

UDK 553.96:551.782.791:551.24(497.12)=863

Premogova plast Rudnika lignita Velenje

Coal seam of the Velenje coal mine

Aleksander Brezigar

Geološki zavod Ljubljana, Parmova 37, 61000 Ljubljana

Kratka vsebina

Članek opisuje lego in obliko premogove plasti Rudnika lignita Velenje (Slovenija, Jugoslavija). Premogišče so pričeli raziskovati že pred več kot sto leti. Lignit je pliocenske starosti. Njegova plast ima v vseh smereh obliko sinklinale, pri čemer je njen južnovzhodni del tektonsko poškodovan. Proti robovom se tanjša in izklinja, proti severozahodu pa se razveja v množico tankih jezikov. Podlago velenjske udorine gradijo triasne, oligomiocenske in miocenske plasti. Udorino zapolnjujejo spodaj klastične usedline, ki navzgor prehajajo iz glinastih in premogovo glinastih plasti v en do 165,8 m debel premogov sloj. V krovlini premoga leži klastična jezerska skladovnica, ki se pri vrhu zaključuje s terestričnimi villafranckijskimi usedlinami.

Abstract

The article deals with the position and the shape of the coal-bearing area, exploited by the Velenje coal mine (Slovenia, Yugoslavia). First investigations of the coal field started for more than 100 years ago. The Pliocene and Pleistocene coal measure sequence contains a thick seam of low-rank coal (lignite) of Pliocene age. The coal seam is basin-shaped in all directions. Its south-eastern limb is tectonically strongly affected. Towards the flanks of the basin the coal seam becomes thinner and marginally peters out, except at its northwestern border where it splits into a number of thin seams. The base of the depression is built up by the Triassic, Oligo-Miocene and Miocene beds. The overlying Pliocene sediments pass upwards gradually into clayey-coaly beds which go over into one single, up to 165,8 m thick, coal seam. The hanging wall beds are represented by a clastic limnic succession, topped by the terrestrial depositions of Villafranchian.

Pojasnilo: Prispevek »Premogova plast rudnika lignita Velenje« je bil prebran na simpoziju o geologiji Šaleške kotline v Titovem Velenju leta 1983. Izvleček je pod istim naslovom izšel v Geološkem zborniku 3, 1983, Odsek za geologijo, Ljubljana, v celoti pa naj bi izšel v Geološkem zborniku 6. Ker ta zaradi denarnih težav ni izšel, objavljamo celoto šele sedaj. Prispevek podaja stanje raziskav v letu 1983.

Uvod

Premogišče rudnika lignita Velenje leži v Šaleški dolini kakih 80 km severovzhodno od Ljubljane (sl. 1). Glavne geološke razmere so že dolgo znane. Novejše razisave so potekale v letih 1980 do 1982, ko smo posvetili posebno pozornost premogovi plasti. Tedaj smo razjasnili geološke razmere na severozahodni strani, kjer se v premog zajedajo fluvialni nanosi, in v osrednjem severnem delu, kjer se premogova plast razteza daleč na sever. Dobili smo tudi nove pomembne podatke o odnosih premog — podlaga in premog — debelo-zrnati klastiti.

V tem delu opisujemo strukturna dognanja o premogovi plasti, njeno lego v Šaleški dolini ter v premogonosni pliopleistocenski skladovnici. Podajamo osnovne tehnične lastnosti premoga ter pregled zgodovinskih raziskav. Iskreno se zahvaljujemo Francu Pucu, dipl. inž. rud., ki je v poglavju Osnovne lastnosti premoga dopolnil besedilo o premogovih tehničnih lastnostih.

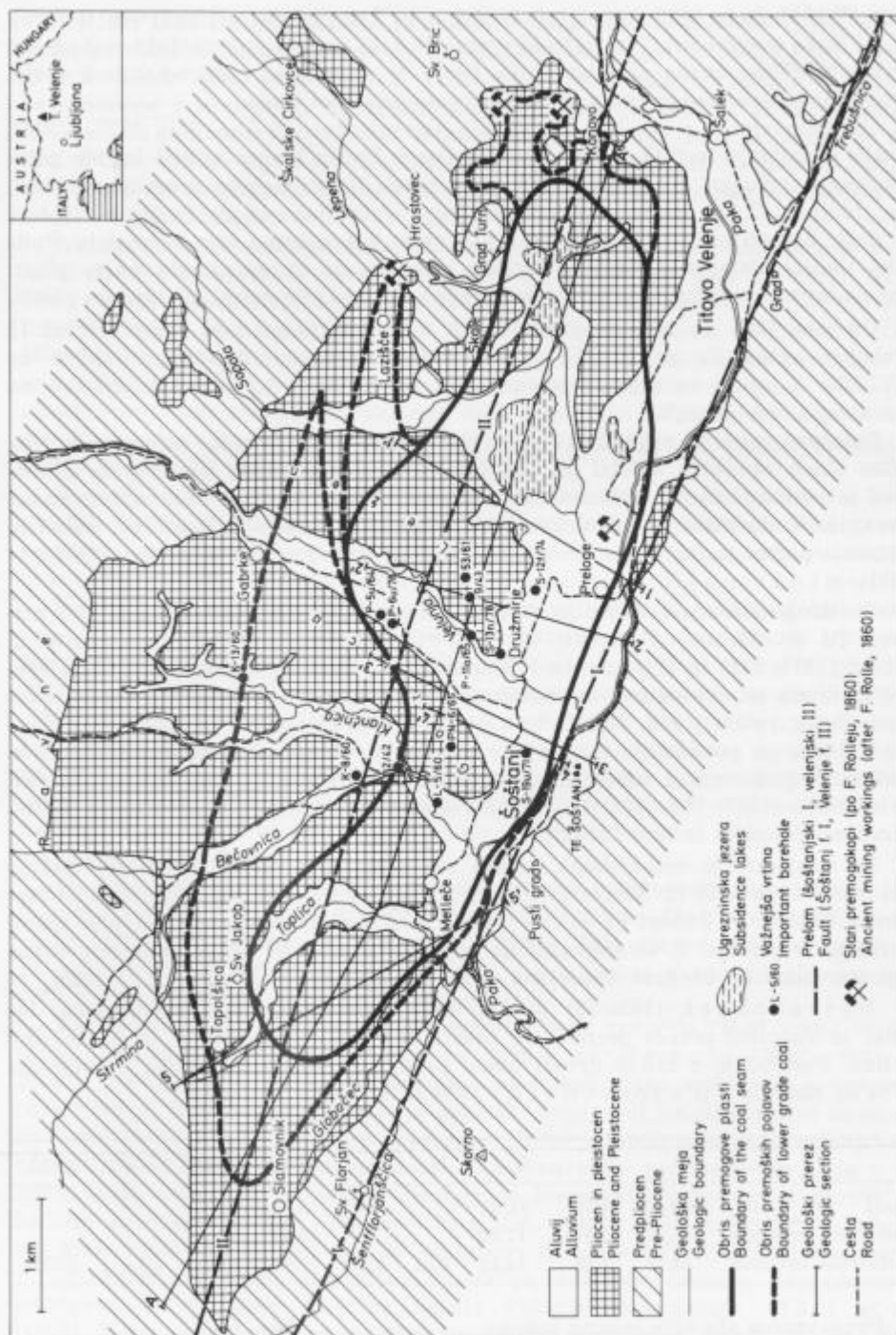
Dosedanje raziskave

Prvo obdobje raziskav je trajalo do leta 1945, drugo pa po letu 1945. O premogu v Šaleški dolini je prvi pisal pater Steiz leta 1766 v poročilu Štajerski kmetijski družbi. Prav tako v obliki poročila je leta 1767 odkritje premoga potrdil upravitelj Rudarskega sodniškega urada v Gradcu Ivan Fuchs, ki je opisal več izdankov skrilavega in tankega sloja v koritih Pake in Lepene ter po njihah (Mali et al., 1975). Na podlagi objavljenih virov (Rolle, 1860, 4) sklepamo, da je o geoloških podatkih in premogu prvi pisal Boué. V razpravi *Aperçu sur la constitution géologique des Provinces Illyriennes, Mémoires de la Soc. géol. de France, II, 1, Paris*, ki je izšla leta 1835 (Stur, 1871, XIII), je Boué omenil šoštanske laporje z lignitom, polži in školjkami.

Prvič so bile podeljene odkopne koncesije leta 1844 za premogokop Pesje, ki je bil predhodnik današnjega rudnika. Lastnik je postala Premogokopna družba na reki Savi pri Zagorju (Mohorič, 1978, 91). Odkopavali so tanek sloj slabe kakovosti, za katerega trdimo, da je bil villafrankijske starosti, torej sloj iz zgornjega dela velenjske premogonosne skladovnice.

Premog kot geološki pojav je opisal tudi Rolle (1857, 448). Piše o lignitnem nahajališču v Šaleški dolini, ki naj bi nastalo v spodnjem terciarju v sladki vodi. V geološkem prerezu (str. 465) prikazuje apno in dolomitno podlago, na kateri ležijo »šoštanski sladkovodni laporji« s premogom. Izredno pomembno delo je Rolle objavil leta 1860. To je v celoti posvečeno geologiji Šaleške doline. Objavil je prvi geološki zemljevid tega področja in na njem označil kraje, kjer so odkopavali lignit (sl. 1). Zelo natančno je opisal sestavo premogonosnih plasti in bližnje okolice. Opisal je premog pri Pesju, pri kmetu Lukežu (današnje Lazišče), severno od Konovega in pri gradu Turn, vendar jih ni ločil po starosti. Danes namreč mislimo, da so izdanki pri Pesju villafrankijske starosti, ostali pa pliocenski, torej iz plasti premoga, ki jo izkoriščajo v sedanjem rudniku. Rolle je paleontološko obdelal fosilne polže in školjke in plasti s premogom uvrstil v najmlajši pliocen. Skladovnico je označil kot »šoštanske lignitne plasti«, premogišče pa »šoštansko lignitno ležišče«.

Z vrtnimi deli so začeli leta 1873. V tem in naslednjem letu so najprej izvrtali štiri vrtine globine 17 do 53 m (vrtine A, B, C in D/874), leta 1875 pa še



Sl. 1. Velenjsko premogišče
 Fig. 1. The Velenje coal basin

peto (E/875). Leta 1875 so izvrtali še dve 4 in 8 m globoki vrtini (I^x in II^x/875), ki pa nista pomembni. Vse našete vrtime so bile zastavljene na južnovzhodnem področju doline okrog premogovnika Pesje. V vrtinah so našli od 0 do 8 m debelo villafranckijsko premogovo plast z jalovinastimi vložki.

Globoko vrtino s 176,3 m so izvrtali jugovzhodno od Škal leta 1875 (I 875). Z njo je tedanji lastnik premogovnika Pesje Franc Mages odkril ležišče pliocenskega premoga. Na globini 101 m je našel 37,6 m debelo premogovo plast, na globini 175,9 m pa so navrtali podlago, sestavljeno iz peščenjakov. S tem so našli bogato nahajališče in leto 1875 velja kot začetno leto delovanja Rudnika lignita Velenje. Pojem »velenjski premog« se danes nanaša na to plast. Vse nadaljnje raziskave so bile namreč posvečene le pliocenski premogovi plasti.

Od leta 1884 do 1889 je novi lastnik rudnika Daniel von Lapp izvrtal 15 globokih vrtin. Te so v arhivih označene z rimskimi številkami II/884 do XVI/889. Z njimi so odkrili vzhodni del velenjskega ležišča, medtem ko na zahodnega niso posegli.

Položaje vrtin je objavil Riedl (1887), dal litološke opise kamnin in geološko skico obrobja. Izdelal je vzdolžni prerez pliocenske premogove plasti, kjer je prikazal njeno enakomerno tonjenje. Predvideval je tudi njeno nadaljevanje. V dodatku je podal rezultate kemijskih analiz in osnovne tehnične lastnosti premoga, ki ga je imenoval lignit in tudi močvirski premog (»Moor-kohle«).

Do druge svetovne vojne je omenilo ali na kratko opisalo premog več piscev. To so Stur, Friese, Teller, Hoernes in Petrascheck. Stur (1871, 611) in Hoernes (1903, 1013) sta premogonosne plasti v Šaleški dolini imela za ekvivalent moosbrunskih plasti pri Dunaju, kar je danes ovrženo (Rakovec, 1968, 27), Friese (1891), Teller (1896 in 1898) in Hoernes (1903) pa povzemajo Riedlove podatke. Predvsem tehnični podatki in podatki o proizvodnji velenjskega rudnika so v zborniku Die Mineralkohlen Österreichs (1903, 132—135) in drugih rudarskih zbornikih, med drugim v Rudarskem zborniku iz leta 1936/37.

Za stratigrafijo velenjskega ležišča sta pomembni najdbi ostankov tapirja *Tapirus hungaricus* H. Meyer (Teller, 1889) in mastodonta *Mastodon arvensis* Croizet et Jobert (Teller, 1891). Na podlagi teh najdb so bile plasti uvrščene v pliocen. S stratigrafskega pogleda je bila do druge svetovne vojne lignitna plast še večkrat omenjena, podatke pa navaja Rakovec (1968).

Petrascheck (1926/29) je dal dokaj pomemben opis premogišča. Izdelal je vzdolžni prerez premogove plasti in pregledno geološko skico Šaleške doline. Poročal je o 115 m debeli plasti premoga. Analizni podatki o premogu v ‰ so naslednji (Petrascheck, 1926/1929, 345):

	C	H	O	N	S	vлага	pepel	koks	kcal
lignit	46,42	4,78	31,52			15,70	1,58		
močvirski premog	44,51	3,51	17,76			25,16	8,96		
močvirski premog	32,71	2,68	14,12	0,51	1,65	40,48	9,50	27,6	2728

Prva vzorca sta bila zračno sušena.

Po letu 1889 so vrtalna dela zastala, le v letu 1917 so naredili nekaj plitvih vrtin pri kmetu Lukežu (Lazišče). Z globokim vrtanjem so nadaljevali v letih 1941 do 1945. Tedaj so izvrtali 21 vrtin na vzhodni polovici ležišča. V arhivih so označene z arabskimi številkami skupaj z letnico vrtanja (1/42 do 21/44). Vrtina 9/43 je dosedaj najgloblja vrtina v Šaleški dolini. Leži približno na sredini doline, vendar kljub 869 m ni prevrtala terciarnih plasti. Na globini 798,1 m so naleteli na peščenjake domnevno miocenske starosti. Dognali so, da pod velenjsko lignitno plastjo ne leži še kakšna debelejša pliocenska premogova plast.

Vrtalna dela so se zelo razmahnila po letu 1945. Po evidencah je bilo v Šaleški dolini od začetkov vrtanja leta 1873 do konca leta 1982 izvrvanih okrog 450 vrtin skupne dolžine okrog 241.400 m, ki so pomembne za strukturno analizo. Večinoma so premog prevrtali, včasih pa so se ustavili v krovtnini. Leta 1920 so uvedli jamsko raziskovalno vrtanje, ki se je razmahnilo predvsem po letu 1960. Z vsemi temi raziskavami so dokončno določili razsežnost velenjske plasti, torej tudi njenega zahodnega dela. Ugotovili so osnovno in podrobno geološko sestavo krovtnine in talnine ter dobili podatke o kamninski podlagi in tektonski zgradbi področja.

Po letu 1945 so zelo razvili tehnične raziskave. Prvi črpalni poizkus v krovtninskih peskih je bil narejen leta 1955 na vrtini 35/55. Z intenzivnimi geomehanskimi raziskavami so pričeli po letu 1965. Na nevarnost vdorov vode iz dolomitne podlage in površinskih jezer je opozoril že Zagoričnik (1955).

Geološke razmere so kmalu začeli preiskovati tudi z geofizikalnimi meritvami. Leta 1959 so z metodo specifičnega električnega upora naredili šest prečnih prereзов preko Šaleške doline. Od tedaj dalje opravljajo na večini globokih vrtin karotažne meritve. O uspešnosti geofizikalnih raziskav poroča Ravnik (1961), ki prilaga tudi litološke stolpce treh vrtin. Na podlagi vrednotenja karotažnih diagramov (lastni potencial, navidezna specifična upornost, geotermične meritve) je krovtninsko skladovnico razdelil v zgornji bolj peščeni in spodnji manj peščeni del. Leta 1976 so izvedli še meritve mikrosezmične refleksije, ki so zajele tektonsko bolj razgibani južni del jame Velenje, to je tako imenovano južno krilo.

Po letu 1945 omenjajo ali na kratko opisujejo velenjsko nahajališče Rakovec (1951), Pleničar (1956), Melik (1957) in Drobne (1967). Šercelj (1968, 379 in 393) in Rakovec (1968, 327) sta po pelodnih analizah in mastodontovih ostankih uvrstila plasti s premogom v zgornji pliocen, najvišji del krovtnine pa v spodnji villafranckij.

Veliko praktično vrednost imajo neobjavljena poročila. Med njimi so posebno pomembna dela Rijavčeve (1951) in Hamrla (1952, 1953 in 1955). Hamrla je opisal premogovno plast kot blago sinklinalo z vzdolžno osjo v smeri WNW—ESE. Izdelal je geološki zemljevid Šaleške doline in okolice v merilu 1 : 10.000 ter mnogo prereзов. Podal je obris celotnega velenjskega nahajališča skupaj z zahodnim delom. Njegova meja premogovega sloja v ležišču velja večinoma še danes. Premog je imenoval »nehomogeni barski ali ksilitni premog«, pa tudi »lignit — če s tem, vsaj v srednji Evropi, označujemo malo zrele mlade premoge, ki vsebujejo različne vključke fosilnega lesa«.

Zgodovino raziskav, lastninska razmerja, odkopne metode, napredovanje odkopavanja in razvoj Rudnika lignita Velenje obravnavajo Mali et al. (1975). V tej publikaciji so ponatisnjene stare karte Rolleja in Riedla

ter situacijski načrt REK Velenje, objavljena sta tudi dva prečna in en vzdolžni, vsi zelo poenostavljeni prerezi nahajališča.

Hribar (1982) je opisal velenjsko širokočelno odkopno metodo in opisal tudi premogovo plast. Poroča, da je bilo v 107 letih izčrpano približno 100 milijonov ton premoga, po sedanjih kriterijih pa imajo še 200 milijonov ton eksploatacijskih rezerv, kar ni dokončno. Maja 1983 je v Velenju potekal simpozij Geologija Šaleške kotline. Tam so paleontološki prispevki ponovno potrdili pliocensko starost premogonosnih plasti, vendar je bila opravljena delna revizija. V zgornji pliocen je bil uvrščen le večji del krovnine, v villafranckij najvišji del krovnine, spodnji del krovnine, premog in talnina pa so bili označeni samo kot pliocenski (Brezigar et al., 1983, 31).

V novejšem času je premogišče na kratko opisano v številnih učbenikih o premogih (Pantić et Nikolić, 1973; Nikolić et Dimitrijević, 1980 in 1981).

V poimenovanju premogišča so dosedaj uporabili imena Šoštanj, Velenje in Šaleška dolina. Primeri: »Kohle des Beckens von Schönstein« (Hoernes, 1903, 1012), »ispitivanja u velenjskom ugljenom basenu« (Ravnik, 1961, 1) ali »Der Lignit des Schallthales« (Riedl, 1887, 141). Po letu 1918 ga večinoma imenujejo po mestu Velenje velenjski premog.

Osnovne lastnosti premoga

Premog je nastal v pliocenskem sladkovodnem močvirju, subtropskem podnebnju, v iglasti floristični fazi, imenovani »*Taxodium* flora« (Serčelj, 1968, 383). Po zrelosti je mlad premog. Nikolić et Dimitrijević (1980, 29) ga imenujeta rjavi premog ali lignit barjanskega tipa. Njegova petrografska sestava je naslednja (Nikolić et Dimitrijević, 1980, 109):

detrit — teksto	tekstit — gelo	fuzit
58,36%	38,42 %	3,22 %

Večinoma ga sestavljajo detrit-teksto, torej negelificirani in stisnjeni rastlinski ostanki brez strukture, manj gelificirano lesno tkivo z dokaj ohranjeno celično strukturo. Ostanek je fuzit.

Premog vsebuje spremenljivo primes anorganskih snovi. Večino teh tvorijo gline različnega mineralnega izvora, nekaj je kalcita in aragonita, sadre, pirita, markazita in siderita. Zanimive so epigenetske žilaste ali do pesti velike gomo-ljaste rumeno oranžne mineralne zmesi. Dosedaj so bile najdene predvsem na južnem delu premogišča, ki je tektonsko zelo pretrt. Rudarji so opazili, da se na južnem delu (južno krilo) pojavljajo v zvezi s samovžigi. Leta 1979 je mineraloška rentgenska analiza pokazala, da so sestavljene iz aragonita in sadre. Interpretacijo rentgenograma je opravil M. Mišič. Aragonit se iz vodnih raztopin obarja pri temperaturi nad 30 °C, najpogosteje pa v temperaturnem območju od 30 do 60 °C (Lipmann, 1973, 104). Prisotnost sulfatov v raztopinah pospešuje njegovo rast. Sadra se iz vodnih raztopin izloča pri temperaturah pod 60 °C, če v vodi niso raztopljene druge soli (Langbein et al., 1982, 204), sicer je njena temperaturna meja obarjanja nižja in se namesto nje začne izločati anhidrit. Iz tega sklepamo, da je navedena mineralna mešanica nastala iz vod-

nih raztopin pri temperaturi med 30 in 60 °C in da resnično kaže na zvišane temperaturne razmere oziroma oksidacijo premoga.

Vsebnosti anorganskih snovi v premogu se kažejo v množini pepela. Ta se v premogovi plasti zmanjšuje od spodaj navzgor. Najboljši premog je pri vrhu. V premogu, ki ga odkopavajo danes, je pepela okrog 10 ‰, njegova vsebnost pa je od 5 do 40 ‰.

Po podatkih hidrološke službe Rudnika lignita Velenje znaša vlaga jamsko vlažnega premoga od 15 do 35 ‰, lahko pa tudi do 45 ‰. Žvepla v pepelu, računano na suho substanco, je od 0,5 do 2,0 ‰. Srednja prostorninska teža jamsko vlažnega premoga kurilne vrednosti več kot 8300 kJ/kg je 1,28 g/cm³, sicer pa tudi precej niha. Srednja kurilna vrednost odkopanega premoga je 9500 kJ/kg, odkopavajo pa premog z vrednostmi od 7500 do 12600 kJ/kg. Pri raziskovanjih registrirajo premog od 4200 kJ/kg naprej, za eksploataibilne pa imajo le premog z več kot 7500 kJ/kg.

Tehnična analiza sušenih primerkov velenjskega ksilita in barjanskega premoga (Nikolič et Dimitrijevič, 1981, 403) v ‰ je naslednja:

parametri	ksilitni premog	barjanski premog
vlaga	11,67	15,12
pepel	13,05	9,79
S skupni	2,35	2,03
S vezani (v pepelu)	1,11	1,16
S gorljivi	1,24	1,15
koks	45,16	40,72
C-fiks	32,11	30,93
hlapljive snovi	43,17	44,16
gorljive snovi	75,28	75,09
zgornja kurilna vrednost	19 660 kJ/kg	19 660 kJ/kg
spodnja kurilna vrednost	18 828 kJ/kg	18 619 kJ/kg

Velenjsko premogišče je razdeljeno na vzhodni del, to je jama Velenje, in zahodni del — jama Šoštanj, ki še ni odprta. Pri računu bilančnih zalog upoštevajo plast, debelejšo od 10 m. Celotno nahajališče je v začetku imelo okrog 750 milijonov ton geoloških zalog, trenutne eksploatacijske zaloge pa cenijo na okrog 200 milijonov ton (Hribar, 1982). Ogromne zaloge so odvisne od odvodnjevanja prikamnin, nekateri deli ležišča pa niso dovolj preiskani. Doslej so odkopali okrog 100 milijonov ton premoga.

Jamski kop sega do globine 450 do 500 m. Odkopavanje je skoraj v celoti mehanizirano in poteka z velenjsko širokočelno metodo v dveh enačicah. Prva je odkopna metoda s horizontalno koncentracijo, kjer je odkopna višina 3 m, druga pa je odkopna metoda z vertikalno koncentracijo in odkopno višino 11 m. Dolžina čel je okrog 60 do 120 m. V letu 1981 so nakopali nekaj več kot 5.000.000 ton premoga.

Lega in oblika premogove plasti

Oblika premogove plasti je prilagojena paleomorfološkim in geološkim značilnostim ozemlja, večinoma sledi tudi sedanji zemljepisni podobi. Sloj se vleče po večjem delu Šaleške doline, ki je intramontana neotektonska udorina. Vzdolžna os premogišča poteka v smeri udorine, to pomeni, da se od zahoda proti vzhodu vleče v smeri NW-SE in se nato blago odkloni v glavno smer WNW-ESE. Premogišče je dolgo okrog 8,3 km, široko pa okrog 1,5 km, največ 2,5 km. Na veliko večji površini kot premog opažamo premogove pojave (sl. 1), to so jalovinske pole premoga, črne premogove gline, rjavi melj in rjave gline.

Predpliocensko podlago premogonosne skladovnice delimo na dva dela, ki sta ločena z močnim velenjskim prelomom. Južno od tega preloma so triasne plasti odrezane in nastopijo oligomiocenski skladi. Severno od velenjskega preloma prevladujejo dolomiti spodnje-, srednje- in zgornjetriasne starosti, med spodnje- in zgornjetriasnimi dolomiti so vložki skrilavcev. Ob severnem robu Šaleške doline so še karbonski in permski konglomerati, peščenjaki, glinasti skrilavci in neskladoviti kristalasti apnenci.

Na vzhodu pri Hrastovcu najdemo sladkovodne laporje in peščenjake z rjavim premogom, ki jih v starejši literaturi uvrščajo v oligocen, v novejšem času pa domnevajo eocensko starost. Na zahodu pri Topolšici leži nad triasnimi plastmi nekaj 10 m debela skladovnica verjetno miocenskih laporjev, peščenjakov in konglomeratov. Ozemlje severno od velenjskega preloma je tektonsko zelo pregneteno in grudasto prelomljeno, deloma so plasti tudi v inverzni legi.

Oligomiocenske plasti nastopajo južno od velenjskega preloma. Razvite so kot sivica in smrekovške plasti. Sivico sestavlja morska laporasta glina, večkrat prepletena s kalcitnimi žilicami. Vsebuje značilno foraminiferno združbo. Smrekovške plasti gradijo andezitni tufi, tufske breče, tufske gline in redko andezit. Južni rob velenjske udorine je omejen s šoštanjским prelomom. Med velenjskim in šoštanjским prelomom nastopajo tudi spodnjemiocenski laporji in zelenkasti peščenjaki večinoma s karbonatnim vezivom ter srednjemiocenski litotamnijski apnenci in kalkareniti.

Oligomiocenska smrekovška serija in sivica prihajata na dan ob južnem robu udorine. Na južnem obrobju so še zgornjekarbonski apnenci, triasne plasti, podobne tistim na severnem obrobju, dacitni tuf in spremljajoči laporji miocenske starosti.

Udorino zapolnjuje **velenjska premogonosna skladovnica** pliocenske in pleistocenske starosti. Sestavljajo jo menjavajoče in prepletajoče se plasti glin, meljev, peskov, proda, glinovcev, meljevcev, laporjev in konglomeratov. Med njimi leži velenjska premogova plast, ki ima v vseh prerezih sinklinalno obliko. Na južnem robu ob šoštanjским prelomu je ponekod tektonsko razlomljena.

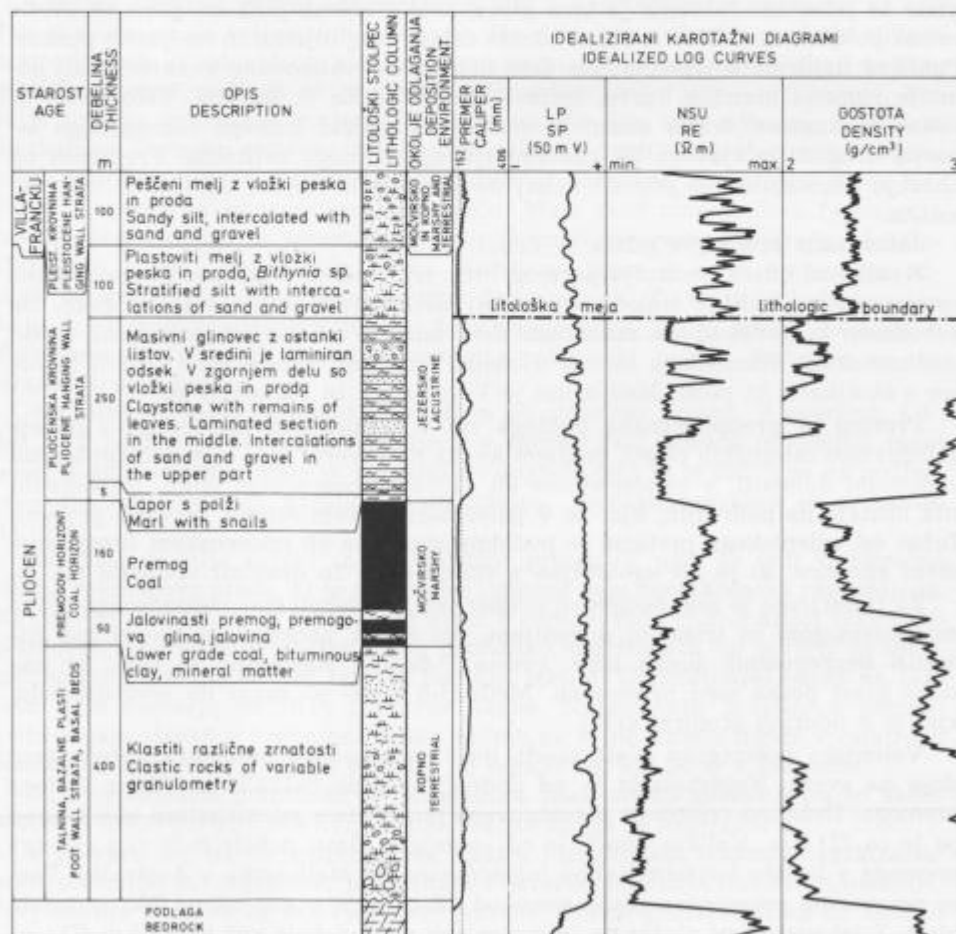
Premogonosna skladovnica pomeni zaokrožen sedimentacijski cikel, ki prehaja od kopne faze pri dnu preko močvirske faze v jezersko in spet od jezerske preko močvirske v kopno. Močvirski in jezerski razvoj kažejo gline, glinovci, melji, meljevci, laporji, laporaste gline in glinovci, premog, jalovinski premog in premogova glina. Stopnja trdnosti je glede na lego v skladovnici različna.

Iz močvirskih in jezerskih kamnin, ki predstavljajo mirno sedimentacijsko okolje, izstopajo peski in prodi ter do meter debeli vložki s kalcitnim vezivom zlepljenih konglomeratov ali peščenjakov. Te plasti so bile prinesene s severa

in so zasipi nekdanjih rek in hudournikov. Nanesene so v obliki velikega vršaja, ki se je razprostiral od vznožja gora na severu ter se na jugu pahljačasto zaključil v opisanem jezeru ali močvirju. Koren vršaja je ležal na področju današnjih Raven. V vršaju so se posamezne struge selile, kar se danes odraža kot menjavanje različnih plasti. To je posebej izrazito v sredini severnega dela udorine.

Celotna plio-pleistocenska skladovnica je debela nad 1000 m. Glede na premog jo delimo v talnino, premogov horizont in krovino (sl. 2).

Talnina. Nastanek velenjske udorine postavljamo med zgornji del srednjega pliocena in začetek gūnškega glaciala (Premru, 1976, 228). Paleerozijsko delovanje na predpliocensko podlago je moralo potemtakem potekati še v začetku srednjega pliocena. Sledila je tektonska faza, zaradi katere so nastale spodaj najprej debeloklastične in zgoraj drobnejše bazalne plasti. Peščena in



Sl. 2. Geološki stolpec velenjske premogonosne skladovnice

Fig. 2. Geologic column of the Velenje coal-bearing strata

prodnata zrna v teh so različno velika, pomešana brez reda in povezana z meljasto in glinasto osnovo. V spodnjem delu bazalnih plasti nastopajo odlomki različnih okoliških kamnin, glinasto-meljasti prod in pesek ter peščeni in prodnati melj. V višjih delih so predvsem peščeni in prodnati melj ter glina z vložki glinasto-meljastih, precej sprijetih peskov.

Debelino bazalnih plasti cenimo na okrog 350 do 400 m.

Premogov horizont. Bazalne plasti so različne paleoreliefne oblike zapolnile in izravnale. Ugrezanje doline se je nadaljevalo in nastajalo je močvirje. Močvirski sedimenti so začeli nastajati najprej občasno, nato pa neprekinjeno skozi dolgo obdobje. Tako delimo premogov horizont, ki se začne s pojavljanjem premogovih glin in konča s čistim premogom, na spodnji jalovinasti in zgornji kvalitetni odsek.

V jalovinastem odseku se menjavajo premog, jalovinasti premog, premogove gline in jalovina. Jalovina je siva glina, svetlo zelena peščena glina in svetlo zeleni peščeni melj. Zelo redki so vložki zelenih zaglinjenih in meljastih peskov. Ponekod najdemo v jalovinastem delu nepravilno oblikovane konkretije ali gomolje rumeno oranžne barve, sestavljene večinoma iz siderita. Zelo redki so nekaj decimetrov debeli zeleni in sivo zeleni vložki trdnega homogenega laporja, drugod pa rjavega ali rumeno rjavega trdnega pelitolita. Predvsem ob obrobju premogišča so pogosti nekaj decimetrov in največ do 1 m debeli čoki ksilita.

Jalovinasti premogov odsek je debel do 50 m.

Kvalitetni odsek sestavlja premog brez jalovinastih vložkov. Premog lahko vsebuje rjave ksilitne trakove ali nekaj decimetrov debele ksilitne čoke. Na vzhodnem in ponekod na zahodnem delu udorine so v njem osamljeni vložki sladkovodnega limničnega faciesa v obliki črnih ali rumenkastih trdnih laporjev s školjkami in polži. Med njimi je *Valvata* sp. in *Planorbis* sp.

Premog in predpliocenska podlaga sta v sredini udorine ločena z debelo skladovnico talninskih plasti, medtem ko sta na severu, kjer so v podlagi triasni vodonosni dolomiti, v neposrednem ali skoraj neposrednem stiku. Neposredni stik obstaja na področjih, kjer so v paleomorfološkem reliefu vzvišeni grebeni. Južno od velenjskega preloma je podobno stanje le ob miocenskem litotamnjskem apnencu, ki je bil ugotovljen z vrtino 53/61 in drugimi vrtinami (sl. 1).

Za rudarjenje je zelo neugoden primer, ko leži debeli sloj vodonosnega peska med premogom in triasnim dolomitom, pri čemer ponekod ni skoraj nič glinastih neprepustnih plasti (npr. vrtina P-6u/78). Neugodno je tudi, če nastopa plast peska med premogom. Medslojni peski so znani na severozahodu, kjer je v udorino prodiral vršaj.

Velenjska premogova plast spada med najdebelejše posamezne premogove sloje na svetu. Najdebelejša je na področju vrtine S-12f/74 s 165,8 m čistega premoga. Debelina celotnega premogovega horizonta z jalovinastimi vložki vred pa je tu 221,9 m. Kolikor vemo, je od velenjske plasti debelejši le sloj rjavega premoga v ležišču Latrobe Valley jugovzhodno od Melbournea v Avstraliji. Tam se posamezne premogove plasti ponekod združujejo v eno okrog 230 m debelo plast. Z jalovinastimi vložki pa je avstralska plast debela več kot 300 m (D o r l i n g, 1979, 23).

Krovnina. Velenjska udorina se je po odložitvi premoga pogrezala še na-

prej, istočasno pa so jo zasipavali krovinski sedimenti. Meja premog-krovnina je ostra. Neposredno nad premogom leži tanka plast laporja ali laporastega glinovca z ostanki polžev in školjk. Sledi debela skladovnica drobnozrnatih limničnih in debelo-zrnatih fluvialnih plasti. V najvišjem delu se spet pojavijo močvirski melji, ponekod tudi tanka plast premoga, še višje pa kopni peščeni melji in grušči villafranckijske starosti. V pliocen uvrščamo celoten jezerski razvoj, v villafranckij ali spodnji pleistocen pa močvirski in kopni razvoj pri vrhu skladovnice. Litološki prehod iz pliocena v villafranckij je postopen.

Na sredini udorine je med premogom in krovinskimi peščenimi nanosi nekaj deset metrov debela za vodo relativno neprepustna plast glinovcev in meljevcev. Proti severu se tanjša, tako da sta premog in krovinski pesek ponekod v stiku. Na sredini je krovinska skladovnica debela okrog 450 m, od tega odpada na villafranckijske plasti okrog 100 m.

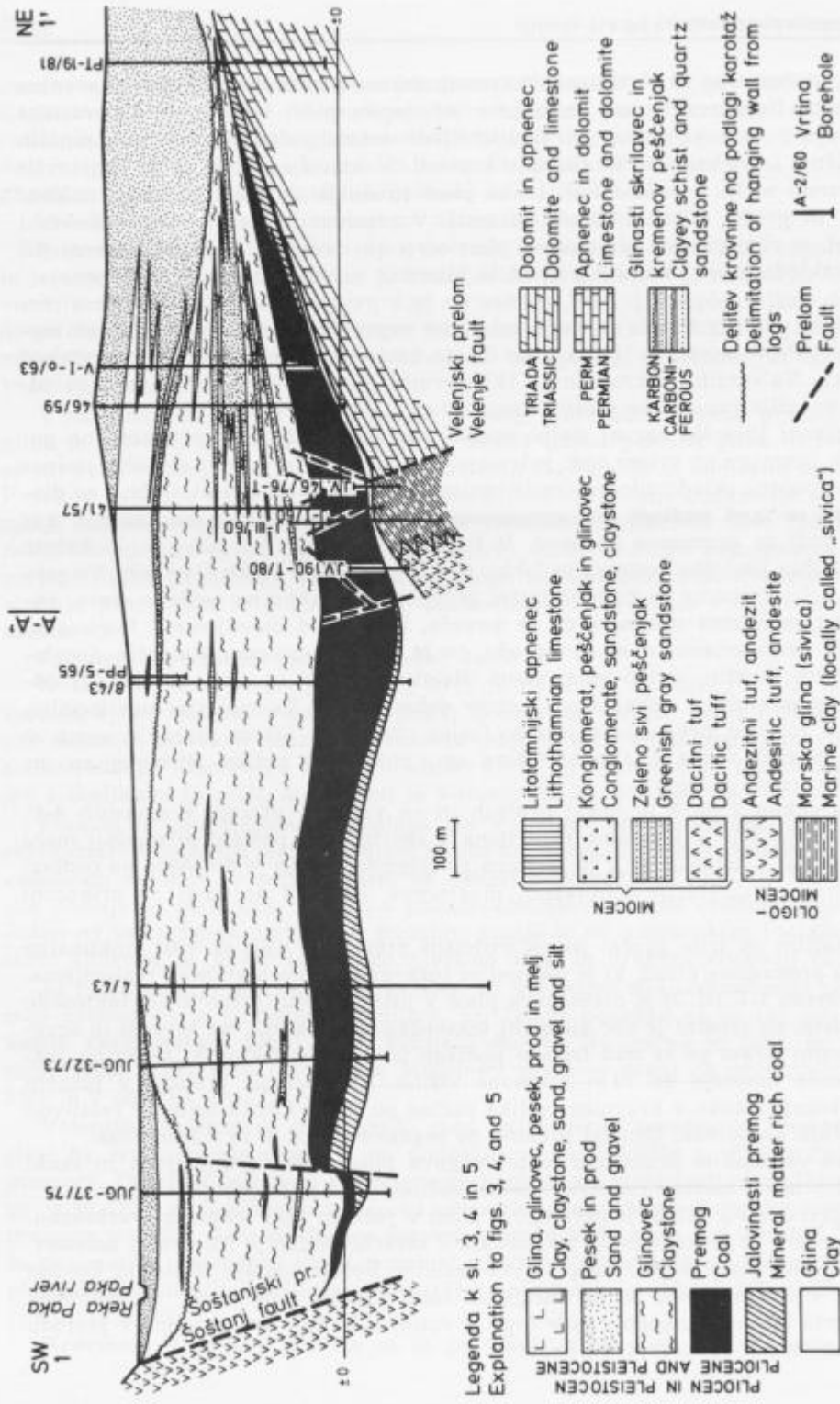
Opisani litološki razvoj stalno spremljajo s karotažnimi meritvami, na področju premoga pa vrtine tudi jedrujejo. Na sliki 2 je prikazan geološki stolpec premogonosne skladovnice z idealiziranimi karotažnimi diagrami. Odboji na diagramih se med podlago in premogonosno skladovnico jasno razlikujejo, kar velja tudi za premogov horizont. V krovnini sta dva tipa odbojev, ki kažeta na različno litološko sestavo, in lahko govorimo o dveh elektrofaciesih. V zgornjem delu krovnine se namreč lastni potencial pomakne na peščeno stran, navidezna specifična upornost pa se poveča. Meja med omenjenima fasciesoma postaja proti severu in severozahodu, to je proti izvornemu področju debeloklastičnih usedlin, vedno manj jasna. Relativno jasen in oster prehod pri odbojih se sprevrže v nekaj deset metrov debeli odsek. Ta meja je tudi facialna meja v razvoju nekdanjega jezera: facies globokega jezera preide navzgor v plitvojezerski facies z algami *Chara* sp., pokrovčki polžev *Bithynia* sp. in ostanki drugih polžev.

Na slikah 3 do 5 je nekaj prečnih in en vzdolžni prerez. V prerezih 4-4', 3-3', 2-2' in 1-1' je krovnina razdeljena v zgornji bolj peščeni in spodnji manj peščeni del. Litološka meja je zarisana z vijugasto črto in je določena na podlagi vizualne interpretacije karotažnih diagramov. Položaji prerezov so prikazani na sl. 1.

Značilni so trije prečni in en vzdolžni prerez. V njih se vidi sinklinalna oblika premogove plasti, ki je na sredini južnega dela neotektonsko razlomljena. Na prerezu 1-1' (sl. 3) je premogova plast v južnem delu (južno krilo) tektonsko prizadeta, na sredini je več ali manj tektonsko neprizadeta, na severni in severovzhodni strani pa se nad triasno podlago izklini. Neotektonski skoki na južnem delu dosežejo do 70 m relativne višine. Najmočnejši prelomi v južnem krilu segajo visoko v krovnino, velika večina pa se jih kmalu izgubi v relativno plastičnih kamninah. Drugod prelomi ne segajo več kot 30 m v krovnino.

Nad velenjskim prelomom je premogova plast redko prelomljena in skoki dosežejo nekaj metrov relativne višine, večinoma pa je neprizadeta.

V prerezu 3-3' (sl. 5) je premogova plast v južnem delu tektonsko razkosana proti severu in severozahodu pa prehaja v izvorno področje fluvialnih nanosov. Prej enotna plast se tu razcepi v več jezikov. Počasi postaja jalova in končno izgine. Pri izklinjanju so na skrajnem robu nastale posamezne, od glavnega horizonta ločene premogove pole (npr. v vrtini P-5u 64). Kot je vidno v prerezu 3-3', nastopa v južnem krilu horst.



Legenda k sl. 3, 4 in 5
 Explanation to figs. 3, 4, and 5

- | | |
|--|--|
| | Glina, glinovc, pesek, prod in melj |
| | Clay, claystone, sand, gravel and silt |
| | |
| | Glinovc |
| | Claystone |
| | Premog |
| | Coal |
| | Jaloivnasti premog |
| | Mineral matter rich coal |
| | Glinovc |
| | Clay |

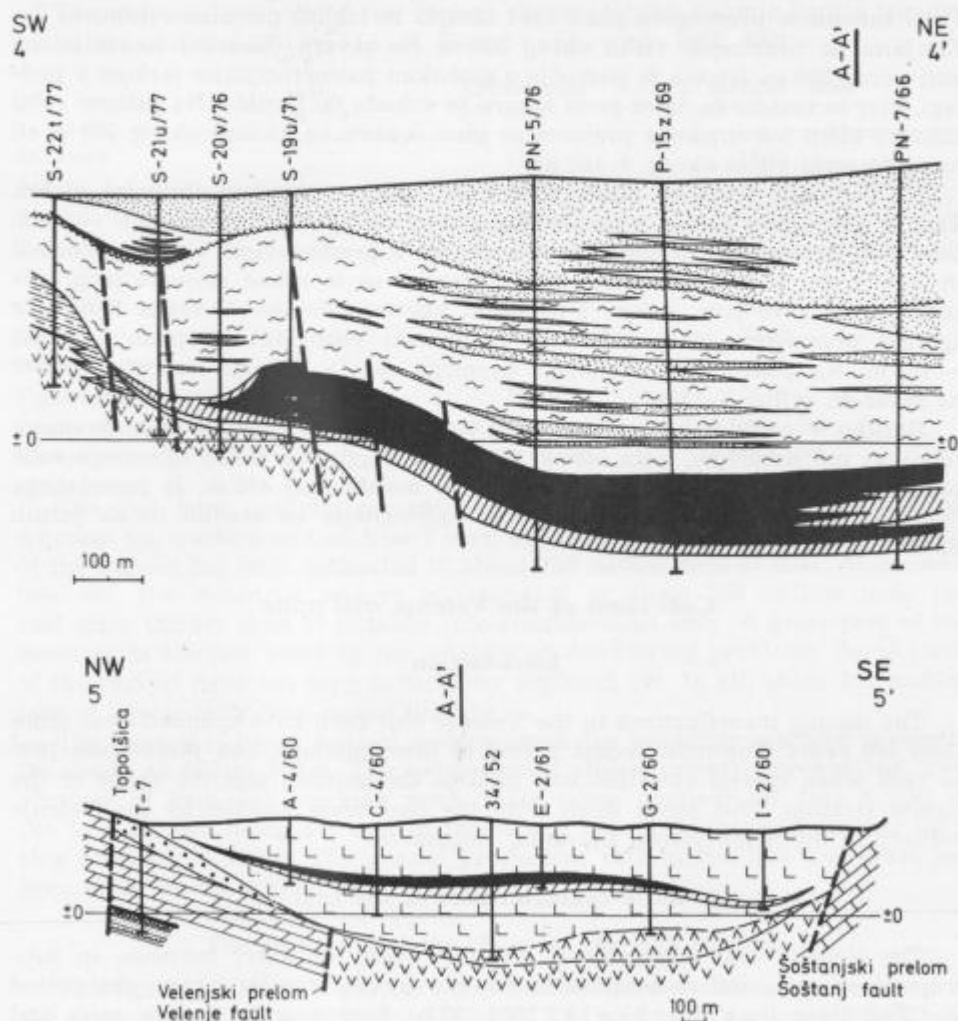
- | | |
|--|--------------------------------------|
| | Litotamnjski apnenec |
| | Lithothamnian limestone |
| | Konglomerat, peščenjak in glinovc |
| | Cnglomerate, sandstone, claystone |
| | Zeleno sivi peščenjak |
| | Greenish gray sandstone |
| | Dacitni tuf |
| | Dacitic tuff |
| | Andezitni tuf, andezit |
| | Andesitic tuff, andesite |
| | Morska glina (svica) |
| | Marine clay (locally called „svica“) |

- | | |
|--|--|
| | TRIADA |
| | Dolomit in apnenec |
| | Dolomite and limestone |
| | Apnenec in dolomit |
| | Limestone and dolomite |
| | Glinasti skrilaec in kremenov peščenjak |
| | Clayey schist and quartz sandstone |
| | Delitev krovine na podlagi karotaz logov |
| | Delimitation of hanging wall from |
| | Prelom |
| | Fault |
| | A-2/60 Vrtina |
| | Borehole |

Sl. 3. Prerez 1-1'
 Fig. 3. Section 1-1'

V prerezu 5-5' (sl. 4) vidimo, da se tektonske razmere na južnem delu udorine pri Šoštanju umirijo. Od tu proti zahodu je premogova plast več ali manj neprizadeta.

Na sliki 5 je prerez A-A', ki ga je zasnoval že Hamrla (1955 — rokopis; Mali et al., 1975). V prerezu je vidna monotona sinklinalna oblika, ki postane na vzhodnem in zahodnem robu jalova in se izklini. Na mestu, kjer so nekoč prodirali fluvialni nanosi, je kakovost premoga slabša (vrtina 2/42). Krila sinklinalne so nagnjena pod kotom od nekaj stopinj do okrog 10°, povprečno pa od 7—8°.



Sl. 4. Prereza 4-4' in 5-5'
Fig. 4. Sections 4-4' and 5-5'

Prerez 2-2' (sl. 5) je zanimiv zaradi tektonskega jarka v premogu južnega krila. Prerez 4-4' (sl. 4) kaže izredno hitro odebelitev premogove plasti na južnem krilu. Domnevamo, da je tu prišlo do lokalnega luskanja (vrtina S-19u/71).

Premogova plast prihaja na površino na vzhodnem delu Šaleške doline pri Konovem, to je na nadmorski višini okrog 380 m, in pri kmetu Lukežu (Lazišče) na nadmorski višini okrog 410 m. Od vzhoda proti sredini plast tone in se debeli. Najgloblja točka ali center sinklinale je pri vasi Družmirje v okolici vrtine P-11o/65. Tu leži zgornja meja premoga okrog 460 m globoko na nadmorski višini okrog —85 m. Premog nastopa 450 m globoko tudi pri vrtini S-13n/78, med vrtinama PN-6/65 ter L-5/60 pa kar 475 m globoko (kota —78 m). Proti zahodu se premogova plast spet stanjša in izklini pri Slamovniku in Sv. Florjanu na nadmorski višini okrog 330 m. Na severu (Gabrke) se izklini na koti okrog 300 m. Izjema je področje z globokim paleoerozijskim jarkom v podlagi, kjer se razteza še daleč proti severu in vzhodu do Lazišča. Na južnem robu udorine blizu šoštanjanskega preloma se plast izklini na globini okrog 250 m ali na nadmorski višini okrog +100 m.

Na področju Goric se plast razcepi in vanjo se zajedajo fluvialni vložki. Tam se premogovi pasovi izklinjajo na globini okrog 400 m ali na koti —50 m, toda sam premogov horizont, torej kamnine s premogovimi vložki, se debeli in je v vrtini K-8/60 debel kar 260 m. Vendar so to robne razmere in gre za tanke premogove pole, ločene z debelimi plastmi jalovine. V vrtini K-8/60 se zgornja premogova plast izklini na nadmorski višini 121 m, spodnja pa pri —139 m. Na področju razslojenega premoga segajo njegovi sledovi še daleč na sever do vrtine K-13/60.

Razlika v nadmorskih višinah med najvišjo točko zgornje meje premoga (obronki pri Konovem, kota okrog 380 m) in najglobljo točko zgornjega roba premoga (pri vrtini P-11o/65, kota —85 m) doseže vsaj 465 m. Iz povedanega lahko zaključimo, da je bilo ugrezanje najmočnejše na sredini in na južnih delih udorine.

Coal seam of the Velenje coal mine

Introduction

The mining investigations in the Velenje coal field have spanned over more than 100 years. The most recent period of investigations took place from 1980 to 1982 when special attention was paid to the position and the shape of the lignite stratum. This paper deals with the coal seam worked by the Velenje colliery in the Šalek valley, Slovenia, Yugoslavia.

Basic characteristics of the coal

The Velenje coal originated in Pliocene fresh — water marshes, in subtropical climate, and is botanically marked by the conifer phase, designated as "*Taxodium flora*" (Serčelj, 1968, 383). According to its low rank and petrographic composition, the coal is a typical lignite. The petrographic composition, based on East German classification, is after Nikolić et Dimitrijević (1980, 29):

detrite-tecsto 58.36 ‰	tecstite-gelo 38.42 ‰	fusite 3.22 ‰
---------------------------	--------------------------	------------------

The average calorific value of run-of-mine coal amounts to about 9,500 kJ/kg, ranging between 7,500 and 12,600 kJ/kg.

The average ash content in the run-of-mine lignite is about 10 per cent, ranging from 5 to 40 per cent, and the natural bed moisture content (total moisture) amounts from 15 to 45 per cent. The percentage of sulphur in dry coal is 0.5 to 2.0 ‰. The average density of the run-of-mine coal is about 1.3 g/cm³.

The technical analysis of two typical varieties of the Velenje lignite (air-dry basis) is as follows (Nikolić et Dimitrijević, 1981, 403):

	Xylitic coal per cent	"Marshy" coal per cent
Moisture	11.67	15.12
Ash	13.05	9.79
S total	2.35	2.03
S in ash	1.11	1.16
S combustible	1.24	1.15
Coke	45.16	40.72
C-fix	32.11	30.93
Volatile matters	43.17	44.16
Combustible matters	75.28	75.09
Gross calorific value	19,660 kJ/kg	19,660 kJ/kg
Lower calorific value	18,282 kJ/kg	18,619 kJ/kg

The coal mine operates presently in the eastern section of the coal field, whereas the western section hasn't been opened yet. Initially, the total tonnage of the deposit has been estimated to about 750 million tons of coal. At present, however, the industrial reserve is estimated at about 200 million tons, the coal seam thicker than 10 m taken into consideration only. A great part of the resource is blocked, pending the solution of dewatering problems. Some parts of the deposit have not been sufficiently explored yet. In all, about 100 million tons of lignite have been mined till now.

The deposit is being worked underground, the workings reaching presently the depth of 450 to 500 m. The extraction is almost entirely mechanized. Two versions of long-wall working method are being applied: the face height of the first version being 3 m and of the second one 11 m, the wall lengths variable from 60 to 120 m. The annual production rate in the last few years has been more than 5 million tons of lignite.

The position and the shape of the coal stratum

The lignite stratum is part of the Plio-Pleistocene succession occurring in the tectonic depression of Velenje (Fig. 1). The coal seam's geometry is synclinal, its south-eastern limb deformed by tectonics. The coal stratum is getting thinner towards the periphery of the basin, and finally peters out. On its north-western side it separates into a number of thin seams.

The basis of the Plio-Pleistocene succession is built up on its northern side by the beds of Triassic dolomite. In the center and on the southern side occur Oligo-Miocene clastic and igneous rocks. In the narrow area of the depression there are also Miocene clastics and lithothamnian limestones. The basal beds in the depression pass upwards into an about 50 m thick horizon of argillaceous lignite. The coal gradually gets cleaner, forming a stratum up to 166 m thick. Accordingly, the coal seam in Velenje is one of the thickest in the world.

The autochthonous coal stratum within the Plio-Pleistocene succession is characterized by a transitional swamp facies. It terminates with a sharp boundary. A 350 m thick succession of limnic clastic Pliocene sediments follows. In the uppermost part of the limnic beds there is again a transition to swampy terrestrial sedimentation, this being ranged to Villafranchian. The beds of Villafranchian within the depression are about 100 m thick (Fig. 2).

Lithologically, the strata overlying the coal are composed of alternating beds of clays, silts, sands, gravel, claystones, siltstones, marls and conglomerates. Fine grained sediments resulted from limnic sedimentation, whereas the coarse clastics are of fluvial origin. The coarse grained material had been washed into the depression from the northern side by ancient rivers, brooks and torrents.

Log diagrams of the upper hanging wall beds show two different reflections, indicating different lithologies of these beds. The lithological boundary is schematically presented in Figure 2.

Three transversal and one longitudinal section are shown as illustration.

Section 1-1' (Fig. 3) shows the coal stratum, the southern limb of which is faulted, its middle part more or less unaffected, and its northern and north eastern limb gradually thinning out along the Triassic basis. The throw of steep normal faults at the southern limb is almost 70 m. The strongest faults extend quite high into the hanging wall beds, whereas most of the faults come soon to an end within more or less plastic rocks. Roughly estimated, the faults do not reach more than 30 m into the hanging wall strata, the southern limb and some other tectonic zones excepted. The lignite stratum overlying the Velenje fault is only exceptionally faulted, the throws attaining not more than several meters.

Section 3-3' (Fig. 5). The coal stratum is faulted on the southern limb. Towards north and north-west it is gradually impaired by fluvial sediments and gets split into several thin seams. Slowly it becomes dirty and finally disappears. Detached thin lenslike coal seams formed along the marginally deteriorating stratum (e. g. in borehole P-5u/64).

As can be seen in section 3-3', there is a local horst set in the southern limb.

Section 5-5' (Fig. 4). Modest tectonics affected the southern part of the depression close to Šoštanj. Westwards from here, the position of the lignite stratum is more or less undisturbed.

Section A-A' (Fig. 5) shows a monotonous syncline, the coal stratum becoming argillaceous towards the margins and petering out. The coal deteriorated in places where fluvial depositions flooded it (e. g. borehole 2/42). The limbs of the syncline dip at an angle of a few degrees to 10 degrees, averaging about 7-8 degrees.

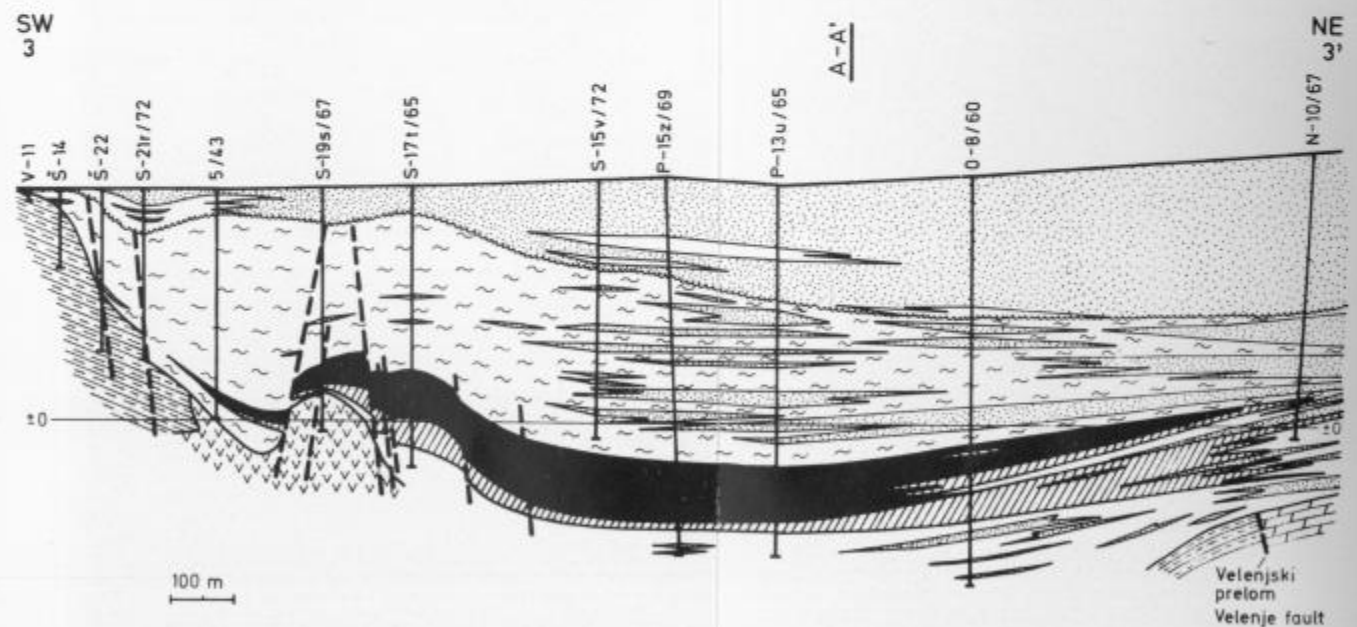
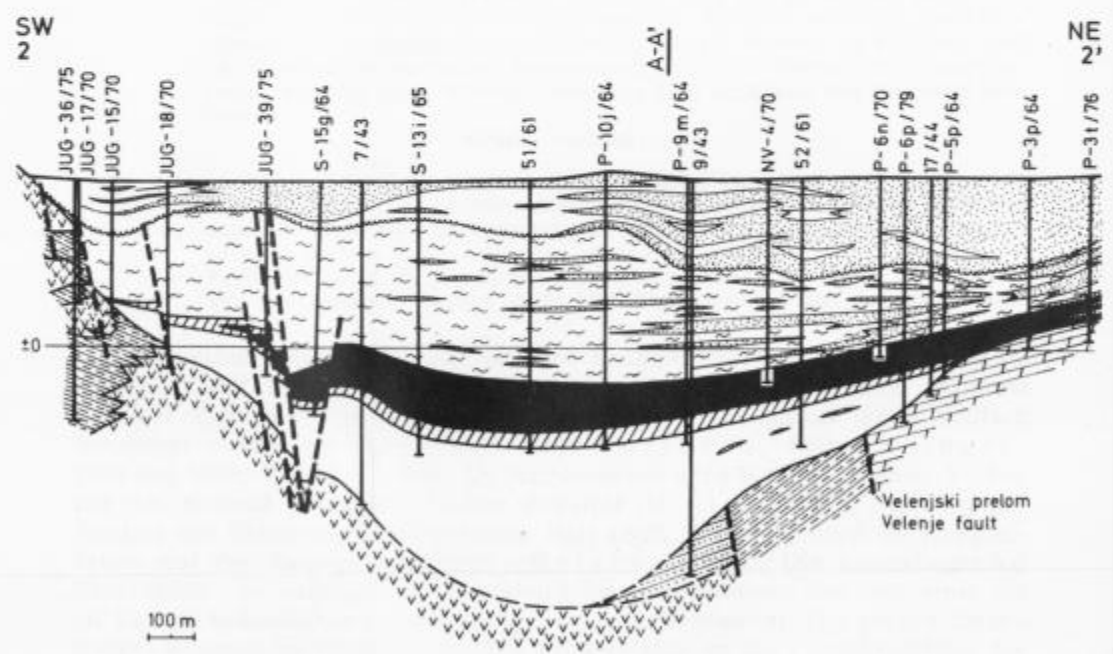
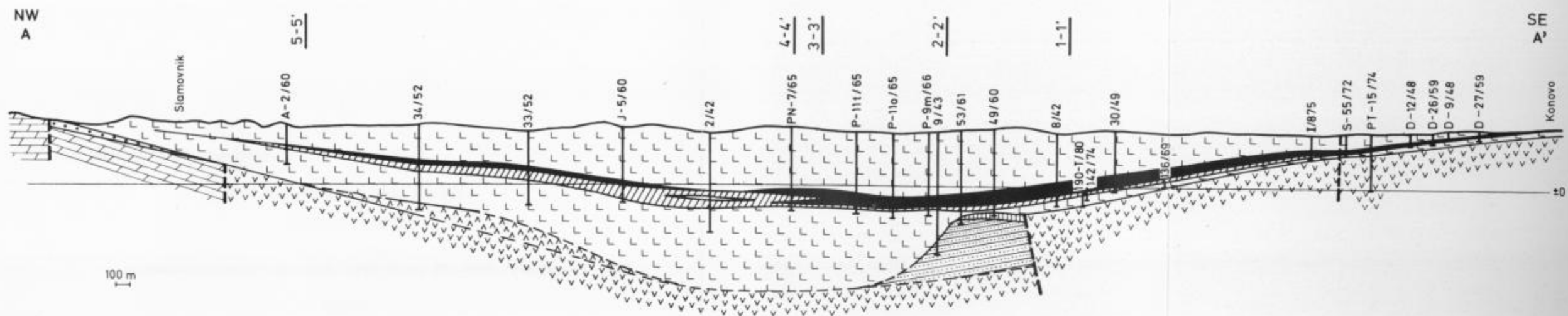
Figures 4 and 5, present two highly illustrative sections.

Section 2-2' (Fig. 5) shows a clear tectonic graben in the southern limb, and section 4-4' (Fig. 4) makes evident a rapid increase in thickness of lignite at its southern flank; local overthrusting has to be presumed here.

Literatura

- Brezigar, A., Šercelj, A., Velkovich, F., Vrhovšek, D., & Kosi, G. 1983, Paleontološke raziskave pliokvartarne skladoavnice velenjske udorine. Geol. zbornik, 3, 31—33, Ljubljana.
- Die Mineralkohlen Österreichs 1903. Zentralver. bergwerksbes. Österr., Wien.
- Dorling, I. 1979, Australia's Loy Yang Brown Coal Project. World Coal, 5/6, 23—25, San Francisco.
- Drobne, K. 1967, Izkopavanje mastodonta v Škalah pri Velenju. Geologija, 10, 305—312, Ljubljana.
- Friese, F. M. R. 1891, Ueber das Braunkohlen-Vorkommen bei Wöllan im Schallthale (Südsteiermark). Oesterr. Zeitschr. Berg. Hüttenw., 5/6, 56—58, Wien.
- Hamrla, M. 1952, Poročilo o petrografski preiskavi velenjskega lignita, Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana. Manuskript.
- Hamrla, M. 1953, Poročilo o geologiji širše okolice velenjskega premogovnika s posebnim ozirom na hidrogeološke razmere področja. Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana. Manuskript.
- Hamrla, M. 1955, Poročilo o geologiji zahodnega dela in obrobja Šaleške doline. Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana. Manuskript.
- Hoernes, R. 1903, Bau und Bild der Ebenen Österreichs, IV. Tempsky Freytag, Wien, Leipzig.
- Hribar, H. 1982, O novem tehnološkem procesu odkopavanja debelih slojev premoga. Rudarsko-metal. zbornik, 29, 211—220, Ljubljana.
- Langbein, R., Peter, H. & Schwahn, J. 1982, Karbonat- und Sulfat-gesteine. Deutscher Verlag Grundstoffind., Leipzig.
- Lipmann, F. 1973, Sedimentary Carbonate Minerals. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Mali, L., Pipuš, D. & Seher, A. 1975, 100 let Rudnika lignita Velenje. REK, ob stoletnici TOZD RLV, Velenje.
- Melik, A. 1957, Štajerska s Prekmurjem in Mežiško dolino. Slov matica, Ljubljana.
- Mohorič, I. 1978, Problemi in dosežki rudarjenja na Slovenskem. Zgodovina rudarstva in topilništva v stoletju tehnične revolucije, 1, Založba Obzorja, Maribor.
- Nikolić, P. & Dimitrijević, D. 1980, Ugalj. Kvalitativno-kvantitativna svojstva ugljeva i njihova uloga u procesu prerade i upotrebe ugljeva. Savremena administracija, Beograd.
- Nikolić, P. & Dimitrijević, D. 1981, Ugalj Jugoslavije. Zavod udžben. nastav. sredstva, Beograd.
- Pantić, N. & Nikolić, P. 1973, Ugalj. Naučna Knjiga, Beograd.
- Petrascheck, W. 1926/1929, Kohlengeologie der Österreichischen Teilstaaten, I, II. Kattowitz Buchdruck., Katowice.
- Pleničar, M. 1956, Razvoj pliocena v Sloveniji, Prvi geol. kongr., 53—58, Ljubljana.
- Premru, U. 1976, Neotektonika vzhodne Slovenije. Geologija, 19, 211—249, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1951, Naši kraji v pliocenski dobi. Proteus, 14, 10—18, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1968, O mastodontih iz Šaleške doline. Razprave IV. razr. SAZU, 11/8, 299—350, Ljubljana.
- Ravnik, D. 1961, Geoelektrična ispitivanja u velenjskom ugljenom basenu. Savet primen. geof., Beograd.
- Riedl, E. 1887, Der Lignit des Schallthales. Österr. Zeitschr. Berg., Hüttenw., 35/12, 141—146, Wien.

- Rijavec, L. 1951, Pliocen v Šaleški dolini, Diplomsko delo, Arhiv FNT, Ljubljana.
- Rolle, F. 1857, Geologische Untersuchungen in der Gegend zwischen Weitenstein, Windsch-Gratz, Cilli und Oberburg in Unter-Steiermark, Jb. geol. R. A. 8, 403—465, Wien.
- Rolle, F. 1860, Die Lignit Ablagerung des Beckens von Schönstein in Unter-Steiermark und ihre Fossilien. Nebst einem Anhang die Pflanzenreste der Lignit-Ablagerung von Schönstein von F. Unger. Sitzb. Akad. Wiss. Math. — naturw. kl., 41, 7—55, Wien.
- Rudarski zbornik 1936 37, Velenje. I, 1, 22—27, Ljubljana.
- Stur, D. 1871, Geologie der Steiermark, Geogn. — mont. Vereines Steiermark, Graz.
- Šercelj, A. 1968, Pelodna stratigrafija velenjske krovnine plasti z ostanki mastodontov. Razprave Slov. akad. znan. umet., 4. razred, 11/8, 377—397, Ljubljana.
- Teller, F. 1889, Ein pliocäner Tapir aus Südsteiermark. Jb. geol. R. A., 38, 729—772, Wien.
- Teller, F. 1891, *Mastodon Arvernensis* Croiz. et Job. aus den Hangendtegeln der Lignite des Schallthales in Südsteiermark. Verh. geol. R. A. 15, 295—273, Wien.
- Teller, F. 1896, Erläuterungen zur Geologischen Karte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen (Ostkarawanken und Steiner Alpen). Geol. R. A., Wien.
- Teller, F. 1898, Erläuterungen zur Geologischen Karte Prassberg a. d. Sann. Geol. R. A., Wien.
- Zagoričnik, Š. 1955, Nevarnost vdora talne vode in možnost vdora površinskih vod v jamske prostore v velenjskem premogovnem bazenu. Rudarstvo in metalurgija, 6, 701—703, Tehnika, Beograd.



Sl. 5. Prerezi A-A', 2-2' in 3-3'
 Fig. 5. Sections A-A', 2-2' and 3-3'

