

Kras – svět na povrchu i v podzemí

Krasové oblasti představují vděčný cíl výletů a pro svou malebnost bývají častou kulisou dobrodružných filmů. Jeskyně byly prvními domovy lidí, ale i tvůrčími dílnami a obrazárnami a díky zde uloženým sedimentům a kosterním zbytkům jsou důležitým zdrojem informací o vývoji krajiny. Za touto kulisou zdánlivě všeobecné známosti se ovšem skrývá mnoho neprávem opomíjeného. Tento článek vysvětluje podstatu procesů stojících za vznikem krasu a představuje hlavní formy krasového reliéfu, s nimiž se lze setkat i ve středoevropských krasových oblastech.

Není kras jako kras

Kras je velmi specifickým fenoménem, který má velmi úzký vztah k horninám, které ho budují a zároveň jsou charakteristické tím, že podléhají rozpouštění. Pro tuto vazbu krasu a jeho reliéfu na horninové podloží bývá krasový reliéf označován za příklad strukturního reliéfu, čímž se v tomto případě rozumí vazba na typ horniny, ale i její další charakteristiky, včetně směru a hustoty puklin a způsobu uložení vrstev, což hraje při procesu rozpouštění důležitou roli. Schopnost horniny rozpouštět se, která je pro charakteristiku krasu zásadní, byla dříve vztahována jen na karbonátové (uhličitánové) horniny a evapority, tj. usazené horniny vzniklé odpařováním vody z nasycených roztoků zejména z mořských vod či slaných jezer, např. halit (sůl kamenná, NaCl), či sádrovec ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Nicméně později se ukázalo, že i jiné horniny podléhají v rámci chemického zvětrávání procesu rozpouštění, a dokonce toto rozpouštění může být za určitých podmínek natolik intenzivní, že tvary takto vniklé si v ničem nezadají s obdobnými formami vytvořenými na karbonátových horninách. Takovými horninami mohou být například i křemence (kvarcity), které v našich klimatických podmínkách platí za velmi odolné horniny, avšak například ve vlhkých tropech Guyanské vysočiny vytvářejí širokou paletu forem, které známe z vápencových krasů (Audy 2003). Tato a podobná pozorování v jiných horninách změnila tradiční názor na definici krasu a krasových procesů, které jej utvářejí. Kras tedy musíme chápat daleko širěji. Proto bývá podle počtu složek účastnících se krasového procesu

rozlišován (Cigna 1978): (1) **Hyperkras**, který je utvářen více než třemi složkami účastnícími se krasového procesu. Těmi jsou uhličitán vápenatý, voda, oxid uhličitý a další složky hydrotermálních podmínek, které probíhají v hydrotermálním prostředí. (2) **Kras**, který vzniká interakcí tří složek, tj. uhličitánu vápenatého, vody a oxidu uhličitého, v karbonátových horninách. (3) **Parakras**, který má složky jen dvě: danou horninu a vodu, přičemž vzniká na evaporitech, ale i např. v kvarcitech. (4) **Hypokras** mající jen jednu složku, kterou je teplota, a vzniká například v ledu. (5) **Pseudokras**, který neobsahuje žádnou složku účastnící se rozpustného procesu, tj. k rozpouštění nedochází, a jediná souvislost s krasovými formami spočívá

Marek Křížek

Univerzita Karlova,
Přírodovědecká fakulta,
katedra fyzické geografie
a geoekologie;
marek.krizek@natur.cuni.cz

Obr. 1 Obecné škrapy, které tvoří drobné skalky částečně překryté půdou a vytvářející souvislou plochu, tzv. škrapové pole na Silické planině ve Slovenském krasu. Foto: Marek Křížek.





Obr. 2 Krasová planina Horného vrchu (vlevo) a Zádielská planina (vpravo) oddělené soutěskou – Zádielskou tiesňavou ve Slovenském krasu. Foto: Marek Křížek.

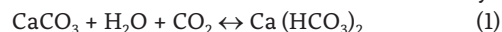
v tom, že vykazují jen tvarovou (morfológickou) podobnost. Příkladem jsou tektonické a puklinové jeskyně či dutiny po odplynění ve vulkanických horninách, nebo formy způsobené větrnou, ale i vodní erozí.

Kras a krasovění

Z geomorfologického hlediska se krasem rozumí soubor tvarů reliéfu vzniklých v karbonátových horninách na povrchu i v podzemí. Mezi nejtypičtější karbonátové horniny patří vápenec, který je budován alespoň z 50 % uhličitanem vápenatým (CaCO_3), a dolomit, který je nejméně z 50 % tvořen uhličitanem vápenato-hořečnatým ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

Procesy vedoucí ke vzniku krasového reliéfu bývají označovány jako krasovění. Zjednodušená rovnice krasovění (1) vyjadřuje všechny tři složky účastníci se krasového procesu. Tedy vápenec, voda a oxid uhličitý dávají ve finální podobě

vzniknout roztoku hydrogenuhlíčitanu vápenatého ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$). Nicméně je nutné poznamenat, že voda a oxid uhličitý nejdříve vytvářejí kyselinu uhličitou (H_2CO_3) a ta potom v disociované podobě ($\text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$) rozpouští vápenec, přičemž onen proces může probíhat oběma směry. Buď tedy hovoříme o rozpouštění (v rovnici (1) směr zleva doprava), anebo při opačném směru dochází k vysrážení vápence (v rovnici (1) směr zprava doleva) v důsledku úniku oxidu uhličitého do atmosféry.



Intenzita krasovění se zvyšuje s rostoucí vlhkostí a dostatkem oxidu uhličitého (v půdním vzduchu je jeho obsah 20krát i vícekrát větší než ve volné atmosféře; Příbyl a kol. 1992). Naopak v aridních a semiaridních oblastech (tj. v suchých oblastech s nedostatkem vody) jsou krasové procesy utlumené, nebo neprobíhají vůbec. Dalšími faktory, které příznivě ovlivňují vznik krasu jsou chemická čistota vápence, velká mocnost vápencových vrstev, dostatek puklin a vodorovný povrch, odkud voda rychle neodteče, ale naopak umožní, aby byla co nejdéle v kontaktu s krasovými horninami.

Povrchový kras

Krasový fenomén se může vyskytovat na povrchu (exokras), nebo v podzemí (endokras). Povrch krasu není rovný, ale je tvořen systémem drobných prohlubní a hřbítků, tzv. **škrápů** (obr. 1). V plošně rozsáhlejších krasových územích bývají vyvinuté **krasové planiny** (obr. 2), což jsou plošiny oddělené zcela, nebo zčásti od okolního území příkrými svahy.

Povrchové tekoucí vody formující krasová údolí se velmi často „ztrácejí“ v podzemí v místech zvaných **ponory**. Údolí, které končí ponorem a je uzavřeno stěnou, za kterou už nepokračuje, se označuje jako **slepé**. Pokud je však uzávěrová stěna nízká (často má jen charakter prahu) a údolí za ní dále pokračuje ve visuté poloze, pak se jedná o **poloslepé údolí** (obr. 3). Za běžných vodností se v něm voda ztrácí v ponoru před stupněm, ale při mimořádných průtocích ponor nestačí vodu „brát“ a tak vodní tok vzdáje svoji hladinu, překlene práh a pokračuje dále do visuté části údolí.

Rozsáhlejší deprese nejčastěji o rozloze mezi 5 až 400 km² oválného či laločnatého půdorysu s plochým dnem překrytým fluvialními sedimenty (tj. sedimenty transportovanými a uloženými tekoucí vodou) se označuje jako **polje** (obr. 4). Tyto tvary se vyskytují ve velkých krasových oblastech a u nás ani na Slovensku je nenajdeme.

Nejvyššími krasovými formami vysokými až 300 metrů jsou **mogoty** (krasové věže), které vznikají v důsledku tropického zvětrávání vápenců, jež dává vzniknout věžím tvaru cukrové

Obr. 3 Poloslepé údolí Sloupského potoka (Luhy) v Moravském krasu, kde u Hřebenáče tato zdrojnice Punkvy mizí v podzemí. Za patrným terénním stupněm navazuje za běžných podmínek neprotékající Pustý žleb. Foto: Marek Křížek.





Obr. 4 Popovo Polje o rozloze necelých 5 km² v jižní části Bosny a Hercegoviny. Foto: Igor Trkja / Wikimedia Commons.

Abstract

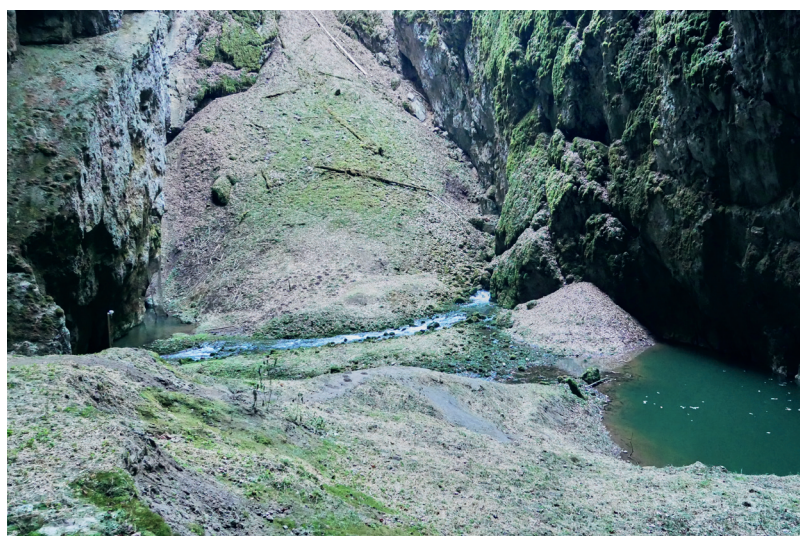
Karst – a world on the surface and underground. The paper deals with the typology of karst, the dissolution process, and the main landforms of exo and endo karst that can be encountered in the Central Europe. The origin of tropical karst features in our landscape is explained, using the example of the Hranice Karst.

homole (Fairbridge 1968). Tyto fotogenické formy nalezneme v Karibiku, v pevninské Číně, v pobřežních oblastech jihovýchodní Asie, ale pro někoho překvapivě i u nás – například v Hranickém krasu. Na rozdíl od jmenovaných oblastí jsou mogoty na našem území jakýmsi cestovateli v čase. Nicméně o to zajímavější je jejich příběh. Zdejší vápence pocházejí ze středního devonu až spodního karbonu (tj. jsou staré 380 mil. až 350 mil. let; Otava a kol. 2009), svou současnou podobu získaly daleko později, až na počátku mladších třetihor (Klanica a kol. 2020), resp. během spodního miocénu (před 23 až 16. mil. lety), kdy u nás panovalo vlhké tropické klima s průměrnou roční teplotou vzduchu kolem 20 až 22 °C (Böhme 2003), což odpovídá současné průměrné roční teplotě v Jihočínském krasu či v Hongkongu. Na konci spodního a počátku středního miocénu (před cca 18 až 14 mil. let) došlo k mořské transgresi (Sant a kol. 2017), tj. hlubokému průniku moře do pevniny, konkrétně v tomto případě do východní části našeho území. Proniknutí moře pod svými sedimenty pohřbilo zdejší krasovou krajinu, včetně mogotů. Potom, co moře ustoupilo, přišla na řadu fluvialní eroze (tj. eroze tekoucí vodou), která začala odnášet málo odolné mořské písky a jíly a postupně obnažovala (exhumovala) třetihorní krasové věže. Za oněch 14 milionů let se řece Bečvě a jejím přítokům podařilo vytvořit 20 až 130 metrů hluboká údolí a odkrýt části „pohřbených“ mogotů (např. Velká Kobylanka, Malá Kobylanka, U Kostelíčka, Hůrka).

V temenní části mogotu vypínajícím se nad Bečvou v jižní části národní přírodní rezervace Hůrka se nachází další forma typická pro krasový reliéf, a to **propast** (tj. přírodní deprese se strmými svahy a stěnami, jejíž hloubka přesahuje horizontální rozměr). Jde o známou Hranickou

propast, jejíž dno zatím nebylo dosaženo a která je považována za nejhlubší zatopenou propast na světě. Zatím nejhlubší ponor se podařil 1. srpna 2022, kdy bylo dosaženo hloubky 450 m, a když se k tomu připočte 69,5 metru nezaplavené části, tak dostáváme celkových, ale nikoliv konečných, 519,5 metru. Zároveň nevelké jezírko o rozměrech 36×18 metrů na dně této propasti je naším nejhlubším jezerem. Tuto závratnou hloubku způsobuje jedna místní zvláštnost, a to teplé minerální vody (o teplotě 15 až 20 °C), které vystupují z hlubin a rozpouštějí vápenc odspodu. Většina krasových propastí vzniká, podobně jako další známá propast Macocha v Moravském krasu (obr. 5), řícením jeskynních stropů. Kromě propastí zajišťují spojení povrchu s krasovým podzemím i **závrty** (obr. 6), což jsou oválné mísovité či trychtýřovité sníženiny, v jejichž nejnižším místě ústí krasový komín (viz dále) či ponor, který směřuje do podzemí.

Obr. 5 Na dno Macochy se lidé poprvé spustili prokazatelně v roce 1723. Macocha byla až do 22. 9. 1974 s hloubkou suché části 138,7 m považována za naši nejhlubší propast (Šafář 2018). K celkové hloubce je ale nutné připočíst i hloubku (48,9 m) Dolního jezírka (vlevo; nicméně v současné době probíhá diskuse, zda je tato hloubka opravdu konečná). Kromě něj se na jejím dně nachází i Horní jezírko (vpravo), které je hluboké jen 11 metrů. Foto: Marek Křížek.





Obr. 6 Blažkův závrť o průměru cca 40 metrů a hloubce 8 metrů neda-leko vstupu do jeskyně Balcarka v Moravském krasu. Foto: Marek Křížek.

Obr. 7 Bohatá sekundární výzdoba v Punkevních jeskyních. Krápníky mrkvovitého tvaru visící shora dolů označujeme jako stalaktity. Stalagmity jsou ty, které směřují zdola nahoru, a pokud se obě variety spojí a vytvoří sloup, mluvíme o stalagnátu. Brčka visí shora dolů, jsou dutá jako slámky na pití a jsou po celé délce stejně široká. Foto: Marek Křížek.



Vyústění krasového komínu bývá často zasypáno splavenými sedimenty z okolí. Jeskyňáři využívají závrťů pro vstup do dosud neprobádaných jeskynních systémů. Závrty se mnohdy soustřeďují kolem puklin či jinak porušených hornin a vytvářejí tak nápadné řady závrťů. Při propojení sousedních závrťů vzniká **uvala**.

Podpovrchový kras

Podzemní krasové tvary lze rozdělit na primární, které vznikají korozivní a erozivní činností vody, a sekundární, jež vznikají vysrážením. Do první skupiny patří krasové **jeskyně**, které vznikají činností podzemní vody, která horninu rozpouští a eroduje. Voda při pronikání a pohybu horninovým prostředím sleduje různé pukliny, zlomy, zóny nadrcení či vrstevní plochy. Zkrátka nechává se vést místy oslabení horniny, kde je eroze i rozpouštění efektivnější. V místech, kde dochází ke křížení

puklinových systémů či se vyskytuje rozsáhlejší zóna nadrcení, vznikají větší prostory, **jeskynní dómy**. Naopak v místech, kde hornina lépe odolává chemickému i mechanickému působení vody, vznikají jen úzké chodby.

Přítomnost, resp. nepřítomnost vody je tedy pro vývoj podzemních prostor naprosto zásadní. Z tohoto důvodu se odlišuje zóna freatická, zahrnující část masivu pod hladinou podzemní vody, kde převládá erozní a rozpouštěcí činnost vody, a zóna vadózní, která představuje podzemní prostory nad úrovní podzemní vody, resp. tyto prostory mohou být zaplavovány vodou jen krátkodobě při zvýšených vodních stavech podzemních toků, kde převládá vysrážení vápenců a tvorba sekundární výzdoby reprezentované zejména **krápníky** (obr. 7). O tom, že jeskynní chodby, ale i objemné dómy byly ve svém počátku zcela zaplaveny vodou, svědčí ve stěnách i stropěch jeskynních prostor vyvinuté **obří hrnce**, což jsou dutiny vymleté krouživým pohybem vodou unášeného materiálu. Kromě obřích hrnců se ve stropěch horních pater jeskyní vyskytují vertikálně směřující pukliny či chodby, které dosahují zemského povrchu. Jde o **krasové komíny**, nad nimiž při vyústění vznikají závrty. Kam se však voda z jeskynních chodeb poděla, když po nich můžeme kráčet suchou nohou? Není v tom žádná záhada. V okamžiku, kdy voda najde novou trasu, tak se pohybuje stejně jako na povrchu ve směru gravitace, tedy dolů. Novou cestou se stává puklina, ze které se jejím rozšířením stane chodba, která odvede vodu hlouběji do podzemí do dalšího jeskynního patra a stávající úroveň jeskynního systému se dostává do vadózní zóny.

Literatura a zdroje dat

- AUDY, M. (2003): Křemencový kras venezuelské Guyany. *Vesmír*, 82, 263–265.
- BÖHME, M. (2003): The Miocene climatic optimum: Evidence from ectothermic vertebrates of Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 195, 389–401.
- CIGNA, A. A. (1978): Classification of Karstic phenomena. *International Journal of Speleology*, 10(1), 3–9.
- FAIRBRIDGE, R. W. (ed.) (1968): *Encyclopedia of geomorphology*. Reinhold Book Corporation, New York.
- KLANICA, R. a kol. (2020): Hypogenic versus epigenic origin of deep underwater caves illustrated by the Hranice Abyss (Czech Republic) – The world's deepest freshwater cave. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125, e2020JF005666.
- OTAVA, J. a kol. (2009): Hranická propast očima geologů. *Ochrana přírody*, 1, 18–21.
- PŘIBYL, J. a kol. (1992): *Základy karsologie a speleologie*. Academia, Praha.
- SANT, K. a kol. (2017): Changing seas in the Early-Middle Miocene of Central Europe: A Mediterranean approach to Paratethyan stratigraphy. *Terra Nova*, 29, 273–281.
- ŠAFÁŘ, J. (2018): 404 metrů a dno stále nikde... *Ochrana přírody*, 2, 6–10.



Podzemí

Kras – svět na povrchu i v podzemí

Není podzemí jako podzemí: undergroundová hnutí...

Cesty do hlubin zemské kůry

5

Tento soubor (článek) je vlastnictvím časopisu Geografické rozhledy a podléhá právní ochraně. ■ Vydavatel i nakladatel časopisu si vyhrazují právo článek zveřejňovat na webových stránkách a sociálních sítích časopisu za účelem propagace časopisu. ■ Dílo není určeno ke komerčnímu využití. Smí se šířit, pokud jsou korektně uvedeny údaje o autorovi, článku a jako zdroj citován časopis Geografické rozhledy.