

Pohyb skalních věží u Holštejna na severním okraji Moravského krasu

Toppling of rock towers near Holštejn on the northern edge of the Moravian Karst

Vít Baldík¹ ✉, Jiří Rez¹, Jan Mrázek²

¹ Česká geologická služba, Leitnerova 22, Brno, Česká republika

² Moravský speleologický klub z.s., Mikulčická 3, Brno, Česká republika

Key words:

Moravian Karst, rock tower, slope deformation, orientation analysis, cleavage

✉ vit.baldik@geology.cz

Editor:

Marek Slobodník

Abstract

Rock towers are in the Moravian Karst quite a rare phenomenon. The biggest group of seven is situated west of the Holštejn village near the Vaňous walls in the half blind valley of the Bílá voda stream. Surrounding area is made up of the Vilémovice Limestone of Frasnian age, which are folded into SW steeply inclined folds with subhorizontal fold axes, very gently dipping towards SSE. Three systems of cleavage were detected in the locality. The most prominent cleavage system K0 is NE–SW striking moderately dipping towards SW. Based on the orientation, it is likely that this system is the axial cleavage of the main folds. The other two cleavage systems are K1 and K2, which have very similar orientation. Both are W–E striking, dipping towards S, K2 is slightly steeper than K1. All rock towers show signs of toppling. This was proven via an orientation analysis of the two cleavage systems K1 and K2. More traditional bedding planes could not have been used, because there were none detected in any of the towers and because they are folded, they would be unreliable anyway. These two cleavage systems have an almost constant angle of $16^\circ \pm 4^\circ$ between them and can be therefore used as a rotation gauge instead. The rotation angle of these towers increases more or less systematically downslope up to 20° . The mean rotation axes for both cleavages are the same and have a very similar orientation as the NNE–SSW striking fault. Two structures control this toppling: the NNE–SSW striking fault system, which is the main subvertical separation plane of the towers forming a pronounced crest above the towers and bedding planes generally dipping gently towards E, which served as a “basal” plane of the limestones block on which they toppled. Opening of fault planes was detected also in the Sonda pod Jedničkou cave system located SW of the rock towers in the same slope. This, in combination with several small warm air exhalation spots near the crest around the rock towers, suggests quite a deep reach of the slope deformation (40 meters). This was possible because the Bílá voda stream valley was originally empty with much higher and steeper slopes than today and was subsequently filled by Quaternary sediments.

Úvod

Vyklápění skalních věží je fenomén, který je spojován většinou s pískovcovými skalami v Českém ráji. Nicméně i ve vápencích Moravského krasu lze tento fenomén najít. Nejvíce skalních věží lze nalézt v poloslepém údolí Bílé vody u tzv. Vaňousových stěn, zhruba 300 m jz. od Hostince pod Hradem (obr. 1). Jedná se o skupinku 6 skalních věží a jedné osamocené věže asi 100 m j. od hlavní skupiny (obr. 2). Věže nejsou příliš velké, většinou jen několik metrů na výšku i na šířku. Nicméně je patrné, že dochází k mírnému vyklápění věží směrem po svahu. Lokalita je registrována jako uklidněná svahová deformace v Registru svahových deformací České geologické služby pod číslem CGS24231714.

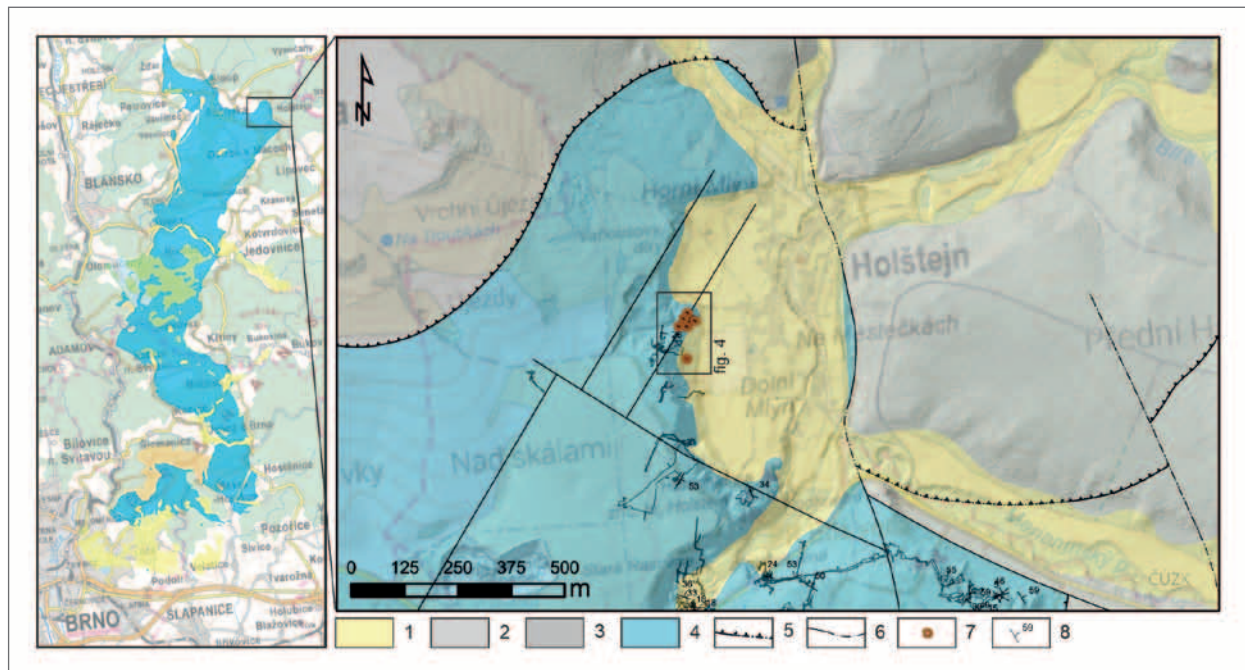
Lokalitou se v poslední době zabýval Mrázek (2020). Kromě hlavních strukturních prvků zmínil hlavně dominantní úlohu kliváže orientované ve směru

Doporučená citace článku:

Baldík, V., Rez, J., Mrázek, J. (2025).

Pohyb skalních věží u Holštejna na severním okraji Moravského krasu. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 32, 1–2, 17–21.

DOI: <https://doi.org/10.5817/GVMS2025-39968>



Obr. 1: Lokalizace studované lokality na schematizované geologické mapce. Legenda: 1 – kvartérní sedimenty nerozlišené; 2 – rozstánské souvrství; 3 – protivanovské souvrství; 4 – macošské souvrství; 5 – násunový zlom/násunový zlom zakrytý; 6 – zlom/zlom zakrytý; 7 – skalní věž; 8 – měření vrstevnatosti.

Fig. 1: Localisation of the locality in a schematic geological map. Legend: 1 – Quarternary sediments undifferentiated; 2 – Rozstání Formation; 3 – Protivanov Formation; 4 – Macocha Formation; 5 – thrust fault/covered thrust fault; 6 – fault/covered fault; 7 – rock tower; 8 – bedding plane.

SSV–JJZ a zhruba východo–západního zlomu při tvorbě jeskyně Sonda pod Jedničkou, která se vyskytuje v těsné blízkosti skalních věží a v níž se dají sledovat hlavní strukturální prvky ovlivňující jak geologickou stavbu lokality, tak hlavně stabilitu skalních prvků. Zmíněný autor popsal také deformaci původních krasových jeskynních prostor jako důsledek svahových deformací. Související

trhliny mají vertikální rozpětí v desítkách metrů a jejich šířka v některých případech dosahuje i prvních decimetrů.

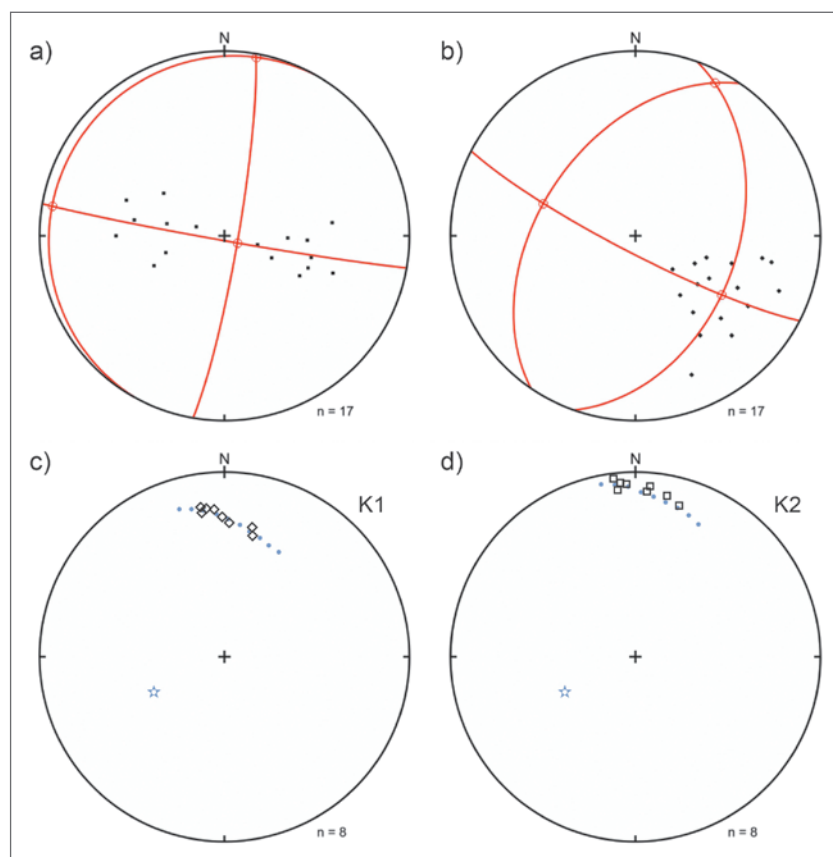
Metody

Strukturální měření byla provedena kompasem typu Clar se stupňovým dělením. Data byla zpracována v programu StaTect (www.eltekto.cz). Data jsou vynesena



Obr. 2: Fotodokumentace skalních věží v Holštejně: a) věž číslo 3 s vyznačenými plochami kliváže; b) pohled na věž číslo 5 zvanou Pasáčková skála.

Fig. 2: Photo documentation of the rock towers in Holštejn: a) tower number 3 with highlighted cleavage systems; b) tower number 5 called the called Pasáčková skála.



Obr. 3: Bodové diagramy strukturních prvků: a) pólů ploch vrstevnatosti širšího okolí lokality; b) pólů ploch kliváže K0; c) pólů ploch kliváže K1; d) pólů ploch kliváže K2. Lambertova projekce, spodní polokoule. Červené velké oblouky a body vyjadřují orientaci charakteristických vektorů matice orientace; modré body jsou simulace rotace virtuální plochy kliváže kolem osy označené hvězdičkou.

Fig. 3: Equal-area plots of major structures: a) poles of bedding planes of the surrounding area; b) poles of cleavage K0; b) poles of cleavage K1; b) poles of cleavage K2. Equal area projection, lower hemisphere. Red great circles and points are the eigenvectors of the orientation matrix, blue points are a simulation of rotation of a hypothetical cleavage plane around the axis marked with an asterisk.

v Lambertově projekci na spodní polokouli. Všechna měření uvedená v textu (např. 234/56) jsou ve spádnicovém tvaru, všechny popisy směrů popisovaných struktur se týkají azimutu směrnice popisovaných struktur.

Geologické poměry na lokalitě

Vaňousovy skály a širší okolí lokality jsou tvořeny vilémovickými vápenci třetího cyklu (ve smyslu Hladila 1983). Vápence jsou zvrásněny. Jedná se o vrásy mírně nakloněné k SZ, jejichž osy se velmi mírně uklánějí k SSV (obr. 3a). Tato vrásová stavba zapadá do kontextu vrásovo-násunové stavby sv. části Moravského krasu (např. Baldík et al. 2024). Přímo na lokalitě není vrstevnatost patrná, nejbližší měření pochází z jeskyně Sonda pod Jedničkou (102/26).

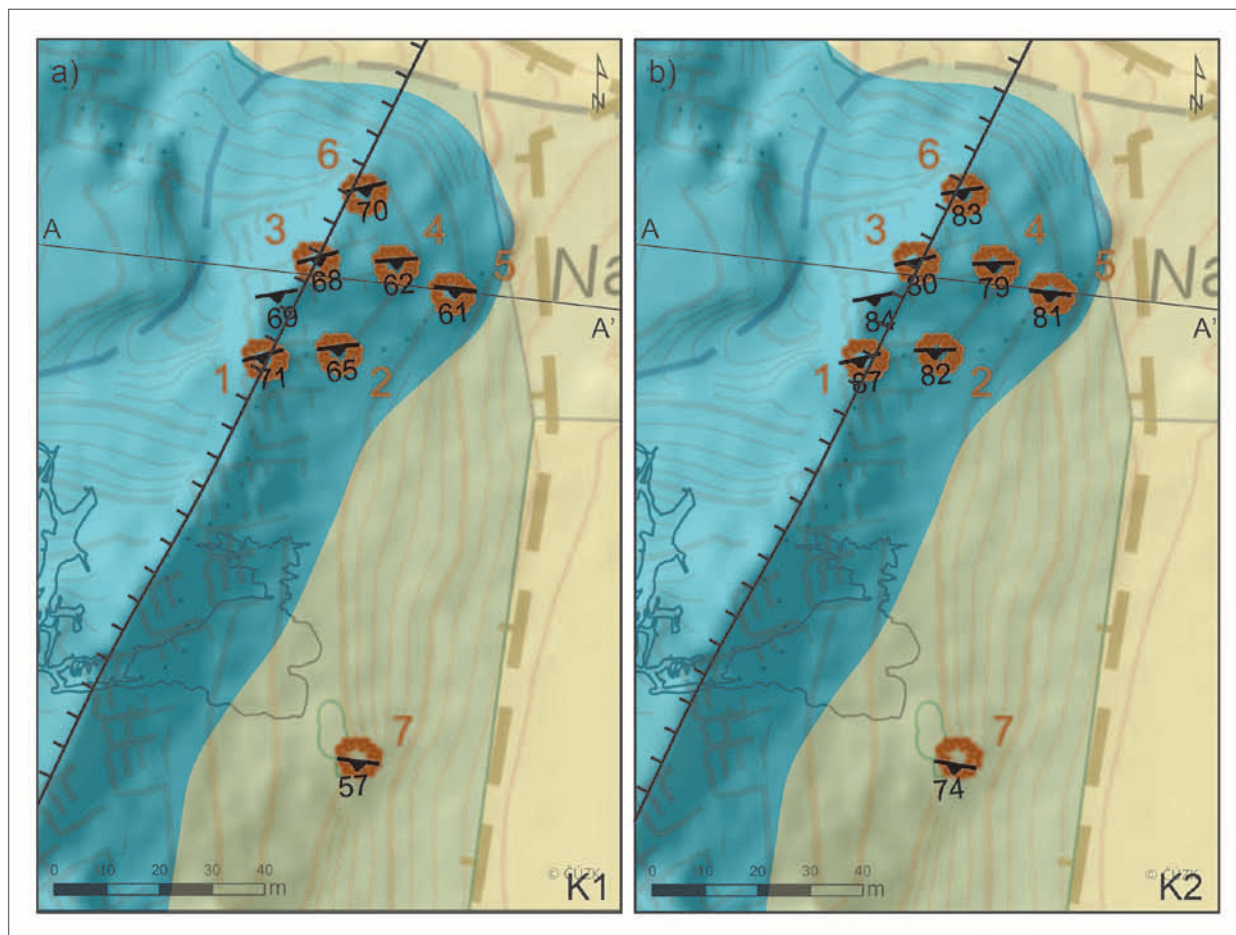
Na lokalitě lze vyčlenit několik systémů kliváže. Dominantní kliváž K0 se uklání pod středními úhly k SZ (obr. 3b). Podle orientace této kliváže se dá předpokládat, že se jedná o osní kliváž zmíněných vrás. Další dva systémy kliváže jsou méně regionálně významné, nicméně pro řešení popisované svahové deformace jsou zcela zásadní. Jedná se o dva západovýchodní systémy, které se uklánějí

pod různými úhly k J (obr. 2a, 3c–d): mírněji ukloněná kliváž K1, která se uklání k jihu pod úhly kolem 60° (obr. 3c) a strmější kliváž K2, která se uklání k jihu pod úhly kolem 80° (obr. 3d). Tyto dva systémy svírají navzájem poměrně stálý úhel kolem 16° ±4° a byly změřeny na všech sedmi skalních věžích i na několika dalších místech (obr. 4).

Zlomová stavba v sv. uzávěru Moravského krasu je poměrně složitá. Dominují jí jak variské násunové zlomy, tak mladší zlomy několika generací. Z těch důležitějších je možné zmínit výrazný vsv.–zjz. zlom údolí Marianínského potoka v. od lokality nebo víceméně sj. okrajový zlom Holštejnského údolí (ve svahu za hřištěm). Pro řešení samotného vyklápění skalních věží je ovšem zcela zásadní systém ssv.–jjz. orientovaných zlomů (obr. 1). Jeden z těchto zlomů predisponoval vznik výrazného skalního hřebetu – odlučné hrany, pod kterým se nachází studovaná lokalita. Orientace tohoto zlomu je 297/74 a dá se změřit jak na výchozech kolem studovaných věží, tak i v jeskyni Sonda pod Jedničkou, kde odděluje hlavní část jeskyně a Výroční dóm. Hlavní část jeskyně ovšem není založena na tomto zlomu, ale na výše zmíněné osní kliváži, která má velmi podobný směr. Směr kliváže a tohoto zlomu se liší o přibližně 10°, nicméně obě struktury kvůli rozdílným úklonům svírají úhel zhruba 30°. Takto výrazná podobnost směrů hlavních strukturních prvků je v Moravském krasu poměrně častá (např. Rez 2010; Rez et al. 2023) a je třeba rozlišení těchto prvků věnovat zvýšenou pozornost.

Diskuze

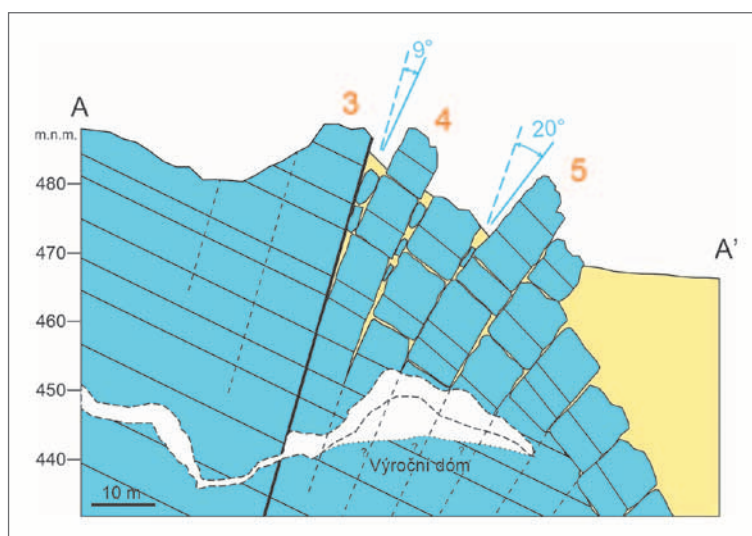
Vzájemný úhel kliváže K1 a K2 z těchto ploch činí vynikající korelační strukturní prvek, který lze použít pro kvantifikaci vyklápění skalních věží na lokalitě, protože orientace vrstevnatosti je vzhledem k existenci vrás naprosto nevhodná, a navíc není na popisované lokalitě jasně čitelná ani na jedné z věží. Oba systémy kliváže vytvářejí v bodových diagramech velké oblouky (obr. 3c, d). Oba oblouky mají stejnou orientaci charakteristického vektoru třetího charakteristického čísla matice orientace. Jinými slovy mají stejnou osu rotace, která je ovšem výrazně jiná než průměrná osa vrásy, tedy osa rotace ploch vrstevnatosti při vrásnění (obr. 3a). Tuto zjevnou rotaci ploch kliváže lze vysvětlit svahovou deformací, tedy vyklápěním skalních věží směrem dolů po svahu. Rotace jednotlivých věží je různá, maximálně však 20°.



Obr. 4: Geologické mapky očíslovaných skalních věží s vyznačenými měřeními kliváží K1 (a) a K2 (b). Legenda stejná jako u Obr. 1.
 Fig. 4: Geological maps of the rock towers with orientations of cleavage K1 (a) and K2 (b). Legend is the same as for Fig. 1.

Schématický řez na obrázku 5 ukazuje situaci tří věží: 3, 4 a 5. Při oddělování věží hrál hlavní úlohu systém ssv.–jjz. zlomů, které predisponovaly celý hřbet, protože věže s nejmenší nebo žádnou rotací leží přímo na hřbetu a čím dále je věž od hřbetu, tím více je rotovaná. Za odlučnou hranu lze tedy považovat právě zmíněný hřbet. Ze severu a z jihu jsou jednotlivé věže omezeny plochami kliváže K1 nebo K2. Třetím systémem ploch, který rozděljuje tyto věže na menší bloky a umožňuje tak jejich vyklápní, jsou plochy vrstevnatosti, které se uklánějí k východu pod mírnými úhly (obr. 5). Hloubka porušení skalního masivu v místě skalních věží není jednoznačně zjištělná vzhledem k absenci objevených jeskynních prostor přímo pod skalními věžemi. Vzhledem k rozestupování ssv.–jjz. orientovaných diskontinuit pozorovatelných v jeskyni Sonda pod Jedničkou se dá usuzovat, že hloubka svahové deformace je minimálně 40 m (obr. 5). Hlubší porušení masivu podporuje také přítomnost ventarol, tedy míst s výrony teplejšího vzduchu, poblíž hrany svahu v okolí skalních věží, které dokládají přítomnost menších otevřených prostor. Hloubka porušení

neodpovídá současné hloubce údolí Bílé vody. Na základě studia evoluce jeskynních prostor jakož i charakteru výplně údolí lze usuzovat, že údolí Bílé vody bylo vyprázdněné



Obr. 5: Ideový řez A–A' přes věže číslo 3, 4 a 5. Jeskyně Sonda pod Jedničkou je promítnutá do řezu pouze pro názornost, řez ve skutečnosti neprotíná. Legenda stejná jako u Obr. 1.
 Fig. 5: Schematic geological cross-section A–A' across rock towers 3, 4 and 5. The “Sonda pod Jedničkou” cave is drawn only for demonstration purposes, the cross-section does not cross it. Legend is the same as for Fig. 1.

a teprve později bylo vyplněno sedimenty (např. Kadlec et al. 2000). Výška skalního svahu byla tedy větší o desítky metrů a dnes pozorované skalní věže byly mnohem vyšší a zasahují mnohem hlouběji. V tomto duchu byl zkesklen schematický řez přes věže č. 3, 4 a 5 (obr. 5).

Podle současné klasifikace svahových deformací se svahové deformace skalních věží u Holštejna řadí k tzv. topplingu, tedy vyklápění tektonicky podmíněných skalních bloků (Hungry et al. 2014). Popisované vyklápění skalních věží je součástí rozsáhlejší kombinované svahové deformace. Na většině svahu jde o typické ploužení (creep), v případě skalních útvarů a podzemních prostor však dochází i k řícením a propadům, které mají vliv i na povrch. V současné době je pravděpodobně znám jen velmi omezený rozsah podzemních prostor. Je zřejmé, že jeskyně, ať už čistě krasového nebo říceného charakteru, jsou do určité míry situovány i přímo pod zkoumanými skalními věžemi.

Poděkování

Článek vznikl za podpory projektu SS02030023 – *Horňácké prostředí a nerostné suroviny „RENS“ – Rizikové geofaktory.*

Závěry

1. skalní věže v Holštejně u Vaňousových stěn jsou postiženy svahovou deformací – dochází k jejich vyklápění po svahu tzv. topplingu,
2. velikost rotace jednotlivých stěn lze odhadnout za pomoci dvou systémů kliváže, K1 a K2, které spolu svírají poměrně stálý úhel $16^{\circ} \pm 4^{\circ}$,
3. úhel vyklopení jednotlivých skalních věží je maximálně 20° ,
4. skalní věže se oddělují podél ssv.–jjz. orientovaného systému zlomů, který omezuje Vaňousovy stěny i skalní hřbet, na kterém jsou skalní věže situovány,
5. zmíněný zlom lze nalézt i v jeskyni Sonda pod Jedničkou, kde odděluje hlavní část jeskyně od v. části, tvořené Výročním dómem.

Literatura

- Baldík, V., Buriánek, D., Čáp, P., Franců, J., Fůrychová, P., Gilíková, H., Janderková, J., Kašperáková, D., Kolejka, V., Krejčí, V., Koseková, E., Kryštofová, E., Müller, P., Novotný, R., Otava, J., Pecina, V., Rez, J., Sedláček, J., Sedláčková, I., Skácelová, Z., Večeřa, J., Vít, J. (2024). Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000, list 24-233 Ostrov u Macochy. Česká geologická služba Praha.
- Hladil, J. (1983): Cyklická sedimentace v devonských karbonátech macošského souvrství. – *Zemní plyn a nafta*, 28, 1–15.
- Hungry, O., Leroueil, S., Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. – *Landslides*, 11, 2, 167–194. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>
- Kadlec, J., Hercman, H., Nowicki, T., Vít, J., Diehl, J., Granger, D. (2000). Dating of the Holštejn Cave deposits and their role in the reconstruction of semiblind Holštejn Valley Cenozoic history (Czech Republic). – *Geologos*, 5, 57–64. ISSN 2080-6574.
- Mrázek, J. (2020). Svahové deformace západního okraje Holštejnského údolí v Moravském krasu – nové poznatky. – In: Tománová Petrová, P., Krejčí V., Kašperáková, D.: Svahové deformace a pseudokras – 11. ročník, Sborník abstraktů, Banská Štiavnica, 7.–10. října 2020. Česká geologická služba Brno.
- Rez, J. (2010). Strukturálně-geologický vývoj jižní části Moravského krasu. – MS, Disertační práce, Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Brno.
- Rez, J., Kernstocková, M., Baldík, V. (2023). Stress analysis from the southern part of Moravian Karst (Czech Republic). – *Geologica Carpathica*, 74, 3, 233–244. <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.2023.13>