the »normal« coals is difficult because of the high organic sulphur content. Some examiners state, the sulphur is replacing the oxygene in structure of the aromatic rings. By the ultimate analysis it is possible to classify the coals pretty fairly, if we replace the total oxygene amount with the sum of oxygene and sulphur. According to the Francis's rational classification chart the Raša and the Sečovlje coals belong still to the lignitous coals with a little higher content of bituminous components. The Vreme coal belongs to the less carbonified bituminous coal with increased quantity of inert components. The CODE classification system is less reliable.

The examinations of polished surfaces of coals by reflected light with a Berek photometer, using an oil immersion lens and measuring quantitatively the degree of reflectivity on vitrite, give the values corresponding

with the "normal" coals much higher in the rank. We conclude the coals with abnormally high content of organic sulphur have thus higher reflectance than the "normal" coals with the same carbon content. The degree of reflectivity shows an increased rank of these coals, than it should be according to the carbon content.

In estimating the metamorphic factors we take in account the geothermic influence. The thickness of the hangingwall cover of the coal beds disputed we estimate approximately only.

Comparing the depth values got in such a way with the data given by Francis and others, we conclude that the carbon content and the rank of the "normal" coals should be much higher in the conditions given. The values correspond fairly with the carbon contents according to the reflectance measurements. Thus, as regards the evaluation of the rank of the coals with abnormal high organic sulphur content we think, we can classify them on the basis of degree of reflectivity.

Resuming the genetic characteristics of the coal beds treated, and their dependence on former and recent karst phenomena we state, there are some differences between the Sečovlje and Raša coals on one side, and the Vremski Britof coal on the other side. The Sečovlje and the Raša coal beds we could classify as a special karst type of coal beds. The characteristics for it are the unconformous position of the coal seams on the calcareous surface strongly developed by erosion, the bauxitic mineral matter in the coals, the high organic and pyritic sulphur content, the bituminous components in the composition of the humulitic-sapropelitic coal, anaerobic and alcalic environments, and the fresh water conditions partly changed by the brackish-marine ones. According to this definition the Vremski Britof coal beds as well as the rest of the coal beds in the northern belt should not be classified as the karst coal beds.

Recent karst phenomena represented by the subterraneous erosion of limestone as well as of the coal is not important for the classification of the coal beds.

LITERATURA

- Abramski, C., 1951, Verkokungsversuche mit jugoslawischen Kohlen. Essen. — Poročilo iz arhiva Kem. inst. SAZU v Ljubljani.
- Anić, P., Jovanović, D., Šikić, D., 1952, Geološko istraživanje srednje i istočne Istre. Poročilo. — Arhiv Geol. zav. v Ljubljani.
- Baier, C. R., 1942, Die Mitwirkung der Bakterien bei subaquatischen Eisenerzbildung. — Arh. f. Lagerstätten, H. 75. Berlin.
- Beck, R., 1948, Die Kohlenwerkomen des Kandertals im Berner Oberland. — Inaugural-Dissertation. Bern.
- Cavinato, A., 1947, Bauxiti; geologia e genesi. — Feltre.
- Carozzi, A., 1953, Petrographie des roches sédimentaires. — Lettres de sciences techniques. Lausanne.
- Cayeux, L., 1935, Les roches sédimentaires de France. Roches carbonatées. Paris.
- *Cossmann, M., 1889, Castéropodes. — Ann. géol. univ. — Revue de géol. et paléont. Ann. 1889. Tome VI. Paris.

Cita, M. B., 1953, Studi stratigrafici sul Terziario subalpino lombardo. Milano.

*Dainelli, G., 1919, Fossili eocenici della Croazia costiera. — Atti della Soc. Toscana di Scien. Nat. Mem. 32., 1—57, Tab. 1—4. Pisa.

D'Ambrosi, C., 1926, Rapporti fra morfologia e trasgressioni nel Cretaceo e nel Terziario dell'Istria. — Atti dell'Acc. Veneto-Triestina-Istria. Vol. XVI. Padova.

D'Ambrosi, C., 1931, Note illustrative della carta geologica delle tre Venezie. Foglio Pisino. — Padova.

D'Ambrosi, C., 1940, Sacche di bauxite deformate da spinte orogene-tiche presso Buie d'Istria. — Boll. della Soc. Geol. Italiana. Vol. LIX. Roma.

D'Ambrosi, C., 1940, Sull'età e sul significato geologico dei calcari brecciati di Orsera in Istria e delle loro bauxiti. — Boll. della Soc. Geol. Italiana. Vol. LIX, Fasc. 1. Roma.

D'Ambrosi, C., 1941, Cenni geologici sull'Istria nordoccidentale con particolare riguardo alla scoperta di nuovi affioramenti Eocenici. — Boll. della Soc. Geol. Italiana. Fasc. 2—3. Roma.

D'Ambrosi, C., 1942, Uno sguardo al carsicismo senoniano in Istria. — Atti del Reale Ist. Veneto di sc., lett. ed a. Tomo CI, F. II. Venezia.

D'Ambrosi, C., 1953—54, Nuovi ragguagli in merito alla stratigrafia del Cretaceo istriano con particolare riguardo all'età, genesi e giacitura delle bauxiti di Orsera in risposta al de Weisse. Boll. della Soc. Adr. di Sc. nat. Vol. LXVII. Trieste.

Ertle, H. J., 1954, Heutige Erkenntnisse über die Genesis von Steinkohlen und Gefügestandteilen der Steinkohle. — Erdöl u. Kohle, H. 12. Hannover.

Francis, W., 1953, Ein rationale wissenschaftliche Klassifikation der Kohle. — Brennstoff-Chemie, Nr. 21/22. Bd. 34. Essen.

Francis, W., 1954, Coal: its formation and composition. — London.

*Frauscher, K. F., 1886, Das Untereozän der Nordalpen und seine Fauna. I. Th. Lamellibranchiata. — Denkschr. d. Mat. Nat. Cl. d. k. Ak. d. Wiss. Wien.

Freund, H., 1952, Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Bd. II. T. 1. Mikroskopie der Steinkohle, des Koks und der Braunkohle. — Frankfurt a. M.

*Fuchs, Th., 1870, Beitrag zur Kenntnis der Conchylienfauna des vicen-tinischen Tertiärgebirges. I. Abt., Schichten von Gomberto, Laverda und San-gonino. Wien.

Gignoux, M., 1950, Géologie stratigraphique. IV. Paris.

Glaessner, M. F., Principles of micropaleontology. Melbourne.

Hamrla, M., 1955, Petrografski sestav nekaterih vzorcev raškega pre-moga z neenako koksavostjo. — Geologija, razprave in poročila. 3. knjiga. Ljubljana.

Haug, E., 1920, Trité de géologie. II. Les périodes géologiques. Paris.

Herzog, E., 1931, O mogućnosti eksploatacije zone Britof (Istra). — Arhiv Geol. zav. v Ljubljani.

Herzog, E., 1932, O geološko-tektonskem snimanju zone Karojba. Po-ročilo. — Arhiv Geol. zav. v Ljubljani.

Huntjens, F. J., van Krevelen, D. W., 1954, The Reflectance of Coal. — Proceeding of the International Comitee for coal petrology. No. 1. Maastricht.

Jenčič, S., 1954, O bitumenu iz jame Pičan. — Vestnik Slov. kem. dru-štva. Zv. I, št. 2. Ljubljana.

Karmasin, v. K., 1952, Deutung von Fazieswechsel in den Flözen Erda und Ägir auf Grund mikropetrographischer Schlitzprobenuntersuchungen. — Bergbauarchiv, 13, Nr. 1.

Kavčič, R., 1956, Narava organskega žvepla v raškem premogu. — Di-sertacija. Ljubljana.

Kreulen, D. J., 1952, Sulphur Coal of Istria. — Fuel, Vol. XXI, No. 4. London.

Lavrenčič, B., 1956, Prispevek k reologiji posameznih premogov in njihovih mešanic v temperaturnem intervalu plastičnega stanja. — Disertacija. Ljubljana.

Mackowsky, M. Th., 1943, Mikroskopische Untersuchungen über die anorganische Bestandteile in der Kohle und ihre Bedeutung für Kohlenaufbereitung und Kohlenveredlung. — Feuerungstechnik, 31. Jhg., H. 9/11. Berlin.

Mackowsky, M. Th., 1948, Mineralogische Probleme in der Kohlenpetrographie. — Glückauf, H. 9/10. Essen.

Mackowsky, M. Th., 1951, Inkohlung und Chemie der Kohle. — Glückauf, H. 23/24. Essen.

Mackowsky, M. Th., 1953, Fortschritte und neuere Erkenntnisse auf dem Gebiete der Kohlenpetrographie; Bericht über die I. Sitzung des Int. Kom. f. Kohlenpetrologie in Gellen, 8.—11. VI. 1953. — Glückauf, 39/40. Essen.

Mackowsky, M. Th., 1949, Neuere Anschauungen über den Inkohlungsvorgang. — Fortschritte der Min. H. 1.

Mackowsky, M. Th., 1953, Probleme der Inkohlung. — Brennstoff-Chemie, Nr. 11/12. Essen.

Mackowsky, M. Th., 1955, Der Sedimentationsrhythmus der Kohlenflütze. — Neues Jb. f. Geol. u. Paläont., H. 10. Stuttgart.

Melik, A., 1935, Slovenija. Geografski opis. — Ljubljana.

Niggli, P., 1952, Gesteine und Minerallagerstätten. II. Bd. Exogene Gesteine und Minerallagerstätten. Basel.

*Oppenheim, P., 1896, Die Eocenfauna des Monte Portale bei Bolca im Veronesischen. — Palaeontographica, B. XLIII. Stuttgart.

*Oppenheim, P., 1901, Über einige alttertiäre Faunen der Österr.-ungar. Monarchie. — Beitr. zur Pal. Österr. Ung. und des Orients. XIII. Wien, Leipzig.

Otte, M. H., 1953, Spurenelemente in einigen deutschen Steinkohlen. Chemie der Erde, 16. Bd. Jena.

Petraschek, W., 1926/27, Kohlengeologie der Österreichischen Teilstaaten. Katowice.

Potonié, R., 1951, Petrographische Klassifikation der Bitumina. Geol. Jb. Bd. 65. Hannover.

Rakovec, I., 1949, Naši kraji v paleocenski in eocenski dobi. Proteus, št. 10.

Ruttner, F., 1942, Eisenlösung und Eisenfällung in Binnengewässern. Arch. f. Lagerstättenforschung. H. 75. Berlin.

Sacco, F., 1924, L'Istria. Cenni geologici generali. R. Uff. Geol. Roma. Memorie descr. d. Carta Geol. d'Istria. Vol. XIX. Mondovi.

Sahama, Th., Rankama, K., 1950, Geochemistry. Chicago and Helsinki.

Salopek, M., 1954, Prilozi poznavanju geološke gradje labinskog i pičanskog bazena Istre. Prirodoslovna istraživanja. Knj. 26. Zagreb.

Salopek, M., 1954, Osnovne crte geologije Čičarije i Učke. Prirodoslovna istraživanja. Knj. 26. Zagreb.

*Sandberger, F., 1870-75, Die Land- und Süßwasserconchylien der Vorwelt. Wiesbaden.

Schwarzbach, M., Teichmüller, M., Thomson, P., 1952, Zur Geologie der tertiären Kohlen Sardiniens. Neues Jb. Geol. Paläont., Mh. 3. Stuttgart.

Seyer, W. F., 1952, The origin and transformation of bituminous material in coal. 2. Conf. on the origin and constitution of coal. Nova Scotia Dep. of Mines. Crystal Clyffs.

Spoljarič, A., 1890—1904, Beschreibung des Kohlenvorkommens am Karste in Britof-Urem und Skoflje und der bergmännischen Arbeiten in diesen Revieren. Rokopis. Arh. Geol. zavoda v Ljubljani.

Stache, G., 1859, Die Eozengebiete in Innerkrain und Istrien. Jb. d. geol. R. A. Bd. X. Wien.

Stache, G., 1864, Die Eozangebiete in Innerkrain und Istrien. Jb. d. geol. R. A. Bd. XIV. Wien.

Stache, G., 1871, Planorbis-Straten und Congerien-Bänke in den Cosina Schichten Istriens. Verh. d. k. k. Geol. R. A. Wien.

Stache, G., 1872, Über neue Characeenreste aus der oberen Abteilung der liburnischen Stufe bei Pisino in Istrien. Verh. d. k. k. Geol. R. A. No. 1. Wien.

Stache, G., 1872, Geologische Reisenotizen aus Istria. Verh. d. k. k. Geol. R. A. Wien.

*Stache, G., 1873, Neue Petrefactenfunde in Istrien. Verh. d. k. k. R. A. Wien.

*Stache, G., 1889, Die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte. Abh. d. geol. R. A. XIII. Wien.

Stache, G., 1891, Geologische Verhältnisse und Karte der Umgebung von Triest. Verh. d. k. k. Geol. R. A. Wien.

Szadeczky-Kardoss, E., 1956, On the determination of swamp zones in coal deposits. Acta geologica Acad. scien. hung. Tom. IV. Fasc. 2. Budapest.

Šikič, D., 1952, Geološko kartiranje područja Vodice—Dana—Movraža i Sočerga. Poročilo. Arhiv Geol. zavoda v Ljubljani.

Šikič, D., 1951-53, O mogućnosti nalaska novih produktivnih ugljunosnih naslaga u pazinskom bazenu Istre. Geol. vjesnik V-VII. Zagreb.

*Tausch, O., 1886, Über die Fauna der nicht marinen Ablagerungen der oberen Kreide des Czipingerthales bei Ajka in Bakony und über einige Conchylien der Gosaumergel von Aigen bei Salzburg. Abh. d. k. k. Geol. R. A. Bd. XII. Wien.

Teichmüller, M., 1950, Zum petrographischen Aufbau und Werdegang der Weichbraunkohle (mit Berücksichtigung genetischer Fragen der Steinkohlen-petrographie). Geol. Jb. 64. Hannover/Celle.

Teichmüller, R. in M., 1954, Die stoffliche und strukturelle Metamorphose der Kohle. Geol. Rundschau, H. 2. Stuttgart.

Teichmüller, M., 1955, Anzeichen mariner Beeinflussung bei der Kohle aus Flöz Katharina der Zeche Friedrich Heinrich. Neues Jb. Geol. Paläont., Mh., 4/5, Stuttgart.

Van Krevelen, D. W., 1956, Die Steinkohlenstruktur als Forschungsgebiet. Predavanje na Kem. inst. SAZU v Ljubljani. 14. 5. 1956.

Waagen, L., 1906, Die Virgation der istrischen Falten. Sitzungsber. d. mat. nat. Kl. Akad. Wiss. Bd. CXV. I. Wien.