

Premog v Murški formaciji (pontij) med Lendavo in Murskim Središčem ter v širšem prostoru SV Slovenije

Coal in the Mura Formation (Pontian) between Lendava (Slovenia) and Mursko Središće (Croatia), and in the wider area of NE Slovenia

Miloš MARKIČ¹, Velimir TURK², Boris KRUK³, & Slavko V. ŠOLAR⁴

^{1,4}Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica, 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija;
e-mails: milos.markic@geo.zs.si; slavko.solar@geo-zs.si

²Nafta – Geoterm, Mlinska ulica 5, SI-9220 Lendava, Slovenija; e-mail: velimir.turk@nafta-lendava.si

³Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, HR-10000 Zagreb, Hrvatska; e-mail: boris.kruk@hgi-cgs.hr

Prejeto / Received 25. 3. 2011; Sprejeto / Accepted 8.5.2011

Ključne besede: rjavi premog, Murska formacija (pontij), Mursko-zalski bazen, Lendava, Mursko Središće, Slovenija, Hrvaška

Key words: brown coal, Mura Formation (Pontian), Mura-Zala Basin, Lendava, Mursko Središće, Slovenia, Croatia

Izvleček

V članku so predstavljene osnovne geološke značilnosti premogonosnih plasti ter kvaliteta in zaloge premoga v Murški formaciji pontijske starosti na ozemlju severovzhodne (SV) Slovenije. Murska formacija, ki zapolnjuje zgornji del Mursko-zalskega bazena, je debela dobrih 1000 m in vsebuje mnogoštevilne (10–30), a razmeroma tanke plasti premoga. Veliko število tankih plasti premoga, razvitih v pretežno glinasto-meljasto-peščenih sedimentih, je splošna značilnost paraličnih premogišč. Prvotna obsežna šotišča, iz katerih so nato nastale plasti premoga, so se razvijala v sladkovodnih okoljih, večina vmesne sedimentacije pa je potekala v brakičnih okoljih. Na najbolje raziskanem ozemlju (okoli 60 km²) med Lendavo in Murskim Središčem ležijo plasti premoga praktično od površine do globine 300–400 m. Na območju Lendave je premogonosni člen debel 130 m, vsebuje pa le tri plasti premoga, ki so debele med 1,0 in 2,2 m. Kurilna vrednost lendavskega rjavega premoga znaša okoli 14,5 MJ (*»na dostavljeno stanje«* pri 25–30 % vlage in 15–20 % pepela). Povprečna vsebnost skupnega žvepla se giblje okrog 1.6 %. Premog z območja Murskega Središća je podobne kakovosti.

Tektonika premogonosnih plasti je enostavna. Na območju Ormoško-selniške antiforne sledi plastnatost njenim blagim pobočjem, podobno verjetno tudi v primeru drugih antiform in sinform v širšem prostoru SV Slovenije. vzdolž pobočij Ormoško-selniške antiforne so bili v preteklosti, med leti okoli 1850 in 1970, razviti številni, a zelo majhni premogovniki in premogokopi. Edini nekoliko večji med njimi je bil premogovnik Mursko Središće.

Nastopanje plasti premoga v širšem prostoru SV Slovenije je povsem odprto vprašanje. Dejstvo je, da so na premog naletele malodane vse vrtime, ki so bile vrtane na nafto in plin, ter hidrogeološke in geotermalne vrtime, vendar pa je bilo to vrtanje izvedeno malodane brez pridobivanja jedra. Če upoštevamo na območju SV Slovenije po analogiji z lendavskim prostorom le plasti premoga, ki so debelejšje od 1 m in privzamemo, da je skupna debelina takih plasti 5 m, ugotovimo, da je »premoški potencial« SV Slovenije pri površini okoli 1000 km² in gostoti premoga 1,3 t/m³ reda velikosti 6500 Mt. Pri kurilni vrednosti 14,5 MJ/kg to znaša 10¹⁴ MJ v premogu shranjene energije.

Abstract

Geological setting, occurrences, extent, quality and reserves of coal seams in the Mura Formation of the Mura-Zala Basin in NE Slovenia are presented in the paper. The Mura-Zala Basin consists of antiformal and synformal structures bounded by normal and reverse faults. It is filled in its deepest parts by more than 4000 m of clastic sediments from the late lower Miocene upwards. It represents one of the western basins of the Pannonian Basin System. The coal-bearing Mura Formation is of the Pontian age. It is more than 1000 m thick and consists of marls, silts and sands, and of numerous (10–30) beds of brown coal which are relatively thin. The coal-bearing depositional system is clearly paralic. Original peat-lands developed in freshwater environments while bulk sedimentation in-between (according to paleontological investigations of the *Ostracoda* microfauna) took place under influence of brackish waters. Well ascertained coal beds are only those in a restricted area (ca. 60 km²) between Lendava (Slovenia) and Mursko Središće (Croatia), where the coal beds dip almost from the surface (under 10–20 m of Quaternary gravel) downwards to depths of not more than 400 m. The whole coal-bearing bed-set in the Lendava area is about 130 m thick but contains only three coal seams which are generally 1.0–2.2 m thick. At the "as received basis" (25–30 % moisture content, 15–20 % ash yield), the net calorific value of the Lendava coal reaches ca. 14.5 MJ/kg, and the average sulphur content is ca. 1.6 %. The Mursko Središće coal is of a similar quality.

Tectonic structure of coal beds is simple and uniform. In the Ormož-Selnica Antiform (which continues to the Budafa – Lovász Antiform in Hungary), strata inclination follows gentle flanks of this antiform and similar is true

for other sinforms and antiforms throughout the Mura-Zala Basin. Several very small collieries were in operation in the area of the Ormož-Selnica Antiform between the 1850s and 1970s. The only a little larger was the Mursko Središće colliery, with the highest production of 170,000 tonnes in 1965, and closed in 1972.

Coal beds in the broader area of NE Slovenia (ca 1000 km²) are not explored enough. They were encountered by almost all deep oil, gas, and hydrogeological wells but these wells were not core-drilled. The existing data are originating only from master-logs and geophysical logs, by which, coal thicknesses are most probably exaggerated – telling us about thicknesses of single coal beds of 4 metres and even more. Therefore, realistically speaking, if analogy with the Lendava coal-bearing area is taken into consideration, and taking into account that the coal seams thicker than 1 m are in total 5 m thick, than the total coal resources (at the 1.3 t/m³ density) in the entire NE Slovenia amount to around 6500 Mt. In terms of energy, at calorific value of coal of 14.5 MJ/kg, it represents nearly 10¹⁴ MJ of energy stored.

Uvod

V 70-ih letih prejšnjega stoletja je svet zajela energetska kriza, ki je z dvema »naftnima šokoma« močno prizadela oskrbo z nafto in dvignila ceno le-te na takratnih izredno visokih 40 ameriških dolarjev za sodček (za primerjavo, danes, v letu 2011, je okrog 100 dolarjev). To je bil splošni vzrok, da smo tudi v takratni Jugoslaviji in Sloveniji v 80-ih letih pristopili k politiki zanesljivejše in znatnejše oskrbe z domačimi energetskimi viri, med katerimi je igral najpomembnejšo vlogo premog, pa tudi domača nafta in plin. V tem kontekstu je prišlo do obširnih raziskav premogov tudi na območju severovzhodne (SV) Slovenije in sosednje severozahodne (SZ) Hrvaške. Na slovenski strani je bilo kot najperspektivnejše izbrano območje med kraji Lendava – Petišovci – Pince – Benica – Murski gozd. Premogonosne plasti na tem območju predstavljajo nadaljevanje tovrstnih plasti z območja Murskega Središča na hrvaški strani, kjer je v preteklosti, do začetka 1970-ih let, deloval v celotnem tem prostoru SV Slovenije in SZ Hrvaške največji premogovnik. Premogovnik Mursko Središće je dosegel najvišjo proizvodnjo leta 1965, to je bilo 170.000 ton, zaprli pa so ga leta 1972.

V naslednjem desetletju, med leti 1981 in 1988, je bilo na prej omenjenem ozemlju južno in jugozahodno od Lendave, ki je zajemalo površino okoli 20 km², izvrtanih 25 strukturnih vrtin (oznake Pp in Bp), ki so bile globoke od 150 do 485 m. Dodatno je bilo izvrtanih še 27 tako imenovanih »projektantskih« vrtin z različnimi oznakami (Bo, Zp, Pk, V, Vk.), ki so bile globoke do 125 m, a večinoma nekaj deset metrov. Skupna dolžina prvo omenjene skupine vrtin je znašala 7.396 m, druge pa 1.128 m, v celoti torej 52 vrtin skupne dolžine 8.524 m. Za poizkusno odpiranje premogovnika je bilo med leti 1986 in 1988 izdelanih 420 m odpiralnih rudarskih del, to je dveh vpadnikov in proge v sloju premoga. Tako obsežen obseg raziskav z vrtnjem, podrobna geološka obravnavava jeder vrtin, spremljajoča laboratorijska analitika, spremljajoče hidrogeološke in geomehanske raziskave, izvedena strukturno-geološka interpretacija plasti premogov in začetna odpiralna rudarska dela uvrščajo obravnavano ozemlje med najboljše raziskana območja nahajališč premogov v Sloveniji in hkrati tudi model za prognozo nastopanja plasti premogov in njihovih lastnosti v celotnem prostoru »Murske depresije« oziroma »Mursko-zalskega bazena«, kot ta strukturno-

-geološki prostor vse pogosteje imenujemo v zadnjem času.

Na sosednjem ozemlju SZ Hrvaške, na tako imenovanem območju Murskega Središča, je bilo na podobno velikem ozemlju kot na slovenski strani izvrtanih med leti 1984 in 1988 kar 66 do 400 m globokih vrtin skupne dolžine 12.758 m in izdelan je bil tudi končni elaborat o zalogah premoga (KRUK et al., 1988). Za plasti premogov na slovenski strani pa zaključni elaborat o zalogah ni bil nikoli naročen in izdelan. Zadnje obsežnejše geološko delo o premogih na območju Lendave tako predstavlja delo z naslovom »Študija montan-geoloških in hidrogeoloških razmer na območju bodočega premogovnika Lendava na podlagi rudarskih raziskovalnih del kot osnova za rudarski projekt« (MARIN et al., 1989a). Iz navedenega naslova je torej jasno razbrati, da se je v tistem času nameravalo dejansko že začeti s širšim odpiranjem premogovnika in tudi proizvodnjo, ki naj bi predvidoma znašala okoli 1 milijon ton premoga letno. V Enciklopediji Slovenije (ES, 1995, 9. zv, p. 293) je avtor karte nahajališč premoga in premogovnikov na Slovenskem I. LONGYKA odpiranje premogovnika na območju Lendave označil s krajevnim imenom Benica in dodal letnico 1989. Ta oznaka popolnoma ustreza krajevnosti (lokaciji) tamkajšnjih odpiralnih raziskovalnih rudarskih del, namenjenih poizkusnemu odpiranju premogovnika.

Zaradi padca cen zemeljskega plina in nafte, vprašljive rentabilnosti pridobivanja premoga in v zvezi z vse bolj izpostavljenimi vprašanji glede negativnih vplivov zaradi odkopavanja in rabe premogov na okolje in prostor, je zanimanje za izkoriščanje domačih premogov, predvsem v na novo odkritih nahajališčih, malodane čez noč močno upadlo. To se je zgodilo v letu 1988/89. Raziskave pri Lendavi so bile ustavljene dne 27. 2. 1989 na sestanku »Komisije začasno ustavitve rudarsko-geoloških raziskovalnih del v nahajališču rjavega premoga v Lendavi in za tehnični pregled rudarskih objektov in naprav predčasno zaustavitvijo rudarsko-geoloških raziskovalnih del«. Sestanek je bil omenjenega dne v Velenju in je bil zapisniško dokumentiran (REK RLV, 1989).

Za celotno SV Slovenijo je bila nato izdelana še študija z naslovom »Potencialna območja nahajališč premogov v severovzhodni Sloveniji« (MARIN et al., 1992). Iz omenjenih dveh del (MARIN et al. 1989a, 1992) je povzet velik del vsebine tudi v pričujočem prispevku.

Vprašanje, kako krajevno imenovati območje raziskav na premog na slovenskem ozemlju južno in jugovzhodno od Lendave, je bilo prisotno že v času samih raziskav. Uporabljala so se različna poimenovanja – tudi v naslovih posameznih poročil in elaboratov. Najpogosteje so bila to krajevna imena Petišovci, Benica, Murski gozd in Pince. Predlagamo, da v nadaljevanju imenujemo to območje po mestu in občini Lendava, za imenovanje posameznih predelov pa lahko uporabljamo kombinacije krajevnih imen, npr. Lendava – Benica, Lendava – Petišovci, Lendava – Pince, Lendava – Murski gozd itd.

V prispevku se omejujemo večinoma na opis nastopanja in lastnosti premogov pontijske starosti v Pomurju na ozemlju Slovenije. Ker pa del tu objavljenih geoloških kart in prerezov zajema tudi sosednje hrvaško ozemlje, vključno z nekdanjim premogovnikom Mursko Središče, smo se odločili, da prispevek objavimo v sodelovanju med slovenskimi in hrvaškimi geologi.

V uvodu naj pojasnimo še izraz »premogišče«, ki smo ga kar pogosto uporabljali v raznih poročilih in elaboratih. Z njim smo označevali celotno skladovnico plasti premogov in spremljajočih talninskih, vmesnih in krovinskih plasti, pri čemer so imele plasti premoga določen ekonomski pomen, kar smo ugotovili z različnimi geološkimi in rudarskimi raziskovalnimi deli, analizami in razlagami. Izraz »premogišče« je nekako sprejemljiv v rudarsko-ekonomskem smislu, ni pa to najboljši izraz v geološko-stratigrafskem in lito-facielnem smislu, v katerem je bolje govoriti o premogonosnih plasteh oziroma o premogonosnih členih znotraj posameznih formacij. Premogonosne plasti, ali, bolje, premogonosni členi, so torej sestavljeni iz plasti premogov ter spremljajočih »nepremoških« plasti.

Glede na raziskanost so premogišča (v smislu ekonomsko zanimivih območij premogonosnih členov) lahko geološko-prostorsko omejena, delno omejena ali pa neomejena. Za premogišče Lendava – če ga tako imenujemo – velja, da je omejeno le z izdanjanjem oziroma s plitvo ležečo kotno diskordanco ob obronkih Ormoško-selniške antiforme, v vse ostale smeri pa z raziskovalnimi deli ni omejeno. Zato menimo, da se plasti premogov, kot jih poznamo iz dobro raziskanega ozemlja južno in jugovzhodno od Lendave, razprostirajo še daleč v stran, leže pa znatno globlje.

Nekatere splošne značilnosti pontijskih premogov in premogonosnih plasti v Panonskem bazenu v Sloveniji

Najbolje raziskani območji pontijskih premogov v Sloveniji sta območji Lendave v Pomurju (pričujoči prispevek) in Globokega na severnem obrobju Krško-brežiškega polja (MARIN et al., 1989b; MARKIČ & ROKAVEC, 2002) (sl. 1), na Hrvaškem pa je to območje Murskega Središča (TAKŠIČ, 1967; KRUK et al., 1988). Za vsa ta tri območja, ki pripadajo v najširšem tektonsko-sedimentnem smislu jugozahodnemu obrobju Pa-

nonskega bazenskega sistema, je splošno znano, da so pontijske premogonosne plasti sestavljene iz večjega števila razmeroma tankih, od manj kot 0,1 do največ 2,5 m debelih plasti rjavega premoga (orto in meta-lignita) ter vmesnih decimetrsko, metrsko, do deset-metrsko debelih plasti klastitov, po zrnivosti od glin do peskov, ponekod, a redko, tudi prodov. Debelejše-zrnati klastiti pripadajo tako imenovanim silici-klastitom, po naše kremenovim peskom, drobnozrnati pa karbonatnim, prevladujoče kalcitnim klastitom, tako imenovanim karbonatnim meljem, karbonatnim glinastim meljem in laporjem.

Celotni pontijski premogonosni člen pri Lendavi je debel dobrih 130 m, vsebuje pa le tri debelejše plasti lignita – dve, ki sta debeli dobra 2 metra in eno, ki je debela dober 1 m. Poleg teh treh je razvita še cela vrsta (okoli 20) tanjših plasti lignita.

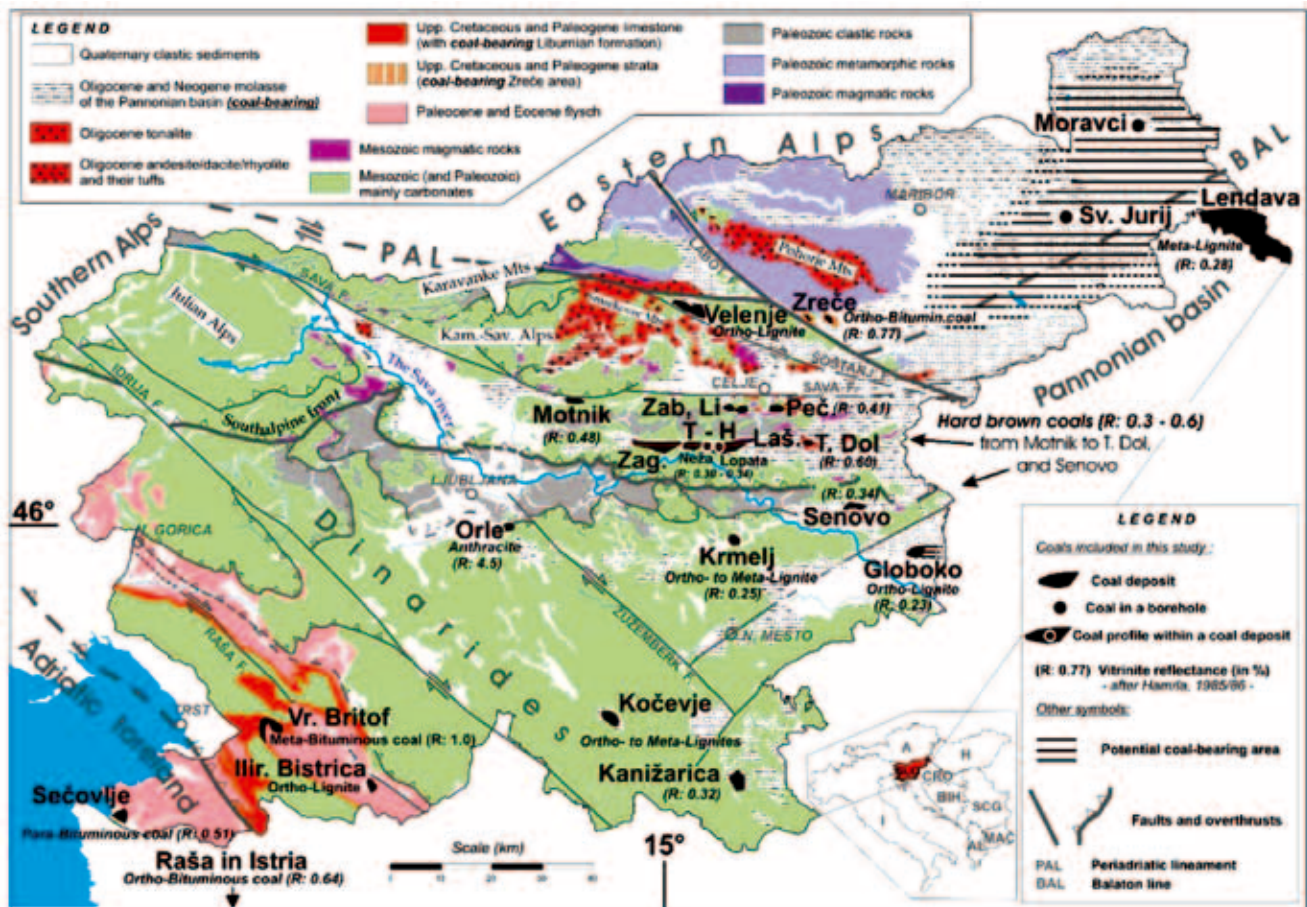
Kot plast premoga, ali plast kakršnegakoli drugega litološkega različka, upoštevamo vsako homogeno plastovito sedimentno enoto, ki je debelejša od 1 cm, medtem ko tanjše imenujemo lamine.

Na območju Globokega na obrobju Krško-brežiškega polja nastopajo plasti premoga v treh skupinah. Imenujemo jih spodnja, glavna in zgornja skupina plasti premoga, pri čemer je premog po stopnji karbonizacije (rangu) lignit. Med plastmi lignita nastopa zelo značilna simetrično ciklična klastična sedimentacija. Debeline posameznih plasti lignita so podobne kot pri Lendavi, do dobra 2 metra. Podobno velja tudi za število nad okoli 0,1 m debelih plasti lignita, ki jih je okoli 20. Celotna debelina premogonosnega člena s tremi skupinami plasti lignita in vmesnimi plastmi peskov, meljev, glin in laporjev znaša na območju Globokega dobrih 150 m (MARIN et al., 1989b; MARKIČ & ROKAVEC, 2002).

Med pontijskima premogonosnima členoma Lendave in Globokega torej obstoja kar veliko podobnosti, a tudi razlik (MARKIČ & GRAD, 1991). O razlikah med obema območjema naj povemo, da je lendavski lignit nekoliko višje stopnje karbonizacije, in sicer je to meta-lignit, globoški lignit pa je orto-lignit (MARKIČ et al., 2007). V Globokem so drobnozrnati sedimenti po mineralni sestavi nekoliko bolj glineni kot na območju Lendave. Za tektonsko zgradbo območja Globokega je značilnih kar nekaj tektonskih elementov, kot so normalni, reverzni in zmični prelomi, gube, fleksure in odebeljevanje sedimentne zapolnitve od severa proti jugu, v lendavskem prostoru pa tovrstnih deformacij malodane ni.

Nastopanje velikega števila tankih plasti premogov v razmeroma debelih skladovnicah premogonosnih plasti je značilno za paralična, to je obmorska okolja obsežnih (paleo)šotišč, bodisi z dejansko morskimi ali brakičnimi, lahko pa tudi z znatno sladkovodnim (zaradi dotoka rek) značajem vodnega okolja (*sensu* DIESSEL, 1992, p.16).

Paralična šotiščna okolja so se razvijala časovno ciklično, v fazah tektonsko-sedimentno in klimatsko ugodnih razmer uravnoveženja med ustvarjanjem sedimentacijskih prostorov zaradi bazenskega pogrezanja, prirastkom biomase in



Sl. 1. Karta nekaterih izbranih nahajališč premogov v kontekstu strukturno-geološke zgradbe Slovenije, sestavljene po različnih avtorjih. Karta nazorno prikazuje velik potencial zalog premogov v SV Sloveniji. Kamninska zgradba karte je grafično povzeta po konceptu Šolarja, Jagodica, Strgarja in Šajna (ŠOLAR, 1999; ŠAJN, 1999), tektonska zgradba večinoma po PLACER-ju (1998), vrednosti za odsevnost vitrinita premogov pa po HAMRLI (1985/86); (IZ: MARKIČ, 2007; MARKIČ et al., 2007).

Fig. 1. Selected coal deposits in Slovenia on a simplified geological map compiled from 23 sheets and guidebooks of the Basic Geological Map of Yugoslavia 1 : 100.000. Shown is high coal potential in NE Slovenia. Lithology on the map is from ŠOLAR (1999) and ŠAJN (1999), tectonics after PLACER (1998), and vitrinite reflectance data after HAMRLI (1985/86) (compilation by MARKIČ et al., 2007). In NE Slovenia, thin coal layers are known from numerous boreholes, but only two are shown on the map (for all boreholes see Figs. 16 and 18). Due to different strata inclination, black areas showing the coal deposits are not representative in sense of coal deposit dimensions and reserves, respectively.

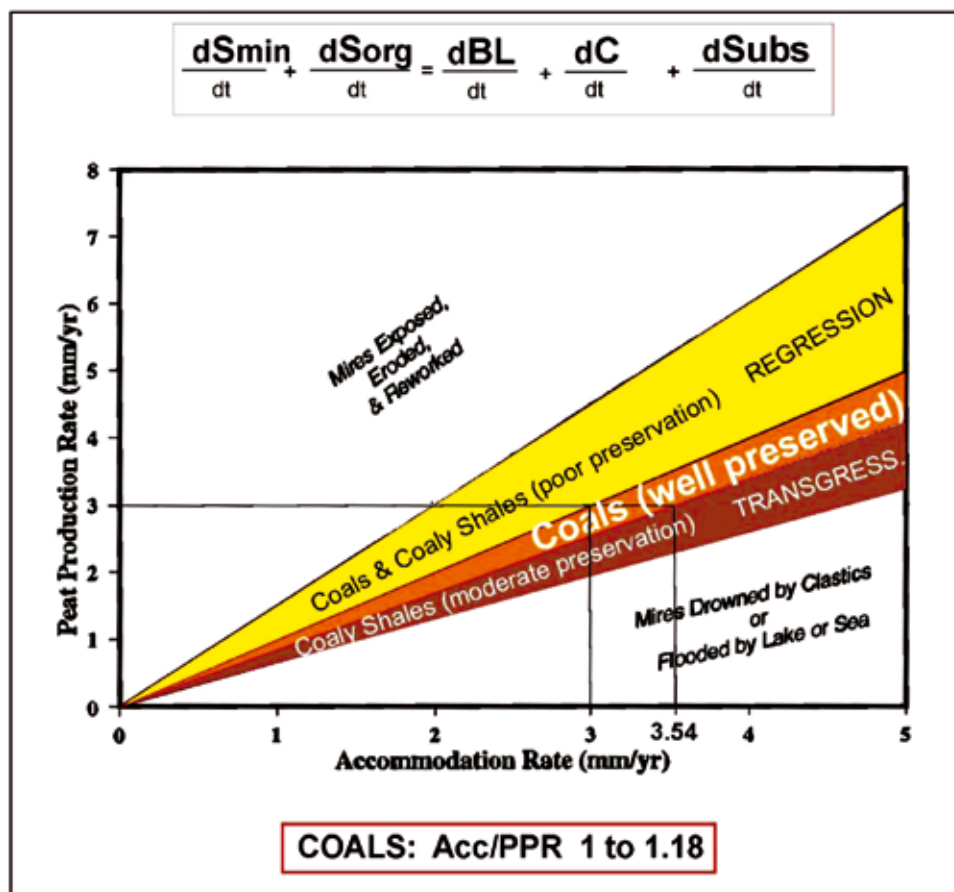
njenim ohranjanjem v vodno-sedimentacijskih okoljih. Nastanek paraličnih premogov v tej luči sta teoretično, v smislu sekvenčne stratigrafije, razložila BOHACH & SUTER (1997). Iz njenega članka tu prikazujemo le enega od njenih ključnih diagramov (sl. 2). Omenimo naj še, da je za paralična okolja premogonosnih členov lahko značilno diferencialno pogrezanje, torej različna dinamika pogrezanja v različnih predelih danega sedimentacijskega prostora in v različnih časovnih obdobjih (NEMEC, 1988; za Globoko MARKIČ & SKABERNE, 1993).

V obeh primerih pontijskih premogonosnih členov, Lendave in Globokega, je bila njihova starost določena na podlagi ostrakodne mikrofavne, ki jo je v številnih vrtnah, predvsem v vmesnih karbonatnih drobnejše-zrnatih plasteh določala in v poročilih (arhiv GeoZS) podrobno dokumentirala Živadina ŠKERLJ. Še posebej je želela, da bi z vrtnami na premog na obeh območjih prevrtali tudi starejše panonijske plasti in skušali določiti mejo oziroma prehod med panonijskimi in pontijskimi plastmi, a nam to žal ni uspelo. Omenjeni prehod ostaja na ozemlju Lendave in Globokega torej še vedno odprto vprašanje, bil pa je ugotovljen v vr-

tini PsV-1/83 pri Presiki (ŠKERLJ, 1987). Litološko gledano velja, da so pontijske plasti pri nas razvite bolj peščeno kot spodaj ležeče panonijske plasti, ki večinoma niso premogonosne. Panonijske in pontijske plasti širšega območja Globokega sta paleontološko nazadnje obdelala STEVANOVIČ in ŠKERLJ-eva (1985). Glavne rezultate večletnih biostratigrafskih raziskav zgornjega miocena in pliocena na območju Murske depresije je ŠKERLJ-eva (1987) opisala tudi v posebnem zbirnem poročilu, v katerem je med drugim priložila značilne litološke stolpce treh reprezentativnih vrtn, to je PsV-1/83 (Presika), Pp-22/85 (Lendava) in Mt-6/83 (Moravci) (glej opis za Presiko v nadaljevanju članka in sl. 8). V stolpcih je jasno prikazala premogonosne člene ter odseke z brakično oziroma sladkovodno ostrakodno mikrofavno.

Ž. ŠKERLJ-eva je nazorno ugotovila, da so šotišča (premogi) Lendave in Globokega nastajala v sladkovodnih fazah, vmesna sedimentacija klastitov z značilno brakično ostrakodno favno in brez znatnejših plasti premogov pa je potekala v brakičnih vodnih okoljih.

V celoti gledano so bila okolja nastajanja pontijskih premogov na sedanjem ozemlju Slovenije



Sl. 2. BOHACH & SUTER-jev (1997) diagram, ki prikazuje razmerje med hitrostjo nastajanja šote in hitrostjo širjenja sedimentacijskega prostora, v katerem nastajajo premogi oziroma premoške gline.

Fig. 2. BOHACH & SUTER's (1997) diagram showing the relationship between peat production rate versus accommodation rate decisive for formation of coals and coaly shales.

in Hrvaške okolja priobalnih ravnin Panonskega morja oz. Panonskega jezera (»Lake Pannon«) in delt pritekajočih vodá z menjavajočim se progradacijskim (v smeri proti centru bazena napredujočim) in retrogradacijskim (od centra bazena umikajočim) režimom sedimentacije. Glede na slanost/alkalnost so bila okolja v primeru prevladujoče morskih vplivov, med retrogradacijsko sedimentacijo, brakična, v času rečnih vplivov, med progradacijsko sedimentacijo, pa sladkovodna.

Splošno znano je, da je za premoge z brakičnim geokemičnim vplivom značilna razmeroma povišana (že nad 1 %) vsebnost skupnega žvepla (npr. STACH et al., 1982; TAYLOR et al., 1998; DIESSEL, 1992; in mnogi drugi), kakor ga ugotavljamo že z navadno kemično analizo premoga, podrobneje (za nekatere slovenske premoge ŠTURM et al., 2009) pa še z dodatno obravnavo oblik žvepla (sulfatnega, sulfidnega in organskega) in njegove izotopske sestave. To velja tudi za premoge na območjih Globokega in Lendave. Globoški lignit vsebuje 1–2 %, lendavski (upoštevaje tudi redke vzorce iz globokih vrtin SV Slovenije) pa okoli 1,8–2,5 % celotnega žvepla (preračunano na suho stanje) (po podatkih RKURMSV, 2002; v MARKIČ et al., 2007), vendar lahko celo do 3 % (MARKIČ et al., 2007 – tab. 2). Za primerjavo naj omenimo, da vsebujejo/so vsebovali v Sloveniji večje vsebnosti žvepla, 2,5–4 %, v celoti gledano nekateri oligocenski »zasavski« premogi (Trbovlje, Hrastnik, Senovo), pliocenski premog v Kanižarici, in mio-pliocenski premog v Kočevju. Ekstremne vsebnosti žvepla so imeli tako imenovani kraški oziroma primorski premogi v Dinari-

dih (npr. Sečovlje 11,3 %, podobno tudi Vremški Britof, Lipica, Raša na Hrvaškem) (HAMRLA, 1959; MARKIČ et al., 2007).

Relativno višje vsebnosti žvepla so tudi sicer značilne za morske sedimente v primerjavi s sladkovodnimi (BERNER & RAISWELL, 1983, 1984). Povprečna koncentracija žvepla je v današnji morski vodi približno 240-krat večja kot v rečni vodi (za primerjavo: Na je v morski vodi okoli 1715-krat več kot v sladki vodi, B 340-krat, Mg 315-krat, K 170-krat in Sr 160-krat) (DIESSEL, 1992, tab. 5.7; po WEDEPHOHL-u, 1969 in WARBROCKE-u, 1981).

V sosednji Avstriji so največje zaloge lignita v Dunajskem bazenu in sicer gre za zgornjemiocenski lignit, ki je visokopepeln, vsebuje kar okoli 4–12 % žvepla (preračunano na suho stanje) in kaže v karotažnih zapisih znatno radioaktivnost, kot posledico znatnih vsebnosti urana (77–100 g/t) (BECHTEL et al., 2007; podatek za U po BRODA et al., 1956).

Glede žvepla naj omenimo, da vsebujejo evropski »čisti« ligniti, ki jih v največji meri danes odkopavajo v Nemčiji (s proizvodnjo okoli 200 Mt lignita letno je ta največji svetovni proizvajalec lignitov) izredno malo žvepla, pod 0,2 %. Nizke so tudi vsebnosti pepela, pod 10 %, vsebnost vode v »in-situ« stanju pa znaša okoli 50 %. Podobno velja za nekatere lignite na Češkem. V naši energetski rabi je podobne kakovosti glede žvepla in pepelnosti indonezijski rjavi premog, ki ga kuri TE-TO Ljubljana.

In zakaj so pri nas, v Sloveniji, vsi terciarni premogi razmeroma visoko-pepeln in vsebujejo

razmeroma veliko žvepla? Odgovor je v tem, da so večinoma nastali iz nizko-ležečih (topogenih) šotišč z znatnim dotokom anorganskega materiala, z bolj ali manj posrednim/neposrednim vplivom brakičnih vodá in, v primeru medgorskih (intramontanah) sladkovodnih premogišč, da so le-ta večinoma razvita v regionalno karbonatnih geoloških območjih. Vsi ti dejavniki so vplivali na razmeroma visoko alkalnost šotiščnih okolij. Zaradi teh razlogov kažejo nekateri naši premogi dokaj nazorne pozitivne povezave med bližino karbonatnih kamnin, sedimenti brakičnih okolij sedimentacije, vsebnostmi žvepla, stopnjo gelifikacije in vsebnostjo radioaktivnih elementov, predvsem urana (za velenjski lignit opisano npr. v MARKIČ & SACHSENHOFER, 2010).

Po najnovejši klasifikaciji ECE-UN (Energy 1998/19 document), ki razvršča premoge glede na stopnjo karbonizacije (»coalification rank«, po naše tudi tako imenovana »zrelost premogov«, kar pa ni najbolj ustrezen izraz – boljši izraz je »stopnja karbonizacije«) preide šota v lignit, ko količina vode v njej zaradi pritiska zgoraj ležečih sedimentov pade pod 75 % (preračunano na stanje brez pepela). Vsebnost vode nato skozi fazo zgodnje diagenoze organske snovi, oziroma začetne faze karbonizacije, katere rezultat je nastanek lignita (oziroma, po različnih izrazoslovjih, mehkega in medlega rjavega premoga ali premoga nizke stopnje karbonizacije), hitro upada. Pri okoli 25 % vlage ligniti oziroma rjavi premogi preidejo v stadij premogov srednje stopnje karbonizacije, najprej v tako imenovane sub-bituminozne (tradicionalno anglo-saško izrazoslovje) ali svetleče trde rjave premoge (tradicionalno nemško izrazoslovje, v rabi tudi pri nas) in nato še naprej v »črne« premoge. Zaradi omenjenega razpona v vsebnosti vlage, je vlaga za lignite boljši parameter stopnje karbonizacije, kot je to odsevnost huminita/vitrinita in boljši parameter stopnje karbonizacije od odsevnosti je tudi zgornja kurilna vrednost čiste organske snovi premoga (na stanje brez pepela in vode) (STACH et al., 1982; ALPERN et al., 1989).

Prostor SV Slovenije oziroma tamkajšnji prostor Panonske nižine, kar sta oboje geografska pojma, smo do pred kratkim v geološkem smislu večinoma imenovali Murska depresija, po hrvaško tudi »Murska potolina« (MIOČ & MARKOVIĆ, 1998a, 1998b;), za katero pa je veljalo, da se razteza tudi na ozemlje sosednje Madžarske, kjer so podaljške »slovenskega« dela Murske depresije imenovali Zala bazen. Ker gre za razmeroma enoten prostor s skupno pojasnljivimi geološkimi procesi njihove tektonske in sedimentno-okoljske geneze, se je v novejšem času uveljavilo poimenovanje tega geološkega prostora z imenom Mursko-zalski bazen (FODOR et al., 2002). Ne glede na omenjeni poimenovanji gre za enega od zahodnih obrobnihih bazenov tako imenovanega Panonskega bazenskega sistema, podobno kot sta to na primer Štajerski bazen in Dunajski bazen. Definiranje Mursko-zalskega bazena in predloga opustitve izraza Murska depresija so se pred nekaj leti lotili JELEN in sodelavci (2006). Ker me-

nimo, da je uvedba pojma Mursko-zalski bazen povsem umestna, in se je to ime dobro uveljavilo na primer tudi v novejših avstrijsko-madžarsko-hrvaško-slovenskih regionalnih hidrogeoloških projektih (LAPANJE, ustno), ga uporabljamo tudi v pričujočem prispevku.

Podrobnejši vpogled v celovito obravnavo tektonike, tektogeneze, sedimentne zapolnitve in stratigrafije Mursko-zalskega bazena nam ponujajo predvsem naslednja dela iz zadnjih 25-ih let: ŠKERLJ (1985), GRANDIĆ & OGORELEC (1986), ĐURASEK (1988), SADNIKAR (1993), GOSAR, (1996), KRALJ (2001), SACHSENHOFER et al. (1998), TOMLJEVIĆ & CSONTOS (2001), FODOR et al. (2002), JELEN & RIFELJ (2002), PREMUR (2005), JELEN et al. (2006).

Enostavneje je s pojmom Murska formacija. Izhaja iz naftno-geološke terminologije in so ga privzeli malodane vsi raziskovalci tega prostora. Ravno na Mursko formacijo so vezane tudi premogonosne plasti, o katerih govorimo v tem prispevku in kot jih najbolj poznamo na že omenjenih območjih Lendave, Murskega Središča, Presike, Moravec, pa tudi Slovenskih goric in Goriškega. Kako imenovati ta premogonosni člen v Murski formaciji, ki ga je na primer ŠKERLJ-eva (1987) opredelila, da je zgornjepontijske starosti, ga nekateri starejši raziskovalci (npr. PLENIČAR, 1954, 1968, 1970; TAKŠIĆ, 1967) vezali na horizont s školjko Unio Wetzleri in nekateri drugi na zgornje-kongerijske plasti, ter ga je TURK (1993) imenoval kot premogovni horizont v Murski formaciji je nekoliko odprto vprašanje. Naš predlog je, da ta člen enostavno imenujemo »**premogonosni člen v Murski formaciji**«. Morda bi ga lahko imenovali tudi »Lendavski premogonosni člen« (tudi člene, podobno kot formacije, po navadi imenujemo s krajevnim imenom), a odločitev o tem prepuščamo ustreznim stratigrafskim komisijam.

JELEN in sodelavci (2006) so svoji razpravi priložili osem stratigrafskih razpredelnic sedimentne zapolnitve »jugoslovanskega dela« Murske depresije, ki kažejo razvoj tovrstnih opredelitev, do katerih so v obdobju od 1950 do 1990 prišli različni raziskovalci. Najnovejša razpredelnica, ki se je držimo tudi v tem prispevku, je TURK-ova iz leta 1990. Objavljena je bila tri leta kasneje (TURK, 1993).

Splošno gledano ležijo plasti premoga v pretežnem delu Mursko-zalskega bazena razmeroma globoko pod površino, oziroma je razmerje med nepremoškimi in premoškimi plastmi zelo veliko, kar seveda zmanjšuje pomen tukajšnjih plasti premoga s stališča konvencionalnega rudarjenja z odkopavanjem premoga. Tudi globoko ležeče plasti premogov, ki niso primerne za izkoriščanje z ustaljenimi rudarskimi metodami odkopavanja in jih imenujejo v anglosaški literaturi »unmineable coal seams«, pa niso povsem brez ekonomskega pomena. Meni se namreč, da bi bile tovrstne plasti primerne za energetska izkoriščanja z nekaterimi novimi tehnologijami, kot so podzemno uplinjanje premoga, vtiskanje ogljikovega dioksida in izkoriščanje metana iz plasti premogov. Zato imajo razvite dežele za tovrstne plasti pre-

mogov večinoma tudi izdelane študije o njihovem geološkem nastopanju, petroloških lastnostih in energetskem potencialu. Premog, ki naj bi ga v energetske (in morda tudi nekatere druge) namene izkoriščali z uporabo novih tehnologij, imenujemo »novi premog« (»new coal«). Tem dejstvom in usmeritvam se skušamo torej približati tudi z nekaterimi temeljnimi geološkimi podatki v pričujočem prispevku.

Pomembno je upoštevati, da se je večina dosejanih ocen zalag nanašala na možnosti konvencionalnega rudarjenja, torej na rudarjenje z odkopavanjem premoga bodisi podzemno bodisi z dnevnimi kopi. Območja globlje ležečih plasti smo imenovali kot potencialna območja zalag oziroma virov premoga.

Metode geoloških raziskav na premog na območju Lendave

Premogišče Lendava je bilo na slovenski strani, kot že omenjeno v uvodu, raziskano s 25-imi do skoraj 500 metrov globokimi strukturnimi in 27-imi plitvimi »projektantskimi« vrtinami skupne dolžine 8.524 m. Največja vrednost teh vrtin je, da so bile v celoti izvrtane s pridobivanjem jedra. Izjemoma, le v nekaj vrtinah, jedro ni bilo pridobljeno v najbolj zgornjem delu prevrtanih plasti, to je v kvartarnem produ. Debelina kvartarnega produ znaša na tem ozemlju 7–13 m, celotno prevrtano zaporedje plasti pod kvartarjem pa so plasti pontijske starosti.

Vsa jedra vrtin so bila na terenu podrobno geološko popisana, nato izrisana v obliki litoloških stolpcev v merilu 1 : 200 ter večinoma opisana v poročilih o posameznih vrtinah. Med vrtinami so bili izdelani geološki prerezi ter v povečanem merilu še podrobni prikazi plasti premogov in njihovih lastnosti. Za pomembnejše tri plasti premogov (ena debeline dober 1 m in dve debeline po dobra 2 m) so bile izdelane strukturne karte v obliki izohips in karte debelin. Omenjene karte so služile za izračun zalag in za načrtovanje raziskovalnih rudarskih del. Podrobno geološko kartiranje so bile tudi plasti premoga in spremljajoče plasti, vidne v izdelanih raziskovalnih rudarskih delih. Skupna dolžina teh del je znašala 420 m.

Karotažne meritve so bile izvedene na 22-ih od skupno 25 strukturnih vrtin in dodatno še na 4-ih »projektantskih« vrtinah.

Premog iz jeder vrtin je bil analiziran v največji meri s tako imenovano standardno osnovno kemično analizo premoga, ki zajema določitev vsebnosti vlage, pepela, gorljivih snovi, hlapnih snovi in žvepla ter določitev kurilne vrednosti. Skupno je bilo opravljenih 147 takih analiz. Dodatno je bilo opravljenih še 84 analiz kemične sestave pepela (vsebnosti glavnih pepelotvornih prvin Al, Si, Ca, Mg, K ... v oksidni obliki).

Posebna pozornost je bila namenjena mikropaleontološkim preiskavam na ostrakodno mikrofavno. Iz malodane vseh strukturnih in tudi nekaj projektantskih vrtin je bilo skupno pregledanih pod mikroskopom 874 vzorcev (izpir-

kov) in za vsako vrtino je bilo napisano posebno mikropaleontološko poročilo.

Iz treh vrtin je bilo obdelanih tudi 95 palinoloških vzorcev.

Sedimentološke preiskave so zajemale kalcimetrijo in kompleksometrijo (skupaj 374 vzorcev), določitev težke in lahke mineralne frakcije (skupaj 200 vzorcev) ter granulometrijo (659 vzorcev). Samo v eni vrtini, Pp-2/81, pa so bile izvedene rentgenske mineraloške preiskave (11 vzorcev in vprašeni in v orientirani pripravi).

Za določitev različnih geomehanskih parametrov je bilo analiziranih 393 vzorcev, za določitev hidrogeoloških parametrov pa 91 črpalnih poizkusov. V ta namen je bila s filternimi odseki (kot piezometri) za ugotavljanje gladine in nihanja podzemne vode v različnih vodonosnikih opremljena dobra polovica (13) strukturnih vrtin in vse »projektantske« vrtine, med katerimi je bilo 6 vodnjakov.

Celoten fond izdelane strokovne dokumentacije o zgoraj navedenih delih in preiskavah hrani mo v obliki poročil, zaključnih študij in matrične grafične dokumentacije v arhivu sedanjega Geološkega zavoda Slovenije (GeoZS).

Osnovo za začetek raziskav z vrtanjem na premog na obravnavanem ozemlju so predstavljali dokaj številni stari podatki, še iz 19. stoletja, o pojavljanju in tudi manjšem izkoriščanju premoga na izdankih ob obronkih Ormoško-selniške anti-forme, v strugi reke Mure in v nekaterih plitvih jaških na območju Selnice in Peklenice, ki je že v 19. stoletju postalo znano kot nahajališče nafte – eno najstarejših v Evropi.

Še do danes eno temeljnih preglednih del o tako imenovanih »obmurskih nahajališčih nafte in plina« je napisal PLENIČAR (1954). V njegovem delu je med drugim za pričujoči prispevek o premogu zanimiva navedba, da so premog tukaj poznali že v času prvih začetkov »iskanja« in nato vrtanja na nafto. Po letu 1860 so v okolici Selnice in Peklenice namreč kopali za zbiranje nafte okoli 10 m globoke jaške, od katerih so bili nekateri prvotno namenjeni premogu. Iz najzgodnejšega obdobja raziskav na nafto in plin ter o tedanjem poznavanju premoških plasti navaja omenjeni avtor še zanimivo sklepanje madžarskega geologa Matyasovskega, ki je v te kraje prišel leta 1877. Menil je namreč, da je nafta povezana s plastmi premoga, kar pa se seveda kasneje ni potrdilo, vsaj ne za tovrstne plasti pri Lendavi. Plasti premoga nastopajo namreč v tako imenovani Murski formaciji, nafta in plin pa v Lendavski formaciji.

Številni podatki o plasteh premoga v pontijskih plasteh Murske formacije so bili pred pričetkom raziskav na premog pri Lendavi v 1980-ih letih znani tudi iz številnih vrtin na nafto in plin (zlasti v poljih Petišovci in Dolina), vrtin za skladiščenje plina, ter hidrogeoloških in hidrogeotermičnih vrtin. Plasti premoga v Murski formaciji so bile shematično prikazane v nekaterih geoloških profilih.

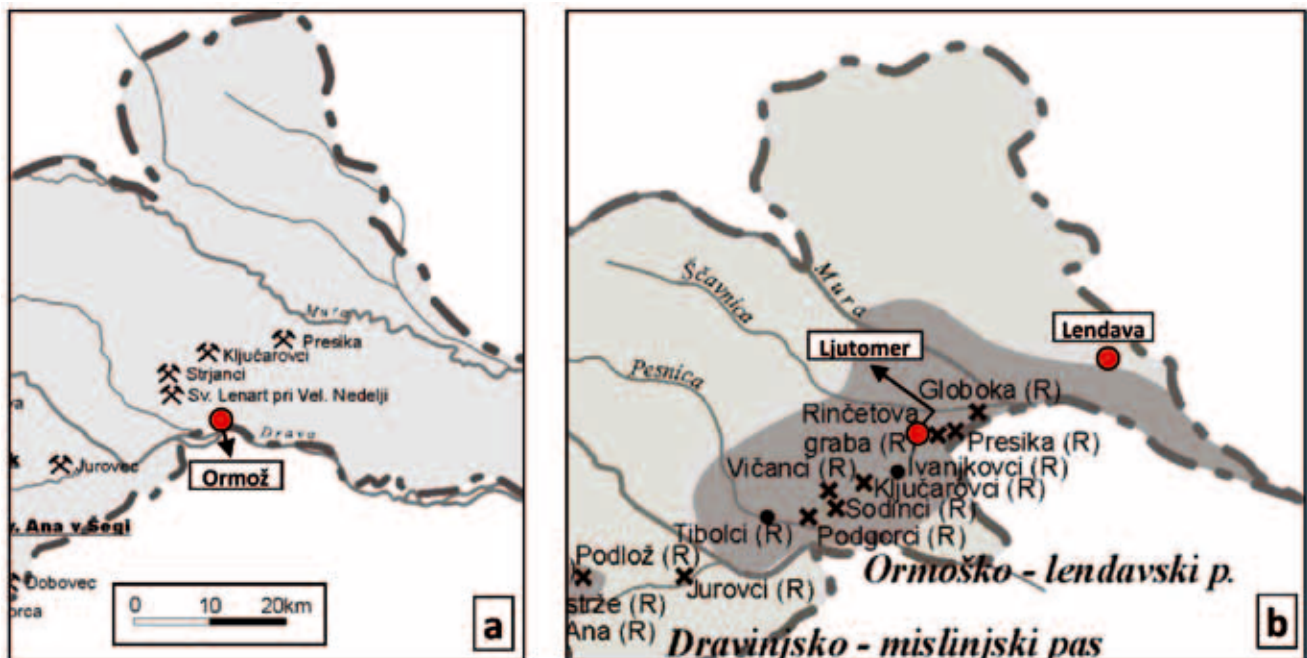
Opis posameznih bolj znanih nahajališč premogov, vezanih na Ormoško-selniško antiformo

V SV Sloveniji se v preteklosti nikjer ni razvilo pomembnejše premogovništvo, znano pa je, da je bila cela vrsta premogokopov in malih premogovnikov (sl. 3–5) odprta v danes tako imenovanih pontijskih plasteh vzdolž obeh kril v smeri SW-NE potekajoče Ormoško-selniške antiforme. Omenjeno strukturo so nekateri predhodni avtorji imenovali Ormoško-selniška antiklinala (npr. PLENIČAR, 1954; TAKŠIČ, 1967), v novejšem času pa se zanjo uveljavlja tudi izraz Ormoško-selniški antiformalni niz. Izraz antiformalni niz izhaja iz dejstva, da je bila antiformalna v času svojega dvigovanja zaradi regionalne kompresije (v post-pontiju) in kasneje (v pliocenu) razsekana v posamezne bloke, omejene z vzdolžnimi in prečnimi prelomi. V pričujočem prispevku bomo večinoma uporabljali izraz Ormoško-selniška antiformalna, kot sta ga na Osnovni geološki karti (OGK) Slovenije in Hrvaške 1 : 100.000 – List Čakovec in v pripadajočem tolmaču uporabljala tudi MIČ in MARKOVIĆ, (1998a, 1998b).

Različna imena nekdanjih odprtih rudarskih del na različnih kartah, ki zajemajo Ormoško-selniško antiformo (sl. 3–5), nam dejansko govorijo o tem, da so bili ti premogokopi majhni, z razdrobljenim lastništvom, da so služili večinoma za lokalne potrebe in, kar je morda bolj pomembno, da so premog našli malodane na vsakem mestu, kjer so v pasu ostalih premogokopov odprli novo rudarsko delo. Plasti premoga, ki so jih izkoriščali v teh premogokopih, najverjetneje pripadajo enotnemu horizontu, sestavljenemu iz več plasti premoga. Premog so odkopavali od površine proti globini, pod blagimi vpadi (do ~ 25°) in do majhnih glo-

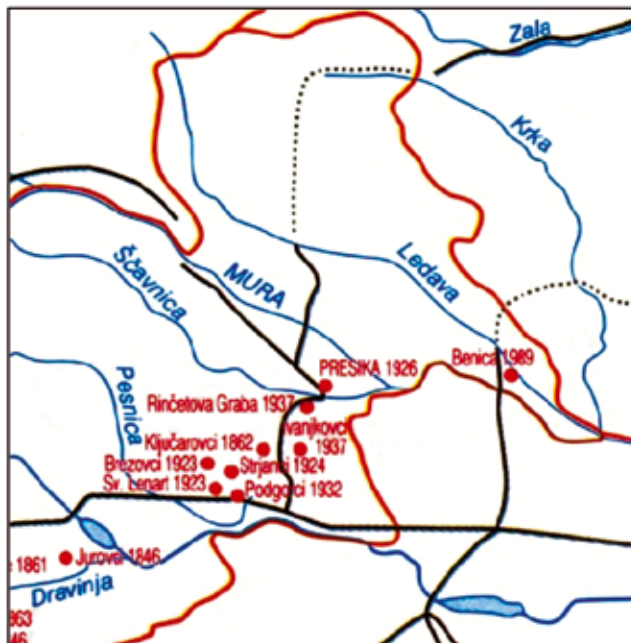
bin, ker so se nato začeli pojavljati povišani pritiski, ki jim niso bili kos, ter zlasti problemi z dotoki vode. Linija lokacij opuščenih premogokopov in premogovnikov na sl. 3–5 predstavlja v regionalnem smislu izdanično linijo premogonosnega člena v Murski formaciji, ki pa ga lahko morda imamo le za enega od številnih drugih potencialnih v celotnem Mursko-zalskem bazenu. Koliko premoga je dejansko v Murski formaciji v celotnem Mursko zalskem bazenu, kako je razvit (debelina, razprostranjenost, kontinuiranost plasti premoga itd.) in kakšna je njegova kakovost – tega še danes ne vemo, oziroma imamo o tem le indikativne informacije iz naftnih vrtin na podlagi drobcev izvrtanine in karotažnih diagramov. Na to vprašanje bi zanesljivo odgovorili le z vsaj nekaj globokimi vrtinami (med 600 in 1000 m) na jedro.

Karte na sl. 3–5 so podane v kronološkem zaporedju njihove izdaje po letu 1929. Najprej je prikazana »zemljepisna« karta (sl. 3a), ki jo je v časopisu Ilustrirani Slovenec 5. maja 1929 objavil V. BOHINEC (posredoval T. BUDKOVIČ iz privatnega časopisnega arhiva) in nato Jelenčeva iz leta 1953 (JELENC, 1953) (sl. 3b). Sledi podrobna »faktografska« karta (sl. 4), ki jo je izdelal I. LONGYKA (ES, 1995, 9. zv, p. 293). Naslednja sl. 5 prikazuje premogovnike na geološki karti OGK – List Čakovec (MIČ & MARKOVIĆ, 1998a) z jasno prikazano Ormoško-selniško antiformalno strukturo in »opuščenimi premogokopi« na njenih obronkih. Geološko karto tega ozemlja ter dva nazorna profila prečno na Ormoško-selniško antiformo je v svoji »klasični« razpravi o obmurskih naftnih nahajališčih objavil že PLENIČAR (1954), obsežno geološko dokumentacijo, ki večinoma ni bila objavljena, pa hranijo še podjetja, ki so raziskovala potencialnost plinsko-naftnih nahajališč in geotermalne energije v tem



Sl. 3. Dve starejši karti, ki prikazujeta opuščene premogokope oziroma manjše premogovnike v značilnem pasu od Ormoža proti Ljutomeru (a – po V. BOHINEC-u iz leta 1929; b – po D. JELENC-u iz leta 1953).

Fig. 3. Two older maps showing small abandoned collieries in a belt from Ormož towards Ljutomer (a – after V. BOHINEC, 1929; b – after D. JELENC, 1953).



delu Slovenije (Nafta – Lendava, Nafta - Geoterm, INA Zagreb).

V danes tako določenih pontijskih (${}_2M_r^2$) plasteh nastopajoče plasti premoga in njihovo razprostranjenost vzdolž severnega krila Ormoško-selniške antiforme je JELENC (1953) imenoval Ormoško-lendavski pas (sl. 3b), HAMRLA (1985/86) pa ga je

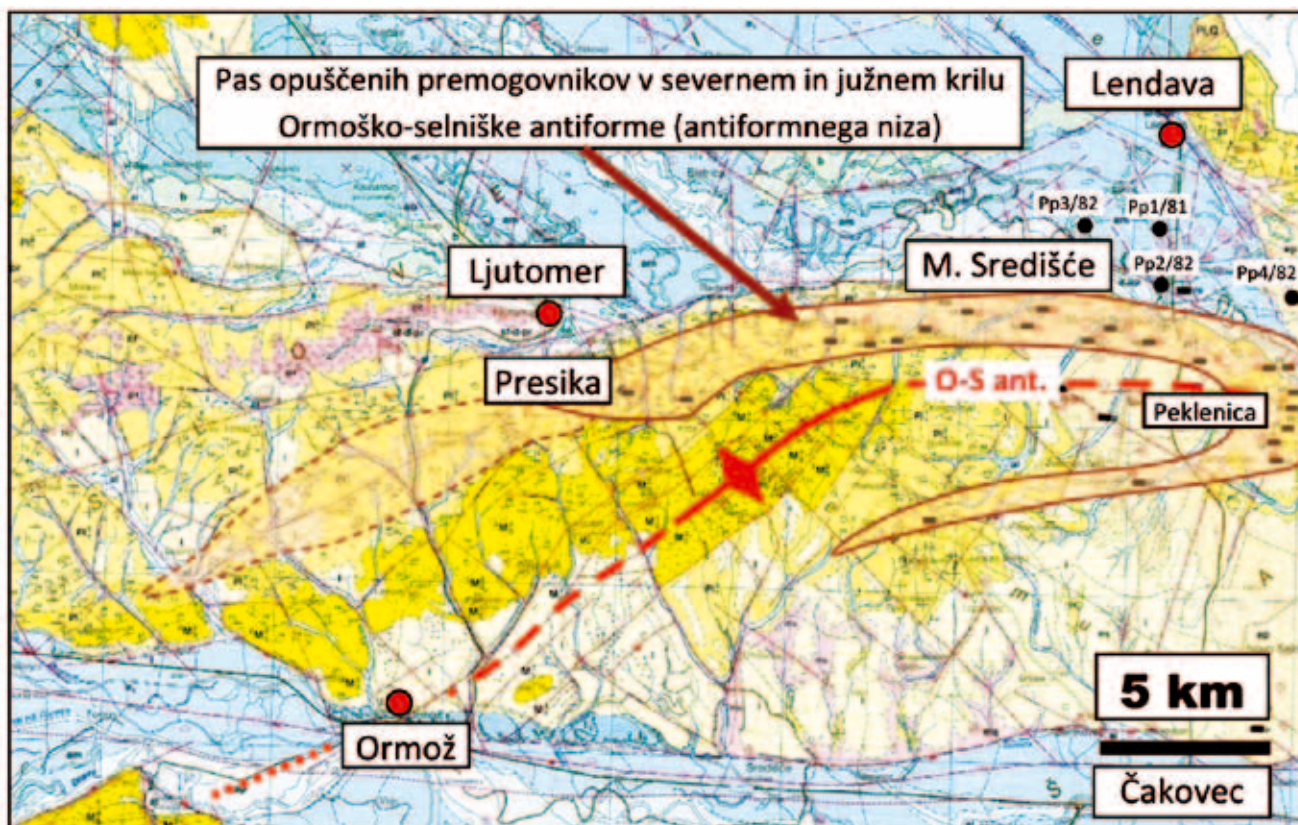
Sl. 4. Podobna karta kot na slikah 3a in 3b. Navedene so letnice začetkov odkopavanja premogov, ki sodijo večinoma v obdobje med svetovnjima vojnama. Najstarejši letnici imata Jurovci (1846) in Ključarovci (1862). Prikazana je tudi že Benica pri Lendavi, ki je bila odprta z raziskovalnimi rudarskimi deli med leti 1986 in 1989. (Avtor karte I. LONGYKA v ES, 1995, 9. zv, p. 293).

Fig. 4. Similar maps as in figs. 3a and 3b. Written are years, mostly from the first half of the 20th century when coal started to be excavated at the cited localities. However, the oldest openings of coal seams in the area date to the mid of the 19th century (Jurovci – 1846, Ključarovci – 1862). Note that Benica at Lendava is also marked on the map, where 420 m of underground exploration mine workings have been made between 1986 and 1988. (Author of the map: I. LONGYKA in ES, 1995, book 9, p. 293).

imenoval Ptujski premogovni pas. Temu pasu pripadajo tudi vsa tri pomembnejša nahajališča, ki jih bomo opisali v nadaljevanju – to so Presika, Mursko Središče in Lendava.

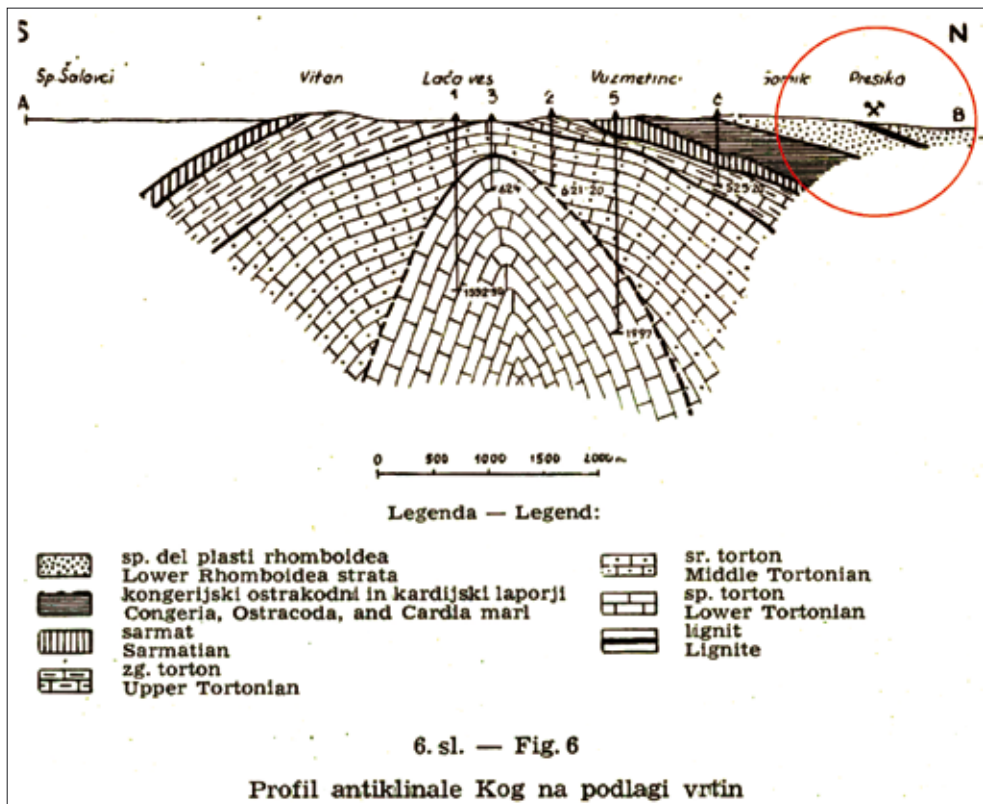
Presika

Premogovnik Presika (sl. 6 in 7) je bil največji premogovnik na slovenskem ozemlju v tako imenovanem Ormoško-lendavskem (ali Ptujskem) pasu. Po podatkih Krajevnega leksikona Slovenije (1980, IV. Knjiga) so premogovnik Presika odprli leta 1918, medtem ko LONGYKA (ES, 1995) navaja letnico 1926 (sl. 4). V Statističnih letopisih energetskega gospodarstva R. Slovenije najdemo zanj podatek, da je med leti 1953 in 1970 obratoval z



Sl. 5. Prikaz opuščanih rudarskih del na premog (črni kvadratici) v značilnem loku od Presike južno od Ljutomera proti Murskemu Središču in Peklenici (znani po nafti) ter »nazaj« do Vratišince in po južnem krilu Ormoško-selniške antiklinale (O-S ant.) proti Ormožu. »Premogovni pas« je označen z rjavo barvo. Geološka podloga je izsek iz OGK - List Čakovec 1 : 100.000 (MIOČ & MARKOVIČ, 1998a).

Fig. 5. Abandoned collieries (signed by black rectangles) in a characteristic arc following the flanks of the Ormož-Selnica anticline. The coal belt is in brown. Geological background and coal localities are from Basic Geological Map of Slovenia and Croatia in Scale 1 : 100.000 – Sheet Čakovec (MIOČ & MARKOVIČ, 1998).

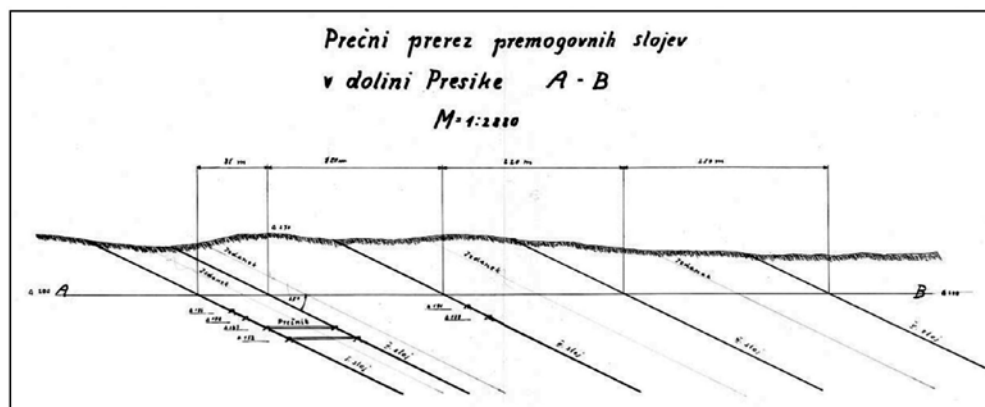


letnimi proizvodnjami med le 5.000 in 9.000 tonami. Na sl. 6 je prikazana situacija plasti premoga pri Presiki glede na zgradbo Ormoško-selniške antiklinale po PLENIČAR-ju (1954). Iz obdobja obratovanja premogovnika pa obstaja tudi pregleden geološko-rudarski opis premogišča, ki ga je napisal KARNIČNIK, (ok. 1965). Omenjeni avtor nas seznanja, da so premog v dolini Presike pridobivali že pred in med drugo svetovno vojno, da premogišče sestavlja pet plasti premoga (sl. 7), ki so debele do 1 m in da je to rjavi premog dobre kakovosti. Analiza vzorca premoga (KARNIČNIK, ok. 1965) je pokazala, da le-ta vsebuje pri 25 % vlage manj kot 17 % pepela in pod 1.6 % skupnega žvepla. Njegova spodnja kurilna vrednost znaša 3732 kkal ali 15,6 MJ/kg, kar je skoraj 26,9 MJ/kg na stanje brez vode in pepela. To je popolnoma enaka vrednost kot smo jo dobili tudi z analizo premoga iz vrtine TER-1/03 (globinski interval 141,0–155,0 m) (MARKIČ, 2003).

V Presiki so najgloblji vpadnik po sloju izdelali do kote +139 (s površine na koti +202). Proge

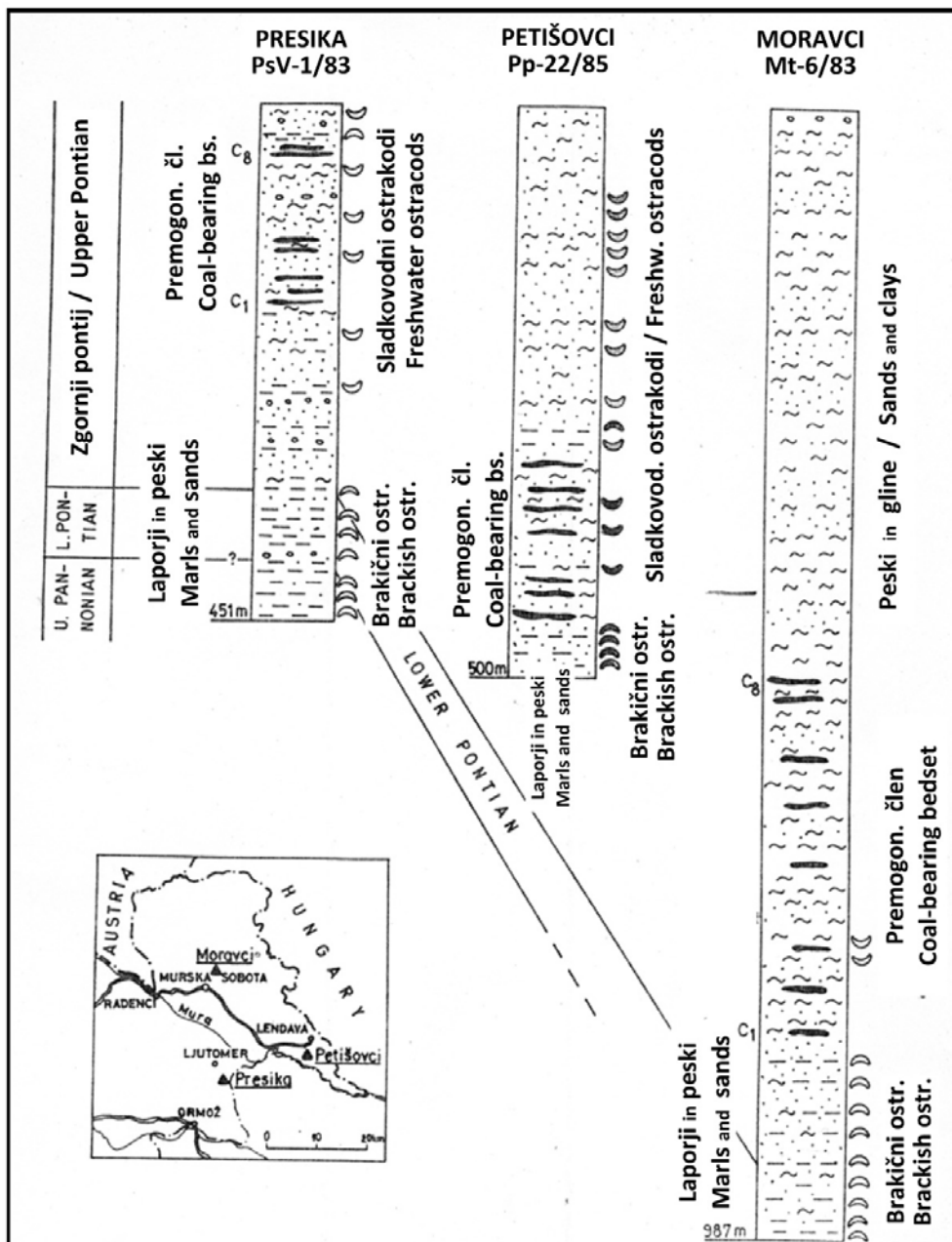
po sloju za pripravo odkopnih etaž, ki so bile štiri, pa so bile dolge več kot 1400 m. Premogišča niso nikoli raziskali z vrtinami, ker za to sami niso imeli denarja (KARNIČNIK, ok. 1965). Predvidevali so, da bi z rudarjenjem v večjih globinah naleteli na težave z dotoki vode iz peščenih plasti.

Omenili smo že, da je bila leta 1983 pri Presiki, v bližini tukajšnjega nekdanjega premogovnika izvrtana vrtina PsV-1/83. Globoka je bila 451 m, po pripovedovanju nekaterih kolegov je bila geološko popisana, a zanjo v arhivu GeoZS, kakor tudi v posameznih bazah ter seznamih, žal nismo našli niti litološkega popisa niti geološkega poročila. Obstoj pa o njej podrobno mikropaleontološko poročilo o rezultatih preiskav na ostrakodno mikrofavno v 90-ih vzorcih (ŠKERLJ, 1984) in tudi že omenjeni stolpec v sinteznem poročilu ŠKERLJ-eve (1987), v katerem je avtorica med seboj korelirala plasti iz vrtin PsV-1/83 (Presika), Pp-22/85 (Lendava) in Mt-6/83 (Moravci) ter v njih jasno prikazala premogonosne člene ter odseke z brakično oziroma sladkovodno ostrakodno mikrofavno (sl. 8).



Sl. 7. Lega slojev premoga in rudarska dela v premogišču Presika (KARNIČNIK, okoli leta 1965?). Prerez poteka približno od juga (A) proti severu (B) (op.p.). Nagib plasti je 25°. Globina najglobljšega rudarskega dela je okoli 100 metrov pod površino.

Fig. 7. Coal beds and mine workings at Presika (KARNIČNIK, 1965) in a cross-section running approximately from south (A) to north (B). Strata inclination is around 25°. The deepest mine working was ca 100 m underground.



Sl. 8. Korelacija plasti iz vrtin PsV-1/83 (Presika), Pp-22/85 (Lendava) in Mt-6/83 (Moravci) (ŠKERLJ, 1987).

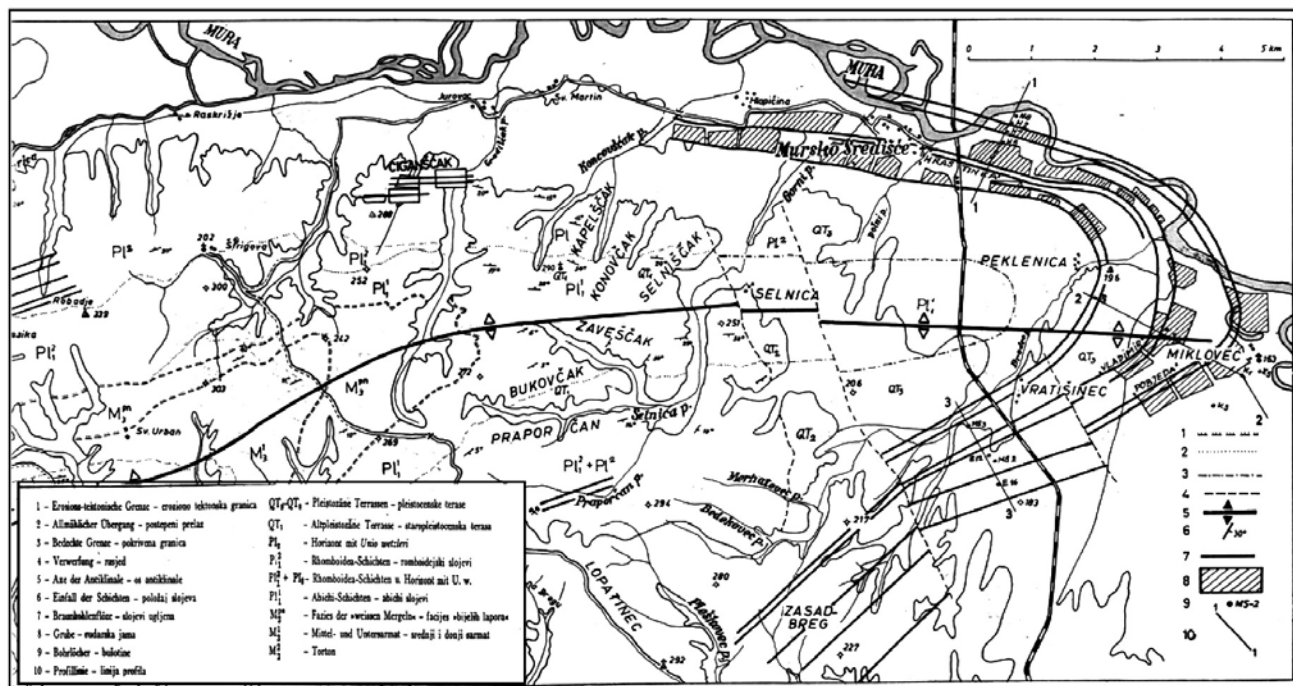
Fig. 8: Strata correlation between the boreholes PsV-1/83 (Presika), Pp-22/85 (Lendava) and Mt-6/83 (Moravci) (ŠKERLJ, 1987).

Mursko Središče

Hrvaški premogovnik Mursko Središče je bil največji obratujoči premogovnik na območju celotne Ormoško-selniške antiforne. Obratoval je od konca 19. stoletja do leta 1972. Največjo proizvodnjo je imel leta 1965 in sicer 170.000 ton (Kruk et al., 1988). Pregledno ga je opisal Takšič (1967) (sl. 9 in 10). Celotna skladovnica ekonomsko pomembnih premogonosnih plasti je na območju Murskega Središča debela 200 do 300 m in vsebuje okoli 30 plasti premoga. Premog je pridobivalo podjetje »Medjimurski ugljenokopi« in sicer z dnevnimi kopi in podzemno. Odkopavali so 6 do 7 slojev debeline od 0,5 do 1,2 m. Pri dnevnih kopih je odkrivko predstavljal 10 do 20 m (odvisno od površinske morfologije) debel kvartarni murski prod. Podzemna rudarska dela so po blagem vpadu plasti, okoli 15°, segala približno do dolžine 300 m od diskordantnega stika s kvartarnim prodom. Globlje rudarjenje pri tedanji ekonomiki

in tehnologiji ni bilo uspešno zaradi povišanih dotokov vode. To je bil tudi glavni vzrok za zaprtje tega premogovnika.

Do konca 1960-ih let je bilo v raziskovalnem območju premogovnika izvrtanih s površine okoli 330 vrtin, globokih večinoma med 100 in 150 m. Odkopavanje premoga naj bi se koncem šestdesetih let osredotočilo na območje vzhodno od Peklenice oziroma južno od Murskega gozda, za katero je bilo v okviru B zalag ovrednoteno, da ima premog spodnjo kurilno vrednost (na dostavljeno stanje) dobrih 15 MJ/kg in sicer ob skupni vlagi 34 % ter vsebnosti pepela 9 %. Do odkopavanja teh zalag ni prišlo, kot smo že navedli, pa je nadaljnjih 66 do 400 metrov globokih vrtin skupne dolžine 12.758 m nato Geološki zavod Zagreb izvrtal v 1980-ih letih. V elaboratu o zalogah premoga na območju Murskega Središča (Kruk et al., 1988) so zaloge izračunane za tako imenovane sloje I, Ia in II. Za navedene tri sloje je ugotovljeno, da znaša spodnja kurilna vrednost premoga v



Sl. 9. Strukturna karta premogišča Mursko Središče (TAKŠIČ, 1967).

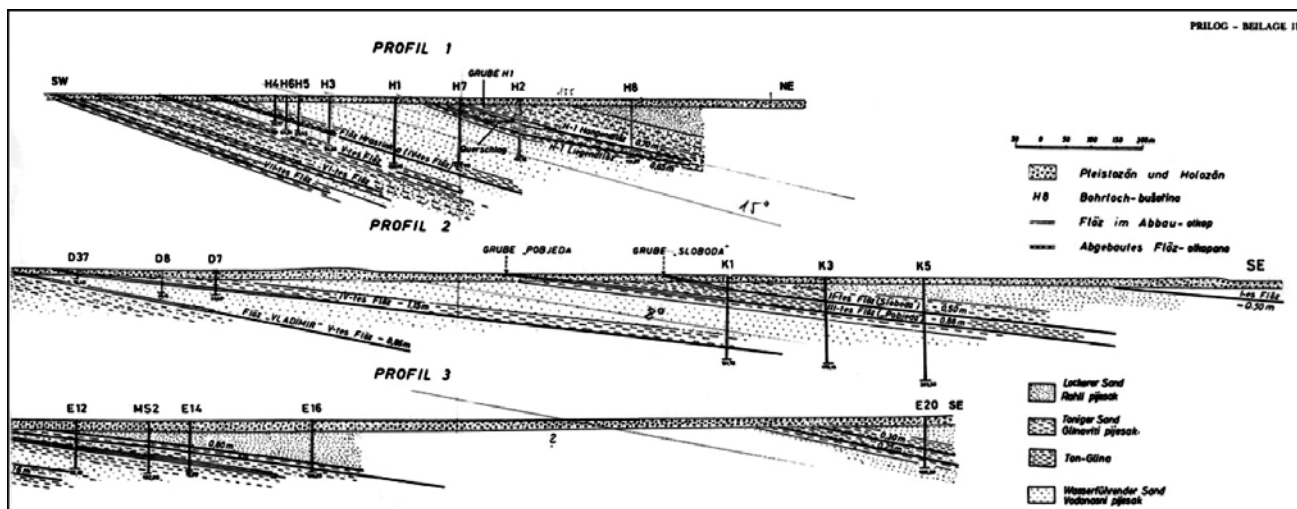
Fig. 9. Structural map of the Mursko Središče coal deposit (TAKŠIČ, 1967).

njih na stanje brez vlage in pepela (stanje »bvp«) 6000 do 6200 kcal/kg, kar ustreza 25,12 do 25,95 MJ/kg. Spodnja kurilna vrednost »čistega« premoga (brez jalovinskih vložkov) na dostavljeno stanje (pri 30–40 odstotni celotni vlagi in 15–20 odstotni pepelnosti) znaša po omenjenem elaboratu med 13,7 (sloj Ia) in 14,9 (sloj II) MJ/kg. Srednje vrednosti celotnega žvepla variirajo med 1,80 (sloj Ia) in 2,35 % (sloj I), od tega je »gorljivega žvepla« 75–80 % (med 1,40 in 1,75 %).

Lendava

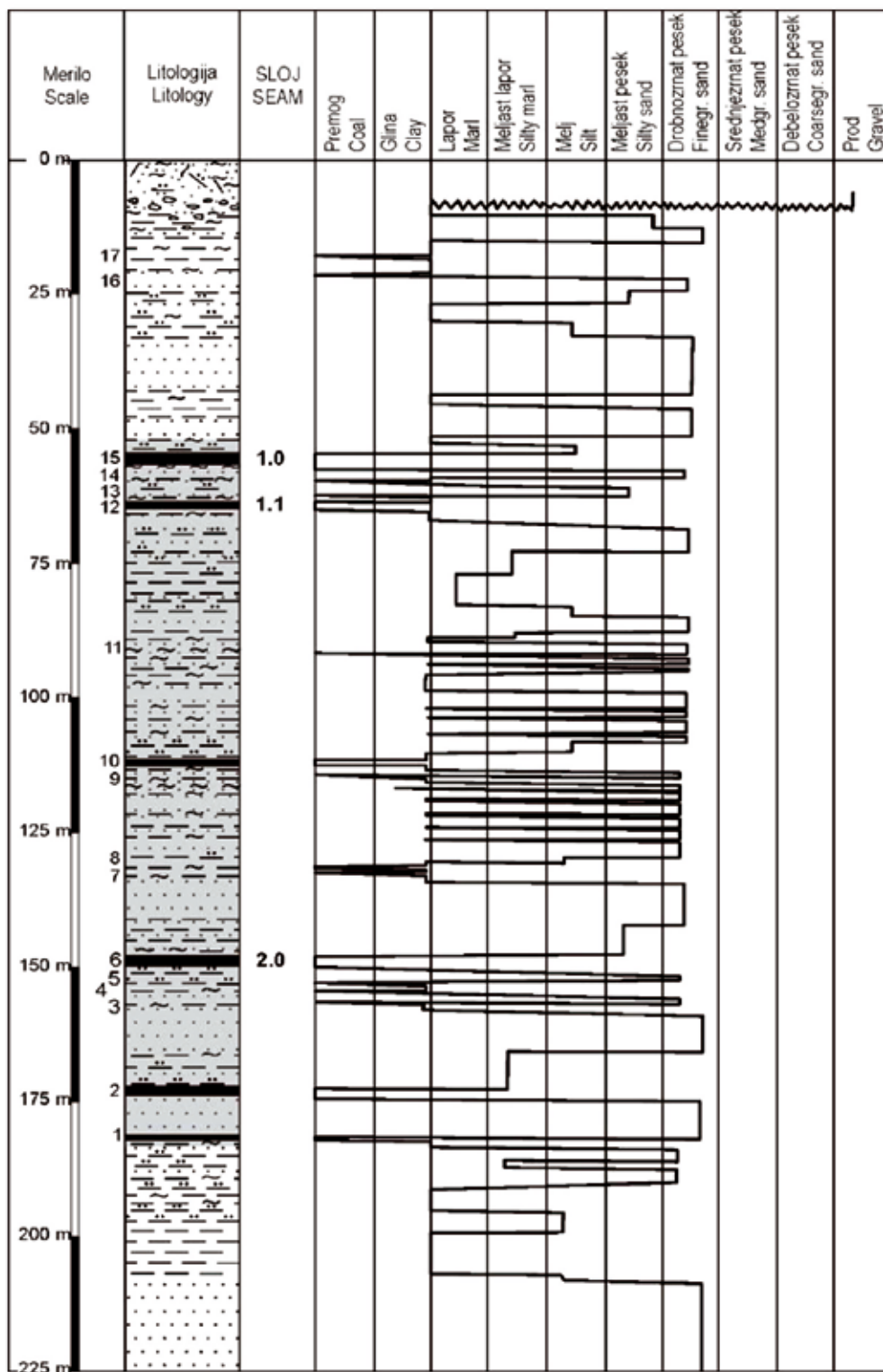
Na območju Lendava – Petišovci – Murski gozd so bili z raziskavami v 1980-ih letih ugotovljeni v Murski formaciji trije ekonomsko pomembni sloji rjavega premoga, imenovani z oznakami 1.0 (de-

belina 2,1 m), 1.1 (debelina 1,1 m) ter 2.0 (debelina 2,2 m). To so dejansko iste plasti premoga, kot so jih odkopavali v Murskem Središču, oziroma natančneje rečeno, iste plasti, kot so na območju Murskega Središča v elaboratu o zalogah (KRUK, 1988) imenovane kot sloji I, Ia in II. Zgornja dva sloja, 1.0 in 1.1, ležita v medsebojni razdalji 10 m, spodnji sloj 2.0 pa okoli 80 m pod njima. Celotni premogonosni člen (omenjene tri glavne premoške plasti, spremljajoče tanjše premoške plasti ter vmesni laporji in peski) je debel okoli 130 m. Značilen stratigrafski stolpec je prikazan na sl. 11, strukturno-tektonska slika premogonosnega člena v obliki strukturne karte in enega od značilnih prereзов pa je prikazana na sl. 12 (karta) in 13 (prerez). Strukturna lega plasti premoga je izredno enostavna, debeline plasti premoga so stalne, tako tudi njihove značilnosti, vključno z



Sl. 10. Značilni geološki prerezi premogišča Mursko Središče (TAKŠIČ, 1967).

Fig. 10. Some typical cross-sections of the Mursko Središče coal deposit (TAKŠIČ, 1967).



Sl. 11. Litološki stolpec pontijskih premogonosnih plasti v Murski formaciji na območju Lendave – posplošeno iz podatkov številnih vrtin. V stolpcu »litologija« so prikazane le debelejšje plasti premoga (MARKIČ & GRAD, 1991).

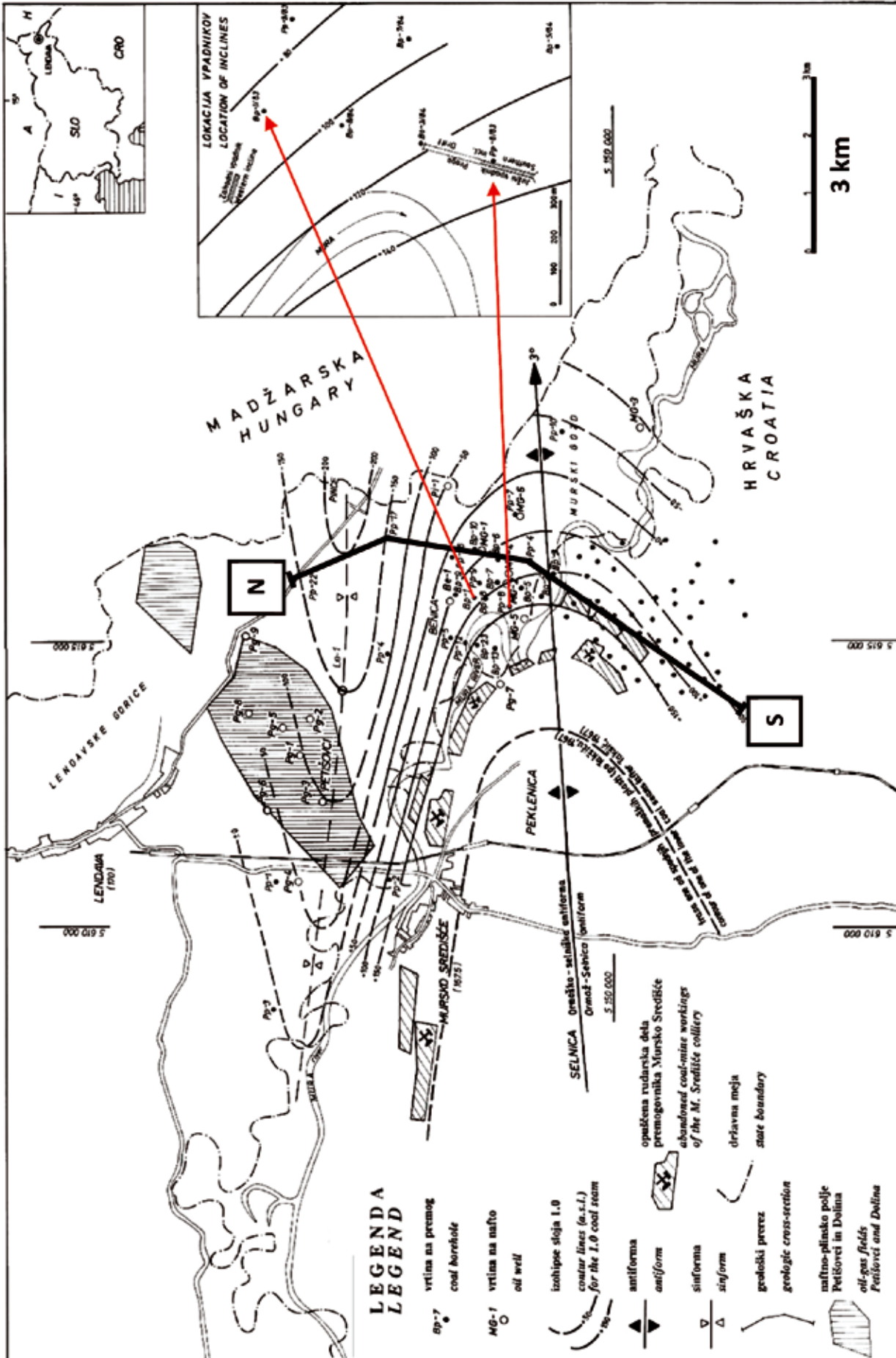
Fig. 11. Lithologic column of pontian coal-bearing strata within the Mura formation in the Lendava area – generalized from numerous boreholes. Only relatively thick coal beds are shown in the "lithology" column (MARKIČ & GRAD, 1991).

osnovnimi parametri kakovosti (kurilnost, vlaga, pepelnost).

Kot končni rezultat raziskav na premog na območju Lendave so MARIN in sodelavci (1989a) izračunali, da znašajo zaloge premoga vrste (A + B + C₁) + (C₂ + D₁) na območju Lendava – Petišovci – Murski gozd v treh glavnih slojih 1.0, 1.1 in 2.0 skupne debeline dobrih 5 metrov 150 milijonov ton (150 Mt). Od tega znašajo ugotovljene zaloge vrste (A + B + C₁) dobrih 20 Mt. Ocenjene so bile tudi domnevne zaloge vrste D₂ in sicer na 50 Mt. Tako lahko skupne geološke zaloge premoga vrste (A + B + C₁) + (C₂ + D₁) + D₂ samo v treh

glavnih slojih premoga na območju Lendave ocenimo na več kot 200 Mt.

Za glavne tri sloje premoga na območju jugovzhodno od Lendave je bila ugotovljena kakovost premoga, kot je prikazana v tabeli 1. Za žveplo so podatki podani za tako imenovano gorljivo žveplo. Za celotno žveplo (»gorljivo« in »v pepelu«) velja, da le-to znaša v povprečju za vse sloje 1,80 % (MARIN et al., 1992). V večjih globinah je kakovost premoga verjetno še višja, na kar kaže na primer podatek o premogu iz globine 781,5 m v vrtini MT-6/82, katerega spodnja kurilna vrednost je znašala kar 17,5 MJ/kg (pri 21,7 % vlage



Sl. 12. Strukturna karta premogovih plasti (za sloj 1.0) na območju med Lendava - Mursko Središće - Murski gozd (MARKIĆ & GRAD, 1991).
 Fig. 12. Structural map of coal seams (for the uppermost main seam 1.0) in the Lendava - Mursko Središće - Murski gozd area (MARKIĆ & GRAD, 1991).

Tabela 1. Kakovost glavnih treh slojev premoga v Murski formaciji na območju Lendava – Petišovci – Murski gozd. Vrednosti se nanašajo na »čisti« premog brez jalovinskih vložkov in so podane na dostavljeno stanje (MARIN et al., 1989). Spodnja kurilna vrednost je podana tudi na stanje brez vlage in pepela (»bvp«).

Table 1. Coal quality of the three main coal seams in the Mura Formation of the Lendava area. Values refer to »clean« coal (excluding non-coaly partings) and are given at the as received basis (»arb«) (MARIN et al., 1989a). Only net calorific value is given also at the dry, ash-free basis (»daf«).

	Sloj premoga (»čisti premog«) Coal seam (»clean coal«)		
	1.0	1.1	2.0
Vsebnost vlage (%) Moisture	25,90	29,45	26,05
Vsebnost pepela (%) Ash content	18,45	13,50	17,25
Vsebnost gorljivega žvepla (%) Content of combustible sulphur (%)	1,17	1,28	1,18
Spodnja kurilna vrednost (MJ/kg) Net calorific value (MJ/kg) (»arb.«)	14,46	14,37	14,53
Sp. kuril. vr. (MJ/kg) (»bvp«) Net calorific value (MJ/kg) (»daf«)	26,00	25,20	25,62

in 15,4 % pepela) ali dobrih 28 MJ/kg na stanje brez vlage in pepela (MARIN et al., 1992).

Kot kažeta strukturna karta in prerez na sl. 12 in 13, leže sloji premoga najgloblje v sinformi med Petišovci in Pincami, in sicer v globini okoli 300 (sloja 1.0 in 1.1) do 400 (sloj 2.0) metrov pod površino. Kot je razvidno iz stolpca, leže plasti premoga v sedimentih vrste glina/lapor – melj – pesek. Stopnja litifikacije narašča z zmanjševanjem zrnivosti in višanjem vsebnosti karbonatne komponente. Po podatkih iz vrtin so peski nesprijeti, melji in karbonatni melji so slabo do srednje sprjeti, laporje pa lahko lomimo z roko ali kladivom in se koljejo po ploskvah plastovitosti, kot je to značilno za večino terciarnih laporjev. Laporji so pomembni za določanje starosti plasti, ker prav ti vsebujejo dobro ohranjene fosilne ostanke (zlasti »uporabno« ostrakodno favno). Hidrogeološki in geomehanski podatki so zbrani v že omenjeni zaključni študiji (MARIN et al., 1989a) in v nekaterih separatnih poročilih. Debelina drobnozrnatih hidroizolacijskih plasti (laporjev in karbonatnih meljev) v neposredni krovlini in talnini posameznih slojev premoga je razmeroma majhna, od nekaj decimetrov do enega, dveh ali treh metrov, redkeje več (sl. 11 in 13). Pogosto pa so lahko v stiku s premogom tudi peski, ki sicer prevladujejo v večmetrskih debelinah v zaporedjih plasti med pomembnejšimi sloji premoga.

Iz do sedaj prikazanega geološkega gradiva je razvidno, da zaloge premoga v nobenem od obravnavanih nahajališč niso omejene, razen seveda z njihovo izdančno linijo. Glavna omejitev pri obravnavi zalog posameznih nahajališč je bila globina premoških slojev in s tem največkrat v zvezi predvidene težave z odvodnjavanjem. Tako je bila na primer za Lendavo – Murski gozd privzeta kot meja med bilančnimi in izvenbilančnimi zalogami globina 300 m. V primeru »starejših« premogov-

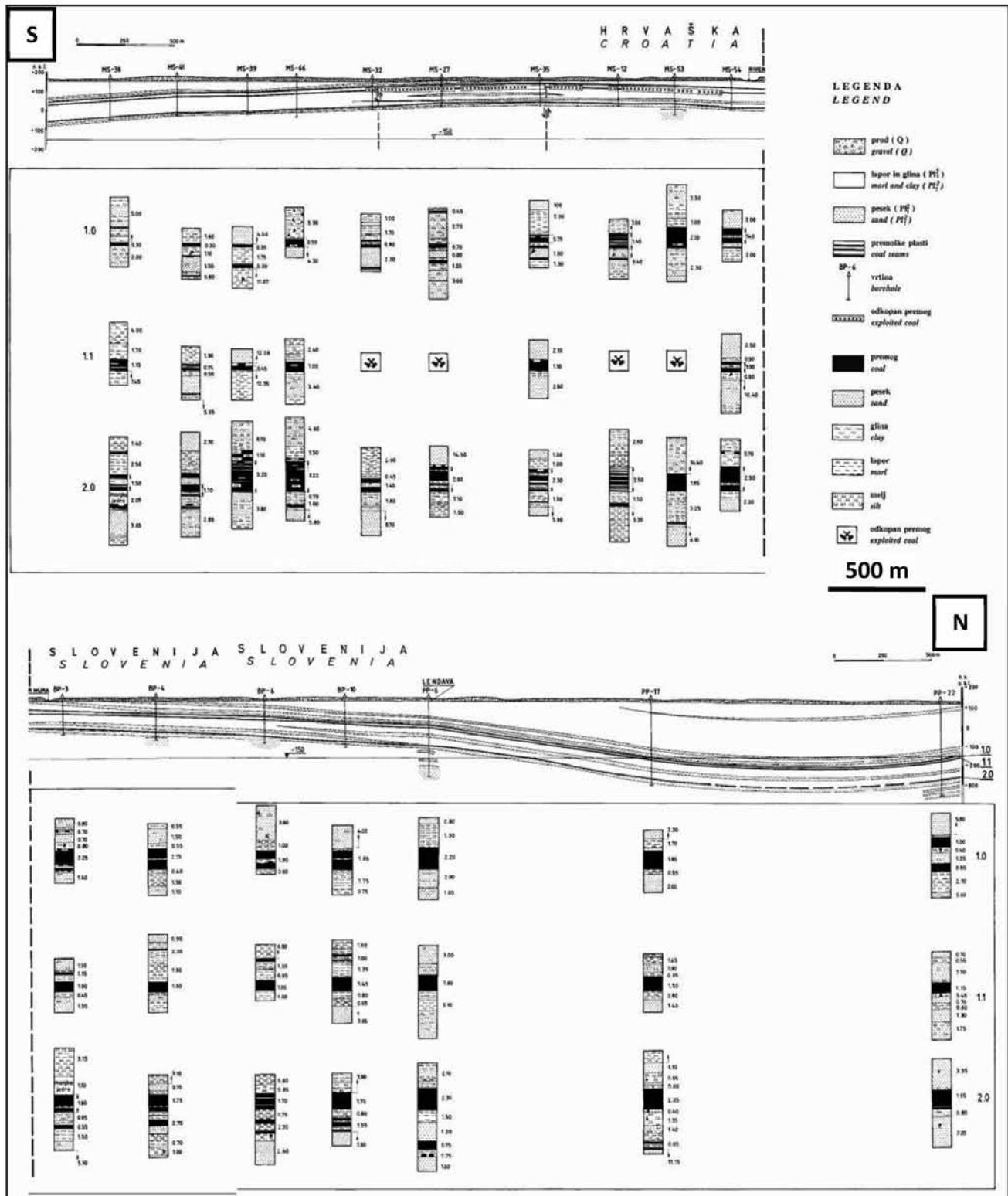
nikov je bila omenjena meja znatno »plitvejša«. Znano je, da se bilansiranje zalog na daljše časovno obdobje lahko spreminja. Med drugim je odvisno od metod in tehnologij rudarjenja, pa tudi nenazadnje od cene premoga.

Potencialne zaloge premoga v širšem prostoru SV Slovenije

Pregledno karto perspektivnih in potencialnih zalog premoga v SV Sloveniji je leta 1984 izdelal K. GRAD (sl. 14). Na njej je prikazal dve perspektivni območji – eno vzdolž severnega krila Ormoško-selniške antiforne, katerega premogovnike in območje raziskav Lendava smo že opisali, in drugo na območju od vzhodnega dela Slovenskih goric proti zahodnemu Goričkemu. To drugo območje do danes ni bilo preiskano z nobeno strukturno vrtino na premog, ki bi dejansko potrdila debelino, kakovost in geološko lego plasti premoga. Prikazuje pa GRAD (1984) na tem ozemlju štiri izdanke premoga – dva pri Pertoči in po enega pri Šalamencih (ali Pečarovcih po PLENIČAR-ju, 1970) in pri Puconcih. Za slednjega smo se pozanimali tudi pri kolegu T. LAPAJNE-tu, ki je pred kratkim (leta 2008/09) ravno izdeloval elaborat o zalogah kremenovih peskov za podjetje iz Pucconec. Izdanek smo na eni od kart dejansko našli in bi ga bilo mogoče enostavno najti tudi na terenu. Za ostale izdanke, ki jih navaja GRAD (1984), (še) nismo našli ustreznega dokaznega gradiva. PLENIČAR (1970; p. 29) navaja še izdanjanje črne premogovne glinice pri Ocincu (sl. 14).

V tolmaču OGC za List Goričko PLENIČAR (1970) piše, da je za nastopanje plasti premoga na Goričkem – in to velja tudi za celotno SV Slovenijo (op.p.) – pomemben horizont s polžem *Unio wetzleri* v zgornjem delu tako imenovanih *rhomboidea* plasti. Po TURK-ovi (1993) kronostratigrafski razpredelnici neogenskih plasti Murske udorine (po novem Mursko-zalskega bazena) je horizont *Unio wetzleri* istoveten s »premogovnim horizontom«, oboje pa je uvrščeno v spodnji del Murske formacije (sl. 15). Po PLENIČAR-ju (1954) je horizont *Unio wetzleri* na območju Lendave debel 400 do 500 m – in zato so bile, kot smo omenili že predhodno, do največ toliko globoke tudi tamkajšnje vrtine na premog v 1980-ih letih. Sklepamo, da je skupna debelina premogonosnih plasti *Unio wetzleri* debela nekaj sto metrov tudi na ostalem območju celotne SV Slovenije. Zagotovo to velja za območja tektonskih depresij (Ptujsko-ljutomerska sinforma in Radgonska depresija), medtem ko je na območju Mursko-soboškega masiva lahko debelina premogonosnih plasti manjša, vendar se najverjetneje v celoti ne izklinja.

Rhomboidea plasti so na Goričkem razvite pretežno peščeno in prodno in so torej rezultat rečne in (podrejeno) jezerske sedimentacije zaključnega zasipavanja panonskega bazena (PLENIČAR, 1970; KRALJ, 2001). Regionalno-geološko velja, da se v njih tanke plasti premoga nahajajo v vmesnih glinastih plasteh, ki so se usedale v jezersko-močvirskih okoljih obrežnih ravnin in/ali distal-



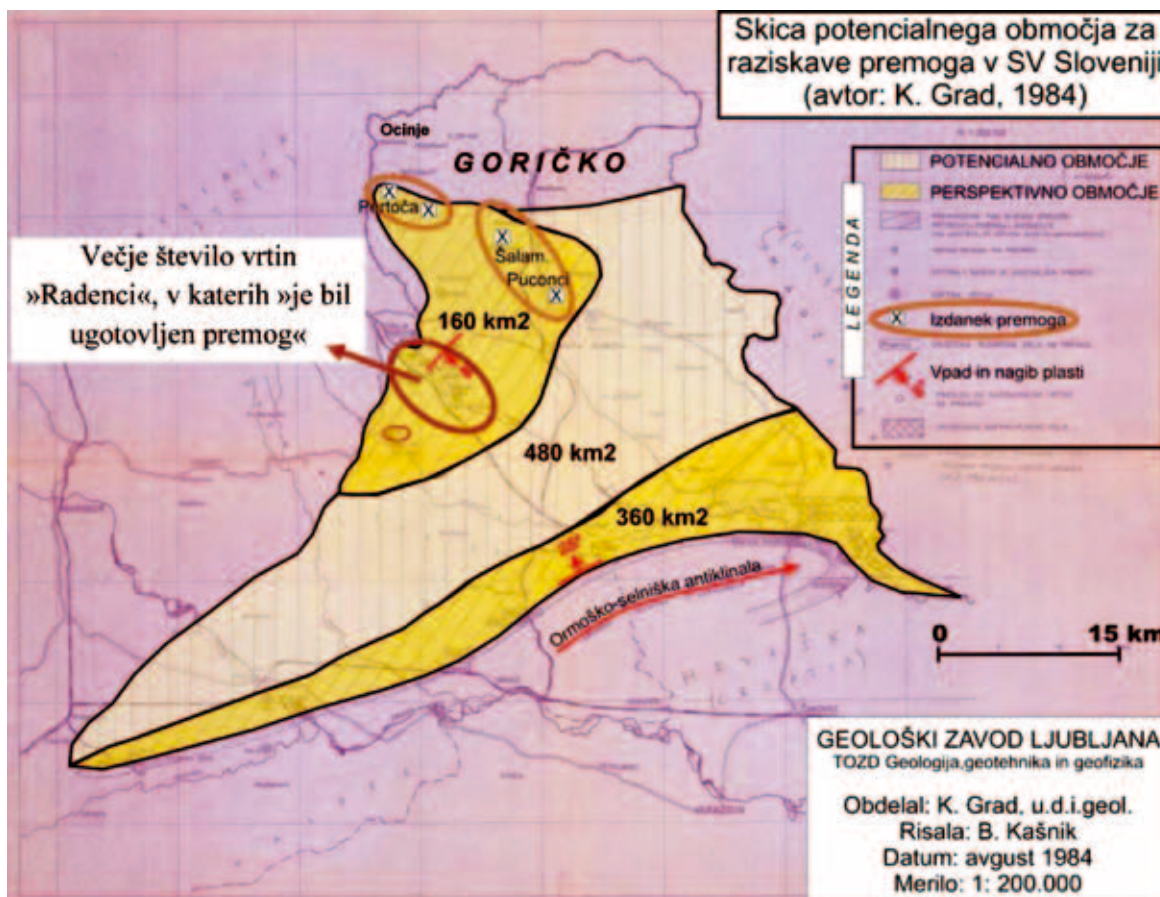
Sl. 13. Geološki prerez premogonosnih plasti na območju Lendava – Mursko Središče (označen na karti na sliki 12) od juga (zgoraj levo) proti severu (spodaj desno). Po podatkih iz vrtn so podrobno prikazani stolpci glavnih treh slojev premoga (1.0, 1.1 in 2.0) z njihovo neposredno talnino in krovino (MARIN et al., 1989a).

Fig. 13. Geological cross-section of the Lendava – Mursko Središče coal-bearing strata (see Fig. 12 for its direction) from the south (top left) to the north (bottom right). In detail, shown are columns for the three main coal seams (1.0, 1.1. and 2.0) and their directly underlying and overlying sediments.

nih predelov rečnih sistemov. Rečni peski in prodi so sedimenti visoko-energetskih okolij, medtem ko so gline, laporji in premoške plasti produkt nizko-energetskih okolij. Na območju Lendave in tudi v celoti na območju Ormoško-selniške anti-forme nimamo prodnatih, temveč le peščene sedi-

mente – vsaj kakor to velja v okviru prevrtanih in pri Murskem Središču tudi eksploatiranih premogonosnih plasti.

Za območje Goriškega, kjer v preteklosti ni deloval noben premogovnik, so razen podatkov o izdankih (sl. 14) znane samo navedbe, da nastopajo



Sl. 14. Pregledna karta območij zalog premoga v SV Sloveniji (neobjavljena karta iz arhiva GeoZS, avtor K. GRAD, 1984).

Fig. 14. A general map of potential (light brown) and perspective (brown) areas for possible coal reserves in NE Slovenia. Cross marks (within brown ellipses) south of Goričko indicate known coal outcrops. (Unpublished map by K. GRAD from 1984; archive of conceptual maps at the Geological survey of Slovenia).

v horizontu *Unio wetzleri* le decimetrski vložki lignita (PLENIČAR, 1970; p.16). Tako tanke plasti premoga na območju Goričkega gre v splošnem pripisati izrazitejši prodno-peščeni (višje-energetski) sedimentaciji na Goričkem, ki je za razvoj debelejših plasti premoga večinoma manj ugodna kot drobnozrnata (nižje-energetska) sedimentacija. O premogu na Goričkem pravi PLENIČAR (1970; p.29) še naslednje: »Ker podobni skladi srednjega pliocena (kot pri Murskem Središču, pri Ljutomeru in v Slovenskih goricah – op.p.) segajo tudi na območje Goričkega, domnevamo, da bi morali najti premog tudi na tem območju«. Od te preliminarnе ugotovitve naprej do danes ni bilo ugotovljenega nič bistveno novega.

Na območju Radencev je bila izvrtana cela vrsta vrtin za potrebe Radenske in tamkajšnjega zdravilišča. To so vrtine z oznakami T in V (ter številko in letnico). V arhivu GeoZS nismo dobili podatkov o litologiji teh vrtin, tako da bi se bilo glede tega potrebno obrniti neposredno na podjetje Radenska, ki je tudi lastnik teh podatkov. Vrtine »V« so bile globoke do okoli 300 metrov in na GRAD-ovi (1984) karti (sl. 14) so prikazane tiste med njimi, v katerih je bil »ugotovljen« premog. Vrtine »T« so bile globoke od okoli 550 do 830 m. V najnovejši vrtini T-5/03 nekoliko jugovzhodno od hotela Radin sta bila ugotovljena dva odseka z drobci premoga, zgornji le v globini nekaj metrov, spodnji pa v globini okoli 90 m.

Problem teh vrtin za merodajnost ocene o premogonosnosti območja Radenci je zopet v tem, da so bile te vrtine vrtane s kotalnimi dleti, torej brez pridobivanja jedra.

Ocena zalog premoga na celotnem ozemlju SV Slovenije

Za oceno zalog premoga na celotnem ozemlju SV Slovenije imamo torej na razpolago le razmeroma malo zanesljive podatke. Enega od pristopov za to oceno lahko izvedemo na podlagi analogije s podatki za območje Lendava – Petišovci – Murski gozd. Če privzamemo v izračun zalog skupno debelino premoga 5 m, to je skupno debelino premoga v treh nad 1 m debelih slojih, in če upoštevamo gostoto premoga $1,3 \text{ t/m}^3$, dobimo za celotno premogonosno perspektivno in potencialno ozemlje SV Slovenije, kot je prikazano na sl. 14, in ki meri okoli 1000 km^2 , $6,5 \times 10^9 \text{ t}$ (ali 6500 Mt) domnevnih zalog premoga. Pri spodnji kurilni vrednosti $14,5 \text{ MJ/kg}$ (iz tabele 1 za »čisti premog«) pomenijo omenjene zaloge energetski potencial v višini skoraj 10^{14} MJ . Navedene zaloge in njihov energetski potencial je približno primerljiv z današnjo enoletno svetovno proizvodnjo premogov. Omenjene zaloge se nanašajo na sloje premoga, katerih lega sega praktično od površine (pod kvartarnim prodrom) do globine okoli 2000 m.

		PALUDINSKE PLASTI					
MURA FORMACIJA	"b"	PREMOGOVNI HORIZONT	Unio wetzleri	Congeria triangulatis	Congeria rhomboida	Condona (Bacunella)	Congeria rhomboida
LENDAVSKA FORMACIJA	"x"	Congeria unguia - capre	Paradacna abichi	Condona (Bacunella)	Hemicytheria prisca	Paradacna abichi	

Sl. 15. Izsek iz Primerjalne kronostratigrafske razpredelnice neogenskih plasti Murske udorine (oziroma Mursko-zalskega bazena) po TURK-u (1993).

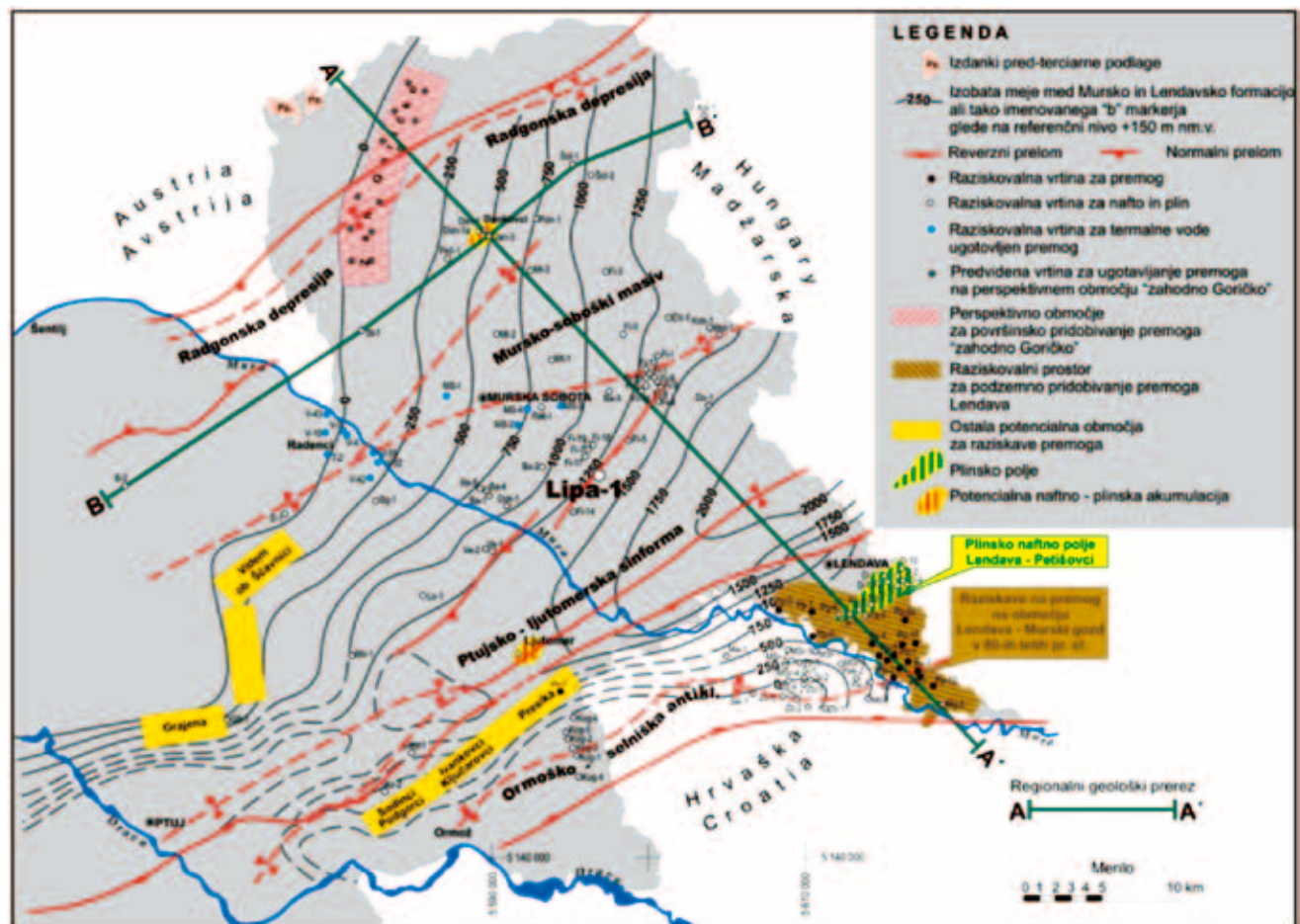
Fig. 15. An outlet from the Correlation chronostratigraphic chart of Neogene strata in the Mura depression (Mura – Zala Basin) after TURK (1993).

Lego plasti premoga na celotnem ozemlju SV Slovenije prikazujemo na strukturi karti na sl. 16 in s prerezom na sl. 17. Na sl. 16 je z izoba-

tami (glede na referenčni nivo +150 m nadmorske višine) dejansko prikazana meja med Mursko in Lendavsko formacijo, ki jo v naftni geologiji imenujemo tudi marker »b« (sl. 15). Spodnja meja premogonosnega člana leži nekaj deset do okoli 200 ali 300 m nad to mejo, celotna debelina premogonosnih plasti (ali tako imenovanega Unio wetzleri horizonta) pa znaša, kot že omenjeno, 400 do 500 m. Strukturna karta se nanaša na mejo med Mursko in Lendavsko formacijo zato, ker je ta meja v večini vrtnin v SV Sloveniji bolj določena kot lega in korelacija plasti premoga.

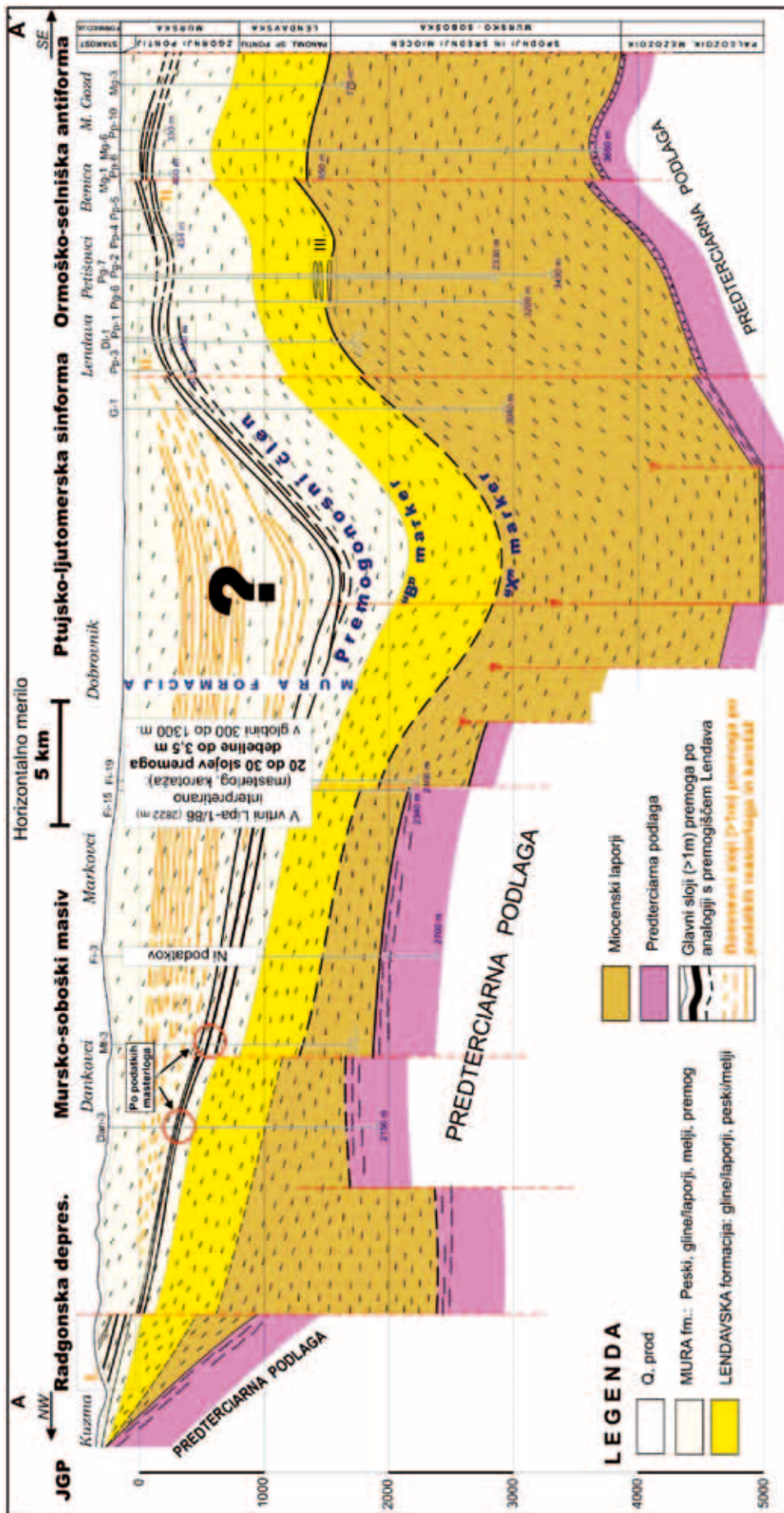
Glede prikaza plasti premoga na prerezu na sl. 17 moramo ponovno poudariti, da je ta zanesljiva le na jugovzhodu (SE) omenjenega prereza, to je na območju Lendava – Petišovci – Benica – Murski gozd, na vsem ostalem poteku profila pa je prikaz plasti premoga mnogo manj zanesljiv, saj tu vrtanje za različne namene (nafta, plin, geotermija, vode) ni bilo izvajano z jedrovanjem. Podatki o premogu iz omenjenih vrtnin temelje le na popisu drobcev izvrtanine in karotažnih meritev.

Prerez na sl. 17 nazorno kaže, da sledi Murska formacija sinformnosti Ptujsko-ljutomerske sinforme oziroma antiformalnosti Ormoško-selniške antiforme), ne sledi tektoniki Mursko-soboškega



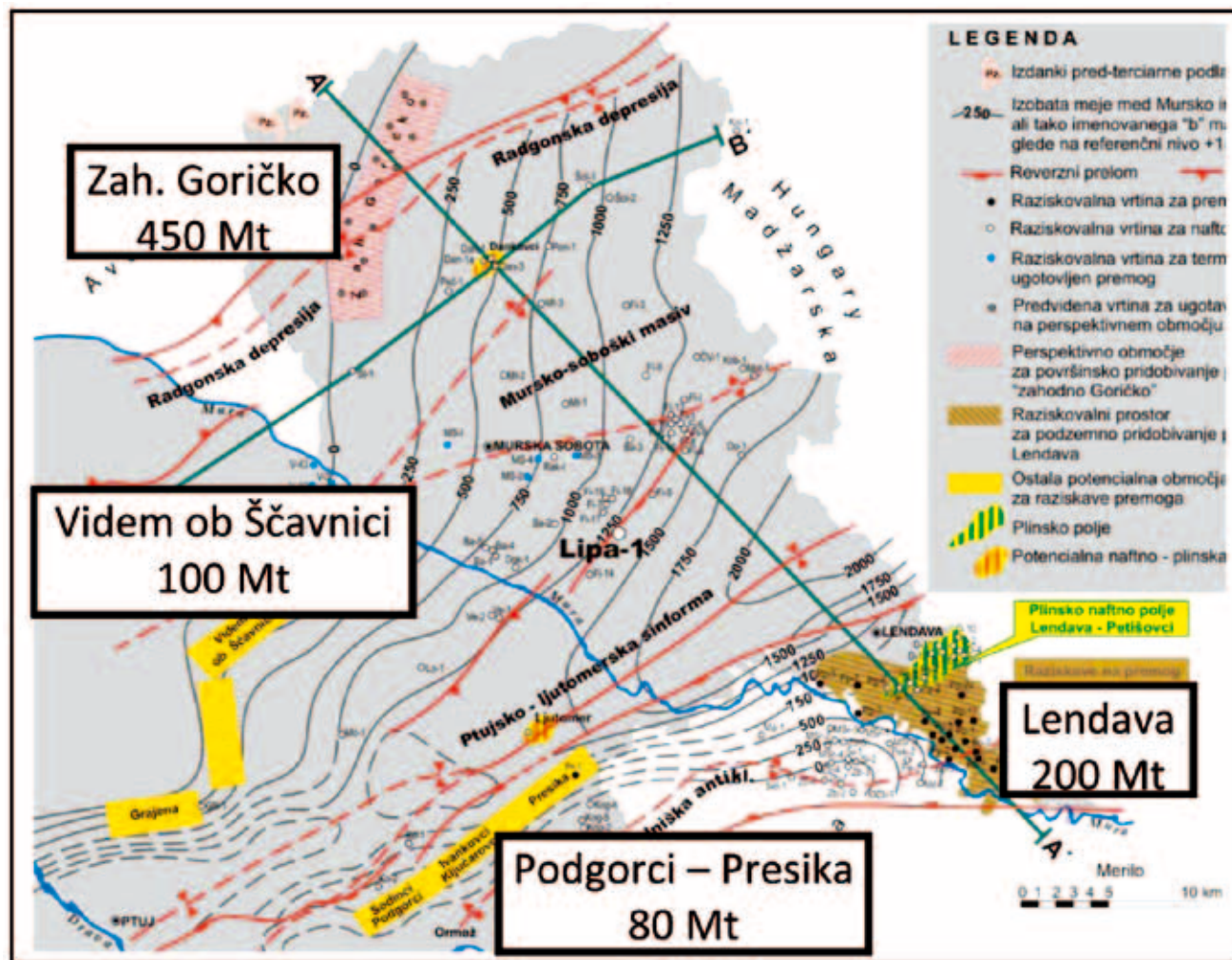
Sl.16. Strukturna karta meje med Mursko in Lendavsko formacijo. Izolinije omenjene meje oziroma markerja »b« (slika 15) so izobate glede na referenčni nivo na nadmorski višini + 150 m. Prikazana so perspektivna območja za nadaljnje raziskave premogov v zvezi z možnostjo konvencionalnega rudarjenja na premog. (Prrijeno po MARIN-u et al. 1992).

Fig. 16. Structural map of the contact between the Mura and Lendava formations. This contact is known in oil geology as the marker »b«. Isolines are depths from the reference + 150 m above sea level downwards. Shown are perspective areas for further coal exploration (color-filled rectangular fields Goričko, Videm, Presika etc.). (Adopted after MARIN et al. 1992).



Sl. 17. Regionalni geološki prerez A-A' skozi Mursko-zalski bazen (horizontalno in vertikalno merilo je različno) (za potek glej sliko 16). Premoški »horizont« je prikazan shematično po analogiji s premogonosnimi plastmi na območju Lendava – Mursko Središče – Murski gozd (Prirejeno po MARIN-u et al. 1992). Podatki o izjemnem številu do 3,5 m debelih plasteh premoga obstajajo za vrtno Lipa-1, ki v projekciji na obravnavani prerez odgovarja približno situaciji v območju vrtin Filovci F1-15 in F1-19.

Fig. 17. Regional cross-section A-A' via the Mura-Zala Basin (horizontal and vertical scales are different!) (for direction see Fig. 16). The coal-bearing horizon is shown schematically, analogous to coal horizon at Lendava (adopted after MARIN et al. 1992). Data on numerous coal beds, up to 3.5 m thick, exist for the Lipa-1/86 well.



Sl. 18. Štiri potencialna območja za morebitno konvencionalno pridobivanje premogov v SV Sloveniji in ocenjene zaloge v njih (v slojih debeline nad 1 m). (Iz študije MARIN-a et al. 1992).

Fig. 18. Four potential areas and estimated coal reserves (in thicker than 1 m seams) for possible conventional coal mining in NE Slovenia.

masiva in Radgonske depresije, enakomerno pa se dviga proti SZ na območje Južno-gradiščanskega praga (JGP) na avstrijskem ozemlju. To kaže na dejstvo, da sta Radgonska depresija in Mursko-soboški masiv starejši tektonski formi (pred-miocenski) ostale tri pa so mlajše (pontijske in post-pontijske). Dvigovanje Južno-gradiščanskega praga je verjetno nekoliko starejše od Ptujsko-ljutomerske sinforme (oz. Ormoško-selniške antiforme) in je bilo aktivno v času sedimentacije Lendavske ter verjetno tudi Murske formacije. Lendavska formacija namreč kaže izrazito odebeljevanje v smeri od Južno-gradiščanskega praga proti Radgonski depresiji, Murska formacija pa je na zahodnem Goričkem na površini obsežno erodirana in takega odebeljevanja kot v primeru Lendavske formacije ne moremo videti tako jasno.

Po pregledu obstoječih podatkov iz naftnih in geotermičnih vrtin v arhivih podjetja Nafta Geoterm in Geološkega zavoda Slovenije je bilo mogoče oceniti, da je ena najzanimivejših vrtin s podatki o premogu vrtna **Lipa-1/86**, ki ustreza, če jo projiciramo na prerez na sl. 17, približno situaciji okoli vrtin Fi-15 in Fi-19 v Filovcih. Po podatkih popisa drobcev in karotažnih meritev nastopajo v tej vrtni plasti premoga praktično

v celotnem zaporedju plasti Murske formacije v globini od 300 do 1300 m. Skupno število plasti premoga, domnevno debelih od 1 do 3 ali 4 m, je okoli 20 (po karotaži) ali morda celo več kot 30 (po drobcih izvrtanine – masterlogu). Podatki iz vrtnice Lipa-1/86 bi bili vsekakor vredni preverbe z vrtanjem na jedro.

Iz podatkov o plasteh premoga v vrtnici Lipa-1/86 in podatkov o premogonosnih plasteh na območju Lendave je mogoče sklepati, da je bil na območju Lendave ugotovljen le spodnji del premogonosnih plasti. Murska formacija je v mnogo večji debelini ohranjena v Ptujsko-ljutomerski sinformi, in tu je zato tudi možnost nastopanja večjega števila plasti premoga večja kot pa na območjih antiform kot sta Ormoško-selniška antiforma in Mursko-soboški masiv.

Na karti na sl. 16 in 18 so poleg lendavskega prikazana še tri območja potencialno zanimivega raziskovanja premogov, pri čemer je bilo predvideno le konvencionalno rudarjenje na premog bodisi z dnevnimi kopi bodisi podzemno do »zmernih globin« (ca 300 m). Za vsa štiri območja so bile na podlagi razpoložljivih starih podatkov in analogije s plastmi na območju Lendave ocenjene naslednje geološke zaloge premoga (MARIN et al., 1992):

Podgorci – Presika	80 Mt
Grajena – Videm ob Ščavnici	100 Mt
Zahodno Goričko	450 Mt
Lendava – Petišovci	200 Mt

Skupna količina geoloških zalog kakovostnega rjavega premoga v plasteh debelejših od 1 m je na navedenih štirih območjih, ki pripadajo le obrobju celotnega premogonosnega prostora SV Slovenije, torej ocenjena na 830 Mt. To predstavlja le slabih 13 % celotnih domnevnih zalog v tovrstnih plasteh celotne SV Slovenije, ki znašajo 6500 Mt. Pri vseh teh številkah je potrebno upoštevati, da pa je z vrtnami razmeroma dobro dokazanih le 150 (od skupno 200) Mt zalog na območju Lendava – Petišovci – Murski gozd.

Na Zahodnem Goričkem je ocenjeno, da leži zaradi majhne vpadne plasti znaten del zalog do »zmerne globine«, to je 250 (od skupno 450) Mt domnevnih zalog, do globine 150 m pod površino (MARIN et al., 1992). Zato je splošno privzeto, da je Zahodno Goričko v SV Sloveniji najperspektivnejše območje za morebitno prihodnje raziskovanje na premog.

Zahvala

Sestava tega prispevka za revijo *Geologija* je bila izdelana v okviru dela znanstveno-raziskovalne programske skupine P1-0025(D) »Sedimentologija in mineralne surovine« (za obdobje 2009–2011), financirane s strani Javne agencije za raziskovalno dejavnost R Slovenije. Operativne raziskave na premog v 1980-ih letih, katerih rezultate smo v veliki meri upoštevali v tem prispevku, je financirala tedanja SR Slovenija preko tako imenovanega »bencinskega dinarja«. Dokumentacijsko gradivo smo črpali iz arhiva sedanjega Geološkega zavoda Slovenije, za območje Murskega Središča tudi iz arhiva tedanjega Geološkega zavoda Zagreb, podatke o plasteh premogov v naftnih vrtnah (na podlagi popisov drobcev izvrtanine in geofizikalnih meritev) pa iz dokumentacije, ki jo hrani Nafta – Geoterm.

Vsem zgoraj omenjenim ustanovam ter seveda recenentoma gre naša velika zahvala, da je bila z njihovim financiranjem, pomočjo in sugestijami omogočena izdelava tega prispevka o geologiji premogov na območju severovzhodne Slovenije. Ravno tako gre naša iskrena zahvala vodstvu, kolegom in sodelavcem naših obeh še delujočih premogovnikov, Rudnika Trbovlje–Hrastnik in Premogovnika Velenje, ter učiteljem in kolegom na Oddelku za geotehnologijo in rudarstvo in Oddelku za geologijo na Naravoslovnotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, s katerimi vsemi na področju različnega raziskovanja domačih premogov trajno sodelujemo in si uspešnega sodelovanja želimo tudi v prihodnosti.

Literatura in viri:

ALPERN, B., LEMOS DE SOUSA, M. J. & FLORES, D. 1989: A progress report on the Alpern Coal Classification. *International Journal of Coal Geology*, 13: 1–19.

BECHTEL, A., REISCHENBACHER, D., SACHSENHOFER, R. F., GRATZER, R. & LÜCKE, A. 2007: Paleogeography and paleoecology of the upper Miocene Zillingdorf lignite deposit (Austria). *International Journal of Coal Geology*, 69: 119–143.

BERNER, R. A. & RAISWELL, R. 1983: Burial of organic carbon and pyrite sulfur in sediments over Phanerozoic time: a new theory. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47: 855–862.

BERNER, R. A. & RAISWELL, R. 1983: C/S method for distinguishing freshwater from marine sedimentary rocks. *Geology*, 12: 365–369.

BOHACS, K. & SUTER, J. 1997: Sequence stratigraphic distribution of coaly rocks: fundamental controls and paralic examples. *AAPG Bulletin*, 81/10: 1612–1639.

BOHINEC, V. 1929: Rudniki v Sloveniji – karta kot priloga v časopisu *Ilustrirani Slovenec* z dne 5. maja 1929, Ljubljana.

BRODA, E., NOWOTNY, K., SCHÖNFELD T. & SUCHNY, O. 1956: Urangelhalte österreichischer Braunkohlenaschen. *Berg. Hüttenmänn. Monatschrift*, 101:121–124.

DIESEL, C. F. K. 1992: *Coal-Bearing Depositional Systems*. Springer-Verlag, Berlin: 721 p.

ĐURASEK, S. 1988: Rezultati suvremenih geofizičkih istraživanja u SR Sloveniji (1985–1987). *Nafta*, 6: 311–326.

ECE-CSE-UN (Economic Commission for Europe – Committee on Sustainable Energy – United Nations) Energy/1998/19 document: *International Classification of in-Seam Coals*. United Nations, New York and Geneva: 14 p.

ES (Enciklopedija Slovenije) 1995: „Premog“, „Premogovnik“, „Premogovništvo“. Mladinska knjiga Ljubljana, (enciklopedični opisi gesel), 9. Zvezek: 289–296.

FODOR, L., JELEN, B., MÁRTON, E., RIFELJ, H., KRALJIČ, M., KEVRIĆ, R., MÁRTON, P., KOROKNAI, B. & BÁLDI-BEKE, M. 2002: Miocene to Quaternary deformation, stratigraphy and paleogeography in Northeastern Slovenia and Southwestern Hungary = Deformacije, stratigrafija in paleogeografija severovzhodne Slovenije in jugozahodne Madžarske od miocena do kvartarja. *Geologija*, 45/1: 103–114.

GOSAR, A. 1996: Modeliranje refleksijskih seizmičnih podatkov za podzemno skladiščenje plina v strukturah Pečarovci in Dankovci – Murska depresija = Modelling of seismic reflection data for underground gas storage in the Petišovci and Dankovci structures – Mura Depression. *Geologija*, 37/ 38: 483–549.

GRAD, K. 1984: Skica potencialnega območja za raziskave premoga v SV Sloveniji. Karta v merilu 1 : 200.000 (mapni arhiv GeoZS).

GRANDIĆ, S. & OGORELEC, B. (ur.) 1986: Plan in program raziskav ležišč nafte in plina v SR Sloveniji za obdobje 1986–1990, Murska depresija. Geološki zavod Zagreb in Geološki zavod Ljubljana, arhiv GeoZS, 1–206, 8 pril.

HAMRLA, M. 1959: O pogojih nastanka premogišč na krasu = On the conditions of origin of the coal beds in the karst region. *Geologija*, 5: 180–264.

JELEN, B. & RIFELJ, H. 2002: Stratigraphic structure of the B1 Tertiary tectonostratigraphic unit in eastern Slovenia = Stratigrafska zgradba terciarne tektonostratigrafske enote B1 v vzhodni Sloveniji. *Geologija*, 45/1: 115–138.

- JELEN, B., RIFELJ, H., BAVEC, M. & RAJVER, D. 2006: Opredelitev dosedanjega konceptualnega geološkega modela »Murske depresije«. Geološki zavod Slovenije, GeoZS arh. št. R-II-30d-1/115, poročilo, 28 str., 22 slik (kot priloge).
- JELENC, D. 1953: O raziskovanju mineralnih surovin v LR Sloveniji. Searching for Mineral Raw Materials in Slovenia. *Geologija*, 1: 11–36.
- KARNIČNIK, A., okoli 1965: Poročilo o geološko-rudarskih razmerah in zalogah premoga v premoški rudnika Presika. Tipkano poročilo, 5 str., 4 graf. pril. (neštevilčene), arhiv GeoZS (C-II-30d/a2-4/32-b).
- KRUK, B., JAKOVAC, I. & JOVIĆ, S. 1988: Elaborat o istraživanju i proračunu rezervi ugljena ležišta Križovec – Miklavce nekadašnjeg eksploatacionog polja »Pobjeda« unutar istražnog prostora »Mursko Središće«. Tipkani elaborat (209 str.), arhiv Geološkega zavoda Zagreb.
- KRALJ, Po. 2001: Pliocene clastic sediments in Western Goričko, Northeastern Slovenia. = Pliocenski klastični sedimenti zahodnega dela Goričkega. *Geologija*, 44/1: 73–79.
- MARIN, M., MARKIČ, M., ŠOLAR, S.V., PEČEK, D., OREHEK, S. & MIŠIČ, M. 1989a: Študija montan-geoloških in hidrogeoloških razmer na območju bodočega premoškovnika Lendava na podlagi rudarskih raziskovalnih del kot osnova za rudarski projekt. Geološki zavod Ljubljana, GeoZS arhiv, poročilo, 39 str., 3 tekstne priloge, 24 graf. priloge.
- MARIN, M., MARKIČ, M., ZAKRAJŠEK, S., ŽUŽA, T., MIŠIČ, M. & PEČEK, D. 1989b: Spremljava in obdelava podatkov geotehničnih lastnosti hribin, strukturnih in hidrogeoloških razmer na območju rudnika Globoko pri poizkusnem odkopavanju za izdelavo glavnega rudarskega projekta in investicijskega programa – III del. Geološki zavod Ljubljana. GeoZS arhiv št. C-II-30d/a3-17/2-k, poročilo 36 str., 34 pril.
- MARIN, M., GRAD, K. & MARKIČ, M. 1992: Potencialna območja nahajališč premogov v severovzhodni Sloveniji. Geološki zavod Ljubljana, GeoZS arh.št. C-II-30d/a2-12/68k, poročilo, 15 str., 7 graf. priloge.
- MARKIČ, M. 2003: Poročilo o analizi vzorca premoga – Lokacija Sv. Jurij (glob.: 141,0–155,0 m) Vrtina TER-1/03. Tipkano poročilo, 4 str., 1 karta, 2 pril., Arhiv GeoZS C-II-30d/a3-1/10.
- MARKIČ, M. 2007: Premogi v Sloveniji ter prikaz njihovih nahajališč na šestih izbranih kartah. (V: ŠOLAR, S. V. & SENEGAČNIK, A. (ur.): Bilten Mineralne surovine v letu 2006, 149–165, Geološki zavod Slovenije).
- MARKIČ, M. & GRAD, K. 1991: Korelacija pliocenskih premoškovnih slojev v nahajališčih Lendava, Globoko in Kanižarica. Arhiv GeoZS, 21 str., 15 graf. priloge.
- MARKIČ, M. & SKABERNE, D. 1993: Tectonically controlled sedimentary evolution of the Globoko coal-bearing area. 8th Meeting of the Association of European Geological Societies. Hungarian Geological Society (Budapest), Abstract of Papers: 67.
- MARKIČ, M. & ROKAVEC, D. 2002: Geološka zgradba, nekovinske mineralne surovine in lignit okolice Globokega (Krška kotlina) = Geological setting, non-metallic raw materials and lignite in the area of Globoko (Krško Basin, E Slovenia). *RMZ-Materials and Geoenvironment*, 49/2: 229–266.
- MARKIČ, M., KALAN, Z., PEZDIČ, J. & FAGANELI, J. 2007: H/C versus O/C atomic ratio characterization of selected coals in Slovenia. *Geologija*, 50/2: 403–426.
- MARKIČ, M. & SACHSENHOFER, R. F. 2010: The Velenje Lignite – Its Petrology and Genesis. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 218 p.
- MIOČ, P. & MARKOVIĆ, S. 1998a: Osnovna geološka karta R Slovenije in R. Hrvaške – List Čakovec 1 : 100.000. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana in Inštitut za geološka istraživanja, Zagreb.
- MIOČ, P. & MARKOVIĆ, S. 1998b: Tolmač za List Čakovec Osnovne geološke karte R Slovenije in R. Hrvaške. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana in Inštitut za geološka istraživanja, Zagreb: 84 p.
- NEMEC, W. 1988: Coal Correlations and Intrabasin Subsidence. In: KLEINSPEHN, K. L. & PAOLA C. (eds.): *New Perspectives in Basin Analysis*. Springer-Verlag: 161–188.
- PLACER, L. 1998: Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides = Prispevek k makrotektonski rajonizaciji mejnega ozemlja med Južnimi Alpami in Zunanji Dinaridi. *Geologija*, 41: 223–255.
- PLENIČAR, M. 1954: Obmurska naftna nahajališča = Oil fields in the Obmurje. *Geologija*, 2: 36–93.
- PLENIČAR, M. 1968: Osnovna geološka karta SFRJ – List Goričko 1 : 100 000. Zvezni geološki zavod Beograd.
- PLENIČAR, M. 1970: Tolmač lista Goričko Osnovne geološke karte SFRJ 1 : 100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd: 39 p.
- PREMRU, U. 2005: Tektonika in tektogeneza Slovenije – Geološka zgradba in geološki razvoj Slovenije = Tectonics and Tectogenesis of Slovenia. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 518 p.
- REK RLV (Rudarsko-energetski kombinat Rudnik lignita Velenje) 1989: Zapisnik komisije za začasno ustavitev rudarsko-geoloških raziskovalnih del v nahajališču rjavega premoga v Lendavi in za tehnični pregled rudarskih objektov in naprav pred začasno zaustavitvijo rudarsko-geoloških raziskovalnih del. Rudnik lignita Velenje (12 strani zapisnika) (arhiv GeoZS).
- RKURMSV (Republiška komisija za ugotavljanje zaloga mineralnih surovin in vodá), 2002: Letna bilanca zaloga in virov mineralnih surovin v Sloveniji – I Energetske surovine.
- SACHSENHOFER, R. F., DUNKL., I., HASENHÜTTL, Ch. & JELEN, B. 1998: Miocene thermal history of the southern margin of the Styrian Basin: vitrinite reflectance and fission track data from the Pohorje / Kozjek area (Slovenia). *Tectonophysics*, 297: 17–29.

- SADNIKAR, J. 1993: Raziskave za podzemno skladiščenje plina v Sloveniji. Rudarsko-metalurški zbornik, 40/1–2: 149–167.
- STACH, E., MACKOWSKY, M.-Th., TEICHMÜLLER, M., TAYLOR, G. H., CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER R. 1982: Stach's Textbook of Coal Petrology (Third edition). Gebrüder Borntraeger: 535 p.
- STEVANOVIĆ, P. & ŠKERLJ, Ž. 1985: Prilog biostratigrafiji panonsko-pontskih sedimentata u okolini Videma-Krškog (Štajerska). Zbornik Ivana Rakovca. Razprave IV. razr. SAZU, XXVI: 281–304.
- ŠAJN, R. 1999: Geokemične lastnosti urbanih sedimentov na ozemlju Slovenije = Geochemical properties of urban sediments on the territory of Slovenia. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 136 p.
- ŠKERLJ, Ž. 1984: Poročilo o mikropaleontološki raziskavi vzorcev iz vrtine PsV-1/83 v Presiki. Poročilo Geološkega zavoda Ljubljana, GeoZS arh, št. O-II-30d/a-1/169, 11 str.
- ŠKERLJ, Ž. 1985: Ablagerungen des Pannonien in Slowenien (Jugoslawien). In: PAPP, A., JÁMBOR, Á. & STEININGER, F.F. (eds.): Pannonien M₆, Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys. Akadémiai Kiadó, 7: 85–89.
- ŠKERLJ, Ž. 1987: Biostratigrfske raziskave zgornjega miocena in pliocena v Sloveniji – Pontij Murske depresije. Poročilo v arhivu GeoZS, 10 str.
- ŠOLAR, S. V. 1999: Program izkoriščanja mineralnih surovin. Geološki zavod Slovenije, GeoZS arhiv št. E-II-30d/a-2/142a: 1–30.
- ŠTURM, M., LOJEN, S., MARKIČ, M. & PEZDIČ, J. 2009: Speciation and Isotopic Composition of Sulphur in Low-rank Coals from Four Slovenian Coal Seams. Acta Chimica, Slovenica, 56: 989–996.
- TAKŠIĆ, A. 1967: Das Braunkohlenlager von Mursko Središče. Geološki vjesnik, 20: 303–315.
- TAYLOR, G. H., TEICHMÜLLER, M., DAVIS, A., DIESEL, C. F. K., LITKE, R. & ROBERT, P., 1998: Organic Petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin: 704 p.
- TOMLJENOVIC, B. & CSONTOS, L. 2001: Neogene-Quaternary structures in the border zone between Alps, Dinarides and Pannonian Basin (Hrvatsko Zagorje and Karlovac Basins, Croatia). International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau) 90/3: 560–578.
- TURK, V. 1993: Reinterpretacija kronostratigrafskih in litostratigrafskih odnosov v Murski udorini. Rud.-metal. zb., 40/1–2: 145–148.
- WARBROOKE, P. R., 1981: Depositional environments of the Upper Tomago and Lower Newcastle Coal Measures, New South Wales. PhD Thesis, Univ. Newcastle, NSW.
- WEDEPOHL, K. H. (ed.) 1996: Handbook of geochemistry, vol. 1 Springer Berlin, Heidelberg, New York.