GEOLOGIJA 68/2, 311-322 Ljubljana 2025
© Author(s) 2025. CC Atribution 4.0 License

https://doi.org/10.5474/geologija.2025.005
Data Article

Podatkovna baza za določanje izvora rimskodobnih kamnitih izdelkov z Ižanskega

Database for provenance determination of Roman-time stone products from Ig area

Rok BRAJKOVIČ[1]*, Petra ŽVAB ROŽIČ[2] & Luka GALE[1,2]

[1]Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; *corresponding author: rok.brajkovic@geo-zs.si
[2]Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

Prejeto / Received 17. 3. 2025; Sprejeto / Accepted 28. 5. 2025; Objavljeno na spletu / Published online 30. 7.2025

Ključne besede: Podatkovni set, geološka karta, sedimentološki profil, mikrofacies, foraminifere, katodoluminiscenca, mineralogija, geokemija, izotopi, izvor
Key words: Dataset, geological map, sedimentological log, microfacies, foraminifera, cathodoluminescence, mineralogy, geochemistry, isotopes, provenience

Izvleček

Rimskodobni kamniti izdelki najdeni na Ižanskem so bili pretežno izdelani iz mikritnega in peloidnega apnenca. Izvor teh izdelkov je bil do sedaj le ohlapno definiran, zlasti zaradi pomanjkanja podrobnih opisov mikrofaciesov, študije mikrofosilov in manjkajočih geokemičnih analiz iz do sedaj prepoznanih ali predlaganih območij rimskih kamnolomov. Podatkovna baza zapolnjuje to vrzel in nudi podroben vpogled v litološko in geokemično sestavo apnenca, ki izdanja pri Podutiku, Stajah, Igu, v Podpeči, Jezeru pri Podpeči, na hribu Sv. Ana in pri Ledenici v bližini Planince. Profili predstavljajo dele spodnjejurske Podbukovške formacije, natančneje člene E1 – plastnat mikritni in ooidni apnenec, E2 – fosiliferni apnenec, E3 – krinoidni apnenec, ki pripadajo Podbukovški formaciji in E4 – ooidni apnenec in dolomit, ki pripada Lazenski formaciji. Z namenom primerjave so bili z enakimi metodami proučeni tudi dostopni kamniti izdelki z Ižanskega. Uporabljena metodologija vključuje geološko kartiranje, detajlno sedimentološko profiliranje sedimentnih zaporedij in makroskopski pregled vzorcev, optično mikroskopijo za analizo litofaciesov, mikrofaciesov in bentoških foraminifer, katodoluminiscenčno analizo, analizo vrednosti izotopskega razmerja stroncija, vrednosti izotopskega razmerja stabilnih izotopov ogljika in kisika, določitev mineralne sestave in vsebnosti glavnih, stranskih ter slednih elementov.

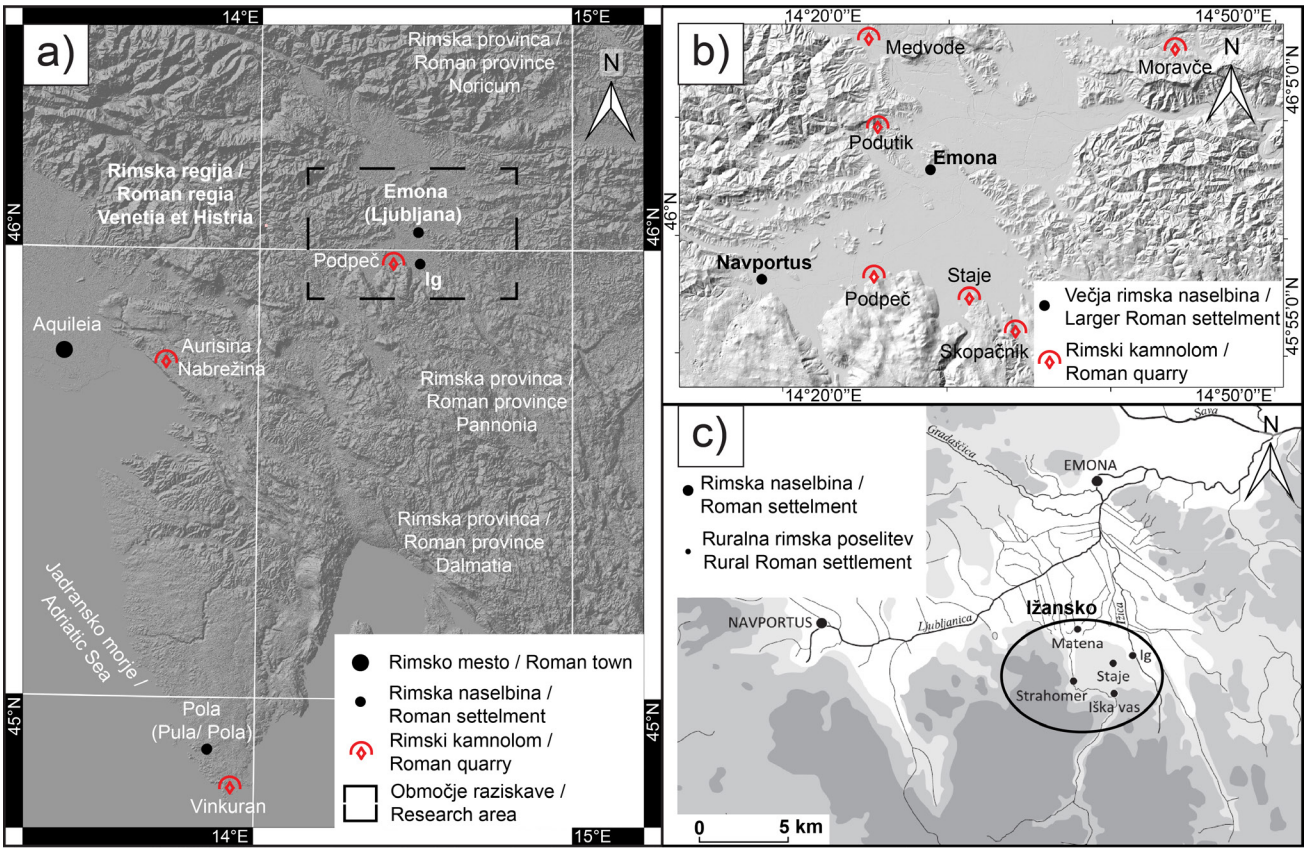
Abstract

The stone products from the Roman-time found in the Ig area were mainly made from micritic and peloidal limestone. The provenance of these products has been only roughly defined so far, mainly due to the lack of detailed microfacies descriptions, study of microfossils and missing geochemical analyses from the previously identified or proposed areas of Roman quarries. This database fills this gap and provides a detailed insight into the lithological and geochemical composition of the limestone found in Podutik, Staje, Ig, Podpeč, Jezero near Podpeč, on the hill of St. Ana and at Ledenica near Planinca. The sedimentological logs represent parts of the Lower Jurassic Podbukovje Formation, specifically the members E1 – laminated micritic and oolitic limestone, E2 – fossiliferous limestone, E3 – crinoid limestone belonging to the Podbukovje Formation, and E4 – oolitic limestone and dolomite belonging to the Laze Formation. For purposes of comparison, accessible stone products from the Ig area were studied using the same methods. The applied methodology includes geological mapping, detailed sedimentological description of sediment sequences and macroscopic examination of samples, optical microscopy for the analysis of lithofacies, microfacies and benthic foraminifera, cathodoluminescence analysis, analysis of strontium isotope ratio values, stable carbon and oxygen isotope ratio values, determination of mineral composition and content of major, minor and trace elements.

Izhodišče

Raziskava je vezana na severovzhodno območje nekdanje rimske regije X – Venetia et Histria (sl. 1a), natančneje na antično (rimskodobno) naselbino Emona (sl. 1b) oziroma njeno ruralno obrobje (sl. 1c). Do sedaj je bil izvor apnenca kot naravnega kamna v kamnitih izdelkih emonskega agra opredeljen na podlagi litofaciesa in mikrofaciesnega tipa ter z uporabo bentoških foraminifer, ki so omogočili vsaj delno biostratigrafsko korelacijo proučenih kamnitih izdelkov z izvorno formacijo ali členom na podlagi obstoječih geoloških podatkov (Šmuc et al., 2017; Visočnik et al., 2017; Žvab Rožič et al., 2022). Spodnjejurski apnenci so bili v Emoni uporabljeni v prevladujočem deležu (Djurić et al., 2022), na Ižanskem pa je raba apnenca vezana izključno na spodnjejurske litofaciese. Dodatno so Djurić in sodelavci (2022) na primeru Emone pokazali, da z uporabo zgolj petroloških metod utemeljena določitev provenience ni mogoča za kar 42,7 % v študijo vključenih izdelkov, izdelanih iz spodnjejurskega apnenca. Apnenec, uporabljen za izdelavo izdelkov na Ižanskem, je po do sedaj veljavnih interpretacijah prihajal iz spodnjejurskega zaporedja Podbukovške formacije (Žvab Rožič et al., 2022).

V tem delu predstavljeni podatki dopolnjujejo do sedaj predlagano litostratigrafsko razdelitev spodnjejurskih apnencev (Dozet & Strohmenger, 2000; Dozet, 2009) ter prispevajo k boljši korelaciji členov Podbukovške formacije, ki so bili do sedaj že delno proučeni na obrobju Ljubljanskega barja (Buser & Debeljak, 1994, 1997; Miler & Pavšič, 2008; Ogorelec, 2009; Gale, 2015; Gale & Kelemen, 2017). Z geoarheološkega vidika sta poznavanje in natančna ločitev spodnjejurskega zaporedja nujna, saj vsi najdeni kamniti izdelki na Ižanskem izvirajo iz tega dela zaporedja (Brajkovič et al., 2019a; Žvab Rožič et al., 2022). Z namenom vzpostavitve jasnih ter preverljivih meril za stratigrafsko ločevanje izvora apnenca, uporabljenega v Emoni in na Ižanskem, objavljamo podatke, ki so bili do sedaj že uporabljeni v več kongresnih prispevkih (Brajkovič et al., 2019a, 2019b, 2021, 2022a, 2022b) in znanstvenih člankih (Brajkovič et al., 2022c; Djurić et al.. 2022) ter doktorski nalogi (Brajkovič, 2025).



Sl. 1. Predstavitev območja raziskav. a) Širša geografsko-zgodovinska umestitev z glavnimi rimskimi mesti/naselbinami ter njihovimi najpomembnejšimi potrjenimi rimskodobnimi kamnolomi. b) Emona in njena bližnja okolica s potrjenimi in domnevnimi lokacijami rimskodobnih kamnolomov (Russell, 2013). c) Lokacija ruralnega območja Ižansko (povzeto po Lozić, 2009).

Fig. 1. Presentation of the research area. a) Broader geographical-historical setting with the main Roman towns/settlements and their most important quarries. b) Emona and its immediate surroundings with confirmed and presumed locations of Roman quarries (Russell, 2013). c) Location of the rural Ig area (after Lozić, 2009).

Tabela 1. Izvor proučenih kamnitih izdelkov z najdiščem na Ižanskem, opredeljenih po izvornih (litostratigrafskih) enotah. Zaporedne številke kamnitih izdelkov (IV) temeljijo na katalogu Lozić (2008).

Table 1. Provenance of studied stone products from the Ig area determined in source (lithostratigraphic) units. The consecutive numbers of the stone artifacts (IV) are based on the catalogue by Lozić (2008).

Litostratigrafske enote / Lithostratigraphic unit	Inventarne številke / Inventory numbers	
Spodnjejurski apnenci / Lower Jurassic limestones – J_1	IK-3; IV 16; IV 23; IV 34; IV 5; IV 42; IV 2; IV 6; IV 9; IV 10; IV 11; IV 14; IV 19; IV 36; IV 40; IV 45; IV 46-1; IK-4; IK-5; IK-6; IV 20; IV 26; IV 29; IV 33; IK-1	
Spodnje- do srednjesinemurijski apnenci / Lower to Middle Sinemurian Limestones – E1 – $J_1^{1,2}$	Makroskopski in mikroskopski pregled ter biostratigrafija / Macroscopic and microscopic examination and biostratigraphy	Večmetodni pristop / Multi-method approach
	/	IV 39; IV 8
Zgornjesinemurijski–spodnjepliensbachijski apnenci / Upper Sinemurian–Lower Pliensbachian limestones – PE2.1 – $J_1^{2,3}$	Makroskopski in mikroskopski pregled ter biostratigrafija / Macroscopic and microscopic examination and biostratigraphy	Večmetodni pristop / Multi-method approach
	IV 24; IV 25; IV 32; IV 41; IV 43; IV 44; IV 7; IV 17; IV 37; IV 22; IV 46-2; IV 21	IV 27; IV 28; IV 12; IV 35; IV 18; IK-2
Pliensbachijski apnenci / Pliensbachian limestones – PE2.2 – J_1^3		IV 13; IV 15; IV 1; IV 3
Toarcijski apnenci / Toarcian limestones – E3 – J_1^4	IV 30	IV 31; IV 38; IV 4

Kljub pomembni vlogi nagrobnih spomenikov z Ižanskega v slovenski arheologiji (Šašel, 1975a, 1975b; Vuga, 2000a, 2000b; Lozić, 2009; Veranič & Repanšek, 2016; Ragolič, 2016; Grahek & Ragolič, 2020), so bili ti do sedaj opredeljeni zgolj kot lokalni apnenec brez dodatne litostratigrafske ali geografske opredelitve izvora. Geološke študije kamnitih izdelkov iz nahajališča Marof (Ig) in sedimentnih zaporedij, ki izdanjajo v okolici, so pokazale ujemanje v makro- in mikroskopskih značilnostih in s tem na lokalen izvor kamnine (Žvab Rožič et al., 2016, 2022), izvor mikritnih in peloidnih apnencev pa je ostal odprt. To vrzel zapolnjujemo s podatki, ki jih predstavljamo v pričujočem delu.

Za predlagane določitve izvora posameznih kamnitih izdelkov, najdenih na Ižanskem (Tabela 1), so uporabljeni kriteriji za določitev, ki so predstavljeni v delu Brajkoviča in sodelavci (2022b).

Materiali

Proučeni vzorci zajemajo primarne vzorce iz sedimentoloških profilov ter vzorce arhitekturnih, votivnih in sepulkralnih kamnitih izdelkov. Na vseh vzorcih so bile izvedene enake analize po enakem metodološkem pristopu. Skupna površina kartiranega ozemlja znaša okoli 20 km^2. Sedimentološko so bile natančno opredeljene le litostratigrafske enote, ki predstavljajo potencialen izvor apnenca za Emono ali Ižansko. V teh litostratigrafskih enotah smo posneli okoli 400 m sedimentoloških profilov v merilu 1 : 100. Za analize stabilnih izotopov kisika, ogljika ter izotopov stroncija je bila iz vzorcev primarnih zaporedij in kamnitih izdelkov uporabljena le mikritna osnova. Le-ta je bila natančno vzorčena iz sveže kamnine. Za analize mineralne in elementne sestave iz primarnih zaporedij in proučenih kamnitih izdelkov so bili pripravljeni vzorci iz celokupne kamnine, pri čemer je bila pozornost namenjena dovoljšni globini vzorčenja, da smo se izognili preperelemu in potencialno z meteorno vodo spremenjenemu delu kamnine. Vsi vzorci so bili homogenizirani v ahatni terilnici in presejani skozi 100 μm sito v laboratoriju Geološkega zavoda Slovenije. Nadaljnji postopek priprave vzorcev za analize je bil opravljen v laboratorijih, kjer je bila opravljena meritev. V Tabeli 2 so opredeljene analize, oznake vzorcev in njihovo število ter merilo izbire vzorca za nadaljnje preiskave.

Tabela 2. Število in oznake vzorcev ter kriterij izbire.

Table 2. Number and labels of samples and selection criteria.

ANALIZA / ANALYSIS	OZNAKA / LABEL	ŠTEVILO VZORCEV / NUMBER OF SAMPLES	MERILO IZBIRE / SELECTION CRITERIA
Geološka karta Podutik / Geological map Podutik	K-P - zaporedna oznaka vzorca / consecutive sample number	18	Izbrani tipični litofaciesi definiranih litostratigrafskih enot / Selected typical lithofacies of defined lithostratigraphic units
Geološka karta Ig / Geological map Ig	K-IG - zaporedna oznaka vzorca / consecutive sample number	15	Izbrani tipični litofaciesi definiranih litostratigrafskih enot / Selected typical lithofacies of defined lithostratigraphic units
Geološka karta Podpeč / Geological map Podpeč	K-POD - zaporedna oznaka vzorca / consecutive sample number	19	Izbrani tipični litofaciesi definiranih litostratigrafskih enot / Selected typical lithofacies of defined lithostratigraphic units
Optične preiskave vzorcev – sedimentološki profil Podutik 1 / Optical examination of samples – sedimentological section Podutik 1	P1 - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	126	Vzorci vseh lito- in mikrofaciesov ob upoštevanju minimalne gostote vzorčenja (1 plast – vsaj 1 vzorec). S katodoluminiscenco pregledani reprezentativni zbruski vsakega litofaciesa ter vsi vzorci, namenjeni za nadaljnje preiskave vrednosti $^{87}Sr/^{86}Sr$ / Samples of all lithofacies and microfacies, taking into account the minimum sampling density (1 bed – at least 1 sample). Representative sections of each lithofacies examined by cathodoluminescence and all samples intended for further investigation of $^{87}Sr/^{86}Sr$ values..
Mineraloške analize sedimentološki profil Podutik 1 / Mineralogical analyses sedimentological section Podutik 1	P1 - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	7	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Geokemične analize sedimentološki profil Podutik 1 / Geochemical analyses sedimentological section Podutik 1	P1 - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	7	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Analize izotopov $\delta^{18}O_{total}$ in $\delta^{13}C_{total}$ sedimentološki profil Podutik 1 / Isotope analyses $\delta^{18}O_{total}$ and $\delta^{13}C_{total}$ sedimentological section Podutik 1	P1 - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	7	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Analize izotopov $^{87}Sr/^{86}Sr$ sedimentološki profil Podutik 1 / Isotope analyses $^{87}Sr/^{86}Sr$ sedimentological section Podutik 1	P1 - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	7	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Optične preiskave vzorcev – sedimentološki profil Podutik 3 / Optical examination of samples – sedimentological section Podutik 3	P3 - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	13	Vzorci vseh lito- in mikrofaciesov ob upoštevanju minimalne gostote vzorčenja (1 plast – vsaj 1 vzorec) / Samples of all litho- and microfacies, taking into account the minimum sampling density (1 bed – at least 1 sample)
Optične preiskave vzorcev – sedimentološki profil Podutik 4 / Optical examination of samples – sedimentological section Podutik 4	P4 - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	5	Vzorci vseh lito- in mikrofaciesov ob upoštevanju minimalne gostote vzorčenja (1 plast – vsaj 1 vzorec) / Samples of all litho- and microfacies, taking into account the minimum sampling density (1 bed – at least 1 sample)
Optične preiskave vzorcev – sedimentološki profil Dedec / Optical examination of samples – sedimentological section Dedec	D - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	86	Vzorci vseh lito- in mikrofaciesov ob upoštevanju minimalne gostote vzorčenja (1 plast – vsaj 1 vzorec). S katodoluminiscenco pregledani reprezentativni zbruski vsakega litofaciesa ter vsi vzorci, namenjeni za nadaljnje preiskave vrednosti $^{87}Sr/^{86}Sr$ / Samples of all lithofacies and microfacies, taking into account the minimum sampling density (1 bed – at least 1 sample). Representative sections of each lithofacies examined by cathodoluminescence and all samples intended for further investigation of $^{87}Sr/^{86}Sr$ values..
Mineraloške analize – sedimentološki profil Dedec / Mineralogical analyses sedimentological section Dedec	D - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	9	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Geokemične analize – sedimentološki profil Dedec / Geochemical analyses sedimentological section Dedec	D - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	9	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Analize izotopov $\delta^{18}O_{total}$ in $\delta^{13}C_{total}$ – sedimentološki profil Dedec / Isotope analyses $\delta^{18}O_{total}$ and $\delta^{13}C_{total}$ sedimentological section Dedec	D - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	16	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Analize izotopov $^{87}Sr/^{86}Sr$ – sedimentološki profil Dedec / Isotope analyses $^{87}Sr/^{86}Sr$ sedimentological section Dedec	D - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	5	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section

Optične preiskave vzorcev – sedimentološki profil Ig / Optical examination of samples – sedimentological section Ig	IG - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	45	Vzorci vseh lito- in mikrofaciesov ob upoštevanju minimalne gostote vzorčenja (1 plast – vsaj 1 vzorec). S katodoluminiscenco pregledani reprezentativni zbruski vsakega litofaciesa ter vsi vzorci, namenjeni za nadaljnje preiskave vrednosti $^{87}Sr/^{86}Sr$ / Samples of all lithofacies and microfacies, taking into account the minimum sampling density (1 bed – at least 1 sample). Representative sections of each lithofacies examined by cathodoluminescence and all samples intended for further investigation of $^{87}Sr/^{86}Sr$ values.
Analize izotopov $^{87}Sr/^{86}Sr$ – sedimentološki profil Ig / Isotope analyses $^{87}Sr/^{86}Sr$ sedimentological section Ig	IG - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	4	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) ali vzorcev z mikritno osnovo (LF10 – litiotidni apnenec) razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) or samples with micrite groundmass (LF10 – lithiotid limestone) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Optične preiskave vzorcev – sedimentološki profil kamnolom Jezero / Optical examination of samples – sedimentological section Jezero	JEZ - oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	19	Vzorci vseh lito- in mikrofaciesov ob upoštevanju minimalne gostote vzorčenja (1 plast – vsaj 1 vzorec) / Samples of all litho- and microfacies, taking into account the minimum sampling density (1 bed – at least 1 sample)
Optične preiskave vzorcev – kompozitni sedimentološki profil Podpeč / Optical examination of samples – composite sedimentological section Podpeč	POD (arheo, 1, 2, 3, 4, 5,) zaporedna oznaka profila in vzorca po metraži / conaecutive section mark and sample markin by metrage	250	Vzorci vseh lito- in mikrofaciesov ob upoštevanju minimalne gostote vzorčenja (1 plast – vsaj 1 vzorec). S katodoluminiscenco pregledani reprezentativni zbruski vsakega litofaciesa ter vsi vzorci, namenjeni za nadaljnje preiskave vrednosti $^{87}Sr/^{86}Sr$ / Samples of all lithofacies and microfacies, taking into account the minimum sampling density (1 bed – at least 1 sample). Representative sections of each lithofacies examined by cathodoluminescence and all samples intended for further investigation of $^{87}Sr/^{86}Sr$ values.
Mineraloške (XRD) analize – kompozitni sedimentološki profil Podpeč / Mineralogical analyses composite sedimentological section Podpeč	POD (arheo, 1, 2, 3, 4, 5) zaporedna oznaka profila in vzorca po metraži / conaecutive section mark and sample markin by metrage	23	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Geokemične analize – kompozitni sedimentološki profil Podpeč / Geochemical analyses composite sedimentological section Podpeč	POD (arheo, 1, 2, 3, 4, 5) zaporedna oznaka profila in vzorca po metraži / conaecutive section mark and sample markin by metrage	29	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Analize izotopov $\delta^{18}O_{total}$ in $\delta^{13}C_{total}$ kompozitni sedimentološki profil Podpeč / Isotope analyses $\delta^{18}O_{total}$ and $\delta^{13}C_{total}$ composite sedimentological section Podpeč	POD (arheo, 1, 2, 3, 4, 5) zaporedna oznaka profila in vzorca po metraži / conaecutive section mark and sample markin by metrage	151	Izbrani vzorci opredeljenih litofaciesov približno enakomerno razporejeni (+/– 90 cm) po sedimentološkem profilu / Selected samples of defined lithofacies approximately evenly distributed (+/– 90 cm) along the sedimentological section
Analize izotopov $^{87}Sr/^{86}Sr$ –kompozitni sedimentološki profil Podpeč / Isotope analyses $^{87}Sr/^{86}Sr$ composite sedimentological section Podpeč	POD (arheo, 1, 2, 3, 4, 5) zaporedna oznaka profila in vzorca po metraži / conaecutive section mark and sample markin by metrage	13	Izbrani vzorci mikritnih apnencev (LF1) približno enakomerno razporejeni po sedimentološkem profilu / Selected samples of micrite limestones (LF1) approximately evenly distributed across the sedimentological section
Optične preiskave vzorcev – kompozitni sedimentološki profil Ledenica Planinca / Optical examination of samples – composite sedimentological section Ledenica Planinca	LP - zaporedna oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	112	Vzorci vseh lito- in mikrofaciesov ob upoštevanju minimalne gostote vzorčenja (1 plast – vsaj 1 vzorec). S katodoluminiscenco pregledani reprezentativni zbruski vsakega litofaciesa / Samples of all lithofacies and microfacies, taking into account the minimum sampling density (1 bed – at least 1 sample). Representative sections of each lithofacies examined by cathodoluminescence
Analize izotopov $\delta^{18}O_{total,}$ $\delta^{13}C_{total}$ in $\delta^{13}C_{ogr}$ – sedimentološki profil Ledenica Planinca / Isotope analyses $\delta^{18}O_{total}$ and $\delta^{13}C_{total}$ – sedimentological section Ledenica Planinca	LP - zaporedna oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	67	Izbrani vzorci opredeljenih litofaciesov približno enakomerno razporejeni (+/– 20 cm) po spodnjem delu sedimentološkega profila / Selected samples of defined lithofacies approximately evenly distributed (+/– 20 cm) along the lower part of sedimentological section
Optične preiskave vzorcev – kompozitni sedimentološki profil Sv. Ana / Optical examination of samples – composite sedimentological section Sv. Ana	SV.A-zaporedna oznaka vzorca po metraži / sample label by metrage	115	Vzorci vseh lito- in mikrofaciesov ob upoštevanju minimalne gostote vzorčenja (1 plast – vsaj 1 vzorec). Z katodoluminiscenco pregledani reprezentativni zbruski vsakega litofaciesa / Samples of all lithofacies and microfacies, taking into account the minimum sampling density (1 bed – at least 1 sample). Representative sections of each lithofacies examined by cathodoluminescence
Optične preiskave vzorcev – kamniti izdelki hranjeni v lapidariju v cerkvi Sv. Mihaela v Iški vasi / Optical examination of samples – stone products kept in the lapidary in the church of St. Michael in Iška vas	IV zaporedna številka po katalogu Lozić (2008) / sample label according to the Lozić catalogue (2008)	47	Dostopnost po izbiri kustosa oziroma soglasodajalca. Zagotovljeno vzorčenje vseh zaznanih litofaciesov. S katodoluminiscenco pregledani vsi zbruski / Accessibility at the discretion of the curator or approver. Sampling of all detected lithofacies ensured. All thinsections examined with cathodoluminescence

Mineraloške (XRD) analize – kamniti izdelki hranjeni v lapidariju v cerkvi Sv. Mihaela v Iški vasi / Mineralogical analyses – stone products kept in the lapidary in the church of St. Michael in Iška vas	IV zaporedna številka po katalogu Lozić (2008) / sample label according to the Lozić catalogue (2008)	9	Analiza opravljena glede na ostanek vzorca po pripravi petrografskega preparata (nizka prioriteta) / Analysis performed based on the sample residue after preparation of the petrographic preparation (low priority)
Geokemične analize – kamniti izdelki hranjeni v lapidariju v cerkvi Sv. Mihaela v Iški vasi / Geochemical analyses – stone products kept in the lapidary in the church of St. Michael in Iška vas	IV zaporedna številka po katalogu Lozić (2008) / sample label according to the Lozić catalogue (2008)	14	Analiza opravljena glede na ostanek vzorca po pripravi petrografskega preparata (srednja prioriteta) / Analysis performed based on the sample residue after preparation of the petrographic preparation (medium priority)
Analize izotopov $\delta^{18}O_{total}$ in $\delta^{13}C_{total}$ v cerkvi Sv. Mihaela v Iški vasi / Isotope analyses $\delta^{18}O_{total}$ and $\delta^{13}C_{total}$ – stone products kept in the lapidary in the church of St. Michael in Iška vas	IV zaporedna številka po katalogu Lozić (2008) / sample label according to the Lozić catalogue (2008)	14	Analiza opravljena glede na ostanek vzorca po pripravi petrografskega preparata (srednja prioriteta) / Analysis performed based on the sample residue after preparation of the petrographic preparation (medium priority)
Analize izotopov $^{87}Sr/^{86}Sr$ – kamniti izdelki hranjeni v lapidariju v cerkvi Sv. Mihaela v Iški vasi / Isotope analyses $^{87}Sr/^{86}Sr$ – stone products kept in the lapidary in the church of St. Michael in Iška vas	IV zaporedna številka po katalogu Lozić (2008) / sample label according to the Lozić catalogue (2008)	14	Analiza opravljena glede na ostanek vzorca po pripravi petrografskega preparata (visoka prioriteta) / Analysis performed based on the sample residue after preparation of the petrographic preparation (high priority)
Optične preiskave vzorcev – kamniti izdelki najdeni na arheološkem najdišču Ig krožišče / Optical examination of samples – stone products found at the Ig roundabout archaeological site	IK interna zaporedna številka / internal sample lable	6	Pregledani vsi najdeni kamniti izdelki. S katodoluminiscenco pregledani vsi zbruski / All found stone products were examined. All thinsections were examined with cathodoluminescence
Geokemične analize – kamniti izdelki najdeni na arheološkem najdišču Ig krožišče / Geochemical analyses – stone products found at the Ig roundabout archaeological site	IK interna zaporedna številka / internal sample lable	1	Analiza opravljena glede na ostanek vzorca po pripravi petrografskega preparata (srednja prioriteta) / Analysis performed based on the sample residue after preparation of the petrographic preparation (medium priority)
Analize izotopov $\delta^{18}O_{total}$ in $\delta^{13}C_{total}$ – kamniti izdelki najdeni na arheološkem najdišču Ig krožišče / Isotope analyses $\delta^{18}O_{total}$ and $\delta^{13}C_{total}$ – stone products found at the Ig roundabout archaeological site	IK interna zaporedna številka / internal sample lable	1	Analiza opravljena glede na ostanek vzorca po pripravi petrografskega preparata (srednja prioriteta) / Analysis performed based on the sample residue after preparation of the petrographic preparation (medium priority)
Analize izotopov $^{87}Sr/^{86}Sr$ – kamniti izdelki najdeni na arheološkem najdišču Ig krožišče / Isotope analyses $^{87}Sr/^{86}Sr$ – stone products found at the Ig roundabout archaeological site	IK interna zaporedna številka / internal sample lable	1	Analiza opravljena glede na ostanek vzorca po pripravi petrografskega preparata (visoka prioriteta) / Analysis performed based on the sample residue after preparation of the petrographic preparation (high priority)

Metode

Terensko delo

Geološko kartiranje

Osnovo geološkega kartiranja je obsegala priprava topografskih osnov z visoko ločljivostjo ter LIDAR-modelov površja (Tarolli, 2014), ki so predstavljali podlago za natančno geološko kartiranje (terenski popis) v merilu 1:2.500. Podatki so bili pridobljeni iz spleta (Internet). Kartiranje je potekalo po metodi sledenja geoloških mej, na pokritih terenih pa po metodi vseh izdankov (Compton, 1985). Geološke karte Podutik, Ig in Podpeč so bile izdelane v merilu 1:5.000. Izrisane so bile v program AutoCAD MAP 3D 2019 in pripravljene za arhiviranje v programu ArcGIS PRO ter se v podatkovni bazi nahajajo v mapi G*eološke karte*.

Makroskopski opis vzorcev sedimentoloških profilov in kamniti izdelkov

Vsi makroskopski popisi so zajemali opis debelin plasti, litologije, strukturnih in teksturnih značilnosti ter barve po standardni barvni lestvici (Geological Rock-Color Charts, 2011). Profili so zajeli lokacije predlaganih rimskodobni kamnolomi (Russel, 2013), ki zajemajo območja Podutika (sedimentološki profili Podutik: P1, P3, P4), Staj (sedimentološki profil Dedec, oznaka D), Jezera pri Podpeči (sedimentološki profil Jezero, oznaka JEZ), Iga (sedimentološki profil Ig, oznaka IG), Podpeči (kompozitni sedimentološki profil Podpeč, oznake POD Arheo, POD1, POD2, POD3, POD4 in POD5) in Sv. Ana (sedimentološki profil Sv. Ana, oznaka SV.A). Območje Ledenica – Planinca (sedimentološki profil Ledenica – Planinca, oznaka LP) je bilo dodano za predstavitev toarcijskega člena E3 – krinoidni apnenec (po Dozet

& Strohmenger, 2000 – marogasti apnenec), ki v precej krajšem profilu izdanja tudi neposredno nad današnjim kamnolomom v Podpeči (Djurić idr., 2022). Iz vsake plasti je bil odvzet vsaj po en vzorec. V makroskopski popis so zajeti vsi vzorci iz sedimentoloških profilov (št. vzorcev 742) ter kamniti izdelki lapidarija v Iški vasi (št. vzorcev 47, kataloške številke IV privzete po Lozić, 2008) ter nahajališča Ig krožišče (št. vzorcev 6, oznaka IK z dodano označbo interne zaporedne številke).

Laboratorijsko delo

Petrografske analize

Zbruski (velikosti 47 × 28 mm) so bili izdelani v laboratoriju Geološkega zavoda Slovenije iz reprezentativnih vzorcev vsakega litofaciesa iz sedimentoloških profilov (300 zbruskov) ter iz vseh vzorčenih kamnitih izdelkov (40 zbruskov). Za določitev vsebnosti dolomita so bili zbruski obarvani z barvilom Alizerin-Red S. Zbruski so bili optično prebrani z digitalnim mikroskopom z visoko ločljivostjo Keyence VHX 7100-S750E. Mikrofaciesni tipi apnenca so bili poimenovani v skladu s posodobljeno klasifikacijo po Dunhamu (Lokier & Al Junaibi, 2016). Dolomiti so bili klasificirani skladno s klasifikacijo po Sibley in Gregg (1987). Iz tega dela v podatkovni bazi izhajajo podatki arhivirani v mapi *Optično prebrani zburski*, ki zajema tako zbruske iz sedimentološki profilov kot tudi zbruski kamnitih izdelkov.

Biostratigrafija

Spodnjejurska zaporedja so bila biostratigrafsko opredeljena z bentoškimi foraminiferami. Foraminifere so bile določene na podlagi presekov v zbruskih. Starostni razpon posamezne foraminiferne združbe je bil določen na podlagi relevantnih objav (Fugagnoli & Loriga Broglio, 1998; Fugagnoli, 2004; Velić, 2007; Gale, 2014; Gale & Kelemen, 2017; Gale et al., 2018; Sevillano et al., 2020; BouDagher-Fadel, 2018). Kamniti izdelki so bili obravnavani posamično, saj se litofaciesi in mikrofaciesni tipi, določeni v kamnitih izdelkih, pogosto pojavljajo v več litostratigrafskih enotah. V podatkovni bazi podatkov arhivirani v mapi *Paleontologija – foraminifere*.

Katodoluminiscenca

Analize so bile izvedene na ZRC SAZU, Inštitutu za raziskovanje krasa v Postojni. Zbruski za preiskavo s katodoluminiscenco so bili polirani z diamantno pasto zrnavosti 1 µm. Meritve so bile opravljene na mikroskopu Nikon Eclipse E 600, opremljenem s hladno katodo CITL CL8200/MK4, proizvajalca Cambridge Image Technology Ltd. Mikroskopija je bila opravljena pri standardni napetosti 16 kV, električnem toku 450 mA in 15 µA toka v vakuumu. Rezultati so bili dokumentirani z digitalnim fotoaparatom DXM1200F pri 50-kratni povečavi in 4-sekundni izpostavljenosti zaslonke ter so arhivirani v podatkovni bazi v mapi *Katodoluminiscenca*. Opis katodoluniscenčnih lastnosti za sedimentološke profile je podan v mapi *Opisi lito- in mikrofaciesov (dokument Opisi lito- in mikrofaciesov),* katodoluminiscenčne lastnosti proučenih kamnitih izdelkov pa so podane individualno za posamezen vzorčen v mapi *Kamniti izdelki* (*Katodoluminiscenca → Kamniti izdelki →* dokument *Katodoluminiscenčne lastnosti proučenih kamnitih izdelkov*).

Mineraloške analize

Mineraloške rentgenske analize vzorcev so bile opravljene v laboratoriju Oddelka za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Mineralna sestava vzorcev (39 primarnih vzorcev ter 9 proučenih kamnitih izdelkov) je bila izmerjena z metodo rentgenske praškovne difrakcije na rentgenskem difraktometru Philips PW3710 s sevanjem CuKα1 in sekundarnim grafitnim monokromatorjem. Podatki so bili zbrani pri 40 kV s tokom 30 mA s hitrostjo 3,4° 2θ na minuto v območju snemanja od 2 do 70° (2θ). Difrakcijski vzorci so bili identificirani s programsko opremo X'Perth Highscore Plus 4.6 za difrakcijo z uporabo podatkovne baze PAN-ICSD in metode popolnega prileganja vzorca (Rietveld) za kvantitativno analizo mineralnih faz. Minerali pod 0,1 masnega % niso bili zaznani. V podatkovni bazi so podatki vključeni v mapi *Mineralogija*.

Geokemične analize

Vsebnosti glavnih, stranskih in slednih elementov so bile izmerjene v laboratoriju Actlabs (Kanada). Analize so bile opravljene na 43 vzorcih iz sedimentoloških profilov ter na 15 vzorcih iz kamnitih izdelkov z metodo fuzijske induktivno sklopljene masne spektroskopije (Fusion-ICP-MS). Vsak vzorec je tehtal 5 g. Za analizo je bil izbran modul 4litho (Activation Laboratories Ltd.). Točnost meritev je bila zagotovljena s certificiranimi laboratorijskimi standardi, natančnost pa s ponovljenimi meritvami laboratorijskih standardov. Navedene vrednosti odstopajo od ponovljenih za manj kot 2,15 %. Podatki so arhivirani v podatkovni bazi v mapi Litogeokemija (*Geokemija → Litogeokemija →* dokumenta *Podatki geokemičnih meritev analiziranih vzorcev za okside in element nad mejo zaznavanja*).

Stabilni izotopi kisika in ogljika

Meritve so bile izvedene v laboratoriju GeoZentrum Nordbayern na Univerzi v Erlangnu v Nemčiji. Analize so bile izvedene za primarne vzorce (216 vzorcev) ter dodatno tudi za vzorce kamnitih izdelkov (15 vzorcev), na katerih je bilo izmerjeno tudi izotopsko razmerje stroncija. Vrednosti izotopskega razmerja celokupnega kisika ($\delta^{18}O_{carb}$) in ogljika ($\delta^{13}C_{carb}$) so bile izmerjene z uporabo naprave Gasbench II, povezane z masnim spektrometrom ThermoFisher Delta V Plus. Rezultati so podani v zapisu δ‰ (promil) glede na standard Vienna Peedee Belemnite. Poročana ponovljivost kalibracijskih standardov je bila 0,05 SD za meritve izotopov $\delta^{13}C_{carb}$ in 0,04 SD za meritve izotopov $\delta^{18}O_{carb}$.

Na izbranem sedimentološkem profilu Ledenica Planinca so bile dodano izmerjene tudi vrednosti izotopskega razmerja organskega ogljika ($\delta^{13}C_{ogr}$; 67 vzorcev). Analize vrednosti izotopskega razmerja organskega ogljika so bile opravljene na istih vzorcih kot analize $\delta^{13}C_{carb}$ z namenom dodatne karakterizacije in interpretacije pričakovanih ekskurzij v ogljikovem ciklu. Dekarbonatizacija in homogenizacija vzorcev sta bili opravljeni v laboratorijih Geološkega zavoda Slovenije, meritve pa so bile opravljene na GeoZentrum Nordbayern na Univerzi v Erlangnu v Nemčiji. Analize ogljikovih izotopov organskega ogljika so bile opravljene z elementnim analizatorjem Flash EA 2000, povezanim z masnim spektrometrom ThermoFinnigan Delta V Plus. Natančnost in točnost analiz sta bili preverjeni s ponovljenimi analizami laboratorijskih standardov, dodatno umerjenih po mednarodnih standardih USGS 40 in 41. Poročana ponovljivost kalibracijskih standardov za meritve izotopov $\delta^{13}C_{org}$ je bila 0,06 SD. Rezultati meritev so arhivirani v mapi *C - O_Sr (Geokemija → C - O_Sr → dokumenta Podatki δ18Ocarb_ δ13Ccarb_Corg_ Sr).*

Izotopi stroncija

Meritve so bile izvedene z multikolektorskim masnim spektrometrom na induktivno sklopljeno plazmo (MC-ICP-MS) na Oddelku za vede o Zemlji Univerze v Oxfordu. Analize so bile opravljene za primarne vzorce (29 vzorcev) in vzorce kamnitih izdelkov (15 vzorcev). Približno 6 mg karbonata na vzorec je bilo stehtanega in raztopljenega v 5 ml 2M HNO_3. Pred meritvami $^{87}Sr/^{86}Sr$ je bilo odvzeto 1 ml raztopine za izvedbo prečiščenja stroncija (Sr) s kolono ESI PrepFast-MC Sr-Ca (Romaniello et al., 2015). Masna frakcionacija instrumenta je bila notranje umerjena na $^{86}Sr/^{88}Sr$ = 0,1194. Vsa navedena razmerja $^{87}Sr/^{86}Sr$ so bila normalizirana na SRM 987 $^{87}Sr/^{86}Sr$ = 0,710248 (McArthur et al., 2012; McArthur et al., 2016). Zunanja ponovljivost $^{87}Sr/^{86}Sr$ v SRM 987 je dala vrednost 0,710251 ± 0,000025 (2SD, št. meritev = 30). Za primerjavo so bili izmerjeni tudi trije standardi USGS (G-2, BCR-1 in BHVO-2), katerih vrednosti so skladne z referenčnimi vrednostmi, navedenimi v prejšnjih študijah (Weis et al., 2006). Vsak vzorec je bil analiziran trikrat. Rezultati meritev so arhivirani v mapi *C - O_Sr (Geokemija → C - O_Sr → dokumenta Podatki δ18Ocarb_ δ13Ccarb_Corg_ Sr).*

Struktura podatkovne baze

```
├───Geokemija
│   ├───C - O_Sr
│   └───Litogeokemija
├───Geološke karte
├───Katodoluminiscenca
│   ├───E1
│   │   ├───Profil Dedec
│   │   └───Profil Podutik
│   ├───E2
│   │   └───Profil Podpeč 3
│   ├───E3
│   │   ├───Profil Podpeč 4
│   │   └───Profil Sv. Ana
│   ├───E4
│   └───Kamniti izdelki
├───Mineralogija
│   ├───E1
│   │   ├───Profil Podutik
│   │   └───Profil Dedec
│   ├───E2
│   │   └───Profil Podpeč arheo in Podpeč 1, 2, 3
│   ├───E3
│   │   └───Profil Podpeč 4
│   └───Kamniti izdelki
├───Opisi lito- in mikrofaciesov
├───Paleontologija - foraminifere
│   ├───E1
│   │   ├───Profil Dedec
│   │   └───Profil Podutik
│   ├───E2
│   │   ├───Profil Ig
│   │   ├───Profil kamnolom Jezero
│   │   └───Profili Podpeč
│   │       ├───Profil Podpeč 2
│   │       └───Profil Podpeč 3
│   ├───E3
│   │   ├───Kamniti izdelki
│   │   │   ├───Lapidarij Iška vas
│   │   │   └───Nahajališče Ig krožišče
│   │   ├───Profil Ledenica-Planinca
│   │   ├───Profil Podpeč 4
│   │   └───Profil Sv. Ana
```

```
│   ├───E4
│   │   └───Profil Podpeč 5
│   └───Kamniti izdelki
│       ├───Lapidarij Iška vas
│       └───Nahajališče Ig krožišče
├─── Optično prebrani zbruski
│   ├───E1
│   │   ├───Profil Dedec
│   │   └───Profil Podutik
│   ├───E2
│   │   ├───Profil Ig
│   │   ├───Profil Jezero - kamnolom
│   │   └───Profili Podpeč
│   │       ├───Profil Podpeč 2
│   │       └───Profil Podpeč 3
│   ├───E3
│   │   ├───Profil Podpeč 4
│   │   ├───Profili Jama Ledenica
│   │   └───Profili Sv Ana
│   ├───E4
│   │   ├───Dolomiti karta Podpeč
│   │   │   └───Makro
│   │   └───Profil Podpeč 5
│   └───Kamniti izdelki
│       ├───Lapidarij Iska vas
│       └───Nahajalisce Ig-krozisce
└───Profili
```

Tip podatkov

Primarni podatki so arhivirani v obliki rentgenogramov, makroskopskih fotografij, optično prebranih zbruskov in njihovih fotografij. Interpretirani podatki so podani v obliki tekstovnih datotek in obliki .jpg za sedimentološke profile, vektorski podatki geoloških kart pa v .shp obliki. Metapodatki so za geološke karte podani v pdf datoteki.

Opis podatkov

Zbrani podatki so arhivirani v podatkovni bazi, ki je strukturirana v mape in podmape. V končnih podmapah se nahajajo ustrezni podatki, ki jih podrobneje predstavljam v nadaljevanju.

Datoteka z naslovom *Podatki δ18Ocarb_δ13Ccarb_Corg_δSr* vsebuje podatke o meritvah stabilnih izotopov $\delta^{18}O_{carb}$ in $\delta^{13}C_{carb}$ (skupaj 231 vzorcev) ter meritve razmerja izotopov $^{87}Sr/^{86}Sr$ (skupaj 44 meritev). Datoteka *Podatki geokemičnih meritev analiziranih vzorcev za okside in elemente nad mejo zaznavanja* vključuje podatke o geokemični sestavi za skupno 58 vzorcev.

V mapi *Geološke karte* so shranjeni digitalni podatki treh geoloških kart. Za vsako karto so na voljo tri datoteke v formatu .*shp* – za točkovne, linijske in poligonske podatke ter avtorsko oblikovane verzije v formatu .pdf. Vsi podatki so organizirani enotno in imajo enako atributno tabelo. Poleg tega sta v podatkovni bazi dostopna dva tekstovna dokumenta: eden z opisom litostratigrafskih enot (*Geološke karte izvornih območij spodnjejurskega apnenca*) in drugi z metapodatki izdelanih geoloških kart (*Metapodatki - geološke karte*).

Končne podmape mape *Katodoluminiscenca* vsebujejo naslednje sklope:

Profil Dedec (10 vzorcev, 20 slik),
Profil Podutik (6 vzorcev, 12 slik),
Profil Podpeč 3 (4 vzorci, 8 slik),
Profil Podpeč 4 (4 vzorci, 8 slik),
Profil Sv. Ana (2 vzorca, 4 slike),
E4 (6 vzorcev, 12 slik),
Kamniti izdelki (18 vzorcev, 38 slik in en tekstovni dokument z naslovom *Katodoluminiscenčne lastnosti proučenih kamnitih izdelkov*).

Mineraloški podatki so predstavljeni v tekstovni datoteki *Mineraloške analize* ter v izvornih podatkih, razdeljenih v naslednje podmape:

Profil Podutik (7 rentgenogramov),
Profil Dedec (9 rentgenogramov),
Profil Podpeč arheo in Podpeč 1, 2, 3 (15 rentgenogramov),
Profil Podpeč 4 (8 rentgenogramov),
Kamniti izdelki (9 rentgenogramov).

Opis lito- in mikrofaciesov je podan v ločeni tekstovni datoteki.

Optično prebrani zbruski so arhivirani v obliki fotografij in razdeljeni v naslednje podmape:

Profil Dedec (44 skenov),
Profil Podutik (62 skenov),
Profil Ig (23 skenov),
Profil Jezero – kamnolom (21 skenov),
Profil Podpeč 2 (14 skenov),
Profil Podpeč 3 (7 skenov),
Profil Podpeč 4 (9 skenov),
Profil Jama Ledenica (52 skenov),
Profil Sv. Ana (52 skenov),
Dolomiti – karta Podpeč (4 mikroskopske slike),
Makro (4 fotografije),
Profil Podpeč 5 (13 skenov),
Lapidarij Iška vas (35 skenov),
Nahajališče Ig – krožišče (5 skenov).

Paleontološki podatki so predstavljeni v obliki fotografij foraminifer iz pozitivnih vzorcev. Za vsako končno podmapo je navedeno število slik:

Profil Dedec (29 slik),
Profil Podutik (109 slik),
Profil Ig (61 slik),
Profil Jezero – kamnolom (35 slik),
Profil Podpeč 2 (123 slik),
Profil Podpeč 3 (30 slik),
Profil Podpeč 4 (30 slik),

Profil Ledenica – Planinca (103 slike),
Profil Sv. Ana (127 slik),
Profil Podpeč 5 (38 slik),
Kamniti izdelki (en tekstovni dokument),
Lapidarij Iška vas (57 slik),
Nahajališče Ig – križišče (47 slik).

Sedimentološki profili so arhivirani v mapi *Profili*, ki vsebuje šest dokumentov z izrisanimi profili ter en tekstovni dokument z koordinatami profilov in opisom zaporedja.

Oblika zapisa

Besedilne datoteke so arhivirane v formatu .pdf. Popisi sedimentoloških profilov, optično prebrani zbruski ter fotografije foraminifer in katodoluminiscenčnih lastnosti vzorcev so shranjeni v formatu .jpg. Rentgenogrami so podani v izvorni obliki v formatu .rd. Geološke karte so v podatkovni bazi shranjene v formatu .shp. V formatu .csv so podani geokemični podatki.

Dostopnost podatkov

Analizirani podatki so javno dostopni v repozitoriju DiRROS, skladno z licenco CC BY 4.0 (Creative Commons Attribution 4.0 International). Do podatkov je mogoče dostopati prek naslednje povezave: https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=22946&lang=slv

Vsi vzorci, odvzeti na terenu, so shranjeni v arhivu Geološkega zavoda Slovenije in so po predhodnem dogovoru na voljo za nadaljnje raziskave.

Zahvala

Za pomoč pri terenskem delu in laboratorijski pripravi vzorcev se zahvaljujemo Petri Škrap, Nini Valand in Blažu Puciharju ter Mladenu Štumergarju (Geološki zavod Slovenije). Za vse nasvete se zahvaljujemo prof. dr. Boštjanu Rožiču (Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta) in prof. dr. Bojanu Djuriću (Oddelek za arheologijo, Filozofska fakulteta). Za dostop do raziskovalne opreme se zahvaljujem dr. Bojanu Otoničarju (ZRC SAZU, Inštitut za raziskovanje krasa), prof. dr. Mateju Dolencu (Oddelek za geologija, Naravoslovnotehniška fakulteta UL), prof. dr. Michaelu Joachimskemu (GeoZentrum Nordbayern) ter prof. Yu-Te Hsiehu (Department of Earth Sciences, University of Oxford). Za dostop do vzorčenja kamnitih izdelkov na Ižanskem se za odobritve zahvaljujem Borisu Vičiču (Zavod za varstvo kulturne dediščine – OE Ljubljana), kustosinji dr. Bernardi Županek (Muzej in galerije mesta Ljubljane) ter župniku Janezu Avseniku (Župnija Ig). Za temeljito recenzijo se zahvaljujem anonimnemu recenzentu, ter recenzentki dr. Petri Gostinčar, ki sta s temeljitim pregledom povišala konsistentnost navedb in opisa pridobljenih podatkov. Te raziskave so bile sofinancirane s strani Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (projekti št. P1-0195, P1-0011 in P1-0025), Slovenski nacionalni komisiji za UNESCO (SNUK) in IGCP/IGGG projektoma IGCP 637 – Heritage Stone Designation ter IGCP 710 – Western Tethys meets Eastern Tethys – geodynamical, paleoceanographical and paleobiogeographical events.

Viri in literatura

Activation Laboratories Ltd. (n.d.): Lithogeochemistry & litho. Activation Laboratories Ltd. Retrieved March 8, 2018, from https://actlabs.com/geochemistry/lithogeochemistry-and-whole-rock-analysis/lithogeochemistry-litho/

BouDagher-Fadel, D.M.K. 2018: Evolution and Geological Significance of Larger Benthic Foraminifera. University College London. https://doi.org/10.2307/j.ctvqhsq3

Brajkovič, R., Žvab Rožič, P., Djurić, B., Rožič, B. & Gale, L. 2019a: Source areas of antique artefacts in the Ig area. In: B. Rožič (ed.): Geološki zbornik, 25: 24-28. Razprave - poročila = Treatises, reports, 24. Posvetovanje slovenskih geologov = 24th Meeting of Slovenian Geologists, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo.

Brajkovič, R., Gale, L. & Djurić, B. 2019b: Rock types of Roman stonemason workshops on the southern outskirts of Emona (present-day Ljubljana) - Ig area. Geophysical Research Abstracts, 21. EGU General Assembly 7-12 April 2019 Vienna. https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2019/EGU2019-9957.pdf

Brajkovič, R., Žvab Rožič, P. & Gale, L. 2021: Methodological approach to provenance determination of stone products made from micritic and fine-grained limestones. In: Rožič, B. (ed.): Razprave, poročila = Treatises, reports: 25. posvetovanje slovenskih geologov = 25th Meeting of Slovenian Geologists, Geološki zbornik, 26: 5-10. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo.

Brajkovič, R., Žvab Rožič, P. & Gale, L. 2022a: Lower to Middle Jurassic limestone succession at the margin of the Ljubljana Moor: From microfacies to the Romans: fieldtrip D. in: Rožič, B. & Žvab Rožič P. (eds.): 15th Emile Argand Conference on Alpine Geological Studies: 12–14: Abstract book & fieldtrip guide: 128–137.

Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Geology.

Brajkovič, R., Žvab Rožič, P., Djurić, B., Županek, B., Cvetko Tešović, B., Holocová, K. & Gale, L. 2022b: Stratigraphic database for the determination of provenance of limestone used in Colonia Iulia Emona (Regio X, Italia). 13th International Conference of the Association for the Study of Marble and other Stones of Antiquity: Vienna: 19-24 September 2022: Book of abstracts: 28–29. Austrian Archaeological Institute, Austrian Academy of Sciences.

Brajkovič, R., Gale, L. & Djurić, B. 2022c: Multi-method study of the Roman quarry at Podpeč sedimentary succession and stone products. Geologija, 65/1: 101–121. https://doi.org/10.5474/geologija.2022.007

Brajkovič, R. 2025: Stratigrafska karakterizacija antičnih kamnolomov apnenca in primerjava s kamnitimi artefakti iz Emone. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo & Naravoslovnotehniška fakulteta. https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=168738

Buser, S. & Debeljak, I. 1994: Lower Jurassic beds with bivalves in south Slovenia. Geologija, 37/1: 23–62. https://doi.org/10.5474/geologija.1995.001

Buser, S. & Debeljak, I. 1997: Lithiotid Bivalves in Slovenia and Their Mode of Life. Geologija, 40/1: 11–64. https://doi.org/10.5474/geologija.1997.001

Compton, R.R. 1985: Geology in the Field. Wiley.

Djurić, B., Gale, L. & Brajkovič, R. 2022: Kamnolom apnenca v Podpeči pri Ljubljani in njegovi izdelki = Limestone quarry at Podpeč near Ljubljana (Slovenia) and its products. Arheološki Vestnik,73:155–198. https://doi.org/10.3986/AV.73.06

Dozet, S. & Strohmenger, C. 2000: Podbukovška formacija, osrednja Slovenija = Podbukovje Formation, Central Slovenia. Geologija, 43/2: 197–212. https://doi.org/10.5474/geologija.2000.014

Dozet, S. 2009: Lower Jurassic carbonate succession between Predole and Mlačevo, Central Slovenia = spodnjejursko karbonatno zaporedje med Predolami in Mlačevim, osrednja Slovenija.RMZ – Materials and Geoenvironment, 56/2, 164–193. http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-2YNYNFUC

Fugagnoli, A. & Loriga Broglio, C. 1998: Revised biostratigraphy of Lower Jurassic shallow water carbonates from the Venetian Prealps (Calcari Grigi, Trento Platform, Northern Italy). Studi trentini di scienze naturali. Acta geologica, 73/1: 35–73.

Fugagnoli, A. 2004: Trophic regimes of benthic foraminiferal assemblages in Lower Jurassic shallow water carbonates from northeastern Italy (Calcari Grigi, Trento Platform, Venetian Prealps). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 205/1–2: 111–130. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2003.12.004

Gale, L. 2014: Lower Jurassic foraminiferal biostratigraphy of Podpeč limestone (external Dinarides, Slovenia) = Spodnjejurske foraminifere podpeškega apnenca (zunanji Dinaridi, Slovenija). Geologija, 57/2: 119–146. https://doi.org/10.5474/geologija.2014.011

Gale, L. 2015: Microfacies characteristics of the Lower Jurassic lithiotid limestone from northern Adriatic Carbonate Platform (central Slovenia). Geologija, 58/2: 121–138. https://doi.org/10.5474/geologija.2015.010

Gale, L. & Kelemen, M. 2017: Early Jurassic foraminiferal assemblages in platform carbonates of Mt. Krim, central Slovenia. Geologija, 60/1: 99–115. https://doi.org/10.5474/geologija.2017.008

Gale, L., Barattolo, F. & Rettori, R. 2018: Morphometric approach to determination of lower jurassic siphovalvulinid foraminifera. Rivista Italiana Di Paleontologia e Stratigrafia, 124/2: 265–282. https://doi.org/10.13130/2039-4942/9984

Geological rock-color charts with genuine Munsell color chips, 2011. Munsell Color.

Grahek, L. & Ragolič, A. 2020: Ig. In: Horvat, J., Lazar, I. & Gaspari, A. (eds.): Manjša rimska naselja na slovenskem prostoru, 173–186. Založba ZRC. https://omp.zrc-sazu.si/zalozba/catalog/view/1890/7848/1025-2

Lokier, S.W. & Al Junaibi, M. 2016: The petrographic description of carbonate facies: are we all speaking the same language? Sedimentology, 63/7: 1843–1885. https://doi.org/10.1111/sed.12293

Lozić, E. 2008: Rimski lapidarij v Iški vasi v kontekstu krajinskega parka Barje. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo.

Lozić, E. 2009: Roman stonemasonry workshops in the Ig area. Arheološki Vestnik, 60: 207–221. http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-DYJSFIKD

McArthur, J.M., Howarth R.J. & Shields, G.A. 2012: Strontium isotope stratigraphy. In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D. & Ogg, G.M. (eds.): A Geologic Time Scale, 127–144.

https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59425-9.00007-X

McArthur, J.M., Steuber, T., Page, K.N. & Landman, N.H. 2016: Sr-Isotope Stratigraphy: Assigning Time in the Campanian, Pliensbachian, Toarcian, and Valanginian. The Journal of Geology, 124/5: 569–586. https://doi.org/10.1086/687395

Miler, M. & Pavšič, J. 2008: Triassic and Jurassic beds in Krim Mountain area (Slovenia) = Triasne in jurske plasti na območju Krima. Geologija, 51/1: 87–99. https://doi.org/10.5474/geologija.2008.010

Ogorelec, B. 2009: Spodnje jurske plasti v Preserju pri Borovnici = Lower Jurassic beds at Preserje near Borovnica (Central Slovenia). Geologija, 52/2: 193–204. https://doi.org/10.5474/geologija.2009.019

Ragolič, A. 2016: The funerary stele of Petto from Ig = Nagrobna stela za Petona z Iga. Arheološki Vestnik, 67: 277–296.

Romaniello, S.J., Field, M.P., Smith, H.B., Gordon, G.W., Kim, M.H. & Anbar, A.D. 2015: Fully automated chromatographic purification of Sr and Ca for isotopic analysis. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 3/9: 196–1912. https://doi.org/10.1039/c5ja00205b

Russell, B. 2013: Gazetteer of Stone Quarries in the Roman World. http://oxrep.classics.ox.ac.uk/docs/Stone_Quarries_Database.pdf

Sevillano, A., Septfontaine, M., Rosales, I., Barnolas, A., Bádenas, B. & López-García, J.M. 2020: Lower Jurassic benthic foraminiferal assemblages from shallow-marine platform carbonates of Mallorca (Spain): stratigraphic implications. Journal of Iberian Geology, 46/1: 77–94. https://doi.org/10.1007/s41513-019-00117-9

Sibley, D.F. & Gregg, J.M. 1987: Classification of dolomite rock textures. Journal of Sedimentary Petrology, 57/6: 967–975. https://doi.org/10.1306/212F8CBA-2B24-11D7-8648000102C1865D

Šašel, J. 1975a: Ig. In: Gabrovec, S. (ed.): Arheološka najdišča Slovenije. Državna založba Slovenije: 180–181.

Šašel, J. 1975b: Iška vas. In: Gabrovec, S. (ed.): Arheološka najdišča Slovenije. Državna založba Slovenije 182.

Šmuc, A., Dolenec, M., Lesar-Kikelj, M., Lux, J., Pflaum, M., Šeme, B., Županek, B., Gale, L. & Kramar, S. 2017: Variety of Black and White Limestone Tesserae Used in Ancient Mosaics in Slovenia. Archaeometry, 59/2: 205–221. https://doi.org/10.1111/arcm.12250

Tarolli, P. 2014: High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges. Geomorphology, 216: 295–312.

Velić, I. 2007: Stratigraphy and Palaeobiogeography of Mesozoic Benthic Foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe). Geologia Croatica, 60/1: 1–113.

Veranič, D. & Repanšek, L. 2016: Rimski kamniti spomeniki iz cerkve sv. Janeza Krstnika v Podkraju pri Tomišlju = Roman stone monuments in the Church of St. John the Baptist in Podkraj near Tomišelj. Arheološki Vestnik, 67/1: 297–320.

Visočnik, J., Županek, B., Jarc, S. & Gale, L. 2017: Rimski fragmenti z napisi v Mestnem muzeju Ljubljana. Studia Universitatis Hereditati, 5/2: 9–20. https://doi.org/10.26493/2350-5443.5(2)9-20

Vuga, D. 2000a: Stari Dedec pri Stajah: lapis sepulcralis gentis Laepiae. Kras, 42/1: 10–11.

Vuga, D. 2000b: Ižanski lapidarij. Rodna Gruda: revija za Slovence po svetu, 47/7: 48.

Weis, D., Kieffer, B., Maerschalk, C., Barling, J., de Jong, J., Williams, G.A., Hanano, D., Pretorius, W., Mattielli, N., Scoates, J.S., Goolaerts, A., Friedman, R.M. & Mahoney, J.B. 2006: High-precision isotopic characterization of USGS reference materials by TIMS and MC-ICP-MS. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 7/8: 1–30. https://doi.org/10.1029/2006GC001283

Žvab Rožič, P., Gale, L. & Rožič, B. 2016: Analiza kamnin rimskih nagrobnih stel iz Podkraja in z Iga = Rock analysis of Roman tombstones from Podkraj and Ig near Ljubljana. Arheološki Vestnik, 67/1: 359–369. http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-FQSHAUMU

Žvab Rožič, P., Rožič, B., Gale, L. & Brajkovič, R. 2022: Provenance analysis of Roman limestone artefacts from Colonia Iulia Emona (Marof archaeological site, Slovenia). Archaeometry, 64/5: 1057–1078. https://doi.org/10.1111/arcm.12771

Elektronski viri:

Internet: https://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso (21.5.2020)