

Rastlinski fosili v karbonskih plasteh na trasi avtoceste pri Bizoviku

Plant fossils in the Carboniferous beds of the motorway route at Bizovik

Tea KOLAR-JURKOVŠEK & Bogdan JURKOVŠEK

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana; tea.kolar@geo-zs.si,
bogdan.jurkovsek@geo-zs.si

Ključne besede: paleontologija, fosilna flora, zgornji karbon, Posavske gube, Slovenija, naravna dediščina

Key words: paleontology, fossil flora, Upper Carboniferous, Sava folds, Slovenia, natural heritage

Kratka vsebina

Raziskava fosilnih rastlin, ki so bile izkopane ob izgradnji vzhodne ljubljanske avtocestne obvoznice pri Bizoviku je pokazala, da so se podobne rastline pojavljale na enotnem evroameriškem florističnem območju, ki je v zgornjem karbonu zavzemalo ozemlje današnje Severne Amerike in preko Evrope segalo še v Azijo. Najdena fosilna flora pripada praprotnicam (Pteridophyta), ki jih zastopajo presličevke (Equisetopsida), lisičjakovci (Lycopodiopsida) in praproti (Polypodiopsida). Med golosemenkami (Gymnospermae) so zastopane pteridosperme (Pteridospermopsida) in kordaitovci (Cordaitanthales).

Abstract

Study of fossil plants that were found during construction work of the Eastern Ljubljana motorway at Bizovik demonstrated that similar plants flourished in the uniform Euro-american floristic area that extended in the Late Carboniferous from the present North America across Europe to Asia. The collected fossil flora consists predominantly of Pteridophyta, represented by Equisetopsida, Lycopodiopsida and Polypodiopsida. Gymnospermae are also present, represented by Pteridospermopsida and Cordaitanthales.

Uvod

Na širšem prostoru Posavskih gub tvorijo paleozojski klastiti trojanske in litijske anti-klinalne podlago plitvomorskim (platformskim) karbonatom Zunanjih Dinaridov. Osnovni litološki členi so kremenov konglomerat, ki lokalno vsebuje tudi apnenčeve prodnike, kremenov peščenjak, meljevec in glinasti skrilavec.

Pri izgradnji ljubljanske vzhodne avtocestne obvoznice na odseku med Bizovikom in severnim portalom predora pod Golovcem (sl. 1) se je ponudila prilika, da na osnovi rastlinskih fosilov preverimo starost superpozicijske podenote b₂, v katero je Mlakar (1987) uvrstil številne debele sekvence iz različno zrnatega bolj ali manj sljudnega kremenovega peščenjaka, ki se mu lahko v omejenem obsegu pridružijo še konglomerat, meljevec in glinovec.

Najbogatejše nahajališče rastlinskih fosilov je bilo odkrito na zahodnem področju Dobrunjskega hriba pri vasi Bizovik (Kolar-Jurkovšek & Jurkovšek, 2002) v

20 cm debeli plasti sivo rjavega meljevca s strmim vpadom proti severovzhodu (18°/65°). Plast z rastlinskimi fosili se je v smeri proti vzhodu, proti notranjosti hriba postopoma tanjšala, istočasno pa se je zmanjševala tudi vsebnost rastlinskih ostankov v njej. V bogati zgornjekarbonski združbi prevladujejo



Vir: Topografska karta merila 1 : 50.000. © Geodetska uprava Republike Slovenije, 1981

Sl. 1. Najdišče karbonske flore (točki 1 in 2) na ljubljanski avtocestni obvoznici pri Bizoviku.

predstavniki rodov *Calamites*, *Neuropteris* in *Linopteris*, medtem ko se rodovi *Lepidodendron*, *Sigillaria* in *Cordaites* redkeje pojavljajo.

Drugo nahajališče je neposredno pred severnim portalom predora pod Golovcem. Vzorci črnega, zelo drobnozrnatega peščenjaka, meljevca in muljevca iz vrtin za pilotno steno so vsebovali slabše ohranjene rastlinske fosile, ki so večinoma pripadali rodu *Calamites*. Glede na močno izraženo tektoniko med obema nahajališčema in njujno na videz različno litološko sestavo obstoja možnost, da plasti pred predorom Golovec spadajo v katero drugo Mlakarjevo superpozicijsko podenoto, morda v b_1 .

Dosedanje raziskave paleozoika Posavskih gub

Sedimenti mlajšega paleozoika, ki izdajajo v širokem pasu med Ljubljano in Polšnikom, so bili dolga leta predmet podrobnih paleontoloških, sedimentoloških in strukturalnih raziskav. Na njih so temeljile različne, marsikdaj nasprotujoče si interpretacije o natančni starosti, sedimentacijskem okolju in o strukturalni zgradbi t. im. permokarbonskih plasti Posavskih gub. Že v devetnajstem in na začetku dvajsetega stoletja so v teh plasteh odkrili ostanke fosilne makroflora (Morlot, 1850, Hauer, 1851, Lipold, 1857, 1858, Tornquist, 1929, Rakovec, 1932). Leta 1955 je Rakovec zapisal, da obravnavane klastične plasti pripadajo srednjekarbonskemu delu "hochwipfelskih skladov", medtem ko je Ramovš (1965) menil, da je večina "hochwipfelskih plasti" Posavskih gub permske starosti in sicer iz trogkofelske stopnje. O trogkofelskem konglomeratu pri Podlipoglavu sta kasneje pisala še Ramovš in Jurkovšek (1976) in Ramovš (1990). Premru (1983 a, b) se je na Osnovni geološki karti 1: 100.000 (list Ljubljana) problematiki natančne starosti členov paleozojskih plasti izognil s prevzemom med geologi že udomačenega imena "permokarbonske plasti" ter jih uvrstil v karbon in spodnji perm.

Sledilo je obdobje številnih novih najdb rastlinskih fosilov na prostoru med Ljubljano in Polšnikom (Kolar-Jurkovšek & Jurkovšek, 1985, 1986, 1990), s katerimi je bila v nekaterih nahajališčih z boljše ohranjenimi fosili dokazana zgornjekarbon-

ska starost plasti, ki je in še vedno zbuja dvome o paleontološko dokazanem zgornjem karbonu ali natančneje westfaliju A (Ramovš, 1993).

Čeprav ta raziskava ni posegla na področje strukturalno-tektonske problematike, je potrebno zapisati, da je pas nagubanih kamnin med Južnimi Alpami in Zunanji Dinaridi ob srednjem toku Save že Kossma (1913) imenoval Savski sistem gub. Deset let kasneje je Winkler (1923) prvi uporabil ime Posavske gube, ki se je obdržalo vse do danes. V drugi polovici dvajsetega stoletja je sledilo obdobje intenzivnega proučevanja strukturalno-tektonske zgradbe Posavskih gub. V strokovni literaturi se je uveljavila delitev na vzhodni in zahodni del, začelo pa se je tudi intenzivno proučevanje zgodovine in dinamike njihovega nastanka.

Na osnovi vseh dotedanjih spoznanj in podrobnih lastnih raziskav je Mlakar (1987) predstavil svoj prispevek k poznavanju geološke zgradbe Posavskih gub. Zapisal je, da paleozojsko skladovnico lahko razdelimo na tri superpozicijske enote prvega reda, ki bi lahko predstavljali tri formacije ali pa člene iste formacije. Problematika paleozojskih plasti je bila kasneje še nekajkrat obravnavana, predvsem v zvezi z orudenjem v okolici Litije (Mlakar, 1994, Mlakar et al., 1993).

V devetdesetih letih preteklega stoletja je bilo tiskanih še nekaj odmevnih preglednih člankov, ki odpirajo nove poglede na poznavanje geološke zgradbe Posavskih gub in njihov strukturalni pomen na stiku med Južnimi Alpami in Zunanji Dinaridi. Novost predstavlja predvsem Placerjevo delo (Placer, 1999 a), v katerem umešča Posavske gube v trikotnik med Periadriatsko, Idrijsko in Srednjemadžarsko tektonsko cono. Placer meni, da se je v trikotnem segmentu med Idrijsko in Srednjemadžarsko tektonsko cono, imenovanem Savski kompresijski klin, ustvarilo polje povečanih normalnih napetosti v smeri sever – jug, ki je povzročilo nastanek Posavskih gub v smeri vzhod – zahod. Prvotno razčlenitev na zahodne in vzhodne Posavske gube je dopolnil z ugotovitvijo, da zahodne Posavske gube v strukturalnem smislu ne obstojajo. Posavske gube so po njegovi interpretaciji sinonim prvotnih vzhodnih Posavskih gub. Za rekonstrukcijo sedimentacijskega prostora v mlajšem paleozoiku pa je pomembno, da "permokarbonske" plasti zahodno od Ljubljanske kotline ležijo v Tr-

novskem pokrovu na mezozojskih plasteh Zunanjih Dinaridov, medtem ko enake plasti vzhodno od Ljubljanske kotline ležijo v podlagi mezozoika (Placer, 1999 b).

Rezultati raziskave bizoviške fosilne flore

Raziskano združbo iz karbonskih plasti pri Bizoviku sestavljajo praprotnice (Pteridophyta), ki jih zastopajo presličevke ali členovke (Equisetopsida ali Articulatae), lisičjakovci (Lycopodiopsida ali Lycopsida) in praproti (Polypodiopsida, Pteropsida ali Filicopsida) ter golosemenke (Gymnospermae) s predstavniki pteridosperm (Pteridospermopsida ali Lyginopteridopsida) in kordaitovcev (Cordaitales).

Med pogostejšimi fosili so odtisi debel kalamitov, pri katerih prevladujejo alternirajoča rebra. Nekatere prisotne kalamitne oblike (*Calamites* cf. *ramifer* Stur, *C.* cf. *roemeri* Goepfert) kažejo določene značilnosti mezokalamitov, pri katerih se pred izumrtjem v spodnjem westfaliju pojavi povečano število alternirajočih reber, podobno kot pri drugih vrstah rodu *Calamites*, ki so prevladovali v westfaliju (Josten, 1991). Vrsti *C. suckowi* Brogniart in *C. undulatus* Sternberg imata podoben in širok stratigrafski razpon ter zato nista pomembni za stratigrafijo, vendar sta obe dobro poznani kalamitni vrsti evroameriškega območja, kjer sta najbolj pogostni v westfalijških plasteh (Josten, 1962, 1991).

Obe vrsti rodu *Lepidodendron* (*L. aculeatum* Sternberg in *L. lycopodioides* Sternberg) sta zelo pogosti v zgornjem karbonu in se pojavljata v plasteh westfalija A do C. Vrsta *L. aculeatum* se prvič pojavi že v namuriju B, medtem ko so v namuriju zabeleženi le posamezni primerki vrste *L. lycopodioides* (Josten, 1962, Remy & Remy, 1977).

Rod *Sigillaria*, ki je predvsem zgornjekarbonski in dosegel višek razvoja v westfaliju A, B in C, je v raziskani združbi razmeroma redek. Stanje ohranjenosti ne omogoča natančne določitve. Vsi primerki pripadajo skupini rebratih sigilarij *Rhytidolepis*. Predstavniki te skupine so bili najdeni zlasti v plasteh namurija B do stefanija (Amerom et al., 1984).

Dva primerka končnega dela mahal pripadata rodu *Pecopteris*. Eden od teh je za-

radi nejasno vidnih podrobnosti določen na stopnji rodu, drugi z razmeroma majhnimi listki je pripisan vrsti *Pecopteris* (*Senftenbergia*) cf. *plumosa* (Artis) Brogniart, ki je poznana iz plasti namurijske B do westfalijške C starosti (Remy & Remy, 1977, Josten, 1991).

Drugi najdeni deli mahal imajo slabo vidne podrobnosti (*Eusphenopteris* sp. in ? *Mariopteris* sp.). En primerek rodu *Eusphenopteris* smo primerjali z namurijsko-westfalijško vrsto *E. hollandica* (Gothan & Jongmans) in westfalijško vrsto *E. nummularia* (Gutbier) Novik (Amerom, 1975).

Med razmeroma pogostimi pinulami nevropteridov se pojavljajo oblike s pernato in mrežasto nervaturo. Ugotovljene so naslednje oblike: *Neuropteris tenuifolia* Schlotheim, *Neuropteris* sp., ? *Neuropteris* sp., *Linopteris neuropteroides* (Gutbier) Zeiller in *Linopteris* sp. ali *Reticulopteris* sp. Obe določeni vrsti sta westfalijski, vrsto *N. tenuifolia* navajajo kot zelo pogosten in splošno razširjen fosil ponekod v zahodni Evropi (Crookall, 1959, Josten, 1991).

Kordaitovci so zastopani z odtisi listov (*Cordaites* cf. *principalis* (Germar), *Cordaites* sp.) in vej ali debel (*Cordaicladus* sp.). Vrsta *C. principalis* zaradi velikega stratigrafskega razpona, ki po Jostenu (1991) sega od namurija do spodnjega perma, ni stratigrafsko pomembna.

Starost določene združbe je mogoče zaključiti na osnovi stratigrafske razširjenosti posameznih vrst, med katerimi sta dve nevropteridni vrsti (*N. tenuifolia* in *L. neuropteroides*) ter vrsta *L. lycopodioides*; vse tri se pojavljajo samo v westfaliju. Razen tega sta dve vrsti, sicer določeni s cf. (*P.* cf. *plumosa* in *L.* cf. *aculeatum*), predvsem westfalijski, čeprav se pojavita že v namuriju. Glede na celoten sestav združbe in prisotnost tudi nekaterih mezokalamitov podobnih oblik, je mogoče sklepati na spodnji del westfalija. Po mnenju Jostena (osebno sporočilo), je združba verjetno westfalijške A ali B (morda še spodnji del C) starosti.

Primerjava z drugimi nahajališči paleozojske flore v Posavskih gubah

V starejših pisnih virih iz druge polovice 19. in prve polovice 20. stoletja so najdbe paleozojske flore iz Posavskih gub le ome-

njene. Tudi materialnih dokazov večinoma ni bilo mogoče preveriti. Iz glinastega skrilačca Ljubljanskega gradu sta bili zabeleženi dve najdbi rastlin, katere je določil Ettingshausen kot *Neuropteris tenuifolia* Schlotheim in *Pecopteris antiqua* Ettingshausen (Morlot, 1850, Hauer, 1851). Lipold (1857) je iz peščenega skrilačca Ljubljanskega gradu omenil rastlinske ostanke rodov *Calamites* in *Equisetites*, ob poti iz Ljubljane na Rudnik pa primerek *Noeggerathia* n. sp., ki ga le določil Ettingshausen (Lipold, 1858). Zaradi razmeroma ozke stratigrafske omejenosti le na westfalijske plasti, je pomembna predvsem vrsta *N. tenuifolia*, ki je prisotna tudi v fosilni združbi pri Bizoviku.

Rastlinske ostanke, predvsem sigilarij in kalamitov, so našli tudi v okolici Litije. Tornquist (1929) jih je omenil iz antracitne leče v rudišču Zavrstnik, Lipold (1858) pa je navedel vrsto *Calamites communis* Ettingshausen iz Spodnjega Mamolja. Leta 1932 je Rakovec v razpravi "H geologiji Ljubljane in njene okolice" podal pregled dotedanjih najdb paleozojske makroflora iz okolice Ljubljane.

Iz slovenskega prostora so v literaturi omenjene še najdbe flore iz javorniških skladov Karavank (Stur, 1886, Salopek, 1928, Takšič, 1947, Ramovš, 1978, Pavšič, 1995). Iz nahajališča Planina pod Golico je Takšič (1947) določil petnajst različnih vrst in floro uvrstil v najvišji nivo westfalija D oziroma v spodnji stefanij. Ta nahajališča vsebujejo mlajšo floro in ležijo v Karavankah na prostoru tektonске enote Južnih Alp, zato direktna primerjava z raziskano floro pri Bizoviku ne pride v poštev.

Rastline "ortneškega paleozoika", ki leži na ozemlju med Gorskim Kotarjem in Posavskimi gubami, torej v Zunanjih Dinariidih, doslej niso bile podrobno raziskane. Večina tamkajšnjih raziskav se nanaša na morsko floro in favno iz karbonatnih kamnin, ki jih Ramovš uvršča v trogkofelsko formacijo srednjeperske (Ramovš & Kochansky-Devidé, 1965, Ramovš & Sieverts-Doreck, 1968) oziroma spodnjeperske starosti (Ramovš, 1978). Ob izkopih za nove rezervoarje goriva leta 2001 se je pokazalo, da apnenčeve čeri pripadajo velikim olistolitom znotraj paleozojskih klastičnih kamnin. Iz klastičnega zaporedja pri Ortneku Šlebinger (1951 – glej Ramovš & Kochansky-Devidé, 1965) omenja

vrsto *Calamites suckowii* Brongniart, ki je znana tudi iz Posavskih gub, vendar kot izolirana vrsta nima posebne stratigrafske vrednosti. Stratigrafski razpon te vrste sega od westfalija A do perma (Remy & Remy, 1977).

Med novejšimi biostratigrafskimi raziskavami v Posavskih gubah med Jančami in Polšnikom je bila mladopaleozojska makroflora najdena v več kot štiridesetih nahajališčih, zlasti v okolici Zavrstnika in na Mamolju.

Na osnovi ugotovljenih rastlinskih fosilnih združb je bila določena za več nahajališč raziskanih na prostoru Posavskih gub v osemdesetih letih preteklega stoletja (Kolar-Jurkovšek & Jurkovšek, 1985, 1986, 1990) namurijsko-westfalijska A in westfalijska A starost plasti.

Na namurijsko-westfalijsko A starost kaže tudi vrsta *Sigillaria elegans* (Sternberg) Brongniart, ki je bila že pred desetletji najdena pri litijski predilnici. Zaradi nizkih listnih brazgotin je primerek identičen s *S. elegans* Sternberg sp., var. *semipulvinata* Kidston pro sp., ki jo je opisal tudi Crookall (1966, 367-369, tab. 83, sl. 3-9). Vrsto *S. elegans* navajajo kot najbolj značilno in razširjeno v karbonskih premoških bazenih Evrope (Crookall, 1966), njen stratigrafski razpon je od namurija C do westfalija A (Remy & Remy, 1977). V severni Franciji ista vrsta doseže največjo pogostnost v westfaliju A (Laveine, 1987), Doubinger in sodelavci (1995) pa navajajo, da se v zahodni Evropi vrsta pojavlja v spodnjewestfalijskih plasteh. V Porurju sigilarije niso tako številne kot drugod, vendar je med njimi v westfaliju A najpogosteje zastopana prav *S. elegans* (Josten, 1962). Namurijsko-westfalijska A starost je bila ugotovljena še v nekaterih nahajališčih Posavskih gub. Združbe v teh nahajališčih sestavljajo naslednji elementi: *Lepidodendron* cf. *aculeatum* Sternberg, *Lepidodendron* sp. (*Aspidiopsis*), *Sigillaria* sp. (*Syringodendron* – *Rhytidolepis*), *Stigmaria ficoides* var. *undulata* Goepfert, *Calamites haueri* Stur, *C. roemeri* Goepfert, *C. cf. cistiiformis* Stur, *Calamites* sp. (Kolar-Jurkovšek & Jurkovšek, 1990).

Združbi karbonskih rastlinskih fosilov iz nahajališč Zavrstnik 1 in 2, ki ležita zahodno od vasi Zavrstnik, sta bili doslej znani kot najbogatejši in najbolj raznovrstni združbi westfalijske A starosti Posavskih gub (Ko-

lar-Jurkovšek & Jurkovšek, 1985, 1986, 1990). V njunem sestavu se pojavljajo predstavniki rodov *Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Stigmaria*, *Calamites*, *Equisetites*, *Trigonocarpus* in ? *Carpolithus*. Starostna opredelitev plasti obeh nahajališč sloni na prisotnosti mezokalamitnih vrst, katerih zgornja meja pojavljanja je v westfaliju A, ter prisotnosti vrst *Sigillaria boblayi* Brongniart in *S. mamillaris* Brongniart, ki se prvič pojavita v westfaliju A.

Sedimentacijsko okolje plasti s fosilno floro pri Zavrstniku ni natančno razloženo. Ugotovljeno je bilo le to, da je rastlinske ostanke v enem od poplavnih obdobjih prinesla reka. Na osnovi kaotične razporeditve rastlinskih odtisov je bila izključena njihova avtohtonost, vendar pa je glede na dobro ohranjenost nekaterih drobnih struktur mogoče sklepati, da rastline niso pretrpele pretirano dolgega transporta (Kolar-Jurkovšek & Jurkovšek, 1986).

Fosilna flora iz gradbišča vzhodne avtocestne obvoznice pri Bizoviku je na splošno zelo podobna flori iz doslej znanih nahajališč Posavskih gub, le da vključuje tudi pteridofite. Skupina pteridosperm je bila že prej znana v sestavu združbe pri Zavrstniku, kar dokazujejo najdbe semen *Trigonocarpus*, pinule pa se v bolj grobem peščenem sedimentu niso ohranile. Podobnost "bizoviške flore" z drugimi nahajališči v Posavskih gubah je tudi v prisotnosti mezokalamitnih oblik, saj sta bili dve vrsti že prej znani iz tega prostora (*Calamites ramifer*, *C. roemeri*). Skupni rodovi so tudi *Lepidodendron*, *Sigillaria* (predvsem skupina *Rhytidolepis*), *Stigmaria* in *Cordaites*.

Klastične karbonske kamnine enote a in podenot b_1 in b_2 so raziskovali Mlakar in sodelavci (1993). Ugotovili so, da kamnine v okolici Litije in skoraj zagotovo tudi drugod v Posavskih gubah predstavljajo zaporedje v naraščanjem zrnivosti (coarsening upward sequence), kar kaže na postopno oplitjevanje in zasipanje sedimentacijskega bazena. Glede na ugotovljeno zaporedje so te kamnine uvrščene v deltno-rečni sedimentacijski model. Plasti z makrofloro (podenota b_2) so interpretirane kot produkt rečnega sedimentacijskega okolja: v spodnjem in srednjem delu prevladujejo faciesi nastali pod vplivom meandrskega rečnega režima, v zgornjih delih pa faciesi kot produkti režima prepletajoče reke.

Zaključek

Raziskana rastlinska združba ustreza splošni sliki evroameriške flore. V njej prevladujejo členovke (*Calamites*) in pteridosperme (*Neuropteris*, *Linopteris*) v prisotnosti redkeje zastopanih predstavnikov lisičjakovcev (*Lepidodendron*, *Sigillaria*) ter rodov *Pecopteris* in *Cordaites*.

Na splošno je "bizoviška flora" podobna flori iz doslej znanih nahajališč Posavskih gub, saj se razlikuje le po prisotnosti pteridofilov. Gre torej za hidrofilno do higrofilno floro vlažnih močvirskih predelov. Rastline so uspevale v toplem in vlažnem podnebnju brez večjih temperaturnih (sezonskih) nihanj, kar bi v današnjih razmerah ustrezalo subtropskim ali tropskim razmeram. Velik delež pteridosperm ter prisotnost kordaitov kaže, da je bilo rastišče na nekoliko dvignjenem delu rečnega nasipa, na obrobju poplavnega področja, na kar sklepamo tudi po precejšnji zastopanosti členovk.

Starost določene združbe je mogoče zaključiti na osnovi stratigrafske razširjenosti posameznih vrst, med katerimi sta dve nevropteridni vrsti (*N. tenuifolia* in *L. neuropteroides*) ter vrsta *L. lycopodioides*; vse tri se pojavljajo samo v westfaliju. Razen tega sta dve vrsti, sicer določeni s cf. (*P. cf. plumosa* in *L. cf. aculeatum*), predvsem westfaljski, čeprav se pojavita že v namuriju. Glede na celoten sestav združbe in prisotnost tudi nekaterih mezokalamitom podobnih oblik, je mogoče sklepati na spodnji del westfalija.

Literatura

- Amerom, H.W.J. van 1975: Die eusphenopteridischen Pteridophyllen aus der Sammlung des geologischen Bureaus in Heerlen, unter besonderer Berücksichtigung ihrer Stratigraphie bezüglich des Südlimburger Kohlenreviers. – Meded. Rijks. Geol. Dienst., C-III-1/7, 1-208, Maastricht.
- Amerom, H.W.J. van, Glerum, J.J. & Prins, S.H. 1984: Einige bemerkenswerte Sigillarien aus den Kohlenrevier von Südlimburg, Niederlande (I). – Meded. Rijks. Geol. Dienst., 37/3, 63-93, Heerlen.
- Crookall, R. 1959: Fossil Plants of the Carboniferous Rocks of Great Britain. – Mem. geol. Surv. Great Britain, Paleont., 4/2, 85-216, London.
- Crookall, R. 1966: Fossil Plants of the Carboniferous Rocks of Great Britain. – Mem. geol. Surv. Great Britain, Paleont., 4/4, 355-571, London.

- Doubinger, J., Vetter, P., Langiaux, J., Galtier, J. & Brotin, J. 1995: La flore fossile du bassin houiller de Sant-Etienne. – Mem. Mus. nat. Hist. natur., 164, 1-357, Paris.
- Hauer, F.v. 1851: Nachricht über die Sammlung in Laibach. – Mitt. Freunde Naturwiss. (Haidingers Ber.), 7, 139-140, Wien.
- Josten, K.-H. 1962: Die wichtigsten Pflanzen-Fossilien des Ruhrkarbons und ihre Bedeutung für die Gliederung des Westfals. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 3/2, 753-772, Krefeld.
- Josten, K.-H. 1991: Die Steinkohlen-Floren Nordwestdeutschlands. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 36, 434 pp. + Tafel-Bd., Krefeld.
- Kolar-Jurkovšek, T. & Jurkovšek, B. 1985: Nova nahajališča paleozojske flore v Posavskih gubah med Ljubljano in Litijo. – Razprave IV. Razr. SAZU, 26, 199-218, Ljubljana.
- Kolar-Jurkovšek, T. & Jurkovšek, B. 1986: Karbonska (westfalijska) makroflora iz Zavrstnika. – Rud.-metal. zbor., 33/1-2, 3-34, Ljubljana.
- Kolar-Jurkovšek, T. & Jurkovšek, B. 1990: Karbonska makroflora med Jančami in Polšnikom v Posavskih gubah. – Rud.-metal. zbor., 37/3, 367-389, Ljubljana.
- Kolar-Jurkovšek, T. & Jurkovšek, B. 2002: Karbonski gozd. Karbonske plasti z rastlinskimi fosili pri Ljubljani. – Geološki zavod Slovenije, 189 pp., Ljubljana.
- Kossmat, F. 1913: Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltenregion. – Mitt. Geol. Ges., 6, 61-165, Wien.
- Laveine, J.-P. 1987: La flore du bassin houiller du Nord de la France. Biostratigraphie et méthodologie. – Ann. Soc. Geol. Nord CVI, 87-93, Lille.
- Lipold, M.V. 1857: Bericht über die geologischen Aufnahmen in Oberkrain im Jahre 1856. – Jb. geol. R.-A., 8, 205-234, Wien.
- Lipold, M.V. 1858: Bericht über die geologischen Aufnahmen in Unter-Krain im Jahre 1857. – Jb. geol. R.-A., 257-276, Wien.
- Mrakar, I. 1987: Prispevek k poznavanju geološke zgradbe Posavskih gub in njihovega južnega obrobja. – Geologija, 28/29 (1985/86), 157-182, Ljubljana.
- Mrakar, I. 1994: O problematiki Litijskega rudnega polja. – Geologija, 36 (1993), 249-338, Ljubljana.
- Mrakar, I., Skaberne, D. & Drovenik, M. 1993: O geološki zgradbi in orudenju v karbonskih kameninah severno od Litije. – Geologija, 35 (1992), 229-286, Ljubljana.
- Morlot, A.v. 1850: Über die geologischen Verhältnisse von Oberkrain. – Jb. Geol. R.-A., 389-411, Wien.
- Pavšič, J. 1995: Fosili: zanimive okamnine iz Slovenije. – Tehniška založba Slovenije, 140 pp., Ljubljana.
- Placer, L. 1999 a: Structural meaning of the Sava folds. – Geologija, 41 (1998), 191-221, Ljubljana.
- Placer, L. 1999 b: Contribution to the macro-tectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. – Geologija, 41 (1998), 223-255, Ljubljana.
- Premru, U. 1983 a: Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000, list Ljubljana. – Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Premru, U. 1983 b: Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000. Tolmač za list Ljubljana. – Zvezni geološki zavod, 75 str., Beograd.
- Rakovec, I. 1932: H geologiji Ljubljane in njene okolice. – Geogr. vest., 8/1-4, 38-70, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1955: Geološka zgodovina ljubljanskih tal. – Zgodovina Ljubljane I, 11-207, Ljubljana.
- Ramovš, A. 1965: O "hochwipfelskih skladih" v posavskih gubah in o "karbonskih" plasteh v njihovi soseščini. – Geol. vj., 18/2, 341-345, Zagreb.
- Ramovš, A. 1978: Okamnelo življenje v jeseniškem prostoru. – Tehniški muzej Železarne Jesenice, 83 str., Jesenice.
- Ramovš, A. 1990: Spodnjedevojnijski in spodnjekarbonski konodonti v prodnikih spodnjepermijskega konglomerata pri Podlipoglavu, vzhodno od Ljubljane. – Geologija, 31/32 (1988/89), 233-239, Ljubljana.
- Ramovš, A. 1993: Prispevek k reševanju starosti paleozojskih plasti Posavskih gub. – Rud.-metal. zbor., 40 /1-2, 301-302, Ljubljana.
- Ramovš, A. & Jurkovšek B. 1976: Srednjekarbonski prodniki v trokofelskem konglomeratu pri Podlipoglavu. – Geologija, 19, 34-44, Ljubljana.
- Ramovš, A. & Kochansky-Devidé, V. 1965: Razvoj mlajšega paleozoika v okolici Ortneka na Dolenjskem. – Razprave 4. Razr. SAZU, 8, 319-416, Ljubljana.
- Ramovš, A. & Sieverts-Doreck, H. 1968: Interessante Mittelperm-Crinoiden in Slowenien, NW Jugoslawien. – Geol. vj., 21, 191-206, Zagreb.
- Remy, W. & Remy, R. 1977: Die Floren der Erdaltertums. – Verlag Glückauf GmbH, 468 pp., Essen.
- Salopek, M. 1928: Einige Angaben über das Karbon in Slowenien (Jugoslawien) – Compte Rendu, Congres Strat. Carb. Heerlen 1927, 645-649, Liege.
- Stur, D. 1886: Obercarbonische Pflanzenreste vom Bergbau Reichenberg bei Assling in Oberkrain. – Verh. k. k. geol. R.-A., 15, 383-385, Wien.
- Slebinger, C. 1951: Prispevki h geologiji velikolaške okolice. – Rokopis v knjižnici Katedre za geologijo in paleontologije fakultete za naravoslovje in tehnologijo, Ljubljana.
- Takšič, A. 1947: Prinos poznavanja gornjokarbonske flore Golice (Karavanke). – Geol. vj., 1, 232-240, Zagreb.
- Tornquist, A. 1929: Die Blei-Zinklagestätte der Savefalten vom Typus Litija (Littai). – Berg und Hüttenmann. Jb., 77/1, 1-28, Wien.
- Winkler, A. 1923: Über den Bau der östlichen Südalpen. – Mitt. Geol. Ges., 16, 1-272, Wien.