

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/325194895>

Kam směřují horní patra Škocjanských jam z Martelovy dvorany? What is the trend of the upper levels of the Škocjanske jame caves from the Martelova Dvorana Chamber?

Conference Paper · April 2018

CITATIONS

0

3 authors:



Pavel Kalenda
CoalExp
135 PUBLICATIONS 462 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

READS

244



Rudolf Tengler
14 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Stanka Sebela
Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts
113 PUBLICATIONS 590 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Karst research [View project](#)



Study of geodynamics and seismotectonics of the Ukrainian Carpathians [View project](#)



Kam směřují horní patra Škocjanských jeskyní z Martelovy dvorany?

Pavel Kalenda¹, Rudolf Tengler², Stanka Šebela³

¹ CoalExp, Pražmo 129, 739 04 Pražmo, Czech Republic, p.kalenda@volny.cz

² Ing. Rudolf Tengler – RTG, Českobratrská 357/13, 276 01 Mělník, Czech Republic, rtg@rtg-tengler.cz

³ Karst Research Institute ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenia, sebela@zrc-sazu.si

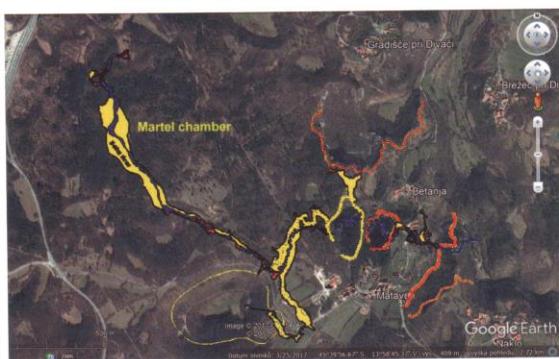
Abstrakt

Z pomocí nového typu georadaru Roteg s velkým hloubkovým dosahem byly proměneny profily z. a. s. od Martelovy dvorany ve Škocjanských jeskyních (jz. Slovinsko) s cílem nalezení předpokládaného fosilního horního patra v hloubkách 60 až 100 m pod povrchem. Byly nalezeny tři významné dutiny v předpokládaných směrech, jejichž pokračování bylo také zjištěno na Z od dálnice Divača–Postojna.

Úvod

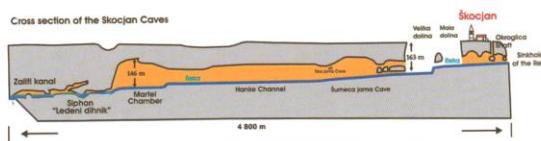
Škocjanské jeskyně (Škocjanske jame) ve Slovinsku jsou jedním ze světových unikátních příkladů propadání nekravové řeky (Reka) do podzemí. Vznikly tak hluboké kaňony, poloslepá údolí, propasti a také jeskyně v několika výškových úrovních. V dnešní době pokračuje podzemní tok řeky Reka z Martelovy dvorany (obr. 1) přes několik sifonů do jeskyně Káčna jama (Hadí jeskyně), která se nachází na SZ od Škocjanských jeskyní. Odtok přes relativně úzké a hluboké sifony nekoresponduje s obrovskými vstupními prostorami celých vstupních partií Škocjanských jeskyní až po Martelovu dvoranu, která vyniká svými rozměry (300 d × 80 š × 146 m v; obr. 2).

Musí zde tedy existovat další pokračování jeskyně ve vyšších patrech (přibližně v úrovni Tihe jamy, která je dnes součástí prohlídky jeskyně přibližně 60 m nad aktivním tokem (obr. 2). O tom svědčí také úroveň vody při největších povodních, která nepřesahuje výšku 132 m nad dnem Martelovy dvorany. Při průtoku 300 m³.s⁻¹ dne 12. 12. 2014 dosáhla hladina výše „jen“ 66 m (Lozej 2015).



Obr. 1 Ortofotomap (Google Earth 2015) s polohou Škocjanských jeskyní. Martelova dvorana na SZ je největší prostorou s délkou cca 300 m, šířkou až 80 m a výškou až 146 m.

Fig. 1 An aerial map (Google Earth 2015) with the position of the Škocjanske Jame Cave (<http://www.park-skocjanske-jame.si/vsebina/skocjanske-jame/opis-jam>). The Martelova Dvorana Chamber in the NW is the biggest chamber with a length of 300 m, a width of 80 m and a height of 146 m.



Obr. 2 Vertikální řez Škocjanskými jeskyněmi podél toku řeky Reka
Fig. 2 A vertical cross-section of the Škocjanske Jame Cave along the Reka River (<http://www.park-skocjanske-jame.si/vsebina/skocjanske-jame/opis-jam>)

V roce 2014 byla vyvinuta další verze nového typu georadaru „Roteg“ (RTG-Tengler 2013), který svým mimořádným výkonem (az 20 kV na vysílací anténě) umožňuje „vídání“ v krasových oblastech do hloubek několika set metrů.

V letech 2015–2017 probíhalo testování tohoto georadaru „Roteg“ na mnoha místech v ČR i v zahraničí (v závorce jsou uvedeny průkazně dosažené hloubky): Pytlíková jeskyně (20 m; Kalenda a kol. 2016), lom Malá dohoda (20 m; Kalenda a kol. 2016), oblast pod lomením Na Bradinách (20 m; Kalenda a kol. 2016), Holštejnská jeskyně (40 m; Kalenda a Tengler 2016), Spodní Suchdolská jeskyně (40 m; Kalenda a kol. 2016), jeskyně Lopač (20–60 m; Tengler a kol. 2016), jeskyně č. 561A v lomu Velká dohoda (40 m s jednometrovými anténami 150 MHz; Kalenda a kol. 2016), Amatérská jeskyně (90–110 m; Tengler a kol. 2016), jeskyně Pekárna (140 m; Kalenda a kol. 2017b). Po técto pozitivních zkoušenostech z Moravského krasu jsme otestovali maximální hloubkový dosah ve Slovinsku nad systémem Postojenské jeskyně – Planinská jeskyně. Bezpečně jsme zjistili jeskyně: Jama na poti (40 m; Kalenda a kol. 2017a), Crna jama a Pivka jama (60–70 m; Kalenda a kol. 2017a), Postojenskou jeskyní (80–150 m) a Planinskou jeskyní (180 m; Kalenda et al. v tisku).

Georadar „Roteg“

Popis a funkce radaru jsou popsány v článku o Albeřické jeskyni (v tomto sborníku).

Na základě técto našich zkušeností jsme odhadli, že s třímetrovými anténami bychom měli být schopni zjistit chodby horního jeskynního patra v hloubkách 50–150 m pod povrchem. Průměrováli jsme 80–100 pulzů v jednom kroku při rychlosti cca 2 km.h⁻¹. Krok mezi měřeními byl 0,1 m, přesnost GPS byla cca 1 m. Délka záznamu byla 42 000 vzorků po 0,277 ns, což je celkem 5 040 ns, vzorkovací frekvence vlny byla 3,6 GHz. Pro tabulkovou rychlosť 12 cm.ns⁻¹ představuje 5 040 ns maximální hloubku možných odrazů 302 m.



Proměřili jsme celkem 16 profilů (sko1–sko16) o délkách 65–410 m (obr. 3). Profily byly vedeny z. a. s. od Martelovy dvorany, kde jsme předpokládali staré odtokové chodby horního patra (obr. 3).

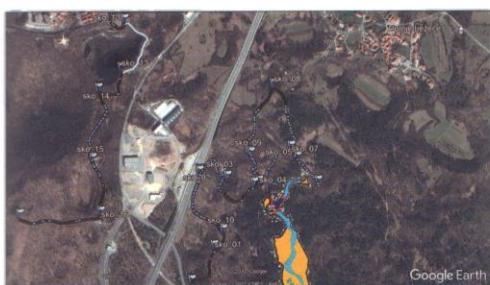
Primární georadarové záznamy jsme filtrovali a zpracovávali v programu REFLEXW (Sandmeier Software, Karlsruhe, Germany).

Postup filtrace byl přibližně následující: (a) lineární zesílení s přibývající hloubkou, (b) spektrální bělení 2–50 MHz, (c) průměrování 5 sousedních bodů a (d) omezení frekvencí pod 5 a nad 100 MHz.

```
file: D:\1-ROTEIG\Slov17\Post25MHz\PROCDATA\POST25MHz_001.10T
time cut / 8500 / 0 / 0 / 0 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
gain function / 400 / 1,238347 / 0 / 10000 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
spectral whitening / 2 / 50 / 1 / 0 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
average xy-filter / 5 / 5 / 0 / 8501 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
bandpassbutterworth / 5 / 100 / 0 / 0 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
filter/timedependent / 0 / 50 / 0 / 25 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
move startline / -30 / 0 / 0 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
gain function / 900 / 0,064 / 0 / 10000 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
time cut / 5050 / 0 / 0 / 0 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
average xy-filter / 10 / 20 / 0 / 5051 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
manual gain [x] / 0 / 0 / 0 / 0 / 1 / 509 / 1 / 1076 / 0 / 0 / 0
```

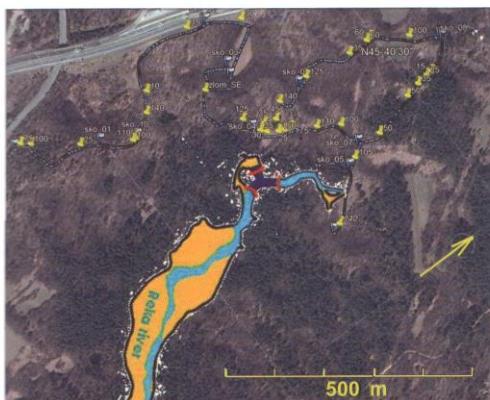
Tabulka 1 – Výpis kroků filtrace

Table 1 A list of filtration steps



Obr. 3 Profily nad Škocjanskými jeskyněmi a západně od nich. Názvy profilů označují počátky profilů.

Fig. 3 Georadar profiles above the Škocjanske Jame Cave and to the west of the cave. The names mark the beginnings of the profiles.



Obr. 4 Mapa profilů s. a sz. od Martelovy dvorany. Připínáčky označují polohy nalezených dutin a jeskyní. Čísla udávají hloubku.

Fig. 4 A map of profiles measured north and northwest of the Martelova Dvorana Chamber. The thumbnails mark the positions of cavities and caves. Numbers denote the depths.

Výsledky měření

Část profilů východně od dálnice

Pro identifikaci horního jeskynního patra v pokračování a na Z od Martelovy dvorany byly rozhodující profily sko10, sko1, sko3, sko4 a sko5. Profily sko7, sko8 a sko9 mohly potvrdit zjištění nějakých jeskyní na profilu sko4. Obdobně pak profily sko11 až sko16 z. od dálnice mohly ukázat směr dalšího pokračování předpokládaného horního patra.

Na obrázku 4 jsou na ortofotomapě GoogleEarth vyznačeny průběhy profilů sko1–sko10 spolu s Martelovou dvoranou a koncovými sifony Ledeni dihník a druhým sifonem na konci Zalitého kanalu.

Na nejjížejším profilu sko10 byly zachyceny velké prostory na třech místech – mezi staničením 10 m a 25 m v hloubce 100 m, kde sahají další významné reflexy do hloubek až 200 m; okolo staničení 140–150 m v hloubkách 110–175 m a na konci profilu mezi staničenimi 250–270 m v hloubkách 75–100 m (obr. 5). Nad těmito velkými dutinami se nachází řada menších jeskyní a dutin v hloubkách do 50 m, které však pro nás nebyly zajímavé z pohledu našeho cíle měření.

Na profilu sko1 je zachycena ve staničení 60–80 m stejná dutina jako na profilu sko10 ve staničeních 10–25 m (který ale byl naměřen v opačném směru). Další významné dutiny nebo jeskyně v hloubkách pod 100 m nebyly zjištěny.

Taktéž profilem sko2 nebyly zachyceny žádné významné dutiny zejména proto, že větší část profilu vedla dnem velkého závora, kde mocnost hlín přesahovala několik metrů a neumožnila elektromagnetickým vlnám proniknout hlouběji do podloží než na několik prvních desítek metrů.

Na profilu sko3 byla zachycena velká dutina nebo jeskyně ve staničení 230–250 m v hloubce 125–150 m (obr. 6).

Na profilu sko4 byly zachyceny čtyři významné struktury (dutiny) v hloubce pod 100 m ve staničení 20–70 m v hloubce 150–175 m (A), ve staničení 110–120 m v hloubce 110 m (B), ve staničení 170 m v hloubce 100 m (C) a ve staničení 265–280 m v hloubce 100 m (D) (obr. 7). První z nich ve staničení 20–70 m leží v přímém pokračování Martelovy dvorany (obr. 4).

Na profilu sko5 byla zachycena buď korodovaná vrstevní plocha nebo tektonická porucha ve staničeních 90–130 m v hloubce 140–135 m, která se nachází o cca 50 m výše nad koncovými sifony Škocjanských jam (obr. 4).

Na profilu sko7 byla nalezena řada velkých a kontrastních dutin nebo jeskyní, ale všechny byly v hloubkách do 60 m. Největší byla ve staničeních 30–45 m (obr. 8).

Na profilu sko8 byly zjištěny velké dutiny nebo jeskyně ve staničeních 230–250 m v hloubce 115–125 m pod povrchem (A) a ve staničeních 320–340 m v hloubce 125 m (B; obr. 9). Ty se také nacházejí v přímém pokračování Martelovy dvorany (obr. 4). Řada dalších dutin a jeskyní byla zjištěna v hloubkách 100 m (ve staničení 70–80 m), 65 m (ve staničení 140–165 m) a v hloubkách do 50 m.

Na profilu sko9 bylo detekováno celé „odrázné patro“ mezi staničenimi 40 m a 150 m (obr. 10). To mohlo být způsobeno tím, že se pod velkou částí profilu může nacházet chodba, odrazy od níž netvoří typické hyperboly, ale reflexy „kopírují“ výšku stropu se vsemi výklenky a komíny.

Část profilů západně od dálnice

Na profilu sko11 (délka pouze 60 m) nebyla zjištěna žádná významná prostora. Na profilu sko12 byly interpretovány pouze prostory do hloubky 125 m. Největší z nich by-

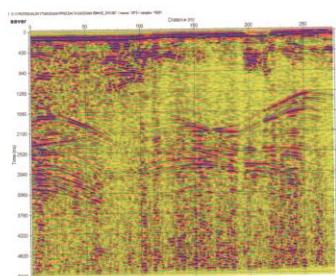


la detekována ve staničení 15–40 m v hloubce 65–80 m (A) (obr. 11). Tato se nachází v přímém pokračování výběžku říčeného závrtu Velký Risnik (obr. 3).

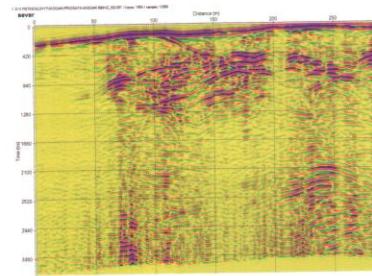
Na profilu sko13 nebyla zjištěna žádná významná dutina v hloubce větší než 75 m. Největší z malých dutin se nachází ve staničení 140–160 m v hloubce 60–65 m.

Profil sko14 zachytí významnou tektoniku se sklonem ve směru profilu, která zdánlivě vychází na povrch ve staničení 10 m.

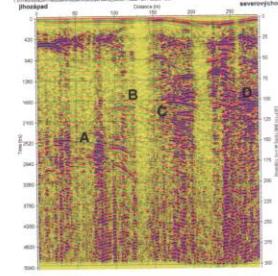
Profil sko15 zachytí významnou tektoniku se sklonem ve směru profilu, která zdánlivě vychází na povrch ve staničení 20 m (obr. 12). Kromě této tektoniky byla zjištěna řada jeskyní v hloubkách okolo 60–70 m a to ve staničeních 65–100 m, 290–300 m a 340 m. Žádné hlubší dutiny nebo jeskyně nebyly zjištěny.



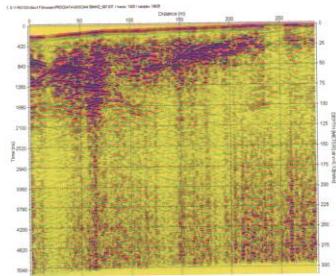
Obr. 5 Radarogram na profilu sko10
Fig. 5 A radarogram on profile sko10



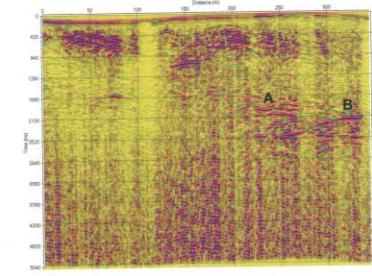
Obr. 6 Radarogram na profilu sko3
Fig. 6 A radarogram on profile sko3



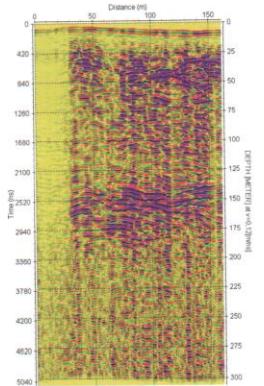
Obr. 7 Radarogram na profilu sko4
Fig. 7 A radarogram on profile sko4



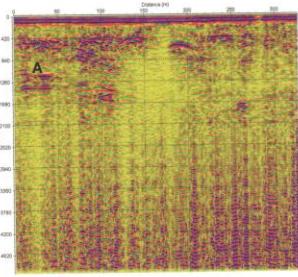
Obr. 8 Radarogram na profilu sko7
Fig. 8 A radarogram on profile sko7



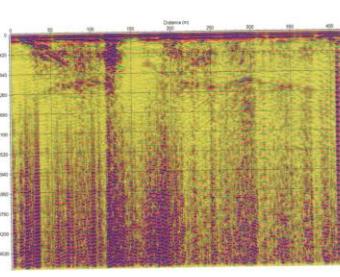
Obr. 9 Radarogram na profilu sko8
Fig. 9 A radarogram on profile sko8



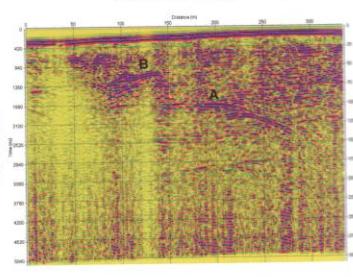
Obr. 10 Radarogram na profilu sko9
Fig. 10 A radarogram on profile sko9



Obr. 11 Radarogram na profilu sko12
Fig. 11 A radarogram on profile sko12



Obr. 12 Radarogram na profilu sko15
Fig. 12 A radarogram on profile sko15

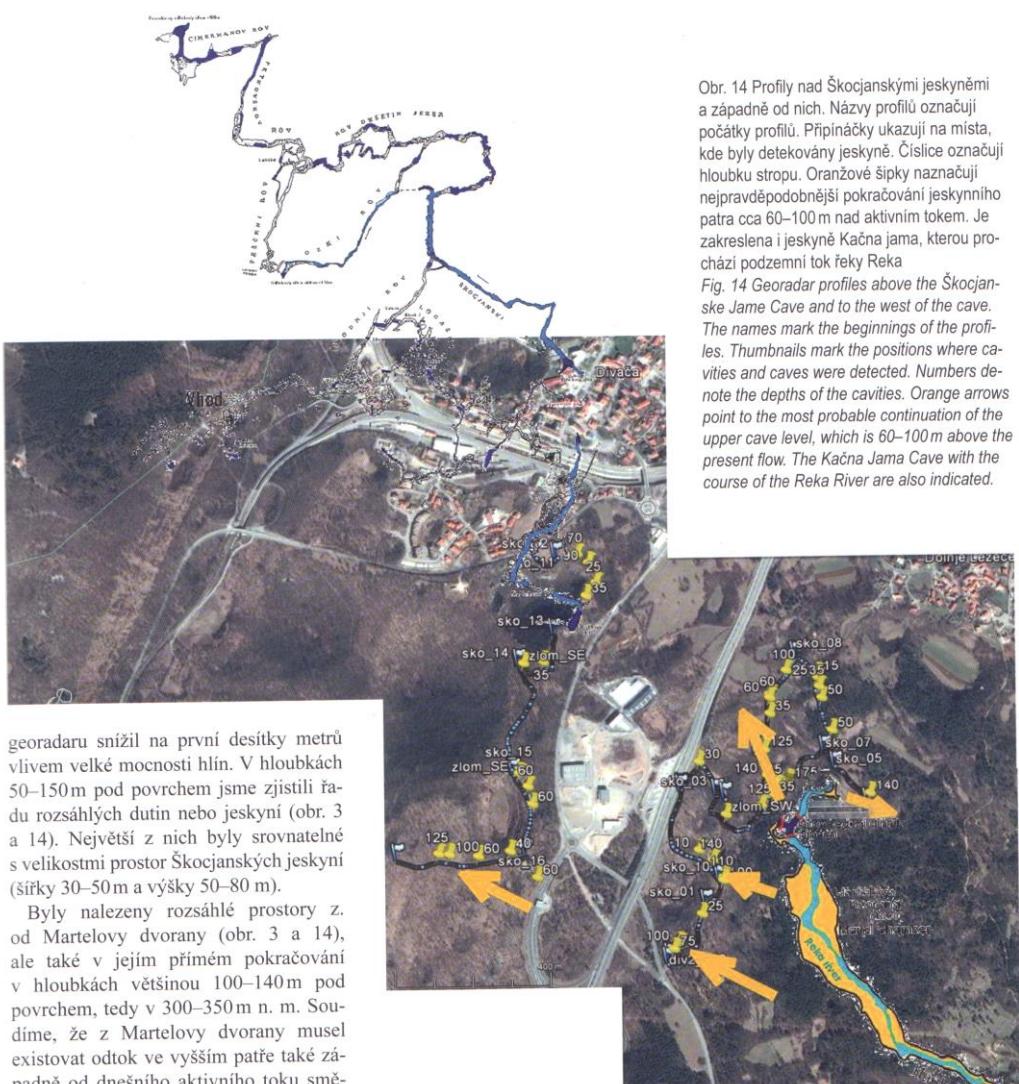


Obr. 13 Radarogram na profilu sko16
Fig. 13 A radarogram on profile sko16

Velice rozsáhlé a kontrastní jeskyně byly zachyceny na profilu sko16 (obr. 13). Největší byla detekována mezi staničenimi 170–210 m v hloubce 100–115 m (A). Strop této dutiny může pokračovat až do staničení 100 m ve stejně hloubce pod další velké prostory, které se nacházejí ve staničenich 100–130 m v hloubce „jen“ 60–70 m (B). Zajímavý je i téměř subhorizontální odraz mezi staničenimi 160 a 240 m a v hloubce 175–185 m, který může naznačovat výšku těchto prostor srovnatelnou s Martelovou dvoranou.

Závěr

Pomocí nového typu georadaru „Roteg“ jsme proměřili celkem 16 profilů (celkem 4 005 m) na Z a S známého konce Škocjanských jeskyní. Vévodné odrazy byly zachyceny z hloubek 200–300 m, pouze pod závryt se maximální dosah



georadaru snížil na první desítky metrů vlivem velké mocnosti hlín. V hloubkách 50–150 m pod povrchem jsme zjistili řadu rozsáhlých dutin nebo jeskyní (obr. 3 a 14). Největší z nich byly srovnatelné s velikostmi prostor Škocjanských jeskyní (šířky 30–50 m a výšky 50–80 m).

Byly nalezeny rozsáhlé prostory z. od Martelovy dvorany (obr. 3 a 14), ale také v jejím přímém pokračování v hloubkách většinou 100–140 m pod povrchem, tedy v 300–350 m n. m. Soudíme, že z Martelovy dvorany musel existovat odtok ve vyšším patře také západně od dnešního aktivního toku směrem k jeskyni Divačka jama a k j. částem jeskyně Kačna jama. Tímto směrem dnes směřuje podzemní tok řeky Reka, ale o cca 200 m niže.

Summary: What is the trend of the upper levels of the Škocjanske jame caves from the Martelova Dvorana Chamber?

With the help of a new kind of Ground Penetrating Radar (GPR) „Roteg“ with a high penetration depth, we measured the profiles to the west and north of the Martelova Dvorana Chamber in the Škocjanske jame caves with the aim to find fossil corridors of the upper cave level at a depth of 60–100 m under the surface. We found three important cavities (maybe corridors) in the supposed directions. Important cavities at the same depth were also found west of the highway Divača–Postojna.

Literatura:

- Kalenda P., Tengler, R., Doležal F. K., Reichel V., Chlup L. (2016). Geofyzikální týden 2015. – *Speleo*, 68: 15–23. Praha.
 Kalenda P., Tengler R. (2016). Porovnání výsledků geofyzikálních metod nad Holstejskou jeskyní. – *Speleofórum*, 35: 31–34. Praha.
 Kalenda P., Tengler R., Blatník M., Drole F. (2017a): Georadarová měření Postojna 2016. – *Speleofórum*, 36: 87–89. Praha.
 Kalenda P., Tengler R., Čendelin R., Slezák L., Pokorný J. (2017b): Georadarová měření nad Pekárno 2016. – *Speleofórum*, 36, 30–35. Praha.
 Kalenda P., Tengler R., Šebela S., Blatník M., Drole F. (v tisku): Field test of the ground penetrating radar (GPR) above karst of Planina cave (Slovenia) for >150 m depth. – *Acta Carsologica*.
 Lozej B. (2015): Povodně ve Škocjanských jamách. – <http://www.park-skocjanske-jame.si/en/news/floods-in-the-skocjan-caves>
 RTG-Tengler (2013): Available from: <http://georadar.rtg-tengler.cz/geologicky-zlom-u-sobotky>
 Tengler R., Kalenda P., Doležal F. K., Chlup L. (2016): Testování nového typu georadaru s velkým hloubkovým dosahem. – *Speleofórum*, 35: 35–42. Praha.