



## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-17-0555**

**Potenciál na zachovanie hypoxických a anoxických eventov a ich účinkov na bentické spoločenstvá vo fosílnom zázname**

Zodpovedný riešiteľ **Mgr. Adam Tomašových, PhD.**

Príjemca **Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i.**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav Vied o Zemi Slovenskej Akadémie Vied  
Katedra geológie a paleontologie, Prírodovedecká Fakulta, Univerzita Komenského

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

University of Vienna, Paleontological Institute, Austria  
University of Chicago, Department of Geophysical Sciences, USA  
Natural History Museum of Geneva, Geology and Paleontology Department, Switzerland  
Department of Geology, Eotvos Loránd University, Budapest, Hungary  
American Museum of Natural History, New York, USA  
Claude Bernard University Lyon 1, France  
Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali  
GEOMAR, Kiel, Germany  
Marine Biology Station, Piran, Slovenia  
ISMAR, Venice, Italy  
Institute of Geology and Palaeontology, Faculty of Science, Charles University, Prague

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Bez patentov

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

CC-ADCA Wos Core Collection  
2019

1. Tomašových, A., Gallmetzer, I., Haselmair, A., Kaufman, D.S., Mavrič, B. and Zuschin, M., 2019. A decline in molluscan carbonate production driven by the loss of vegetated habitats encoded in the Holocene sedimentary record of the Gulf of Trieste. *Sedimentology* 66, 781-807.

2. Gallmetzer, I., Haselmair, A., Tomašových, A., Mautner, A.K., Schnedl, S.M., Cassin, D., Zonta, R. and Zuschin, M., 2019. Tracing origin and collapse of Holocene benthic baseline communities in the Northern Adriatic Sea. *Palaios*, 34, 121-145.

Buckeridge, J., Kočí, T., Schlögl, J., Tomašových, A. and Veselská, M.K., 2019. Deep-water cirripedes colonizing dead shells of the cephalopod *Nautilus macromphalus* from New Caledonian waters. *Integrative zoology* doi.org/10.1111/1749-4877.12389.

3. Józsa S., Schlögl J., Meister C., Golej M. 2018. Lower Sinemurian – upper Pliensbachian smaller agglutinated foraminiferal events from the eastern part of the Pieniny Klippen Belt (Transcarpathian Ukraine, Western Carpathians). *Micropaleontology* 64, 493-505
- Tomašových, A., Schlögl, J., Michalík J., Donovalová L. 2020. Non-condensed shell beds in hiatal successions: instantaneous cementation associated with nutrient-rich bottom currents and high bivalve production. *Italian Journal of Geosciences*, doi: <https://doi.org/10.3301/IJG.2019.21>
4. Tomašových, A., Kidwell, S.M., Alexander, C.R., Kaufman, D.S. Millennial-Scale Age Offsets Within Fossil Assemblages: Result of Bioturbation Below the Taphonomic Active Zone and Out-of-Phase Production (2019) *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 34 (6), pp. 954-977.
5. Leonard-Pingel, J.S., Kidwell, S.M., Tomašových, A., Alexander, C.R., Cadien, D.B. Gauging benthic recovery from 20th century pollution on the southern California continental shelf using bivalves from sediment cores (2019) *Marine Ecology Progress Series*, 615, pp. 101-119.
6. Košťák, M., Jagt, J.W. and Schlögl, J., 2019. Diversity and distribution of Miocene–Pliocene sepiids (Cephalopoda) in the Mediterranean area, with new records from Italy and Turkey. *Swiss Journal of Palaeontology*, 138, 99-108.
7. Meister, C., & Schlögl, J., 2019. Sinemurian ammonites from Male Karpaty Mts, Western Carpathians, Slovakia. Part 3: Asteroceratinae, Eoderoceratidae, Oxynoticeratidae and rare taxa. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 294(1), 1-69.
8. Józsa, Š. 2019. Early Tithonian deep-water colonization by benthic foraminifera in the Magura Basin (Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians): A clue to the origins of deep-water foraminifera. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 125, 401-419.
9. Hyžný, M., Jovanović, G., Ćorić, S. and Vrabac, S., 2019. Middle Miocene decapod crustacean assemblage from the Tuzla Basin (Tušanj, Bosnia and Herzegovina), with a description of two new species and comparison with coeval faunas from Slovenia. *Palaeontologia Electronica*, 22(1), pp.1-21.
10. Hyžný, M., Pasini, G. and Garassino, A., 2019. Supergiants in Europe: on the cirrolanid isopod *Bathynomus* A. Milne Edwards, 1879 (Malacostraca, Peracarida) from the Plio-Pleistocene of Italy. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 291(3), pp.283-298.
11. Pasini, G., Garassino, A., De Angeli, A., Hyžný, M., Giusberti, L. and Zorzin, R., 2019. Eocene decapod faunas from the Konservat-Lagerstätten laminites of. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 293(3), pp.233-270.
- Hyžný, M. and Summesberger, H., 2019. A new species of *Mesostylus* (Decapoda, Axiidea, Callianassidae)—A peep into the private life of a Late Cretaceous burrowing shrimp. *Cretaceous Research*, 101, pp.108-123.
12. Klompmaker, A.A., Hyžný, M., Portell, R.W., Jauvion, C., Charbonnier, S., Fussell, S.S., Klier, A.T., Tejera, R. and Jakobsen, S., 2019. Muscles and muscle scars in fossil malacostracan crustaceans. *Earth-Science Reviews* 194, 306-326.
- Suan, G., Schöhlhorn, I., Schlögl, J., Segit, T., Mattioli, E., Lécuyer, C. and Fourel, F., 2018. Euxinic conditions and high sulfur burial near the European shelf margin (Pieniny Klippen Belt, Slovakia) during the Toarcian oceanic anoxic event. *Global and planetary change*, 170, 246-259.
- 2020
13. Müller T., Karancz S., Mattioli E., Milovský R., Pálffy J., Schlögl J., Segit T., Šimo V., Tomašových A. 2020. Assessing anoxia, recovery and carbonate production setback in a hemipelagic Tethyan basin during the Toarcian Oceanic Anoxic Event (Western Carpathians). *Global and Planetary Change*, 195, 103366
14. Tomašových, A., Albano, P.G., Fuksi, T., Gallmetzer, I., Haselmair, A., Kowalewski, M., Nawrot, R., Nerlović, V., Scarponi, D. and Zuschin, M., 2020. Ecological regime shift preserved in the Anthropocene stratigraphic record. *Proceedings of the Royal Society B*, 287, 20200695.
15. Müller, T., Jurikova, H., Gutjahr, M., Tomašových, A., Schlögl, J., Liebetrau, V., Duarte, L.V., Milovský, R., Suan, G., Mattioli, E. and Pittet, B., 2020. Ocean acidification during the early Toarcian extinction event: Evidence from boron isotopes in brachiopods. *Geology* 48, 1184–1188.
16. Albano, P.G., Hua, Q., Kaufman, D.S., Tomašových, A., Zuschin, M. and Agiadi, K.,

2020. Radiocarbon dating supports bivalve-fish age coupling along a bathymetric gradient in high-resolution paleoenvironmental studies. *Geology* 48, 589-593.
17. Hudáčková, N., Holcová, K., Halášová, K., Kováčová, M., Doláková, N., Trubač, J., Rybár, S., Ruman, A., Stárek, D., Šujan, M., Jamrich, M. and Kováč, M. 2020: The Pannonian Basin System northern margin paleogeography, climate, and depositional environments in the time range during MMCT (Central Paratethys, Novohrad-Nógrád Basin, Slovakia). *Palaeontologia Electronica*, 23(3):a50. <https://doi.org/10.26879/106>
18. Kiel, S., Hybertsen, F., Hyžný, M. and Klompmaker, A.A., 2020. Mollusks and a crustacean from early Oligocene methane-seep deposits in the Talara Basin, northern Peru. *Acta Palaeontologica Polonica*, 65, pp.109-138.
19. Hyžný, M., Audo, D., Feldmann, R.M. and Schweigert, G., 2020. *Tricarina gadvanensis* is an isopod: reinterpretation of an alleged lobster from the Lower Cretaceous of Iran. *Journal of Paleontology*, 94, 304-310.
20. Hyžný, M., Bajo Campos, I. & Cárdenas Carretero, J. 2020: A new species of *Bathynomus* A. Milne-Edwards, 1879 (Malacostraca: Peracarida: Isopoda: Cirolanidae) from the upper Miocene of the Guadalquivir Basin (Spain). *Zootaxa*, 4819, 159–169.
21. Hyžný, M. 2020: Revision of the Miocene shrimp *Callianassa kerepesiensis* Müller, 1976 (Malacostraca, Decapoda), with a description of a new species. *Zootaxa*, 4801, 363–373.
22. Lima, D., Anker, A., Hyžný, M., Kroh, A. & Aguilera, O. 2020: First evidence of fossil snapping shrimps (Alpheidae) in the Neotropical region, with a checklist of the fossil caridean shrimps from the Cenozoic. *Journal of South American Earth Sciences*, 103, 102795.
- 2021
23. Haselmair, A., Gallmetzer, I., Tomašových, A., Wieser, A.M., Übelhör, A. and Zuschin, M., 2021. Basin-wide infaunalisation of benthic soft-bottom communities driven by anthropogenic habitat degradation in the northern Adriatic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 671, 45-65.
24. Košťák, M., Schlögl, J., Fuchs, D., Holcová, K., Hudáčková, N., Culka, A., Fözy, I., Tomašových, A., Milovský, R., Šurka, J. and Mazuch, M., 2021. Fossil evidence for vampire squid inhabiting oxygen-depleted ocean zones since at least the Oligocene. *Communications Biology*, 4, 1-13.
25. Tomašových, A., Berensmeier, M., Gallmetzer, I., Haselmair, A. and Zuschin, M., 2021. Pyrite-lined shells as indicators of inefficient bioirrigation in the Holocene–Anthropocene stratigraphic record. *Biogeosciences*, 18, 5929-5965.
- Kokesh B.S., Kidwell S.M., Tomašových, A., Walther S.M. 2022. Detecting strong spatial and temporal variation in macrobenthic composition on an urban shelf using taxonomic surrogates. *Marine Ecology Progress Series*, 682, 13-30.
26. Bomou, B., Suan, G., Schlögl, J., Grosjean, A.S., Suchéras-Marx, B., Adatte, T., Spangenberg, J.E., Fouché, S., Zacaï, A., Gibert, C. and Brazier, J.M., 2021. The palaeoenvironmental context of Toarcian vertebrate-yielding shales of southern France (Hérault). *Geological Society, London, Special Publications*, 514, 121-152.
27. Martin, J.E., Suan, G., Suchéras-Marx, B., Rulleau, L., Schlögl, J., Janneau, K., Williams, M., Léna, A., Grosjean, A.S., Sarroca, E. and Perrier, V., 2021. Stenopterygiids from the lower Toarcian of Beaujolais and a chemostratigraphic context for ichthyosaur preservation during the Toarcian Oceanic Anoxic Event. *Geological Society, London, Special Publications*, 514, 153-172.
28. Šimo, V. and Reolid, M., 2021. Palaeogeographic homogeneity of trace fossil assemblages in Lower Jurassic spotted marls and limestones: comparison of the Western Carpathians and the Betic Cordillera. *Geological Society, London, Special Publications*, 514, 185-211
29. Šarinová, K., Hudáčková, N., Rybár, S., Jamrich, M., Jourdan, F., Frew, A., Mayers, C., Ruman, A., Subová, V. and Sliva, L., 2021. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating and palaeoenvironments at the boundary of the early-late Badenian (Langhian-Serravallian) in the northwest margin of the Pannonian basin system. *Facies*, 67, pp.1-27.
30. Hyžný, M., Zambrano, P., Muñiz, F. and Aragón, J.C., 2021. Ghost shrimp genus *Turbiocheir* from the Palaeogene of Argentina and Chile revisited: the first fossil record of *Anacalliax* (Decapoda: Anacalliidae). *Historical Biology*, 33(11), pp.2794-2803.
31. Ferratges, F.A., Hyžný, M. and Zamora, S., 2021. Taphonomy and systematics of decapod crustaceans from the Aptian (Lower Cretaceous) in the Oliete Sub-basin (Teruel,

- Spain). *Cretaceous Research*, 122, p.104767.
32. Hyžný, M. and Trif, N., 2021. Decapod crustaceans from the Eocene of Turnu Roșu (Transylvanian Basin), Romania. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, Band 301, pp.1-8.
- 2022
33. Tomašových, A., Gallmetzer, I., Haselmair, A. and Zuschin, M., 2022. Inferring time averaging and hiatus durations in the stratigraphic record of high- frequency depositional sequences. *Sedimentology*, 69, 1083-1118
34. Tomašových, A., Kidwell S.M., and Dai R. 2023. A downcore increase in time averaging is the null expectation from the transit of death assemblages through a mixed layer. *Paleobiology* 49, 10.1017/pab.2022.42
35. Tomašových, A., García- Ramos, D.A., Nawrot, R., Nebelsick, J.H. and Zuschin, M., 2022. How long does a brachiopod shell last on a seafloor? Modern mid- bathyal environments as taphonomic analogues of continental shelves prior to the Mesozoic Marine Revolution. *Palaeontology*, 65, p.e12631.
36. Zuschin, M., Nawrot, R., Dengg, M., Gallmetzer, I., Haselmair, A., Wurzer, S. and Tomašových, A., 2022. Scale dependence of drilling predation in the Holocene of the northern Adriatic Sea across benthic habitats and nutrient regimes. *Paleobiology*, 48, 462-479.
37. Nawrot, R., Berensmeier, M., Gallmetzer, I., Haselmair, A., Tomašových, A. and Zuschin, M., 2022. Multiple phyla, one time resolution? Similar time averaging in benthic foraminifera, mollusk, echinoid, crustacean, and otolith fossil assemblages. *Geology*, 50, 902-906.
38. Müller, T., Tomašových, A., Correa, M.L., Mertz-Kraus, R. and Mikuš, T., 2022. Mapping intrashell variation in Mg/Ca of brachiopods to external growth lines: Mg enrichment corresponds to seasonal growth slowdown. *Chemical Geology*, 593, p.120758.
39. Tshudy, D.M., Hyžný, M., Veselská, M.K. and Jagt, J.W., 2022. Taxonomic revision of the extinct clawed lobster genus *Oncopareia* Bosquet, 1854 (Decapoda, Astacidea, Nephropidae). *Palaeontologia Electronica*, 25(2), pp.1-31.
40. Kovalchuk, O., Hyžný, M., Świdnicka, E., Barkaszi, Z., Berezovsky, A., Dumitriu, S., Grădianu, I., Gašparič, R., Přikryl, T. and Stefaniak, K., 2022. Taphonomy and palaeoecology of decapod crustaceans from Oligocene and Early Miocene fish beds of the Central and Eastern Paratethys. *Historical Biology*, pp.1-18.
41. Hyžný, M. and De Angeli, A., 2022. Mud lobster *Thalassina* Latreille, 1806 (Decapoda: Gebiidea: Thalassinidae), its Cenozoic occurrences in Italy and palaeobiogeography. *Geodiversitas*, 44(13), pp.417-425.
42. Letulle, T., Suan, G., Daëron, M., Rogov, M., Lécuyer, C., Vinçon-Laugier, A., Reynard, B., Montagnac, G., Lutikov, O. and Schlögl, J., 2022. Clumped isotope evidence for Early Jurassic extreme polar warmth and high climate sensitivity. *Climate of the Past*, 18, 435-448.
43. Viček, T., Kováčová, M., Šarinová, K., Rybár, S., Hudáčková, N., Ruman, A., Jamrich, M. and Franců, J., 2022. Multiproxy constraints on Central Paratethys Sea and Lake Pannon paleoclimate and paleoenvironment transitions during the Middle-Late Miocene (Danube Basin, Slovakia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 111058. ADDA CC-WOS Core Collection
44. Hyžný, M. Kovalchuk, O., Świdnicka, E., Berezovsky, A., Dumitriu, S., Grădianu, I., Stefaniak, K. and Barkaszi, Z., 2022. Revisiting brachyuran crabs (Malacostraca: Decapoda) from Oligocene and Miocene fish beds of Europe. *Geologica Carpathica*, 73, 579-597.
45. Ivanova, D.K., Schlögl, J., Tomašových, A., Lathuilière, B. and Golej, M., 2019. Revisiting the age of Jurassic coral bioherms in the Pieniny Klippen Belt (Western Carpathians) on the basis of benthic foraminifers. *Geologica Carpathica*, 70(2), pp.113-134. ADMA - Scopus, WOS Core Collection
46. Bomou, B., Suan, G., Schlögl, J., Grosjean, A.S., Suchéras-Marx, B., Adatte, T., Spangenberg, J.E., Fouché, S., Zacaï, A., Gibert, C. and Brazier, J.M., 2021. The palaeoenvironmental context of Toarcian vertebrate-yielding shales of southern France (Hérault). *Geological Society, London, Special Publications*, 514, 121-152.
47. Martin, J.E., Suan, G., Suchéras-Marx, B., Rulleau, L., Schlögl, J., Janneau, K., Williams, M., Léna, A., Grosjean, A.S., Sarroca, E. and Perrier, V., 2021. Stenopterygiids from the lower Toarcian of Beaujolais and a chemostratigraphic context for ichthyosaur

preservation during the Toarcian Oceanic Anoxic Event. Geological Society, London, Special Publications, 514, 153-172.

48. Šimo, V. and Reolid, M., 2021. Palaeogeographic homogeneity of trace fossil assemblages in Lower Jurassic spotted marls and limestones: comparison of the Western Carpathians and the Betic Cordillera. Geological Society, London, Special Publications, 514, 185-211

49. Berensmeier, M., Tomašových, A., Nawrot, R., Cassin, D., Zonta, R., Koubová, I. and Zuschin, M., 2023. Stratigraphic expression of the human impacts in condensed deposits of the Northern Adriatic Sea. Geological Society, London, Special Publications, 529, SP529-2022

50. Tomašových, A., García-Ramos, D.A., Nawrot, R., Nebelsick, J.H. and Zuschin, M., 2023. Millennial-scale changes in abundance of brachiopods in bathyal environments detected by postmortem age distributions in death assemblage (Bari Canyon, Adriatic Sea). Geological Society, London, Special Publications, 529, SP529-2022.

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Zachovanie schránok mäkkýšov alebo ramenonožcov (napr. ich abrázia, enkrustácia, bioerózia a kompozitné zachovanie, kedy sú cementované schránky nanovo enkrustované alebo navŕtavané) je dobrým indikátorom časového spriemerovania subfosílnych akumulácií v holocénnom zázname. Rýchlosť sekundárneho sfarbenia a mikritizácie schránok je pravdepodobne veľmi pomalá a vyžaduje dlhodobú expozíciu schránok v anaeróbných úrovniach tafonomicky-aktívnej zóny (počas období dlhších ako 1,000-2,000 rokov) Vysoké percento slabo zachovaných schránok tak môže slúžiť ako tzv. tafonomické hodiny, t.j., indikuje veľmi pomalú sedimentáciu kedy sú schránky časovo spriemerované na viac ako 1,000 rokov. Táto metóda tafonomických hodín by tak mohla byť tiež použitá v hlbšom (pred-holocénnom) fosílnom zázname pri detekcii dlhodobých hiátov (prestávok) v sedimentácii. Táto metóda môže tiež odlišiť medzi storočnými a tisícročnými mierkami časového spriemerovania.

V práci publikovanej v *Paleobiology* sme predstavili nový maticový model vzniku subfosílnych akumulácií (počas ich prechodu z povrchovej bioturbovanej zóny do podpovrchových historických vrstiev) ktorý umožňuje určenie základných parametrov (rýchlosť sedimentácie, rýchlosť bioturbácie, a rýchlosť rozpadu schránok) na základe distribúcií postmortálnych vekov schránok. Tento model ako aj jeho inverzia v R language sú dostupné ako supplement k článku na

[https://zenodo.org/record/7329155#.Y9EL\\_nbMKUk](https://zenodo.org/record/7329155#.Y9EL_nbMKUk)

Analýzy testujúce využiteľnosť Mg/Ca paleotermometra na základe kalcitových schránok ramenonožcov ukazujú, že k obohateniu Mg a S v ich schránkach došlo počas zastavenia ich rastu počas chladnejších období (Muller et al. 2022). Vysoké hodnoty Mg/Ca v schránkach ramenonožcov tak nezodpovedajú vysokým teplotám morskej vody.

Mechanizmy tohto paradoxu sú nejasné, ale môže súvisieť s vyzrážaním amorfného uhličitanu vápenatého (ACC), ktorý je bohatý na Mg. Oneskorená transformácia tejto amorfnej fázy na kalcit počas tvorby rastových línií tak môže viesť k vysokému obsahu Mg. Vnútroschránková variabilita v Mg/Ca u ramenonožcov s výraznými rastovými líniami je tak primárne určená sezónnou variabilitou v rýchlosti rastu a nie zmenami v teplote morskej vody.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

1. Antropocénny záznam v severnom Jadranskom mori má pomerne vysoké stratigrafické rozlíšenie až na úrovni desaťročí (Tomašových et al. 2020). Sedimentárne vrty odobraté na miestach s vysokou rýchlosťou sedimentácie tak pomerne presne zaznamenávajú náhlu ekologickú zmenu v zložení bentických spoločenstiev ku ktorej došlo v tejto oblasti v priebehu 20. storočia. Dvoj- až trojnásobný nárast vo veľkosti lastúrníkov počas 20. storočia, zhodujúci sa s výrazným poklesom diverzity, nemá precedent v celom holocénnom zázname Jadranského mora. Tieto zmeny boli vyvolané zvýšenou frekvenciou sezónnych anoxických eventov ktoré tiež viedli k poklesu bioturbácie, čo viedlo k zníženej oxidácii pyritu v dôsledku plytšej hranice medzi aeróbnou a anaeróbnou zónou v sedimentoch morského dna. V sedimentoch, ktoré sa usadzovali pred 20. storočím, sú schránky s pyritovými lemmami veľmi zriedkavé (Tomašových et al. 2021).

2. Nový maticový model vzniku subfosílných akumulácií počas ich prechodu z povrchovej bioturbovanej zóny do podpovrchových historických vrstiev umožňuje určenie základných parametrov (rýchlosť sedimentácie, rýchlosť bioturbácie, a rýchlosť rozpadu schránok) na základe distribúcií vekov schránok (Tomašových et al. 2023). Tento model predikuje že časové spriemerovanie akumulácií sa zvyšuje v stratigrafických sukcesiach smerom nadol, s maximom pri báze zmiešanej vrstvy, aj v prípade že samotné parametre ako sedimentácia alebo bioturbácia sa v čase nemenia.
3. Tafonomické hodiny ktoré merajú dĺžku expozície schránok na morskom dne (v tzv. zmiešanej vrstve) na základe ich zachovania a diagenézy môžu byť aplikované na určenie a detekciu hiátov (prestávok v sedimentácii) v staršom (pred-holocénnom) fosílnom zázname (obzvlášť ak je rýchlosť diagenetických procesov pomalá). Na základe analýz holocénnych akumulácií s mäkkýšmi v sedimentárnych vrtoch sme zistili že na to aby boli schránky mäkkýšov sekundárne sfarbené (inklúziami pyritu) alebo obalené karbonátovými kôrami, tieto schránky sa musia dlhodobo nachádzať v hlbších častiach zmiešanej vrstvy kde dochádza k diagenetickému vyzrážaniu pyritu a karbonátu v dôsledku anaeróbného rozkladu organickej hmoty (počas období dlhších ako 1,000-2,000 rokov). Vysoké percento mikritizovaných schránok tak môže slúžiť na detekciu dlhého časového spriemerovania vo fosílnom zázname (Tomašových et al. 2022).
4. Zmeny v pH morskej vody na konci pliensbachu a počas raného toarku, interpretované na základe izotopov bóru  $\delta^{11}\text{B}$  v schránkach brachiopódov, podporujú hypotézu o acidifikácii počas tohto obdobia. Obidva časové intervaly vykazujú výrazný pokles v  $\delta^{11}\text{B}$  (Müller et al. 2020).
5. Zachovanie geochemického signálu s negatívnou anomáliou v  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  v 60 cm-hrubých čiernych bridliciach v Západných Karpatoch dokazuje že kondenzácia v hlbších prostrediach počas toarského anoxického eventu nesúvisí s podmorským prúdením (ktoré je typické pre oblasti na pelagických platformách) ale odráža pokles v karbonátovej produkcii (Müller et al. 2020).
6. Dvojžiabrové hlavonožce druhu *Necroteuthis hungarica* obývali batyálne prostredie s anoxiou pri morskom dne v centrálnej Paratátyde počas oligocénu. Tieto "upírské" chobotnice tak boli adaptované na batyálne biotopy ochudobnené o kyslík prinajmenšom už od oligocénu (Košťák et al. 2020).

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

1. We have found that the marine Anthropocene record in the northern Adriatic Sea has a high, decadal-scale stratigraphic resolution (Tomašových et al. 2020). Sediment cores collected at sites with a high rate of sedimentation in the Adriatic Sea thus uniquely and accurately record the pervasive change in the composition of benthic communities that took place during the 20th century. A two- to three-fold increase in the size of bivalves that occurred during the 20th century, coinciding with a decline in diversity, has no precedent in the entire Holocene record of the Adriatic Sea. These changes were driven by increasing frequency of seasonal anoxic events that led to mass mortalities of benthic fauna in the late 20th century. They also led to a decline in bioturbation and to reduced pyrite oxidation as a consequence of reduced sediment bioirrigation. Abundance of shells coated by rims formed by framboidal pyrite is thus very small in sediments deposited prior to the 20th century, in contrast to Anthropocene sediments with high abundance of pyrite-lined shells (Tomašových et al. 2021).
2. A new transition-rate matrix model of the formation of subfossil accumulations as they transit through the mixed layer into the subsurface historical layers allows us to determine the magnitude of sedimentation, mixing and disintegration rates on the basis of postmortem age distributions (Tomašových et al. 2023). This model shows that time averaging of fossil assemblages is expected to increase downcore even when sedimentation and mixing rates remain constant through time. It also allows inversion and approximation of sedimentation and taphonomic parameters from empirical age distributions.
3. The taphonomic (early-diagenetic) clock that measures the residence time of skeletal particles in the mixed layer can be applied to estimate the duration of hiatuses in the pre-Holocene fossil record if the rate of skeletal alteration is slow. We have validated this method on the basis of taphonomic analyses of molluscan preservation in shallow parts of the Adriatic Sea (Tomašových et al. 2022). Median ages of valves stained by pyrite and

cemented by high-magnesium calcitic micritic envelopes exceeding ca 1000 years indicate that these authigenic diagenetic processes are slow in subsurface zones with reducing conditions (with prolonged sulphate reduction and carbonate ions sourced from dissolved shells in the surface zones).

4. Temporal changes in pH of seawater and its saturation during the late Pliensbachian and early Toarcian (just at the base of the Early Toarcian anoxic event), interpreted on the basis of boron isotopes  $\delta^{11}\text{B}$  in brachiopod shells, support the hypothesis postulating acidification during these time intervals. Both intervals exhibit negative trend in  $\delta^{11}\text{B}$  (Muller et al. 2020).

5. Preservation of the  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  negative anomaly in a 60 cm-thick black shale in the Western Carpathians demonstrates that the condensation in deep-water environments is not related to submarine currents but rather directly reflects a collapse in carbonate production (Müller et al. 2020).

6. Dibranchiate coeloids *Necroteuthis hungarica* were found in bathyal sediments that were deposited under conditions with bottom-water anoxia in the Central Paratethys during the Oligocene. Therefore, these vampire squids were adapted to bathyal habitats with oxygen depletion at least since the Oligocene (Košťák et al. 2020).