

Zpráva za Dílčí cíl 2-1 Specializované účelové databáze

Podzemní voda v krasových oblastech

Horninové prostředí a suroviny SS02030023

PROGRAM PROSTŘEDÍ PRO ŽIVOT
Výzkumné téma č. 6-Horninové prostředí
a suroviny

RE
LNS Rock
Environment
Natural
Resources

T A
Č R

Projekt č. „SS02030023 Horninové prostředí a suroviny“
je spolufinancován se státní podporou Technologické
agentury ČR v rámci Programu Prostředí pro život.

www.tacr.cz

Sestavili:

Roman Novotný¹–Vít Baldík¹–Jitka Novotná¹–Eva Kryštofová¹–Pavel Müller¹– Jiří Faimon¹–David Buriánek¹– Jiří Rez¹–Jana Janderková¹– Jiří Otava¹–Jan Seláček¹–Pavel Čáp¹–Irena Sedláčková¹–Radomír Grygar¹–Hana Hornová², Gražyna Knozová², Stanislav Lejska², Alice Musilová², Jáchym Brzezina²

¹ Česká geologická služba

² Český hydrometeorologický ústav

Obsah

1. Úvod.....	5
2. Vymezení infiltračních zázemí - popis území	8
3. Legislativní rámec	12
3.1. Ochrana přírody	12
3.2. Legislativa pro vyhodnocování výsledků geochemických analýz	17
3.3. Vodní zdroje	21
4. Archivní dokumentace	23
4.1. Hydrogeologie a hydrologie	23
4.2. Význam zóny přípovrchového rozvolnění hornin z oblasti dotace	26
4.2.1 Přípovrchová zóna.....	27
4.2.2. Epikras	29
4.3. Pedologie	33
4.4. Recentní krasové procesy, speleotémy	36
4.5. Vodní hospodářství	40
4.6. Archivní dokumentace jednotlivých krasových oblastí	47
4.6.1. Moravský kras.....	47
4.6.2. Hranický kras	65
4.6.3. Mladečský a Javoříčský kras.....	89
4.6.4. Chýnovský kras.....	103
5. Dosavadní a probíhající pilotní projekty v krasových oblastech	111
6. Probíhající monitoring	114
6.1. Moravský kras.....	114
6.2. Hranický kras	114
6.3. Mladečský a Javoříčský kras.....	120
6.4. Chýnovský kras.....	120
7. Monitoring ČHMÚ.....	121
7.1. Srážky.....	121
7.1.1. Změny v síti srážkoměrných stanic.....	122
7.1.2. Statistické vyhodnocení srážkových úhrnů v období 1961-2020.....	129

7.2. Povrchové vody.....	136
7.2.1 Změny v síti limnigrafických stanic.....	136
7.2.2. Statistické vyhodnocení průměrných měsíčních průtoků za třicetiletá období.....	138
7.3. Podzemní vody.....	139
7.3.1. Změny v síti podzemních vod.....	140
7.3.2. Statistické vyhodnocení vývoje hladin podzemních vod	145
8. Závěrečné teze	147
9. Literatura	152
10. Přehled použitých zkratk	179

Přílohová část:

Povrchové vody – průměrné měsíční hodnoty průtoků za 30ti-letá období

Podzemní vody – průměrné měsíční hladiny PZV za 30ti-letá období – Hranický kras

Podzemní vody – průměrné měsíční hladiny PZV za 30ti-letá období – Mladečský kras

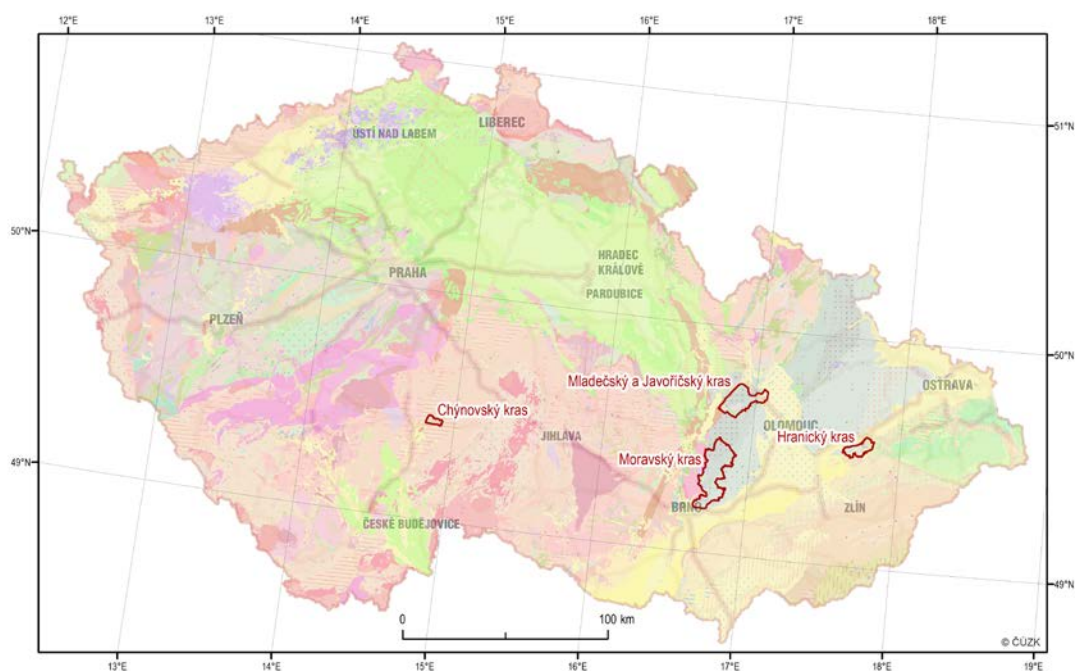
Podzemní vody – průměrné měsíční hladiny PZV za 30ti-letá období – Moravský kras

1 Úvod

V rámci řešení dílčího tématu byla provedena kompilace dostupných geologických, geofyzikálních, geochemických, hydrogeochemických, hydrologických, strukturně geologických a dalších dostupných dat, které často již jsou využívány při řešení projektu a uplatní se i v dalších letech.

Jednotlivé krasové oblasti se od sebe liší nejen po stránce odlišných geologických, strukturně geologických, hydrogeologických, geochemických podmínek, ale i po stránce různé prozkoumanosti a dostupnosti materiálů napříč celého komplexu geovědních i inter-oborových disciplín.

Kompilace archivních zdrojů byla provedena jak pro vlastní krasové struktury, tak také pro širší oblast infiltračního zázemí, viz obr. 2 až 5. Již pro vymezení těchto dvou základních kategorií území byly využity digitální geologické mapy (ČGS), hydrologické mapy a vrstvy komplexního informačního systému Zabaged. Rozsahy zájmových území jsou znázorněny v geologických mapách pro všechny čtyři krasové oblasti na následujících obrázcích. Krasové struktury přibližně odpovídají rozšíření vápenců. Infiltrační zázemí v rámci krasových struktur (červené kontury) tvoří horniny krystalinika (Chýnovský kras), silně zpevněné sedimentární horniny kulmu (Moravský, Javoříčko-Mladečský, Hranický kras), resp. sedimenty flyšového pásma (Hranický kras).



Obr. 1: Geologická mapa s vymezením vybraných krasových oblastí.

Pro každou ze čtyř krasových oblastí již nyní disponujeme následujícími speciálními informačními vrstvami, resp. jejich soubory. Ostatní postupně doplňujeme.

Vrstvy GIS pro každou ze čtyř oblastí projektu

- Topografická mapa
- Horopis (fyzická geografie)
- Geologická mapa (zakrytá, odkrytá)
- Půdní mapa
- Vrstvy půdních pokryvů
- Mapa záplavových oblastí
- Vrstevnice
- Říční a potoční síť, rybníky, ponorné toky, bažiny, močály
- HG a jiné vrty

- Významnější studny (jímací objekty?)
- Geofyzikální prozkoumanost
- Liniové stavby (ropovody, plynovody, zdrojovody, přečerpávací stanice atd.)
- Silnice, cesty, železnice, nádraží, mosty apod.
- Obytné aglomerace, parkoviště atd.
- Průmyslové podniky
- Oficiální skládky
- Divoké skládky
- Sklady
- Jiné objekty potenciálního znečištění vod
- Čistírny odpadních vod
- Prvky ÚSES (nadregionální a regionální biocentra a biokoridory)
- Regionální prvky ochrany přírody a krajiny (CHKO, NP, PP, NPR, PR atd., včetně ploch Natura 2000)
- Síť plánovaných odběrů vzorků zemin pro geochemické výzkumy
- Reálná odběrová místa, včetně provedených druhů analýz
- Lokalizace odběrů vod
- Další případné technické práce v rámci projektu

Za specializované účelové databáze považujeme souhrn všech využitelných informací pro účely řešení projektu, které jsou vztaženy k vybraným čtyřem krasovým oblastem. Databáze sestává ze souhrnu nově získaných dat a vztahují se k vybraným čtyřem krasovým oblastem: Moravský kras, Chýnický kras, Hranický kras, Javoříčský a Mladečský kras. Mají charakter bodový, liniový, plošný i prostorový vč. souborů poznatků a informací textového charakteru.

Nová data získaná vlastním řešením projektu obsahují (např. analýzy vod v terénu i v laboratořích, analýzy vzorků půd, geochemických vzorků, vzorků hornin, výsledky měření geotektonických parametrů v jeskyních i v terénu, geofyzikální měření apod. jsou lokalizována v jednotném souřadnicovém systému a jsou veřejně dostupná na <https://rens.geology.cz/cs/vystupy-projektu>.

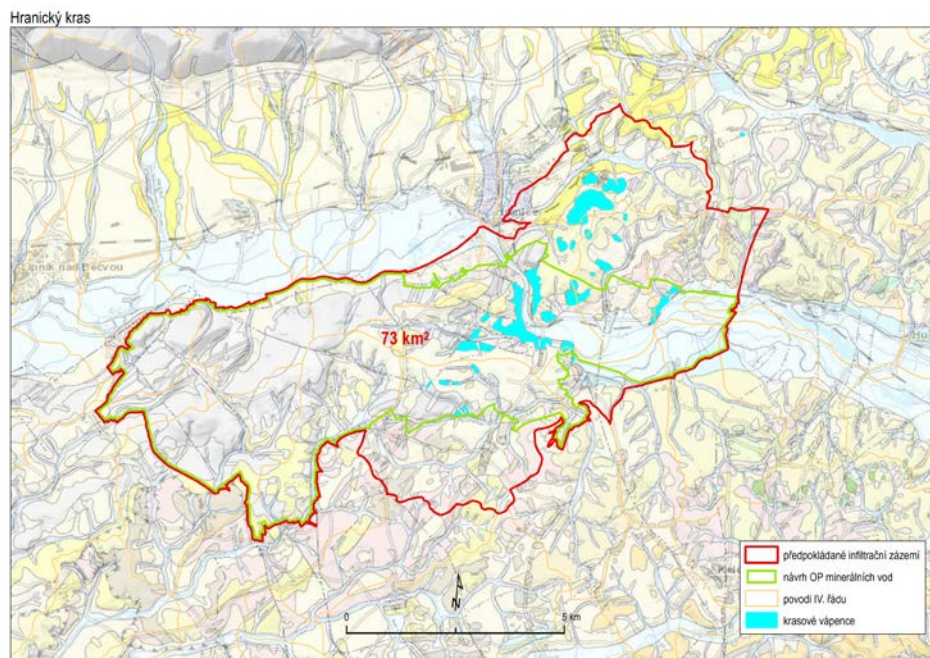
Ostatní data a aplikace vč. nových výše uvedených dat jsou veřejně přístupná na: <http://www.geology.cz/extranet/sluzby/aplikace>

I po ukončení prací na této části projektu bude pokračovat budování a doplňování specializované účelové databáze, která bude podávat základní informace pro potřeby nejen tohoto projektu, ale i pro orgány státní správy při hodnocení možnosti využití krajiny a k identifikaci možných geologických hazardů při územním plánování.

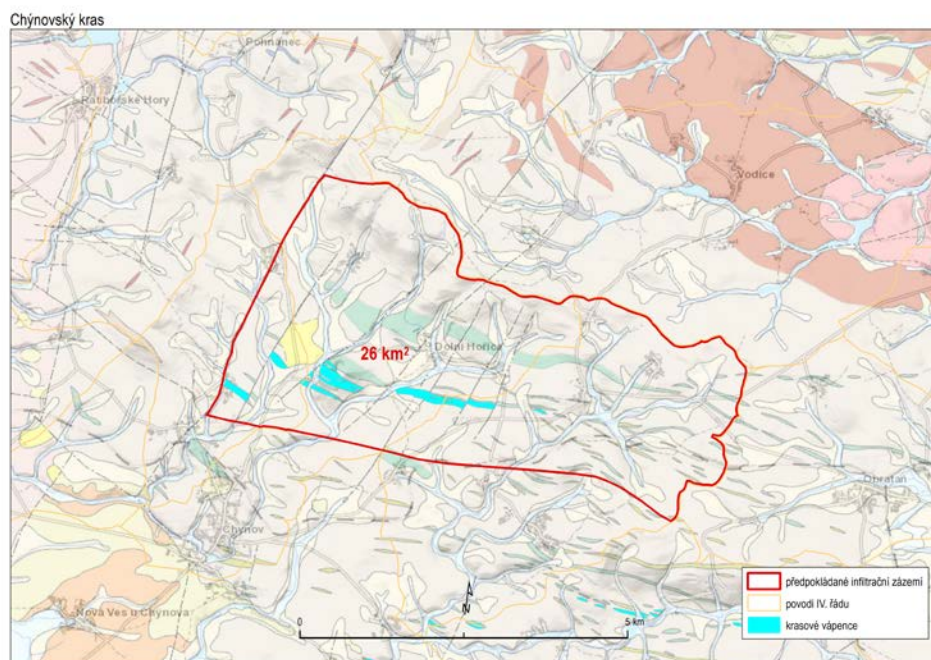
2 Vymezení infiltračních zázemí

V rámci projektu byla vymezena infiltrační zázemí pro všechna zpracovávaná krasová území. Definování hranic bylo specifikováno na základě litologie, tektoniky, strukturní geologie, morfologie a hydrologie. Pro jednotlivá území mají výše uvedené přírodní poměry pro rozhodování různý význam a váhu. Zásadním faktorem pro vymezení území pro další studium byla schopnost prostředí infiltrovat vodu a umožnit její proudění ve větších hloubkách horninového masívu. Současně tektonická stavba, morfologie a hydrologie území umožňuje proudění vody z oblasti infiltrace do krasově propustných hornin. To je dáno tvarem proudového pole podzemní vody, směrem proudění povrchové vody a typem drenážní báze. Hydrogeologické poměry krasových území jsou zásadně podmíněna litologickou stavbou území a modifikovány jeho geologickým vývojem.

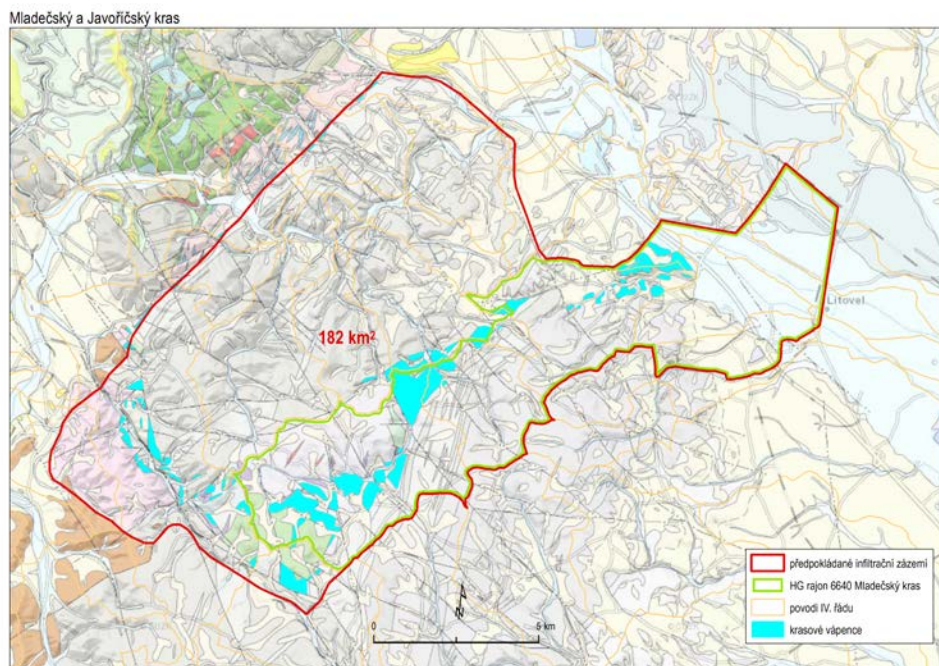
Pro všechna řešená krasová území byl definován rozsah předpokládaného dotačního infiltračního území. Z hlediska podzemní vody představují krasové horniny (vápence nebo mramory – Chýnovský kras) „past“, tj. jde o prostředí s významně vyšší propustností (transmisivitou) i zásobností (storativitou) než mají horniny dotačního zázemí. Ve vápencích (mramorech) se uplatňuje krasová propustnost v kombinaci s puklinovou propustností, v definovaných oblastech infiltračních zázemí je převažujícím typem propustnosti propustnost puklinová, v zóně přípovrchového rozvolnění nebo v pokryvných útvarech se může uplatnit i průlinová propustnost. Významným prvkem pro určení dosahu dotačního zázemí je tektonická stavba jednotlivých krasových území.



Obr. 2: Hranický kras s vymezením infiltračního území.

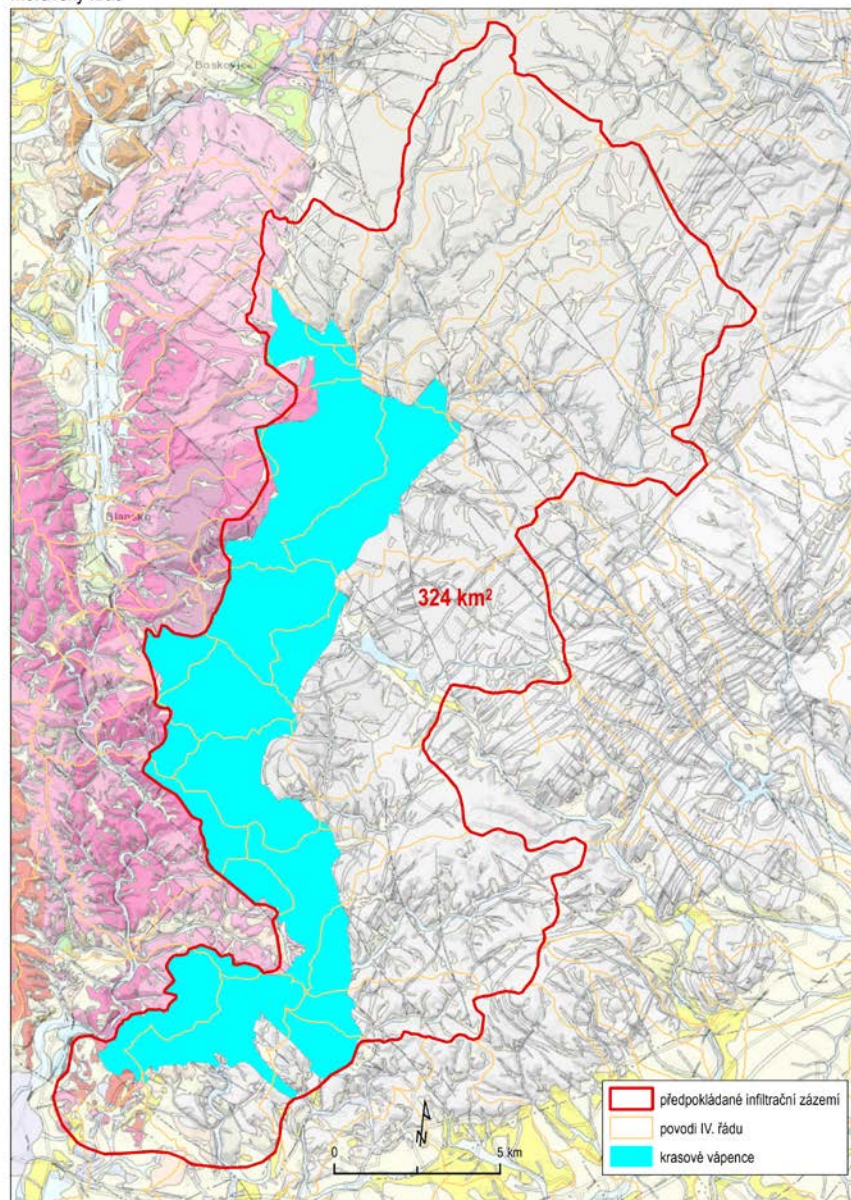


Obr. 3: Chýnovský kras s vymezením infiltračního území.



Obr. 4: Mladečský a Javoříčský kras s vymezením infiltračního území.

Moravský kras



Obr. 5: Moravský kras s vymezením infiltračního území.

3 Legislativní rámec

3.1 Ochrana přírody

Území posuzovaná v rámci studia krasových struktur jsou specifická v mnoha ohledech, mimo jiné představují unikátní území z pohledu ochrany přírody. Jedinečné podmínky, vlastní mikroklima a následná legislativní ochrana zde podpořily přežití řady endemických, či chráněných druhů a jedinečných přírodních společenstev. Charakteristiky každého z těchto území jsou odlišné, přesto lze obecně konstatovat, že díky legislativní ochraně bylo v rámci chráněných území umožněno plnit krajině její ekologické funkce.

Pro účely tohoto projektu jsou detailně posuzována tato krasová území: Chýnovský kras, Moravský kras, Javoříčko-Mladečský a Hranický kras.

Jako příklad využití již existujících a veřejně přístupných zdrojů dat (AOPK, ČGS) uvádíme přehlednou tabulku (Tab. 1) velkoplošných a maloplošných zvláště chráněných území a také výčet prvků ÚSES pro všechny čtyři krasové oblasti. Pro vlastní práci na projektu byly již využity mnohé další vrstevní informace.

Tab. 1: Velkoplošná a maloplošná zvláště chráněná území a prvky ÚSES.

Chýnovský kras			
Chýnovská jeskyně	maloplošné zvláště chráněné území	NPP	EVL
Pacova hora	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Kladrubská hora	maloplošné zvláště chráněné území	PR	EVL
			<i>vegetační typy ÚSES</i>
Cunkovský hřbet-Pařezitý, Roš- tejn	nadregionální biokoridor	NRB K	MB
Batkovy	regionální biocentrum	RBC	L3-SM, BO, BK, OL
Kozlov	regionální biocentrum	RBC	L3-SM, A, P, OL, BO
Javoříčko-Mladečský kras			

Litovelské Pomoraví	velkoplošné zvláště chráněné území	CHK O	Natura 2000
U senné cesty	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Hejtmanka	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Třesín	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Rodlen	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Špraněk	národní přírodní rezervace	NPR	EVL, Natura 2000
Taramka	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Příchodnice	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
U nádrže	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Špraněk - Javoříčské jeskyně	veřejně přístupné jeskyně		
Třesín - Mladečské jeskyně	veřejně přístupné jeskyně		
			<i>vegetační typy ÚSES</i>
Ramena řeky Morava	nadregionální biocentrum	NRB C	
Vrapač, Doubrava	nadregionální biocentrum	NRB C	
Uhersko-K132	nadregionální biokoridor	NRB K	MH
Vrapač, Doubrava-Ramena řeky Morava	nadregionální biokoridor	NRB K	N
Vrapač, Doubrava-Ramena řeky Morava	nadregionální biokoridor	NRB K	V
K82-Vojenský	nadregionální biokoridor	NRB K	MB
Vrapač, Doubrava-Přední kout	nadregionální biokoridor	NRB K	MH
Hartinkov	regionální biocentrum	RBC	BU, DH
Pod Luminou	regionální biocentrum	RBC	L
Radnice	regionální biocentrum	RBC	L, DB, DH
Nectavské údolí	regionální biocentrum	RBC	BU,
Obectov	regionální biocentrum	RBC	L, DB, DH
U nádrže	regionální biocentrum	RBC	P, M
Špraněk	regionální biocentrum	RBC	L1-BK, L2-SM, BK
Taramka	regionální biocentrum	RBC	L1-BK
Špraněk-Pod Suminou	regionální biokoridor	RBK	L2-SM, BO, DB, BK

Špraněk-Hartinkov	regionální biokoridor	RBK	L2-SM, BK
U nádrže-Taramka	regionální biokoridor	RBK	L
U nádrže	regionální biokoridor	RBK	L2-SM, BK, L1-BK, A, P
Hranický kras			
Týn nad Bečvou	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Bukoveček	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Dvorčák	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
V oboře	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Škrabalka	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Nad Kostelíčkem	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Velká Kobylanka	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Malá Kobylanka	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Hůrka u Hranic	maloplošné zvláště chráněné území	NPR	
Hůrka u Hranic - Hranická propast	maloplošné zvláště chráněné území	NPR	EVL, Natura 2000
Zbrašovská aragonitová jeskyně	maloplošné zvláště chráněné území	NPP	
			<i>vegetační typy ÚSES</i>
K144-Kostecké poleší	nadregionální biokoridor	NRB K	MH
Jezernice-Hukvaldy	nadregionální biokoridor	NRB K	MB
Chropiňský luh-Oderská niva	nadregionální biokoridor	NRB K	N
Rozvodí Stráže	regionální biocentrum	RBC	L3-SM
Hůrka u Hranic	regionální biocentrum	RBC	L1-PB, HB, BK
Maleník	regionální biocentrum	RBC	L1-BK, DB, SU, L2-SM, BO, BB, BK
Hadovec	regionální biocentrum	RBC	A, B
U Kamence	regionální biocentrum	RBC	L2-LU, V, M
U Špiček	regionální biocentrum	RBC	L2-DB, HB
Polomské rybníky-U Špiček	regionální biokoridor	RBK	A, B, P, L2

U Špiček-U Kamence	regionální biokoridor	RBK	A, L2
Moravský kras			
CHKO Moravský kras	velkoplošné zvláště chráněné území	CHKO	EVL, Natura 2000
Skály	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Louky pod Skalami	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Skelná Huť	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
U Žlábků	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Nivské louky	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Návesná niva	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Nebeský rybník	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Sloupsko-šošůvská jeskyně	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Bílá voda	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Černá skála	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Vývěry Punkvy	maloplošné zvláště chráněné území	NPR	
Balcarova skála-Vintoky	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Rudické propadání	maloplošné zvláště chráněné území	NPP	
Mokřad pod Típečkem	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Habrůvecká bučina	maloplošné zvláště chráněné území	NPR	
Bayerova	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Křtinský lom	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Býčí skála	maloplošné zvláště chráněné území	NPR	
Jelení skok	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
U Nového hradu	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Dřínová	maloplošné zvláště chráněné území	PR	

Rakovec	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Rakovecké stráně a údolí bledu- lí	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
U Výpustku	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Březinka	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Čihadlo	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Údolí Řičky	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Jeskyně Pekárna	maloplošné zvláště chráněné území	NPP	
Zadní Hády	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
U Brněnky	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Velký Hornek	maloplošné zvláště chráněné území	PR	
Hádecká planinka	maloplošné zvláště chráněné území	NPR	
U Staré Vápenice	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Velká Klajdovka	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Obránská stráň	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
Kavky	maloplošné zvláště chráněné území	PP	
			<i>vegetační typy ÚSES</i>
Suchý a Pustý žleb	nadregionální biocentrum unikátní	NRB C	
Josefovské údolí	nadregionální biocentrum	NRB C	
Josefovské údolí-Pustý a Suchý žleb	nadregionální biokoridor	NRB K	MB
Josefovské údolí-Vojenský	nadregionální biokoridor	NRB K	MB
Podkomorské lesy-Josefovské údolí	nadregionální biokoridor	NRB K	MH
Vrapač, Doubrava-Přední kout	nadregionální biokoridor	NRB K	T
Josefovské údolí-K 132	nadregionální biokoridor	NRB K	MH
Jelení skok	regionální biocentrum	RBC	L1-BK, SU, DB
Hády	regionální biocentrum	RBC	L1-HB, DB, X1, S
Hornek	regionální biocentrum	RBC	L1-HB, DB

Údolí Říčky	regionální biocentrum	RBC	L1-DB, HB, SU, S, L2-BO, DB, HB
Čihadlo	regionální biocentrum	RBC	L1-DB, BK, HB, X
Galaška	regionální biocentrum	RBC	L1-DB, BK
Bayerova	regionální biocentrum	RBC	L1-BK, DB
Rakovec	regionální biocentrum	RBC	L1--BK, JD
Skály a louka	regionální biocentrum	RBC	L1-BK, M, P
Skelná huť	regionální biocentrum	RBC	L1-P, M
Holíkov-Skály	regionální biokoridor	RBK	L2-SM, BK, T
Skály-Pavlovský dvůr	regionální biokoridor	RBK	L3-SM
Skály-Nivské louky	regionální biokoridor	RBK	L1-P, M
Skelná huť-Suchý a Pustý žleb	regionální biokoridor	RBK	L
Rakovec-Bayerova	regionální biokoridor	RBK	L2-SM, BK, JD, BO
Bayerova-Josefovské údolí	regionální biokoridor	RBK	L2-SM, BK, MD
Čihadlo-K 135	regionální biokoridor	RBK	L2-DB, BK, SM, MO, MD
Rakovecké údolí-Galaška	regionální biokoridor	RBK	L2, P1, B1
Údolí Říčky-Galaška	regionální biokoridor	RBK	L2-DB, BK, SM, BO, P1, B1
Hornek-Hády	regionální biokoridor	RBK	L2-SM, BO, DB, HB
Hády-Malužín	regionální biokoridor	RBK	B2, L1
Sloupsko-šoňvská jeskyně	veřejně přístupné jeskyně		
Punkevní jeskyně	veřejně přístupné jeskyně		
Balcarka	veřejně přístupné jeskyně		
Kateřinská jeskyně	veřejně přístupné jeskyně		
Výpustek	veřejně přístupné jeskyně		

3.2 Legislativa pro vyhodnocování výsledků geochemických analýz

Geochemická data lze porovnávat mezi sebou, s limitními hodnotami příslušných metodických pokynů a také s databází získanou v rámci dřívějších výzkumných prací.

Pro posouzení analytických dat jsme vybrali z domácích i zahraničních platných srovnávacích zdrojů takové, které jsou obvykle aplikovány při hodnocení kontaminací horninového prostředí a půd různého typu a určení rizikovými elementy. Zde je uvádíme formou následující tabulky (Tab. 2).

Jak se nyní jeví, budeme se stále opírat o MP MŽP z roku 1996. Užívá kategorie A (mezní hodnoty), B (limit, nad který je nutno uvažovat o sanaci) a C (limit pro maximálně přípustné znečištění obytné zástavby). Podobné hodnoty pro rizikové prvky uvádí i slovenský normativ z roku 1994 a pro půdní typy. Často citovaný je holandský přístup a jejich mezní hodnoty pro půdy.

Zde je třeba poznamenat, že pozdější pokus o legislativní zdokonalení souvisejících norem z roku 2013 (MP 13) je obtížně srozumitelný a zřejmě omezeně použitelný. Další normy pro půdy jsou většinou málo univerzální a neobsahují celou škálu rizikových elementů, resp. jejich maximálně přípustné hodnoty obsahu v horninovém prostředí. Přesto je pro úplnost zařazujeme. Jak lze doložit již z Tab. 2 a zejména potom z obou obrázků, jsou v normě extrémně navýšené limity mnoha rizikových prvků (například Ba, Sn, Cu, Zn, Cd atd.). Jde často o rozdíly řádové, stupnice obsahů elementů na obrázcích je logaritmická. Pro dokreslení uvádíme ještě interpretaci zjištěných obsahů pro vzorky z Chýnovského krasu pomocí obou norem na dalších příložených tabulkách (Tab. 3 a Tab. 4). Výsledky jsou opět extrémně odlišné.

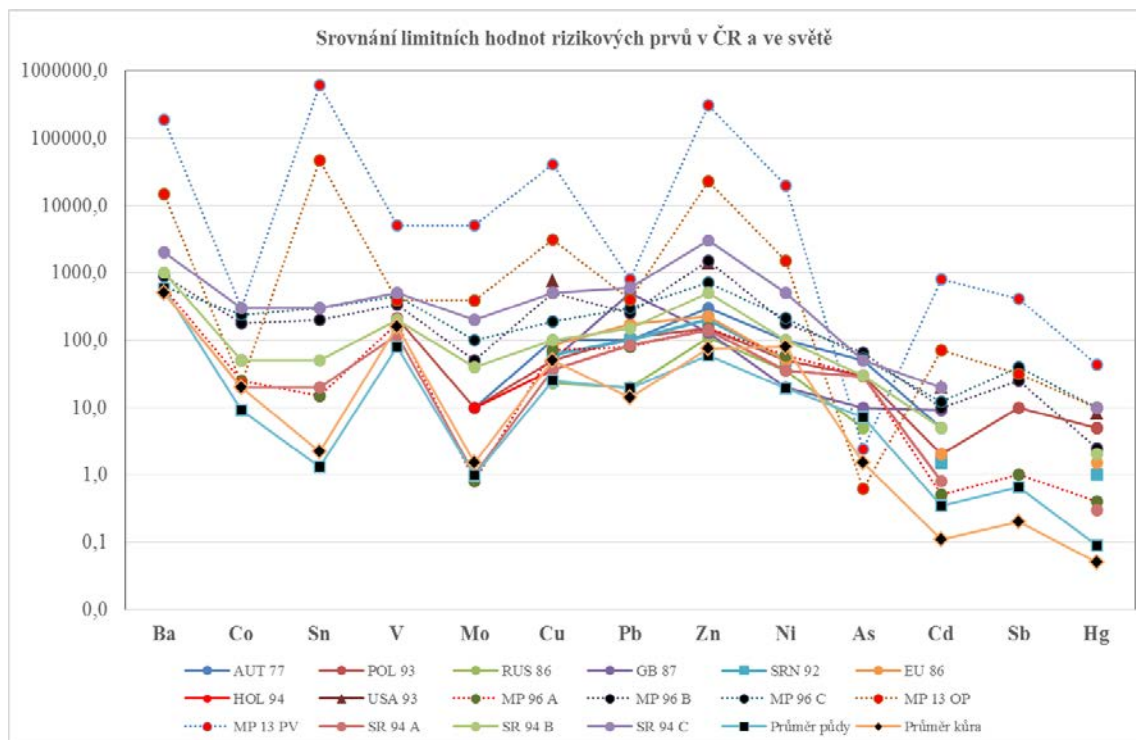
Z publikovaných pramenů nejvýše hodnotíme vědecký a srovnávací význam moderní a jedinečné monografické práce doc. RNDr. Jána Čurlíka, DrSc. (Čurlík 2011). Autor uvádí pro každý z potenciálně toxických elementů úplnou informaci o geochemických parametrech. Uvádí rovněž celou řadu srovnávacích tabulek limitních hodnot rizikových elementů pro různé typy horninového prostředí.

Srovnávací geochemická data pro horniny z krasových oblastí

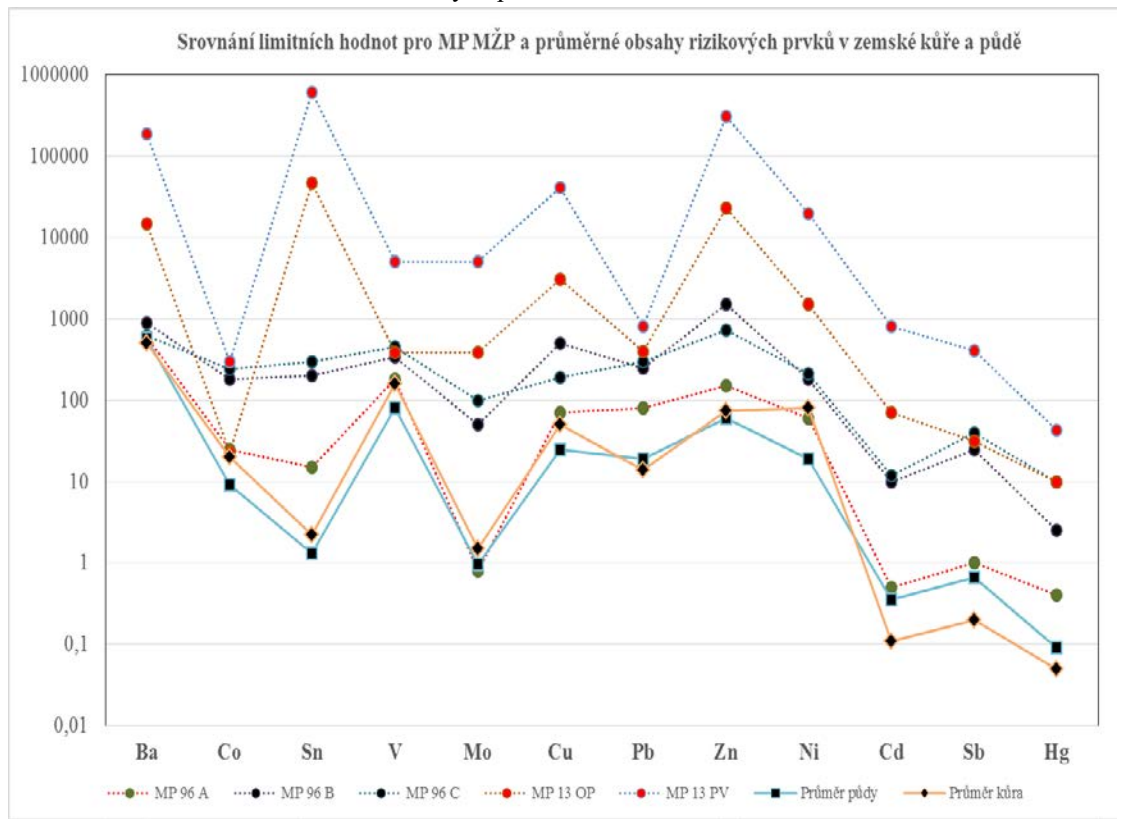
Pro srovnání máme k dispozici data z více než 600 rybníků v České republice, viz práce Gergel, Kolář, Müller (2005), Müller et al. (2002 a 2005) a výsledky projektů z fondu geologických prací MŽP (Müller et al. 2017, 2018, 2019). V rámci posledních tří výzkumných prací byla získána geochemická data (komplexní chemické provedené v ACME v Kanadě) pro celkem 45 lokalit, avšak pouze z oblasti Moravského krasu (vzorky z jeskynního systému „Rudické propadání – Býčí skála“, z rybníků, ze struskového tělesa a vzorky sedimentů z vývěřů Jedovnického potoka a Křtinského). Z ostatních krasových oblastí nejsou geochemická data hornin k dispozici.

Tab. 2: Limitní hodnoty pro obsahy vybraných prvků v ČR i v zahraničí (ppm).

	Ba	Co	Sn	V	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Hg
AUT 77		50,0			10,0	100,0	100,0	300,0	100,0	50,0	5,0		5,00
POL 93		50,0		210,0	10,0	50,0	110,0	150,0	50,0	30,0	2,0	10	5,00
RUS 86				150,0		23,0	20,0	110,0	35,0	5,0			2,10
GB 87						50,0	500,0	130,0	20,0	10,0	9,0		
SRN 92						60,0	100,0	200,0	50,0		1,5		1,00
EU 86						85,0	175,0	225,0	50,0		2,0		1,50
HOL 94		20,0			10,0	36,0	85,0	140,0	35,0	29,0	0,8		0,30
USA 93						750,0		1400,0			20,0		8,00
MP 96 A	600	25,0	15	180	0,8	70,0	80,0	150	60,0	30	0,5	1	0,4
MP 96 B	900	180,0	200	340	50	500,0	250,0	1500	180,0	65	10	25	2,5
MP 96 C	625	240,0	300	450	100	190,0	300,0	720	210,0	55	12	40	10
MP 13 OP	15000	23	47000	390	390	3100	400	23000	1500	0,61	70	31	10
MP 13 PV	190000	300	610000	5100	5100	41000	800	310000	20000	2,4	800	410	43
SR 94 A	500	20	20	120	1	36	85	140	35	29	0,8		0,3
SR 94 B	1000	50	50	200	40	100	150	500	100	30	5		2
SR 94 C	2000	300	300	500	200	500	600	3000	500	50	20		10
průměr půdy	580	9,1	1,3	80	0,97	25	19	60	19	7,2	0,35	0,66	0,09
průměr zem. kůra	500	20	2,2	160	1,5	50	14	75	80	1,5	0,11	0,2	0,05



Obr. 6: Srovnání limitních hodnot rizikových prvků v ČR a ve světě.



Obr. 7: Srovnání limitních hodnot pro MP MŽP a průměrné obsahy rizikových prvků v zemské kůře a půdě.

Tab. 3: Interpretace analýz obsahů rizikových prvků na sérii geochemických vzorků z Chýnovského krasu dle MP MŽP z roku 1996.

MP MŽP 1996	Ba	Ni	Be	Co	Sn	V	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Hg
jednotka	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
limit A	600	60	5	25	15	180	0,8	70	80	150	60	30	0,5	1	0,4
limit B	900	180	15	180	200	340	50	500	250	1500	180	65	10	25	2,5
limit C	625	210	20	240	300	450	100	190	300	720	210	55	12	40	10
CHG001	481	70	1	26,4	3	165	0,3	30,1	17,2	77	39,8	6,5	0,3	0,3	0,07
CHG002	283	<20	1	4,9	4	50	0,2	5,5	29,8	22	6,1	9,9	<0,1	0,6	0,10
CHG003	257	<20	1	4,9	3	49	0,2	4,1	28,1	13	3,9	7,8	<0,1	0,4	0,11
CHG004	492	21	2	19,2	4	67	0,5	9,4	63,6	48	12,5	16,0	<0,1	0,7	0,16
CHG005	468	101	2	29,7	3	146	0,3	32,3	27,0	98	48,9	10,6	0,5	0,3	0,07
CHG006	618	23	3	6,3	9	71	0,4	20,4	39,0	39	16,5	20,8	<0,1	0,9	0,12
CHG007	659	<20	2	3,9	5	86	0,7	15,4	68,2	40	12,7	24,0	<0,1	1,4	0,20
CHG008	553	36	2	8,9	6	89	0,5	19,5	71,5	66	22,1	18,6	<0,1	1,0	0,19
CHG009	637	26	2	9,5	5	91	0,1	17,6	31,4	84	18,6	11,2	0,3	0,2	0,08
CHG010	642	45	3	20,1	5	111	0,6	31,0	32,4	96	37,9	18,8	0,3	0,2	0,06
CHG011	450	<20	1	6,1	4	85	0,5	9,1	57,4	37	11,1	12,9	0,1	0,7	0,19
CHG012	430	76	2	21,4	3	134	0,2	27,1	35,5	72	45,3	16,3	0,2	0,5	0,12
CHG013	659	40	1	13,0	5	114	0,5	21,1	48,6	83	28,3	15,7	<0,1	0,6	0,23
CHG014	533	70	3	26,1	5	143	0,2	39,7	31,1	126	41,3	10,4	0,5	0,3	0,12
CHG015	515	33	1	10,0	4	107	0,6	20,1	99,6	63	20,4	22,1	0,3	1,2	0,22
CHG016	485	32	2	39,6	3	93	0,4	11,0	50,2	48	18,6	20,6	0,1	0,6	0,12

Tab. 4: Interpretace analýz obsahů rizikových prvků na sérii geochemických vzorků z Chýnovského krasu dle MP MŽP z roku 2013.

MP MŽP 2013	Ba	Ni	Be	Co	Sn	V	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Hg
jednotka	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
ostatní plochy	15000	1500	160	23	47000	390	390	3100	400	23000	1500	0,61	70	31	10
prům. využívané	190000	20000	2000	300	610000	5100	5100	41000	800	310000	20000	2,4	800	410	43
	Ba	Ni	Be	Co	Sn	V	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Hg
CHG001	481	70	1	26,4	3	165	0,3	30,1	17,2	77	39,8	6,5	0,3	0,3	0,07
CHG002	283	<20	1	4,9	4	50	0,2	5,5	29,8	22	6,1	9,9	<0,1	0,6	0,10
CHG003	257	<20	1	4,9	3	49	0,2	4,1	28,1	13	3,9	7,8	<0,1	0,4	0,11
CHG004	492	21	2	19,2	4	67	0,5	9,4	63,6	48	12,5	16,0	<0,1	0,7	0,16
CHG005	468	101	2	29,7	3	146	0,3	32,3	27,0	98	48,9	10,6	0,5	0,3	0,07
CHG006	618	23	3	6,3	9	71	0,4	20,4	39,0	39	16,5	20,8	<0,1	0,9	0,12
CHG007	659	<20	2	3,9	5	86	0,7	15,4	68,2	40	12,7	24,0	<0,1	1,4	0,20
CHG008	553	36	2	8,9	6	89	0,5	19,5	71,5	66	22,1	18,6	<0,1	1,0	0,19
CHG009	637	26	2	9,5	5	91	0,1	17,6	31,4	84	18,6	11,2	0,3	0,2	0,08
CHG010	642	45	3	20,1	5	111	0,6	31,0	32,4	96	37,9	18,8	0,3	0,2	0,06
CHG011	450	<20	1	6,1	4	85	0,5	9,1	57,4	37	11,1	12,9	0,1	0,7	0,19
CHG012	430	76	2	21,4	3	134	0,2	27,1	35,5	72	45,3	16,3	0,2	0,5	0,12
CHG013	659	40	1	13,0	5	114	0,5	21,1	48,6	83	28,3	15,7	<0,1	0,6	0,23
CHG014	533	70	3	26,1	5	143	0,2	39,7	31,1	126	41,3	10,4	0,5	0,3	0,12
CHG015	515	33	1	10,0	4	107	0,6	20,1	99,6	63	20,4	22,1	0,3	1,2	0,22
CHG016	485	32	2	39,6	3	93	0,4	11,0	50,2	48	18,6	20,6	0,1	0,6	0,12

3.3 Vodní zdroje

Základní legislativní rámec pro řešení vodních zdrojů udává zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Prováděcí vyhlášky související s vodními zdroji jsou:

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Vyhláška č. 5/2011 Sb. o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod.

Vyhláška č. 252/2013 Sb. o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy.

Vyhláška č. 431/2001 Sb. Ministerstva zemědělství o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci.

Vyhláška č. 20/2002 Sb. Ministerstva zemědělství o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody.

Vyhláška č. 49/2011 Sb. o vymezení útvarů povrchových vod.

Vyhláška č. 414/2013 Sb. o rozsahu a způsobu vedení evidence rozhodnutí, opatření obecné povahy, závazných stanovisek, souhlasů a ohlášení, k nimž byl dán souhlas podle vodního zákona, a částí rozhodnutí podle zákona o integrované prevenci (ovodoprávní evidenci).

Vyhláška č. 137/1999 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů

Sledování kvality surové vody a vlastní provoz vodních zdrojů jsou definovány zákonem č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Z hlediska vodních zdrojů je zásadní prováděcí dokument:

Vyhláška č. 428/2001 Sb. Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).

Minerální vody jsou řešeni v rámci zákona č. 164/2001 Sb. o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon). Prováděcím dokumentem je:

Vyhláška č. 423/2001 Sb. Ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví způsob a rozsah hodnocení přírodních léčivých zdrojů a zdrojů přírodních minerálních vod a další podrobnosti jejich využívání, požadavky na životní prostředí a vybavení přírodních léčebných lázní a náležitosti odborného posudku o využitelnosti přírodních léčivých zdrojů a klimatických podmínek k léčebným účelům, přírodní minerální vody k výrobě přírodních minerálních vod a o stavu životního prostředí přírodních léčebných lázní (vyhláška o zdrojích a lázních).

4. Archivní dokumentace

4.1 Hydrogeologie a hydrologie

Problematikou speleogeneze a vzniku krasových zvodněných systémů v celosvětovém měřítku se zabývá souborná publikace Klimtchouka – Forda – Palmera – Dreybrodta eds. (2000). Kniha pojednává o geologických a hydrogeologických faktorech speleogeneze, obecně platných zákonitostech vzniku jeskyní a v případových studiích z celého světa se zabývá vývojem jeskynních systémů a krasových zvodní v různých podmínkách.

Obsáhlá práce Forda – Williamse (1989) se zabývá širokou škálou aspektů krasových oblastí – např. chemickým rozpuštěním krasových hornin, krasovou hydrologií, analýzou drenážní sítě v krasových zvodněných systémech, vlivy klimatu na vývoj krasu, využíváním vodních zdrojů vázaných na krasové oblasti nebo vlivy antropogenní činnosti.

Problematiku výstavby přehradních nádrží v krasových oblastech řeší monografie Milanoviće (2018). Kniha po úvodních kapitolách zaměřených na výběr vhodných lokalit a specifika průzkumu pro výstavbu přehrad přináší výčet mnoha problémů, s nimiž se stavby přehrad v krasových oblastech potýkají, včetně závažných environmentálních vlivů. V závěru je prezen-

tován přehled vybraných přehradních nádrží v krasových oblastech a podmínek jejich výstavby, případně nastalých havárií a jejich řešení.

Sborník prací ze symposia zaměřeného na modelování v krasových oblastech obsahuje příspěvky mnoha autorů ke komplikované problematice tvorby různých typů modelů (konceptních, analytických, statistických) a ke sběru dat a jejich přípravě pro použití při modelování v krasových oblastech (Palmer, A. N. – Palmer, M.V. – Sasowsky Eds., 1999).

Typologii krasových zvodněných systémů a doporučením pro využívání podzemních krasových v Evropě se zabývali Marechal – Bailly-Comte – Hickey – Maurice – Stroj Eds. (2021a, 2021b) v rámci celoevropských projektů GeoERA, do hodnocení krasových oblastí je zahrnut také Moravský kras.

První souhrn hydrogeologických poměrů celého území České republiky včetně krasových oblastí podal Hynie (1961). Problematikou krasových zvodněných systémů se dlouhodobě zabýval Panoš, a to jak z hlediska např. obecné typologie krasových oblastí (1978), specifík krasové hydrogeologie (1984) nebo karsologické terminologie (2001), tak z hlediska detailních průzkumných prací v různých krasových oblastech (viz dále).

Výsledky hydrogeologických výzkumů krasovo-puklinových vod prezentuje monografie Kullmana (1990). Publikace přináší klasifikaci hydrogeologických krasových struktur, řeší problematiku komplikovaného bilancování krasovo-puklinových podzemních vod, shrnuje problémy ochrany a optimálního využití podzemních vod, a to zejména na příkladech krasových oblastí Západních Karpat.

Přehled geologických a hydrogeologických poměrů jednotlivých krasových oblastí v rámci České republiky, stejně jako okolních nekrasových hornin z regionálního pohledu uvádí Krásný (2012).

V rámci speleologických průzkumů byla rovněž publikována řada článků o detailní hydrografii ponorných toků a dalších jevech v jednotlivých krasových oblastech (např. v časopisech *Estavela* a *Speleo* nebo ve sborníku *Speleofórum*). Zdrojem informací o problematice krasových oblastí je časopis *Acta Speleologica*, vydávaný Správou jeskyní České republiky. Problematikou jeskyní a krasu se zabývají zahraniční časopisy jako je *Journal of Caves and Carst Studies*,

Acta Carsologica, články zaměřené na krasovou hydrogeologii jsou publikovány v hydrogeologických periodikách, např. Hydrogeology Journal. Použité relevantní práce, vybrané z nepřehledného množství publikovaných článků, jsou zmíněné u jednotlivých zájmových krasových oblastí, případně budou citovány v průběhu zpracování příslušných aktivit.

V zájmových krasových oblastech a jejich infiltračních zázemích proběhlo několik etap hydrogeologického mapování a zpracování dostupných archivních dat, realizovaných Českou geologickou službou v rámci sestavení hydrogeologických map různých měřítek a jejich doprovodných textových vysvětlivek, případně kapitol ve vysvětlivkách k základním geologickým mapám. Přehled mapových listů jednotlivých mapových edicí, které zasahují do zájmových oblastí, a příslušných kapitol v textových vysvětlivkách je shrnut v tabulkách v následujících podkapitolách věnovaných jednotlivým vybraným krasovým oblastem.

Hydrogeologické mapy různých měřítek jsou zdrojem informací o typu a distribuci hydrogeologických prostředí, poskytují základní údaje o výši hydraulických parametrů a lokalizaci význačných pramenů, případně reprezentativních hydrogeologických vrtů. Mapy chemismu dávají základní přehled o plošném rozložení chemických typů podzemní vody a výši celkové mineralizace, případně o kontaminaci podzemních vod v době tvorby těchto map. V doprovodných textových vysvětlivkách jsou přehledně popsány charakteristiky jednotlivých hydrogeologických prostředí a jejich hydraulické parametry, režim a proudění podzemních vod, chemické složení a kvalita podzemních vod, ale rovněž využívání a odběry podzemních vod a jejich ochrana nebo případné střety zájmů. Významným přínosem nových etap hydrogeologického mapování (od roku 2005) je archivace dokumentačních bodů v digitální databázi Hydrogeologické terénní dokumentace, odkud je možné body snadno exportovat k dalšímu zpracování, případně je doplňovat o další poznatky a měření.

Pro vyhodnocení hydraulických parametrů, chemického složení a kvality vody a úrovní hladin podzemní vody byly využity archivní vryt z databáze České geologické služby, které byly zpracovány za využití interní aplikace ČGS „Hydrogeologická interpretovaná data“ (<https://app.geology.cz/ihydro/>). Aplikace umožňuje interpretaci horninového prostředí zastíženého ve vrtu a vyřídění vrtů podle existence dat. Automaticky provede kontrolu správnosti chemických analýz, přičemž neúplné nebo chybné analýzy jsou z hodnocení vyřazeny. Zároveň

je proveden výběr vrtů s relevantními výsledky hydrodynamických zkoušek pro vyhodnocení hydraulických parametrů hornin zastižených vrty. Vrty z databáze vrtné prozkoumanosti rovněž poskytují údaje o záměrech hladiny podzemní vody, zpravidla v době hloubení vrtu nebo realizace hydrodynamických zkoušek. Tabulkové přehledy s počtem vrtů, které byly k dispozici v jednotlivých krasových oblastech, jsou uvedeny v následujících podkapitolách.

Pro regionální zhodnocení hydraulických vlastností hornin na základě archivních dat v dalších etapách projektu bude použit výpočet koeficientu hydraulické vodivosti k ($m \cdot d^{-1}$) a koeficientu transmisivity T ($m^2 \cdot d^{-1}$) na základě přibližného logaritmického parametru – indexu hydraulické vodivosti Z a indexu transmisivity Y . Výchozími daty pro výpočet publikovaný v různých verzích Jetelem (např. 1982) byly hodnoty specifické vydatnosti q ($l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$) vrtů získané z hydrogeologické databáze České geologické služby. Pro označení hornin z hlediska jejich hydraulické vodivosti je v dalším textu použita klasifikace Jetela (1982) a pro popis transmisivity hornin a její variability klasifikace Krásného (1986, 1993). Údaje o hodnotách podzemního odtoku na území bývalého Československa včetně zájmových krasových oblastí poskytuje studie Krásného – Kněžka (1982).

Základní vodohospodářské mapy ČR 1 : 50 000 charakterizují povrchové vody, objekty a zařízení na tocích, hydrologické členění povodí toků, rozmístění klimatických stanic, situaci pozorovaných pramenů a objektů státní pozorovací sítě mělkých a hlubších podzemních vod, hlavní vodovodní řady, čerpací stanice, vodojemy, úpravní a čistírny vod. Údaje zobrazené v tištěných mapách jsou prezentovány Hydroekologickým informačním systémem (HEIS) VÚV T.G.M. (www.heis.vuv.cz).

4.2 Význam zóny přípovrchového rozvolnění hornin z oblasti dotace

Přípovrchová zóna se v hydrogeologických masivech zásadním způsobem podílí na proudění podzemní vody a na tvorbě přírodních zdrojů podzemní vody. Přírodní zdroje podzemních vod představují množství podzemní vody doplňované za přírodních podmínek do určitého zvodněného systému (Krásný a kol. 2012). Tato podzemní voda zvodněným systémem proudí a po určitém čase z něho vystupuje v zónách drenáže, přestupuje do sousedních zvodněných systémů

nebo je odebírána v jímacích objektech. K tvorbě přírodních zdrojů podzemních vod v oblasti dotačních zázemí budovaných hydrogeologickým masivem dochází téměř výhradně infiltrací srážek. Přírodní zdroje podzemních vod v oblasti hydrogeologických masivů vytvářejí zóny vnější infiltrace přilehlých pánevních struktur, ale i vápencových zvodněných systémů.

Ekvivalentem přípoверхové zóny je v oblasti krasových hornin zóna epikrasu, která je zejména ve svrchní části silně zkrasovělá. Epikras hraje významnou roli při infiltraci vod v krasových územích, infiltrací přes epikras v ploše rozšíření karbonátových hornin vznikají autochtonní krasové vody.

Přípoверхová zóna infiltračních zázemí, podobně jako epikras, bude podrobně studována v navazujících aktivitách. Pozornost bude věnována geologické a tektonické stavbě, distribuci hydraulických parametrů, rozložení preferenčních cest proudění podzemní vody, podílu podzemního odtoku na celkovém odtoku, chemickému složení podzemních vod a dalším faktorům. Opomenuty nebudou ani antropogenní dopady, které mohou výraznou měrou ovlivňovat podíl infiltrace a kvalitu povrchové i podzemní vody.

V následujících podkapitolách je uvedena obecná charakteristika přípoверхové zóny hydrogeologického masivu a epikrasu.

4.2.1 Přípoверхová zóna

Hydrogeologické prostředí, které tvoří horniny infiltračních zázemí (horniny krystalinika, silně zpevněné sedimenty) všech čtyř zájmových krasových oblastí, je označováno jako hydrogeologický masiv. Hydrogeologický masiv představuje složité, heterogenní a anizotropní hydrogeologické prostředí s velmi nepravidelným rozdělením cest proudění podzemní vody. V oblastech rozšíření hydrogeologického masivu nejsou přítomny horniny s průlinovou porozitou, s výjimkou nejsvrchnější části vertikálního profilu tvořené zvětralinami podložních hornin nebo na ně navazujícími pokryvy kvartérních sedimentů. V oblastech rozšíření hydrogeologického masivu existují tři vertikální zóny charakterizované odlišnými kvalitativními a kvantitativními charakteristikami, uvedenými v tabulce 5.

Tab. 5: Vertikální hydrogeologické členění hydrogeologického masivu (upraveno podle Krásného a kol. 2012).

označení vertikální zóny	charakteristika	převládající porozita	obvyklá mocnost
svrchní či zvětralinová	eluvium kvartérní pokryv	průlinová	několik metrů výjimečně desítky metrů
střední či puklinová	v lokálním měřítku značně proměnlivé rozpukání	puklinová	několik desítek až kolem stovky metrů
spodní či masivní	jednotlivé hydraulicky nezávislé pukliny nebo související puklinové systémy	puklinová	stovky až tisíce metrů

Svrchní neboli zvětralinová zóna s průlinovou porozitou je tvořena zvětralinovým pláštěm a na něm vznikajícími půdami. S eluviem často vzájemnými přechody souvisejí kvartérní uloženiny různých genetických typů, převážně svahové, splachové a fluviální. Obvyklá mocnost těchto uloženin je několik metrů.

Střední neboli puklinová zóna (zóna přípovrchového rozpojení puklin) je tvořena více či méně rozpukávanými horninami, jejichž propustnost s hloubkou klesá. Obvykle zasahuje do hloubky několik až mnoho desítek metrů a přechází do masivní zóny. Charakter zóny se liší podle typu horniny.

Spodní neboli masivní zóna je reprezentována převahou masivních hornin s občasným výskytem více či méně izolovaných puklin nebo puklinových systémů. V regionálním měřítku mohou tyto nehomogenity tvořit vzájemně propojenou síť, umožňující rozsáhlé a hluboké proudění podzemní vody. S hloubkou není, v masivní zóně, pokles významný.

Zvětralinová a puklinová zóna spolu vytvářejí **přípovrchový kolektor** hydrogeologického masivu, který probíhá víceméně konformně s povrchem terénu. Tento kolektor se největší měrou podílí na tvorbě podzemního odtoku a také je v něm umístěna naprostá většina jímacích objektů podzemních vod. Různá míra a charakter zvětrávání, vlastnosti kvartérního pokryvu, ale především intenzita rozpukání a morfologická pozice zkoušených objektů vyvolávají až několika řádové lokální rozdíly v hodnotách hydraulické vodivosti a transmisivity hornin.

Nejdůležitějším hydrogeologickým prvkem v hydrogeologickém masivu jsou pukliny, bez kterých by s výjimkou zvětralinové zóny v tomto prostředí nemohlo docházet k proudění podzemní vody. Pukliny určují velikost hydraulických parametrů, preferenční cesty proudění, případně možnost akumulace podzemní vody (Krásný a kol. 2012). Zejména v lokálním měřítku je studium puklin podstatné pro pochopení pohybu podzemní vody. Hydrogeologickou interpretací různě orientovaných puklin se zabývali mnozí autoři (např. Barrocu 2007, Larsson et al. 1987 nebo Lloyd et al. 1999), kteří předpokládají rozdílné rozevření puklin v závislosti na jejich pozici v tlakovém poli – poruchy probíhající rovnoběžně s převládajícím směrem tlaku jsou všeobecně považovány za otevřenější než poruchy probíhající kolmo na dominantní tlakové směry.

V prostředí hydrogeologického masivu je možné vymezit prvky nehomogenit, které způsobují rozdíly ve výši hydraulické vodivosti a transmisivity. Tyto nehomogenity je podle jejich velikosti možné zařadit do systému několika měřítkových úrovní – lokální, subregionální a regionální.

4.2.2. Epikras

Karbonátové krasovějící horniny představují z hydrogeologického hlediska velmi složité a extrémně filtračně nehomogenní prostředí, pro které je typická výrazná vertikální zonálnost (např. Panoš 1984):

Aerační (nesaturované, vadózní) pásmo se vyznačuje existencí výrazného vertikálního pohybu infiltrovaných dešťových a tavných vod a ponorných toků vtékajících do krasové oblasti. Svrchní část tohoto pásma tvoří epikras – zóna přípovrchového rozpojení puklin s mocností až několik desítek metrů, která bývá silně zkrasovělá s častým výskytem zavěšených zvodní.

Přechodné (povodňové) pásmo je hydrodynamicky nejproměnlivější částí komplexu devonských vápenců, které má z hlediska hydrauliky a rychlosti proudění podzemní vody spíše charakter proudění vody v povrchových tocích. Spodní hranici této zóny se značně variabilní mocností tvoří aktivní vodní toky protékající na dně mnohdy velmi rozsáhlých jeskynních systémů. Při výrazném přísunu infiltrovaných vod a vod ponorných toků bývá tato zóna zvodnělá, naopak za nízkých vodních stavů suchá.

Mělké zvodněné (mělké freatické, saturované) pásmo je vázáno na vápencové komplexy ležící v rozsahu kolísání maximální hladiny podzemní vody a nejnižší úrovně lokální drenážní báze. Podzemní voda se pohybuje převážně horizontálně rychlostí až několika kilometrů za den směrem k vývěrům do místní sítě povrchového odvodňování, to znamená ke krasové drenážní základně.

Hlubinné zvodněné (hlubinné freatické) pásmo představuje spodní část saturovaného pásma, kde pohyb podzemní vody není ovlivňován hydrografickou sítí hlavních toků Moravského krasu. Převážně se jedná o pomalý filtrační pohyb v hustě rozpukaných krasových horninách směrem k nadregionální drenážní bázi tvořené karpatskou předhlubní.

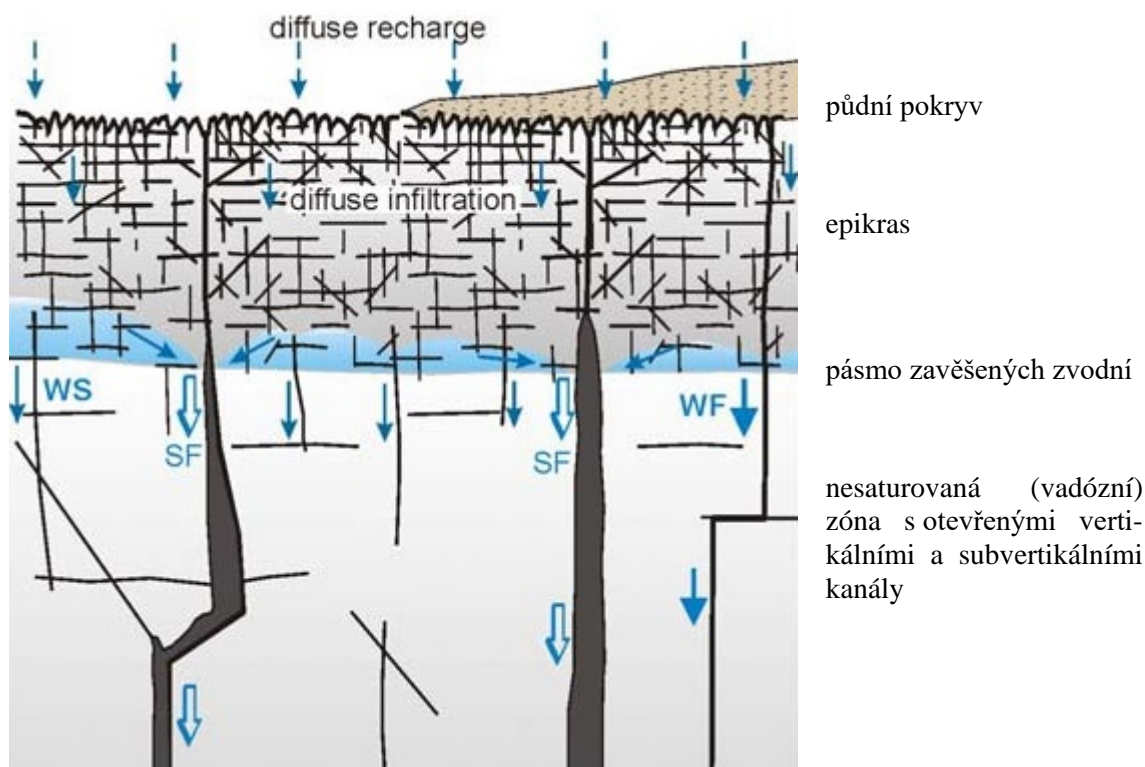
Jak je uvedeno výše, epikras představuje nejsvrchnější zvětralou zónu karbonátových hornin s prostorově rovnoměrněji rozloženými hodnotami propustnosti v porovnání se spíše masivními horninami s otevřenými krasovými kanály v hlubších zónách. Epikras hraje významnou roli při zprostředkování infiltrace a při formování podzemního odtoku a jeho charakteru. Detailnější studium epikrasu začalo v 70. letech 20. století, kdy si hydrogeologové v krasových oblastech uvědomili na základě prováděných výzkumů existenci zóny s významnou zásobností na povrchu nesaturovaného pásma (např. Mangin 1973, 1975; Bakalowicz et al. 1974; Kiraly – Morel 1976, Klimchouk et al. 1979). Williams (1983) svou prací problematiku epikrasu prezentoval krasovým hydrogeologům v celosvětovém měřítku. Od té doby se epikrasem zabývá množství badatelů, kteří potvrzují jeho význam pro krasovou hydrologii, hydrogeologii a morfologii.

Klimchouk (2004) se zabýval rozdílem mezi epikrasem a připovrchovou zónou zvětrávání a rozvolnění puklin v nekrasových horninách. Ve zvětrávacím profilu nekrasových hornin dochází ke vzniku zvětralinového pláště tvořeného produkty zvětrávacích procesů, které přecházejí do kvartérního pokryvu. V karbonátových horninách převažuje rozpouštění a odnos horninového materiálu, který vede ke vzniku systému privilegovaných cest proudění infiltrované vody navazujících na otevřené vertikální a subvertikální komíny a kanály ve vadózní zóně.

Intenzivní připovrchové rozpouštění karbonátových hornin vede k významnému navýšení propustnosti epikrasu oproti podložním masivnějším blokům horniny. Důsledkem toho je, že infiltrace srážek do epikrasu je snadnější a rychlejší, než odtok infiltrované vody do hlubších partií. Do hloubek několika desítek metrů pod terénem systém rozsahem drobných zavěšených

zvodní s velmi různou úrovní hladiny podzemní vody. Proto jsou i na sobě navzájem blízkých vrtech hladiny podzemní vody často v diametrálně odlišných úrovních. Zásadní skutečností je, že epikrasové (zavěšené) zvodně jsou drénovány směrem dolů vertikálními puklinami typicky se opakujícími každých několik desítek metrů (Klimchouk et al. 2000, Ford – Williams 2006). Epikrasové zavěšené zvodně s různými úrovněmi hladin podzemní vody byly zjištěny na mnoha vápencových ložiscích (např. Velkolom Čertovy Schody, Hvíždalka v Českém krasu, Mokrý v Moravském krasu aj.), byť tak zprvu nebyly nazývány (např. Bruthans 1999, Vysoká 2012). Zavěšené zvodně nejsou v laterálním směru spojitě a jsou drénovány směrem dolů ojedinělými, ale přesto plně průtočnými puklinami rozšířenými krasověním.

Relativně homogenní rozložení hydraulické konduktivity na povrchu epikrasu, které umožňuje rovnoměrnou rozptýlenou infiltraci, je směrem k bázi epikrasu stále heterogennější. Při bázi epikrasu a jeho přechodu do vadózní zóny dochází ke koncentrování odtoku do preferenčních cest proudění, které navazují na rozšiřující se šachty a komíny směřující k hlubším zónám (viz obr. 8). Podle Kiralyho (2002) až 50 % vody z epikrasu odtéká formou koncentrovaného odtoku přímo do otevřených vysoce průtočných kanálů vadózní zóny.



Obr. 8: Ideový profil zónou epikrasu (převzato z Klimchouka 2004). SF – rychlý soustředěný odtok (komíny, šachty), WF – pomalejší soustředěný odtok po mírně rozšířených puklinách, WS – pomalé prosakování po korozně nerozšířených puklinách.

Při průchodu vody epikrasem se uplatňuje proudění otevřenými komíny nebo po nejpropustnějších puklinách, ale zároveň probíhá průsak drobnými póry a korozně nerozšířenými puklinami (obr. 8). V epikrasu dochází k zadržení části vody a vzhledem k poměrně vysoké storativitě většiny svého objemu má epikras potenciál dotovat v bezsrážkových obdobích níže ležící pásma krasu.

Epikras má zásadní význam pro ochranu krasového prostředí před kontaminací. Zavěšené zvodně mají často značnou dobu zdržení vody až prvních desítek let (Kamas et al. 2015) a rychlý průnik vody do hlubších zón postihuje jen nepatrné množství proudící vody (Kamas 2016, Vysoká 2012). Případné odstranění epikrasu i jeho části (např. těžbou) je tak značně riskantním krokem, který výrazně zjednodušuje průnik potenciálních kontaminantů do krasového zvodněného systému.

4.3 Pedologie

Půdy představují nejen nedílnou součást komplexního ekosystému krasových území, ale v osídlených krasových oblastech také důležité akční pole lidské činnosti.

Půda je systém velice konzervativní, který se vyvíjí po velmi dlouhou dobu a většina změn se projevuje pomalu, ale protože půda je v přírodě vázána na stabilní místo, její samočisticí schopnost je mnohem menší než regenerační schopnost vody a vzduchu a některé degradační změny se stávají nezvratnými.

Chceme-li účinně chránit některé partie naší přírody na extrémních stanovištích, např. zbytky skalních stepí, kaňonovitá údolí řek nebo výřezy naší krajiny formované jedinečnými fenomény, jako je krasový, tak musíme příslušně chránit a hodnotit i jejich půdy. I když jsou produkčně nevýznamné, jsou v těchto, dnes již většinou chráněných územích, existenční podmínkou ekosystému. Na širší souvislosti vývoje půd, krajiny a lidské společnosti poukazuje např. Ložek (1999).

Krasová území fungují v mnohém odlišně od jiných forem terénu, což představuje výzvu pro hospodaření a způsob využívání půd. Ochrana půdního fondu musí být pro krasové oblasti, které jsou svým přírodním charakterem výjimečné a lidskou činností velmi zranitelné, zajištěna i při územně plánovací činnosti.

Ochrana podpovrchových krasových zdrojů by měla být zajištěna prostřednictvím vhodných postupů aplikovaných na povrchu krasových území (Karst Management Handbook, 2003).

Základním prvkem je pečlivá inventarizace (mapování) půdních poměrů, která následně umožní posouzení zranitelnosti území vůči navrhovanému využití. To se týká i „nekrasových“ částí povodí, které by měly být efektivně využívány tak, aby byly chráněny hodnoty navazujících krasových jednotek. Zvažován by měl být především potenciál krasových hydrologických systémů transportovat vzduch, vodu, živiny, půdu a znečišťující látky do a skrz podzemní prostředí.

Na území ČR obecně, a tedy i v jeho krasových oblastech jsou základními informačními zdroji o zastoupení a prostorovém uspořádání zemědělsky využívaných půd výstupy „Komplexního průzkumu půd ČR“ (KPP). Jedná se především o mapy půdních vlastností zpracované podle Základních půdních map a Kartogramů zrnitosti, skeletovitosti a zamokření. Ty jsou dnes

převedené do digitální podoby a dostupné z geoportálu Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd (VÚMOP): (<https://geoportal.vumop.cz/>). Výstupy KPP slouží jako podklad pro sestavování řady dalších půdních map středních a malých měřítek a odvozených map bonitovaných půdně-ekologických jednotek (BPEJ).

Jestliže na úrovni zemědělského půdního fondu existují půdní mapy, pak na lesní půdě jsou k dispozici mapy lesních typů, nikoliv mapy půdní. Z lesnicko-typologických map pak mohou být odvozena další mapová díla, včetně půdních map. Souborná data o stavu lesních ekosystémů jsou obsahem oblastních plánů rozvoje lesů (OPRL), které obsahují data pro jednotlivé lesní oblasti a lesní hospodářské plány a osnovy. Mapové výstupy jsou k dispozici na geoportálu Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa (ÚHÚL): <http://geoportal.uhul.cz/>, na webových stránkách ÚHÚL jsou pak k dispozici i textové části OPRL.

Mapovým dílem zpracovaným souborně pro zemědělské i lesní půdy, které využívá výše uvedené zdroje informací o půdním pokryvu ve vazbě na geologické substráty, jsou půdní mapy ČR v měřítku 1:50 000 zpracováváné Českou geologickou službou (ČGS). Zpracované a digitalizované půdní mapy jsou zpřístupněny na mapovém serveru ČGS: <https://mapy.geology.cz/pudy/>.

I když plně rozvinutý je u nás krasový ekofenomén pouze na větších plochách (Moravský kras) a u menších oblastí jako jsou Mladeč, Javoříčko, Chýnov nebo Hranický kras se vyskytuje pouze částečně nebo v náznacích (Ložek 2011), odráží se rozmanitost všech složek přírodních ekosystémů krasových oblastí a jejich vývoje ve velmi vysoké pedodiverzitě, často s polygenetickým a polycyklickým vývojem půd. V půdách bývá často detekován i alochtonní materiál přemístěný eolicky nebo fluviálně.

Geografie půd ČR (Němeček a Tomášek 1983) řadí půdy našich plošně nejvýznamnějších krasových oblastí do regionální jednotky struktury půdního pokryvu s dominantním zastoupením kambizemí eu- a mezobazických, kde tvoří skupinu jednotek rendzin z vápenců s kambizeměmi a hnědozeměmi. Pedogeografické členění ČR zpracované Kolečkou pro Atlas krajiny (2009) vymezuje v rámci provincie středoevropských lehkých hercynských kambizemí dva pedoregiony: pedoregion středočeských krasových půd s převažujícími rendzinami doprovázenými luvizeměmi a analogicky pedoregion středomoravských krasových půd

s převažujícími rendzinami doprovázenými luvizeměmi.

Charakter vývoje půd v krasových oblastech úzce souvisí s geologickým podložím, ale také s jejich pozicí v reliéfu. Na plošinách jsou zachované hlubší zvětralin y vápence. Ty jsou plně odvápněné a mají často jílovitý charakter - jde o reziduum nekarbonátové části horniny. Půdy tak mají mírně kyselý charakter a jsou svým chemickým složením výrazně odlišné od hlouběji ležící karbonátové horniny. Ve více exponovaných částech terénu je zachována příměs nerozpuštěných, jen mechanicky zvětralých vápenců, a půdy tak mají zásaditý charakter. Příznivé chemické a fyzikální vlastnosti vedou k vývoji melanických humusových horizontů. Typické je i výrazné biologické oživení. To vede k rychlému rozkladu opadu v lesních porostech a nadložní horizonty tak odpovídají mullové formě nadložního humusu (Penížek et al. 2019).

Typickým půdním typem krasových oblastí jsou především rendziny (RZ), které se tvoří na recentních zvětralinách vápenců. Typický je relativně hluboký humusový horizont s vysokým obsahem velmi kvalitního humusu, dochází zde k tvorbě melanického humusového horizontu.

Půdní profil je skeletovitý, hrubší skelet je doplněn jemně zvětralým materiálem. V exponovaných částech reliéfu dochází k přechodu k litickým a suťovým subtypům rendzin. V rovinatějších územích dochází k zachování starších zvětralin vápenců, které jsou alespoň ve svrchní části odvápněné. Představují tak přechod k půdám, které se vyvíjejí na již zcela dekalifikovaných reziduích vápenců. Ty mají často výrazně načervenalou nebo nažloutlou barvu a vznikly na nich půdy označované jako *terrae calcis* (*terra rosa* nebo *terra fusca*). Jde o reliktní půdy, jejichž vývoj započal už v období pleistocénu. Tyto půdy jsou důležitým vodítkem pro studium vývoje kvartéru.

Pedologické průzkumy představují základní zdroje informací nejen pro mapování půd, ale pro jakoukoliv racionální lidskou činnost v krajině. Kromě půdních map a databází zpracovaných souborně pro celé území ČR lze potřebná data získat i z pedologických průzkumů a mapování zaměřených přímo na krasová území nebo (častěji) na jednotlivé lokality v krasových územích v rámci nejrůznějších projektů, územních studií, záchranných programů, plánů péče, bakalářských a diplomových prací apod. Z diplomových prací zaměřených na studium půdních poměrů v krasových oblastech stojí svým rozsahem (760 dokumentačních bodů) za pozornost

především práce Pedologické mapování na severovýchodním okraji Moravského krasu (Stožická 2018).

4.4 Recentní krasové procesy, speleotémy

Kras je geomorfologický útvar formovaných rozpouštěním podložních hornin vodou (White 1988). Útvary s podobnou geomorfologií/topografií formované jinými mechanismy označujeme jako *pseudokras* (např. Holler 2019). Jedním z význačných topografických rysů krasu je *jeskyně* definovaná jako „přirozená podzemní dutina dostatečně velká na to, aby do ní vstoupil člověk“ (Glossary, 1970). Z vědeckého hlediska představuje jeskyně jakýsi řez do vertikálního krasového profilu, uvnitř kterého lze studovat řadu recentních krasových procesů. Kromě karbonátů (vápence, mramory, dolomity) představující nejrozšířenější krasovou horninu /karbonátový kras/ (viz např. Goldscheider et al., 2020), mohou být krasy formovány i v horninách tvořenými sírany /sádrovcový kras/ (např. Klimchouk, 1996), halogenidy /solný kras/ (Waltham, 2007; Bruthans et al., 2017), nebo silikáty /kvarcitových kras/ (např. Piccini – Mecchia, 2009). Dále se budeme zabývat výhradně karbonátovými krasy, které dominují v ČR.

Primární hnací silou pro rozpouštění karbonátů resp. růst/koroze kalcitových speleotém v systému *minerál – voda* je saturační index. Je odvozen z rovnice pro prosté rozpouštění karbonátu

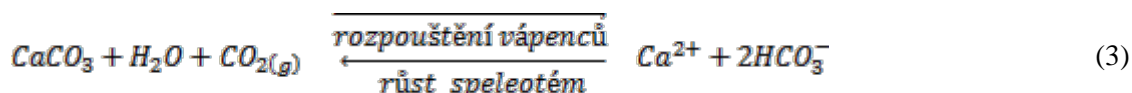


Pak saturační index SI_c je definován rovnicí

$$SI_c = \log \left(\frac{Q_c}{K_c} \right) = \frac{[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]}{K_c} \quad (2)$$

kde SI_c je saturační index, Q_c a K_c je reakční kvocient (někdy se Q nazývá *ion activity product*, IAP) resp. rovnovážná konstanta procesu (1) a výrazy ve složených závorkou představují aktivity vodných složek/rozpuštěných iontů (Larson – Buswell, 1942; Nordstrom – Ball, 1989).

Kromě vody a příslušných hornin je nezbytné do interakcí v karbonátovém krasu zahrnout i atmosféru, resp. její klíčovou chemickou komponentou, oxid uhličitý (CO₂). CO₂ participuje jak na rozpouštění vápenců, tak na růstu kalcitových/aragonitových speleotém podle rovnice:



Principiální termodynamickou hnací silou procesu znázorněného rovnicí (3) je rozdíl mezi parciálními tlaky CO₂ v půdách/epikrasu a jeskyni /krasové dutině/ (Lang – Faimon, 2020):

$$\log\left(\frac{Q}{K}\right) \cong \log P_{\text{CO}_2}^{\text{soil}} - \log P_{\text{CO}_2}^{\text{cave}} \quad (4)$$

kde Q a K jsou reakční kvocient resp. rovnovážná konstanta procesu (3).

Podle mechanismu vzniku a zdroje CO₂ lze krasy rozdělit na *epigenní* a *hypogenní* (Audra and Palmer, 2015). V *epigenním krasu* probíhá proces krasovění primárně shora prosakujícími meteorickými vodami, přičemž zdrojem CO₂ jsou půdy/sedimenty epikrasu. Epigenní krasy představují „běžné“, nejhojněji zastoupené krasy v ČR. V *hypogenním krasu* probíhá krasovění minerální vodou zdola: zdrojem CO₂ je endogenní CO₂. Typickým představitelem hypogenního krasu je Hranický kras s Hranickou propastí a Zbrašovskými jeskyněmi (Sracek et al., 2019). Hypogenní kras je zřídka izolovaný, většinou je kombinován s následně nebo paralelně probíhajícími epigenními krasověními. Místo CO₂ se v hypogenním krasu může uplatňovat také sulfan (H₂S) (Kirkland, 2014).

Z hlediska recentních krasových procesů v epigenním krasu je klíčový vertikální krasový profil sestávající (od shora) z (1) krasových půd, (2) epikrasu s vysutými kolektory /perched aquifers/ a vadózní zóny, a (3) epifreatické, resp. freatické zóny (Ford – Williams, 2007). V jednotlivých zónách dominují procesy jako *produkce CO₂* /půdy, epikras?/ (Faimon – Lang, 2018; Kuzyakov – Gavrichkova, 2010), *rozpuštění CO₂/karbonátů a formování skapových vod* /epikras, vysuté kolektory/ (Lang – Faimon, 2020; Pracný et al., 2017; 2019), *růst/koroze karbonátových speleotém* /vadózní zóna, jeskyně/ (Dreybrodt 1988; Martín-García et al., 2011;

Gázquez et al., 2013; Kukuljan et al., 2021), *akumulace a odtok krasových vod /freatická zóna/* (např. Audra – Palmer, 2011).

Půdy jsou všeobecně považovány za hlavní zdroj krasového CO₂ (např. Chen, 2019), který je zde produkován dvěma hlavními mechanismy: *autotrofní respirací* (respirace kořenového systému rostlin) a *heterotrofní respirací* (biogenní procesy při transformaci organického detritu) (Kuzyakov – Cheng, 2001; Kuzyakov – Larionova, 2006; Kuzyakov – Gavrichkova, 2010). Produkce je řízena celou řadou faktorů, z nichž teplota a obsah vody jsou klíčové proměnné (Davidson et al., 1998; Faimon – Lang, 2018). Ve spojitosti s autochtonní respirací by mohla být dalším řídicím faktorem fotosyntéza (např. Tang – Baldocchi, 2005). Paradigma o půdách jako dominantním zdroji krasového CO₂ je zpochybněno několika rozpory: Je to především nesoulad mezi koncentracemi přímo měřenými v půdách (Faimon – Ličbinská, 2010; Faimon et al., 2012a; Blecha – Faimon, 2014; Faimon – Lang, 2018) a koncentracemi rekonstruovanými z chemie skapových vod (Faimon et al., 2012b; Peyraube et al., 2013). Dále je to nesoulad v sezónnosti CO₂: zatímco půdní CO₂ vykazuje výrazné roční cykly (Buyanovsky – Wagner, 1983; Faimon, - Ličbinská, 2010; Blecha – Faimon, 2014), CO₂ rekonstruovaný ze skapových vod ukazuje hodnoty bez výrazných variací (Pracný et al., 2016). To je rutinně vysvětlováno jako důsledek mixování různě starých vod ve vadózní zóně, ale mohlo by to také indikovat zdroj CO₂ ležící hlouběji v epikrasu s invariantní teplotou (Atkinson, 1977). Další potenciální nesoulad by mohl být rozpor mezi objemovými kapacitami půd a jeskyní.

Plynný CO₂ (CO_{2(g)}) se rozpouští v prosakující vodě, která zároveň rozpouští okolní karbonáty podle rovnice (3). Stupeň mineralizace vody je přitom řízen parciálním tlakem CO₂ (P_{CO₂}). Lze rozlišit rozpouštění v (a) *otevřeném systému* (vzhledem k CO₂), kde je CO₂ spotřebovaný rozpouštěním průběžně doplňován z rezervoáru CO₂ (rozpouštění za konstantního P_{CO₂}) a (b) *uzavřeném systému* (např. níže na puklinách, ve vadózní zóně), kde spotřebovaný CO₂ nemůže být doplňován (kde např. rychlost difuze CO₂ ve vodě nedosahuje rychlosti postupu vody puklinou) (např. Hasson – Bendrihem, 2006). Jednoduché dynamické modely předpokládají, že v otevřeném systému CaCO₃-voda-CO_{2(g)} je dosaženo celkové rovnováhy (s výjimkou velmi rychle infiltrujících vod). Stupeň mineralizace vody je přitom funkcí P_{CO₂(soil/epikras)} (Pracný et al., 2017; Lang – Faimon, 2020). Vysoký stupeň mineralizace vody (rezultující z vysokého P_{CO₂(půdy)},

epikras)) je z pohledu růstu speleotém pozitivní. Negativní je z pohledu denudace krasového povrchu.

Prosakující voda ve formě skapové vody je v jeskyni konfrontována s odlišným $P_{CO_2(g, \text{jeskyně})}$, kdy typicky platí že $P_{CO_2(g, \text{jeskyně})} \ll P_{CO_2(g, \text{půdy/epikras})}$. Za těchto podmínek se rychle vyrovnává P_{CO_2} ve vodě s $P_{CO_2(\text{jeskyně})}$ difuzními toky - probíhá odplynění vody (např. Kowalczk – Froelich, 2010). $P_{CO_2(\text{voda})}$ představuje jakousi zkratku pro hypotetický $P_{CO_2(g)}$, který by byl v rovnováze s aktivitou rozpuštěných karbonátových složek, primárně s ionem $H_2CO_{3(aq)}$. Odplynění vody je spojeno s růstem pH, reorganizací rozpuštěných karbonátových složek (např. Appelo – Postma, 2005) a růstem přesycení ke kalcitu/aragonitu (zvyšováním saturačního indexu SI). Rychlost růstu karbonátových speleotém (kalcit, aragonit) je právě funkcí SI. Z pohledu růstu speleotém je pozitivní co nejnižší $P_{CO_2(\text{jeskyně})}$, viz rovnice (4).

Okamžité hodnoty P_{CO_2} v jeskyni jsou výslednicí *kladných* (do jeskyně) a *záporných* (z jeskyně ven) *hmotových toků* CO_2 . Hlavní kladné toky jsou tvořeny difuzními toky z epikrasu, difuzními toky ze skapových vod (odplynění vod), popř. antropogenními toky (CO_2 vydýchný návštěvníky) (Faimon et al., 2006a; Lang et al., 2015). Vzhledem k tomu, že tyto toky nestačí k dosažení vysokých koncentrací CO_2 v letních měsících, jsou stále víc uvažované přímé advektivní toky z epikrasu (Sánchez-Cañete et al., 2011; Lang et al., 2017a; Faimon et al., 2020). Záporné toky jsou spojené s ventilací jeskyně (Cigna 1968; De Freitas et al., 1982; Spötl et al., 2005). Na základě geometrie jeskyně lze rozlišit *stacionární* a *dynamické* jeskyně (přesněji, jeskyně se stacionární ventilací a dynamickou ventilací (Geiger, 1966; Bögli, 1978). Stacionární jeskyně mají jediný vchod, nebo více vchodů o shodné nadmořské výšce. Typicky je zde ventilace aktivní jen v jedné polovině roku (Luetscher – Jeannin, 2004). Podle toho, zda je hlavní prostor pod úrovní terénu nebo nad jeho úrovní se jeskyně chová jako „*past na chladný vzduch*“ nebo jako (méně často) „*past na teplý vzduch*“. Dynamické jeskyně mají několik vchodů s rozdílnou nadmořskou výškou. Ventilují po celý rok, avšak proudění mění směry: lze rozlišit proudění vzestupné nebo sestupné (Cigna 1968; deFreitas et al., 1982; Faimon et al., 2012c; Faimon – Lang, 2013). Hlavní hnací silou jsou tlakové rozdíly způsobené rozdílnými hustotami vzduchu, popř. změnami venkovního barometrického tlaku. Hustota vzduchu je funkcí teploty, v menší míře také složení vzduchu (vodní pára, CO_2 apod.). Ke zjednodušení interpretací byla

zavedena *virtuální teplota*, což je naměřená teplota opravená podle daného složení (Kowalski et al., 2010; Sánchez-Cañete et al., 2013).

Významným environmentálním problémem je recentní koroze vápencových stěn a kalcitových speleotém (Faimon et al., 2004, 2006b; Gázquez et al., 2013; Shtober-Zisu et al., 2014). V principu je tato koroze způsobená nenasycenými vodami ($SI < 0$). V případě skapové vody existují dva základní mechanismy: (1) infiltrační voda projde krasovým profilem rychleji, než se stačí nasytit kalcitem, nebo (2) infiltrační voda se při transportu vadózní zónou “dosycuje” oxidem uhličitým (v kombinaci s mechanismem (1)). V této souvislosti se často diskutuje potenciální vliv návštěvníků jeskyně, avšak Lang et al. (2017b) prokázali, že transformace běžných skapových vod do vod agresivních ke kalcitu tímto mechanismem není pravděpodobná. Speciálním případem je *mixovací koroze*, kdy mixováním dvou typů nasycených vod vzniká nenasycený mix (Bögli, 1964; Dreybrodt 1981; Gabrovšek – Dreybrodt, 2000). Speciálním a velmi důležitým mechanismem je *kondenzační koroze*, tj. koroze zkondenzovanou vodou (Sarbu – Lascu, 1997; Dublyansky – Dublyansky, 1998; Tarhule-Lips – Ford, 1998; Dreybrodt et al., 2005). V jeskyních s relativní vlhkostí blízko 100 % je změnami absolutní vlhkosti nebo teploty poměrně snadno dosahován rosný bod s následnou kondenzací vody na chladnějších površích. Kondenzovaná voda obsahující rozpuštěný CO_2 z jeskynní atmosféry je nenasycená kalcitem a vysoce agresivní k okolním karbonátům (vápencové stěny, kalcitové/aragonitové speleotémy).

4.5 Vodní hospodářství

V rámci krasových oblastí jsou jako vodní zdroje, tedy zdroje pitných vod exploatujících podzemní vodu využívány různé typy hydrogeologických objektů. Nejstaršími typy využívaných objektů jsou prameny (vyvěračky). Jako příklad je možné uvést vyvěračku Rutice, která drénuje systém Chýnovského krasu. Ta je jako zdroj vody pro město Chýnov využívána už od 16. století.

Specifickou možností zdrojů pitných vod v krasových oblastech je odběr vody z jeskynních systémů. Jako příklad lze uvést zdroj Típeček (Moravský kras), který je zdrojem vody pro obec Rudice

Dalším řešením zdrojů vody v krasových oblastech je odběr vody v místě drenáže dílčích hydrogeologických systémů svodnými drény nebo řadami (galeriemi) mělkých vrtů. Jako příklad lze uvést JÚ Adamov (Olomučanské vývěry). Jímací území je situováno v údolní nivě Křtinského potoka v místě původního mokřadu, kterým je odvodňován s. svah údolí.

V současnosti je nejběžnější jímání podzemní vody hydrogeologickými vrty. Časté je nahrazení původních přirozených mělkých vývěrů hlubším jímáním vrty. Jako příklady lze uvést jímání minerální vody v Teplicích nad Bečvou nebo jímací území Čerlinka v oblasti drenáže Mladečsko – Javoříčského krasu. Jako zdroje pitných vod jsou využívány i hluboké vrty. Původně strukturní vrty jsou nahrazovány hydrogeologickými jímacími vrty. Jako příklad je možné uvést JÚ Říčky situované do údolní nivy toku Říčka v Moravském krasu.

Vodní zdroje na námi definovaném dotačním zázemí krasových oblastí představují většinou hydrogeologické vrty, případně jde o podchycené prameny (oblast Chýnovského krasu).

Podkladem pro zpracování byla data Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM, v. v. i. Data jsou zpracována pro rok 2018, který byl hodnocen na většině území České republiky jako suchý.

Přehledně jsou území krasů zpracována v přehledných tabulkách (viz Tab. 6 až 12), kde jsou rozlišeny povrchové a podzemní zdroje a jsou vykreslena ochranná pásma pitných vod a v případě Hranického krasu i minerálních.

Moravský kras

Tab. 6: Odběr podzemní vody v oblasti Moravského krasu.

označení	odběratel	obec	tis. m ³ /rok	tis. m ³ /měsíc	l/s	tok	odběr 2018 tis. m ³
1	VAS Boskovice - Rudice, VZ Típeček	Rudice	30,0	3,2	2	Jedovnický potok	3,3

2	VAS Boskovice - Olomučany, štola	Olomučany	55,0	9,3	3,5	Olomučanský potok	49,9
3	ADAVAK - Adamov I (Josefov)	Adamov	378,0	37,0	14	Křtinský potok	153,3
4	VAS Brno-venkov - Mokrá	Mokrá-Horákov	220,0	18,7	7	Roketnice	143,2
5	VAS Boskovice - Křtiny	Křtiny	200,0	21,4	8	Křtinský potok	56,1
6	VAS Boskovice - Ostrov-Balcarka	Krasová	55,0	5,5	1,8	Bílá voda	0,7
7	VAS Boskovice - Žďár	Žďár	200,0	19,3	9	Němčický potok	154,2
8	ČKD Blansko - vrt HV201	Blansko	45,0	4,6	2,8	Punkva	11,1
9	VAS Brno-venkov - Mokrá-Říčky I & II	Mokrá-Horákov	676,5	83,6	31,5	Říčka (Zlatý potok)	267,0
10	VAS Boskovice - Sloup, Žďárná	Sloup	56,0	6,8	7	Žďárná	24,2
11	VAS Boskovice - Lipovec-Holštejn	Holštejn	58,0	8,0	4	Bílá voda	44,2
12	VAS Boskovice - Holštejn (vrt V-5)	Holštejn	14,0	3,0	2	Bílá voda	9,6
13	Obec Hostěnice	Hostěnice	118,7	11,4	4,05	Hostěnického potoka	30,1
14	VAS Boskovice - Němčice-Skalka	Němčice	26,0	5,6	2,2	Němčický potok	12,3
15	ADAVAK - Adamov II (Býčí skála)	Habrůvka	252,0	25,0	10	Křtinský potok	109,5
16	KOJÁL Krásensko - Senetářov	Senetářov	20,0	2,0	1	Jedovnický potok	15,6
17	Obec Bukovinka - vrty	Bukovinka	98,1	13,7	5,7	Strhovec	25,7
18	Obec Březina	Březina	50,0	4,5	1,68	Svitava	39,0
19	TAURUS - farma Protivanov	Protivanov	71,9	6,1	3,7	Huťský potok	32,7
20	VAS Boskovice - Sloup, vrt SL-1	Sloup	46,8	3,9	2,5	Žďárná	15,5
21	S.M.K. - Skalní Mlýn, Štajgrova j.	Vavřinec	18,4	1,6	0,66	Punkva	10,4

22	AGRO Rozstání - vrтанá studna	Otinoves	15,6	1,3	0,57	bezejmenný tok	11,8
23	Obec Bukovinka	Bukovinka	14,4	1,2	0,46	Strhovec	12,1

Celkem je na území Moravského krasu a infiltračním zázemí povoleno odebírat 2 719,3 m³ podzemní vody ročně. V roce 2018 bylo odebráno 1 231,4 m³, tj. 45 % povoleného objemu.

Tab. 7: Odběr povrchové vody v oblasti Moravského krasu.

označení	odběratel	tok	obec	tis. m ³ /rok	tis. m ³ /měsíc	l/s	tis. m ³ /rok 2018
1	Českomoravský cement - závod Mokrá	Říčka (Zlatý potok)	Mokrá-Horákov	536	48	31	262,5
2	MZLU Brno - Školní lesní podnik Křtiny	Podomský potok	Křtiny	15,2	3,6	2	5,2

Celkem je na území Moravského krasu a infiltračním zázemí povoleno odebírat 551,2 m³ povrchové vody ročně. V roce 2018 bylo odebráno 267,7 m³, tj. 49 % povoleného objemu.

Hranický kras

Tab. 8: Odběr podzemní vody v oblasti Hranického krasu.

označení	odběratel	obec	tis. m ³ /rok	tis. m ³ /měsíc	l/s	tok	odběr 2018 tis. m ³
1	Cement Hranice - VZ Červený Hrádek	Hranice	94,6	0	3	Račí potok	18,5
2	VaK Přerov - JÚ Ústí	Ústí	400,0	50	20	Bečva	269,7
3	Lázně Teplice nad Bečvou - pitná voda	Teplice nad Bečvou	90,0	7,5	10	Bečva	44,2
4	Obec Týn nad Bečvou - prameniště	Týn nad Bečvou	64,8	5,4	2,3	Bečva	41,0

5	Lázně Teplice nad Bečvou - minerální voda	Teplice nad Bečvou	0,0	0	0	Bečva	42,1
---	--	-----------------------	-----	---	---	-------	------

Celkem je na území Hranického krasu a infiltračním zázemí povoleno odebírat 649,4 m³ podzemní vody ročně. V roce 2018 bylo odebráno 373,3 m³, tj. 57 % povoleného objemu. Odběr minerální vody byl v roce 2018 42,1 m³.

Tab. 9: Odběr povrchové vody v oblasti Hranického krasu.

označení	odběratel	obec	tis. m ³ /rok	tis. m ³ /měsíc	l/s	tok	odběr 2018 tis. m ³
1	Cement Hranice - Račí potok	Hranice	312	0	0	Račí po- tok	167,28

Odběr povrchové vody byl v roce 2018 ve výši 54 % povoleného odběru.

Mladečsko – Javoříčský kras

Tab. 10: Odběr podzemní vody v oblasti Mladečsko-Javoříčského krasu.

označení	odběratel	obec	tis. m ³ /rok	tis. m ³ /měsíc	l/s	tok	odběr 2018 tis. m ³
1	MOVO Olomouc - Lito- vel-Čerlinka	Litovel	4196,5	0,0	0,0	Třídvorka	4196,5
2	SOUFFLET - Sladovna Litovel	Litovel	150,0	15,5	8,0	Třídvorka	36,5
3	MOVO Olomouc - Hvozd u Konice	Hvozd	567,6	47,3	18,0	Špraněk	160,9
4	Obec Luká - vrty, zářezy	Luká	17,5	2,9	2,1	Javoříčka	18,7
5	Obec Bouzov - Kadeřín- Blažov	Bouzov	25,0	2,5	1,5	Blažovský potok	14,9
6	ZD Haňovice - farma Ha- ňovice	Haňovice	80,0	6,7	2,5	Loučka	47,0
7	MOVO Olomouc - Dzbel	Dzbel	63,1	5,3	5,0	Nectava	27,2

8	MOVO Olomouc - Ludmírov, Kladky	Ludmírov	15,8	1,3	0,0	Špraněk	8,5
9	Obec Bouzov - vrty	Bouzov	46,0	7,7	3,6	Javoříčka	29,4
10	Obec Bouzov - Hvozdečko	Bouzov	30,0	2,5	1,5	Javoříčka	19,9
11	Město Litovel - koupaliště, studna	Litovel	25,0	6,5	11,1	Morava	4,3
12	Litovelská cukrovarna - Litovel	Litovel	20,4	3,6	17,2	Morava	7,1
13	CBS - Bouzov-Podolí	Bouzov	25,2	2,1	0,9	Břenůvka	17,2
14	ZOD Ludmírov - Kladky (JÚ Bělá)	Kladky	50,2	5,2	3,8	Věžnice	36,2
15	MOVO Olomouc - Vojtěchov u Konice	Hvozd	157,7	13,1	5,0	Špraněk	49,1
16	Osička - farma Nový Dvůr	Červenka	18,0	1,5	0,9	Třídvorka	16,0

Celkem je na území Mladečsko – Javoříčského krasu a infiltračním zázemí povoleno odebírat 5 487,9 m³ podzemní vody ročně. V roce 2018 bylo odebráno 4 689,3 m³, tj. 85 % povoleného objemu.

Tab. 11: Odběr povrchové vody v oblasti Mladečsko-Javoříčského krasu.

označení	odběratel	obec	tis. m ³ /rok	tis. m ³ /měsíc	l/s	tok	odběr 2018 tis. m ³
1	Litovelská cukrovarna Litovel	Litovel	100	8,3	130	Morava	4,4
2	TJ SOKOL Kladky - Lyžařský areál Kladky, zasněž.	Kladky	2	1,6	5	Věžnice	2,0

Odběr povrchové vody dosáhl v oblasti Mladečsko – Javoříčského krasu (kras a definovaní infiltrační zázemí a drenážní oblast) v roce 2018 pouze 6 %. Hlavní odběr je povolen z toku

Moravy, přičemž místo odběru je zahrnuto do drenážní oblasti a přímo nesouvisí s drenáží podzemních vod z krasové struktury.

Chýnovský kras

Tab. 12: Odběr podzemní vody v oblasti Chýnovského krasu.

označení	odběratel	obec	tis. m ³ /rok	tis. m ³ /měsíc	l/s	tok	odběr 2018 tis. m ³
1	Obec Dolní Hořice Chotčiny	Dolní Hořice	20,2	1,7	0,7	Chýnovský p. Chotčinský p.	15,6
2	Chýnovská majetková Chýnov	Chýnov	145,0	16,0	6,0	Velmovický p.	130,3

Celkem je na území Chýnovského krasu a infiltračním zázemí povoleno odebírat 165,2 m³ podzemní vody ročně. V roce 2018 bylo odebráno 145,9 m³, tj. 88 % povoleného objemu.

4.6 Archivní dokumentace jednotlivých krasových oblastí

4.6.1 Moravský kras

Geologická stavba

Historie výzkumů v Moravském krasu prodělala velmi dynamický a v jistém pohledu dramatický vývoj. Dala by se shrnout do čtyř hlavních fází, kterým lze přiřadit čtyři jména: Zapletal, Kettner, Dvořák a Hladil, i když za každým stojí další autoři, kteří budou probráni v jednotlivých odstavcích. Každé z těchto jmen reprezentuje střídající se koncepce tektonické stavby Moravského krasu, které odrážely jak generelní trendy ve světové geologii, tak do jisté míry také politickou situaci ve východním bloku.

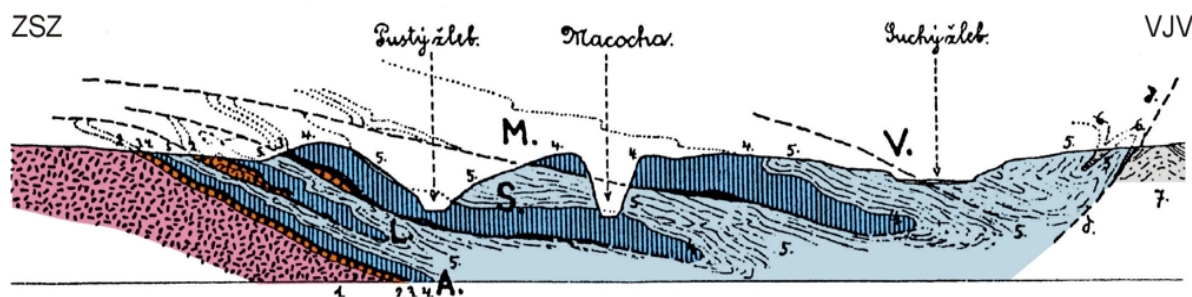
Jednu z prvních ucelených tektonických koncepcí publikoval Zapletal (1922a). Tektonická stavba Moravského krasu vznikla podle Zapletala ve třech fázích: 1) jako první vznikly podélné vrásy směru S-J; 2) ve druhé fázi byly podélné vrásy převrásněny příčnými a porušeny přesmyky; 3) vzniklá stavba byla porušena poklesovými zlomy SSZ-JJV a SSV-JJZ směřů. Tyto představy byly založeny na jeho vlastních geologických mapách (Zapletal 1922b, 1927), studiu drobně strukturních prvků a stratigraficko-sedimentologických studiích vápenců.

Na sklonku 40 let pracoval na jihu Moravského krasu Pokorný (Pokorný 1949, 1950), který stavbu interpretoval podobně jako Zapletal. Při podrobném studiu jeho mapy lze ovšem pozorovat několik zajímavých detailů (např. překocené vrásy v údolí Říčky), které poukazují na pomalé kupení argumentů, které prozrazují nevyhnutelnost nástupu příkrovové stavby na úkor zastaralé fixistické koncepce.

Příkrovovou stavbu Moravského krasu a přilehlých oblastí (němčicko-vratíkovského pruhu a brněnského masivu) koncipoval Kettner ve čtyřicátých letech dvacátého století (Kettner 1939, 1942a, b, 1947). Není bez zajímavosti, že Zapletal byl Kettnerův žák a oba muži si „rozdělili“ teritorium aby si nekonkurovali. Nicméně obrovský vědecký potenciál přiměl Kettnera (na základě výzkumů v okolí Stínavy) dohodu porušit a začít mapovat v Moravském krasu. Touto historií se v úvodu svého pojednání o výzkumu na Stínavě zabývali Melichar a Synek (Melichar & Synek 1998). Výsledkem mapování a faciálního výzkumu bylo několik zásadních pozorování.

Zprvė Kettner rozpoznal dvě rŕzně devonské facie: facii Moravského krasu (karbonátovou) a facii drahanskou (břidličnou). Poněkud mladší mělkovodní facie Moravského krasu byla během variské orogeneze ještě před sedimentací kulmu včetně podložního brněnského masivu nasunuta od západu na facii drahanskou podél tzv. drahanského nasunutí během tzv. bretonské fáze (Kettner 1949, 1967). Po sedimentaci kulmu, který podle Kettnera na takto vzniklou stavbu transgredoval, došlo k obnově násunových pohybŕ (tzv. asturská fáze), během nichž byly předkulmské sedimenty nasunuty na kulum (Kettner 1949, Kettner & Prantl 1942).

Zadruhé Kettner pozoroval čtvero opakování amfiporového horizontu v tzv. světlých vápencích (lažánecké vápence v dnešním smyslu, obr. 9). Vysvětlil je existencí čtyř k východu se ponořujících, od západu nasunutých ležatých vrás s „vyválnčovány“ překoceny rameny (\approx vrásových příkrovŕ) opíraje se o mnohé profily v severní části Moravského krasu (Kettner 1947, 1949a, b). Tato příkrovová stavba vznikla ovšem ještě před sedimentací nadložního kulmu.



Obr. 9: Příklad Kettnerova geologického řezu Moravským krasem (Kettner 1949); Legenda: 1-brněnský masiv; 2-bazální klastika; 3-stringocefalové vápence (josefovské); 4-amfiporové vápence (lažánecké); 5-korálové vápence (vilémovické); 6-červené vápence hlízaté (křtinské); 7-kulmské droby; A-autochton; L.-lažánecká vrása; S.-suchdolská vrása; M.-macošská vrása; V.-vavřinecká vrása (jediná nemá amfiporové vápence).

Největší trhlinu v Kettnerově koncepci objevil jeden z jeho žákŕ Josef Jarka, který pracoval v jižní části Moravského krasu s cílem potvrdit Kettnerovu koncepci i tam (Jarka 1948). Mapoval území od Křtin po Mokrou. Zjistil, že opakování amfiporového horizontu ve světlých vápencích není tektonické, ale že jde o rŕzně staré vrstvy. Kettner (1967) to vysvětlil jednoduše:

protože se celá stavba Moravského krasu uklání k severu, je na jihu zachována pouze autochtonní série. Také Jarka vyslovil názor, že v jižní části je zachována pouze bazální násunová plocha nejspodnější - lažánecké vrásy v podobě hlíznatých křtinských vápenců. V souladu s Kettnerem považoval tektonickou stavbu za předkulmskou, hranici s kulmem za transgresivní, reaktivovanou během mladších variských pohybů. Zajímavé je, že cyklická sedimentace macošského souvrství zůstala nepovšimnuta až do 80-ých let, kdy byla detailně zpracována Hladilem (Hladil 1983).

Příkrovovému řešení pozorovaných stratigrafických problémů se klonil také Prantl, který s Kettnerem spolupracoval při řešení tektoniky severní části Moravského krasu (Kettner & Prantl 1942). Prantl (1948) si povšiml faciálních rozdílů v dnešním líšeňském souvrství a definoval dva odlišné, avšak stejně staré faciální vývoje: mělkovodnější maloměřický a hlubokovodnější líšeňský vývoj. Styk těchto odlišných facií interpretoval Prantl jako tektonický, líšeňský vývoj včetně podložního brněnského masivu byl nasunut na maloměřický vývoj podél plochého zlomu odhaleného v Růženině lomu na Hádech (Prantl 1948).

Slezák (1956) rozlišil v okolí Mokré dva od famenu odlišné vývoje: vývoj hostěnický a vývoj Mokré, které však do sebe laterálně přecházejí (přechodní vývoj). Z tektonického hlediska považoval za nejdůležitější východovergentní násuny severojižního směru, které území rozdělily do čtyř dílčích ker. Tyto násuny porušují také břidlice rozstáňského souvrství. Slezák proto kladl hlavní fázi deformace do krátkého hiátu mezi sedimentací rozstáňských břidlic a slepenců myslejovického souvrství, během kterého došlo k násunu vápenců na kulm. Tato starší stavba byla následně porušena sz.-jv. zlomy.

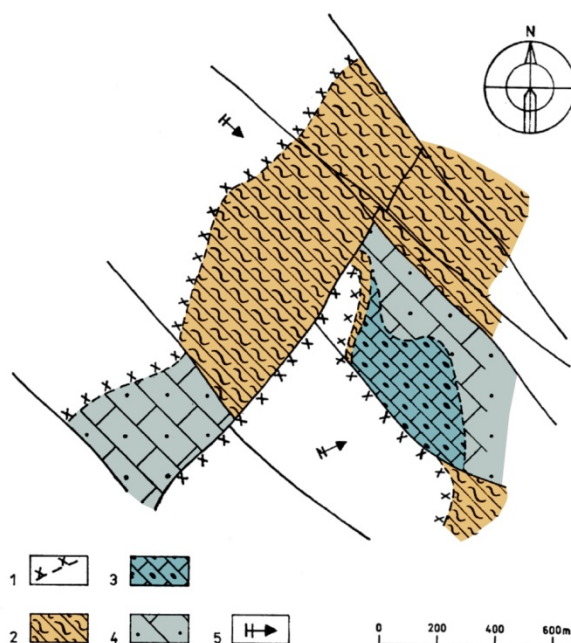
V padesátých letech začal v moravskoslezském paleozoiku pracovat Jaroslav Dvořák. Již prvními pracemi nastínil základní prvky své koncepce (Dvořák 1957, 1958, Dvořák & Pták 1963), která byla po následující desetiletí základem chápání geologie moravskoslezského paleozoika a kterou nezměnil ani pod tíhou kupících se protiargumentů. Zpochybnil násunovou koncepci tektoniky Moravského krasu a rozpoutal tak ostrou diskusi s Kettnerem (Kettner 1958, 1967). Kettnerova koncepce, ač založená na mnohých veskrze správných pozorováních, měla několik zjevných nedostatků: 1) opakování amfiporových vápenců mylně interpretované jako tektonické a 2) vyvrátnění vápenců před sedimentací kulmu během tzv. bretonské fáze. Již Jarka (1948) prokázal různé stáří amfiporových vápenců a vyvrátil tak jejich tektonické opakování.

Pozdější výzkumy (např. Zukalová 1971), které vyvrcholily prací Hladila (1983), jasně prokázaly cykličnost sedimentace macošského souvrství a tedy sedimentární opakování amfiporových vápenců. Bretonská fáze, jejíž existence byla hlavním tématem diskuse v 50. a 60. letech, byla založena na domněle jiném tektonickém stylu podložních vápencových a nadložních kulmských sledů, zdánlivě transgresivním kontaktu kulmu a předpokládala hiát mezi vápencovou a kulmskou sedimentací. Tento hiát byl ovšem mladšími výzkumy pomalu „vyplňován“ horninami „přechodné“ facie, hlavně tedy březinskými břidlicemi v dnešním pojetí, které minimálně na jihu Moravského krasu (v lomech Mokrá) mají charakter střídajících se vrstev vápenců a vápnitých břidlic s pomalým ubýváním vápenců do nadloží. Chlupáč a Dvořák navázali na práci Slezáka a Prantla a postupně přinesli paleontologické důkazy, které dokázaly „nepřerušenu“ sedimentaci mezi vápencovým devonem a kulmem (např. Dvořák 1958, 1963, Dvořák & Pták 1963, Dvořák & Zusková 1998, Chlupáč 1960). Dvořák dokonce popsal plynulé přechody těchto dvou facií (Dvořák & Pták 1963).

Dvořák považoval horniny moravskoslezského paleozoika za sedimenty geosynklinály s-j. směru (použil termín Moravský záliv) vyvinuté v předdevonském krystaliniku Brunie (na západě byla ohraničena ostrovem brněnského masivu), která byla postupně vyplňována od severu. Na jihu této geosynklinály sedimentovaly mělkovodní facie Moravského krasu (např. Dvořák 1973).

Jižní část Moravského krasu se podle Dvořáka vyvíjela do značné míry samostatně v dílčí pánvi, oddělené od severní části Moravského krasu příčnou strukturou říčmanicko-ochozské elevace (Dvořák 1963, 1967, Dvořák et al. 1984). To vychází z poměrně výrazného kontrastu mezi poměrně monotónní severní a střední částí Moravského krasu a faciálně pestrou jižní částí Moravského krasu (hlavně poměrně mocné sledy líšeňského souvrství). Sedimentace devonských až spodno-karbonských sledů byla ovlivňována několika faktory: 1) předdevonsky založenou kernou stavbou podložních hornin brněnského masivu a nehomogenní subsidencí jednotlivých ker vedoucí k častým faciálním změnám pozorovaným v terénu, 2) zužování sedimentačního prostoru ve směru JZ-SV a vyklenování říčmanicko-ochozské elevace, které zapříčinilo zvýšení přínosu siliciklastického materiálu do pánve, a 3) vyklenování tzv. horákovského hřbetu během famenu a spodního tournai, které rozdělilo pánev na dvě dílčí.

Předdevonsky založená kerná stavba a rozdílná mobilita jednotlivých ker v čase byla podle Dvořáka zásadní pro vytváření poměrně složité faciální situace v terénu. Dvořák (1987) pozoroval mělkovodnější křtinské a hlubokovodnější hádsko-říčské vápence často několikrát v jednotlivých krách nad sebou (hlavně v lomech Mokrá). Vysvětloval to opakovaným změlčováním a prohlubováním sedimentace. Tuto představu nejpodrobněji popsal v lomech Mokrá, které odkrývají velmi pestrou horninovou mozaiku. Jednotlivé k severovýchodu mírně ukloněné kry zde dosahují rozměrů cca 300 x 500 m. Dvořák definoval poměrně složitý scénář vertikálních pohybů jednotlivých ker: kry postupně poklesaly od JZ k SV a došlo vždy k sedimentaci hádsko-říčských a křtinských vápenců a následně k výzdvihu kry za současného poklesu kry sousední. Během těchto vertikálních pohybů docházelo k deformaci čerstvě sedimentovaných vápenců, často docházelo ke skluzům nestabilních sedimentů z ukloněných ker za vzniku sv.-vergentních ležatých vrás (např. Dvořák et al. 1987, obr. 10).



Obr. 10: Faciální schéma líšeňského souvrství ve středním tournai (Dvořák et al. 1987). 1-pobřežní linie; 2-hlíznaté vápence; 3-černé vápence s rohovci; 4-tmavě šedé organo-detritické vápence; 5-směr regrese.

Již během sedimentace hádsko-říčských vápenců docházelo k zužování sedimentačního prostoru dílčí pánve jižní části Moravského krasu a diapirickému vyklenování horákovského hřbetu (Dvořák 1967). Současně s vyklenováním horákovského hřbetu probíhala zrychlená subsidence osy pánve a vytvářelo se synklinorium v podložním macošském souvrství. Tomuto uspořádání podle Dvořáka odpovídají průběhy os synklinál a antiklinál v macošském souvrství na západě území, které směrně navazují na antiklinály a synklinály v souvrství líšeňském (Dvořák 1967). Horákovský hřbet podle Dvořáka rozdělil dílčí pánev jižní části Moravského krasu na dvě menší, ve kterých sedimentovaly březinské a rozstáňské břidlice. Celá takto vzniklá stavba byla „zasypaná“ račickými slepenci myslejovického souvrství.

Vrásovou stavbu považoval Dvořák za jednoduchou. Popsal vrásky ssv.-jjz. směru s vergence-mi k západu i k východu, místy spojené s lokálními násuny k západu a východu (Dvořák 1967, Dvořák et al. 1987). Evidentně starší, ssv.-vergentní překocené až ležaté vrásky považoval Dvořák za gravitační skluzy. Pouze v práci z roku 1967 (Dvořák 1967) uvažoval se synsedimentárním ssv.-jjz. zužováním sedimentačního prostoru, které způsobilo vyklenutí antiklinoria horákovského hřbetu.

Stratigrafické duplikace vysvětloval Dvořák buď redepozicí fauny nebo gravitačními skluzy (i když některé struktury označil jako násuny, např. násun zachycený vrtem SV1 nebo šupinu vápenců v kulmu východně od Mokré). Násun granodioritu brněnského masivu přes bazální klastika a vápence v lomech na Hádech označil za olistolit (Dvořák 1989), i když ve svých raných pracích (Dvořák & Pták 1963) považoval tuto strukturu za násun a důkaz ssv.-jjz. syn- a post-sedimentárního zužování pánve. Právě velmi složitá faciální a tektonická situace v jižní části Moravského krasu ukázala nedostatečnost Dvořákovy koncepce a poskytla nejsilnější důkazy proti ní.

Ve druhé polovině osmdesátých let proběhlo geologické mapování na listu 24-413 Mokrá-Horákov. Redaktorem listu byl Jindřich Hladil (Hladil 1987a, b). Mapování poskytlo celou řadu litostratigrafických a faciálních poznatků, které Hladila a kol. oprávnily obnovit diskusi příkrovové stavby jižní části Moravského krasu. Dvořák reagoval na sérii článků s příkrovovou tematikou (např. Hladil 1991a, 1995, Hladil et al. 1991, Hladil et al. 1999a) ve Věstníku ČGU (Dvořák 1993) a publikací svojí verze mapy Mokrá-Horákov (Dvořák 1997b).

Za přečtení stojí také reakce Hladila a Kalvody na Dvořákovy kritické poznámky (Hladil & Kalvoda 1993).

Hladil sérií článků v devadesátých letech nastínil základní prvky faciálního vývoje nejen v jižní části Moravského Krasu (ve spolupráci s Kalvodou, viz kapitola 4, např. Hladil et al. 1991), ale také celého moravskoslezského paleozoika (Hladil 1991b, 1994). Ze vzájemných prostorových vztahů jednotlivých facií vyvodil tektonický scénář (obr. 2.8) zahrnující emskou až frasnskou extenzi spojenou s pravostrannou transtenzí, během níž docházelo k tvorbě obrovských mas útesů macošského souvrství, famenskou inverzi pánve spojenou s tvorbou kalciturbiditů a později kulmu, která přešla ve visé v kolizi, během níž došlo k enormnímu zkrácení prostoru a „zestohování“ mocných kulmských sledů, namurskou pravostrannou rotaci bloků provázenou dalším sešupinatěním již deformovaných hornin, která vyvrcholila ve westphalu tvorbou moravské střižné zóny. Celý tento scénář završil permský gravitační kolaps (Hladil 1995, 1998).

Základní důkazy sv.-vergentní násunové tektoniky v jižní části Moravského krasu jsou uvedeny ve vysvětlivkách ke geologické mapě Mokrá-Horákov (Hladil 1987a) a v článcích z roku 1991 (Hladil 1991a, Hladil et al. 1991). Hladil popsal násun brněnského masivu na vápence macošského a líšeňského souvrství v Růženině lomu na Hádech, nasunutí hlubokovodních facií na mělkovodní (Hladil et al. 1991, Kalvoda 1997) zachycené ve vrtech SV1, SV2 a SV3, násunové struktury v Lesním lomu a ve východním okolí Mokré. Poměrně složitá násunová stavba vznikla podle Hladila ve dvou fázích: během kolize na konci visé a během pravostranné rotace bloků odtržených od podloží v namuru provázené vznikem násunů (Hladil 1998). Tato pravostranná rotace je podle Hladila doložena nejen konfigurací jednotlivých pruhů různých facií paleozoika (Hladil 1995, 1998), ale také paleomagneticky (90-110°; Hladil et al. 1999b, Krs et al. 1995). Tato rotace může však být vysvětlena i silným přetiskem starších struktur během pohybů podél moravské střižné zóny (Hladil & Melichar 1999, Rajlich 1990).

Zhruba v této době se do problematiky tektoniky Moravského krasu ponořil Melichar (který ostatně pak spolupracoval s Hladilem na oživení příkrovové tektoniky v Barrandienu, jehož historie výzkumů nese velmi podobné rysy jako historie výzkumů v Moravském krase). Série článků a diplomových prací načrtla základní znaky příkrovové tektoniky a systematicky

ji rozvinula a doplnila detaily z různých částí Moravského krasu.

V severní části Moravského krasu pracoval Slavík (Slavík et al. 1996, Slavík & Melichar 1996), který řešil tektoniku petrovického pruhu, který Kettner interpretoval jako hluboce zavrásněnou synklinálu (výrazně skřípnutou v brněnském masivu), kdežto Dvořák jako velmi mělkou synklinálu. Na základě aeromagnetické mapy (Hrouda & Rejl 1973) definovali násunový zlom, podél něhož došlo k zavlečení tektonické šupiny vápenců a bazálních klastik do hornin brněnského masivu. Naposledy se tímto pruhem zabýval Mahranský (Marhanský 2014), který tento názor potvrdil a doplnil drobně-strukturální měřeními.

Stavba němčicko-vratíkovského pruhu měla zásadní vliv na pochopení tektonické stavby Moravského krasu, a to z několika důvodů. Během mapovacího kurzu byla nalezena tenká tektonická šupina vápenců v granodioritech brněnského masivu nedaleko Valchova (Buriánek & Melichar 1997, Melichar et al. 1999b). Tato šupina byla (lokalita je bohužel od roku 2019 zaniklá - skalní řízení) ohnutá na mylonitové zóně v gradodioritu. Buriánek s Melicharem interpretovali vznik této struktury ve dvou fázích: V první fázi došlo k zpracování tektonické šupiny do hornin brněnského masivu a ve druhé k jejímu ohnutí vlekem na mladší mylonitové zóně. Tento koncept extrapoloval Melichar na stavbu celého němčicko-vratíkovského pruhu (Melichar & Kalvoda 1997). Rozpoznali 2, respektive 3 tektonické fáze. V první fázi došlo k nasunutí protivanovské jednotky kulmu na horniny přechodního vývoje devonu němčicko-vratíkovského pruhu, ve druhé fázi byla tato příkrovová plocha porušena mladšími násunými ssv.-jjz. směru. Směr sunutí byl k SV, takže se jednalo v podstatě o horizontální posuny s přesmykovou složkou. Tuto fázi spojili s pohyby na moravské střížné zóně, definované Rajlichem (Rajlich 1990). Ve třetí fázi by němčicko-vratíkovský pruh porušen přesmykem valchovského prolomu, který porušuje křídové sedimenty. Tento přesmyk zatížil podložní stavbu tak, že došlo k jejímu ohnutí k jihu (pozorovatelné na orientaci charakteristických vektorů matice orientace: průměrná osa stavby němčicko-vratíkovského pruhu se uklání k severu, pouze v severním okolí okrajového zlomu valchovského prolomu se uklání k jihu). Tímto ohybem Melichar a Kalvoda vysvětlili lokální zsz. - vjv. orientaci mladší generace násunů (viz výše).

V severní části Moravského krasu pracoval Vojtěch Dvořák (Dvořák 2002, Dvořák & Melichar 2002). Vymapoval několik ssv.-jjz. orientovaných střížných zón a plošně zpracoval

vrásovou stavbu. Osy vrás hlavních vrás se uklánějí, podobně jako osy v němčicko-vratíkovském pruhu, velmi mírně k severu. Nicméně zhruba od linie Suchdol-Ostrov (jižní okraj) se osy vrás uklánějí k jihu. Tento ohyb vysvětlil ohybem k jihu při pohybu na okrajovém přesmyku blanenského prolomu (stejný mechanismus jako u němčicko-vratíkovského pruhu). Nové mapování ČGS (Baldík et al. 2017), které kromě dat z povrchu bralo v potaz i data z jeskynních systémů, ukázalo, že toto uklonění stavby k jihu je pouze lokálního charakteru a skutečná zóna axiální kulminace je jižněji.

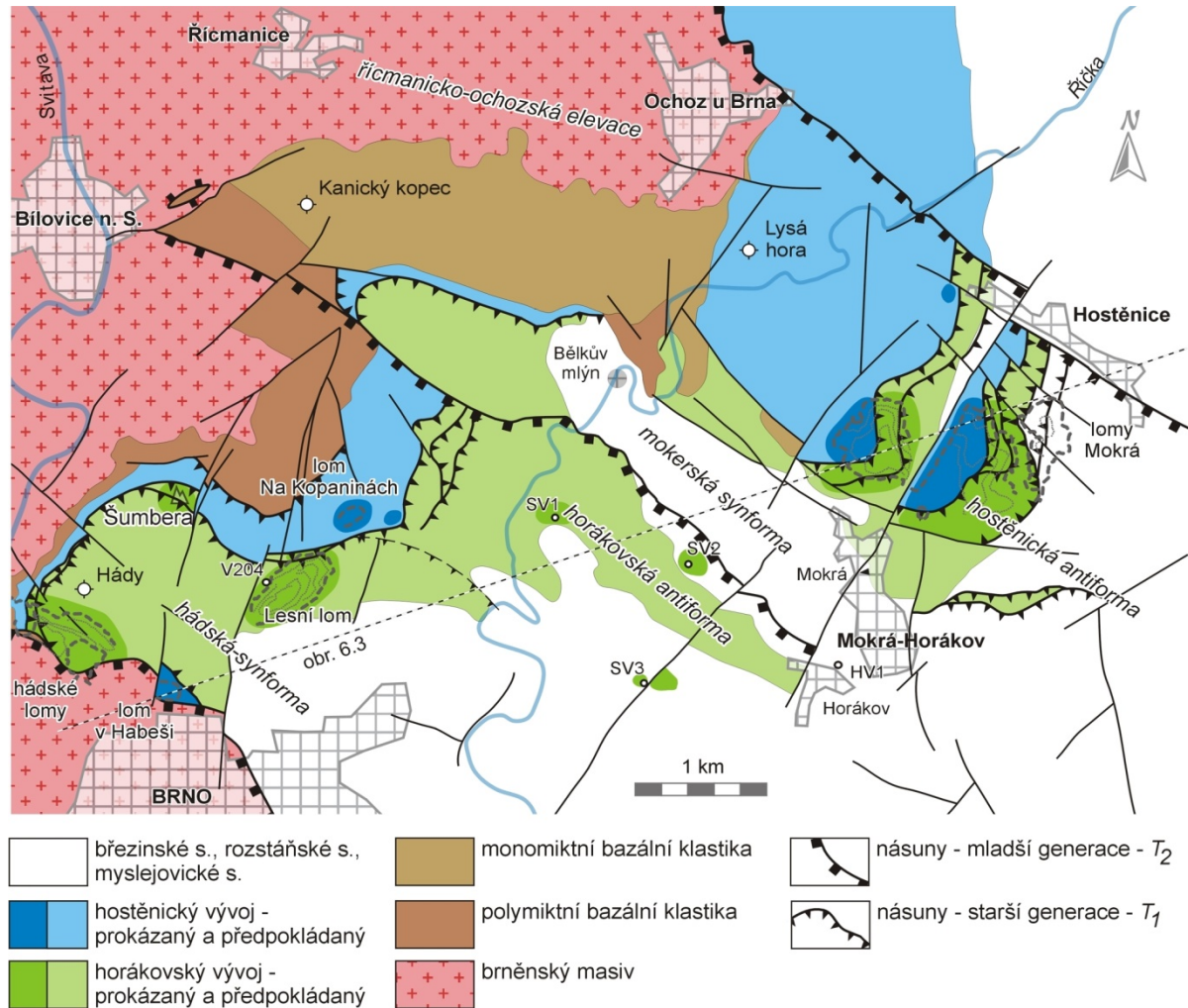
Hypr (Hypr 2002) zpracoval sv. část moravského krasu. Na základě manuskriptů Hladilových faciálních map a vlastních terénních prací potvrdil antiklinální charakter stavby okolí Ostrova a její překocené rameno na lokalitě U zrcadla (Melichar et al. 1999a). Velmi zajímavé je také jeho řešení „bradla nad Císařskou“. Je to jedna z mála lokalit, kterou i Dvořák musel řešit tektonicky – plochým násunem, který ovšem velmi rychle zestrnil směrem k západu (Dvořák 1997a). Již z Dvořákovy primární dokumentace vyplývá, že se nejedná o mělkou „misku“ ale o k západu ukloněnou tektonickou šupinu, tak jak ji Hypr interpretoval.

Do střední části Moravského krasu zasáhl okrajově Hanžl (Hanžl 1996), i když se věnoval hlavně stavbou brněnského masivu. Kromě základních drobně-strukturních měření se věnoval i strukturně velmi zajímavému detailu v okolí Máchova památníku. Stavbou tohoto „detailu“ se zabýval i Kettner (Kettner 1949b) a také Dvořák (Dvořák et al. 1984, Dvořák & Pták 1963). Kettner devon u Adamova považoval za velmi úzce sevřenou synklinálu a tedy za „kořenovou“ část jedné z ležatých vrásových příkrovů, které v Moravském krasu definoval. Oproti tomu Dvořák „tradičně“ interpretoval výskyty devonu u Adamova za erozní zbytky s transgresivním vztahem k okolním granodioritům brněnského masivu. Hanžl (1996) tyto výskyty považoval za tektonické šupiny s komplexní vnitřní stavbou a důkaz existence významné tektonické linie. Podrobně se jižním výskytem (v meandru Křtinského potoka u silnice na Křtiny) zabývali Rez a Melichar (Rez & Melichar 2002). Šupinu devonských bazálních klastik a vápenců označili za tektonickou šupinu zapracovanou do brněnského masivu na ploše násunu, která byla ohnuta do vlečné vrásky v nadloží jednoho z mladších násunů. Směry lineací, které změřili, jakož i smysl pohybu z mikrostrukturní analýzy naznačují sunutí k SSV. Tato stavba je kompatibilní se stavbou němčicko-vratíkovského pruhu. Anomální sklon vrásové stavby k JV vysvětlili rotací starší struktury během pohybů na okrajovém zlomu blanenského prolomu.

Celou střední částí moravského krasu se zabývala Tóthová (Tóthová 2011). Pozorovala změnu charakteru stavby z cylindrické do necylindrické zhruba v prostoru Olomučan. Vysvětlila ji převrácením starší stavby během mladší násunové fáze. Pomocí sledování míst s intenzivnější deformací se jí podařilo zhruba vymapovat tento mladší násun (nutno podotknout, že střední část Moravského krasu je extrémně málo odkrytá a jakákoliv plošná strukturní analýza je velmi komplikovaná). Směr tohoto násunu je velmi podobný směru mladších násunů v jižní části moravského krasu (viz dále). Nové geologické mapování ČGS (Otava et al. 2013) tuto představu doplnilo a rozvinulo. Černý a Melichar (Černý et al. 2013) popsali tzv. křtinské polookno, které vzniklo v důsledku ohybu starší násunové stavby v prostoru mezi Olomučany a Křtinami během pohybů na alpinsky reaktivovaném násunu severně od řičmanicko-ochozské elevace. Tyto pohyby spojují s přesmykem blanenského prolomu (i když tyto struktury mají odlišnou orientaci). Černý a Melichar (Černý et al. 2012) také popsali vrásovo-násunovou stavbu ssv.-jjz. směru v kulmu východně od Jedovnic. Tato stavba je prakticky stejná jako struktura němčicko-vratíkovského pruhu a severní části Moravského krasu. K reorientaci struktur do sz.-jv. směru popsaných v jižní části Moravského krasu (viz dále) došlo právě jižně od Křtinského polookna. Jižní část Moravského krasu byla vždycky oříškem pro tektonické koncepce a to především kvůli faciální odlišnosti od zbytku Moravského krasu. Nicméně se ukazuje, že pro chápání tektoniky Moravského krasu je zcela zásadní a to právě díky této faciální odlišnosti. V jižní části Moravského krasu jsou dostatečně kontrastní facie ve vápencích, aby bylo možno je vymapovat v terénu a pochopit tak vnitřní stavbu vápencového masivu. Vápence jižní části Moravského krasu jsou také daleko méně metamorfované než v severní části, kde je většina diagnostických znaků setřena. Další výhodou je přítomnost několika velkých lomů, které odkrývají značnou část vápenců.

Na práci Hladila a Kalvody v jižní části Moravského krasu navázal Rez (Rez 2003, 2010, Rez & Melichar 2004, Rez et al. 2011, obr. 11). Na základě biostratigrafie, faciální analýzy a strukturní analýzy potvrdil násunový charakter dvou facií líšeňského souvrství (Hladil et al. 1991, Kalvoda 1997). Na základě existujících biostratigrafických studií v jižní části Moravského krasu vymapoval obě facie líšeňského souvrství. Mladší biostratigrafické práce zatím toto rozložení facií potvrdily (Havlíčková 2019, Kumpan 2010, Makovník 2009, Rutová 2007, 2009, Štrbka 2009, Weiner 2011). Strukturní analýzou byly rozlišeny dvě generace vrás. Starší vrásy F1 mají

osy ukloněny k JV, jsou často ležaté a mají sv. vergenci. Mladší vrásy F2 jsou na starší zhruba kolmé, jsou přímé a symetrické. Byly identifikovány dvě generace násunů. Podél starší generace násunů T1 došlo k nasunutí horákovského (hlubokovodnější) vývoje na hostěnický (autochtonní



Obr. 11: Schématická mapa facií a násunové tektoniky v jižní části Moravského krasu (Rez 2010).

mělkovodnější). Jedná se o násunovou zónu s velmi komplikovanou šupinovitou vnitřní stavbou. Tato zóna dosahuje mocnosti až 100 m a byla zachycena lomy Mokrá a vrty (např. SV1). Jednotlivé šupiny oddělují násunové zlomy, které se projevují jako černě zbarvené mylonitové zóny (připomínají černé břidlice).

Rýhování na násunových plochách a asymetrické struktury v těchto mylonitech potvrzují směr sunutí k SV. Násuny T1 jsou úzce spjaty se starší generací vrás F1. Sečou tyto vrásy, ale zároveň jsou jimi zvrásněny. Násuny vznikly pravděpodobně jako vrásové příkrovy. Mladší násuny T2 sečou násuny T1 a způsobily jejich další zvrásnění koaxiální s F1. Jedná se o násun brněnského masivu na Hádech a násun ohraničující horákovskou antiformu na severu. Násuny T1 lze časově přiřadit hlavní fázi nasouvání kulmských příkrovů na konci visé. Mladší násuny T2 lze přiřadit k pohybům podél moravské střížné zóny ve westphalu. Takto vzniklá vrásovo-násunová stavba byla později mírně zvrásněna vrásami F2. Mladší křehkou tektoniku reprezentují dvě hlavní generace zlomů Z1 a Z2. Zlomy Z2 jsou ssv.-jjz. poklesy až horizontální posuny uklánějící se k JV a Z2 povětšinou zsz.-vjv. horizontální posuny až poklesy uklánějící se k SV.

Krasové jevy

Souběžně se stratigrafickým a strukturním studiem Moravského krasu probíhá již desítky let prokazování a upřesňování paleokrasového vývoje oblasti. Ten má často zásadní vliv nejen na pochopení geologického vývoje, ale přímo na hydrogeologické procesy. Podobně jako např. v Hranickém krasu i zde byly doloženy paleokrasové periody, jejichž počátky jsou kladeny do středního devonu (eifelu), dále do spodního karbonu (tournai), jury, křídly a miocénu. Jednotlivé paleokrasové periody (Dvořák 1998, Otava et al. 2007, Baldík ed. 2018) nabízejí následující scénář geologického vývoje:

- Výzdvih a následná eroze při hranici eifel-givet, po ukončení čelechovického cyklu byly nepravidelné, tudíž lokálně došlo k erozi části, nebo veškerého objemu vavříneckých vápenců. Na jiných místech však pokračující eroze odstranila i bazální klastika a svrchní část granitoidů brněnského masivu. Následná transgrese v givetu tedy probíhala většinou na zkrasovělé vavřínecké vápence, jinde však na starší bazální klastika, anebo přímo na granitoidy brněnského masivu.
- Během tournai došlo patrně k vynoření, krasovnění a denudaci nejvyšší části křtinských vápenců, neboť podrobné zpracování konodontové stratigrafie na profilech jv. od Ostrova nedoložilo přítomnost tournai. Po hiátu došlo až ve visé k sedimentaci vápencových brekcí s fosfority

- Během permu a převážné části mezozoika byla zájmová oblast souší. Především v období triasu až střední jury byla širší oblast postižena denudací, vápence krasověním. Mořská transgrese z oceánu Tethys koncem callovianu (Chlupáč et al. 2002) zasáhla v. okraj Českého masivu a zanechala v Moravském krasu převážně karbonátové sedimenty (Otava ed. 2013).
- Po svrchnojurské regresi nastalo opět krasovění a v širším okolí současně docházelo k intenzivnímu kaolinicko-lateritickému zvětrávání krystalinika v. okraje Českého masivu, včetně jeho pokryvu během střídajícího se aridního a humidního subtropického až tropického podnebí (Otava ed. 2013). Někdy na přelomu spodní a svrchní křídly v důsledku relativního poklesu širší oblasti Moravského krasu periodické toky přinášely generelně od SZ produkty kaolinicko-lateritického zvětrávání. Postupně docházelo k usazováním kontinentálních lakustrinních a fluviolakustrinních sedimentů do krasových depresí a nerovností. Provenienci redeponovaných zvětralin, tedy formace označované jako rudické vrstvy, je evidentně nutno hledat v krystaliniku Českomoravské vrchoviny. S rudickými vrstvami byla spjata v okolí Němčic na severu listu tvorba železných rud, vznikajících v důsledku pH kontrastu vysrážením poblíž kontaktu s vápenci. Hlavní cenomanská transgrese sice nepochybně zaplavila celý Moravský kras, avšak pouze v zakleslých tektonických strukturách zůstaly dodnes zachovány relikty usazenin bazálních částí křídového sedimentárního sledu.
- Po ústupu cenomanské záplavy se začal utvářet během paleogénu dnešní zarovnaný povrch Moravského krasu, který byl krasovými procesy modelován. Vznikaly rozevřené široké údolní tvary žlebů a na ně navázané jeskyně reliktní horní jeskyní úrovně (jeskyně Kůlna, Holštejnská, horní patra jeskyní Sloupsko-Šošůvských). Po dosunutí karpatských příkrovů po karpatu a celkovém poklesu území se v badenu (moravu) přesunul sedimentační prostor k SZ a rozsáhlá mořská transgrese nepochybně zalila celé území Moravského krasu a tím ukončila krasovou periodu.
- Výzdvih po ústupu badenského moře přinesl denudaci původního reliéfu a začátek současné periody krasovění v Moravském krasu.

Hydrogeologie a hydrologie

Charakteristiku platných hydrogeologických rajonů podává studie Olmera et al. (2006), která navazuje na práci Michlíčka et al. (1986) obsahující vymezení a základní geologickou, hydrogeologickou a hydrochemickou charakteristiku hydrogeologických rajonů základní vrstvy 6620 Kulm Dražanské vrchoviny, 6630 Moravský kras, 6570 Krystalinikum brněnské jednotky a částečně i 2240 Dyjsko-svratecký úval zasahujících do zájmové oblasti.

Přehled mapových listů jednotlivých mapových edicí hydrogeologických map, které zasahují do oblasti Moravského krasu a jeho předpokládaného infiltračního zázemí, a příslušných kapitol v textových vysvětlivkách je shrnut v tabulce 13.

Tab. 13: Přehled hydrogeologických map v zájmové oblasti Moravský kras.

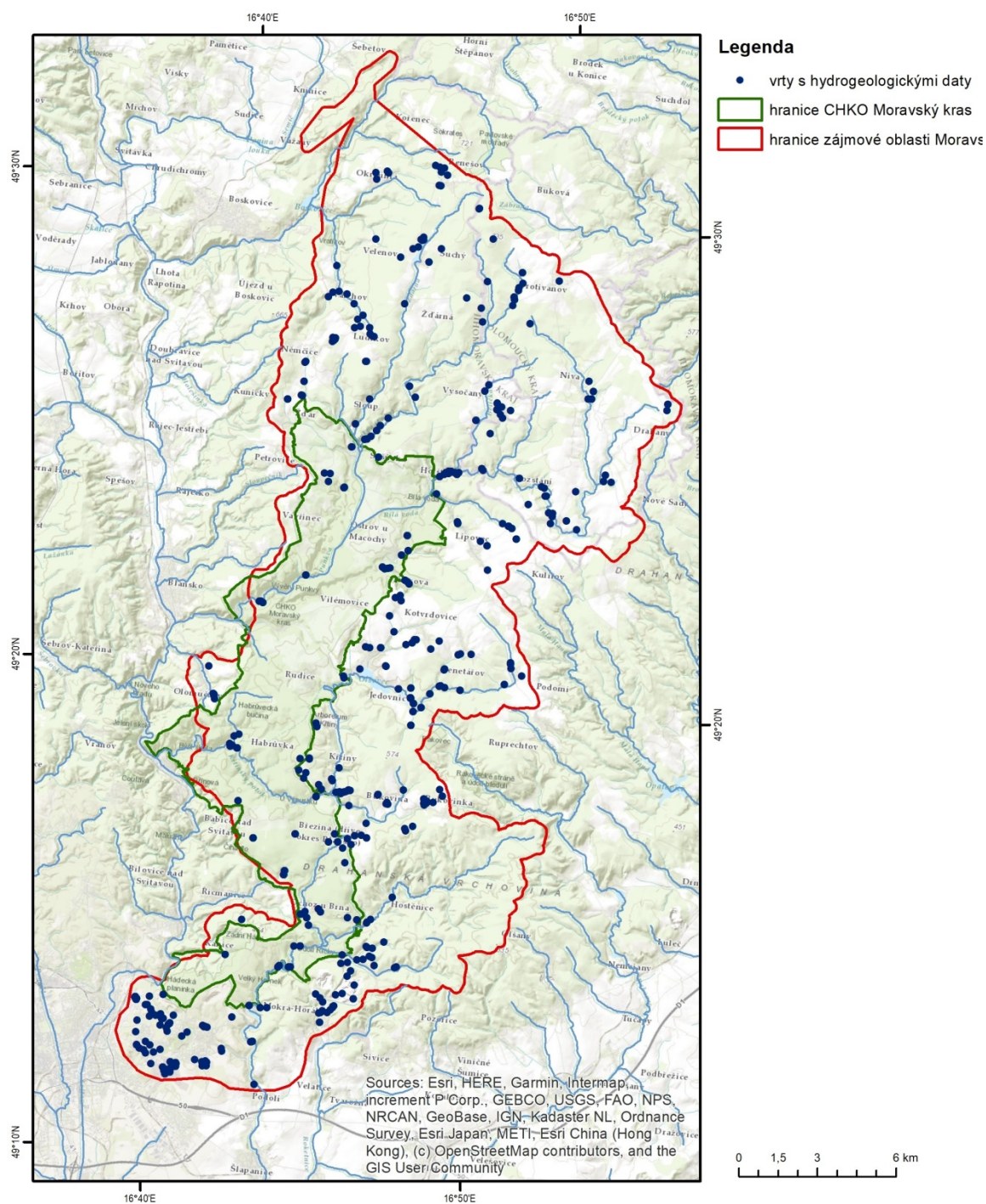
mapový list	mapa	vysvětlivky
Základní hydrogeologická mapa ČSSR 1 : 200 000		
24 Brno	Myslil 1987a	Myslil et al. 1985
Mapa chemismu podzemních vod ČSSR 1 : 200 000		
24 Brno	Myslil 1987b	Myslil et al. 1985
Hydrogeologická mapa ČSR 1 : 50 000		
24-21 Jevíčko	Čurda 1998a	Čurda 2000a
24-23 Protivanov	Čurda 1990	Čurda 2000b
24-32 Brno	Krám 1989	Čurda 1994a
24-41 Vyškov	Krám 1991	Čurda 1994b
24-43 Šlapanice	Kučera 1985a	Kučera 1985b
Základní hydrogeologická mapa ČR 1 : 25 000		
24-233 Ostrov u Macochy	Kryštofová 2015a	Kryštofová 2015b
24-324 Brno-sever	pouze schéma	Kryštofová 2020a
24-342 Brno-jih	pouze schéma	Kryštofová 2020b
24-411 Jedovnice	pouze schéma	Kryštofová 2013a
24-413 Mokrý-Horákov	pouze schéma	Kryštofová 2010
24-431 Šlapanice	pouze schéma	Kryštofová 2013b

V zájmové oblasti Moravský kras, která zahrnuje vlastní Moravský kras a jeho infiltračního zázemí a také Vratíkovský a Mojetínský kras, je v archivu České geologické služby celkem 387 vrtů s hydrogeologickými daty, které byly odvrtny v různých obdobích a za různým účelem v rámci široké škály geologických, hydrogeologických a inženýrsko-geologických průzkumů

a studií. Tabulka 14 uvádí celkový počet hydrogeologických vrtů, které mají zaměřenou hladinu podzemní vody a zastoupení vrtů s relevantními výsledky hydrodynamických zkoušek (vrty s hydraulickými daty) a kompletními chemickými analýzami podzemní vody (vrty s hydrochemickými daty). Lokalizace všech vrtů s hydrogeologickými daty je znázorněna na obr. 12.

Tab. 14: Počty hydrogeologických vrtů v zájmové oblasti Moravský kras.

hydrogeologické vrty celkem	vrty s hydraulickými daty	vrty s hydrochemickými daty
387	225	105



Obr. 12: Schéma lokalizace vrtů s hydrogeologickými daty v zájmové oblasti Moravský kras.

Rozdělení vrtů podle jejich hloubkového dosahu je uvedeno v Tab. 15. Z tabulky je zřejmé, že největší skupinu vrtů tvoří vrtý s hloubkovým dosahem 30,1–80,0 m; o něco méně zastoupe-

ná je skupina vrtů s hloubkovým dosahem 10,1–30,0 m. Zhruba stejné zastoupení vrtů je ve skupinách s hloubkovým dosahem do 5,0 m (zahrnuje i kopané studny) a v druhé nejhlubší skupině 80,1–150,0 m. Nejhlubší hydrogeologický vrt HV110-A Líšeň situovaný do údolí Řičky dosáhl hloubky 711,6 m (Taraba 1976).

Tab. 15: Rozdělení vrtů s hydrogeologickými daty v oblasti Moravský kras podle jejich hloubkového dosahu.

hloubka vrtu (m p. t.)	počet vrtů	zastoupení v %
< 5,0	38	9,8
5,1 až 10,0	60	15,5
10,1 až 30,0	106	27,4
30,1 až 80,0	133	34,4
80,1 až 150,0	34	8,8
> 150,1	16	4,1

V Moravském krasu bylo realizováno nepřehledné množství hydrogeologicky a hydrologicky zaměřených prací od lokálních průzkumů až po rozsáhlé regionální studie. V následujícím výčtu jsou uvedeny ty nejvýznamnější, převážně regionálně zaměřené práce.

Jako jeden z prvních se problematikou hydrologie a hydrogeologie Moravského krasu zabýval Absolon (1970a, b).

Několik navazujících regionálních hydrogeologických průzkumů v Moravském krasu realizoval Vilšer v letech 1961–1963, v rámci kterých bylo vyhloubeno 8 hydrogeologických vrtů do hloubek 10–100 m a provedena celá řada dalších hydrogeologických prací. Rozsáhlý regionální hydrogeologický průzkum v Moravském krasu realizoval Taraba ve dvou etapách v letech 1974, závěrečná zpráva byla vyhotovena v roce 1976. V rámci průzkumu bylo vyhloubeno několik hlubokých vrtů, které přinesly cenné poznatky o hluboko uložených zónách vápenců i kulmských hornin. Geofyzikální měření v rámci regionálního hydrogeologického průzkumu provedl Džuppa (1971) za účelem identifikace zkrasovělých poloh a tektonických zón s možností zvodnění.

Syntézu prací hydrogeologického průzkumu v oblasti Moravského krasu sestavil Slavík a kol. (1996). Jejím výsledkem je soubor účelových map ochrany podzemních vod v měřítku 1 : 25 000, který poskytuje data o typu zvodnění, vodohospodářském významu kolektorů a riziku znečištění podzemních vod.

Hydrogeologickou problematiku Moravského krasu a části jeho infiltračního zázemí přehledně shrnul Čurda (2000c), hydrogeologie a hydrologie Moravského krasu je řešena v monografii Musíla a kol. (1993).

Problematikou Moravského krasu se dlouhodobě zabýval Himmel např. z hlediska chemismu skapových vod (1993a) a bakteriálního znečištění (např. 2021) nebo z hlediska koroze vápenců vlivem infiltrujících srážek (1993b), případně lokálními pracemi zejména v systému Ochozské jeskyně (např. 1990, 2004) nebo v oblasti Mokré (2000). Rozsáhlý systém Amatérské jeskyně popsali z různých hledisek např. Motyčka a kol (2000), Mokřý – Sirotek (2001), Zeman – Bruthans (2002) nebo Lejska a kol. (2021). Souhrn úspěšných stopovacích zkoušek provedených v Moravském krasu zpracoval Knížek (2006). Stanovení doby zdržení podzemní vody na základě využití přirozených stopovačů a dalších metod ve vybraných jeskynních systémech Moravského krasu provedl Bruthans (2006).

Zranitelností krasových kolektorů v Moravském krasu se zabýval Goldbach (2013) za využití metody EPIK (Doerfliger – Zwalen 1995). Principem této metody je kvantifikace čtyř základních charakteristik krasových hornin a nadložních pokryvných útvarů – epikrasu, půdního pokryvu, infiltračních podmínek a vývoje krasové sítě, které jsou významné pro posouzení zranitelnosti kolektoru z hlediska vstupu případných kontaminantů do krasového prostředí.

Dále jsou Českou geologickou službou archivovány výsledky četných hydrogeologických průzkumů víceméně lokálního významu, zaměřených na získávání a ověřování zdrojů podzemní vody, sledování případných úniků kontaminantů či sanace znečištění.

Ochrana přírody - Moravský kras

CHKO Moravský kras byla vyhlášena v roce 1956 na celkové výměře 98 km² a je nejrozsáhlejším a nejvíce zkrasovělým územím České republiky. Nařízení vlády č. 83/2019 Sb. zpřesňuje předmět ochrany i vymezení CHKO. Na národní úrovni jsou nejhodnotnější části krasové-

ho území chráněny v I. zóně CHKO a dále jako maloplošná zvláště chráněná území (MZCHÚ). Zároveň jsou tato území chráněna na mezinárodní úrovni jako evropsky významná lokalita (EVL Moravský kras). Podstatná část území EVL je rovněž chráněným biotopem vodního ptactva (PO). Tzv. Ramsarská úmluva ochraňuje mokřady mezinárodního významu (Ramsar sites), mezi tyto lokality byl v roce 2004 zařazen také RS11:Podzemní Punkva (výměra 16 km²).

Krasová oblast zaujímá pruh devonských vápenců s. od Brna, dosud zde bylo objeveno téměř 1100 jeskyní, pět jeskyní je zpřístupněno pro veřejnost: **Jeskyně Balcarka, Kateřinská jeskyně, Punkevní jeskyně, Sloupsko-šošůvské jeskyně a Jeskyně Výpustek**. V minulosti zpřístupněná Císařská jeskyně je dnes využívána pro speleoterapi (<https://moravsky-kras.caves.cz/>). Nejrozsáhlejší systém Amatérské jeskyně (> 40 km) je přístupný pouze odborníkům. Nejvýznamnější MZCHÚ: **NPR Býčí skála, NPR Habrůvecká bučina, NPR Hádecká planinka, NPR Vývěry Punkvy, NPP Jeskyně Pekárna, NPP Rudické propadání** a 11 přírodních rezervací, detailní výpis a popis chráněných území uvádí část 3.1. Klimaticky náleží severní a střední část CHKO (Šošůvka – Ostrov u Macochy – Rudice – Habrůvka) chladné klimatické oblasti, jižní část (Habrůvka – Babice nad Svitavou – Ochoz u Brna) pak mírně teplé.

4.6.2 Hranický kras

Geologická stavba

Variský vývoj

Vznik variské vrásovo-násunové stavby představující dominantní strukturní prvek v karbonátech jednotky Moravského krasu i kulmské facie jv. části Nízkého Jeseníku a kry Maleníku je řazen do svrchního karbonu a souvisí s totožnou kompresí směru ZSZ–VJV až SZ–JV působící v závěru variské orogeneze. Odlišnost tektonické stavby karbonátů a siliciklastik kulmské facie vytvořené v průběhu variské komprese lze vysvětlit nejlépe jejich rozdílnou reologií. Deformace paleozoických karbonátů charakterizovaná vznikem šupinové stavby probíhala pravděpodobně současně s deformací sedimentů kulmské facie. Obě deformace jsou projevem stejné variské komprese orientované ve směru ZSZ–VJV až SZ–JV (např. Grygar – Vavro 1995), při které došlo v tomto prostoru k vytvoření typického „thin-skinned“ příkrovového systému (Čížek – Tomek 1991). Svrchonovisíské stáří sedimentů kulmské facie situovaných na

mapovaném území dokazuje, že komprese způsobující jejich tektonické zvrásnění probíhala nejdříve v průběhu nejsvrchnějšího visé. S ohledem na existenci násunových struktur v hornoslezské pánvi (Grygar 2000; Grygar – Vavro 1995; Grygar et al. 1991) lze předpokládat pokračování diskutované deformace ještě v průběhu namuru.

Alpinský (karpatský) vývoj

Struktury formující variskou vrásovo-násunovou a šupinovou stavbu paleozoických sedimentů byly po ukončení variské orogeneze opakovaně porušovány. Časově blíže zařaditelné jsou pouze některé pohyby související s alpínskou kompresí, které lze spojit s deformacemi postihujícími také sedimenty rudického typu ve výplni krasových dutin (Havíř et al. 2004b) nebo neogenní sedimenty karpatské předhlubně uložené v nadloží paleozoických sedimentů (Havíř – Otava 2004).

V souvislosti s nasouváním západokarpatských příkrovů na jv. svahy Českého masivu došlo v průběhu miocénu k prohnutí alpínského předpolí formovaného Českým masivem a k uložení sedimentů karpatské předhlubně. Vnější karpatské příkrovy byly pak sunuty také přes tyto sedimenty. Na mapovaném území bylo starší čelo podslezské a ždánické jednotky nasunuto na sedimenty karpatského stáří ještě v průběhu karpatu a následně bylo překryto sedimenty spodního badenu (Jurková 1971, 1976, 1985). Závěrečné dosunutí mladšího čela podslezské a ždánické jednotky pak probíhalo ještě během spodního badenu, což dokazuje částečné nasunutí karpatských příkrovů na spodnobádenskou výplň karpatské předhlubně (Jurková 1971, 1976).

Příkrovové trosky slezské jednotky při východním okraji území lze vysvětlovat podobně jako ve východněji ležících oblastech zvlněním násunové plochy nadložního slezského příkrovu a následnou denudací (viz Jurková 1976).

Po dosunutí vnějších karpatských příkrovů docházelo k postupnému výzdvihu, který pokračuje také v současnosti (Vyskočil – Zeman 1980). Přítomnost pliocenních klastik ovšem dokazuje subsidenci probíhající ve východním sousedství kry Maleníku během pliocénu. V případě uložení pliocenních vrstev můžeme předpokládat souvislost s obdobnými tektonickými pohyby, jaké lze doložit v prostoru blízkého Hornomoravského úvalu. Sedimentace pliocenních a kvartérních sedimentů hornomoravského úvalu byla úzce spojena s tektonickými pohyby podél zlo-

mů směru ZSZ–VJV až SSZ–JJV (Grygar – Jelínek 2003; Růžička 1973; Zeman et al. 1980). Pokračování tektonické aktivity zlomů směru ZSZ–VJV až SSZ–JJV lze na základě slabé seizmické aktivity předpokládat i v současnosti (Holub – Müller 1997; Špaček et al. 2006). Slabá recentní seizmická aktivita byla přístrojově zjištěna také v širším okolí Hranic.

Geneze kry Maleníku, důsledky pro geomorfologii

Až do období před 17 Ma byla oblast Maleníku spojena s oblastí Nízkého Jeseníku v jeden horský celek. V souvislosti s násunem flyšových příkrovů Karpat došlo k vytvoření neogenní předhlubně stáří karpátu (mezi 17 a 16 Ma), která zasahovala až k dnešním svahům Nízkého Jeseníku. Soudě podle vrtných údajů z blízkého okolí zájmového území (např. vrty Blahutovice-1 a NP 637 u Bělotína) byla poté celá oblast překryta nasunutým příkrovem flyšového pásma Karpat (podslezská a slezská jednotka). S dalším dosunem narůstala mocnost příkrovového systému a v období spodního badenu došlo k rozlomení kry tvořené horninami devonu a spodního karbonu za vzniku pánve Moravské brány. Ta měla charakter kaňonu s převýšením až 1000 m a šířkou kolem 5–7 km. V této pánvi se usadily sedimenty spodního badenu v mocnosti až přes 950 m. Svahy tohoto kaňonu byly velmi nestabilní a během badenu došlo ke vzniku rozsáhlých kerných sesuvů, které byly postupně stabilizovány nárůstem mocnosti badenských sedimentů výplně Moravské brány.

Dosouvání příkrovů lokálně zasáhlo i do badenu jak vyplývá z přítomnosti severovergentních asymetrických vrás v rytmitech spodního badenu z. Bělotína v těsném severním sousedství listu Kelč (Havíř et al. 2004b).

V **pliocénu** pokračoval výzdvih Nízkého Jeseníku a současně výzdvih Západních Karpat, což se projevilo obnovením říční sítě a postupnou exhumací předneogenních údolí. Do tohoto období klademe uložení lakustrinních sedimentů, které byly posléze zčásti erodovány řekou tekoucí od V až JV a přinášející hrubé šterky s materiálem karpatských příkrovů. Ukládání těchto sedimentů, které zatím není paleontologicky datováno (severně od zájmového území v zářezu trati u Bělotína spočívají přímo na zvrásněných sedimentech spodního badenu) mohlo pokračovat do spodního pleistocénu.

Vztah pliocenních sedimentů **malhotického souvrství** (Otava ed. 2016) k Hranickému krasu patrně nebyl bezprostřední, tzn., že zatím bylo vždy pozorováno jejich nasedání na sedimenty miocénu, event flyšových jednotek Západních Karpat, či na hradecké droby kry Maleníku, nikdy však přímo na vápencový povrch. Ze studia průsvitné těžké frakce písků se však můžeme oprávněně domnívat, že se do pliocenních písků lokálně dostával velmi hojně materiál redeponovaný z depresí ve vápencích z kaolinických sedimentů a zvětralin rudického typu (Horní Těšice, Rouské, jižně od Bělotína).

Ve středním pleistocénu se na plošně zarovnaném povrchu severně od zájmového území v okolí Bělotína a Polomi zachovaly relikty glaci-fluviálních sedimentů saalského zalednění překryté místy bazálními tilly (Blahutovice, Vražné – mimo území). Ve stejném období Bečva a její pravostranné přítoky vytvořily hlavní terasu zasahující z opuštěného údolí Porubské brány po proudu až k ústí Bečvy do Hornomoravského úvalu. Ve středním pleistocénu se usazovaly hlinité štěrky výplavových kuželů. Pro svrchní pleistocén je typická tvorba štěrkové údolní terasy a ukládání eolických sedimentů pokrývajících významnou část mírných (závětrných) svahů masivu Maleníku a v severním sousedství prakticky celou oblast od kulmských výchozů Oder-ských vrchů až po pravý břeh nivy Bečvy. Nejmladšími kvarténními sedimenty jsou kromě sva-hových sedimentů fluviální a deluviofluviální sedimenty, vyplňující dna údolí. Důležitým zá-sahem do vývoje krajiny byla regulace Bečvy, díky níž řeka zahloubila své koryto o několik metrů. Tím se zvýraznily výškové rozdíly obou nivních stupňů.

Geologická pozice studované oblasti

Hranický kras a celá kra Maleníku jako součást moravskoslezského paleozoika Nízkého Je-seníku náleží z regionálně geologického hlediska moravskoslezské oblasti. Z evropského pohle-du je celá oblast řazena do rhenohercynika a tvoří nejvýchodnější část evropských variscid (En-gel a Franke 1983). Pro geologický vývoj oblasti byla a je zásadní její pozice na kontaktu Českého masivu a Západních karpat. Z konkrétního studia nejstarších povrchových sedimentů hranického krasu, tedy vilémovických vápenců svrchnodevonského stáří (stupeň frasn) vyplývá, že se usazovaly v mělkém teplém moři. Obecně je vývoj Hranického krasu spojován se sedi-mentací na karbonátových platformách, šelfech, lagunách a rampách. Sedimentace probíhala

v podmínkách zaobloukové pánve na jv. okraji Laurussie, která vznikla extenzí krystalinického podkladu budovaného horninami brunovistulika (Kalvoda et al. 2008). Z konkrétního studia vápenců **macošského souvrství** a jejich fauny (Hladil et al. 1999) vyplývá, že nejpravděpodobnějším prostředím usazování byla mělkovodní karbonátová platforma s plynulým přechodem do prostředí čelního svahu útesů. Zde již docházelo k usazování vápenců z hustotních proudů za spoluúčasti bouřkového vlnění (tzv. tempestity). Usazování na svazích z široké škály turbiditních proudů (kalciturbidity) a místy i klidná sedimentace z vodního sloupce na dno pánve, nebo na potopenou platformu dokládá přítomnost vápencových litofacií mladšího **líšeňského souvrství** (svrchní frasn až visé). Ve spodním karbonu byla celá oblast zalita mořem a zakryta mohutnou několik kilometrů mocnou vrstvou flyšových turbiditních sedimentů. Zpočátku se usazovala tzv. přechodová souvrství (Buriánek et al. 2012). Eupelagickým sedimentem hlubokého moře jsou tournaiské křemité břidlice s radiolarity **ponikevského souvrství** známé pouze z vrtů. Po období častého lokálního přerušování sedimentace v tourmai nastaly během spodního a středního visé zásadní zvraty v prostředí i režimu sedimentace a především v litologii sedimentů. Za určitý doklad relativně krátkého období rychlých změn můžeme považovat přítomnost litofaciálního ekvivalentu břidlic **březinského souvrství**, v nichž I. Chlupáč našel a určil od Zbrašova a od Opatovic (Chlupáč – Kumpera 1972) viséskou trilobitovou faunu. po přechodné episodě následovala rychlá sedimentace několik km mocné sekvence pískovců (drob), slepenců a rytmitů břidlic a prachovců z turbiditních proudů v důsledku kolize kontinentálních bloků a výrazného zrychlení geologických procesů. Na mapovaném území toto období rychlé cyklické sedimentace dokumentují usazeniny **moravického a hradecko-kyjovického souvrství**. Není vyloučeno, že některé výskyty karbonátů obklopených zcela sedimety kulmské facie představují olistolity redeponované do svrchnoviséského bazénu. Tato facie, známá jako kulum Nízkého Jeseníku a kry Maleníku, prošla v karbonu variskou orogenezí, která způsobila provrásnění (vergence k VJV), vznik šupin a postižení celé sekvence zlomy. Devonská až spodnokarbonská sedimentace tedy reprezentuje vývojový cyklus na pasivním okraji, který začíná extenzí a končí kompresním uzavřením sedimentační pánve a variskou orogenezí (např. Hladil 1994).

Geologická a geomorfologická pozice studovaného území

Zájmová oblast se nachází v polygonu mezi městem Hranice a obcemi Hluzov, Černotín, Ústí a Teplice nad Bečvou. Orograficky náleží toto území sv. části Maleníku, svojí východní částí pak Příborské pahorkatině. Hranický kras se nachází v exponovaném místě „střetu“ dvou orogénů, na SZ vystupuje varisky konsolidovaný jv. okraj Českého masivu, zatímco od JV byly nasouvány příkrovy Západních Karpat. Krasové jevy jsou vázány na elevaci, v níž vystupují na povrch devonské vápence macošského a líšeňského souvrství (moravskoslezské paleozoikum moravskoslezské oblasti). Podle karsologického členění ČR náležejí tyto krasové jevy do oblasti: Moravskoslezská krasová a pseudokrasová území (200), konkrétněji Krasová a pseudokrasová území kry Maleníku (212) ve smyslu členění Hromas ed. (2009). Zvrásněné a příkrovovou tektonikou rozposunované karbonáty macošského souvrství tvoří podloží siliciklastických sedimentů kulmské facie Nízkého jeseníku v oddělené kře Maleníku. V Hranickém krasu nacházíme hojně reliktů paleokrasových výplní křídového stáří náležející rudickým vrstvám. Pozice Hranického krasu na okraji Moravské brány, geologicky na okraji karpatské předhlubně přispěla k tomu, že předbadenský paleokrasový reliéf byl během miocenní transgrese zaplněn mořskými sedimenty v mocnostech přesahujících často 100 m. V miocénu rovněž nastartovaly procesy hypogenního krasovění.

Krasové jevy

Hranický kras je tvořen víceméně izolovanými ostrůvky devonských až spodnokarbonských vápenců v pruhu 5 km dlouhém a asi 4,5 km širokém. Dosud je zde evidováno 29 jeskyní (Hromas ed. 2009). Nejvýznamnějším objektem Hranického krasu je nepochybně Hranická propast, momentálně nejhlubší zatopená propast světa (Vysoká et al. 2019) dosud poznaná do hloubky minimálně 470 m. Nejrozsáhlejším systémem jsou Zbrašovské aragonitové jeskyně. Jedinečným specifíkem Hranického krasu je koexistence „normálního“ a hypogenního krasovění.

Hranická propast je vytvořena ve vápencích líšeňského souvrství, její suchá část je 69,5 m hluboká. V této suché části byly zastiženy reliktů miocenních sedimentů, fosiliferních vápničných pískovců až drobnozrnných slepenců. Zatopená část je přímo, či nepřímo známa do hloubek ko-

lem 400 m, přičemž horní polovina profilu je zcela jistě ve vápencích líšeňského souvrství (Bábek – Novotný 1999), níže jsou s velkou pravděpodobností vilémovické vápence macošského souvrství. Objektu Hranické propasti je v minulých letech věnována značná pozornost jak z pohledu explorační do maximálních hloubek, tak z pohledu výzkumu souvislostí hydrogeologie teplicových vod a geneze propasti. Nejpodrobněji jsou výsledky shrnuty v práci Vysoká et al. (2019).

Geneze propasti je nepochybně hypogenní (dříve se používal hojně poněkud matoucí termín hydrotermální). Přesto byly v renomovaném časopise s velmi vysokým IF (Journal of Geophysical Research) nedávno publikovány i názory opačné prosazující „normální“, tedy epigenní původ (Klanica et al. 2020). Autoři se však v argumentaci dopustili mnoha nepravd, nepřesností a omylů, což bylo zatím nejlépe diskutováno in Bábek et al. (2021).

Nejrozlehlejším objektem Hranického krasu je komplex Zbrašovských aragonitových jeskyní, úhrnnou délkou přesahující 1200 m. V této turisticky přístupné jeskyni byly prokázány a dokumentovány všechny etapy polyfázového krasování Hranického krasu, tedy devonského, křídového, miocenního, tak především etapa hypogenního krasování. Z dalších jeskyní Hranického krasu si zaslouží krátkou zmínku jeskyně v lomu Na Kučách a pověstmi opředené Černotínské jeskyně. Nejčerstvější souhrn krasových jevů a historie výzkumů Hranického krasu podává Zajíček (2020).

Polyfázový vývoj Hranického krasu

Svrchnodevonská fáze krasování

Polyfázové krasování vápenců hranického krasu souborně zpracoval Otava (2005). Mocnost krasovějícími sedimentů Hranického krasu **j**náležících macošskému a líšeňskému souvrství činí řádově více stovek metrů. Pro pochopení provopočátku krasového vývoje bylo důležité, že se O. Bábkovi (Havíř et al. 2004) podařilo zjistit a prokázat na základě konodontové stratigrafie výrazné přerušení sedimentace mezi vilémovickými vápenci macošského souvrství a laminovanými vápenci líšeňského souvrství. Podle časové kalibrace devonských konodontových zón vychází toto přerušení sedimentace na 3,7 Ma a zahrnuje konodontové zóny *Pa. Linguiformis* až sv. *Pa. Crepida*. To byla určitě dostatečně dlouhá doba na výrazné zkrasování. Ze skutečnosti,

že tento hiát prochází přímo systémem Zbrašovských aragonitových jeskyní i z mnoha analogií známých ve světě a popsanych (např. in Bosák 2003), můžeme vyvodit, že právě tehdy na rozhraní stupňů frasn a famen ve svrchním devonu došlo v Hranickém krasu, konkrétně v prostoru dnešních Zbrašovských aragonitových jeskyní k prvotnímu krasovění. Tato „oslabená zóna“ byla postupně oživována a využívána během všech následných mezozoických a kenozoických rejuvenací Hranického krasu.

Tektonické přepracování vápenců, jejich postižení kliváží, místy až mylonitizací a drobnými i většími přesmyky a provrásnění, to vše značně zastírá původní projevy svrchnodevonského krasovění. Přičteme-li k tomu změny, které nastaly v důsledku následujících mladších fází krasovění, snadno pochopíme, proč nešlo objevit důsledky svrchnodevonské paleokrasové fáze prostým makroskopickým pozorováním a měřením povrchových a podzemních výchozů.

Křídový paleokras

Denudace nekrasových sedimentů trvala desítky milionů let a exhumaci vápencového podloží a jeho krasovění předpokládáme až během mezozoika. Pravděpodobně během křídý došlo k vyplňování paleokrasových depresí a dutin hranického vápencového paleozoika **sedimenty a zvětralinami rudického typu** (hlavně pestrobarevné kaolinické jíly, písky a křemenné štěrky). Vytvoření přesnějšího obrazu zatím nemůže být podloženo paleontologickými důkazy. Určitou možnost skýtá srovnání s paleokrasovými poměry v Západních Karpatech, poněvadž paleoklimatické poměry byly podobné na značné rozloze (Činčura – Köhler 1995).

Křídová, nejpravděpodobněji cenomanská fáze krasovění byla hojně rozšířena po Českém masivu (Bosák 1995) a dobře zapadá i do obrazu paleokrasového vývoje Západních Karpat (Činčura – Köhler 1995). Sedimenty rudického typu odrážejí vznik v subtropickém až tropickém klimatu, vlhkém a horkém, ke konci mírnějším. Západněji od Hranického krasu na Českém masivu jsou kaolinické zvětraliny a sedimenty zachovány ve větší míře často díky překrytí svrchnokřídovými platformními sedimenty.

Paleokrasový vývoj Hranického krasu v kenozoiku

Nejstarší kenozoická paleokrasová perioda byla ukončena miocénní transgresí (karpat, spodní baden). Z vrtných prací byla již dávno známa velmi nepravidelná morfologie předmiocenního

povrchu. Některými autory byla tato členitost vykládána pobadenskými zlomy. Daleko více se realitě přiblížil Kodym st. (1960), který správně tušil atektonický (krasovými procesy podmíněný) původ takového reliéfu.

V rámci mapovacího projektu byly v minulých letech vytvořeny dva nezávislé 3D modely předmiocenního povrchu Hranického krasu. První jednodušší vizualizaci zhotovila Z. Skácelová z ČGS pomocí programu SURFER, další podrobnější zpracování provedli M. Bíl a M. Kvapilová z Olomoucké univerzity. Ve všech případech byly použity profily 269 ložiskových vrtů hloubených v minulosti při průzkumu pro Hranickou cementárnu.

Vizualizace paleoreliéfu (Otava ed. 2004; Otava 2005) upřesnila naše představy o typu krasových forem skrytých pod miocenními sedimenty (Doláková 2004). Potvrdila tušení těch geologů (např. Hassinger 1914; Tyráček 1962; Kodym st. 1960 aj.), kteří interpretovali deprese vyplněné miocenními sedimenty jako paleozávrt, event. stará krasová údolí. Naopak názor Dvořáka (1957) že prohlubeniny v devonských vápencích jsou způsobeny příbojem miocenního moře se jeví při nejrůznějších pohledech na vizualizovaný předmiocenní paleoreliéf Hranického krasu jako nereálný. Pozornost upoutají především výrazné závrtové řady (např. linie U kostelíčka – Hluzov), obří deprese, či poloslepá údolí (jižně od Velké a Malé Kobylanky a Na Hluzovském Kopci).

Hypogenní (hydrotermální) krasovnění, jeho stáří, ovlivnění neoidní tektonikou

Specifickým fenoménem oblasti jsou hypogenní (dříve hydrotermální) jevy charakterizované výstupem juvenilních plynů. S výstupem plynů, především oxidu uhličitého, souvisí hypogenní krasovnění vápenců, jehož počátek byl donedávna kladen na rozhraní terciéru a kvartéru. V současnosti se jeví jako pravděpodobnější předbadenský začátek hypogenní aktivity.

Hypogenní krasovnění je vázáno na jižní část povrchového rozšíření jednotky Hranického krasu, především do prostoru Hranická propast – Zbrašovské aragonitové jeskyně. Juvenilní původ oxidu uhličitého byl izotopově prokázán již dříve (Šmejkal et al. 1974). Rozbor izotopů helia ze vzorků odebraných v roce 1994 českými a švýcarskými potápěči z vod Hranické propasti poukázal na svrchnoplášťový původ plynů (Meyberg – Rinne 1995). Vystupující plyny nepochybně využívají a využívaly dutin a oslabených zón, které vznikly v průběhu všech výše uvedených

paleokrasových fází. Je mnoho důvodů domnívat se, že hydrotermální aktivita začala v Hranickém krasu mnohem dříve, než je udáváno ve starší literatuře. Z geologického hlediska cenný a zajímavý je nález a důkaz miocénní transgrese. Ve Zbrašovských aragonitových jeskyních poblíž Koblížkové síně byly zdokumentovány pendanty tvořené relikty černotínských pískovců (Otava ed. (2016). Černotínské pískovce řazené do badenu zde visí ze stropu hydrotermálně korodovaných devonských vápenců. Tento nález posouvá časově hydrotermální aktivitu v Hranickém krasu minimálně do miocénu.

V Hranickém krasu můžeme sledovat stopy neoidní alpínské tektoniky jak v detailech (stěny lomu Skalka, Hranická propast, Zbrašovské aragonitové jeskyně), tak i ve větším měřítku. Mladými pohyby již dříve dokumentovanými jsou porušeny karpatské i spodnobadenské pelity vyplňující deprese činného lomu Skalka na etážích nadmořských výšek 340 m (jih) a 300 m (sever). Podobně jsou postiženy i miocénní sedimenty ve střední části jihozápadní stěny Hranické propasti a ve Zbrašovských aragonitových jeskyních.

Mapové podklady

Nejstarší geologické mapy zájmového území vydal v letech 1866–1905 Říšský geologický ústav ve Vídni v rámci edice map 1 : 75 000. Mapované území poprvé uceleně popsal Patteisky (1929). Ve svém kompendiu zhodnotil veškeré starší práce zabývající se touto oblastí, vytvořil geologickou mapu, řezy a shrnul všechny tehdejší znalosti o biostratigrafii, petrografii a tektonice. Ve kře Maleníku rozlišoval vápence (Kalk oder krist Kalk) a ve spodním karbonu moravické břidlice a hradecké droby (Mohrathaler Posidonien-Schiefer, Gräzer Grauwaken. Z mladších jednotek vyčleňoval podbeskydský starší terciér (Subbeskydisches Alttertiär) a miocénní „šlíry“ (Miozän Schlier). Před započítím ložiskových výzkumů na vápence oblast geologicky zpracoval Homola (1950). Pro detailní poznání hranického paleozoika přinesly obrovské množství primárního materiálu ložiskové výzkumy pro hranickou cementárnu (Dvořák et al. 1956 a Dvořák 1958). Prvá etapa proběhla koncem padesátých let, druhá v sedmdesátých letech. Na základě vrtných prací sestavil Dvořák odkrytou geologickou mapu a řezy v měřítku 1 : 5 000 (Svoboda et al. 1956).

Studované území leží uprostřed geologické mapy v měřítku 1 : 200 000 M-33-XXIV Olomouc (Roth ed. 1962). V karbonátovém vývoji řazeném do spodního až středního devonu byly tehdy rozlišovány ve Vysvětlivkách k uvedenému listu masivní vápence a vrstevnaté vápence, místy s rohovci a vložkami břidlic. Začátkem 70. let zmapovala do měřítka 1 : 25 000 skupina J. Dvořák – L. Maštera – J. Otava paleozoikum kry Maleníku. Součástí projektu bylo petrografické a sedimentologické zhodnocení spodního karbonu L. Mašterou a biostratigrafická zpráva O. Kumpery (Dvořák ed. 1972). Souborné zpracování vrtu Opatovice-1 (Dvořák et al. 1981) prokázalo allochtonní stavbu v rámci paleozoika, konkrétně násuny karbonátů na kulmskou facii.

Ke genezi tzv. „plástevnatých vápenců“ se poprvé konkrétněji vyjádřili Šteffan a Melichar (1996). Tito autoři rovněž použili termínu kalcimylonity a původ laminované textury jednoznačně odvozují od tlakově-teplotního postižení vápenců. Hlavní změnou pohledu na geologii širšího okolí, která vyplynula ze seismického profilu vázaného na vrty Potštát-1 a Jablůnka-1 a ze zpracování vrtných jader, byl předpoklad allochtonní násunové stavby siliciklastického spodního karbonu (kulmu) i karbonátového vývoje devonu a karbonu (Čížek – Tomek 1991).

V rámci edice základních geologických map 1 : 50 000 (Soubor geologických a účelových map) zasahuje studované území na listy 15-12 Hranice (Pálenský ed. 1996) a 15-14 Valašské Meziříčí (Stráník ed. 1998). K mapě Hranice 25-12 existují textové vysvětlivky (Müller ed. 2002).

Mapování pro geologické mapy 1 : 25000 v rámci projektu ČGS proběhlo začátkem století, výsledkem je rukopisná mapa a vysvětlivky listu 25-123 Hranice (Otava ed. 2004) a do tiskové podoby dotažená mapa Kelč 25-141 (Otava ed. 2016).

Výsledky strukturního studia vápenců Hranického krasu publikovali V. Dvořák (2004), Bábek – Otava (2006) a Havíř – Otava (2007). Společným jmenovatelem těchto strukturních studií je zdůraznění šupinovitě stavby s jihovýchodní vergencí násunů. Modelování tepelné historie paleozoických sedimentů oblasti se v diplomové práci zabýval Jirman (2016). Souvislosti širší regionální geologie se vznikem kyselky včetně vyhodnocení hlubokých vrtů širšího okolí jsou shrnuty v komerční zprávě pro Geotest (Bosák 2017). Tato zpráva je veřejně použitelná po roce 2020. Proveniencí a genezí minerálních vod teplicového charakteru se nověji zabývají Bruthans et al. (2021). Autoři předpokládají na základě studia izotopů, že nejpravděpodobnějším zdrojem jsou sedimenty kulmské facie Oderských vrchů. Nejnovější pohledy na zalednění širšího okolí

Moravské brány včetně objasnění vztahu k pliocenním sedimentům malhotického souvrství podává Tyráček (2011).

Geologické výzkumy v Hranickém krasu

V roce 1888 prováděl mapování okolí Hranic Tausch (1889), který členil devonské sedimenty na spodnodevonské (křemence) a střednědevonské (čtyři druhy vápenců). Nad nimi je podle něj konkordantně uložen kulm. Ostrůvkovité vystupování devonu uprostřed kulmu vysvětloval zlomy. Jako první popsal zlom Teplic, podél něhož vyvěrají teplické minerální prameny.

Petrascheck (1908) upozornil na diskordanci mezi devonem a kulmem, pochyboval však o teplickém zlomu. Předpokládal, že starší terciér byl nasunut k SZ na ČM jako střížný příkrov a Moravská brána je pak prolomem, vzniklým v důsledku zatížení nasunutými horninami.

Podrobněji zpracoval stratigrafii vápenců Zapletal (1930). Rozlišil dva odlišné profily. Na severu hranického devonu jsou na bázi hrubě zvrstvené temně šedé až černé amfiporové vápence, nad nimi hrubě zvrstvené světle šedé korálové vápence, přecházející na jihu do hlíznatých vápenců. Výše pak leží černé plástevnaté vápence (Hranický kopec) s nadložním kramenclem (na J od Hranického kopce). Na jihu hranického devonu vystupují jižně od propasti světlé plástevnaté vápence a u Černotína a Ústí vápence brekciovité. V jejich nadloží jsou opět černé plástevnaté vápence (u stanice Černotín-Kelč) a světle šedé plástevnaté vápence s polohami vápnitých břidlic (u Zbrašova). Upozornil na faciální rozdíly – jižní část podle něj odpovídá severní facii MK a severní část spíše okolí Ochozu. Tektonicky tvoří podle něj devon soustavu brachysynklinál a brachyantiklinál.

Další rozsáhlé mapování provedl v oblasti Hranic Homola (1946), který rozlišil v devonu několik stratigrafických členů na základě profilů v lomu hranické cementárny, na pravém břehu Bečvy pod Švrčovem a v lomu u Mariánského údolí. Domníval se, že kulm je od devonu oddělen tektonicky. V roce 1949 publikoval Homola (1949) na základě studia vrtů poopravené stratigrafické schéma pro střední a svrchní devon. Podobně jako Zapletal v něm rozlišil dvě odlišné facie.

Homola (1950) detailně zpracoval stratigrafii a zveřejnil geologickou a tektonickou mapu území. Jeho závěry lze shrnout do několika bodů:

- severní (sv.) facie je mělčejší a jižní (jz.) facie náleží hlubšímu neritiku,
- spodnodevonské křemence, popsané Tauschem (1889) nenalezl a za nejstarší vrstvy považuje svrchnoeifelské a givetské vápence,
- devon je zvrásněn při bretonské fázi variské orogeneze do několika antiklinál a synklinál a vzniklo při ní několik násunových dislokací se smyslem pohybu k VJV,
- kulm je zvrásněn při asturské fázi do mírných synklinál a antiklinál a není porušen zmíněnými násunovými dislokacemi,
- devon i kulm je porušen variskými příčnými zlomy směru SSZ-JJV, na kterých se odehrávaly především vertikální pohyby,
- mezi paleogenem a neogenem vznikly poklesy (prolom Moravské brány) vlivem zatížení flyšovými horninami Západních Karpat při ždánickém nasunutí (Homola 1954) a oživily se příčné variské zlomy.

Dvořák (1955) studoval v oblasti hranického devonu hydrotermální žíly a podle jejich minerálního obsahu a jeho uspořádání je rozlišil do pěti skupin:

- monominerální křemenné žíly (typ I) (nejstarší) o mocnostech 0,8-2 m, výjimečně až 8 m, jejichž průběh je generálně S-J a sklon 40-50° k Z,
- typ II - křemenné žíly s dutinami, vyplněnými kalcitem, ankeritem až sideritem. V kalcitu popisuje zrna chalkopyritu, po kterém zůstávají pseudomorfózy limonitu a jemné nálety malachitu a azuritu. Nejmladším hydrotermálním minerálem těchto žil je potom amorfni rohovec, vyplňující zbylé dutiny a pukliny v žíle. Tyto žíly leží po obou stranách žilného roje monominerálních křemenných žil typu I,
- žíla typu III je karbonátová s chalkopyritem bez křemene. Její obsah se prý velmi podobá obsahu dutin křemenných žil typu II, z čehož vyplývá, že žíly typu III jsou mladší než žíly typu II,
- čtvrtým typem žíly (IV) je kalcit-ankerit-sideritová žíla s ojedinělými krystaly křemene s pravděpodobně severojižním průběhem,
- symetrické medovcové žíly s páskovanou strukturou (typ V) o mocnosti od 3 do 80 cm směru ZSZ-VJV s prudkým sklonem k SSV až svislé.

První čtyři typy žil přiřítá variské metalogenezi a vznik žil typu V přiřítá době obnovených orogenetických pohybů v Karpatech.

V souvislosti s možností výstavby přehrady na Bečvě u Teplic nad Bečvou probíhalo v letech 1955 a 1956 detailní mapování hranického devonu a jeho okolí (Dvořák et al. 1957). V této práci byla navržena nová stratigrafie hranického paleozoika a jeho tektonického vývoje. Za hlavní tektonický prvek byly považovány velké kerné přesmyky s jv. vergencí, kdy při přesmykování jednotlivých ker docházelo ke značné tektonické redukci a naduřování vrstev. Většina devonských sedimentů byla odtržena od svého podloží a přesunuta přes mladší souvrství, přičemž na některých místech byly rigidnější vápence vtlačeny do souvrství kulmu a vystupují z nich jako bradla. Autoři předpokládali, že souvrství paleozoika byla vrásněna v jedné, pravděpodobně asturské fázi variské orogeneze.

V umělém odkryvu u Zbrašova, zachycujícím profil devonskými a karbonskými sedimenty, našel Chlupáč (1956) v zelených břidlicích, považovaných Homolou (1950) za nejvyšší devon, tournaiskou trilobitovou faunu v těsném nadloží devonských vrstev. Mezi devonem a karbonem zde zjistil pouze faciální změnu bez hiátu a úhlové diskordance, z čehož usoudil na neopodstatněnost orogenetických pohybů na hranici mezi devonem a karbonem. V roce 1957 nalezenou faunu podrobněji popsal (Chlupáč 1958) a upřesnil její stáří do svrchní části stupně tournai.

Stromatoporoideovou faunu podrobně zpracovala Zukalová (1958). V lomu černotínské vápenky popsala faunu usměrněnou a stlačenou, zatímco dobře zachovalou faunu popisuje ze zářezu silnice v. od Černotína a z lomu hranické cementárny.

Makroskopickým i mikroskopickým popisem se zabýval Weiss a Zrůstek (1958), kteří podali podrobnou petrografickou charakteristiku jednotlivých litotypů devonských vápenců. Všimly si, že kalcitová zrna jemnozrnných partií plástevnatých (laminárních) vápenců bývají protažena v jednom směru. Také zaznamenaly přítomnost rekrystalizovaných kalcitových zrn s dvojitým lamelováním. Při studiu žil nenašli ani v jednom ze vzorků ankerit nebo siderit. Sukcese žil probíhala podle nich ve směru: křemen – rudní minerály (pyrit, chalkopyrit, dnes jejich sekundární ekvivalenty limonit, malachit a azurit) – kalcit. Ve všech vrstvách hranického devonu našli účinky silicifikace vápence v okolí zmíněných žil. Proto uvažovali o dvou časově

rozdílných fázích vzniku křemene, z nichž první je starší a druhá mladší než kalcitové výplně žil.

Většinu uvedených závěrů shrnuli ve své práci Dvořák et al. (1958). Publikovali podrobnou geologickou mapu studované oblasti a stratigrafické schéma, ve kterém vyčlenili vápence amhiporové (givet), korálové (givet-frasn), plástevnaté (laminární), laterálně se zastupující s vápenci hlíznatými (frasn-famen). Do spodního karbonu pak zařadili organodetritické vápence a intraformační brekcie, výše bituminózní vápence s vložkami břidlic a nadložní zelenavé břidlice. Devonské vápence mají mírný sklon k SZ. V souvislosti s tektonickým vývojem, nastíněným již Dvořákem et al. (1957), považovali za nejvýznamnější variské disharmonické vrásnění, způsobené značnými rozdíly v reologii vrstev, náležející asturské fázi variské orogeneze. Vrásky jsou porušeny několika vrásovými přesmyky směru SV-JZ. Kromě přesmyků popisují též mladší radiální poklesové dislokace, porušující devon i kulm, jejichž směr je S-J nebo SZ-JV. Tyto dislokace jsou variské, reaktivované alpínskou orogenezí.

V. Zukalová studovala kromě již zmíněných stromatoporoideí také korálovou faunu z okolí Hranic (Zukalová 1961) spodnokarbonského stáří, která jsou součástí tmavých jemnozrnných organodetritických bituminózních vápenců, nalézáných j. od Zbrašova při ústí Mariánského údolí.

Výzkumem konodontů se v hranickém paleozoiku zabývala Friáková (1964 a 1969). V první práci studovala konodontovou faunu z hlíznatých vápenců nejsvrchnějšího patra hranické cementárny, kterou datovala jako středně a svrchně frasnskou. Ve druhé citované práci zpracovala konodonty z různých vápencových litotypů. Korálové (resp. vilémovické) vápence datovala jako frasnské, stejně jako nadložní tentakulitové vápence. Pro hlíznaté (resp křtinské) vápence potvrdila jejich středně a svrchně frasnské stáří a stejně datovala i nadložní černé kalové vápence z nejvyššího patra cementárny Hranice. Studium přechodu nejvyšších poloh plástevnatých vápenců do organodetritických vápenců zjistila famenské stáří pro nejvyšší polohy plástevnatých vápenců, smíšenou konodontovou faunu stáří famen a spodní visé pro přechodnou zónu mezi plástevnatými a organodetritickými vápenci a spodnovisešské konodonty pro organodetritické vápence. V oblasti tohoto profilu chybí mezi devonem a karbonem pět stratigrafických zón (svrchní famen a celé tournai). Tato skutečnost není v souladu s předchozími zjištění-

mi Dvořáka et al. (1957) a dalších, podle kterých je mezi devonem a karbonem nepřetržitá sedimentace bez hiátu.

Během let 1969-1970 byl u Opatovic odkryt profil spodním karbonem, který zpracovali Chlupáč a Kumpera (1972). V nejnižší pozici profilu popsali deskovité, tmavě šedé, jemnozrnné až kalové, bituminózní vápence s vložkami břidlic, které zařadili do spodního visé. V jejich nadloží jsou zelené siltovce a pelity, náležející také spodnímu visé a výše leží šedé pelity. Všechny popsané členy profilu korelovali s profilem u Zbrašova, popsaným Chlupáčem (1956) V jejich nadloží sedimentovaly siltovcové břidlice a pelity viséského stáří, nejvýše pak kulmské břidlice spodní části moravického souvrství.

Na základě předchozích studií publikovali Dvořák a Friáková (1978) soubornou práci o stratigrafii paleozoika v okolí Hranic na Moravě, ve které využili rozsáhlého vrtného průzkumu pro účely Hranické cementárny aj. Podle nich se celá oblast hranického paleozoika rozpadá na několik příčných ker, oddělených od sebe většinou synsedimentárně fungujícími dislokacemi směru SZ-JV. Jednotlivé kry jsou rozděleny přesmyky s sv.-jz. směrem a jv. vergencí o délce horizontálního pohybu okolo 1 km. Jednotlivé kry se od sebe liší svým stratigrafickým vývojem v závislosti na rychlosti jejich subsidence, jak je patrné ze stratigrafického schématu a mapy, odkryté na předterciérní povrch.

V místě, kde byl Chlupáčem a Kumperou (1972) popsán profil karbonem, byl situován 300 m hluboký vrt, který byl zpracován a interpretován Dvořákem et al. (1981). V hloubce 120 m zasáhl vrt pod devonskými laminovanými vápenci droby a břidlice hradecko-kyjovického souvrství, přecházející do podloží ve svrchnoviséské vápencové brekcie. Tato stratigrafická inverze byla interpretována jako přesmyk k VJV na vzdálenost asi 1-2 km, přičemž k pohybům docházelo již během sedimentace.

Nověji zjistili Šteffan a Melichar (1996), že struktura laminovaných vápenců má charakter deformační kliváže až foliace s výraznou lineací. Tyto vápence prakticky obsahují velmi malá množství fauny a Šteffan a Bábek nezávisle zjistili přítomnost intenzivně deformovaných a zkřivených reliktních konodontů. Tektonostratigrafický profil částí území a zjednodušenou představu deformačního vývoje nastínili Grygar et al. (1997).

V několika posledních letech byla na několika profilech intenzivněji studována konodontová fauna a mikrofacie devonských vápenců. Sedlák (1999) zjistil, že tentakulitové vápence v lomu

hranické cementárny zasahují až do svrchního frasnu a báze sedimentace křtinských hlíznatých vápenců začíná již při spodní hranici svrchního frasnu. Tišl (2002) mikrofaciálně analyzoval tři profily, zastihující hranici mezi macošským a líšeňským souvrstvím v lomu hranické cementárny (přechod z jednoho do druhého souvrství zařadil do středního frasnu) a profil v lůmku u Ústí.

Od roku 2002 pracoval v okolí Hranic Dvořák (Dvořák 2004). Polohy plástevnatých a hlíznatých vápenců interpretoval jako deformační zóny násunových zlomů, z vrtných dat a terénních pozorování definoval několik násunových zón v terénu a podle asymetrie struktur a orientace rýhování na násunech určil směr pohybu variských příkrovů v této oblasti – VJV (azimut cca 100°). Svoje výzkumy bohužel nedokončil.

Na Hranicku ve stejné době také pracovali Havíř a Otava v rámci geologického mapování na listu Hranice (Havíř, Dvořák, Otava, 1003; Havíř, Bábek, Otava, 2004). Popsali obdobnou vrásovo-násunovou stavbu jako Dvořák V., jen směry sunutí kladou k Z až ZSZ. Havíř a Otava (Havíř, Bábek, Otava, 2004) studovali také predispozici jeskynního systému Zbrašovských jeskyní. Za hlavní strukturní prvek, který řídil krasovění označili zsz.-vjv. orientované pukliny velkých rozměrů, tzv. master joints. Vliv zlomové stavby a kliváže označili za méně podstatný.

Geofyzikálním mapováním okolí Hranické propasti se zabývali Geršl et al. (2007), na ně navázali Kalenda et al. (2020). Geochemií fluid v Hranické propasti a jejich původem se zabýval Šráček et al. (2019).

Geochemická prozkoumanost

Pro budoucí interpretaci geochemických vlastností horninových komplexů jsou k dispozici starší analýzy dostupné v litogeochemické databáze ČGS (Gürtlerová et al. 1997), a to v počtu 107 výsledků (Tab. 16). Kvalita analýz je však variabilní. Některé analýzy jsou neúplné (reprezentují informace jen o obsazích hlavních oxidů), jiné obsahují i stopové prvky, ale nemají dostatečně detailní popis pro jednoznačné zařazení. Dominují analýzy klastických sedimentů paleozoika (droby a břidlice). Chemické složení vápenců bude nutné doplnit novými analýzami. V dostatečném množství jsou pak zastoupeny kenozoické klastické sedimenty.

Tab. 16: Přehled starších analýz dostupných pro charakteristiku horninových komplexů.

Idn	Dok. bod	Č. mapy	Lokalita	Hornina	Autor
2901	S637	25123	Hrabůvka	slepenec	Čadková Zdena
2902	S638	25123	Hrabůvka	slepenec	Čadková Zdena
2903	S627	25121	Jakubcovice	slepenec	Čadková Zdena
2904	S628	25121	Jakubcovice	slepenec	Čadková Zdena
2905	S629	25123	Nejdek	slepenec	Čadková Zdena
2906	S630	25123	Nejdek	slepenec	Čadková Zdena
2909	S735	25132	Hlinsko U Lipníka	slepenec	Čadková Zdena
2910	S736	25132	Hlinsko U Lipníka	slepenec	Čadková Zdena
2935	S635	25123	Hrabůvka	droba	Čadková Zdena
2936	S636	25123	Hrabůvka	droba	Čadková Zdena
2937	S631	25123	Nejdek	droba	Čadková Zdena
2938	S632	25123	Nejdek	droba	Čadková Zdena
2969	S633	25123	Hrabůvka	břidlice jílovitá	Čadková Zdena
2970	S634	25123	Hrabůvka	břidlice jílovitá	Čadková Zdena
10559	322	25123	Hranice	hlína sprašová	Pokorný Joel
10560	323	25123	Hranice	hlína sprašová	Pokorný Joel
12468	Sp-358	25121	Spálov	břidlice	Otava Jiří
12469	O22	25121	Jakubčovice	břidlice	Otava Jiří
12470	O33	25121	Vítovka	břidlice	Otava Jiří
12471	Dv-212	25121	Odry	břidlice	Otava Jiří
12472	Dv-151	25121	Dobešov	břidlice	Otava Jiří
12473	M19	25121	Kyžlířov	břidlice	Otava Jiří
13043	101A	25123	lom Skalka	jíl	Adamová M.
13044	101B1	25123	lom Skalka	jílovec (lupek)	Adamová M.
13045	Z101B2	25123	lom Skalka	jílovec (lupek)	Adamová M.
13046	Z101B3	25123	lom Skalka	jíl	Adamová M.
13047	Z101B4	25123	lom Skalka	jílovec (lupek)	Adamová M.
13048	Z101C1	25123	lom Skalka	jílovec (lupek)	Adamová M.
13049	Z101C2	25123	lom Skalka	jíl	Adamová M.
13050	Z101C3	25123	lom Skalka	prachovec	Adamová M.
13051	Z101C4	25123	lom Skalka	jíl	Adamová M.
13052	Z101C5	25123	lom Skalka	prachovec	Adamová M.
13223	101c	25123	Hranice	vápenec	Adamová M.
13224	101c0	25123	Hranice	prachovec	Adamová M.
13225	101c1a	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13226	101c1b	25123	Hranice	prachovec	Adamová M.
13227	101c1	25123	Hranice	jíl	Adamová M.

13228	101c4	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13242	H1	25123	Hranice	hlína sprašová	Adamová M.
13243	H32	25123	Hranice	hlína sprašová	Adamová M.
13269	H32	25123	Hranice	hlína sprašová	Adamová M.
13270	ZAJ-6	25141	Hranice	zvětralina	Adamová M.
13344	101C6	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13345	101C6	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13346	101C0/A	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13347	101C0/B	25123	Hranice	písek	Adamová M.
13348	101C0/C	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13349	101C0/D	25123	Hranice	pískovec	Adamová M.
13350	101B4	25123	Hranice	jílovec (lupek)	Adamová M.
13351	101C1	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13352	101C2	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13353	101C3	25123	Hranice	prachovec	Adamová M.
13354	101C4	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13355	101C5	25123	Hranice	prachovec	Adamová M.
13410	101C0/E	25123	Hranice	slínovec	Adamová M.
13411	101C1/c	25123	Hranice	vápenec	Adamová M.
13412	101C2/A	25123	Hranice	prachovec	Adamová M.
13413	A3	25123	Polom	jílovec (lupek)	Adamová M.
13414	A3	25123	Polom	pískovec	Adamová M.
13416	O81	25123	Boňkov	břidlice jílovitá	Adamová M.
13597	X1	25123	Hranice	tufit	Adamová M.
13598	N344	25123	Bělotín	pískovec	Adamová M.
13599	1	25123	Černotín	pískovec	Adamová M.
13682	H266/B	25123	Hranice	tufit	Adamová M.
13702	ZAJ-8	25141	Hranice	jíl	Adamová M.
13704	H-63	25123	Hranice	tufit	Adamová M.
13789	401A	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13790	401B	25123	Hranice	pískovec	Adamová M.
13791	401B	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13792	401B/a	25123	Hranice	jíl	Adamová M.
13793	N435	25123	Bělotín	jíl	Adamová M.
13794	1	25123	Černotín	pískovec	Adamová M.
14384	GM001	25141	Hranice	vápenec	Geršl Milan
14385	G001	25122	Pohor	droba	Geršl Milan
14386	G009	25122	Odry	droba	Geršl Milan
14387	G063	25122	Jestřebí	břidlice	Geršl Milan
14388	NZ121	25124	Polouvsí	štěrkopísek	Geršl Milan

14389	NZ125	25124	Hůrka	šterkopísek	Geršl Milan
14442	A115	25124	Poruba	prach (silt)	Geršl Milan
14443	A145	25124	Dub	slínovec	Geršl Milan
14444	SJ116	25124	Polouvsí	jíl	Geršl Milan
14445	O7	25141	Teplice	silicit	Geršl Milan
14446	DvH155	25123	Hranice	granodiorit	Geršl Milan
14569	GM012	25124	Hrabětice	prachovec	Geršl Milan
14570	GM013	25124	Hrabětice	prachovec	Geršl Milan
14571	A43a	25124	Hranické Loučky	jíl	Geršl Milan
14572	A43b	25124	Hranické Loučky	jíl	Geršl Milan
14573	A43c	25124	Hranické Ločky	jíl	Geršl Milan
14574	A150	25124	Heřmanice	jíl	Geršl Milan
14575	KE5	25141	Teplice n. B.	jíl	Geršl Milan
14576	KE22	25141	Teplice n. B.	jíl	Geršl Milan
14764	GM001	25141	Teplice n B.	vápenec	Geršl Milan
14765	GM001	25141	Teplice n B.	vápenec	Geršl Milan
14766	GM001	25141	Teplice n B.	pískovec	Geršl Milan
14767	GM001	25141	Teplice n B.	jíl	Geršl Milan
14768	GM001	25141	Teplice n B.	jíl	Geršl Milan
14769	GM001	25141	Teplice n B.	jíl	Geršl Milan
14770	GM001	25141	Teplice n B.	jíl	Geršl Milan
14771	GM001	25141	Teplice n B.	jíl	Geršl Milan
14772	O20C	25141	Malhotice	jíl	Geršl Milan
14773	GM001	25141	Teplice n B.	jíl	Geršl Milan
122758	LH006	25132	Podhůra	droba	Helena Gilíková
122759	LH001	25132	Podhůra	prachovec	Helena Gilíková
122760	LG007	25132	Veselíčko	droba	Helena Gilíková
122761	LG007	25132	Veselíčko	droba	Helena Gilíková
122762	LG009	25132	Podhůra	slepenec	Helena Gilíková
123441	LV022	25132	Lipník n. Bečvou	tuf	Helena Gilíková

Hydrogeologie a hydrologie

Charakteristiku platných hydrogeologických rajonů podává studie Olmera et al. (2006), která navazuje na práci Michlíčka et al. (1986) obsahující vymezení a základní geologickou, hydrogeologickou a hydrochemickou charakteristiku hydrogeologických rajonů základní vrstvy 3221 Flyš v povodí Bečvy 3222 Flyš v povodí Moravy, 2211 Bečevská brána a okrajově 3213 Flyš

v povodí Odry a 2212 Oderská brána, a hydrogeologických rajonů svrchní vrstvy 1631 Kvartér Horní Bečvy a 1632 Kvartér Dolní Bečvy.

Přehled mapových listů jednotlivých mapových edicí hydrogeologických map, které zasahují do oblasti Hranického krasu a jeho předpokládaného infiltračního zázemí, a příslušných kapitol v textových vysvětlivkách je shrnut v tabulce 17.

Tab. 17: Přehled hydrogeologických map v zájmové oblasti Hranický kras.

mapový list	mapa	vysvětlivky
Základní hydrogeologická mapa ČSSR 1 : 200 000		
25 Zlín	Jetel 1991	Jetel et al. 1988
Mapa chemismu podzemních vod ČSSR 1 : 200 000		
25 Zlín	Jetel 1990	Jetel et al. 1988
Hydrogeologická mapa ČSR 1 : 50 000		
25-12 Hranice	Čurda 1992	Čurda 2000d
25-13 Přerov	Čurda 1996	Čurda 2001a
25-14 Valašské Meziříčí	Rybářová 1997a	Rybářová 1997b
Základní hydrogeologická mapa ČR 1 : 25 000		
25-123 Hranice	-	Čurda – Nováková 2004
25-132 Lipník nad Bečvou	Kryštofová 2018a	Kryštofová 2018b
25-141 Kelč	-	Nováková 2007

V zájmové oblasti Hranický kras, která zahrnuje vlastní rozšíření vápenců Hranického krasu a jeho infiltračního zázemí, je v archivu České geologické služby celkem 99 vrtů s hydrogeologickými daty. Tabulka 18 uvádí celkový počet hydrogeologických vrtů, které mají zaměřenou hladinu podzemní vody a zastoupení vrtů s relevantními výsledky hydrodynamických zkoušek (vrty s hydraulickými daty) a kompletními chemickými analýzami podzemní vody (vrty s hydrochemickými daty). Lokalizace všech vrtů s hydrogeologickými daty je znázorněna na obr. 13.

Tab. 18: Počty hydrogeologických vrtů v zájmové oblasti Hranický kras.

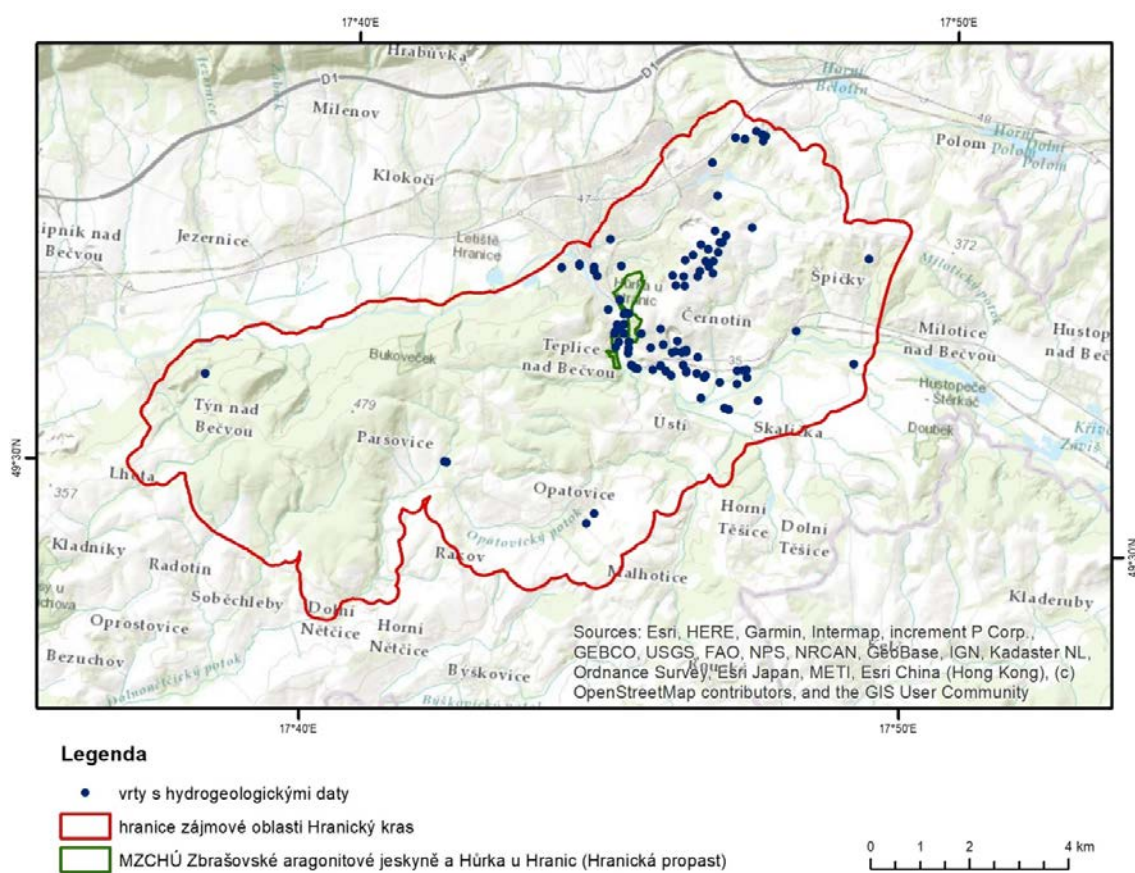
hydrogeologické vrty celkem	vrty s hydraulickými daty	vrty s hydrochemickými daty
99	67	34

Rozdělení vrtů podle jejich hloubkového dosahu je uvedeno v Tab. 19. Z tabulky je zřejmé, že největší skupinu vrtů tvoří vrty s hloubkovým dosahem 5,1 až 10, 0 m; celkově vrty s hloub-

kovým dosahem do 30,1 m v rozsahu připovrchové zóny zvětrávání a rozvolnění puklin představují více než 57 % z celkového souboru hydrogeologických vrtů. Hydrogeologické vrty, které zastihly masivní zónu v hloubkách větších než 80 m tvoří zhruba 22 % z celkového počtu vrtů. Nejhlubší hydrogeologický vrt BJ-101 Hranice dosáhl hloubky 353 m (Řezníček 1977). Závěrečné zprávy o hlubokých vrtech NP-756 Klokočí a NP-637 Bělotín, které leží těsně za vymezeným předpokládaným infiltračním zázemím, zpracovala Hufová (1967, 1968).

Tab. 19: Rozdělení vrtů s hydrogeologickými daty z archivu ČGS podle jejich hloubkového dosahu.

hloubka vrtu (m p. t.)	počet vrtů	zastoupení v %
< 5,0	2	2,0
5,1 až 10,0	33	33,3
10,1 až 30,0	22	22,2
30,1 až 80,0	20	20,2
80,1 až 150,0	14	14,1
>150,0	8	8,08



Obr. 13: Schéma lokalizace vrtů s hydrogeologickými daty v zájmové oblasti Hranický kras.

Vznikem a vývojem Hranického krasu se zabýval Kodým (1960). Genezi gejzírových stala-
 mitů v Hranickém krasu studovali Kašpar – Kinský (1943) a později Panoš (1952), Geršl –
 Travěnc (2017) přinesli novou teorii jejich vzniku. Způsob vzniku Hranického krasu procesem
 termominerálního krasovění jako první publikoval Kinský (1957). Původem CO₂ ve vybraných
 jeskyních na Moravě se zabýval Otava (1995). Vody Hranického krasu na základě archivních
 chemických analýzy rozlišil Geršl (2016), geochemii a původ fluid v systému Hranického krasu
 studovali Šráček a kol. (2019).

V souvislosti se zamýšlenou výstavbou vodního díla Skalička byl v oblasti realizován inž-
 nérsko-geologický průzkum (Hrdý 1961), novodobě hydrogeologický průzkum (Vysoká – Kuk-
 lík – Kunovjánek 2018). Geologická rizika plánované stavby vodního díla hodnotili Geršl –

Konečný (2018). Mělké geofyzikální mapování povrchu pohřbeného Hranického krasu metodou elektrické odporové tomografie (ERT) realizovali Bábek – Dlešík (2013).

Hydrogeologické problematice lázeňské struktury Teplice nad Bečvou se podrobně věnovali Řezníček (1961, 1977), Řezníček a kol. (1981) a Pelikán et al. (1986). Návrh revize ochranného pásma lázní Teplice nad Bečvou zpracovala Novotná – Burda (2015) a Novotná (2017). Přirozenou vydatností termálních vod v Teplicích nad Bečvou, jejich hydraulickým vztahem s řekou a Bečvou a problematikou infiltračního zázemí se zabývali Bruthans – Vysoká – Grundloch (2021).

Otázku nepropustnosti báze lomu v Hranicích řešili Řezníček (1984) a Novotná (2015). Hydrogeologickými poměry v oblasti Černotína se zabývali Pelikán – Řezníček (1963). Závěrečnou zprávu z regionálního hydrogeologického průzkumu kvartérních sedimentů horního a středního otoku Bečvy vypracoval Kupec (1978).

Množství nových poznatků o hydrogeologii Hranické propasti a Hranického krasu prezentovala Vysoká (2016, 2017) a Vysoká et al. (2019, 2021). Cílem hydrogeologických průzkumů Hranické propasti bylo zjistit původ vody v ní, pospat její chemické a fyzikální vlastnosti a jejich případné změny a pokusit se definovat souvislosti s mělkými podzemními vodami.

Dále jsou Českou geologickou službou archivovány výsledky četných hydrogeologických průzkumů víceméně lokálního významu, zaměřených na získávání a ověřování zdrojů podzemní vody, sledování případných úniků kontaminantů či sanace znečištění.

Ochrana přírody - Hranický kras

Hranický kras představují ostrůvkovitě vystupující devonské vápence v blízkém okolí Hranic. Zdejší krasové útvary lze v rámci ČR přiřadit k nejvýznamnějším. Národní přírodní rezervace **Hůrka u Hranic** byla vyhlášena na výměře 37,5 ha v roce 1952. Předmětem ochrany je krasové území na svazích nad břehem Bečvy včetně specifické flóry a fauny. Rezervace zahrnuje **Hranickou propast**, která je podle nejnovějších výzkumů pravděpodobně nejhlubší zatopenou sladkovodní jeskyní v Evropě (473,5 m, Klanica et al. 2020). Hydrotermální krasové procesy zde přispěly ke vzniku specifické jeskynní výzdoby.

Národní přírodní rezervace **Zbrašovské aragonitové** jeskyně byla vyhlášena v roce 2003 na celkové výměře 7,74 ha, ovšem jeskyně byly zpřístupněny už v roce 1923. Tento jedinečný systém vznikl současným působením atmosférických a teplých minerálních vod vystupujících z velkých hloubek ve vápencích. Jedná se o nejteplejší jeskyně v ČR s celoroční stálou teplotou 14,5 °C. Výzdobu tvoří minerál aragonit, dále raftové stalagmity a kulovité sintrové povlaky připomínající koblihy (<https://www.caves.cz/>).

Na studovaném území byly vymezeny další ZCHMÚ: PR **Bukoveček**, PR **Dvorčák**, PR **Škrabalka**, PR **Velká a Malá Kobylanka**, PP **Týn nad Bečvou**, PP **V oboře** a PP **Nad Kosteříčkem**. Všechna uvedená území náleží teplé klimatické oblasti.

4.6.3 Mladečský a Javoříčský kras

Geologie

Studovaná oblast leží mezi obcemi Jasenec, Biskupice, Líšnice, Loštice a Mladeč. Nachází se v Zábřežské vrchovině a zahrnuje nejrozsáhlejší jeskynní systém střední a severní Moravy. Krasové jevy jsou vázány na pruh vápenců, konicko-mladečského devonu (moravskoslezské paleozoikum moravskoslezské oblasti) a můžeme je rozdělit na tři krasová území: Ludmírovský kras, Javoříčský kras a Mladečský kras. Podle platného členění náleží tyto krasové jevy do oblasti: Krasová a pseudokrasová území středního bloku - Hornomoravský úval a okolí (Hromas ed. 2009). Zvrásněný pruh konicko-mladečského devonu leží v podloží spodně karbonských sedimentů drahanského faciálního vývoje moravskoslezského paleozoika (Moravskoslezský kulm) v Bouzovské vrchovině, a je překryt mladšími neogenními a kvartérními sedimenty v severozápadní části Uničovské plošiny. Za hranici mezi Javoříčským a Ludmírovským krasem můžeme považovat vojtěchovskou poruchu, což je SSZ-JJV orientovaná tektonická porucha probíhající ve směru Hvozď - Vojtěchov - Kadeřín. Od Mladečského krasu je Javoříčský kras oddělen tektonickou linií probíhající ve směru SV-JZ mezi Bílou Lhotou - Olešnicí - Bouzovem (Balatková 2017). V této oblasti je řada jeskyní, z nichž většina z nich obsahuje krápníkovou výzdobou. V některých z jeskyní byly učiněny významné archeologické nálezy (Hromas ed. 2009).

Geologická stavba

Paleozoikum

Studované území je dominantně budováno devonskými až spodně karbonskými sedimenty drahanského faciálního vývoje moravskoslezského paleozoika na Moravě (Svoboda a Prantl 1951; 1954; Chlupáč 1959; Barth 1960; Kettner 1965; Bábek et al. 1994; Bábek a Janoška 1997; Bábek 1996, 1997, 2001a; b; Bábek et al. 2006). V konicko-mladečském pruhu začíná litostratigrafický sled drahanského faciálního vývoje klastickými sedimenty. Jedná se o svrchně emské až spodně eifelské polymiktní až oligomiktní slepence, křemenné pískovce, drobové pískovce až droby (Chlupáč a Svoboda 1963). V jejich nadloží místy vystupují vápnité břidlice stínavskochabičovského souvrství s polohami biodetritických vápenců. Bazální klastika a stínavskochabičovské souvrství byly ukládány na krystalinické horniny brunovistulika. V nadloží tohoto komplexu vystupují jesenecké vápence. Dominantně se jedná o sled mikritických, biomikritických až biodetritických vápenců, který především při bázi obsahuje také polohy písčitých vápenců a vápencových brekcií s korálovou faunou a fosfority (Chlupáč a Svoboda 1963; Bábek 2001a, b). Stratigrafický rozsah jeseneckých vápenců byl biostratigraficky určen na střední eifel až svrchní tournai (Bábek et al. 1994; Bábek 2001a, b). Jesenecké vápence nejsou z litostratigrafického hlediska jednoznačně definovány. Místy jsou jasně odlišitelné od podloží a nadloží a mohou být chápány jako souvrství, avšak vápence se také prostorově zastupují s produkty podmořského vulkanismu a lokálně mají charakter drobných vložek, což může jejich definici snižovat na úroveň členu (Zukalová a Chlupáč 1982). Z tohoto důvodu používáme pro tyto horniny termín jesenecké vápence. Produkty vulkanické aktivity jsou dominantně reprezentovány bazickými lávami a vulkanoklastiky (hyaloklastity). Méně časté jsou polštářové lávy, vložky páskovaných magnetitových a hematitových rud a vápenců (Barth 1964). Kontakty mezi vulkanickými a vulkanoklastickými horninami a jeseneckými vápenci jsou tektonicky modifikované, avšak obecně se předpokládá, že se tyto dvě facie laterálně zastupují (Chlupáč 1964, Zukalová a Chlupáč 1982, Bábek et al. 1994). Vulkanity patrně tvořily podmořské elevace a v jejich blízkosti docházelo k usazování biogenních jeseneckých vápenců (Chlupáč 1964; Streit 2019). Na jesenecké vápence nasedá ponikevské souvrství (famen/tournai, obr. 1b) reprezentované břidlicemi s polohami radiolaritů (Chlupáč a Svoboda 1963; Dvořák 1994, 1996). Přítomnost radiolaritů indikuje větší hloubku sedimentace, která se občas nacházela pod úrovní karbonátové kompenzační hloubky (Carbonate Compensation Depth). Poté následovala flyšová sedimentace drahanského faciálního vývoje reprezentovaná protivanovským souvrstvím (visé,

Chlupáč et al. 2002; Kalvoda a Bábek 2010). Jedná se o rytmické střídání drob a břidlic nejlépe vyvinuty v širším okolí Jeleního vrchu a jižně od Řimic.

Stratigrafická pozice paleozoických vápenců

V oblasti Mladečského krasu dominují světlešedé masivní vápence, které k jihovýchodu do nadloží pravděpodobně přecházejí do vápenců laminovaných. Laminované litotypy zastižené v lomu Skalka bývají světlešedé, šedé a tmavě šedé (Bruthans et al. 2016). Ve vzorku vápence z lomu Skalka, poblíž kontaktu s břidlicemi kulmské facie se našel jediný silně korodovaný exemplář *Ancyrodella* sp., který jen rámcově umožňuje přiřadit vápence k frasnú, tedy do svrchního devonu (Otava et al. 1996).

Vývoj vápencové sedimentace byl poměrně komplikovaný s řadou hiátů a přerušení sedimentace, a to zejména na rozhraní devonu a karbonu (Svoboda a Prantl 1951; Bábek et al. 1994; Bábek 2001a, b). Středně devonská vápencová sedimentace (eifel-givet) je ve studované oblasti reprezentována hlavně mikritickými a biomikritickými vápenci. Laterálně se zastupují s břidlicemi stínavsko-chabičovského souvrství (Bábek et al. 1994). Fosfority se vyskytují hlavně v biomikritických a biodetritických jeseneckých vápencích, které jsou patrně franského stáří (Bábek et al. 1994). Vápence tournaiského stáří jsou faunisticky chudší a vyznačují se vysokou mírou fragmentace jednotlivých elementů konodontů a hojným výskytem redeponované starší fauny (Bábek 2001a) případně i fosforitů. Jemnozrné jesenecké vápence náleží k sedimentární sekvenci konicko-mladečského pruhu řazeného do drahanského vývoje moravskoslezského paleozoika. Severně od obcí Dzbel a Jesenec byly v jeseneckých vápencích devonského až karbonického stáří nalezeny několik mm až 25 mm ostrohranné a oválné úlomky černých fosforitů. Na základě tvaru byly fosfority rozděleny do dvou skupin: intraklasty a konkrce (Buriánek a Streit 2021).

Mesozoický a kenozoický vývoj

V druhohorách bylo území velmi pravděpodobně zalito křídovým mořem, ovšem sedimenty tohoto stáří byly v další geologické historii erodovány. V paleogénu a neogénu došlo k nové transgresi, která souvisela s alpinskou orogenezí. Ve studovaném území se zachovaly hlavně sedimenty spodního badenu (miocen), kdy se Hornomoravský úval stal součástí karpatské

předhlubně (Bruthans et al. 2016). Pliocenního a pleistocenní sedimentace pak měla kontinentální charakter. Vodními toky transportovaly silně zvětralé horniny z okolí a vznikly tak fluvio-lakustrinní křemenné písky s příměsí jílu, štěrky a jíly místy vápnité a písčité („pestré vrstvy“), které v oblasti karpatské předhlubně na Moravě překrývají starší horniny (Růžička ed. 1997). Ve studovaném území byly tyto sedimenty o mocnosti 20 m zastiženy vrtem (HJ-4) u Pateřína v nadloží vápenců Mladečského kasu (Starobová 1978a, b). Stejně staré sedimenty překrývají povrch vápenců i v sv. části území, kterou z větší části tvoří niva řeky Moravy.

Sedimenty pleistocénu a holocénu jsou reprezentovány svahovými sedimenty, které mají charakter kamenitých hlín s proměnlivým obsahem klastů o mocnosti až 8 m. Dále jsou zde zastoupené údolní nivy větších toků (Hradečka, Šumice, Špránek) vyplněné fluvialními štěrky v nadloží s písčitymi až písčitojilovitými hlínami. Významnější rozsahy i mocnosti kvartérních sedimentů je typická pro v. části studovaného území, která již zasahuje do Hornomoravského úvalu. Především jde o velice plošně rozsáhlé fluvialní sedimenty řeky Moravy, zastoupené především písčitymi štěrky překrytými písčitymi hlínami, o celkové mocnosti nepřesahující 10 m. Sprašové sedimenty se vyskytují ve větších mocnostech jen v širším okolí Chudobína, kde spolu s podložními svahovými sedimenty a fluvialními střednopleistocenními terasovými sedimenty řeky Moravy mohou dosahovat mocností až kolem 10 m (Bruthans et al. 2016).

Geologická pozice studované oblasti

Konicko-mladečský pruh je z regionálně geologického hlediska součástí moravskoslezské oblasti a bývá řazen do rhenohercynské zóny (Engel a Franke 1983; Finger a Steyrer 1995). Jedná se o vulkanosedimentární komplex devonského stáří, jehož stavba je důležitá pro pochopení paleozoického vývoje této části Českého masivu. Devonská sedimentace probíhala v podmínkách zaobloukové pánve na jv. okraji Laurussie, která vznikla extenzí krystalinického podkladu budovaného horninami brunovistulika (Kalvoda et al. 2008). Během karbonu přešla v této oblasti sedimentace do flyšové a byla ukončena uhlonosnou molasou (Kumpera 1983; Dvořák 1994; Chlupáč et al. 2002; Kalvoda a Bábek 2010). Devonská až spodnokarbonská sedimentace tedy reprezentuje vývojový cyklus na pasivním okraji, který začíná extenzí a končí kompresním uzavřením sedimentační pánve a variskou orogenezí (např. Hladil 1994). Na povrch paleozoické horninové sekvence vystupují v oblast Dražanské vrchoviny, Hrubého i Nížského Jeseníku a Tišnovska. Zmíněné horninové sekvence můžeme členit na pět základních vý-

vojů (Zukalová a Chlupáč 1982): vrbenský, drahanský (pánevní), Moravského krasu (platformní), ludmírovský (přechodný) a tišnovský (okrajový).

Tektonická charakteristika

Stavba konicko-mladečského pruhu hornin, antiklinální struktura SV-JZ směru, mezi synklinoriem na SZ a synklinoriem drahanské vrchoviny na V, vznikla vyvrásněním v oblasti střetu vrásnění asturské a bretonské fáze (tlak působil od SZ, tím vzniklo uklonění k JV) (Chlupáč, Svoboda 1963). Nejsilnější působení je z bretonské fáze a postihla předkulmské facie (konicko – mladečský pruh, moravský kras). Původní Kettnerova myšlenka byla, že devonské vrstvy tvoří podloží kulmu a na povrch vystupují v jádrech sevřených antiklinál překocených k východu a jsou místy omezeny přesmykovou dislokací. Avšak Chadima, Melichar (1998) zjistili, že devon ne vždy vystupuje v jádrech antiklinál a neleží pouze v podloží kulmu a že jsou tyto vrstvy v pozici regionálně alochtoní. Popsal (Kettner a Chadima-Melichar) také znaky na břidlicích, jejich fylitický lesk, který svědčí o intenzitě tektonických pohybů. Různé umístění devonu (jádra synklinál, ramena v antiklinálech) dokazují o představách nasunutí tělesa předflyšových hornin svrchní jednotky kulmu. Až poté nastala deformace, která zvrásnila devonské i karbonové vrstvy a tím se alochtony devonu dostaly do různých tektonických pozic (Chadima, Melichar 1998). Tito autoři vysvětlují dvě fáze deformací dvoufázovým tektonickým vývojem, nebo změnou pozic hornin v nasouvaném akrečním klínu variského flyše (Chadima, Melichar 1998).

Názory na vznik velmi složité stavby relativně malého území rozdělil Bábek (2001) do tří skupin:

1. Hladil (1994) a Chlupáč, Svoboda (1963) vysvětlují tuto složitou stavbu s faciální rozmanitostí rychlými přechody z hlubokomořských do mělkovodních prostředí a tektonická stavba vznikla **při** asturské fázi variského vrásnění.
2. Dvořák (1987, 1996) tvrdí, že jeden z největších významů má vojtěchovská porucha a za rychlé střídání facií považuje synsedimentární příčnou tektoniku a rozdíl v rychlosti dlouhodobého sesedání podloží. Vhodné podmínky pro vápencovou sedimentaci vysvětluje mělkovodním prostředím, která vznikla díky rychle klesající kře, od které na JZ vznikla postupně drahan-

ské facie a blíže k vojtěchovské poruše facie přechodní. Hranice ve směru zsz.-vjv. směru mezi těmito faciemi by měla být tektonická.

3. Kettner (1965,1966), Bábek (1995, 2006), Bábek a Janoška (1997), se přiklání k názoru, že došlo k přiblížení facií přesunutím devonských vrstev vývoje drahanského společně s protivanovským souvrstvím kulmu přes horniny vývoje přechodního a Moravského krasu včetně jejich podloží tvořeného kladeckými fylity od Z k V. Pro toto tvrzení svědčí tektonické oddělení němečických vápenců a ponikevských břidlic při v. okrají devonu od přechodního vývoje a vývoje moravského krasu. Dalším důkazem je výrazné zúžení vápencového pruhu v okolí Vojtěchova (cca 500m).

Vazba krasových jevů na tektoniku

Pro pochopení geneze a strukturně-tektonických poměrů Mladečského krasu a širšího okolí je rozhodující poznání krasových a paleokrasových jevů a jejich vazby na tektoniku a litologii oblasti. Krasové jevy vyvinuté v širším okolí Mladče patří Javoříčko-mladečskému krasu, který zahrnuje na povrchu izolované vápencové výchozy mezi vojtěchovskou poruchou na jihozápadě a vrchem Třesín u Mladče a ponořenou krou prameniště Čerlinka na severovýchodě. Četnost a rozšíření krasových jevů i jejich výplní jsou výsledkem dlouhodobého a polycyklického vývoje krasu. Paleokrasové procesy, které probíhaly během paleozoika a mezozoika jsou zatím minimálně poznány. Oblast prošla minimálně dvakrát podobným vývojem vadózní zóny, před badenem a po něm (Bosák 2006).

Javoříčko-mladečský kras se rozprostírá v jižním sousedství evropsky významné strukturní linie labského lineamentu. Ten rozděluje v rámci variského strukturního patra jižnější drahanskou a severnější jesenickou část moravskoslezského paleozoika. Tyto části se liší především litologií a stratigrafií předflyšového, tedy předkulmského vývoje. Oba předflyšové (předkulmské) vývoje jsou součástí výrazných, víceméně směrných tektonických zón. V rámci moravskoslezského paleozoika jsou vápence Mladečského krasu součástí tzv. moravskoslezského bradlového pásma definovaného Přichystalem (1996). Variské horotvorné pochody způsobily zvrásnění a sešupinatění devonských a karbonských sedimentů s výraznou vergencí k jihovýchodu. Vznik výrazných zón zbrídlíchnatění byl zřejmě spojen s popsanou orogenní fází. Směrné

poruchy, které omezují šířku vápencových pruhů, jsou dalším výrazným prvkem geologické stavby. Kolmo na ně jsou vyvinuty příčné dislokace směru severozápad-jihovýchod, podél nichž docházelo k posunům ker. Příčné poruchy jsou výsledkem pozdějších fází variské tektogeneze a část z nich byla zmlazena v paleogénu pleistocénu v průběhu saxonských pohybů. Vápencový masiv Třesína představuje severovýchodní ukončení konicko-mladečského pruhu zmíněného pásma.

Tato oblast reprezentuje významnou a vzájemně propojenou regionální krasovou zvoď s řadou ponorných území na jihozápadě a rozsáhlým vývěrovým systémem na severovýchodě. V území nelze hovořit o souvislé hladině podzemní vody, ta stupňovitě klesá od ponorové oblasti (Javoříčko, cca 300 m n.m.) k hlavnímu vývěru (Čerlinka, cca 240 m n.m.), tedy od jihojihozápadu k severoseverovýchodu (Bosák 2006, Morávek 2005). U Javoříčka a Hvozdečka podzemní propojení geologických ker může probíhat i po poruchových zónách v siliciklastikách spodního karbonu (kulmu). V zájmové oblasti Mladečského krasu je hloubka této zvodně zhruba na úrovni cca 240 m n. m.

Tektonikou konicko-mladečského devonu a geologickou stavbou Dražanské vrchoviny se zabýval již Kettner (1965, 1966). Další práce v oblasti pokračovaly v rámci geologického mapování započatého v roce 1992 (Otava, 1993) a dalších výzkumů s ním souvisejícím (Hanžl, 1994; Hanžl, 1995a; Hanžl, 1995b). Byly publikovány také průběžné zprávy týkající se mapování kladeckého a nectavského krystalinika (Hanžl, 1995a, 1995b). Strukturně geologické měření konicko-mladečského devonu provedl Bábek (1992) a dále se spolu s dalšími autory zabýval jeho stavbou prostřednictvím strukturního studia i podrobného rozlišování mikrofaciálního vývoje a jeho disjunkcí (Bábek et al., 1994; Bábek a Janoška, 1997; Bábek et al., 2006). Tektonikou střední části Dražanské vrchoviny se pak zabývali Chadima a Melichar (1998).

Výraznými strukturními prvky částí paleozoických sedimentů (viz obr. 3) jsou horninové pruhy zvrásněné a dislokované do s.-j. až vsv.-zjz. směru (Otava in Müller et al., 2000). Asi nejvýraznějším strukturním prvkem je však systém sz.-jv. Orientovaných, tzv. sudetských zlomů nectavsko-konického systému, který je, podle Dvořáka (1987), přímým pokračováním labského lineamentu, variského a později rejuvenovaného zlomového pásma. Je na něm vytvořeno páteřní údolí zájmového území – nectavské údolí.

Stejného směru je i druhá nejvýznamnější porucha zájmového území – vojtěchovská dislokace, která rozděluje konicko-mladečský devon na dva zcela rozdílné úseky. V sv. části vystupuje devon vesměs vývoje analogického s vývojem devonu Moravského krasu. Devon vystupující jz. od vojtěchovského zlomu je charakteristický vývojem přechodním a drahanským (Chlupáč a Svoboda, 1963). Sudetský směr rovněž predisponoval také rozšíření křídových sedimentů a miocenní záplavy v širší oblasti v období mezozoika a kenozoika (Otava in Müller et al., 2000). Směr zlomů SZ–JV je významný také ze seizmotektonického hlediska a prakticky zde ohraničuje jihozápadní okraj seizmicky aktivní sv. části Českého masivu (Skácelová, 1997). Hypocentra zemětřesení jsou lokalizována především na styk zlomů nectavskokonického systému se zlomy východního okraje boskovické brázdy (Skácelová et al., 1999).

Během pliocénu zřejmě docházelo k diferenciaci sedimentačního prostoru v důsledku tektonických poklesů. Území mezi Litovlí a Řimicemi bylo tektonicky aktivní i během pleistocénu, což vyplývá z nepřítomnosti spodno i střednopleistocenních šterků na Třesínském prahu. Z regionálního pohledu byl pliocenní sedimentační prostor dále k východu oddělen vůči karpatské předhlubni a vnějším Západním Karpatům zlomy řeky Moravy a holešovským zlomem (Špaček et al. 2015). Vnitřně se tento sedimentační prostor dál dělí na dílčí tektonické struktury v podélném i příčném směru. Její podloží tvoří zčásti horniny patra variského a zčásti alpínského. Ve vztahu k podložním jednotkám a průběhu alpínské orogeneze představuje strukturu naloženou, která je pravděpodobně posttektonická (Zapletal 2005). Jsou zde zastoupeny sedimenty od miocénu, karpatu až po holocén.

Při průzkumu jeskyní v javoříčském krasu bylo zjištěno (Přecechtělová G., 2014), že směry tektonických poruch, foliací a puklin odpovídají hodnotám na povrchu a obecně v celém moravskoslezském paleozoiku. Významné jsou především směry foliací SSV – JJZ až VSV-ZJZ a puklinový systém ZSZ – VJV, které predisponují hlavní chodby jeskyní. Kvantifikací polámaných sintrů bylo zjištěno, že tyto poruchy se nejčastěji vyskytují podél ploch foliací a datováním stalaktitů z jeskyně Za Hájoanou bylo zjištěno, že k pohybům na zlomech docházelo během *svrchního pleistocénu* (290 000 – 60 000) a byl vyloučen antropogenní vliv (Přecechtělová G. 2014).

Krasové jevy

Oblast Javoříčského krasu se rozprostírá v pruhu dlouhém 7 kilometrů a širokém maximálně 1,5 kilometru. Je v něm evidováno 52 jeskyní (Vybíral 2008). Jeskyně situovány v oblasti Bouzovské vrchoviny sev. od Konice jsou reprezentovány hlavně Javoříčskými jeskyněmi (Vybíral 2008; Hromas ed. 2009; Zajíček 2020). To je rozsáhlý třípatrový systém rozměrných erozně-korozní chodeb a dómů s bohatými krápníkovými formami. Byly zde nalezeny paleontologické nálezy pleistocenních obratlovců. Významné zimoviště netopýrů a vrápenců. Součástí systému Javoříčských jeskyní jsou Švecova díra, Svěcená díra (situovaná blíže k vrcholu Špraňku), Hlinité j. a Zátvořice (řícený závrť). Dále jsou zde samostatné jeskyně jako je Soví díra (délka ~20 m), Zkamenělý zámek situovaná v kopci Špraňek (délka ~60 m), Liščí díra (délka ~15 m) a další (jeskyně číslo 1, 2, 3, 4, 11, 12, 14, 15, 16, 17 a 18). V povodí Špraňku (Hromas ed. 2009; Zajíček 2020) v. od Ludmírova jsou pak situovány tři jeskyně zvané Průchodnice, protínající stejnojmenný úzký skalní hřeben a jsou zde i další jeskyně (například č. 10 jeskyně v Ludmírovském kamenolomu, č. 11 jeskyně Ve stráni, č. 12 jeskyně Ve skalkách).

Oblast Mladečského krasu zahrnuje hlavně Mladečské jeskyně což je systém subhorizontálních chodeb a dómů. Jeskyně jsou interpretovány jako korozně-erozní a tektonicky predisponované. Mladečské jeskyně mají krápníkovou výzdobu a částečně zaplavené nejnižší úrovně. Je to také významná paleontologická lokalita (pleistocenní obratlovci a kosterní pozůstatky cromagnonského člověka včetně paleolitické kamenné industrie). Další důležitou jeskyní je Podkova (poblíž Třesína). Jedná se o horizontální chodbu se dvěma vchody. Také tato jeskyně je významná paleontologická lokalita. Dále jsou zde jeskyně Ve štole, Soví oči, Chlebová pec a Jezevčí díra (Hromas ed. 2009; Zajíček 2020).

Mapové podklady a geologická prozkoumanost

Studované území je situováno při východním okraji geologické mapy v měřítku 1 : 200 000 M-33-XXIII Česká Třebová (Svoboda ed. 1962) a zasahuje také na sousední list M-33-XXIV Olomouc (Roth ed. 1962). V rámci edice základních geologických map 1 : 50 000 (Soubor geologických a účelových map) zasahuje studované území na list 14-43 Mohelnice (Koverdinský ed. 1998a), 14-44 Šternberk (Koverdinský ed. 1998b), 24-21 Jevíčko (Otava ed. 1997) a 24-22 Olomouc (Růžička ed. 1997). K mapám Jevíčko a Mohelnice byly postupně vydány také textové vysvětlivky (Müller ed. 2000 a 2001). Geologická a tektonická stavba Litovelského Pomora-

ví byla zpracována ve dvou souborných zprávách pro MŽP (Dvořák et al. 1991 a Otava et al. 1996). Také byl proveden gravimetrický průzkum v prostoru Třesína (Tomek – Novotný 1971), dále geofyzikální práce Klablana (1977) a Dvořák et al. (1974), jejichž výsledky byly znázorněny v izoliniových mapách určujících hloubku vápenců (Bruthans et al. 2016). Karsologická a krasově hydrogeologická problematika Javoříčko Mladečského krasu byla zpracována v pojednáních Morávka (2005) a Bosáka (2006). V edici Geologie chráněných oblastí České republiky vyšla geologická mapa a stručný vysvětlující text s fotodokumentací Litovelské Pomoraví (Otava – Pošmourný 2007).

Geochemická prozkoumanost

Pro budoucí interpretaci geochemických vlastností horninových komplexů jsou k dispozici starší analýzy dostupné v litogeochemické databáze ČGS (Gürtlerová et al. 1997) a to v počtu 12 výsledků (tab. 20). Dostupné analýzy jsou však neúplné, často obsahují informace jen o obsazích hlavních oxidů což je pro charakteristiku horninových komplexů nedostatečné. Není také plně pokryta litologická variabilita studovaného území. K dispozici jsou pouze čtyři analýzy droba a čtyři analýzy břidlic z lokalit Stražisko a Nová Ves. Dále databáze obsahuje dvě neúplné analýzy vápenců z lokality Stremenicko a dvě analýzy ryolitů z lokality Ludmírov. Zcela chybí informace o bazických vulkanitech.

Tab. 20: Přehled starších analýz dostupných pro charakteristiku horninových komplexů.

Idn	Dok. bod	Č. mapy	N. mapy	Lokalita	Hornina	Autor
2945	S765	24214	Konice	Stražisko	droba	Čadková Zdena
2946	S766	24214	Konice	Stražisko	droba	Čadková Zdena
2971	S761	24214	Konice	Stražisko	břidlice jílovitá	Čadková Zdena
2972	S762	24214	Konice	Stražisko	břidlice jílovitá	Čadková Zdena
2782	S757	24212	Luká	Stremenicko	vápenec	Čadková Zdena
2783	S758	24212	Luká	Stremenicko	vápenec	Čadková Zdena
11785	LV_23_63	24212	Luká	Ludmírov	ryolit	Hanžl Pavel
11786	LV_23_74	24212	Luká	Ludmírov	ryolit	Hanžl Pavel
2943	S753	24221	Litovel	Nova Ves	droba	Čadková Zdena
2944	S754	24221	Litovel	Nova Ves	droba	Čadková Zdena
2975	S755	24221	Litovel	Nova Ves	břidlice jílovitá	Čadková Zdena
2976	S756	24221	Litovel	Nova Ves	břidlice jílovitá	Čadková Zdena

Hydrogeologie a hydrologie

Charakteristiku platných hydrogeologických rajonů podává studie Olmera et al. (2006), která navazuje na práci Michlíčka et al. (1986) obsahující vymezení a základní geologickou, hydrogeologickou a hydrochemickou charakteristiku hydrogeologických rajonů základní vrstvy 6620 Kulm Dražanské vrchoviny, 6640 Mladečský kras, 5221 Boskovická brázda a 2220 Hornomoravský úval, a hydrogeologických rajonů svrchní vrstvy 1610 Kvartér Horní Moravy a 1621 Pliopleistocén Hornomoravského úvalu.

Přehled mapových listů jednotlivých mapových edicí hydrogeologických map, které zasahují do oblasti Mladečsko-Javoříčského krasu a jeho předpokládaného infiltračního zázemí, a příslušných kapitol v textových vysvětlivkách je shrnut v tabulce 21.

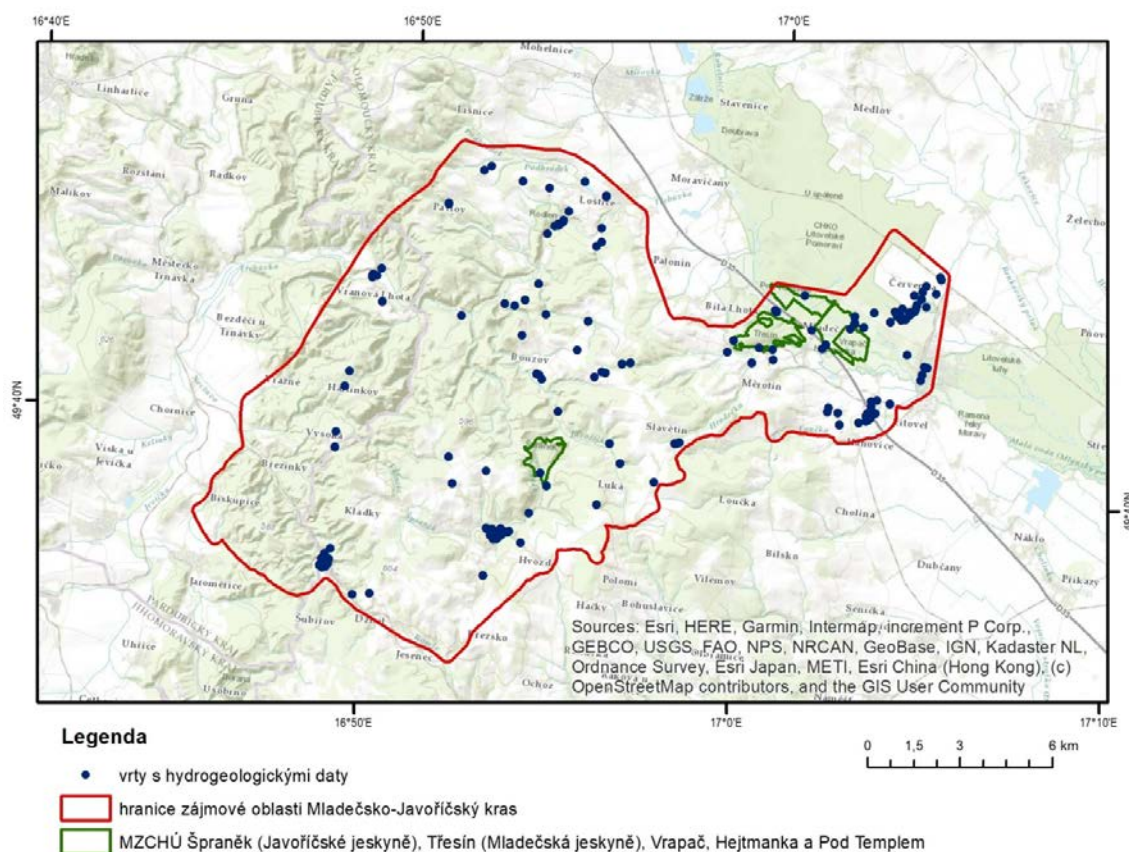
Tab. 21: Přehled hydrogeologických map v zájmové oblasti Mladečsko-Javoříčský kras.

mapový list	mapa	vysvětlivky
Základní hydrogeologická mapa ČSSR 1 : 200 000		
14 Šumperk	Kačura 1985a	Kačura et al. 1991
24 Brno	Myslil 1987a	Myslil et al. 1985
Mapa chemismu podzemních vod ČSSR 1 : 200 000		
14 Šumperk	Kačura 1985b	Kačura et al. 1991
24 Brno	Myslil 1987b	Myslil et al. 1985
Hydrogeologická mapa ČSR 1 : 50 000		
14-43 Mohelnice	Čurda 1998b	Čurda 2001b
14-44 Sternberk	Čurda 1998c	Čurda 2001c
24-21 Jevíčko	Čurda 1998a	Čurda 2000e
24-22 Olomouc	Čurda 1999	Čurda 2001d

V zájmové oblasti Mladečsko-Javoříčský kras, která zahrnuje vlastní rozšíření vápenců Mladečského a Javoříčského krasu a jeho infiltračního zázemí, je v archivu České geologické služby celkem 185 vrtů s hydrogeologickými daty. Tabulka 22 uvádí celkový počet hydrogeologických vrtů, které mají zaměřenou hladinu podzemní vody a zastoupení vrtů s relevantními výsledky hydrodynamických zkoušek (vrty s hydraulickými daty) a kompletními chemickými analýzami podzemní vody (vrty s hydrochemickými daty). Lokalizace všech vrtů s hydrogeologickými daty je znázorněna na obr. 14.

Tab. 22: Počty hydrogeologických vrtů v zájmové oblasti Mladečsko-Javoříčský kras.

hydrogeologické vrtý celkem	vrtý s hydraulickými daty	vrtý s hydrochemickými daty
185	137	58



Obr. 14: Schéma lokalizace vrtů s hydrogeologickými daty v zájmové oblasti Mladečsko-Javoříčský kras.

Rozdělení vrtů podle jejich hloubkového dosahu je uvedeno v Tab. 23. Z tabulky je zřejmé, že největší skupinu vrtů tvoří vrtý s hloubkovým dosahem 10,1 až 30,0 m; celkově vrtý s hloubkovým dosahem do 30,0 m v rozsahu přípoверхové zóny zvětrávání a rozvolnění puklin představují více než 60 % z celkového souboru hydrogeologických vrtů. Hydrogeologické vrtý, které zastihly masivní zónu v hloubkách větších než 80,1 m, tvoří pouze zhruba 8 % z celkového počtu vrtů. Nejhlubší hydrogeologický vrt HJ-4 Pateřín (Starobová 1978) dosáhl hloubky 300 m.

Tab. 23: Rozdělení vrtů s hydrogeologickými daty z archivu ČGS podle jejich hloubkového dosahu.

hloubka vrtu (m p. t.)	počet vrtů	zastoupení v %
< 5,0	7	3,8
5,1 až 10,0	39	21,1
10,1 až 30,0	70	37,8
30,1 až 80,0	54	29,2
80,1 až 150,0	10	5,4
> 150,1 (max.)	5	2,7

Povrchové a podzemní krasové jevy v oblasti detailně popsal Bletka (1932), Loučková – Michovská (1963, 1964), Starobová (1978), Panoš (1957), Pučálka a kol. (2001) a další. Klíčovou prací, která doložila velmi komplikovaný charakter proudění, jsou stopovací zkoušky z roku 1961 (Panoš 1961b, 1962) později potvrzené stopovací zkouškou pomocí radioizotopů (Novák 1961). Na možnost velkého soustředěného jímání podzemní vody upozornil Kněžek (1962), který realizoval čerpací zkoušky v nivě Moravy z. od Litovle (dnes jímací území - JÚ Čerlinka).

Oblast byla velmi detailně studována s ohledem na existenci významného zdroje podzemní vody JÚ Čerlinka. Nejrozsáhlejší regionální studií je práce Starobové (1978), která se zabývá celou oblastí výskytu vápenců, a následující etapové zprávy studia podzemních vod JÚ Čerlinka (Starobová 1979, 1981, 1983 a 1986).

Hydrogeologii území jižně od Vojtěchovského zlomu se zabýval Kněžek (1961), který zkoumal vydatné prameniště odvodňující vápence u Ludmírova. Detailní hydrogeologické mapování tohoto území provedli Tišnovská a Pišl in Crha (1974).

Koncem osmdesátých a na počátku devadesátých let 20. stol. byly prováděny studie za účelem vymezení vnějšího ochranného pásma JÚ Čerlinka (Homola 1989, Pospíšil 1992, 1995 a Krásný 1996). Podle vyšší teploty a chemického složení uvažuje Panoš (1990) na dlouhou dobu zdržení vod vyvěrajících v JÚ Čerlinka. Zajímavá je práce Procházky (1984), která obsahuje velké množství dat o chemizmu pramenů a vodních toků a údaje o odtocích z povodí Špraňku za velmi nízkých vodních stavů. Bruthans a kol. (2006) se zabýval určením rozsahu proudové oblasti vod vyvěrajících v JÚ Čerlinka na základě bilance tepelného toku. Stanovením PHO

a vlivem lomu v dobývacím prostoru Skalka-Mladeč se zabýval Pospíšil (1992). Střední dobu zdržení na základě kolísání stabilních izotopů kyslíku, aktivity a tritia a koncentrací freonů a SF₆ provedl Bruthans (2006). Srovnání chemizmu podzemních vod z vápenců i kvartérních náplavů a řeky Moravy provedla Kroupová (2007). Výsledky stopovací zkoušky na Kovářovském potoce uvádí Bruthans a Vojtěchovská (2009).

V rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod realizovaném Českou geologickou službou byly zpracovány geologické a hydrogeologické poměry v hydrogeologickém rajonu 6640 Mladečský kras. Bylo provedeno ověření pozice a hloubky jednotlivých kolektorů a izolátorů a jejich hydraulických parametrů, chemismus podzemní vody. Byla vyhodnocena režimní pozorování hladin podzemní vody na stávajících vrtech a přírodní zdroje podzemních vod a jejich využitelné zásoby (Bruthans – Kryštofová eds. 2016).

Dále jsou Českou geologickou službou archivovány výsledky četných hydrogeologických průzkumů víceméně lokálního významu, zaměřených na získávání a ověřování zdrojů podzemní vody, sledování případných úniků kontaminantů či sanace znečištění.

Ochrana přírody - Javoříčko-Mladečský kras

Největším legislativně vymezeným celkem je zde chráněná krajinná oblast **Litovelské Pomoraví**. CHKO v údolní nivě řeky Moravy byla zřízena v roce 1990 vyhláškou č. 464/1990 Sb. a náleží převážně teplé klimatické oblasti. Území o výměře 96 km² slouží k ochraně meandrujícího toku řeky Moravy a přilehlých lužních lesů a současně je vymezeno jako ptačí oblast (PO) a evropsky významná lokalita (EVL). Celý komplex má kromě ochrany přírody podporovat ekologickou funkci krajiny (Šafář et al. 2003). V rámci CHKO byla vymezena další maloplošná zvláště chráněná území (MZCHÚ), např.: přírodní rezervace **Hejtmanka** a přírodní památky **U senné cesty** a **Třesín**. Vápencový vrch Třesín je protkán složitým systémem puklinových chodeb a dómů, známým jako **Mladečské jeskyně**.

Mimo CHKO Litovelské Pomoraví byla v okrese Prostějov převážně na vápencovém podloží vymezena další MZCHÚ. V jihozápadním směru od Mladče jsou to NPR **Špraněk**, PP **Taramka**, PR, **Průchodnice**, PP **U nádrže** nebo PP **Rodlen**. Nejvýznamnější, NPR **Špraněk** byla vyhlášena jz. od Javoříčka již v roce 1949 na výměře 28,7 ha. Jedná se o krasové území modelo-

vané tokem potoka Špraňku s četnými povrchovými a podzemními krasovými jevy s výskytem kalciferních druhů rostlin (Šafář et al. 2003). Bohatě zdobený podzemní systém je přístupný jako **Javoříčské jeskyně**. Uvedená chráněná území náleží mírně teplé klimatické oblasti.

4.6.4 Chýnovský kras

Geologie

Oblast je tvořena komplexem dvojslídých pararul až svorů moldanubika. V tomto komplexu jsou zapracovány tělesa krystalických vápenců až dolomitů (mramorů) a amfibolitů, případně křemenců (Orlov a Veselý 1931), které dohromady tvoří 50–100 m mocné těleso probíhající přibližně ve směru ZSZ–VJV (srovnej Cajz 1987). Tento pruh označujeme jako chýnovsko-ledečský (v pestré části chýnovské svorové zóny), a řadíme jej do pestré skupiny moldanubika. Zlomovým systémem, s průběhem převážně sv.–jz. směru, je celý pruh (pásmo) rozdělen do několika menších bloků. Struktury metamorfovaných hornin se uklánějí přibližně k S a SV pod úhlem 40–50°.

Tektonicky značně porušený horizont krystalických vápenců s amfibolity o mocnosti 100–150 m, uložených společně v okolních pararulách, se táhne přibližně v délce 4–5 km od Velmovic přes Pacovu a Kladrubskou horu k Lejčkovu.

Krasové jevy, včetně Chýnovské jeskyně jsou vázány pouze na vložku hrubozrnného krystalického vápence (lidově nazývaného "řed'ák") mocnou pouhých 10 m. Krystalický vápenec je chemicky čistý, s obsahem CaCO_3 okolo 98 %. Stabilními izotopy C a O se zabývali Kuchařová a Příkryl (2017). Vložka krystalického vápence je uložena v jemnozrnném až celistvém dolomitickém vápenci, jehož nadložím i podložím jsou amfibolity (Rybařík 1967). Celý tento amfibolicko-karbonátový komplex obsahuje různě mocné lavice vápenato-silikátových hornin a světlých křemenem bohatých hornin. Obecně se zde vyskytuje škála hornin od vápenců přes dolomitické vápence po dolomity s různou příměsí SiO_2 (CaCO_3 v průměru mezi 63–88 hm. %; MgCO_3 0,2–40 hm. %; SiO_2 3–16 hm. %; Rybařík 1967). Petrografií amfibolitů a jejich srovnáním v rámci pestré skupiny moldanubika se zabývali Janoušek et al (2008). Vápence jsou obvykle středně až hrubě zrnité (zrna až 5 mm). Nasákavost se pohybuje okolo (0,5 hm. %; Plch 1981).

Kromě výchozových partií byly karbonáty zastíženy rovněž ve vrtech v hloubce až 250 m pod terénem. Sklon foliace lokálně kolísá mezi 30–60°. Komplex je porušen podél zlomů směru S–J až SSZ–JJV na jednotlivé kry (Bruthans 2006). V rámci řešeného polygonu jsou kromě Chýnovské jeskyně krasové jevy vyvinuty též u Velmovic.

Nekarbonátové horniny jsou místy zvětralé do hloubek až 40 m. Jedná se o selektivní zvětrání některých typů hornin, zatímco jiné jsou i blízko u povrchu nezvětralé (Plch 1981).

Dle geologické mapy 1:200 000 (Kodym et al. 1964) zasahují od jihozápadu do prostoru Chýnovského krasu denudační reliktů terciárního mydlovarského souvrství. Jeden z nich se nachází také v těsném okolí Pacovy hory na vrchu Sosniny (Jenček a Žežulková 1966). Souvrství je tvořeno kombinací písků a jílu, jejichž mocnost přes 20 m byla ověřena dvěma šachticemi v blízkosti Chotčického potoka. Mocnost kvartérního pokryvu kolísá obvykle mezi 0,5 až 2 m (Rybařík 1967).

Pozice a mapové podklady

Studované území o celkové ploše 23,5 km² je vymezeno přibližně v oblasti severně od Chýnova, mezi obcemi Chotčiny, Oblajovice, Prasetín, Radostovice, Kladruby a Velmovice.

Území je zachyceno na geologických mapách v měřítku 1:200 000 (Kodym et al. 1964), dále v měřítku 1:50 000 23-13 Tábor (Novák a Opletal reds.1997) s vysvětlivkami (Dušek et al. 2001); v měřítku 1:25 000 list M-33-90-D-a Ratibořské hory (Jenček a Žežulková 1966) a list M-33-90-D-b Obrataň (Suk et al. 1966); na listu 23-134 Černovice (Suk red. 1980).

Geologická stavba Chýnovského krasu a Chýnovské jeskyně

Geologickou stavbou Chýnovského krasu se od dob Friče a Krejčího (1863) zabývala celá řada autorů. Některé výstupy vyšly v odborné literatuře (viz dále), značnou část je ale nutné dohledat v podobě nejrůznějších závěrečných zpráv, jako např. Čepek (1939 – o těžbě mramorů); Homola (1942 – výzkum krasu); Kumstát et al. (1958 – průzkum mramorů); Janoušek et al. (1998 – petrologie okolních amfibolitů); či populárních článků (např. Kuský 1940).

Strukturální poměry Chýnovského krasu a širšího okolí se zabýval zejm. Cajz (1984) ve své diplomové práci, kde provedl značné množství strukturálních měření a je tedy významným zdro-

jem těchto dat. Hydrogeologií oblasti se nověji zabýval Bruthans (2006) a Vojtěchová (2010). Vznikem jeskynního systému např. Krejča et al. (2001)

Chýnovský kras s jeskynním systémem je vyvinut na jižním úbočí Pacovy hory (589 m n. m), 2,5 km sv. od Chýnova. Jedná se o poměrně rozvinutý kras v metamorfovaných karbonátech. Jeskyně je protékána menším podzemním tokem, který vzniká přímo v podzemí soustředěním několika podzemních vývěřů. Nejdůležitějším faktorem vzniku jeskyně je koroze, tedy chemické rozpouštění vápenců, probíhající ve freatické zóně (v prostorách trvale zatopených vodou).

Charakter krasových hornin: metamorfované vápence a dolomitické vápence, tedy hrubozrnné krystalické vápence (a dolomity), částečně v amfibolitech (nekrasové). Krystalické vápence a dolomity se střídají s polohami amfibolitů. Jde o relativně čisté, středně zrnité, šedé texturně homogenní horniny, uložené v biotitických a biotit-muskovitických pararulách, často obsahujících polohy amfibolitů a grafitických kvarcitů (Houzar et al. 2017). Zcela zde chybí povrchové krasové jevy.

Průběhy jeskynních prostor výrazně kopírují geologickou a tektonickou stavbu masívu. Kromě zlomů či puklin vznikaly jeskyně také na kontaktech vápenců s nekrasovými horninami. Vznik větších prostor byl klasicky podmíněn řícením stropů zasahujícího až do nadložních hornin. Úklon celého jeskynního systému je v souladu s úklonem celých metamorfovaných struktur (tedy 40–50° k severu).

Jeskynní systém byl objeven roku 1863 (14. července) při těžbě vápence v jednom z bývalých selských lomů (Júzově). Pro veřejnost byla jeskyně zpřístupněna od roku 1868 a stala se tak první veřejnosti zpřístupněnou jeskyní na území Čech a Moravy. Národní přírodní památkou (NPP) byla vyhlášena v roce 1992 (s drobnou obměnou vymezení v roce 2010).

Prostory horizontálního charakteru mají obvykle průběh V–Z, strmě ukloněné prostory spojující jednotlivé úrovně mají obvykle směr S–J.

Samotná Chýnovská jeskyně je 1170 m dlouhá (dle jiných zdrojů až 1400 m – např. SJČR, online; Bruthans a Zeman 2003). Kras je vyvinut zejména díky korozi vodního toku. To vede k výrazné (a unikátní) modelaci jeskynních prostor, které jsou téměř bez výzdoby (sekundárních karbonátů). Sekundární karbonát tvoří v podstatě pouze sintrové a nickamínkové povlaky omezeného rozsahu (Nekut 1906 uvádí „...podoby kornaté a hrachovcovité“). Hydro-

chemickými vlastnosti skapových vod se zabýval ve své diplomové práci Lutz (2015). V zatopených částech jeskyní jsou aplikovány nové metody mapování podzemních prostor a jejich vizualizace pomocí 3D skenování (Šindelář a Krejča 2019).

Dle Správy jeskyní ČR (dostupné online) činí celková délka dosud objevených částí jeskynního systému 1400 m s výškovým rozdílem (denivelací) 74 m, přičemž vodou trvale zatopena je téměř čtvrtina známých chodeb jeskyně. Teplota vzduchu v některých prostorech (nepřístupných) klesá v zimním období až pod bod mrazu, maxima dosahují teploty do 9°C, vlhkost vzduchu 96–100 %.

Skřivánek (1964) usuzuje na předmiocénní stáří nejvyšších částí Chýnovské jeskyně, protože prostory se nacházejí nad Rutickou plošinou pokrytou miocénními sedimenty.

Vliv těžby a otevřených těžebních prostor na zdroj podzemní vody řeší např. Mach (1967).

Tektonika

Tektonickou situaci Chýnovského krasu zpracoval Cajz (Cajz, 1984; Cajz, 1987). Popsal metamorfni foliaci, uklánějící se pod úhlem zhruba 45° k severu jako hlavní prvek stavby, nepodařilo se mu nikde najít původní sedimentární stavby (vrstevnatost). Foliace a celá stavba je zvrásněna do několika izoklinálních přímých vrás, které pozoroval v lomu pod Pacovou horou (západně od Chýnovské jeskyně).

Objevil dva systémy mladších zlomů, které mramorové těleso porušují: několik příčných zlomů ssv.-jjz. směrů, které spojil se vznikem Blanické brázdy a na ně zhruba kolmé zsv.-vjv. zlomy. Jejich relativní stáří nestanovil. Velmi přínosné bylo jeho studium puklin, definoval 3 hlavní systémy puklin – severo-j jižní pukliny, vsv.-zjz. pukliny a nakonec zsv.-jv. pukliny, přičemž poslední dva systémy pukliny podle Cajze vznikly současně s vrásovou stavbou.

Genezi Chýnovské jeskyně spojil hlavně se směry foliace, kdy jeskynní chodby vznikaly hlavně na kontaktu mramoru a amfibolitu, a také s puklinami zsv.-jv. směru. Pověštil si také „uskočení“ celého systému na zlomu zsv.-jv. směru.

Mineralogie

Chýnovský kras a jeho širší okolí, zejm. pak Pacova hora je významnou geologickou a mineralogickou lokalitou (např. Bernard 1908; Vrána 1978, 2011, 2014; Litochleb et al. 1997 a 2004; případně Litochleb a Sejkora 1999; souhrnně o mineralogii potom Krejča 2008 a Houzar et al. 2017). Pacova hora je významná zejména množstvím minerálů, popsáných v rámci jedné lokality. Minerály jsou zde studovány systematicky již od 19. století. Počet minerálů dnes přesahuje padesátku. Mineralogické bohatství je důsledkem opakovaných metamorfóz skupiny hornin různého petrografického a chemického složení, které vyvolaly hned několik odlišných procesů mineralizace.

Ze všech minerálů popsáných z Pacovy hory byla více než třetina nalezena také v systému Chýnovské jeskyně. Některé z nich nebyly do té doby z Pacovy hory známy. Minerály vyplňují tektonické poruchy nebo jsou obsaženy přímo ve vápenci. Tyto potom často ovlivňují zbarvení stěn jeskyně. Po rozpuštění méně odolného vápence jich pak většina zůstává v jeskynních sedimentech.

K mineralogicky významným minerálům se řadí například palygorskit (lidově nazývaný "skalní kůže"), který je ve vlhkém prostředí ohebný a měkký. Ten díky selektivní erozi často vyvětrává spolu např. s chalcedonem ze stěn. V nehojných sintrových výplních je obsažen mimo jiné např. opál.

Zajímavostí Chýnovské jeskyně je výskyt sytě fialové odrůdy tremolitu, tzv. hexagonitu, neboť se jedná asi o jedinou dosud známou lokalitu tohoto minerálu mimo severní Ameriku, a celkově jde pouze o druhý případ nálezů tohoto minerálu (Litochleb et al. 2004; Litochleb et Sejkora 2007).

Ve sbírkách Národního muzea je uložen krystal záhnědy nalezený v 50. letech 20. století v okolí Chýnova, který je vysoký 37 cm a váží 20 kg (SJČR, online). Z lomu je popsána odrůda pargasitu s neobyčejně vysokým obsahem hliníku (Vrána 1978). Pacova hora je po Kašmíru jeho druhým nalezištěm na světě.

O mineralogii Chýnovských jeskyní a okolí více např. zde: Bernard (1908), Litochleb a Sejkora (1999, 2007), Litochleb et al. (1997, 2004), Krejča (2008) a další.

Geochemická prozkoumanost

V litogeochemické databáze ČGS (Gürtlerová et al. 1997) nejsou pro mapové listy 23-134 Černovice a 23-133 Tábor žádné relevantní záznamy. V literatuře existují pouze informace o chemickém složení amfibolitů ze studované oblasti (Němec, 1998 a Janoušek et al. 2008).

V rámci studia této oblasti proto bude nutné odebrat téměř kompletní sadu reprezentativních geochemických vzorků hornin.

Hydrogeologie a hydrologie

Charakteristiku platných hydrogeologických rajonů podává studie Olmera et al. (2006), která navazuje na práci Olmera – Kessla (1990) obsahující vymezení a základní geologickou, hydrogeologickou a hydrochemickou charakteristiku hydrogeologického rajonu základní vrstvy 6321 Krystalinikum střední Vltavy.

Přehled mapových listů jednotlivých mapových edicí hydrogeologických map, které zasahují do oblasti Chýnovského krasu a jeho předpokládaného infiltračního zázemí, a příslušných kapitol v textových vysvětlivkách je shrnut v tabulce 24.

Tab. 24: Přehled hydrogeologických map v zájmové oblasti Chýnovský kras.

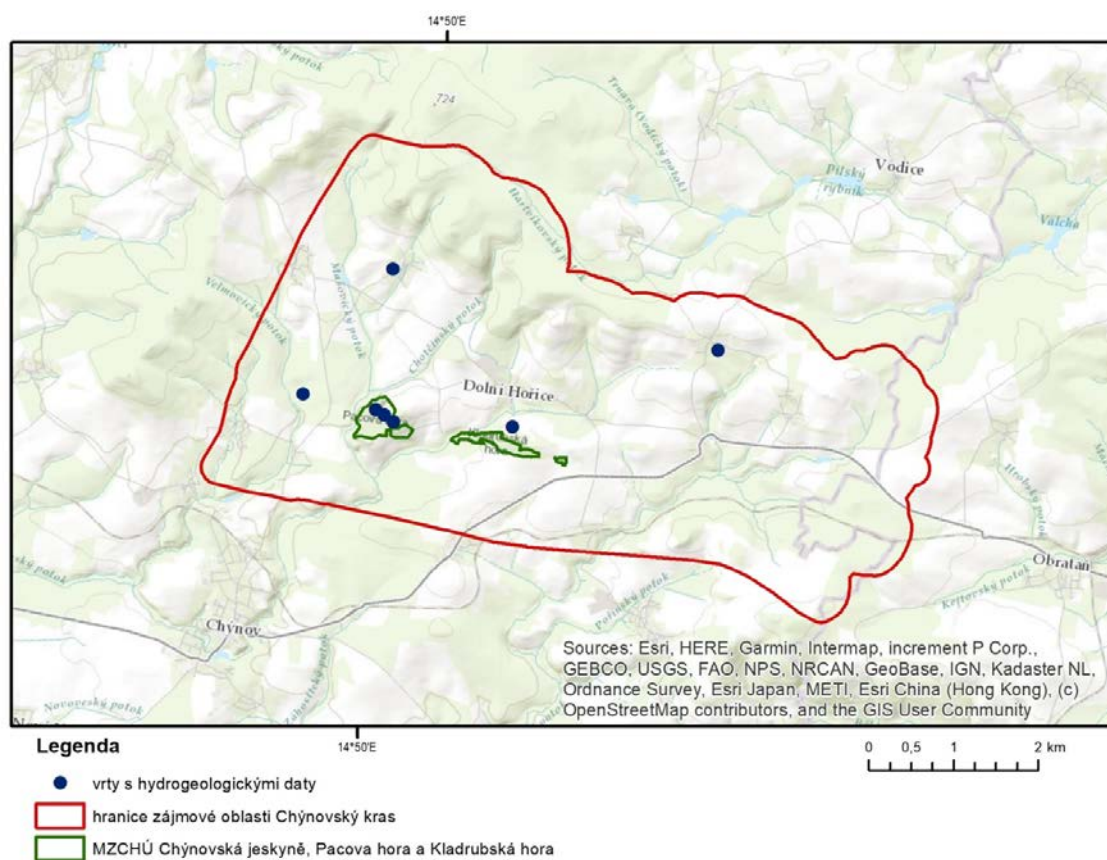
mapový list	mapa	vysvětlivky
Základní hydrogeologická mapa ČSSR 1 : 200 000		
23 Jihlava	Myslil 1985a	Myslil et al. 1986
Mapa chemismu podzemních vod ČSSR 1 : 200 000		
23 Jihlava	Myslil 1985b	Myslil et al. 1986
Hydrogeologická mapa ČSR 1 : 50 000		
23-13 Tábor	Burda 1998	Kadlecová 2001

V zájmové oblasti Chýnovský kras, která zahrnuje vlastní rozšíření krystalických vápenců Chýnovského krasu a jeho infiltračního zázemí, je v archivu České geologické služby k dispozici celkem pouze 7 vrtů s hydrogeologickými daty. Tabulka 25 uvádí celkový počet hydrogeologických vrtů, které mají zaměřenou hladinu podzemní vody a zastoupení vrtů s relevantními výsledky hydrodynamických zkoušek (vrty s hydraulickými daty) a kompletními chemickými

analýzami podzemní vody (vrtý s hydrochemickými daty). Lokalizace všech vrtů s hydrogeologickými daty je znázorněna na obr. 15. Hloubka vrtů se pohybuje od 3,0 do 76,3 m.

Tab. 25: Počty hydrogeologických vrtů v zájmové oblasti Chýnovský kras.

hydrogeologické vrtý celkem	vrtý s hydraulickými daty	vrtý s hydrochemickými daty
7	2	4



Obr. 15: Schéma lokalizace vrtů s hydrogeologickými daty v zájmové oblasti Chýnovský kras.

Vznikem Chýnovské jeskyně se zabývali různí autoři, mezi nimi Kučera a kol. (1981), Krejča a kol. (2001), Bruthans – Zeman (2003). Geologií a hydrogeologií pruhů krystalických vápenců v souvislosti s Chýnovským krasem se zabýval Rybařík (1971), později Plch (1981). Komplexním výzkumem hydrogeologického režimu Pacovy hory se zabýval také Mach (1968). Hanzlík a kol. sledoval vliv trhacích prací v lomu na Pacově hoře na kvalitu vody v Rutické vyvěračce (1966) a zabýval se výzkumem proudění podzemních vod v systému Chýnovské jeskyně

(1965). Stanovení doby zdržení podzemní vody na základě využití přirozených stopovačů a dalších metod v Chýnovské jeskyni provedl Bruthans (2006).

Homola – Schüller (1948) realizovali v Chýnovské jeskyni stopovací zkoušky mezi Homolovým a Purkyňovým jezírkiem, k jejichž výsledkům patří i výpočet objemu zatopených prostor. Hydrologií Chýnovského krasu a jeho souvislostí s Rutickou vyvěračkou a Chotčickým potokem se zabýval Skřivánek (1964). Hydrogeologií Chýnovského krasu, zhodnocením stopovacích zkoušek a chemického a izotopového složení vody v Chýnovské jeskyni shrnuje práce Bruthanse – Krejči (2016). Otázkou vzniku hrncovitých kapes charakteristických pro Chýnovskou jeskyni procesem kondenzační koroze se zabýval Cícha (2016). Intenzitou odnosu CaCO_3 v oblasti v prostoru chýnovských jeskyní se zabýval Štelcl a kol. (1977).

Ochrana přírody - Chýnovský kras

NPR Chýnovská jeskyně je považována za nejvýznamnější a nejrozsáhlejší krasový útvar v jižních Čechách. Je první turisticky zpřístupněnou jeskyní na území ČR (1868). Území je legislativně chráněno již od roku 1949 (<https://www.ochranaprirody.cz/>), od roku 1992 jako národní přírodní památka a vyhláškou č. 325/2010 Sb. bylo prohlášeno národní přírodní rezervací s výměrou 2,99 ha, lokalita je rovněž zařazena do soustavy NATURA 2000 (EVL). Předmětem ochrany jsou krasové jevy, druh tremolitu hexagonit a ohrožení živočichové, zejména netopýr řasnatý (Vyhláška 325/2010 Sb.). Délka dosud prozkoumaného jeskynního systému je téměř 1 500 m, průzkum dalších zatopených prostor dále probíhá. Prostory vzniklé působením proudící vody nevynikají krápníkovou výzdobou, ale barevností stěn a stropů, kde bílé, žluté a hnědé polohy mramorů střídají tmavé vrstvy amfibolitů nebo chalcedonu (<https://www.caves.cz/>; Krejča 2008). Na NPR těsně navazuje **PR Pacova hora**. Rezervace v bývalém vápencovém ložisku byla vyhlášena v roce 2002 Nařízením č. 2/2002 Okresního úřadu Tábor. Lokalita o výměře 15,88 ha je určena k ochraně významného mineralogického naleziště a profilu hornin mol-danubika a dále jako stanoviště chráněných druhů živočichů (Krejča et al. 2004) a je vedena jako geologicky významná lokalita (ID 1395, <http://lokality.geology.cz/>).

Nedaleká **PR Kladrubská hora** byla od roku 1990 chráněna jako přírodní výtvar (Vyhláška ONV v Táboře) a v roce 2011 byla vyhlášena Nařízením Jihočeského kraje č. 12/2011 přírodní

rezervací, lokalita je zároveň chráněna jako EVL. Rezervace o výměře 11,51 ha zahrnuje bývalý třítážový vápencový lom ve kterém byly odkryty horniny stejného horizontu jako na PR Pacova hora, především vložky amfibolitu v krystalickém vápenci (ID 1396, <http://lokality.geology.cz/>). Předmětem ochrany je masiv krystalického vápence, skalní a vápnomilná flóra a fauna. Celá oblast Chýnovského krasu náleží mírně teplé klimatické oblasti.

5 Dosavadní a probíhající pilotní projekty v krasových oblastech

Česká geologická služba se krasovými oblastmi ČR a Moravským krasem obzvláště systematicky zabývá již dlouhá léta. Rádi bychom vyzvedli klíčové činnosti a projekty posledních let.

Naprosto zásadní je nové mapování Brněnské aglomerace, které probíhá od roku 2007. V současnosti probíhá publikace map a vysvětlivek a jejich zpřístupňování na serveru geology.cz. Do konce roku 2020 vyšly dva mapové listy s vysvětlivkami zahrnující Brněnskou aglomeraci (Brno-sever, Oslavany; Hanžl et al., 2020; Buriánek 2020) a do tiskové podoby jsou nyní připravovány listy a vysvětlivky Brno-jih, Veverská Bítýška (2021), a také j. část Moravského krasu až po Březinu (listy Šlapanice, Mokrý-Horákov). Klíčové listy pro severní a střední část Moravského krasu (Jedovnice a Ostrov u Macochy) budou následovat v nejbližších letech.

Geologické práce převážně aplikovaného a environmentálního charakteru probíhají v Moravském krasu kontinuálně v rámci dílčích projektů: Vymezení pozice a zhodnocení rizikovosti struskové depozice v NPP Rudické propadání (2017), Zhodnocení rizik rybníčních usazenin v ponorných oblastech Moravského krasu (2018–2019), Aktuální negativní vlivy/procesy v CHKO Moravský kras (2019–2020) a CHKO Moravský kras - šíření strusky jeskynním systémem "Rudické propadání - Býčí skála" a Josefovským údolím: studium mechanických a geochemických vlivů na kalcitové speleotémy a ekologii v oblasti (2021).

Probíhající pilotní projekty:

Příkladová studie dynamiky mikroklimatu v jeskyni Býčí skála (Moravský kras)

Na základě předběžného monitoringu a chování mikroklimatických proměnných (výrazné diurnální variace koncentrací CO₂) byla v jeskyni vytipována dvě monitorovací místa (Dračí hřbety - Kouzelná voda a ústí Obřího komínu).

Studium dynamiky půdního CO₂

Tato studie je založena na experimentech v půdních vrtech: vzduch z vrtu představující „pór“ o definovaném objemu se jednorázově nahradí venkovním vzduchem (konc. CO₂ ~ 400 ppmv). Následně se monitoruje dynamika „plnění póru“ půdním vzduchem difundujícím z blízkého okolí vrtu. Ztráta CO₂ difuzí je v okolí vrtu hrazena produkcí nového biogenního CO₂. Studie směřuje k odhadu kapacity běžných krasových půd (půdy pod jehličnany, listnáči a travnatým porostem) pro „jarní plnění“ jeskyně plynným CO₂. Zatím proběhlo měření na půdách pod jehličnany (Macošská plošina) a pod travnatým porostem (Vilémovice). V současnosti se pracuje na podrobném dynamickém modelu.

Studie zvýšených hladin CO₂ v Harbešské jeskyni a závrtu 17 (Harbešská plošina, HP)

Studie byla motivovaná unikátní situací – výrazným „proplyněním“ krasových entit na HP (3.7 – 4.7 obj. % CO₂). Vzhledem k tomu, že parciální tlak CO₂ je hnací silou základních krasových procesů jako je rozpouštění vápenců a růst/koroze speleotém, je situaci věnována mimořádná pozornost.

Příkladová studie dynamiky korodujících vod v jeskyni Býčí skála (Moravský kras)

Tato studie má dvě samostatné části: (a) *Studie koroze vápencové stěny skapovou vodou v „Pršavém komínu“* a (b) *Studie kondenzační koroze způsobená zvýšeným odparem protékajících vod (aktivní tok Jedovnického potoka)*. U studie (a) byl na povrchu nad komínem proveden ve spolupráci s ČGS geofyzikální průzkum (ERT). Dále se čeká na dodání a instalaci speciálního dataloggeru (vyvinutý ve spolupráci MU a VUT) logující proměnné ve skapové vodě jako vydatnost skapu, pH a SEC (specific electrical conductivity). U studie (b) se koordinuje spolupráce s ČHMI a provádí se dokumentace projevů koroze ve stěně jeskyně.

Srovnávací studie geochemie/dynamiky skapových vod v Javoříčských jeskyních

Studie se zaměřuje na porovnání procesů rezultujících v tvorbu „agresivní vody“ (vody nenasycené kalcitem za daných podmínek, viz lokality v Býčí skále) s procesy rezultujícími do vysocě přesycených vod kalcitem (Javoříčko). V prostorách Suťového dómu se monitoruje vybraný skap (ze stalaktitu Bažantí kořist na stalagmitovou kupu Ledovec) – sleduje se vydatnost skapu, pH a SEC. Studium bude doplněno průběžnými chemickými analýzami skapové vody, měřením půdního CO₂ nad jeskyní a průzkumem povrchu a podloží geofyzikálními metodami (ERT).

Studium koroze jemných stropních stalaktitů (brček)

Toto studium je založeno na mikroskopickém studiu koroze kalcitových povrchů. Navazuje na projekt GAČR GA205/03/1128 - Recentní krasové procesy: destrukce speleotém. Cílem je rozlišit chemickou korozi od dalších vlivů na základě studia morfologie vzorků brček posbíraných v rámci jeskyní v ČR a SR, v porovnání s korozí simulovanou za dobře definovaných podmínek v laboratoři. V současné době je prováděn průběžný sběr vzorků brček v jeskyních, vzorky jsou průběžně katalogizovány a tříděny. Současně probíhá inventarizace starších vzorků a dat z dřívějších studií. V Amatérské jeskyni bude fotograficky zdokumentována koroze brček in-situ.

Studium sezónních změn mikroklimatu ve Sloupsko-šošůvských jeskyních

V současné době (v průběhu nastupujícího UAF ventilačního módu) probíhá v Riegrově síni monitoring mikroklimatických proměnných (konc. CO₂, T, RH). Tento výzkum navazuje na systematický monitoring z minulosti. Výsledná data mají sloužit k vytvoření zobecněného koncepčního modelu mikroklimatu jeskyně a jako podklad pro článek „Caves as seasonal CO₂ ex-changers on a global scale“.

Studium mikroklimatu Chýnovské jeskyně

V současné době byla získána data z automatického monitorovacího systému jeskyně, která jsou postupně studována a analyzována. Měla by sloužit k vytvoření klimatického modelu Chýnovské jeskyně. Studium naváže na již proběhlé studentské práce s podobným tématem.

O podobné studium jako Chýnovské jeskyně usilujeme i v případě Zbrašovských aragonitových jeskyní. V současné době probíhají jednání o podmínkách předání dat z automatického systému.

6 Probíhající monitoring

6.1 Moravský kras

V Moravském krasu probíhají v současnosti monitoringy, které jsou součástí níže uvedených projektů.

OCHRANA VYBRANÝCH JESKYNÍ A KRASOVÝCH JEVŮ VE ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÝCH ÚZEMÍCH ČR (financování OPŽP 2014-2020 - 120. výzva MŽP)

Prioritní osa 4: Ochrana a péče o přírodu a krajinu. Specifický cíl 4.1: Zajistit příznivý stav předmětu ochrany národně významných chráněných území. Žadatel AOPK ČR

Aktivita 4.1.1: Zajišťování péče o NP, CHKO, NPR, NPP (včetně OP) a lokality soustavy Natura 2000 a dále PR a PP na pozemcích a/nebo stavbách ve vlastnictví státu s právem hospodaření organizační složkou státu (realizace opatření k zajištění či zlepšení stavu předmětů ochrany včetně tvorby či zlepšení stavu návštěvnické infrastruktury). Dále sběr informací, tvorba informačních a technických nástrojů a podkladů pro zajištění ochrany a péče o NP, CHKO, NPR, NPP (včetně OP) a lokality soustavy Natura 2000 a o cílové organismy.

Cíl a účel akce: Hlavním cílem tohoto projektu je zachování jeskyní a povrchových krasových jevů s jeskyněmi souvisejícími v přírodním dochovaném stavu, zlepšení současného celkově pozměněného stavu a ochrana živých složek jeskyní a kvality podzemních vod. Nedílnou součástí projektu je také sběr informací, tvorba technických nástrojů a podkladů pro zajištění ochrany a péče.

Projekt řeší ochranu jeskyní ve smyslu § 10 zákona č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Jeskyně jsou předmětem ochrany přímo ze zákona. Veřejnosti nepřístupné jeskyně

jsou předmětem ochrany krasových evropsky významných lokalit soustavy Natura 2000. Jsou biotopem vzácných druhů živočichů včetně druhů endemických. Podzemní systém Punkvy je jednou z lokalit Ramsarské úmluvy. Poškození jeskyní je nevratné a nenahraditelné.

Předmět akce: Předmětem akce je zabezpečení a zpřesnění informací o veřejnosti nepřístupných jeskyních, závrttech, ponorech a vývěrech ve vybraných územích národního významu. Dále řada opatření nezbytných pro udržení podmínek pro uchování předmětů ochrany, které vychází z plánů péče.

Předmětem projektu je soubor jedenácti aktivit, které lze rozdělit do dvou oblastí. Oblast mapování a monitoringu zahrnuje návrhy zaměřené na zmapování a dokumentaci současného stavu fenoménu veřejnosti nepřístupných jeskyní a souvisejících jevů, monitoring prostředí v nich, ale i cílený monitoring vybraných druhů a skupin druhů živočichů vázaných na toto unikátní jeskynní prostředí. Druhou oblastí je cílený management, sloužící k aktivní ochraně dochovaného stavu či k nápravě škod vzniklých v minulosti.

ČGS není do projektu přímo zapojena, je ovšem navázána úzká spolupráce spočívající v předávání dat a informací. Výsledky monitoringu jsou implementovány v rámci zpřesňování geologické stavby území.

NOVÉ METODY HODNOCENÍ RIZIK PŘÍPRAVKŮ NA OCHRANU ROSTLIN VŮČI NECÍLOVÝM PŮDNÍM ORGANISMŮM: HODNOCENÍ RIZIK ZATÍŽENÍ PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ XENOBIOTIKY NA DIVERZITU - Projekt TAČR (TH03030178) Doba trvání projektu: 2018-2022

Řešitelé projektu: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. (<http://www.vurv.cz/>), ALS Czech Republic, s.r.o. (<http://alsglobal.cz/>)

Předmětem řešení je nový přístup hodnocení rizik přípravků na ochranu rostlin (POR) vůči půdním organismům. V projektu je zohledňován zejména subletální vliv POR a jejich případných metabolitů na necílové půdní organismy. Hlavním cílem projektu je vyvinout novou metodu s použitím modelových organismů (chvostokoci, žížaly a roupice) právě pro hodnocení rizik POR na půdní organismy. Součástí projektu je environmentální screening na pesticidy pro lokalitu CHKO Moravský kras, která je současně Evropsky významnou lokalitou Moravský

kras. Jedná se o rozsáhlejší monitoring výskytu vybraných pesticidů a jejich metabolitů na severu CHKO Moravský kras ve vodách a v půdách. Předpokládaný počet vzorků za rok je cca 50, celkový odhad počtu vzorků za celou dobu trvání projektu (2018 – 2022) je přibližně 150-200. Odebírány a analyzovány jsou vzorky povrchových a podzemních vod Sloupského potoka, Bílé vody, Punkvy a skapových vod v Harbešské a Amatérské jeskyni. Půdní vzorky jsou odebírány nad Amatérskou a Harbešskou jeskyní.

ČGS není do projektu přímo zapojena, je ovšem navázána úzká spolupráce spočívající v předávání dat a informací. Výsledky monitoringu jsou implementovány v rámci hodnocení kvality podzemních vod krasového systému.

6.2 Hranický kras

Monitoring podzemních vod a oxidu uhličitého probíhá především ve vývěrové oblasti struktury minerálních vod v Teplících nad Bečvou. Jde o systém Zbrašovské aragonitové jeskyně – hydrogeologické vrty s minerální vodou + tok – Hranická propast. Monitoring ve Zbrašovských aragonitových jeskyních provádí Správa jeskyní. Hydrogeologické vrty a tok Bečvy jsou monitorovány na základě požadavků Českého inspektorátu lázní firmou KOCMAN envimonitoring s.r.o. Na Hranické propasti probíhal monitoring nesouvisle v rámci různých projektů a v současnosti ho realizuje soukromá osoba.

V oblasti údolní nivy Bečvy západně od Teplíc probíhá krátkodobý monitoring podzemních vod v souvislosti s projektovanou výstavbou vodní nádrže (suchého poldru) Skalička, jehož investorem je Povodí Moravy s. p. v rámci monitoringu jsou monitorovány dva hydrogeologické vrty realizované ve vápencích mogotů vystupujících do fluviálních štěrků Bečvy.

Monitoring mikroklimatu ve Zbrašovských aragonitových jeskyních (Barbora Šimečková)

Důvodem a prioritním účelem zavedení systému monitoringu mikroklimatu v ZAJ je kontinuální zajištění nezávadnosti ovzduší na návštěvní trase podle požadavků báňských předpisů, a to zejména s ohledem na zvýšený obsah CO₂ oproti běžným jeskyním. Povolená koncentrace CO₂ v celém průchozím profilu nesmí překročit 1 obj. %. Pomocí systému je zajištěna indikace

CO₂, při výskytu nadlimitní koncentrace otevření odsávacích klapek a odsátí ovzduší z daného místa pomocí trubního systému a ventilátorů do venkovního prostředí.

Mimo indikaci CO₂ na návštěvní trase dále probíhá indikace vysokých koncentrací CO₂ v tzv. plynových jezerech a dalších vytipovaných prostorách z důvodu sledování stability plynových jezer a výzkumu faktorů ovlivňujících změny koncentrací.

Doplňující funkci mají následující sledování, která probíhají v jeskyních a ve venkovním prostředí.

V jeskyních probíhá monitoring:

- teploty ovzduší,
- teploty skalního masívu,
- vlhkosti ovzduší,
- barometrického tlaku,
- proudění vzduchu,
- hladin vodních jezer,
- teploty vody v jezerech.

Monitoring venkovního prostředí zahrnuje měření:

- teploty ovzduší,
- vlhkosti ovzduší,
- barometrického tlak.

Měřicí a další technika:

- Koncentrace CO₂: nasávací zařízení, analyzátory koncentrace do 100 %, sondy do 20 %, sondy do 2 %.
- Teploty ovzduší a vody: teplotní čidla.
- Vlhkost vzduchu: psychrometry v jeskyních, venku vlhkostní čidlo.

- Tlak vzduchu: barometrická čidla.
- Proudění vzduchu: anemometry, dveřní čidla.
- Hladiny vodních jezer: hladinová čidla.
- Odsávání: odsávací klapky s automatickým ovládním, pomocné ruční klapky, trubní systém, dva ventilátory.
- Ovládní: automatické řídicí jednotky, datový přenos, ruční ovládní klapky, přenos vybraných informací na monitor dispečera.

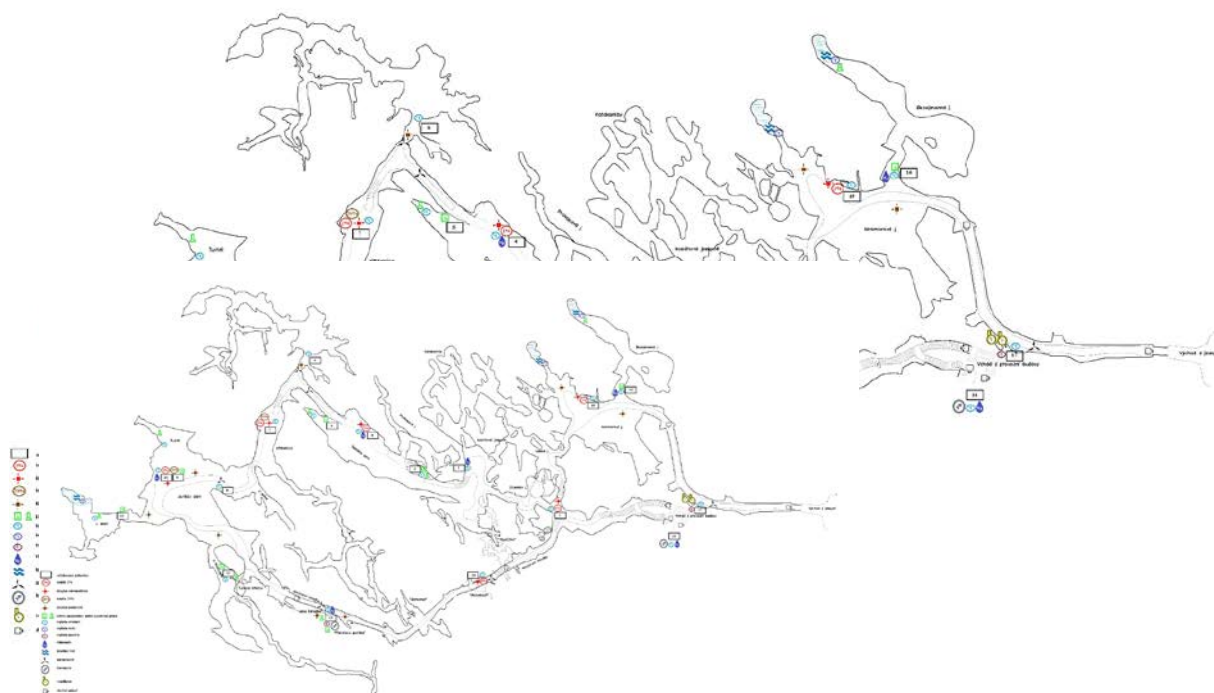
Systém byl instalován v roce 2005 v rámci celkové rekonstrukce návštěvní trasy. Technické a softwarové řešení vyvinula firma EMS Brno (Ing. Jiří Kučera), která spolu s vyškoleným zaměstnancem správy ZAJ provádí stálou údržbu a servis, část tvoří dodavatelské komponenty. Vyhodnocení a interpretace naměřených dat byla dosud z kapacitních důvodů provedena jen částečně, pro interpretaci je nutná detailní znalost lokality a všech vazeb včetně provozních okolností.

Vzhledem k délce instalace a agresivnímu působení jeskynního prostředí na instalovanou elektroniku postupně některé komponenty vypověděly službu nebo jsou významně poruchové. Jedná se o měřicí techniku doplňkových funkcí. Prioritní zajištění ovzduší na návštěvní trase je plně funkční.

Přiložené grafické schéma (Obr. 16) instalovaných prvků odpovídá stavu v roce 2015. V současné době již nejsou funkční tato měření:

- Hladiny vodních jezer – na žádné lokalitě.
- Teploty vody v jezerech – na žádné lokalitě.
- Vlhkost ovzduší – na žádné lokalitě v jeskyních, venku funguje.
- Proudění vzduchu – na všech lokalitách anemometry dožívají, fungují přerušovaně.
- Teplota skalního masívu – nedává relevantní výsledky.

Měřicí jednotka 2 Koblíhová síň – odstavena, komponenty využity jinde.



Obr. 16: Schéma monitoringu Zbrašovských aragonitových jeskyní.

Vzhledem k době vzniku je softwarové řešení dnes již překonané a správa ZAJ plánuje jeho nahrazení modernějším systémem. Prioritní funkce by zůstala zachována ve stávajícím rozsahu, doplňkové funkce uvažujeme omezit na ty, které se osvědčily nebo které mohou posunout další výzkum. Nutným předpokladem bude podrobná diskuze provozních pracovníků, odborníků a vývojářů, na jejímž základě bychom systém navrhli. Následnou podmínkou pak bude zajištění finančních prostředků zřejmě z některého dotačního programu MŽP (z prostředků SJ ČR nelze v současné době o investici tohoto rozsahu uvažovat).

Monitoring vývěrové oblasti minerálních vod

V rámci monitoringu vývěrové oblasti jsou sledovány přírodní léčivých zdroje (hydrogeologické vrt) R I Kropáčův pramen a R III Jurikův pramen. U obou je sledována pozice hladiny podzemní vody (tj. tlak vodního sloupce nad čidlem), teplota vody a čerpané množství. Odečet

dat je prováděn v desetiminutovém intervalu. Z vrtů je zajištěn dálkový přenos dat (po dvou a osmi hodinách).

Dále je sledován hydrogeologický vrt HV 301, který je situován mimo vývěrovou oblast struktury minerálních vod, výše do svahu. Je sledována pozice hladiny podzemní vody ve vrtu a teplota vody v intervalu 10 min. Monitoring probíhá jen se záznamem. Vzhledem k zásadní hydraulické vazbě mezi minerální vodou a povrchovou vodou v toku je realizován i monitoring stavu hladiny vody v Bečvě. Záznam je prováděn v intervalu deseti minut a přenášen v intervalu dvou hodin. V uvedeném rozsahu je monitoring realizován od roku 2011.

Monitoring Hranické propasti

V současnosti provádí monitoring v neznámém rozsahu doc. Mgr. Milan Geršl, PhD. (ústní sdělení B. Šimečková). Podrobnosti o prováděném monitoringu se nepodařilo zjistit.

ČGS není do monitoringu Hranického krasu přímo zapojena. Výsledky monitoringu budou implementovány v rámci zpřesňování geologické stavby území, definování hydrogeologická struktury minerálních vod a okrajových podmínek systému krasu.

6.3 Mladečský a Javoříčský kras

V rámci Mladečského a Javoříčského krasu probíhají monitoringy pouze na objektech ČHMÚ a dále pak monitoring související s exploatací pitné vody z JÚ Čerlinka. V jeskyních, dle ústního sdělení pracovníků Správy jeskyní, monitoring neprobíhá.

6.4 Chýnovský kras

V Chýnovském krasu probíhá monitoring vzduchu, podzemní vody a srážek (zpracovat pan František Krejča):

- sledování teploty vzduchu v Chýnovské jeskyni (od r. 1996, 6-8 stanovišť v měsíčním intervalu), (2008-2010, 10 stanovišť v hodinovém intervalu), (od r. 2017, 8 stanovišť v hodinovém intervalu), vše včetně povrchu.

- monitoring podzemního toku v Chýnovské jeskyni - průtok a teplota vody (2001-2008, měrný přeliv "V", v týdenním intervalu), (2009-2010, průtokoměr, hodinový interval), (od r. 2017, průtokoměr, hodinový interval).
- v r. 2020 byl instalován druhý průtokoměr v Rutické vyvěrače (hodinový interval).
- srážky na vápencové zóně (2001-2009, srážkoměry, týdenní interval), (2010, srážkoměr, hodinový interval), (od r. 2017, srážkoměr, hodinový interval).

Výpadky v jednotlivých letech jsou způsobeny nefunkčností systému (většinou po instalaci nové technologie, kdy trvalo i řadu let než se vše podařilo vyladit).

Dále probíhá monitoring kvality odebírané pitné vody z Rutické vyvěračky a Palackého jezírka v rozsahu požadovaném legislativou.

ČGS není do monitoringu Chýnovského krasu přímo zapojena. Výsledky monitoringu budou implementovány v rámci zpřesňování geologické stavby území, definování hydrogeologická struktury minerálních vod a okrajových podmínek systému krasu.

7 Monitoring ČHMÚ

7.1 Srážky

Měření srážkových úhrnů v síti klimatologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) začalo na některých stanicích ve zpracovávaných oblastech už v 19. století. Postupně byly zakládány další stanice, ale z různých důvodů ne všechny fungují do současnosti. V průběhu let docházelo k modernizaci a automatizaci měření. Zpočátku byl nejvíce rozšířen manuální srážkoměr tvořený záchytnou nádobou, a v letním období i nálevkou, se záchytnou plochou 500 cm², umístěnou ve výšce 1 m nad terénem, popř. nad sněhovou pokrývkou. V současnosti jsou využívány také automatické srážkoměry, jejichž záchytná plocha a výška je stejná jako u manuálních přístrojů. Podle principu měření se automatické srážkoměry dělí na člunkové a váhové. Měření člunkového srážkoměru je založeno na zaznamenávání elektrických impulzů vyvolaných překlápěním dvoudílného člunku. Měření váhového srážkoměru je založe-

no na vážení nádoby, která zachycuje padající srážky, tenzometrickou váhou připojenou na řídicí elektroniku (Židek, D., Lipina, P., 2003).

Denní úhrn srážek se v ČR měří standardně v 7 h SEČ, přičemž zjištěný údaj za uplynulých 24 h se připisuje předchozímu dni. Úhrn srážek se udává v mm (1 mm srážek = 1 l vody na 1 m²).

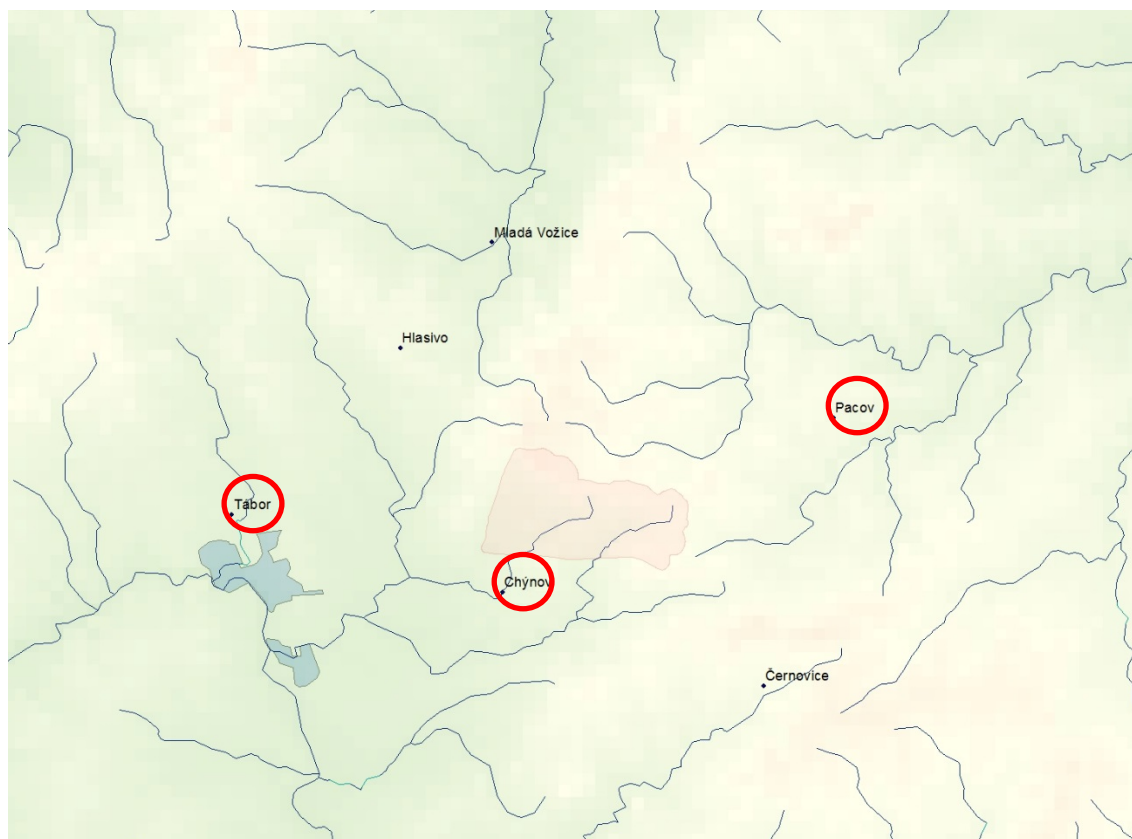
7.1.1 Změny v síti srážkoměrných stanic

Chýnovský kras

V okolí Chýnovského krasu, které můžeme definovat vzdáleností 11 km od hranic krasového území, fungovalo v minulosti šest srážkoměrných stanic. Geografické údaje a období fungování jednotlivých stanic prezentuje tabulka 26. Poloha stanic je pak zobrazena na Obr. 17. První záznamy o srážkách byly pořízeny na stanici Tábor v roce 1875. Na začátku 20. století byla založená stanice Chýnov a pak Černovice a Pacov. Další stanice jsou značně mladší. Na stanicích Černovice, Chýnov a Mladá Vožice docházelo v některých letech k přerušování pozorování. Všechny stanice však pokračují s měřením do dnešního dne. Nejdelší a nepřetržitou časovou řadou dat čítající 147 let, disponuje stanice Tábor. Více než 100 let dat máme také v případě stanice Chýnov. K podrobnému zpracování srážkoměrných charakteristik v období posledních 60 let (tj. 1961-2020) byly vybrány 3 stanice, označené na mapě červeným kroužkem.

Tab. 26: Poloha a období fungování srážkoměrných stanic v oblasti Chýnovského krasu.

ID Stanice	Název	GEOGR1	GEOGR2	m n.m.	Začátek	Konec
C2CERN01	Černovice	14,963	49,373	600	1926	2021
C2HLAS01	Hlasivo	14,756	49,498	547	1982	2021
C2CHYN01	Chýnov	14,815	49,408	468	1901	2021
C2TABO01	Tábor	14,660	49,436	459	1875	2021
P3MLVO01	Mladá Vožice	14,808	49,538	445	2006	2021
P3PACO01	Pacov	15,003	49,473	574	1932	2021



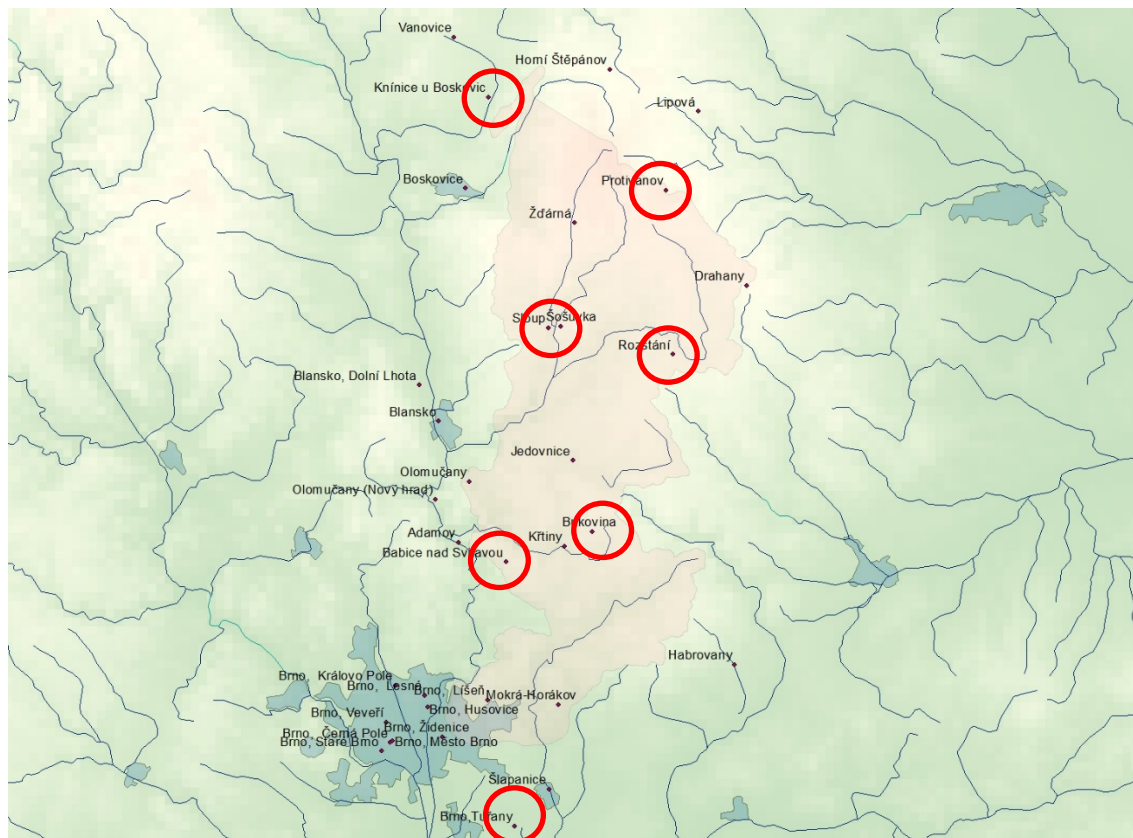
Obr. 17: Poloha historických srážkoměrných stanic v oblasti Chýnovského krasu.

Moravský kras

V oblasti Moravského krasu a jeho okolí, definovaném vzdáleností 5 km od hranic krasového území, fungovalo v minulosti celkem 33 stanic (Tab. 27 a Obr. 18). Na většině stanic bylo měření ukončeno. Nejstarší záznamy vznikly v Brně kolem poloviny 19. století, konkrétně na stanici Staré Brno v roce 1848. V 19. století fungovalo ve sledované oblasti ještě 7 dalších stanic. Během 20. století vzniklo 24 nových stanic a zaniklo 22 stanic. V 21. století měření pokračovalo zpočátku na 10 stanicích, ale v roce 2013 byla jedna stanice zrušena. Aktuálně v roce 2021 disponujeme sítí 9 srážkoměrných stanic. Nejdlejší časová řada dat byla vytvořena v Babicích nad Svitavou a čítá 118 let. Měření zde začalo v roce 1881 a s jistými přerušeními pokračuje dodnes. K podrobnému zpracování srážkoměrných údajů bylo vybráno 7 stanic.

Tab. 27: Poloha a období fungování srážkoměrných stanic v oblasti Moravského krasu.

ID Stanice	Název	GEOGR1	GEOGR2	m n.m.	Začátek	Konec
B1DRAH01	Drahany	16,899	49,434	604	1899	1943
B1LSEC01	Lipová	16,863	49,527	581	1899	1961
B1PROT01	Protivanov	16,835	49,486	651	1899	2021
B2ADAM01	Adamov	16,660	49,301	250	1928	1940
B2BABI01	Babice nad Svitavou	16,698	49,290	495	1881	2021
B2BHUS01	Brno, Husovice	16,632	49,214	210	1996	1997
B2BKRP01	Brno, Královo Pole	16,606	49,226	218	1929	1960
B2BLAN01	Blansko	16,646	49,366	287	1989	2021
B2BLDL01	Blansko, Dolní Lhota	16,631	49,385	290	1889	1989
B2BLES01	Brno, Lesná	16,629	49,220	276	1929	1995
B2BLIS01	Brno, Líšeň	16,681	49,217	218	1927	1942
B2BLUZ01	Brno, Černá Pole	16,601	49,196	218	1951	1960
B2BMES01	Brno, Město Brno	16,603	49,197	224	1884	1933
B2BOSK01	Boskovice	16,672	49,489	400	1914	1987
B2BSTB01	Brno, Staré Brno	16,594	49,191	211	1848	1883
B2BTUR01	Brno, Tuřany	16,689	49,153	241	1959	2021
B2BUKA01	Bukovina	16,768	49,305	545	1926	2021
B2BEVE01	Brno, Veveří	16,598	49,207	253	1912	1984
B2BZID01	Brno, Židenice	16,643	49,198	203	1998	2021
B2HABR01	Habrovany	16,881	49,233	338	1931	1936
B2JEDO01	Jedovnice	16,754	49,343	499	1951	1961
B2KNIN01	Knínice u Boskovic	16,692	49,537	369	1981	2021
B2KRTI01	Křtiny	16,746	49,298	439	1927	1942
B2MHOR01	Mokrá-Horákov	16,738	49,214	340	1918	1942
B2NHRA01	Olomučany (Nový hrad)	16,642	49,324	400	1928	1937
B2OLOM01	Olomučany	16,670	49,333	400	1937	1960
B2ROZS01	Rozstání	16,837	49,398	545	1925	2021
B2SLAP01	Šlapanice	16,729	49,169	239	1896	1960
B2SLOU01	Sloup	16,737	49,414	497	1913	2013
B2SOSU01	Šošůvka	16,747	49,414	533	2013	2021
B2VANO01	Vanovice	16,665	49,569	436	1941	1980
B2ZDRN01	Žďárná	16,760	49,469	641	1926	1953
O2HSTE01	Horní Štěpánov	16,792	49,550	600	1915	1979



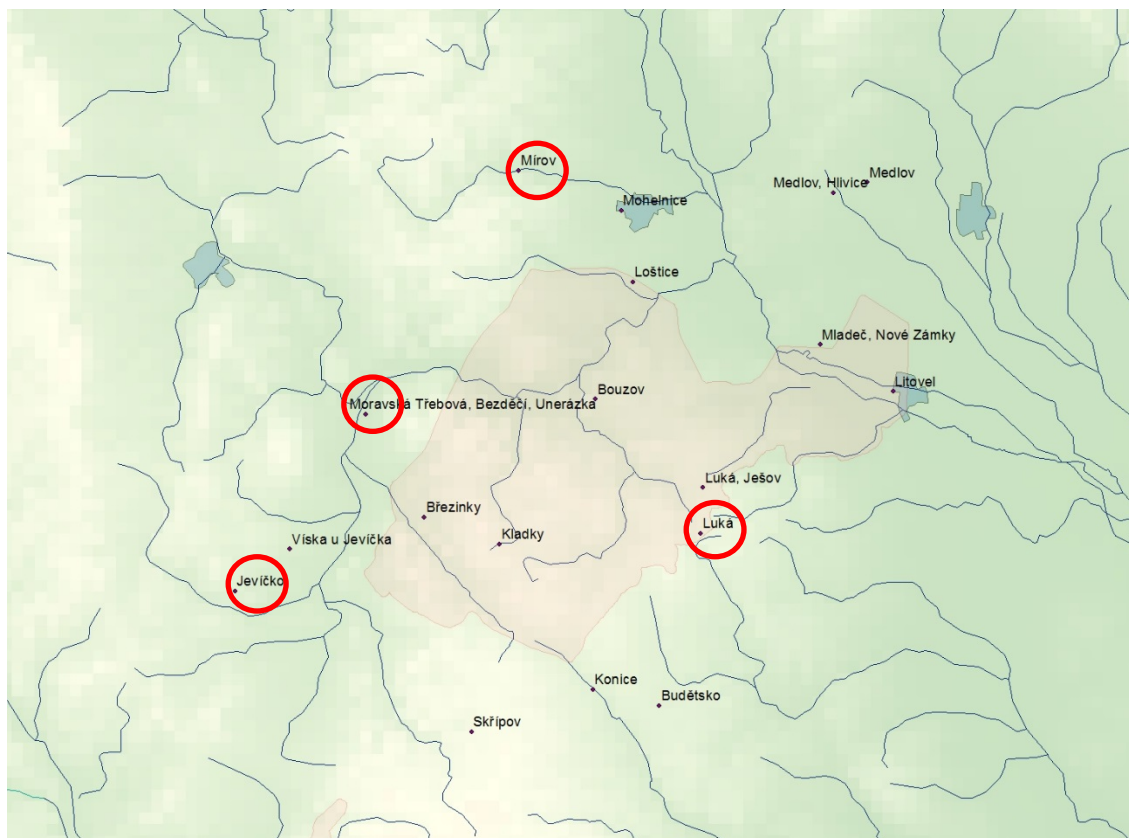
Obr. 18: Poloha historických srážkoměrných stanic v oblasti Moravského krasu.

Mladečský kras

V oblasti, a v okolí 6 km od hranic Mladečského krasu, fungovalo v minulosti celkem 18 srážkoměrných stanic (Tab. 28 a Obr. 19). Jako první byla založená stanice Loštice a to v roce 1879. V 19. století vznikly pak další 4 stanice. Během 20. století přibýlo sice ještě dalších 11 stanic, ale na druhou stranu bylo měření ukončeno na 12 stanicích. V 21. století byla nově založená stanice v Medlově - Hlivicích, naopak skončilo měření na stanici Litovel. Nejdelší řadu dat, i přes několik přerušení, má k dispozici stanice Mírov a to 112 let. Řadu dlouhou 101 let disponuje stanice Jevíčko. V roce 2021 funguje ve zmíněné oblasti 5 srážkoměrných stanic. Podrobné zpracování bylo provedeno pro 4 stanice.

Tab. 28: Poloha a období fungování srážkoměrných stanic v oblasti Mladečského krasu.

ID Stanice	Název	GEO-GR1	GEO-GR2	m n.m.	Začátek	Konec
B1BUDE01	Budětsko	16,926	49,586	442	1970	1980
B1KONI01	Konice	16,887	49,593	439	1926	1970
O2BEZD01	Moravská Třebová, Bezděčí, Unerázka	16,756	49,701	306	1927	2021
O2BOUZ01	Bouzov	16,893	49,705	380	1932	1979
O2BREZ01	Březinky	16,789	49,661	400	1895	1938
O2JESO01	Luká, Ješov	16,956	49,670	452	1954	1963
O2JEVI01	Jevíčko	16,675	49,634	360	1915	2021
O2KLAD01	Kladky	16,833	49,650	550	1897	1961
O2LITO01	Litovel	17,070	49,705	234	1922	2012
O2LOST01	Loštice	16,917	49,750	269	1879	1907
O2LUKA01	Luká	16,953	49,652	510	1895	2021
O2MEDL01	Medlov	17,058	49,786	270	1941	1945
O2MEHL01	Medlov, Hlívce	17,038	49,782	268	2010	2021
O2MIRO01	Mírov	16,850	49,794	328	1895	2021
O2MLAD01	Mladeč	17,028	49,724	244	1900	1909
O2MOHE01	Mohelnice	16,911	49,778	273	1925	1962
O2SKRI01	Skřípov	16,814	49,578	550	1939	1962
O2VISK01	Víska u Jevíčka	16,708	49,650	450	1946	1949



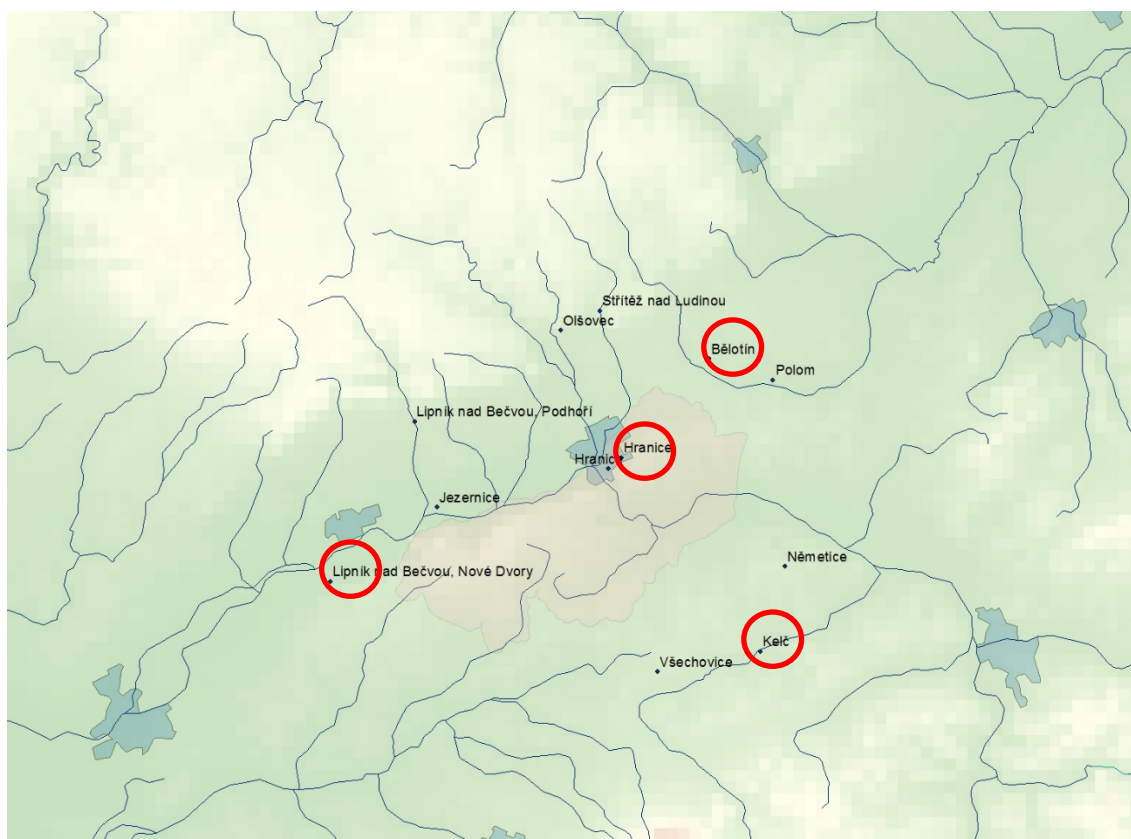
Obr. 19: Poloha historických srážkoměrných stanic v oblasti Mladečského krasu.

Hranický kras

V okolí 6 km od hranic krasového území a na území Hranického krasu fungovalo v minulosti 12 srážkoměrných stanic (Tab. 29 a Obr. 20). Většina (až 10 stanic) byla založena v 19. století, přičemž tři z nich byly po krátkém fungování zrušeny. Během 20. století vznikly 2 nové stanice a 4 stanice s měřením skončily. V 21. století skončilo měření na stanici Střítež nad Ludinou. V roce 2021 fungují na sledovaném území 4 srážkoměrné stanice. Sice neúplně kompletní, ale více než 100-leté řady dat jsou k dispozici na stanicích Běloutín, Hranice, Kelč a Lipník nad Bečvou - Nové Dvory. Detailní vyhodnocení srážkových úhrnů za posledních 60 let bylo vypracováno pro 4 stanice.

Tab. 29: Poloha a období fungování srážkoměrných stanic v oblasti Hranického krasu.

ID Stanice	Název	GEOGR1	GEOGR2	m n.m.	Začátek	Konec
O1BELO01	Bělotín	17,804	49,587	306	1896	2021
O1POLO01	Polom	17,842	49,578	277	1887	1896
O3HRAN01	Hranice	17,742	49,546	259	1881	2021
O3HRAN02	Hranice	17,750	49,550	264	1897	1910
O3JEZE01	Jezernice	17,639	49,533	264	1942	1958
O3KELC01	Kelč	17,828	49,473	300	1884	2021
O3LIPN01	Lipník nad Bečvou, Nové Dvory	17,574	49,506	227	1881	2021
O3NEME01	Němetice	17,844	49,506	365	1884	1892
O3OLSO01	Olšovec	17,717	49,600	321	1898	1907
O3PODH01	Lipník nad Bečvou, Podhoří	17,628	49,567	350	1881	1894
O3STRI01	Střítěž nad Ludinou	17,740	49,607	335	1923	2019
O3VSCH01	Všechnovice	17,767	49,467	345	1899	1901



Obr. 20: Poloha historických srážkoměrných stanic v oblasti Hranického krasu.

7.1.2 Statistické vyhodnocení srážkových úhrnů v období 1961-2020

Jednou ze základních charakteristik klimatu daného místa je normál, tj. průměrná hodnota daného prvku získaná z mnohaletých pozorování, aby se eliminovaly její krátkodobé výkyvy (eMS, 2021). Standardní klimatické normály dle Světové meteorologické organizace (WMO) jsou počítány jako 30-ti leté průměry teploty, srážek a dalších klimatických prvků. Tyto normály byly donedávna aktualizovány každých 30 let a tak platily následující normály: 1901–1930, 1931–1960 a 1961–1990. V souvislosti s klimatickou změnou WMO nově doporučuje počítat normály za vždy nejnovější třicetiletí místo za období stanovené pro výpočet standardních klimatologických normálů. Normály jsou nyní aktualizovány každých 10 let.

Jelikož na mnohých stanicích docházelo k dočasnému přerušení měření a nehomogenitám, používají se v praxi ČHMÚ k výpočtu normálů tzv. technické řady, tj. homogenizované a doplněné řady klimatologických dat (Štěpánek et al, 2012), které jsou vypočítány od roku 1961 do současnosti.

Statistické vyhodnocení srážkových úhrnů v krasových oblastech bylo provedeno pro čtyři 30-ti leté období a to 1961–1990, 1971–2000, 1981–2010, a 1991–2020. Analýza výsledků umožňuje porovnání změn srážkového režimu v čase. K výpočtu byly pro většinu stanic použity technické řady. Jedinou výjimkou byly stanice Sloup a Šošůvka, reprezentující Moravský kras a položené ve vzdálenosti 0,6 km, pro které byl výpočet proveden na základně dat naměřených a zkombinovaných do jedné řady. Detailní statistiky ročních a měsíčních úhrnů srážek pro 30-ti leté období jsou obsaženy v přílohách.

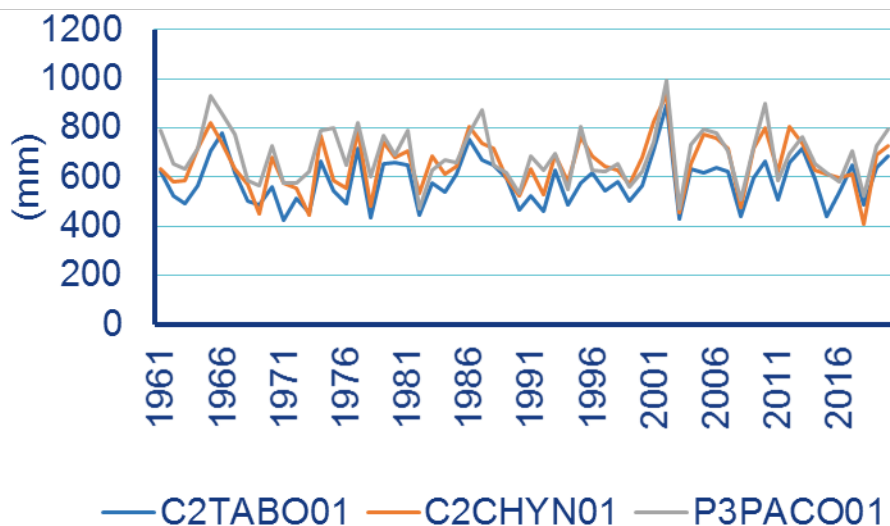
Chýnovský kras

Základní statistické charakteristiky ročních srážkových úhrnů za období 60 let 1961-2020 pro tři stanice reprezentující území Chýnovského krasu prezentuje tabulka 30. Průměrné úhrny jsou v intervalu od 583,6 mm v Táboře do 687,3 mm v Pacově. Jedním z nejsušších byl rok 2018, kdy srážky byly nejnižší na třech stanicích. Dlouhodobé minimum srážek se na každé stanici vyskytlo v jiném roce. Maximální srážky byly zaznamenány shodně na všech stanicích v roce

2003. Kolísání úhrnů srážek v jednotlivých letech je znázorněno na Obr. 21. Dlouhodobé změny nemají trend, jelikož nejsou statisticky významné.

Tab. 30: Chýnovský kras. Vybrané statistiky ročních úhrnů srážek v 60 letém období (1961-2020).

Období	C2TABO01	C2CHYN01	P3PACO01
Průměrná suma	583,6	652,1	687,3
Standardní odchylka	97,5	108,0	111,5
Minimum	422,7	410,0	470,1
Rok MIN	1971	2018	2003
Maximum	896,4	937,3	994,4
Rok MAX	2002	2002	2002
První decil (10%)	448,5	503,2	555,2
Dolní kvartil (25%)	504,4	582,0	615,8
Medián	587,9	643,4	679,4
Horní kvartil (75%)	647,3	732,2	776,6
Poslední decil (90%)	708,3	794,2	814,1
Lin. Trend (b1)	0,57	0,74	-0,51
p-value of t-test (b1)	0,439	0,364	0,550



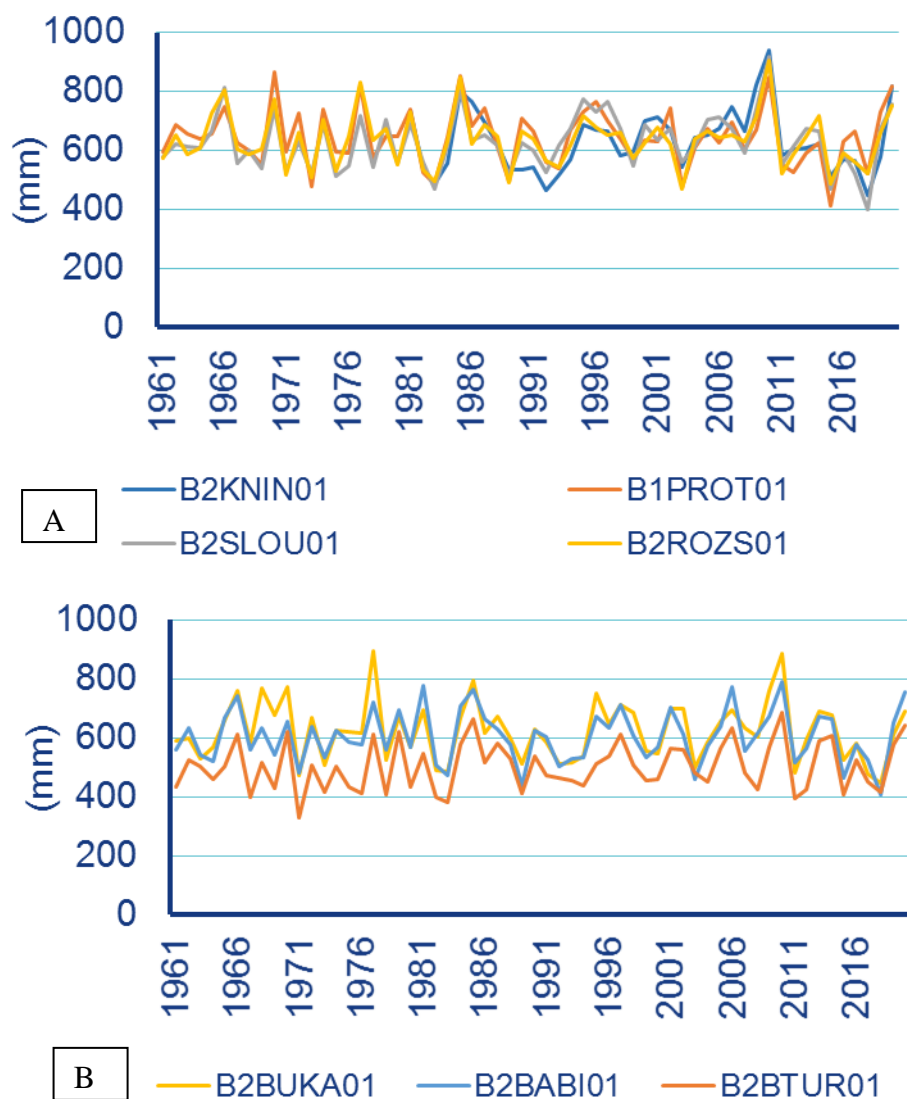
Obr. 21: Roční úhrny srážek v oblasti Chýnovského krasu v období 1961-2020.

Moravský kras

Oblast Moravského krasu reprezentuje ve zkoumaném období 1961-2020 šest srážkoměrných stanic. Základní charakteristiky ročních srážkových úhrnů jsou v tabulce 31. Průměrné úhrny se ve sledované oblasti mění od 502,9 mm v Brně-Tuřanech do 644,2 mm v Protivanově. Stanice Knínice u Boskovic začala fungovat teprve v roce 1981, proto nebyly v tomto případě spočítané statistiky pro 60 let. Jako nejsušší se jeví rok 2018, kdy srážky byly nejnižší na třech stanicích. Nejvíce srážek spadlo v roce 2010, kdy bylo zaznamenáno dlouhodobé maximum srážek na čtyřech stanicích. Oba zmíněné roky byly extrémní také na stanici Knínice u Boskovic. Kolísání úhrnů srážek v jednotlivých letech je znázorněno na Obr. 22. Podobně jako v jiných krasových oblastech dlouhodobé změny nejsou statisticky významné.

Tab. 31: Moravský kras. Vybrané statistiky ročních úhrnů srážek v 60 letém období (1961-2020).

Stanice	B1PROT01	B2SOSU01	B2ROZS01	B2BUKA01	B2BABI01	B2BTUR01
Průměrná suma	644,2	630,4	634,5	623,0	604,8	502,9
Stand. odchylka	96,6	93,8	89,8	98,9	88,9	81,8
Minimum	412,7	398,3	470,7	446,0	408,7	328,8
Rok MIN	2015	2018	2003	2018	2018	1971
Maximum	866,0	919,1	903,0	893,5	791,6	686,8
Rok MAX	1970	2010	2010	1977	2010	2010
P. decil (10%)	524,1	521,4	517,9	495,8	493,2	406,4
D. kvartil (25%)	592,5	557,7	575,5	542,2	538,2	432,0
Medián	638,1	619,3	637,2	616,2	604,5	502,6
H. kvartil (75%)	705,5	688,1	674,2	687,7	667,3	566,5
P. decil (90%)	756,8	750,1	741,9	760,9	729,7	617,1
LinTrend (b1)	-0,40	0,43	-0,14	-0,31	0,04	0,82
p-value	0,590	0,546	0,839	0,677	0,948	0,183



Obr. 22: Roční úhrny srážek v severní (A) a jižní (B) části Moravského krasu v období 1961-2020.

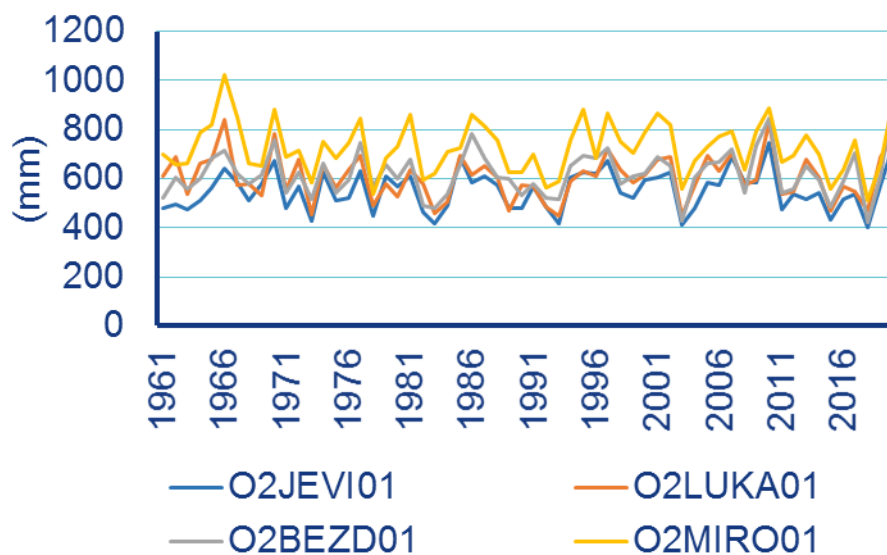
Mladečský kras

V okolí Mladečského krasu byly v období 1961-2020 analyzovány srážkové úhrny ze čtyř stanic. Statistické charakteristiky jsou uvedené v tabulce 32. Průměrné úhrny dosahují od 551,4 mm v Jevíčku do 724,9 mm v Mírově. Jedním z nejsušších byl rok 2018, kdy srážky byly nejnižší na třech stanicích. K nejdeštivějším patřil rok 1966, kdy na dvou stanicích bylo dosaženo

dlouhodobé maximum srážek. Meziroční proměnlivost srážek prezentuje Obr. 23. I v tomto případě nelze určit dlouhodobé trendy, jelikož nejsou statisticky významné.

Tab. 32: Mladečský kras. Vybrané statistiky ročních úhrnů srážek v 60 letém období (1961-2020).

Stanice	O2JEVI01	O2LUKA01	O2BEZD01	O2MIRO01
Průměrná suma	551,4	604,3	618,7	724,9
Standardní odchylka	79,9	90,4	92,2	104,3
Minimum	400,9	446,3	422,2	510,7
Rok MIN	2018	2003	2018	2018
Maximum	747,4	839,5	903,1	1021,3
Rok MAX	2010	1966	2020	1966
První decil (10%)	441,2	468,4	515,9	586,2
Dolní kvartil (25%)	482,8	546,9	550,2	658,5
Medián	566,7	600,6	606,7	712,2
Horní kvartil (75%)	606,3	677,1	678,4	790,7
Poslední decil (90%)	656,8	699,0	729,5	866,8
LinTrend (b1)	0,39	-0,18	0,52	-0,50
p-value of t-test (b1)	0,525	0,790	0,457	0,531



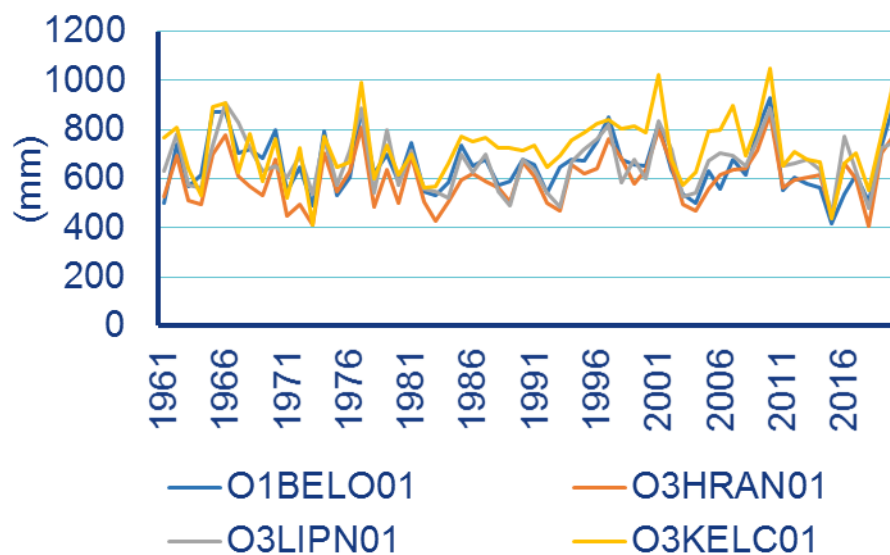
Obr. 23: Roční úhrny srážek v oblasti Mladečského krasu v období 1961-2020.

Hranický kras

Oblast Hranického krasu reprezentují čtyři stanice. Statistické charakteristiky za celé období 1961-2020 jsou uvedené v tabulce 33. Nejnižší průměrný úhrn srážek je na stanici Hranice a činí 599,9 mm, zatímco nejvyšší je na stanici Kelč a dosahuje 723,3 mm. K nejsušším rokům patří rok 2015, kdy srážky byly nejnižší na dvou stanicích. Jedním z nejvlhčích byl rok 2010, kdy na třech stanicích byly srážky nejvyšší. Přesné úhrny srážek v jednotlivých letech prezentuje Obr. 24. Podobně jak v ostatních krasových oblastech dlouhodobé změny nemají jednoznačný trend, jelikož nejsou statisticky významné.

Tab. 33: Hranický kras. Vybrané statistiky ročních úhrnů srážek v 60 letém období (1961-2020).

Stanice	O1BELO01	O3HRAN01	O3LIPN01	O3KELC01
Průměrná suma	654,9	599,9	662,0	723,3
Standardní odchylka	113,7	103,5	106,4	128,0
Minimum	415,5	404,3	453,8	413,4
Rok MIN	2015	2018	2015	1973
Maximum	929,5	863,1	905,5	1047,9
Rok MAX	2010	2010	1966	2010
První decil (10%)	532,6	469,8	532,0	566,5
Dolní kvartil (25%)	566,4	506,5	574,6	647,0
Medián	646,8	606,7	663,8	724,5
Horní kvartil (75%)	726,8	666,7	725,9	792,0
Poslední decil (90%)	838,6	738,5	807,4	895,7
LinTrend (b1)	-0,72	0,90	-0,33	0,94
p-value of t-test (b1)	0,406	0,249	0,685	0,335



Obr. 24: Roční úhrny srážek v oblastí Hranického krasu v období 1961-2020.

7.2 Povrchové vody

Měření povrchových vod v síti limnigrafických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) začalo na některých lokalitách už na konci 19. století (např. Děčín na Labi, Kroměříž na Moravě). K většímu rozvoji došlo ve dvacátých letech 20. století, kdy byly na Moravě vybudovány i první stanice na krasových územích – Teplice nad Bečvou (Bečva) a Skalní Mlýn (Punkva). K velkému rozvoji pak dochází v naší největší krasové oblasti, v Moravském krasu, na přelomu šedesátých a sedmdesátých let 20. století, kdy zde bylo zbudováno mnoho stanic, z nichž některé fungují doposud. Na tuto etapu pak navazuje i hydrologický výzkum Moravského krasu vedený ČHMÚ v posledním desetiletí.

7.2.1 Změny v síti limnigrafických stanic

Chýnovský kras

Na území Chýnovského krasu, či v jeho okolí, se nenachází žádná limnigrafická stanice ČHMÚ na toku, který by měl s krasovou oblastí nějakou souvislost. Proto bude tato krasová oblast ochuzena o kapitolu hydrologie povrchových vod.

Moravský kras

Oproti tomu území Moravského krasu je na limnigrafické stanice dlouhodobě bohaté. Již v roce 1923 byla na popud profesora Karla Absolona zbudována stanice pod vývěrem Punkvy v Pustém žlebu, limnigrafická stanice Skalní Mlýn. Tato stanice nepřerušeně funguje dodnes.

Staniční síť limnigrafických stanic, tak jak ji známe dnes, vznikla v roce 1968 – stanice Sloup (Sloupský potok), Holštejn (Bílá voda), Křtiny (Křtinský potok), Jedovnice (Jedovnický potok), Josefov (Křtinský potok) a Ochoz (Říčka). Stanice v Jedovnicích byla v roce 2012 nahrazena stanicí novou, o několik stovek metrů výše proti toku situovanou. Provoz této stanice byl však také ukončen, a to ke konci roku 2017, z důvodu silného ovlivnění průtoků nově vybudovanou čistírnou odpadních vod v těsném sousedství. Na přelomu 60.-tých a 70.-tých let 20. století vzniklo v Moravském krasu i mnoho dalších stanic, většinou tzv. účelových, to znamená, že je-

jich provoz byl pouze krátkodobý a význam spíše doplňující. Tyto stanice také většinou nebyly osazeny klasickým limnigrafem, ale pouze vodočtem s pozorováním jednou týdně, či maximálně jednou denně. Od poloviny 70.-tých let je jejich provoz ukončen, čtyři z nich však byly obnoveny v posledních letech, kdy hydrologický výzkum Moravského krasu je opět na vzestupu. Jedná se o stanici Sloup – Vlčí skála na toku Luhy (v opětovném provozu od ledna 2018), v roce 2021 byly obnoveny hned tři další – Sloup (Žďárná), Holštejn (Lipovecký potok) a Josef – Býčí skála (Jedovnický potok). Žádná z těchto stanic však do našeho vyhodnocení použita nebude, protože naměřené řady průtoků jsou příliš krátké.

Mladečský kras

Pro oblast Mladečského a Javoříčského krasu byl vybrán tok Třebůvky, jakožto jediný měřený tok v okolí, i když Mladečský kras se v jejím povodí nenachází. Javoříčské jeskyně se nachází v povodí krasového toku Špraněk, který obohacuje tok Javoříčky, a ta se o několik kilometrů severněji pod Bouzovem vlévá do Třebůvky.

Na Třebůvce se od roku 1947 nachází stanice Hraníčky, stanice v Lošticích nad soutokem s Moravou je v provozu teprve od roku 2012 a její řada je tudíž pro dlouhodobé hodnocení krátká. V Jaroměřicích na Úsobrnském potoce, přítoku Jevíčky, která sama je důležitým přítokem Třebůvky, je od roku 1951 také v provozu limnigrafická stanice.

Hranický kras

Hranický krasu je z hlediska své geneze specifický. Jeho vznik je navázán na postvulkanickou činnost a není proto divu, že na jeho území protékaném řekou Bečvou vznikly lázně, Teplice nad Bečvou. Zde vznikla limnigrafická stanice na toku Bečvy už v roce 1920, bohužel v letech 1925 až 1932 došlo k pomlce ve vyhodnocování průtoků, takže pro naše účely nemůžeme použít stoletou řadu. Významný pravostranný přítok Bečvy protékající městem Hranice je Velička, měřená od roku 1980.

7.2.2 Statistické vyhodnocení průměrných měsíčních průtoků za třicetiletá období

ČHMÚ provozuje síť monitoringu množství povrchových a podzemních vod, spravuje databáze množství vod a provádí hodnocení stavu vod, hydrologickou bilanci, odvozování návrhových veličin apod. Základním smyslem výzkumu je rozšířit aktuální možnosti monitorování, doplnit a zlepšit informační hodnoty stávajících datových sad a z nich odvozených produktů.

Referenční období je období, které stanovilo ČHMÚ jako reprezentativní období, s kterým budou srovnávána aktuální data a bude sloužit jako normál pro statistické vyhodnocení. Do konce roku 2012 byla statistická vyhodnocení objektů povrchových a podzemních vod zpracovávána za referenční období 1931–1980, přičemž od ledna 2013 jsou poskytovány za nové referenční období 1981–2010. Oproti základním údajům za předcházející referenční období 1931–1980 došlo ke značným změnám v metodice odvození těchto údajů a nová referenční období by měla být reprezentativnější z hlediska stávajícího hydrologického režimu vodních toků.

Každý tok je pro své povodí uzavřené limnigrafickou stanicí charakterizován především svým dlouhodobým průměrným průtokem, tzv. Q_a . Dlouhodobé průměrné průtoky jsou stanovovány pro třicetiletá období, měli jsme tedy dlouhodobý normál pro období 1931-1960, 1951-1980, 1961-1990, poslední normál je pro období 1991-2020. V následujících odstavcích porovnáme průměrné průtoky za třicetiletá období v jednotlivých měsících roku.

Moravský kras

Dominantním povodím Moravského krasu je bezesporu povodí Punkvy, které je na LG Skalní Mlýn měřeno už od roku 1923, posuzované období tedy bude 1931 až 2020 (viz Příloha). Tak jako na všech ostatních posuzovaných povodích, i zde v povodí Punkvy je na první pohled nápadné zvýšení březnových průtoků v období 1981-2010. Naopak dubnové průtoky jsou pro „novější“ období (1971-2000, 1981-2010, 1991-2020, včetně „nejstaršího“ posuzovaného 1931-1960), nižší než pro ty „starší“. Poslední třicetiletí 1991-2020 má od dubna do srpna nejnižší průtoky ze všech posuzovaných, i když třicetiletí 1931-1960 je na tom jen o málo „lépe“.

Ostatní stanice v Moravském krasu byly posuzovány v období 1971 až 2020 (Jedovnice pouze do roku 2010). Pro Sloup, Holštejn a Křtiny platí ve zkratce to samé – vyšší březnové průtoky v období 1981-2010, od dubna do srpna nejnižší průtoky v posledním období 1991-2020. Podobné je to i pro Ochoz, jen s tím rozdílem, že pokles dubnových průtoků oproti 1971-2000 je výraznější. V Jedovnicích a v Josefově je zásadní rozdíl v průtocích měsíce září a října ovlivněných sezónním vypouštěním rybníka Olšovce. V Jedovnicích je také velmi výrazný nárůst březnových průtoků v období 1981-2010 oproti období 1971-2000.

Mladečský kras

Třebůvka po profil Hraničky, stejně jako Úsobrnský potok po Jaroměřice byly posuzovány pro období 1951 až 2020. Pro Třebůvku lze zjednodušeně konstatovat, že „nejvodnatější“ období bylo 1961-1990, „nejsušší“ 1991-2020. Pro Úsobrnský potok je opět nápadné zvýšení odtoku v měsíci březnu v období 1981-2010, za kterým však období 1991-2020 příliš nezaostává. Celkově je v ročním rozdělení pro povodí Třebůvky zajímavý červencový nárůst průtoků, daný snad větší náchylností povodí k letním bouřkám.

Hranický kras

Je svým způsobem potěšující, že druhé nejdelší posuzované krasové povodí, Bečvy po Teplice (1941-2020), vykazuje stejné či podobné trendy jako to nejdelší, Punkvy po Skalní Mlýn. V Teplících se sice dá o krasovém povodí mluvit jen stěží, protože Hranický kras je zde použitým „přílepkem“ na povodí zahrnující celé Beskydy. Zajímavé je zde zvýšení odtoku v září pro období 1971-2000 a ty následující.

Velička v Hranicích, kde jsou posuzována pouze dvě období (1981-2010 a 1991-2020), nás přesvědčuje o tom, že průtoky klesají.

7.3 Podzemní vody

Výzkumné práce týkající se definování rozsahu infiltračního zázemí a rizikových faktorů pro kvalitu a množství podzemní vody jak v oblasti krasu, tak v infiltrační oblasti jsou směřovány do oblastí Moravského, Hranického, Javoříčko-Mladečského a Chýnovského krasu.

Cílem tohoto výstupu bylo kvantitativní zhodnocení stavu podzemních vod v jednotlivých oblastech ve třicetiletých obdobích, vždy s odstupem deseti let, konkrétně pro období 1961 – 1990, 1971 – 2000, 1981 – 2010, 1991 – 2020. Jako referenční období bylo zvoleno 30 let dle standardu ČHMÚ, viz kapitola 7.2.2.

7.3.1 Změny v síti podzemních vod

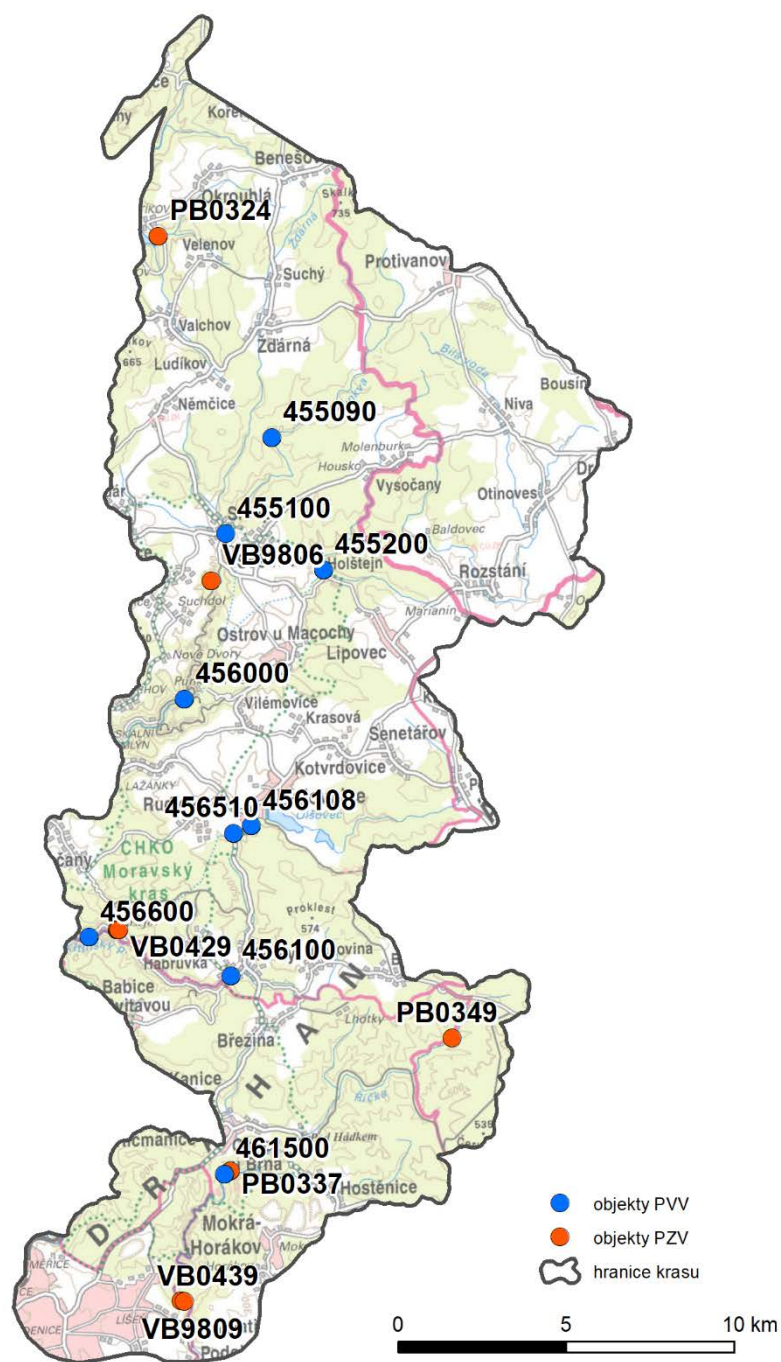
Hladiny podzemních vod a vydatností pramenů se v rámci monitoringu sledují na ČHMÚ od roku 1961, kdy byla vybudována síť pozorovacích objektů. Jedná se o síť mělkých vrtů a pramenů. Monitorovací síť hlubinných vrtů byla vybudována v roce 1991. Mezi specifika moravských poboček ČHMÚ patří tzv. hydrogeologické profily, které byly vybudovány již v letech 1938 pro potřeby plánované výstavby kanálu Odra-Dunaj-Labe. Zde jsou k dispozici již 80ti-leté řady pravidelného měření hladin podzemních vod v kvartérních zvodních.

Pro potřeby projektu RENS byly vybrány takové objekty, které vyhovují potřebám projektu. Situace jednotlivých objektů je uvedena níže, kde jsou zakresleny sledované objekty podzemních a povrchových vod v daných územích. Za účelem sledování množství podzemních vod byly do hodnocení zahrnuty hluboké vrty, mělké vrty a prameny. Informace o stavech hladiny byly čerpány z databází ČHMÚ. Použity byly průměrné měsíční hodnoty jednotlivých objektů počítané z dostupných denních, případně týdenních měření.

V rámci Moravského krasu bylo k hodnocení vybráno 8 objektů – 1 mělký vrt, 4 hluboké a 3 prameny (Tab. 34).

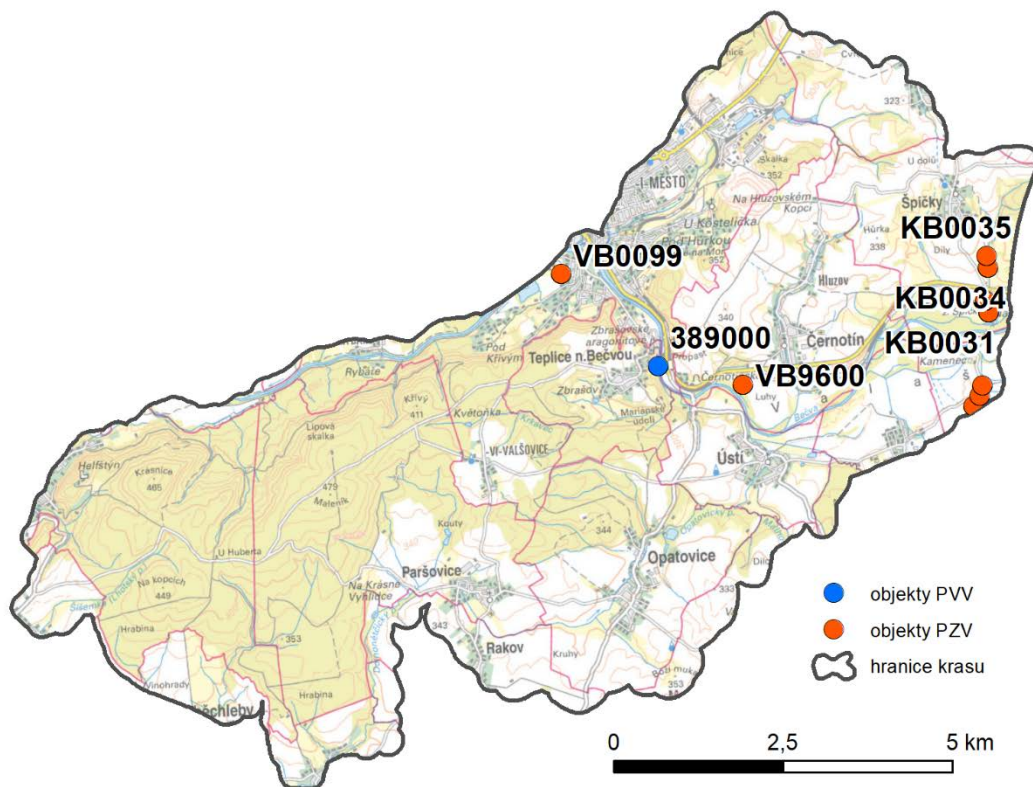
Tab. 34: Objekty Moravského krasu.

ID	HG rajon	Lokalita	hloubka obj.	OB (m n.m.)	OB nad terénem	pozorován od
VB0429	6630	Habrůvka	14,4	305,72	1,02	2008
VB0439	6620	Brno-Líšeň	20,1	249,08	0,96	2007
VB9806	6630	HV201	200,5	454,04	0,24	1991
VB9807	6630	Habrůvka HV104	113	304,93	0,63	1991
VB9809	6620	Brno-Líšeň HV110/A	711,6	248,65	0,75	1991
PB0324	6620	Boskovice (Vratíkov)				1966
PB0337	6630	Ochoz u Brna, V-3				1966
PB0349	6620	Olšany				1979



Obr. 25: Monitoring podzemních a povrchových vod Moravský kras.

V oblasti Hranického krasu bylo hodnoceno 8 objektů – 1 hluboký vrt, 3 mělké vrty a 5 hydrogeologických sond (Tab. 35)

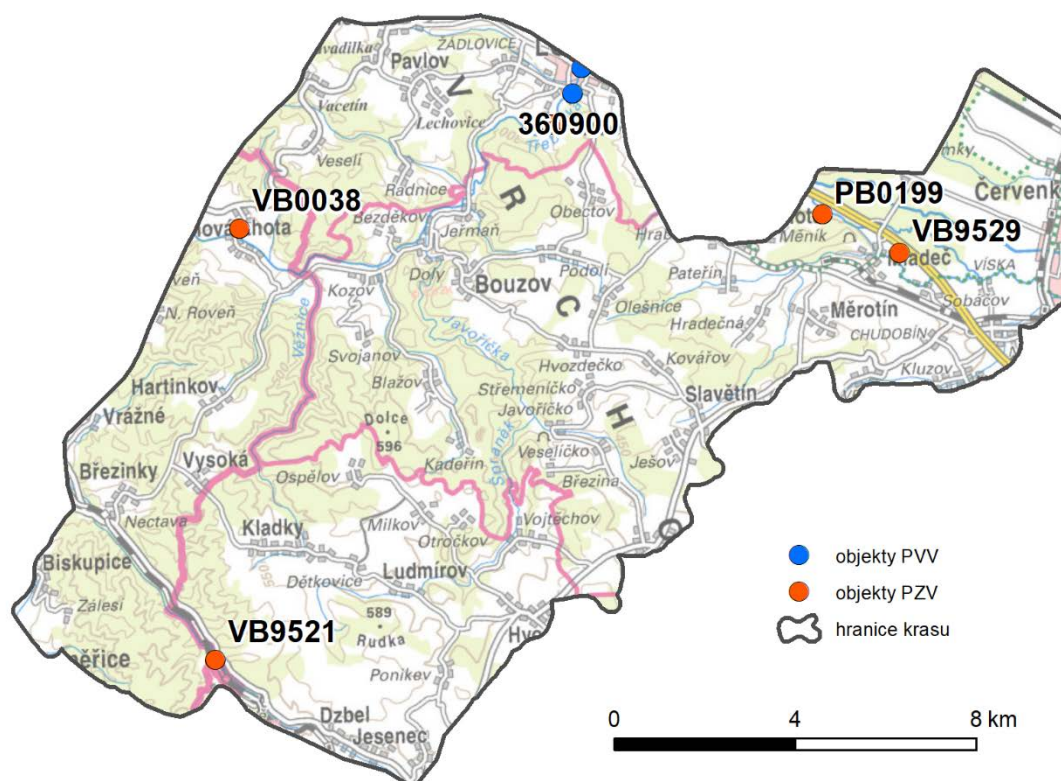


Obr. 26: Monitoring podzemních a povrchových vod Hranický kras.

Tab. 35: Objekty Hranického krasu.

ID	HG rajon	Lokalita	hloubka obj.	OB (m n.m.)	OB nad terénem	pozorován od
VB0098	1632	Hranice (Drahotuše)	9,17	244,42	0,67	1966
VB0099	1632	Hranice	8,2	244,89	0,7	1966
VB0100	1632	Hranice (Slavíč)	12,07	236,91	0,81	1966
VB9600	3221	Černotín	19,53	248,62	0,94	2007
KB0028	3221	Zámrský HP256/7		257,17	0,6	1959
KB0031	1631	Špičky HP256/9		257,64	0,6	1959
KB0032	1631	Špičky HP256/10		257,89	0,6	1959
KB0034	3221	Špičky HP256/12		268,18	0,65	1959
KB0035	3221	Špičky HP256/13		274,13	0,5	1959

V oblasti Javoříčko – Mladečského krasu se jednalo o 6 objektů – 2 mělké vrty, 3 hluboké a 1 pramen (Tab. 36).

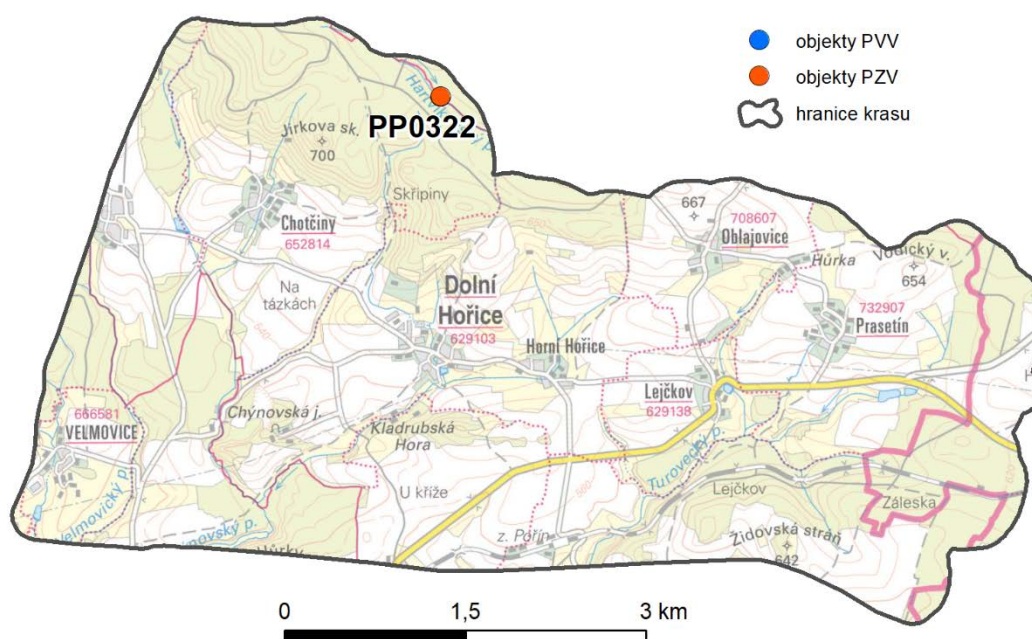


Obr. 27: Monitoring podzemních a povrchových vod Javoříčko-Mladečský kras.

Tab. 36: Objekty Javoříčko – Mladečského krasu.

ID	HG rajon	Lokalita	hloubka obj.	OB (m n.m.)	OB nad terémem	pozorován od
VB0038	6620	Lhota(Vranová)	9,47			1965
VB0042	1610	Bílá Lhota (Římice)	9,15			1965
VB9521	6620	Jaroměřice	50,16	415,64	1,04	2008
VB9529	6640	Mladeč	16	238,78	1,07	2008
VB9658	6620	Loštice	56	259,90	1,02	2006
PB0199	6640	Mladeč, V-2				1979

Na území Chýnovského krasu neexistují objekty vhodné pro účely tohoto projektu. Jediný sledovaný objekt je zde pramen PP0322, který není pro vyhodnocení v rámci projektu vhodný.



Obr. 28: Monitoring podzemních a povrchových vod Chýnovský kras.

7.3.2 Statistické vyhodnocení vývoje hladin podzemních vod

Dlouhodobé řady sledování byly pro přehlednost zprůměrovány za třicetiletá období do jednotlivých měsíců (viz příloha). U vrtů bylo pracováno s hladinami v nadmořských výškách (m n.m.), u pramenů s vydatnostmi (l/s).

K hodnocení vývoje hladin podzemních vod v objektech s nedostatečně dlouhými řadami sledování bylo pracováno pouze s dostupnými daty (od roku 2006, 2007, 2008, 1991). Tato data byla zpracována do grafů s průměrnými, maximálními a minimálními hodnotami, které byly proloženy lineární spojnicí trendu.

V dlouhodobém sledování se projevuje pravidelný vzestup hladin podzemních vod v období vegetačního klidu (od října, listopadu), naopak pokles hladin se projevuje od začátku vegetačního období (březen, duben, květen). Maxima hladin podzemních vod tak spadají do měsíců březen, duben, květen, minima do září, října.

V kratších obdobích sledování (od roku 2006, 2007, 2008, 1991) se projevuje mírně sestupný trend hladin podzemních vod a to ve všech sledovaných oblastech (s výjimkou vrtu VB9521). Tento trend může být do jisté míry ovlivněn suchými roky 2017, 2018.

Moravský kras

U pramenů PB324, PB0337 se projevuje shodný sestupný trend průtoků za třicetiletá období. Období 1961 – 1991 vychází jako období s vysokými průtoky podzemních vod, naopak nejnižší průtoky spadají do posledního třicetiletí 1991 – 2020.

Jiný trend se projevuje u pramene PB0337, kdy byly minimální hodnoty průtoků v třicetiletí 1961 – 1990, a nejvyšší hodnoty průtoků o období 1981 – 2010.

Hranický kras

Jako období s nejnižšími stavy hladin podzemních vod se u vrtů VB0098, VB0100, VB0099 jeví třicetiletí 1961 – 1990. Nejvyšší stavy hladin podzemních vod u těchto vrtů spadají do období 1991 – 2020, nebo 1981 – 2010.

U vrtů KB0028, KB0032, KB0031, KB0034 se naopak třicetiletí 1961 - 1990 jeví jako období s nejvyššími stavy hladin.

Javoříčko-mladečský kras

Odlišný vývojový trend hladin podzemních vod se projevuje na vrtech VB0038 a VB0042. Zatímco u vrtu VB0038 se jeví třicetiletí 1961 – 1990 jako období s nejvyššími stavy hladin, u vrtu VB0042 se toto třicetiletí jeví jako období s nejnižšími stavy hladin. A naopak období s nejnižšími stavy hladin u vrtu VB0038 se u vrtu VB0042 jeví jako období s nejvyššími stavy hladin podzemních vod. Podobný vývojový trend jako vrt VB0042 má i pramen PB0199 – třicetiletí s nejnižšími stavy hladin 1961 – 1990 a s nejvyššími stavy hladin 1991 – 2020.

8 Závěrečné teze

Prvky ochrany přírody, legislativa, starší zdroje dat a informací

- V rámci projektu byla předběžně vymezena infiltrační zázemí pro všechna zpracovávaná krasová území. Definování hranic bylo specifikováno na základě litologie, tektoniky, strukturní geologie, morfologie a hydrologie. Zásadním faktorem pro vymezení území pro další studium byla schopnost prostředí infiltrovat vodu a umožnit její proudění ve větších hloubkách horninového masívu. Právě k těmto ohraničeným celkům je vztahován komplex dalších informací souvisejících s potřebami řešení projektu.
- Jako příklad využití již existujících a veřejně přístupných zdrojů dat (AOPK, ČGS) uvádíme přehlednou tabulku legislativně vymezených prvků ochrany přírody, konkrétně velkoplošných a maloplošných zvláště chráněných území a také výčet prvků ÚSES pro všechny čtyři krasové oblasti, včetně jejich infiltračního zázemí.
- V práci je představen současný stav legislativy ochrany a využívání vodních zdrojů, zahrnující soupis platných zákonů a vyhlášek. Podobně je podán a diskutován přehled legislativního rámce pro vyhodnocování výsledků geochemických výzkumů zemin, který již probíhá v zájmových oblastech (Chýnovský kras, Javoříčko-mladečský kras).
- Zásadní význam pro práci na projektu mají různá historická schémata vzniklá v rámci postupného poznávání zajímavých krasových oblastí a zejména geologické a odvozené mapy různých měřítek připravené v rámci různých edicí v ČGS. Ty jsou základem pro podané přehledy geologické stavby a jejího vývoje pro všechny čtyři oblasti. Tyto přehledy jsou začleněny do širších souvislostí uvedením historického vývoje představ a názorů na krasové jevy a jejich příčiny.
- Pro budoucí interpretaci geochemických vlastností horninových komplexů jsou k dispozici pro krasové oblasti starší analýzy. S výjimkou oblasti Moravského krasu jsou dostupné analýzy většinou neúplné a často obsahují informace jen o obsazích hlavních oxidů. Není také plně pokryta litologická variabilita zkoumaných území.
- Za významné lze považovat shromáždění značného množství souvisejících publikací,

různorodých dat, schémat, map a poznatků atd. Veškeré získané informace ve svém komplexu tvoří dostatečný základ pro následné pokračování výzkumné činnosti a pro splnění plánovaných realizačních výstupů v potřebném rozsahu a v dostatečné kvalitě.

Hydrogeologie, hydrologie a využívání zdrojů vod

- Hydrogeologická prozkoumanost je velmi nerovnoměrná. Pro řešená krasová území byla zpracována rozdílná množství hydrogeologických vrtů, od sedmi sond v oblasti Chýnovského krasu po 387 v oblasti Moravského krasu. Vrty byly zpracovány i pro předpokládaná dotační zázemí karbonátových hornin.
- Pro tvorbu podzemní vody má na dotačních zázemích zásadní význam charakter přípovrchové zóny, která po půdě představuje druhou infiltrační zónu pro srážkové vody. Na krasových horninách pak je významným prvkem infiltrace srážkových vod epikras. V obou případech jde o nesaturovanou zónu, kterou gravitační voda protéká pouze při srážkách nebo při tání sněhu. Pokud je vertikální pohyb infiltrující vody znemožněn, k infiltraci srážek na hladinu podzemní vody nedojde. Voda ze srážek pak v epikrasu tvoří mělké zvodně a v případě meliorovaných území odtéká jako hypodermický odtok.
- Ve studovaných oblastech včetně jejich dotačních zázemí jsou situovány významné zdroje pitné vody. Hodnocení míry exploatace zdrojů vod bylo provedeno pro srážkově deficitní rok 2018. Z hodnocení objemu povolených odběrů pitných vod z vod podzemních a realizovaných odběrů za rok 2018 vyplynulo, že míra exploatace oficiálně povolených odběrů se v tomto roce pohybovala od 45 % v oblasti Moravského krasu přes 85 % v Javoříčsko-mladečském krasu až po 88 % v oblasti Chýnovského krasu. Problematice vztahu mezi využíváním vody v rámci studovaných oblastí a environmentálními faktory území bude nutné věnovat velkou pozornost.

Monitoring

- Ve všech řešených krasových územích, s výjimkou Javoříčsko-mladečského krasu probíhají monitoringy. Jsou zaměřené na kvalitativní parametry vod (Moravský kras, Chýnovský kras, zdroje pitné vody), souvisí s požadavky na bezpečnost (Zbrašovské aragonitové jeskyně) nebo

plynou z existence přírodních léčivých zdrojů (Teplíce nad Bečvou). Některé monitoriny vyplývají z legislativy, jiné jsou realizovány v rámci výzkumných projektů. Nejrozsáhlejší a soustavný monitoring v hodnocených oblastech provádí Český hydrometeorologický ústav. V rámci monitoringu jsou sledovány základní složky hydrologického cyklu – srážky, podzemní (vrty, prameny) a povrchové vody. V poledních letech byl zahájen monitoring na podzemních tocích v Moravském krasu.

- V rámci projektu se předpokládá vytvoření webové aplikace zobrazující informace o aktuálních vodních stavech a průtocích na stanicích měřicí sítě ČHMÚ v oblasti Moravského krasu a jeho nejbližšího okolí. Předpokládá se, že by aplikace zahrnovala jak monitoring na povrchu terénu, tak i v rámci jeskynních systémů. Informace o současném stavu vody v podzemní by přispěla k bezpečnosti průzkumů především amatérských speleologů.

Koroze krasových fenomenů

- Recentní koroze vápencových stěn a kalcitových speleotém představuje významný environmentální problémem. Tato koroze je v principu způsobená vodami nenasycenými kalcitem se saturačním indexem menším než nula (vody agresivní ke kalcitu). V případě koroze alochtonními vodami je rozhodující počáteční složení vody před vstupem do krasu/jeskyní, rychlost toku a doba zadržení vody, poměr mixování s prosakujícími vodami, fyzikálně chemické podmínky v jeskyni.

- V případě skapové vody existují dva základní mechanismy: (1) infiltrační voda projde krasovým profilem rychleji, než se stačí nasytit kalcitem, nebo (2) infiltrační voda při transportu vadózní zónou je dosycována oxidem uhličitým. Potenciální vliv CO₂ vydýchaného návštěvníky jeskyní však transformaci běžných skapových vod do vod ke kalcitu agresivních je však zřejmě málo významný.

- Dalším mechanismem uplatňovaným především ve vadózní zóně je tzv. mixovací koroze. Nenasycený mix vzniká mísením dvou typů nasycených vod, např. vody prošlé půdním profilem a vody prosakující horninami bez půdního pokryvu.

- Speciálním a velmi důležitým mechanismem je kondenzační koroze, tj. koroze z kondenzovanou vodou. V jeskyních s relativní vlhkostí blízko 100 % je změnami absolutní vlhkosti nebo

teploty poměrně snadno dosahován rosný bod s následnou kondenzací vody na chladnějších površích. V tomto mechanismu by se mohly uplatnit i antropogenní vlivy (zvýšená teplota, vydechovaná vodní pára). Kondenzovaná voda je vysoce nenasycená kalcitem a vysoce agresivní k okolním karbonátům (vápencové stěny, kalcitové/aragonitové speleotémy).

- Mikroskopické projevy koroze jsou stále málo zdokumentovány. Laboratorní studie a experimenty by měly přispět k lepšímu vyjasnění tohoto problému. K pochopení procesů bude třeba multidisciplinární přístup, spojený s monitoringem, laboratorním studiem, geochemickými výpočty a modelováním.

Tektogeneze krasových oblastí

- Chápání tektogeneze Moravského krasu prodělalo vývoj ve čtyřech hlavních názorových vlnách. Zapletalova koncepce byla víceméně fixistická, autor se omezil hlavně na základní strukturální prvky stavby a na ucelení stratigrafie. Velmi mobilistická byla Kettnerova koncepce. Kettner navazoval na své zkušenosti z Tater a pozorovanou stavbu přičítal násunové tektonice. Naopak Dvořákova koncepce neuvažovala pozorované stratigrafické inverze a vše vysvětlovala pouze vertikálními pohyby podél subvertikálních zlomů. Návratem k násunové tektonice byly práce Hladila, Melichara, Kalvody a Reze, které na základě podrobné stratigrafie a strukturálních měření opětovně zdůraznily význam násunové tektoniky v Moravském krasu. Tuto koncepci potvrdilo také nejnovější mapování ČGS.

- Pro Hranický kras lze za nejdůležitější pokládat posun v poznání hypogenního krasovění oblasti a úvahy o genezi teplicových vod opřené o izotopové analýzy. Nově lze považovat za nejpravděpodobnější zdroj teplicových vod jižní část kulmu Oderských vrchů a kulmskou část kry Maleníku. Tento názor je v souladu se závěry interpretací širší geologické stavby na základě vyhodnocení profilů hlubokých vrtů Potštát 1, Bělotín 1, Choryně 9, Dřevohostice 1, Bystřice pod Hostýnem 1, Jablůnka 1 a dalších.

- Javoříčko-mladečský kras se rozprostírá v jižním sousedství evropsky významné strukturální linie labského lineamentu. Asi nejvýraznějším strukturálním křehkým prvkem je systém sz.–jv. orientovaných tzv. sudetských zlomů nectavsko-konického systému. Je na něm vytvořeno pá-

tešní údolí zájmového území – nectavské údolí i druhá nejvýznamnější porucha – vojtěchovská dislokace.

- Sudetský směr rovněž predisponoval také rozšíření křídových sedimentů a miocenní záplavy v širší oblasti v období mezozoika a kenozoika. Směr zlomů SZ–JV je významný také ze seizmotektonického hlediska a prakticky zde ohraničuje jz. okraj seizmicky aktivní sv. části Českého masivu. Hypocentra zemětřesení jsou lokalizována především na styk zlomů nectavskoko-nického systému se zlomy východního okraje boskovické brázdy.
- Při průzkumu jeskyní v Javoříčském krasu bylo zjištěno, že směry tektonických poruch, foliací a puklin odpovídají hodnotám na povrchu a obecně v celém moravskoslezském paleozoiku. Významné jsou především směry foliací SSV – JJZ až VSV-ZJZ a puklinový systém ZSZ – VJV, které predisponují hlavní chodby jeskyní.
- Chýnovský kras s jeskynním systémem je vyvinut v metamorfovaných horninách pestré skupiny moldanubika, jmenovitě je tvořen krystalickými vápenci až dolomity tvořícími vložky v komplexu pararul a amfibolitů. Celý pruh tektonicky značně postiženého horizontu krystalických vápenců je dlouhý cca 4–5 km. Jeskynní systém je protékáný podzemním tokem, který vyvěrá v Rudické vyvěračce, ale zároveň podtéká povrchové toky, včetně Chotčického potoka. Hlavní příčinou je patrně specifické tektonické porušení celé oblasti.

9 Literatura

- ALVAREZ, W. – ENGELDER, T. – GEISER, P. A. (1978): Classification of solution cleavage in pelagic limestones. – *Geology*, 6, 263–266.
- APPELO, C. A. J. – POSTMA, D. (2005): *Geochemistry, groundwater and pollution* (2nd edition). – 649 p. AA Balkema Publishers, Leiden, London, New York.
- ATKINSON, T. C. (1977): Carbon dioxide in the atmosphere of the unsaturated zone: an important control of groundwater hardness in limestones. – *J. Hydrol.*, 35, 111–23.
- AUDRA, P. – PALMER, A. N. (2011): The pattern of caves: controls of epigenic speleogenesis. In: AUDRA, P. et al., eds.: *Nouveaux paradigmes de la karstologie, mise en perspective*. Vol. 17, n. 4., *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, ID: 10.4000/geomorphologie.9538, OpenEdition.
- AUDRA, P. – PALMER, A. N. (2015): Research frontiers in speleogenesis. Dominant processes, hydrogeological conditions and resulting cave patterns. – *Acta Carsol.*, 44 (3), 315–348.
- BÁBEK, O. (1996): Tafonomie a biofacie konodontových společenstev jeseneckých vápenců na Dražanské vrchovině a jejich význam pro faciální analýzu. – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1995*, 76–78. Brno.
- BÁBEK, O. (1997): Microfacies analysis of Devonian to Lower Carboniferous carbonates and its impact on the interpretation of internal architecture of the Konice-Mladeč Belt, Moravia, Czech Republic. – *J. Czech Geol. Soc.*, 42, 59–73.
- BÁBEK, O. (2001a): Konodontová biostratigrafie jeseneckých vápenců na území konicko - mladečského pruhu na Moravě, Český masív. – *Acta Mus. Morav., Sci. Geol.*, 86, 1–2, 161–173. Brno.
- BÁBEK, O. (2001b): Konodontová biostratigrafie vápenců přechodního (ludmírovského) vývoje na území konicko - mladečského pruhu, Dražanská vrchovina, Český masív. – *Přír. studie Muzea Prost.*, 4, 17–29. Prostějov.
- BÁBEK, O. – JANOŠKA, M. (1997): Tectonic evolution of the Konice-Mladeč Belt: Structural analysis and a facies disjunction. – *Acta Univ. Pal. Olom, Fac. Rer. Natural., Geologica*, 35, 31–35.
- BÁBEK, O. – NOVOTNÝ, R. (1999): The Hněvotín Limestone Neostratotype Locality Revisited: A Conodont Biostratigraphy and Carbonate Microfacies Approach, Moravia, Czech Republic. – *Acta Univ. Pal. Olom, Fac. Rer. Natural., Geologica*, 36, 63–68. Olomouc.
- BÁBEK, O. – OTAVA, J. (2006): Biostratigrafické doklady pro tence šupinovitou stavbu hranického paleozoika, moravskoslezská zóna. – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2005*, 60–63.

- BÁBEK, O. – KALVODA, J. – KREJČÍ, Z. (1994): New stratigraphical results in the Paleozoic of the Dražanská vrchovina Upland (Moravia, Czech Republic). – *J. Czech Geol. Soc.*, 39. 2–3, 197–204.
- BÁBEK, O. – TOMEK, Č. – MELICHAR, R. – KALVODA, J. – OTAVA, J. (2006): Structure of unmetamorphosed Variscan tectonic units of the southern Moravio-Silesian zone, Bohemian Massif, (a review). – *Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 239(1):37–75. Stuttgart.
- Bábek, O. – Vodehnal, O. – Faměra, M. – Tomica A. (2012): Geofyzikální mapování krasových struktur metodou multielektrodového odporového profilování: jeskyně za hájovnou, javoříčský kras. – *Geol. výzk. Mor. Slez.*, 19(1–2).
- BÁBEK, O. – FAIMON, J. – ŠRÁČEK, O. – GERŠL, M. (2021): Can the Hranice Abyss, the Deepest Underwater Cave in the World, Really Reach 1 km Depth? A Comment on the Paper by Klanica et al. (2020). – *J. Geophys. Res.: Earth Surface*. 126, 4. e2020JF005916.
- BAKALOWICZ, M. – BLAVOUX, B. – MANGIN, A. (1974): Apports du tracage isotopique naturel a la connaissance du fonctionnement d'un systeme karstique-teneurs en oxygene 18 de trois systemes des Pyrenees, France. – *J. Hydrol.*, 23. 141–158.
- BALATKOVÁ, D. (2017): Geomorfologické poměry údolí Javoříčského krasu. – MS Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, 130 s.
- BALDÍK, V. – BURIÁNEK, D. – ČÁP, P. – FRANCŮ, J. – FÜRICOVÁ, P. – GILÍKOVÁ, H. – JANDERKOVÁ, J. – KAŠPERÁKOVÁ, D. – KOLEJKA, V. – KREJČÍ, V. – KRYŠTOFOVÁ, E. – MÜLLER, P. – NOVOTNÝ, R. – OTAVA, J. – PECINA, V. – REZ, J. – SEDLÁČEK, J. – SEDLÁČKOVÁ, I. – VEČEŘA, J. – VÍT, J. (2017): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR list Ostrov u Macochy 24-233. – MS ČGS. Praha.
- BARROCU, G. (2007): Hydrogeology of granite rocks in Sardinia. In: KRÁSNÝ, J. – SHARP, J. M., eds: *Groundwater in fractured rocks. IAH Selected Papers 9*, 1–30. – Taylor and Francis.
- BARTH, V. (1960): Devonský vulkanismus Šternbersko-hornobenešovského pásma v Nížkém Jeseníku. – *Acta Univ. Pal. Olom, Fac. Rer. Natural., Geogr.-geol.*, 1, 5–131.
- BARTH, V. (1964): Faciální vývoj vulkanického komplexu jižní části konickomladečského devonu na Dražanské vrchovině. – *Acta Univ. Pal. Olom, Fac. Rer. Natural.* 17, *Geogr.-geol.* VI, 13–67.
- BERNARD, A. (1908): Nerosty okolí Tábořského. – MS Výroční zpráva vyššího gymnázia v Táboře. 35 s.
- BLECHA, M. – FAIMON, J. (2014): Spatial and temporal variations in carbon dioxide (CO₂) concentrations in selected soils of the Moravian Karst (Czech Republic). – *Carbon. Evapor.*, 29, 395–408.
- BÖGLI, A. (1964): Mischungskorrosion – Ein Beitrag zum Verkarstungsproblem. – *Erdkunde*, 18(2), 83–92.

- BÖGLI, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. – 294 p. Springer, Berlin.
- BOSÁK, P. (2003): Karst processes from the beginning to the end: How can they be dated? – Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers, The Virtual Scientific Journal www.speleogenesis.info, 1–24. Dostupné online: https://www.speleogenesis.info/directory/karstbase/pdf/seka_pdf4467.pdf
- BOSÁK, P. (2006): Kras střemeničsko-rachavské skupiny ker konicko-mladečského devonu (Javoříčský kras): vyhodnocení vrtných prací. – Přír. studie Muzea Prost., 9, 7–39, Prostějov.
- BOSÁK, P. (2017): Kra Maleníku. – MS Nepublikovaná výzkumná zpráva, Geologický ústav AV ČR, v.v.i. pro Geotest, s.r.o.: 1–19. Praha.
- BRUTHANS, J. (1999): Hydrogeologické poměry Českého krasu severně od řeky Berounky. – MS Diplomová práce. Přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.
- BRUTHANS, J. (2006): Využití přirozených stopovačů (^{18}O ; ^3H ; freony; SF_6) a dalších metod pro zhodnocení doby zdržení vod a charakteru proudění v krasových oblastech ČR. – MS Doktorská disertační práce, Přírodověd. fak. Univerzity Karlovy, Praha.
- BRUTHANS, J. – VOJTĚCHOVSKÁ, A. (2004): Karst conduit parameters estimated by tracer test: Verification of results in natural conditions. – Geovestník, Mineralia Slovaca, 36 (1), 4.
- BRUTHANS, J. – ZEMAN, O. (2003): Factors controlling exokarst morphology and sediment transport through caves: Comparison of carbonate and salt karst. – Acta Carsol., 32 (1), 83–99. Ljubljana.
- BRUTHANS, J. – KRYŠTOFOVÁ, E. – BURDA, J. – BŮZEK, F. – KADLECOVÁ, R. – KONDRVÁ, L. – KONEČNÝ, F. – KŮRKOVÁ, I. – OTAVA, J. – SKÁCELOVÁ, Z. – VÍT, J. – NOVOTNÁ, J. – BURDA, P. – HARTLOVÁ, L. – KAŠPÁREK, L. – HANEL, M. – BERAN, A. – HRDINKA, T. – PELÁKOVÁ, M. – PRCHALOVÁ, H. – BERÁNEK, J. – RAPANTOVÁ, N. – ŠEDA, S. – VRBOVÁ, J. – FIEBIGEROVÁ, J. (2016): Hydrogeologický rajon 6640 – Mladečský kras. Stanovení zásob podzemních vod, závěrečná zpráva, příloha č. 2/51. 105 s. – MS archiv České geologické služby, Geofond.
- BRUTHANS, J. – BŮZEK, F. – KADLECOVÁ, R. – KONDRVÁ, L. – KRYŠTOFOVÁ, E. – KŮRKOVÁ, I. – OTAVA, J. – SKÁCELOVÁ, Z. – VÍT, J. (2016): Rebilance zásob podzemních vod, Závěrečná zpráva, Příloha č. 2/51, Hydrogeologický rajon 6640 – MS Mladečský kras, ČGS Praha.
- BRUTHANS, J. – FILIPPI, M. – ZARE, M. (2017): Hydrogeology of salt karst under different cap soils and climates (Persian Gulf and Zagros Mts., Iran). – Int. J. Speleol., 46(2), 303–320.
- BRUTHANS, J. – VYSOKÁ, H. – GRUDLOCH, J. (2021): Přirozená vydatnost termálních vod v Teplících nad Bečvou, jejich hydraulický vztah s řekou Bečvou a diskuse infiltrační oblasti. – Zpr. geol. Výzk. 54, 13–21.

- BURIÁNEK, D. – MELICHAR, R. (1997): Devonské vápence zvrásněné s granodiority brněnského masivu v okolí Valchova. – Sborník II. semináře České tektonické skupiny, 50–51.
- BURIÁNEK, D. – STREIT, R. (2021): Geneze fosfátu v jesenických vápencích konicko-mladečského pruhu (drahanský faciální vývoj moravskoslezského paleozoika na Moravě). – *Geol. výzk. Mor. Slez.*, 28:1–2.
- BURIÁNEK, D. – GILÍKOVÁ, H. – OTAVA, J. (2013): Chemické složení březinského a podolského souvrství – přechodové facie dinant-kulm ve visé Drahanské vrchoviny. – *Acta Mus. Morav., Sci. geol.*, 1, 79–90.
- BURKHARD, M. (1993): Calcite twins, their geometry, appearance and significance as stress-strain markers and indicators of tectonic regime: a review. – *J. Struct. Geol.*, 15 (3–5), 351–368.
- BUYANOVSKY, G. A. – WAGNER, G. H. (1983): Annual cycles of carbon dioxide level in soil air. – *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 47, 1139–1145.
- CAJZ, V. (1984): Geologické poměry pestré skupiny moldanubika v okolí Chýnova. – MS Diplomová práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- CAJZ, V. (1987): Strukturně geologické poměry Chýnovského krasu. – *Čs. Kras*, 122–125.
- CIGNA, A. A. (1968): An analytical study of air circulation in caves. – *Int. J. Speleol.*, 3, 41–54.
- ČEPEK, L. (1939): Geologický posudek o kutiskovém terénu u Chýnova v Čechách. – MS Archiv České geologické služby.
- ČERNÝ, J. – OTAVA, J. – MELICHAR, R. (2012): Předběžné výsledky strukturně geologického studia na listu Jedovnice, Moravský kras. – *Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci* 303, 72–75.
- ČERNÝ, J. – OTAVA, J. – MELICHAR, R. (2013): Křtinské polookno - důsledek tektonického pohybu na jihu Moravského krasu. In: *Moravskoslezské paleozoikum 2013, XVI ročník*. – Sborník abstraktů, 5–6.
- ČINČURA, J. – KÖHLER, E. (1995): Palealpine karstification - the longest paleokarst period in the Western Carpathians (Slovakia). – *Geol. Carpath.*, 46, 6, 343–347. Bratislava.
- ČÍŽEK, P. – TOMEK, Č. (1991): Large-scale thin-skinned tectonics in the eastern boundary of the Bohemian Massif. – *Tectonics*, 10, 2: 273–286.
- ČURLÍK, J. (2011): Potenciálne toxické stopové prvky a ich distribúcia v podach Slovenska. – Monografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Komenského v Bratislavě.
- DAVIDSON, E. A. – BELK, E. – BOONE, R. D. (1998): Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. – *Glob. Chang. Biol.* 4, 217–227.

- DE FREITAS, C. R. – SCHMEKAL, A. (2003): Condensation as a microclimate process: measurement, numerical simulation and prediction in the Glowworm Cave, New Zealand. – *Int. J. Climatol.*, 23, 557–75.
- DE FREITAS, C. R. – LITTLEJOHN, R. N. – CLARKSON, T. S. – KRISTAMENT, I. S. (1982): Cave climate: assessment of airflow and ventilation. – *J. Climat.*, 2, 383–97.
- DOLÁKOVÁ, N. (2004): Palynologická studia jeskynních sedimentů moravských krasových oblastí. – 3. národní speleologický kongres, rozšířená abstrakta. – Česká speleologická společnost, 13–14, Sloup.
- DREYBRODT, W. (1981): Mixing corrosion in $\text{CaCO}_3\text{--CO}_2\text{--H}_2\text{O}$ systems and its role in karstification of limestone areas. – *Chem. Geol.*, 32, 221–236.
- DREYBRODT, W. (1988): Processes in karst systems. Physics, Chemistry, and Geology. – 288 p. Springer Series in Physical Environment, vol 4. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- DREYBRODT, W. – GABROVŠEK, F. – PERNE, M. (2005): Condensation corrosion: A theoretical approach. – *Acta Carsol.*, 34, 317–348.
- DUBLYANSKY, V. N. – DUBLYANSKY, Y. V. (1998): The problem of condensation in karst studies. – *J. Cave Karst. Stud.*, 60, 3–17.
- DUNNE, W. M. – HANCOCK, P. L. (1994): Palaeostress analysis of small-scale brittle structures. In: HANCOCK, P. ed.: Continental deformation. 101–120. – Pergamon Press, Oxford.
- DUŠEK, K. – HAVLÍČEK, P. – KADLECOVÁ, R. – MANOVÁ, M. – MÜLLER, V. – NOVÁK, M. – OPLETAL, M. – SÁŇKA, V. – ŠALANSKÝ, K. (2001): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000. List 23-13 Tábor. – ČGÚ Praha.
- DVOŘÁK, J. (1955): Zpráva o nálezů hydrotermálních žil v oblasti hranického devonu. – Přírodověd. sbor. Ostrav. Kraje, 16(1):148–150, Opava.
- DVOŘÁK, J. (1957): Příbojový reliéf tortonského moře v oblasti hranického devonu. – *Čas. Mineral. Geol.*, II, 2:120–127. Praha.
- DVOŘÁK, J. (1957): Nové poznatky o geologii devonu severní části Moravského krasu. – *Věst. Ústř. úst. geol.* 32, 353–356.
- DVOŘÁK, J. (1958): Předběžná zpráva o nálezů valounů spodnokarbonských vápenců ve spodnokarbonských slepencích Dražanské vysočiny u Brna. – *Věst. Ústř. úst. geol.* 33, 384–385.
- DVOŘÁK, J. (1958): Geologické poměry devonu u Hranic na Moravě. – *Sbor. Ústř. Úst. geol.*, odd. geol., 1957, 24, 237–262. Praha.
- DVOŘÁK, J. (1963): Paleogeografický vývoj a formační analýza paleozoika jižní části Dražanské vysočiny. In: XIV. sjezd Společnosti pro mineralogii a geologii, 43–55.
- DVOŘÁK, J. (1967): Vývoj synsedimentárních struktur v jižní části Moravského krasu. – *Čas. mineral. geol.* 12(3), 237–246.

- DVOŘÁK, J. (1973): Synsedimentary tectonics of the Palaeozoic of the Drahaný Upland (Sudeticum, Moravia, Czechoslovakia). – *Tectonophysics* 17, 359–391.
- DVOŘÁK, J. (1989): Geologie souvrství líšeňského a jeho nadloží v jižní části Moravského krasu (vyhodnocení tří strukturních vrtů Horákov). – MS Archiv ČGS.
- DVOŘÁK, J. (1993): Diskuse k práci HLADIL, J. – KREJČÍ, Z. – KALVODA, J. – GINTER, M. – GALLE, A. – BEROUSEK, P. (1991): Carbonate ramp environment of Kellwasser time-interval, Lesní lom, Moravia, Czechoslovakia. In: *Bulletin de la Societe geologique de Belgique*, 100, 57–119. – *Věst. Čes. geol. úst.* 68(3), 42–44.
- DVOŘÁK, J. (1994): Styk geologických struktur jesenického a drahanského regionu mezi Mohelnicí, Uničovem a Litovlí. – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1996*, 30–31. Brno.
- DVOŘÁK, J. (1996): Ukončení komplexního výzkumu vrtů v konickém paleozoiku (sz. část Drahanské vrchoviny). – *Zpr. geol. výzk. v roce 1995*. 54–55. Brno.
- DVOŘÁK, J. (1997a): Geologie paleozoika v okolí Ostrova u Macochy (Moravský kras, Morava). – *J. Czech Geol. Soc.* 42, 105–110.
- DVOŘÁK, J. (1997b): Základní geologická mapa ČR 24-413 Mokrý-Horákov. – Česká geologická služba. Praha.
- DVOŘÁK, J. (1998): Krasovění devonských vápenců Moravského krasu a okolí. – *J. Czech Geol. Soc.* 43, 3, 203–208.
- DVOŘÁK, J. – FRIÁKOVÁ, O. (1978): Stratigrafie paleozoika v okolí Hranic na Moravě. – *Sbor. Ústř. Geol.*, 1–50. Praha.
- DVOŘÁK, J. – PTÁK, J. (1963): Geologický vývoj a tektonika devonu a spodního karbonu moravského krasu. – *Sbor. geol. věd, Geologie* 12, 237–246.
- DVOŘÁK, J. – CHLUPÁČ, I. – SVOBODA, J. (1956): Zpráva o podrobném geologickém mapování devonu u Hranic na Moravě. – *Sbor. Ústř. Úst. geol. odd. geol. Praha*.
- DVOŘÁK, J. – CHLUPÁČ, I. – SVOBODA, J. (1957): Zpráva o podrobném geologickém mapování devonu u Hranic na Moravě. – *Zpr. geol. výzk. v roce 1956*, Praha, str. 44–47.
- DVOŘÁK, J. – SVOBODA, J. – CHLUPÁČ, I. (1958): Geologické poměry devonu u Hranic na Moravě. – *Sbor. Ústř. Úst. Geol.*, 24, *Geol.*, 1, 237–274. Praha.
- DVOŘÁK, J. – KLABLENA, J. – POMEZNÝ, J. (1974): Geofyzikální měření na akci Mladečský kras (regionální hydrogeologický průzkum), I. etapa. – MS archiv ČGS Praha.
- DVOŘÁK, J. – FRIÁKOVÁ, O. – GALLE, A. – KALVODA, J. – MAŠTERA, L. – OTAVA, J. – PŘICHYSTAL, A. – SKOČEK, V. (1981): Paleozoikum ve vrtu Opatovice 1 na Hranicku (SV Morava). – *Čas. Slez. Muz. (Opava)*, ř. A, 30, 211–229, Opava.
- DVOŘÁK, J. – FRIÁKOVÁ, O. – MITRENGA, P. – REJL, L. (1984): Vliv stavby východní části brněnského masívu na vývoj nadložních sedimentárních formací. – *Věst. Ústř. úst. geol.*, 59(1), 21–28.

- DVOŘÁK, J. – FRIÁKOVÁ, O. – HLADIL, J. – KALVODA, J. – KUKAL, Z. (1987): Geology of the Palaeozoic rocks in the vicinity of the Mokrý Cement Factory quarries, Moravian Karst. – Sbor. geol. věd, Geol. 42, 41–88.
- DVOŘÁK, J., ed. (1972): Vysvětlující text k základní geologické mapě 1 : 25 000 list M–33–96–B–a Odry. – MS Ústř. Úst. geol. Brno.
- DVOŘÁK, J. et al. (1991): Příspěvek geologických věd k řešení střetu zájmů v okolí Mladče u Litovle na Moravě. – MS Čes. Geol. Úst. Praha 10.
- DVOŘÁK, V. (2002): Tektonika severní části Moravského krasu. – MS Diplomová práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- DVOŘÁK, V. (2004): Orientační strukturní analýza vápenců Hranického krasu. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2003, 42–45. Brno.
- DVOŘÁK, V. – MELICHAR, R. (2002): Nástin tektonické stavby severní části Moravského krasu. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2001, 51–54.
- ENGEL, W. – FRANKE, W. (1983): Flysch sedimentation: its relations to tectonism in the European Variscides. In: MARTIN, H. – EDER, F. W., eds: Intracontinental Fold Belts. 289–322. – Springer, Berlin,
- FAIMON, J. – LANG, M. (2013): Variances in airflows during different ventilation modes in a dynamic U-shaped cave. – Int. J. Speleol., 42 (2), 115–122.
- FAIMON, J. – LANG, M. (2018): What actually controls the minute to hour changes in soil carbon dioxide concentrations? – Geoderma, 323, 52–64.
- FAIMON, J. – LIČBINSKÁ, M. (2010): Carbon dioxide in the soils and adjacent caves of the Moravian Karst. – Acta Carsol., 39, 463–475.
- FAIMON, J., ZIMÁK, J., ZAJÍČEK, P., SCHWARZOVÁ, M., ŠTELCL, J. (2004) The study of recent destructive processes in the Moravian Karst caves (Czech Republic). Geographica, 38, 9–13. (UP Olomouc)
- FAIMON, J. – ŠTELCL, J. – SAS, D. (2006a): Anthropogenic CO₂-flux into cave atmosphere and its environmental impact: A case study in the Císařská Cave (Moravian Karst, Czech Republic). – Sci. Tot. Env., 369, 231–245.
- FAIMON, J. –, ŠTELCL, J. – SCHWARZOVÁ, M. – ZAJÍČEK, P. – ZIMÁK, J. (2006b): Recentní krasové procesy: destrukce speleotém (in Czech). – Investigation report GAČR (GA205/03/1128), pp. 1–47.
- FAIMON, J. – LIČBINSKÁ, M. – ZAJÍČEK, P. (2012a): Relationship between carbon dioxide in Balcarška Cave and adjacent soils in the Moravian Karst region of the Czech Republic. – Int. J. Speleol. 41, 17–28.

- FAIMON, J. – LIČBINSKÁ, M. – ZAJÍČEK, P. – ŠRÁČEK, O. (2012b): Partial pressures of CO₂ in epikarstic zone deduced from hydrogeochemistry of permanent drips, the Moravian Karst, Czech Republic. – *Acta Carsol.*, 41 (1), 47–57.
- FAIMON, J. – TROPPOVÁ, D. – BALDÍK, V. – NOVOTNÝ, R. (2012c): Air circulation and its impact on microclimatic variables in the Císařská Cave (Moravian Karst, Czech Republic). – *Int. J. Climatol.*, 32, 599–623.
- FAIMON, J. – LANG, M. – GERŠL, M. – ŠRÁČEK, O. – BÁBEK, O. (2020): The “breathing spots” in karst areas—the sites of advective exchange of gases between soils and adjacent underground cavities. – *Theoret. Appl. Climatol.*, 142, 85–101.
- FINGER, F. – STEYRER, H. P. (1995): A tectonic model for the eastern Variscides: Indication from a chemical study of amphiboles in the south-eastern Bohemian Massif. – *Geol. Carpath.*, 46, 137–151.
- FOETTERLE, F. (1858): Bericht über die in der Jahren 1856 und 1857 westlichen Mähren ausgeführte geologische Aufnahme. – *Jb. K.-Kön. geol. Reichsanst.*, 9:17–62, Wien.
- FORD, D. C. – WILLIAMS P. (2006): *Karst Geomorphology and hydrology*. – 553 p. John Wiley & Sons. Hoboken.
- FRIÁKOVÁ, O. (1964): Konodonti z manticerového stupně hranického devonu. – *Věst. Ústř. Úst. geol.*, roč. 24, 1964, 13–17. Praha.
- FRIÁKOVÁ, O. (1969): Zpráva o výzkumu konodontové fauny z okolí Hranic na Moravě. – *Zpr. Geol. Výzk. v r. 1967*, 111–113. Praha.
- FRIČ, A. – KREJČÍ, J. (1863): Chejnovská jeskyně. – *Živa* 11, 343–350. Praha.
- GABROVŠEK, F. – DREYBRODT, W. (2000): Role of mixing corrosion in calcite-aggressive H₂O–CO₂–CaCO₃ solutions in the early evolution of karst aquifers in limestone. – *Water Resour. Res.*, 36(5) 1179–1188.
- GÁZQUEZ, F.– CALAFORRA, J.-M. – FORTI, P. – WAELE, J. D. – SANNA, L. – RULL, F.– SANZ, A. (2013): Corrosion of calcite crystals by metal-rich mud in caves: Study case in Crovassa Ricchi in Argento Cave (SW Sardinia, Italy). – *Geomorph.*, 198, 138–146.
- GEIGER, R. (1966): *The climate near the ground*. – 628 p. Harvard University Press, Cambridge.
- GERGEL, J. - KOLÁŘ, L. - MÜLLER, P. (2005): Obsah toxických kovů v sedimentech českých rybníků. – *Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in České Budějovice, Series for Crop Sciences* 22, 1, 47-55. ISSN 1212-0731
- GERŠL, M. – KALENDA, P. – HAVLÍN, A. – DURAS, R. (2007): Geofyzikální mapování metodou velmi dlouhých vln a vrtný průzkum v okolí Hranické propasti (Hranický kras). – *Geol. Výzk. Mor. Slez. v r. 2006*, 14, 92–94.

- GOLDSCHIEDER, N. – CHEN, Z. – AULER, A. S. – BAKALOWICZ, M. – BRODA, S. – DREW, D. – HARTMANN, J. – JIANG, G. – MOOSDORF, N. – STEVANOVIC, Z. – VENI, G. (2020): Global distribution of carbonate rocks and karst water resources. – *Hydrogeol. J.*, 28, 1661–1677.
- GRYGAR, R. (2000): Zhodnocení tektonické pozice deformačního vývoje a strukturních poměrů české části hornoslezské pánve. – MS VŠB – Technická universita Ostrava, Institut geologického inženýrství.
- GRYGAR, R. – JELÍNEK, J. (2003): The Upper Morava and Nysa pull-apart grabens – the evidence of neotectonic dextral transpression on the Sudetic fault system. – *Acta Montana, ser. A*, 24, 51–59.
- GRYGAR, R. – VAVRO, M. (1995): Evolution of Lugosilesian Orocline (north-eastern periphery of the Bohemian Massif): Kinematics of Variscan deformation. – *J. Czech Geol. Soc.*, 40, 1–2, 65–90.
- GRYGAR, R. – ADAMUSOVÁ M. – DOLEŽALOVÁ, J. – KALEDOVÁ, J. – KREML, P. – VAVRO, M. (1991): Strukturně – kinematická analýza sv. okraje Českého masívu. Závěrečná zpráva HS: VŠB č.105/90, ÚÚG 3110. – MS VŠB v Ostravě, Hornicko-geologická fakulta.
- GRYGAR, R. – ELIÁŠ, M. – KREJČÍ, O. – MELICHAR, R. (1997): Exkurzní průvodce – Sedimentární a tektonický vývoj synorogenních pánví. – In: Sborník II. semináře České tektonické skupiny. – Ostrava: Česká geologická společnost VŠB-TU, 1–12.
- GÜRTLEROVÁ, P. – ČADEK, J. – ČADKOVÁ, Z. – MRÁZEK, P. – ADAMOVÁ, M. – DUŠEK, P. (1997): Databáze analytických stanovení na mapách geochemické reactivity hornin 1 : 50 000. – Litogeochemická databáze České geologické služby. Praha.
- HANZLÍK, J. – VRBICKÝ, B. – VYDRA, J. (1965): Komunikace krasových vod Chýnovská jeskyňě - vyvěračka Rutice. – MS Archiv České geologické služby.
- HANŽL, P. (1996): Geologický profil mezi Čebínem a Skalním mlýnem. – MS PhD thesis, Faculty of science, Masaryk University, Brno.
- HASSINGER, H. (1914): Die Mährische Pforte und ihre benachbarten Landschaften. – *Abh. K.-kön. geograph. Ges. im Wien.* – Bd. XI, 2, 1–313. Wien.
- HASSON, D. – BENDRIHEM, O. (2006): Modeling remineralization of desalinated water by limestone dissolution. – *Desalination*, 190, 189–200.
- HAVÍŘ, J. – OTAVA, J. (2007): Differences between tectonic styles of Culm and Carbonate facies, SE margin of Nížký Jeseník Palaeozoic. – Proceedings and excursion guide of 5th Meeting of the Central European Tectonic Studies Group and 12th Meeting of the Czech Tectonic Studies Group, April 11–14, 2007, Teplá, 27–28.
- HAVÍŘ, J. – DVOŘÁK, V. – OTAVA, J. (2003): Nové výsledky strukturního studia paleozoika okolí Hranic. – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2002*, 48–51.

- HAVÍŘ, J. – BÁBEK, O. – OTAVA, J. (2004a): Vztah struktur, stratigrafie a krasovění ve Zbrašovských aragonitových jeskyních. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2003, 46–50. Brno.
- HAVÍŘ, J. – OTAVA, J. – PETROVÁ, P. – ŠVÁBENICKÁ, L. (2004b): Geologická dokumentace zářezu železničního koridoru západně Běloutína (Moravská brána). – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2002, 18–23.
- HAVLÍČKOVÁ, R. (2019): Konodontová biostratigrafie líšeňského souvrství na profilu Hornek v údolí Říčky. – MS Bakalářská práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- HLADIL, J. (1983): Cyklická sedimentace v devonských karbonátech macošského souvrství. – Zem. Plyn Nafta 28, 1–15.
- HLADIL, J. (1987a): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 24-413 Mokrý-Horákov. – Česká geologická služba.
- HLADIL, J. (1987b): Základní geologická mapa ČSSR 24-413 Mokrý-Horákov. – Česká geologická služba.
- HLADIL, J. (1988): Structure and microfacies of the Middle and Upper Devonian carbonate buildups in Moravia, Czechoslovakia. – In: MC-MILLAN, N. J. – EMBRY, A. F. – GLASS, D. J., eds: Devonian of the World, II. – Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, Calgary, 14 (2), 607–618.
- HLADIL, J. (1991a): Násunové struktury jižního uzávěru Moravského krasu, 24-413 Mokrý-Horákov. – Zpr. Geol. Výzk. v r. 1989, 80–81.
- HLADIL, J. (1991b): Nové a kontroverzní jevy vyplývající z faciálních map paleozoického karbonátového komplexu na Moravě. – Zpr. Geol. Výzk. v r. 1989, 78–80.
- HLADIL, J. (1994): Moravian Middle and Late Devonian Buildups: evolution in time and space with respect to the Laurussian shelf. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg 172, 111–125.
- HLADIL, J. (1995): Argumenty pro pravostrannou rotaci bloků ve variscidech Moravy - analýza faciálních disjunkcí. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1994, 44–48.
- HLADIL, J. (1998): Nástin variské tektonické rotace na Moravě při hlubokém porušení kůry. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1997, 46–49.
- HLADIL, J. – KALVODA, J. (1993): Odpověď na recenzi Jaroslava Dvořáka (Carbonate ramp environment of Kellwasser time interval). – Věst. Čes. geol. úst., 68(3), 44–45.
- HLADIL, J. – MELICHAR, R. (1999): Two explanations of curvature in variscan orogen of Moravia - terrane segmentation with clockwise rotation vs. strong effect of the Moravian Shear Zone. In: DIETRICH, P. G. & FRANKE, W. – MERKEL, B. – HERZIG, P., eds: Old Crust New Problems. – Terra Nostra, 99, 106–107.

- HLADIL, J. – KREJČÍ, Z. – KALVODA, J. – GINTER, M. – GALLE, A. – BEROUSEK, P. (1991): Carbonate ramp environment of Kellwasser time-interval, Lesní lom, Moravia, Czechoslovakia. – Bull. Soc. geol. Belgique 100, 57–119.
- HLADIL, J. – MELICHAR, R. – OTAVA, J. – GALLE, A. – KRS, M. – MAN, O. – PRUNER, P. – ČEJCHAN, P. – OREL, P. (1999a): The Devonian in the easternmost Variscides, Moravia: a holistic analysis directed towards comprehension of the original context. In: FEIST, R. – TALENT, J. A. – DAURER, A., eds: North Gondwana Mid-Palaeozoic Terranes, Stratigraphy and Biota. – Abh. Geol. Bundesanst., 54, 27–47.
- HLADIL, J. – PRUNER, P. – KRS, M. (1999b): Diagenesis, magnetic overprint and tectonics near Mokrý, E of Brno. – Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment 5, 24–28.
- HOLLER, C. (2019): Pseudokarst. In: WHITE, W. B. – CULVER, D. C. – PIPAN, T., eds.: Encyclopedia of Caves (third edition). Chapter 101, pp. 836–849. – Academic Press. Cambridge, Massachusetts, USA.
- HOLUB, K. – MÜLLER, K. (1997): Seismická aktivita zlomů na severovýchodní Moravě. – Sborník referátů konference „Výsledky nových studií v seismologii a inženýrské geofyzice“, Ostrava, 175–185.
- HOMOLA, V. (1942): Zpráva o výzkumu chýnovského krasu za rok 1942. – MS Archiv České geologické služby.
- HOMOLA, V. (1946): Zpráva o výzkumu devonské oblasti u Hranic. –
- HOMOLA, V. (1949): Zpráva o reambulaci hranického devonu. – Věst. St. Geol. Úst. Čs. Republi., 25, 2–3, 108–110. Praha.
- HOMOLA, V. (1950): Hranický devon a jeho vztah k soustavě sudetské a karpatské. – Sbor. Ústř. Úst. geol., Odd. geol., XVII, 361–392. Praha.
- HOMOLA, V. (1954): Nové poznatky o stavbě čela podslezského a ždánického flyše. – Přírod. sbor. ostrav. kraje, 15(4), 438–447, Opava.
- HOMOLA, V. – SCHÜLER, C. M. (1948): Výzkumy v Chýnovské jeskyni u Tábora v letech 1943–48. – Čs. Kras 2, 52–59. Praha.
- HOUZAR, S. – NOVÁK, M. – CÍCHA, J. (2017): Přehled minerálních asociací a litologie mramorů české části moldanubika (Český masív). – Bull. Mineral. Petrolog., 25, 2. 113–140.
- HRNČIAROVÁ, T. – MACKOVČIN, P. – ZVARA, I. et al. (2009): Atlas krajiny České republiky. Landscape atlas of the Czech republic. – 332 s. Ministerstvo životního prostředí České republiky; Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Praha.
- HROMAS, J., ed. (2009): Jeskyně. In: MACKOVČIN, P. – SEDLÁČEK, M., eds: Chráněná území ČR, svazek XIV. – 608 s. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno.
- HROUDA, F. – REJL, L. (1973): Studium tektoniky v brněnském masívu na základě magnetických výzkumů. – Věst. Ústř. Úst. geol., 48(1), 1–9.

- HYPŘ, D. (2002): Geologický výzkum na lokalitě Lopač. – Speleofórum 2002, 16–18.
- CHÁB J. (1986): Stavba moravskoslezské větve mladopaleozoického orogenu (pracovní hypotéza). – Věst. Ústř. Úst. Geol., 61, 2, 113–120. Praha.
- CHADIMA, M. – MELICHAR, R. (1998): Tektonika paleozoika střední části Dražanské vrchoviny. – Přírodovědná studie Muzea Prostějovska, 1. Prostějov.
- CHEN, Q. (2019): Characteristics of soil profile CO₂ concentrations in karst areas and their significance for global carbon cycles and climate change. – Earth Syst. Dynam., 10, 525–538.
- CHLUPÁČ, I. (1956): Nález spodnokarbonské fauny u Hranic na Moravě. – Věst. Ústř. Úst. Geol., 31, 268–273. Praha.
- CHLUPÁČ, I. (1958): Nová spodnokarbonská fauna od Hranic na Moravě. – Sbor. Ústř. Úst. Geol., 24, Paleont., 279–312. Praha.
- CHLUPÁČ, I. (1959): Stratigrafický výzkum moravského devonu v severní části Dražanské vysočiny. – Věst. Ústř. Úst. geol., 34, 3, 193–200.
- CHLUPÁČ, I. (1964): K stratigrafickému dělení moravského devonu. – Čas. Mineral. Geol., 9,3, 309–316, Praha.
- CHLUPÁČ, I. – SVOBODA, J. (1963): Geologické poměry Konicko-Mladečského devonu na Dražanské vrchovině. – Sbor. Ústř. Úst. geol., 27, odd. geol., 347–386.
- CHLUPÁČ, I. – KUMPERA, O. (1972): Stratigrafický význam profilu spodního karbonu u Opatovic na Hranicku. – Věst. Ústř. Úst. geol., 47, 3, 147–154. Praha.
- CHLUPÁČ, I. – BRZOBOHATÝ, R. – KOVANDA, J. – STRÁNÍK, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. – 436 s. Academia Praha.
- JANOŠEK, V. – VOKURKA, K. – VRÁNA, S. (1998): Izotopický výzkum, chemické složení a petrologie amfibolitů Chýnovska a jejich srovnání s amfibolity českokrumlovské pestré skupiny. – MS Archiv České geologické služby.
- JANOŠEK, V. – VRÁNA, S. – ERBAN, V. – VOKURKA, K. – DRÁBEK, M. (2008): Metabasic rocks in the Varied Group of the Moldanubian Zone, southern Bohemia – their petrology, geochemical character and possible petrogenesis. – J. Geosci., 53: 31–46.
- JARKA, J. (1948): Geologie jižní části Moravského krasu mezi Křtinami a Mokrou. – Rozpr. Čes. Akad. Věd a Umění, Tř. II 58(14), 1–21.
- JENČEK, V. – ŽEŽULKOVÁ, V. (1966): Geologická mapa zakrytá 1 : 25000, list M-33-90-D-a, Ratibořské hory. – ČGÚ. Praha.
- JIRMAN, P. (2016): 2D model geologického vývoje a termální historie podél seismických profilů 5/83 a 5/84. – MS Diplomová práce: 1–55. Ústav geologických věd, Přírodověd. fak., Masarykovy univerzity Brno.

- JURKOVÁ, A. (1971): Vývoj badenské čelní hlubiny v Moravské Bráně a na Ostravsku. – Geol. Práce, Spr. 57, 155–160.
- JURKOVÁ, A. (1976): Stavba karpatské předhlubně a flyšových příkrovů na sv. Moravě. – Čas. mineral. geol., 21, 4, 349–361.
- JURKOVÁ, A. (1985): Moravská brána jako dědičná depresní morfostruktura. – Sborník GPO, 29, 129–133.
- KADLČÍKOVÁ, J. (2005): Geomorfologická charakteristika a korelace endokrasu a exokrasu v okolí Javoříčka s využitím metody GIS, Javoříčský kras, konicko – mladečský pruh. – MS diplomová práce Přírodověd. fak. UPOL, Olomouc.
- KALENDA, P. – TENGLER, R. – GERŠL, M. (2020): Test of the maximum penetration depth of the Roteg GPR above the Hranice Abyss and in the Moravian Karst. – Geol. výzk. Mor. Slez., 27(1–2), 98–105.
- KALVODA, J. (1997): Přejít karbonátové a kulmské sedimentace v širším okolí Mokré. – MS Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- KALVODA, J. – BÁBEK, O. (2010): The Margins of Laurussia in Central and Southeast Europe and Southwest Asia. – Gondwana Res., 17, 2–3, 526–545.
- KALVODA, J. – BÁBEK, O. – FATKA, O. – LEICHMANN, J. – MELICHAR, R. – NEHYBA, S. – ŠPAČEK, P. (2008): Brunovistulian terrane (Bohemian Massif, Central Europe) from late Proterozoic to late Paleozoic: a review. – Int. J. Earth Sci., 97, 497–518.
- KAMAS, J. – BRUTHANS, J. – VYSOKÁ, H. – KOVAŘÍK, M. (2015): Range of horizontal transport and residence time of nitrate in a mature karst vadose zone. – Int. J. speleol., 44(1): 49–59. Tampa.
- KAMAS, J. (2016): Studium proudění vody a geochemických procesů v nesaturované zóně karbonátového a solného krasu. – MS Doktorská disertační práce, Přírodověd. fak. University Karlovy. Praha.
- KAŠING, M. (2016): Morfostrukturní a geofyzikální analýza vybraného území v rámci GNSS sítě Morava. – MS Diplomová práce, VŠB-TU Ostrava.
- KETTNER, R. (1939): Zpráva o geologickém mapování v okolí Jedovnice. – Čas. Vlasten. Spol. Mus. Olomouc, 52(195–196), 144–148.
- KETTNER, R. (1942a): Nové pojetí tektonické stavby Moravského krasu. – Věda přírodní 21.
- KETTNER, R. (1942b): Tektonický problém Moravského krasu a Drahanské plošiny. – Sborník České společnosti zeměpisné, 46(1–2), 1–7.
- KETTNER, R. (1947): Lažánecký profil v Moravském krasu. – Čas. Vlastivěd. Společ. muz. Olomouc, 56, 1–10.

- KETTNER, R. (1949a): Geologická stavba severní části Moravského krasu a oblastí přilehlých. – Rozpr. Čes. Akad. Věd Umění, Tř. II 59, 1–29.
- KETTNER, R. (1949b): O zavrásnění devonu Moravského krasu do brněnské vyvěřeliny mezi Adamovem a Josefovem. – Věst. Státního geologického ústavu Československé republiky 24, 2–3.
- KETTNER, R. (1965): Tektonika konicko – mladečského devonu na drahanské vrchovině. – Věst. Ústř. Úst. geol, 40, 6, 461–466. Praha.
- KETTNER, R. (1967): Problém tektoniky Moravského krasu. – Čs. Kras 18, 69–90.
- KETTNER, R. – PRANTL, F. (1942): O novém nalezišti zkamenělin v břidlicích moravského devonu u Vratíkova sv. od Boskovic. – Věst. Král. Čes. Spol. Nauk, Tř. mat.-přírodověd., 1–19.
- KIRALY, L. – MOREL, G. (1976): Remarques sur l'hydrogramme des sources karstiques simule par modeles mathematiques. – Bull. Cent. Hydrogeol., 1, 37–60.
- KIRALY, L. (2002): Karstification and Groundwater. In: GABROVŠEK, F., ed.: Evolution of karst: from prekarst to cessation. 155–190 – Ljubljana.
- KIRKLAND, D. W. (2014): Role of Hydrogen Sulfide in the Formation of Cave and Karst Phenomena in the Guadalupe Mountains and Western Delaware Basin, New Mexico and Texas. Carlsbad (NM) – National Cave and Karst Research Institute. Special Paper 2, pp. 77.
- KLABLENA, J. (1977): Geofyzikální měření na akci Mladečský kras (regionální hydrogeologický průzkum), měření v letech 1973–1974. – MS ČGS Praha.
- KLANICA, R. – KADLEC, J. – TÁBOŘÍK, P. – MRLINA, J. – VALENTA, J. – KOVÁČIKOVÁ, S. – HILL, G. J. (2020): Hypogenic Versus Epigenic Origin of Deep Underwater Caves Illustrated by the Hranice Abyss (Czech Republic) – The World's Deepest Freshwater Cave. – J. Geophys. Res., Earth Surface 125:9, 1–16.
- KLANICA, R. – KADLEC, J. – TÁBOŘÍK, P. – MRLINA, J. – VALENTA, J. – KOVÁČIKOVÁ, S. – HILL, G. J. (2020): Hypogenic versus epigenic origin of deep underwater caves illustrated by the Hranice Abyss (Czech Republic) - The world's deepest fresh-water cave. – J. Geophys. Res., Earth Surface, 125, e2020JF005663. <https://doi.org/10.1029/2020JF005663>
- KLIMCHOUK, A. (1996): The typology of gypsum karst according to its geological and geomorphological evolution. – Int. J. Speleol., 25(3–4), 49–60.
- KLIMCHOUK, A. (2004): Towards defining, delimiting and classifying epikarst: Its origin, processes and variants of geomorphic evolution. In: JONES, W. K. – CULVER, D. C. – HERMAN, J., eds: Epikarst. Proc. of the symposium. – Karst Water Institute special publication 9, 23–35. Shepherdstown.
- KLIMCHOUK, A. – SCOTLAND, W. J. – LOMAEV, A. A. (1979): Karst and speleological investigations in the Kyrktau massif, Zeravshansky Ridge, – Izvestija VGO 111 (5): 117–123.

- KODYM, O. st. (1960): O genezi Hranického krasu. – Čas. Mineral. Geol., 5, 3, 262–264. Praha.
- KODYM, O. – BALATKA, B. – ČECH, V. – HAVLÍČEK, V. – HOLUB, V. – HORNÝ, R. – CHLUPÁČ, I. – KLEIN, V. – KOUTEK, J. – LABOUTKA, M. – MALECHA, A. – MALKOVSKÝ, M. – ODEHNAL, L. – POLÁK, A. – RÖHLICH, P. – SLÁDEK, J. – STEINOCHEK, V. – SUK, M. – SVOBODA, J. (1964): Geologická mapa ČSSR 1 : 200 000. Tábor. – ÚÚG. Praha.
- KOVERDYNSKÝ, B., ed. (1998a): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 14-43 Mohelnice. – Čes. Geol. Úst. Praha.
- KOVERDYNSKÝ, B., ed. (1998b): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 14-44 Šternberk. – Čes. Geol. Úst. Praha.
- KOWALCZK, A. J. – FROELICH, P. N. (2010): Cave air ventilation and CO₂ outgassing by radon²²² modeling: How fast do caves breathe? – Earth Planet. Sci. Lett., 289, 209–219.
- KOWALSKI, A. S. – SÁNCHEZ-CAÑETE, E. P. (2010): A new definition of the virtual temperature, valid for the atmosphere and the CO₂-rich air of the vadose zone. – J. Appl. Meteorol. Climatol., 49, 1692–1695.
- KREJČA, F. (2008): Minerály Chýnovské jeskyně a Pacovy hory. – Ochrana přírody 4/2008. dostupné online (22. 11. 2021): <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/vyzkum-a-dokumentace/mineraly-chynovske-jeskyně-a-pacovy-hory/>.
- KREJČA, F. – VANDĚLÍK, J. – DVOŘÁK, M. (2001): Chýnovská jeskyně. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. AG Studio. Brno.
- KREJČA, F. – VANDĚLÍK, J. – BOHUSLAV, V. – HÁJEK, L. – ŠINDELÁŘ, J. – ŠTĚRBOVÁ, H. – KODADA, K. – KRÁLOVÁ, J. – DVOŘÁK, M. (2003): Kaskády 2003 – vyčerpání a dokumentace trvale zatopených prostor Chýnovské jeskyně. – MS Archiv Chýnovské jeskyně, AOPK Chýnov.
- KREJČA, F. – ŠIŠKA, P. – MÁCA, J. – PYKAL, J. (2004): Plán péče o přírodní rezervaci Pacova hora na období od 1. 1. 2005 do 31. 12. 2014. – MS Okresní úřad Tábor.
- KREJČÍ, B. (1973): Strukturální vrt sv-1 Kozlovice. – Sbor. Geol. Průzk., 1973, Ostrava, 3, 35–49.
- KRS, M. – HLADIL, J. – KRISOVÁ, M. – PRUNER, P. (1995). Paleomagnetický doklad pro variskou paleotektonickou rotaci moravských devonských hornin. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r 1994, 53–57.
- KUCHAŘOVÁ, A. – PŘIKRYL, R. (2017): Mineralogical and geochemical (stable C and O isotopes) variability of marbles from the Moldanubian Zone (Bohemian Massif, Czech Republic): implications for provenance studies. – Environ. Earth Sci. 76:48.
- KUKULJAN, L. – GABROVŠEK, F. – JOHNSTON, V.E. (2021): Low Calcium Cave Dripwaters in a High CO₂ Environment: Formation and Development of Corrosion Cups in Postojna Cave, Slovenia. – Water, 13.22: 3184

- KUMPAN, T. (2010): Stratigrafie hraničního intervalu devonu a karbonu v Brně - Líšni. – MS Diplomová práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- KUMPERA, O. (1983): Geologie spodního karbonu jesenického bloku. – Knih. Ústř. Úst. geol., 59, 172.
- KUMSTÁT, J. – TYLOVÁ, V. – VILÍMEK, M. (1958): Průzkum vápenců 1958 Chýnov - 51 320 002. – MS Archiv České geologické služby.
- KUNSKÝ, J. (1940): Největší česká jeskyně. – Naší přírodou, 4, 667–670 Praha.
- KUZYAKOV, Y. – CHENG, W. (2001): Photosynthesis controls of rizosphere respiration and organic matter decomposition. – Soil Biol. Biochem. 33, 1915–1925.
- KUZYAKOV, Y. V. – LARIONOVA, A. A. (2006): Contribution of rhizomicrobial and root respiration to the CO₂ emission from soil (a review). – Eurasian Soil Sci. 39, 753–764.
- KUZYAKOV, Y. – GAVRICHKOVA, O. (2010): REVIEW: time lag between photosynthesis and carbon dioxide efflux from soil: a review of mechanisms and controls. – Glob. Chang. Biol., 16, 3386–3406.
- LANG, M. – FAIMON, J. (2020): Effect of water excess on soil carbon dioxide, seepage water chemistry, and calcite speleothem growth: An experimental and modelling approach. – Hydrol. Proc., 34, 4334–4349.
- LANG, M. – FAIMON, J. – EK, C. (2015): The relationship between carbon dioxide concentration and visitor numbers in the homothermic zone of the Balcarka Cave (Moravian Karst) during a period of limited ventilation. – Int. J. Speleol., 44(2), 167–176.
- LANG, M. – FAIMON, J. – GODISSART, J. – EK, C (2017a): Carbon dioxide seasonality in dynamically ventilated caves: the role of advective fluxes Theor. –Appl. Climatol., 129, 1355–1372.
- LANG, M. – FAIMON, J. – PRACNÝ, P. – KEJÍKOVÁ, S. (2017b): A show cave management: Anthropogenic CO₂ in atmosphere of Výpustek Cave (Moravian Karst, Czech Republic). – J. Natur. Conserv., 35, 40–52.
- LARSON TE, BUSWELL AM (1942) Calcium carbonate saturation index and alkalinity interpretations. J. Amer. Water Works Assoc., 34(11), 1665–1679.
- LARSSON, I. et al. (1987): Les eaux souterraines des roches dures du socle. Projet 8.6 du programme hydrologique international – 282 p. UNESCO Etudes et rapports d'hydrologie 33.
- LITICHLEB, J. – SEJKORA, J. (1999): Inventarizace minerálů a hornin na lokalitách NPP Chýnovská jeskyně, PR Kladrubská hora a bývalý kamenolom Pacova hora. – MS min.-petr. Odd. Národního muzea.
- LITICHLEB, J. – SEJKORA, J. (2007): Výskyt tremolitu-hexagonitu v dolomitových mramorech Chýnovské jeskyně (jižní Čechy). – Minerál č. 2, s. 124–126.

- LITOCHEB, J. – SEJKORA, J. – KREJČA, F. – ŠINDELÁŘ, J. (1997): Mineralogický výzkum Chýnovské jeskyně a lomu na Pacově hoře u Chýnova. – Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha), roč. 4–5: 154–159.
- LITOCHEB, J. – SEJKORA, J. – KREJČA, F. – ŠREIN, V. – ŠREINOVÁ, B. (2004): Pacova hora u Chýnova (Chýnovská jeskyně a lom) - nové poznatky mineralogického výzkumu. – Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 1: 64–78.
- LLOYD, J. M. et al. (1999): Water resources of hard rock aquifers in arid and semi-arid zones. – UNESCO Studies and Reports in Hydrology 58.
- LOŽEK, V. (1999): Ochranné otázky ve světle vývoje přírody. – Ochrana přírody, 54, 1–10.
- LOŽEK, V. (2011): Po stopách pravěkých dějů: o silách, které utvářely naši krajinu. –184 s. Dokořán, Praha.
- LUETSCHER, M. – JEANNIN, P.-Y. (2004): The role of winter air circulations for the presence of subsurface ice accumulations: an example from Monlési ice cave (Switzerland). – Theoret. Appl. Karst., 17, 19–25.
- LUTZ, V. (2015): Hydrochemické charakteristiky skapové vody v Chýnovské jeskyni – MS Diplomová práce, Jihočeská Univ. České Budějovice.
- MACH, V. (1967): O dosavadních výsledcích hydrogeologického posouzení vlivu těžby kameňna na zdroj podzemní vody pro chýnovský vodovod v prostoru Pacovy Hory u Chýnova, okres Tábor. – MS Archiv České geologické služby.
- MAKOVNÍK, P. (2009): Konodontová fauna famenu ve východních lomech v Mokré u Brna. – MS Diplomová práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- MANGIN, A. (1973): Sur la dynamique des transferts en aquifer karstique. – Proc. of the 6th Intern. Congr. of. Speleol. 4, 157–162. Olomouc.
- MANGIN, A. (1975): Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifers karstiques. – These, Universite de Dijon, 124 p.
- MARHANSKÝ, T. (2014): Násunová stavba na styku brněnského masivu a paleozoických sedimentů severní části Moravského krasu. – MS Diplomová práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- MARTÍN-GARCÍA, R – MARTÍN-PÉREZ, A. – ALONSO-ZARZA, A. M. (2011): Weathering of host rock and corrosion over speleothems in Castañar cave, Spain: an example of a complex meteoric environment. – Carbon. Evapor., 26, 83–94.
- MATOUŠ, J. (1991): Chýnov - vodovod. Geofyzikální průzkum. Závěrečná zpráva. – MS Archiv České geologické služby.
- MAUSBACH, M. J. – TUGEL, A. (1997): Soil Quality - a Multitude of Approaches. – Kearney Foundation Symposium, Berkeley, California. 13 p.

- MELICHAR, R. – KALVODA, J. (1997). Strukturně-geologická charakteristika němčicko-vratíkovského pruhu. – Sborník II. semináře České tektonické skupiny, 51–52.
- MELICHAR, R. – SYNEK, M. (1998): Historie objevení a průzkumu siluru a devonu repešského pruhu na Dražanské vrchovině v okolí Stínavy a Ptení. – Přírodovědné studie Muzea Prosektějovska 1, 25–38.
- MELICHAR, R. – HLADIL, J. – LEICHMANN, J. (1999a): Ostrov u Macochy, the road-cut near the mirror. – Geolines 8, 90–91.
- MELICHAR, R. – HLADIL, J. – LEICHMANN, J. (1999b): Valchov. – Geolines 8, 90–91.
- MEYBERG, M. – RINNE, B. (1995): Messung des $3\text{He}/4\text{He}$ -Isotopenverhältnisses im Hranicka Propast (Tschechische Republik). – Die Höhle, 45, 1, 5–8, Wien.
- MONROE, W. H., ed. (1970): A glossary of karst terminology. Contribution to the hydrology of the United States. – Geological survey water-supply paper, 1899-K. U.S. Government Printing Office, Washington.
- MORÁVEK, R. (2005): Karsologické poměry Javoříčko – mladečského krasu se zaměřením na jejich rozsah, charakteristiku, vzájemné vztahy s posouzením možných vlivů těžby vápence v prostoru plánované otvírky a těžby vápencové lokality Hvozdečko – Holý vrch na krasové jevy v tomto zájmovém území. – MS arch. GET, s.r.o., 1–38 + příl. Olomouc-Praha.
- MÜLLER, V., ed. – ČURDA, J. – MANOVÁ, M. – OTAVA, J. – PAČESOVÁ, E. – REJCHRT, M. – RÝDA, K. – ŠALANSKÝ, K. (2000): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů 1 : 50 000. List 24-21 Jevíčko. 62 s. – Český geologický ústav. Praha.
- MÜLLER, V., ed. – ČURDA, J. – HANŽL, P. – HAVLÍČEK, P. – KOVERDYNSKÝ, B. – MANOVÁ, M. – MAJER, V. – OTAVA, J. – REJCHRT, M. – RÝDA, K. – SKÁCELOVÁ, D. – ŠALANSKÝ, K. (2001): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000 - list 14-43 Mohelnice. Edice ekologických map ČR. 70 s. – Český geologický ústav. Praha.
- MÜLLER, V. ed. (2002): Vysvětlivky k souboru geologických a účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000, list 25-12 Hranice. – Český geologický ústav Praha.
- MÜLLER, P. et al. (2002): Komplexní geochemický výzkum interakcí a migrací organických a anorganických látek v horninovém prostředí. - Závěrečná zpráva projektu VaV/630/3/00 MŽP, MS ČGS, Praha. Brno.
- MÜLLER, P. et al. (2005): Výzkum sedimentů přehrad, nádrží a jezer – zhodnocení rizik a návrhy opatření. - Závěrečná zpráva projektu VaV/630/4/02 MŽP, MS ČGS, Praha. Brno.
- MÜLLER, P. et al. (2017): Vymezení pozice a zhodnocení rizikovosti struskové depozice v NPP Rudické propadání. - Závěrečná zpráva za dílčí geochemickou část projektu, MS ČGS, Praha, Brno.

- MÜLLER, P. et al. (2018): Zhodnocení rizik rybníčních usazenin v ponorných oblastech Moravského krasu. - Závěrečná zpráva za dílčí geochemickou část projektu, MS ČGS, Praha, Brno.
- NEKUT, F. (1906): Veliké krápníky v Pacové hoře u Chýnova. – Vesmír 35, 238–239. Praha.
- NĚMEC, D. (1998): Vysoce mafické amfibolity moldanubika Českomoravské vrchoviny. – Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol., 83, 1–2, 59–71.
- NĚMEČEK, J. – TOMÁŠEK, M. (1983): Geografie půd ČSR. – 98 s. Academia, Praha.
- NORDSTROM, D.K. – BALL, J.W. (1989): Mineral saturation states in natural waters and their sensitivity to thermodynamic and analytic errors. – Sci. Géol. Bull., 42(4), 269–280.
- NOVÁK, M. – OPLETAL, M. – HAVLÍČEK, P. (1997): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 23-13 Tábor. – ČGÚ. Praha.
- NOVÁK, P. (2001): Produkční a mimoprodukční funkce půdy, Úroda, – [online]. Dostupné z: <http://uroda.cz/produkcni-a-mimoprodukni-funkce-pudy-a-jeji-ochrana/>.
- ORLOV, A. – VESELÝ, V. (1931): Metamorfované horniny z chýnovských vápencových lomů. – Věstník Stát. geol. ústavu 7, 192:202. Praha.
- OTAVA, J. (1997): Geologie paleozoika CHKO Litovelské Pomoraví, střední Morava. – Acta Mus. Moraviae, Sci.geol. 82, 93-403. Brno
- OTAVA, J. (2005): Polycyclic origin of fossil karst at Hranice Paleozoic, Czech Republic. – Proceedings of the 14th International Congress of Speleology, Athens–Kalamos, Hellas, 121–122.
- OTAVA, J. – POŠMOURNÝ, K. (2007): Litovelské Pomoraví, Geologie chráněných krajinných oblastí České republiky. – Čes. Geol. služba. Praha.
- OTAVA, J. – POSPÍŠIL, Z. – KRČMÁŘ, Z. – KRISTEN, A. (1996): Stanovení limitu ekologické únosnosti těžby nerostných surovin v CHKO Litovelské Pomoraví, PPŽP/630/1/96 DÚ 01. – MS MŽP.
- OTAVA, J., ed. – HANŽL, P. – DVOŘÁK, J. – MAŠTERA, L. – KADLEC, J. – REJCHRT, M. (1997): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 24-21 Jevíčko. – Čes. Geol. Úst. Praha.
- OTAVA, J., ed. – ADAMOVÁ, M. – ČURDA, J. – GILÍKOVÁ, H. – HAVÍŘ, J. – NOVÁK, Z. – NOVÁKOVÁ, D. – PETROVÁ, P. – ADÁMEK, J. – BŘÍZOVÁ, E. – BUBÍK, M. – BÁBEK, O. – DVOŘÁK, V. – GODÁNY, J. – HAVLÍČEK, P. – KREJČÍ, O. – KRUPÍČKA, J. – LEHOTSKÝ, T. – NEHYBA, S. – SKÁCELOVÁ, Z. – ŠVÁBENICKÁ, L. (2004): Vysvětlivky a základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000 list 25–123 Hranice. – Česká geologická služba Brno.
- OTAVA, J., ed. – BALÁK, I. – BALDÍK, V. – BUBÍK, M. – BURIÁNEK, D. – ČÁP, P. – FRANCŮ, J. – FÜRYCHOVÁ, F. – GILÍKOVÁ, H. – HAVLÍN, A. – HLADIL, J. – JANDERKOVÁ, J. – KOCIÁNOVÁ, L. – KOLEJKA, V. – KONEČNÝ, F. – KRYŠTOFOVÁ, E. – KUMPAN, T. – MELICHAR, R. –

- MÜLLER, P. – PALEČEK, M. – PECINA, V. – PECKA, T. – SEDLÁČEK, J. – SEDLÁČKOVÁ, I. – SKÁCELOVÁ, Z. – ŠRÁMEK, J. – TOMANOVÁ PETROVÁ, P. – VEČEŘA, J. – VÍT, J. (2013): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR list Jedovnice 24-411. – MS Archiv České geologické služby.
- OTAVA J., ed. – BÁBEK, O. – BUBÍK, M. – BURIÁNEK, D. – ČURDA, J. – FRANCŮ, J. – FÜRYCHOVÁ, P. – GERŠL, M. – GILÍKOVÁ, H. – GODÁNY, J. – HAVÍŘ, J. – HAVLÍN NOVÁKOVÁ, D. – KREJČÍ, O. KREJČÍ, V. LHOTSKÝ, T. MAŠTERA, L. NOVOTNÝ, R. POUL, I. SEDLÁČKOVÁ, I. SKÁCELOVÁ, D. – SKÁCELOVÁ, Z. – STRÁNÍK, Z. – ŠVÁBENICKÁ, L. – TOMANOVÁ PETROVÁ, P. (2016): Vysvětlivky k Základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000 25-141 Kelč. 116 s. – Česká geologická služba.
- PÁLENSKÝ, P., ed. – ČÍŽEK, P. – TYRÁČEK, J. – STRÁNÍK, Z. – DVOŘÁK, J. (1996): Soubor geologických a účelových map, Geologická mapa ČR, list Hranice 25–12, 1 : 50 000. – Česká geologická služba.
- PASSCHIER, C. W. – TROUW, R. A. J. (2002): *Microtectonics*. – 289 p. Springer, Berlin.
- PATTEISKY, K. (1929): *Die Geologie und Fossilführung der mährisch-schlesischen Daschiefer und Grauwackenformation*. – 354 p. Naturwissenschaftlicher Verein Troppau (Opava).
- PENÍŽEK, V. – ZÁDOROVÁ, T. – VANĚK, A. (2019): *Půdní krajiny*. – 30 s. ČZÚ, Praha.
- PETRASCHECK, W. (1908): Das Verhältnis der Sudeten zu den mährisch-schlesischen Karpathen. – *Otisik z Vehr. Geol. Reichsanst., Wien. Der Kohleninteressent*, 28/1908, 26, 189–192, 201–204.
- PEYRAUBE, N. – LASTENNET, R. – DENIS, A. – MALAURENT, P. (2013): Estimation of epikarst air P_{CO_2} using measurements of water $\delta^{13}C_{TDIC}$, cave air P_{CO_2} and $\delta^{13}C_{CO_2}$. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 118, 1–17.
- PICCINI, L. – MECCHIA, M. (2009): Solution weathering rate and origin of karst landforms and caves in the quartzite of Auyan-tepui (Gran Sabana, Venezuela). – *Geomorphology*, 106, 15–25.
- PLCH, M. – CMUNTOVÁ, M. – KOŘÁN, J. – KOTEK, J. (1981): *Závěrečná zpráva úkolu Kladrubská hora*. – MS Geindustria národní podnik Praha. Brno. 32 s.
- POKORNÝ, M. (1949): Zpráva o geologických poměrech jižní části moravského krasu v prostoru Hády-Mokrá. – *Čas. Zem. Mus. (Brno), Přírodověda* 32, 88–96.
- POKORNÝ, M. (1950): Vysvětlivky ke geologické mapě jižní části devonu a kulmu v prostoru Hády-Mokrá. – *Čas. Zem. Mus. (Brno), Přírodověda* 36, 5–14.
- PACNÝ, P. – FAIMON, J. – VŠIANSKÝ, D. – KABELKA, L. (2017): Evolution of Mg/Ca Ratios During Limestone Dissolution Under Epikarstic Conditions. – *Aquat. Geoch.*, 23, 119–139.

- PACNÝ, P. – FAIMON, J. – VŠIANSKÝ, D. PŘICHYSTAL, A. (2019): Evolution of Mg/Ca and Sr/Ca ratios during the experimental dissolution of limestone. – *Chem. Geol.*, 523, 107–120.
- PRANTL, F. (1948): Stratigraficko-paleontologický výzkum devonu na Hádech u Brna. – *Věst. Stát. Geol. Úst. ČSR*, 23, 173–180.
- PŘECECHTĚLOVÁ, G. (2014): Projevy mladé tektoniky na jeskyních výplních javoříčského krasu. – MS Bakalářská práce, UPOL Olomouc.
- RAJLICH, P. (1990): Strain and tectonic styles related to Variscan transpression and transtension in the Moravo-Silesian Culmian basin, Bohemian Massif, Czechoslovakia. – *Tectonophysics* 173(3/4), 351–367.
- REZ, J. (2003): Strukturní analýza jižní části Moravského krasu v lomech Mokrá a okolí. – MS Diplomová práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- REZ, J. (2010): Strukturně-geologický vývoj jižní části Moravského krasu. – MS PhD thesis, Přírodověd. fak. Masarykovy University, Brno.
- REZ, J. – MELICHAR, R. (2002): Tektonika výskytu devonu u Adamova. – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r 2001*, 57–61.
- REZ, J. – MELICHAR, R. (2004): 3D stavba lomů Mokrá (předběžné výsledky). – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r 2003*, 59–62.
- REZ, J. – MELICHAR, R. – KALVODA, J. (2011): Polyphase deformation of the Variscan accretionary wedge: an example from the southern part of the Moravian Karst (Bohemian Massif, Czech Republic). In: Poblet, J. – Lisle, R. J., eds: *Kinematic Evolution and Structural Styles of Fold-and-Thrust Belts*. – Geological Society Special publications 349. Geological Society, London, 223–235.
- ROTH, Z., ed. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě 1 : 200 000 M-33-XXIV Olomouc. – ÚÚG Praha.
- ROTH, Z., ed. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě 1 : 200 000 M-33-XXIV Olomouc. – ÚÚG Praha.
- RUTOVÁ, M. (2007): Konodontová fauna ve vybraných profilech svrchního famenu v lesním lomě v Brně-Lišni. – MS Bakalářská práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- RUTOVÁ, M. (2009): Konodontová fauna famenu a spodního tournai ve výchozech v údolí Říčky. – MS Diplomová práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- RŮŽIČKA, M. (1973): Fluviální sedimenty řeky Moravy v okolí Olomouce. – *Sbor. geol. Věd, Antropozoikum*, 9, 7–38.

- RŮŽIČKA, M., ed. – HRUBEŠ, M. – DVOŘÁK, J. (1997): Geologická mapa ČR 1 : 50 000 list 24 22 Olomouc. – Čes. Geol. Úst. Praha.
- RYBAŘÍK, V. – HON, R. – MACH, V. – PUCHTA, J. – SUKOVÁ, H. (1967): Závěrečná zpráva úkolu Pacova hora. Surovina: kámen. Stav ke dni: 15.12.1966. – MS Geoindustria, Praha. 61 s.
- RYBAŘÍK, V. – KOŘÁN, J. – MACH, V. – SUKOVÁ, H. (1971): Závěrečná zpráva úkolu Pacova hora II. Surovina: kámen. Etapa průzkumu: předběžná. Stav ke dni: 11. 3. 1971. – MS Geoindustria, závod Jihlava. 52 s.
- SÁNCHEZ-CAÑETE, E.P. – SERRANO-ORTIZ, P. – DOMINGO, F. – KOWALSKI, A. S. (2013): Cave ventilation is influenced by variations in the CO₂-dependent virtual temperature. – *Int. J. Speleol.*, 42, 1–8.
- SÁNCHEZ-CAÑETE, E. P. – SERRANO-ORTIZ, P. – KOWALSKI, A.S. – OYONARTE, C. – DOMINGO, F. (2011): Subterranean CO₂ ventilation and its role in the net ecosystem carbon balance of a karstic shrubland. – *Geophys. Res. Lett.*, 38, L09802.
- SARBU, S. M. – LASCU, C. (1997): Condensation corrosion in Movile cave, Romania. – *J. Cave Karst Stud.*, 59, 99–102.
- SEDLÁK, P. (1999): Biostratigrafie a konodontové biofacie vybraných lokalit svrchnodevonských a spodnokarbonských karbonátů platformního vývoje na střední Moravě. – MS diplomová práce, UPOL Olomouc.
- SKŘIVÁNEK, F. (1964): K stoletému výročí objevu Chýnovské jeskyně. – *Čs. Kras* 15, 146–149. Praha.
- SLAVÍK, L. – MELICHAR, R. (1996): Styk brněnského masivu a devonu Moravského krasu a jeho tektonický význam. – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r 1995*, 120–122.
- SLAVÍK, L. – CHADIMA, M. – MELICHAR, R. – HANŽL, P. (1996): Problematika styku brněnského masivu a devonu moravského krasu. – Sborník I. semináře České tektonické skupiny, 48–49.
- SLEZÁK, L. (1956): Geologický výzkum devonských vápenců v okolí Mokré. – MS Diplomová práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- SPÖTL, C. – FAIRCHILD, I. J. – TOOTH, A. F. (2005): Cave air control on dripwater geochemistry, Obir Caves (Austria): Implications for speleothem deposition in dynamically ventilated caves. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69(10), 2451–2468.
- ŠRÁČEK, O. – GERŠL, M. – FAIMON, J. – BÁBEK, O. (2019): The geochemistry and origin of fluids in the carbonate structure of the Hranice Karst with the world's deepest flooded cave of the Hranicka Abyss, Czech Republic. – *Applied Geochem.*, 100, 203–212.
- STAROBOVÁ, M. (1978a): Mladečský kras. Pitná voda. Regionální hydrogeologický průzkum. – MS Archiv České geologické služby.

- STAROBOVÁ, M. (1978b): Zpráva o regionálním hydrogeologickém průzkumu devonských vápenců mezi Ludmírovem a Litovlí (Mladečský kras). – MS Geotest Brno
- STOŽICKÁ, J. (2018): Pedologické mapování na severovýchodním okraji Moravského krasu. – MS Diplomová práce. Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity Brno
- STRÁNÍK, Z., ed. (1996): Soubor geologických a účelových map, Geologická mapa ČR, list Valašské Meziříčí 25–14, 1 : 50 000. – ČGÚ Praha.
- STREIT, R. (2019): Vulkanologická a petrografická charakteristika podmořských vulkanických hornin z jižní části konicko-mladečského pruhu. – MS bakalářská práce. Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity. Brno.
- SUK, M. – SCHOVÁNEK, P. – ZIKMUND, J. (1966): Geologická mapa zakrytá 1 : 25000. – M-33-90-D-b, Obrataň. – ČGÚ. Praha.
- SUK, M., ed. (1980): Základní geologická mapa ČSSR 1 : 25 000 List 23-134 Černovice. – MS Archiv ČGS. Praha.
- SVOBODA, J. – DVOŘÁK, J. – CHLUPÁČ, I. – WEISS, J. – ZRŮSTEK, V. – ZUKALOVÁ, V. (1956): Závěrečná zpráva o základním geologickém výzkumu hranického devonu. – MS Ústř. úst. geol. Brno.
- SVOBODA, J. – PRANTL, F. (1951): Příspěvek ke stratigrafii devonských bradel na Dražanské vysočině. – Věst. Ústř. Úst. geol, 26, 5, 263–273, Praha.
- SVOBODA, J. – PRANTL, F. (1954): Stratigraficko-tektonický výzkum devonských bradel na Dražanské vysočině. – Zpr. geol. výzk. v Roce 1953 194–198, Praha.
- SVOBODA, J., ed. – BENEŠ, K. – BERNARD, J. – CÍCHA, I. – DORNIČ, J. – DVOŘÁK, J. – HAVLENA, V. – HORNÝ, R. – CHALOUPSKÝ, J. – CHLUPÁČ, I. – KALÁŠEK, J. – KETTNER, R. – MALECHA, A. – MÍSAŘ, Z. – PALOUSKÁ, E. – PETRÁNEK, J. – ŘEZÁČ, B. – SOUKUP, J. – VODIČKA, J. – ZOUBEK, V. – ZRŮSTEK, V. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M-33-XXII České Třebová. – ÚÚG Praha.
- ŠAFÁŘ, J. et al. (2003): Olomoucko. – In: MACKOVČIN, P. – SEDLÁČEK, M., eds: Chráněná území ČR, svazek VI. 0 AOPK ČR a Ekocentrum Brno, 456 s.
- ŠERCL, P. – KUKLA, P. (2016): Základní hydrologické údaje za referenční období 1981–2010. – Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 58(1), 49 str.
- ŠINDELÁŘ, J. – KREJČA, F. (2019): Nová metoda mapování trvale zatopených prostor v NPP Chýnovská jeskyně. – Ochrana přírody, 1, 21–24; dostupné online: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/vyzkum-a-dokumentace/nova-metoda-mapovani-trvale-zatopenych-prostor-v-npp-chynovska-jeskyne/>
- ŠMEJKAL, V. – HLADÍKOVÁ, J. – PFEIFEROVÁ, A. – MELKOVÁ, J. (1974): Isotopic composition of carbon and oxygen in speleothems from karst caves in northern Moravia. – In: ČADEK, J.

- PAČES, T., ed.: Proceedings of International Symposium on Water–Rock Interaction, 363–367. Praha.
- ŠPAČEK, P. – SÝKOROVÁ, Z. – PAZDÍRKOVÁ, J. – ŠVANCARA, J. – HAVÍŘ, J. (2006): Present-day seismicity of the south–eastern Elbe Fault System (NE Bohemian Massif). – *Stud. geoph. geod.*, 50, 2, 233–258.
- ŠPAČEK, P. – BÁBEK, O. – ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. – ŠVANCARA, J. – PAZDÍRKOVÁ, J. – SEDLÁČEK, J. (2015): The Nysa-Morava Zone: an active tec-tonic domain with Late Cenozoic sedimentary grabens in the Western Carpathians' foreland (NE Bohemian Massif). – *Int. J. Earth Sci., Geol. Rundsch.*, 104, 963–990.
- ŠTEFFAN, M. – MELICHAR, R. (1996): Tzv. plástevné vápence a tektonika hranického krasu. In: Program, abstrakta, exkurzní průvodce semináře Skupiny tektonických studií. – MS Český geologický ústav Brno – Jeseník, 48 str.
- ŠTĚPÁNEK, P. – ZAHRADNÍČEK, P. – BRÁZDIL, R. – TOLASZ, R. (2012): Metodologie kontroly a homogenizace časových řad v klimatologii. Praha. – 118 s. Český hydrometeorologický ústav.
- ŠTRBKA, M. (2009): Konodontová fauna v oblasti Hádů. – MS Bakalářská práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- TANG, J. – BALDOCCHI, D. D. (2005): Spatial-temporal variation in soil respiration in an oak-grass savanna ecosystem in California and its partitioning into autotrophic and heterotrophic components. – *Biogeochem.*, 73, 183–207.
- TAUSCH, L. (1889): Bericht über die Geologische Aufnahme der Umgebung von Mährisch. Weisskirchen. – *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt*, 39(1–2):405–416, Wien.
- TIŠL, P. (2002): Mikrofaciální analýza spodnokarbonského vývoje hádsko-říčských vápenců u Grygova a Hranic na Moravě. – MS diplomová práce, UPOL. Olomouc.
- TOMEK, Č. – NOVOTNÝ, A. (1971): Detailní tíhové měření na lokalitě Mladeč. - Dílčí zpráva. – MS Geofyzika Brno.
- TÓTHOVÁ, G. (2011): Tektonika střední části Moravského krasu. – MS Diplomová práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity, Brno.
- TYRÁČEK, J. (1962): Fosilní kuželový kras u Hranic na Moravě. – *Čas. Mineral. Geol.*, 2, 176–181.
- TYRÁČEK, J. (2011): Continental glaciation of the Moravian Gate (Czech republic). – *J. Geol. Sci., Anthropozoic*, 27, 39–49.
- VOJTĚCHOVÁ, A. (2010): Charakterizace krasových kanálů a proudění v nich: využití stopovacích zkoušek, čar vyprazdňování a překročení a autokorelace. – MS Doktorská disertační práce, Přírodověd. fak. Univerzity Karlovy. Praha.

- VRÁNA, S. (1978): Hliníkem bohatý pargasit a dravit z Chýnova u Tábora. – Čas. Mineral. Geol., 23: 435.
- VRÁNA, S. (2011): Manganese-rich garnet-quartz rocks and gneisses in the Bohemian part of the Moldanubian Zone: lithostratigraphic markers. – J. Geosci., 56: 359–374.
- VRÁNA, S. (2014): Korund-kyanit-zoisit-muskovitická hornina z Chýnova u Tábora. – Zpr. geol. výzk. 47: 144–148.
- VYBÍRAL, S. (2008): Javoříčské jeskyně. – Ochrana přírody 4/2008. Dostupné online: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/z-nasi-prirody/javoricske-jeskyne/>.
- VYSOKÁ, H. (2012): Charakter proudění a střední doba zdržení vody v nenasycené zóně nad Ochozskou jeskyní (Moravský kras). – MS Doktorská disertační práce, Přírodověd. fak. University Karlovy. Praha.
- VYSOKÁ, H. – BRUTHANS, J. – FALTEJSEK, L. – ŽÁK, K. – RUKAVIČKOVÁ, L. – HOLEČEK, J. – SWEIGSTILLOVÁ, J. – OSTER, H. (2019): Hydrogeology of the deepest underwater cave in the world: Hranice Abyss, Czechia. – Hydrogeol. J. 27, 2325–2345.
- WALTHAM, T. (2007): Karst and caves within the salt domes of Iran. – Cave Karst. Sci., 34(2), 91–96.
- WEINER, T. (2011): Konodontová stratigrafie vybraných výchozů na Hádech u Brna. – MS Bakalářská práce, Přírodověd. fak. Masarykovy univerzity. Brno.
- WEISS, J. – ZRŮSTEK, V. (1958): Lithologie hranického devonu. – Sbor. Ústř. Úst. geol, 24(1), r. 1957, odd. geol., 227–308, Praha.
- WHITE, W. B. (1988): Geomorphology and hydrology of karst terrains. – 480 p. Oxford Univ. Press, New York, Oxford.
- WILLIAMS P. W. (1983): The role of the subcutaneous zone in karst hydrology. – J. Hydrol., 61, 45–67.
- ZAJÍČEK, P. (2020): Krasové oblasti střední a severní Moravy a Slezska: pozoruhodné dějiny objevů podzemního světa. Vydání první. – 246 s. Academia. Praha.
- ZAPLETAL K. (1930): Devon sudetský, zvl. na s. plošiny Dražanské, j. N. Jeseníka a v Podkrkonoší. – Čas. Morav. zem. Mus. (Brno), 26–27, 1929–30, Brno.
- ZAPLETAL, K. (1922a): Geotektonická stavba Moravského krasu. – Čas. Morav. zem. Mus. (Brno), 20, 220–256.
- ZAPLETAL, K. (1922b): Přehledná geologicko-tektonická mapa Moravského krasu mezi Sloupem a Brnem. – Příloha ku Ročníku XX Čas. Morav. zem. Mus. (Brno).
- ZAPLETAL, K. (1927): Geologická mapa okolí brněnského. – Moravské Zemské Muzeum.
- ZEMAN, A. – HAVLÍČEK, P. – MINAŘÍKOVÁ, D. – RŮŽIČKA, M. – FEJFAR, O. (1980): Kvartérní sedimenty střední Moravy. – Sbor. geol. Věd, Antropozoikum, 13, 37–91.

- ZUKALOVÁ V. (1958): Stromatoporoidea hranického devonu. – Sbor. Ústř. Úst. geol, 24, r. 1957, odd. paleont., 313–348, Praha.
- ZUKALOVÁ V. (1961): Spodnokarbonská korálová fauna z okolí Hranic a z valounů karbonických slepenců v okolí Brna. – Sbor. Ústř. Úst. Geol., 26, Paleont., 317–365. Praha.
- ZUKALOVÁ, V. (1971): Stromatoporoidea from the Middle and Upper Devonian of the Moravian Karst. – Rozpr. Ústř. Úst. Geol., 37, 5–143.
- ZUKALOVÁ, V. – CHLUPÁČ, I. (1982): Stratigrafická klasifikace nemetamorfovaného devonu moravskoslezské oblasti. – Čas. mineral. geol., 7, 3, 225–241, Praha.
- ŽIDEK, D. – LIPINA, P. (2003): Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČHMÚ. – MS Metodicky předpis č. 13, Ostrava: ČHMÚ, 90 s.

Legislativa:

- Nařízení vlády č. 83/2019 o Chráněné krajinné oblasti Moravský kras.
- Vyhláška č. 464/1990 Sb. Vyhláška ministerstva životního prostředí České republiky o zřízení chráněné krajinné oblasti Litovelské Pomoraví.
- Vyhláška (1990) o Chráněných přírodních výtvořech v okrese Tábor na lokalitách: Kozlov, Stročov, Luna, Kladrubská hora, Horusická blata, Rod, Jesení, Kohohlůdky, Hroby. – Okresní národní výbor v Táboře. Dostupné online (dne 22. 11. 2021): https://drusop.nature.cz/customer_data/vyhlasaky/full/v_34_2.jpg.
- Vyhláška č. 325/2010 Sb. o vyhlášení Národní přírodní památky Chýnovská jeskyně a stanovení jejích bližších ochranných podmínek.
- Nařízení Jihočeského kraje č. 12/2011, kterým se zřizuje přírodní rezervace Kladrubská hora. – Věstník Jihočeského kraje, částka. 3, 2011, 23–24.
- Nařízení Okresního úřadu Tábor č. 2/2002 o zřízení přírodní rezervace Pacova hora.

Internetové zdroje:

- KARST MANAGEMENT HANDBOOK FOR 009): BRITISH COLUMBIA. For. B.C. Min. For., Victoria, B.C. dostupné on line: <https://www.for.gov.bc.ca/hfp/publications/00189/karst-mgmt-handbook-web.pdf>
- Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 11.11.2021]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>
- Půdní mapy 1 : 50 000. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Praha: Česká geologická služba. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/>
- HEIS VÚV <https://www.vuv.cz/>

<https://heis.vuv.cz/default.asp?typ=96&oblast=OdberyPZV>

<https://heis.vuv.cz/default.asp?typ=96&oblast=OdberyPOV>

Geoportál SOWAC-GIS. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. [online] © 2021

Dostupné z: <http://geoportal.vumop.cz/>

Katalog datových informací © 2021. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.

Dostupné z <http://geoportal.uhul.cz/>

SJČR = Správa jeskyní České republiky [online, cit. 11-2020];

www.caves.cz/jeskyne/chynovska-jeskyne

<http://lokality.geology.cz/>

<https://moravsky-kras.caves.cz/cz/moravsky-kras>

<https://www.caves.cz/>

<https://www.ochranaprirody.cz/>

10 Přehled použitých zkratk

bez jednotek, chemických značek, světových stran a obecně používaných zkratk

EVL	evropsky významná lokalita
CHKO	chráněná krajinná oblast
MZCHÚ	maloplošná zvláště chráněná území
NPR	národní přírodní rezervace
PO	ptačí oblast
PP	přírodní památka
PR	přírodní rezervace

Vysvětlivky ke zkratkám v rámci ÚSES

Požadované typy ekosystémů nadregionálního ÚSES

Přirozené

B	borové
H	horské
MB	mezofilní bučinné
MH	mezofilní hájové
N	nivní
R	rašeliniště
T	teplomilné doubravní
V	vodní

náhradní

L	luční
LA	stepní lada
SL	společenstva s halofyty
S	slatinné

Regionální ÚSES

Stávající vegetační typ

A	polní (agrocenózy)	S	skály
B	břehové porosty kolem tekoucích vod	SA	subalpinská a alpinská společenstva
D	lada s dřevinami	T	rašeliniště
H	travnino-bylinná společenstva s halofyty	V	stojaté vody a břehové porosty kolem nich
L	lesní + hlavní dřevina zkratkou	X	xertermofytní (stepní lada, lesostepi)
M	mokřady	Z	zastavěné urbanizované plochy
P	luční		

Fyziotypy aktuální vegetace (převod z geobotanické mapy)

<i>vegetace přirozená, hydrofilní, hydrofilní až mezofilní</i>	DH	dubohabřiny
LO mokřadní a pobřežní křoviny a lesy	KR	křoviny SDšípákové a subxerofilní doubravy
MT hydrofilní a mezofilní trávníky (louky, pastviny a slaniska)	SK	subalpinská keřová a keříčková společenstva
PR vegetace pramenišť a rašelinišť	SM	smrčiny
VO bylinná vodní a pobřežní vegetace, rákosiny ostřicové mokřady	SP	vegetace skal, sutí a primitivních půd
	SU	suťové a roklinové lesy
	XT	senixerotermní a xerotermní trávníky a lesy
<i>mezofilní až xerofilní vegetace</i>		
AD acidofilní březové, borové a jedlové dubiny		
AT acidofilní travinná a keříčkovitá společenstva		
BO bory		
BU bučiny a jedliny		
		<i>vegetace převážně přírodě vzdálená a cizí</i>
	KU	lesní kulticenózy, akátiny
	NI	nitrofilní bylinná a dřevinná společenstva
	RU	druhově ruderální společenstva

Hodnocení stavu:

- 1 - zcela vyhovující (převážně přírodní a přirozená společenstva)
- 2 - částečně vyhovující (převážně přírodě blízká společenstva)
- 3 - nevyhovující (přírodě vzdálená, přírodě cizí a umělá společenstva)
- imi - oblast ekologické katastrofy (extrémní ohrožení lesa průmyslovými imisemi v pásmu A a v extrémních polohách pásma B)

Zkratky dřevin:

AK	trnovník akát	JS	jasan
BK	buk	JV	javor
BL	blatka	KO	kosodřevina
BO	borovice	LP	lípa
BOČ	borovice černá	LU	směs dřevin lužního lesa
BŘ	bříza	MD	modřín apod.
DB	dub	OL	olše
HB	habr	SM	smrk
JD	jedle	SU	směs dřevin suťových lesů.
JLM	jilm	TP	topol
VR	vrba		

11 Seznam obrázků v textu

- Obr. 1: Geologická mapa s vymezením vybraných krasových oblastí.
- Obr. 2: Hranický kras s vymezením infiltračního území.
- Obr. 3: Chýnovský kras s vymezením infiltračního území.
- Obr. 4: Mladečský a Javoříčský kras s vymezením infiltračního území.
- Obr. 5: Moravský kras s vymezením infiltračního území.
- Obr. 6: Srovnání limitních hodnot rizikových prvků v ČR a ve světě.
- Obr. 7: Srovnání limitních hodnot pro MP MŽP a průměrné obsahy rizikových prvků v zemské kůře a půdě.
- Obr. 8: Ideový profil zónou epikrasu (převzato z Klimchouka 2004). SF – rychlý soustředěný odtok (komíny, šachty), WF – pomalejší soustředěný odtok po mírně rozšířených puklinách, WS – pomalé prosakování po korozně nerozšířených puklinách.
- Obr. 9: Příklad Kettnerova geologického řezu Moravským krasem (Kettner 1949); Legenda: 1-brněnský masiv; 2-bazální klastika; 3-stringocefalové vápence (josefovské); 4-amfiporové vápence (lažánecké); 5-korálové vápence (vilémovické); 6-červené vápence hlíznaté (křtinské); 7-kulmské droby; A-autochton; L.-lažánecká vrása; S.-suchdolská vrása; M.-macošská vrása; V.-vavřínecká vrása (jediná nemá amfiporové vápence).
- Obr. 10: Faciální schéma líšeňského souvrství ve středním tournai (Dvořák et al. 1987). 1-pobřežní linie; 2-hlíznaté vápence; 3-černé vápence s rohovci; 4-tmavě šedé organo-detritické vápence; 5-směr regrese.
- Obr. 11: Schématická mapa facií a násunové tektoniky v jižní části Moravského krasu (Rez 2010).
- Obr. 12: Schéma lokalizace vrtů s hydrogeologickými daty v zájmové oblasti Moravský kras.
- Obr. 13: Schéma lokalizace vrtů s hydrogeologickými daty v zájmové oblasti Hranický kras.
- Obr. 14: Schéma lokalizace vrtů s hydrogeologickými daty v zájmové oblasti Mladečsko-Javoříčský kras.
- Obr. 15: Schéma lokalizace vrtů s hydrogeologickými daty v zájmové oblasti Chýnovský kras.

Obr. 16: Schéma monitoringu Zbrašovských aragonitových jeskyní.

Obr. 17: Poloha historických srážkoměrných stanic v oblasti Chýnovského krasu.

Obr. 18: Poloha historických srážkoměrných stanic v oblasti Moravského krasu.

Obr. 19: Poloha historických srážkoměrných stanic v oblasti Mladečského krasu.

Obr. 20: Poloha historických srážkoměrných stanic v oblasti Hranického krasu.

Obr. 21: Roční úhrny srážek v oblasti Chýnovského krasu v období 1961-2020.

Obr. 22: Roční úhrny srážek v severní (A) a jižní (B) části Moravského krasu v období 1961-2020.

Obr. 23: Roční úhrny srážek v oblasti Mladečského krasu v období 1961-2020.

Obr. 24: Roční úhrny srážek v oblasti Hranického krasu v období 1961-2020.

Obr. 25: Monitoring podzemních a povrchových vod Moravský kras.

Obr. 26: Monitoring podzemních a povrchových vod Hranický kras.

Obr. 27: Monitoring podzemních a povrchových vod Javoříčko-Mladečský kras.

Obr. 28: Monitoring podzemních a povrchových vod Chýnovský kras.

12 Seznam tabulek v textu

- Tab. 1: Velkoplošná a maloplošná zvláště chráněná území a prvky ÚSES.
- Tab. 2: Limitní hodnoty pro obsahy vybraných prvků v ČR i v zahraničí (ppm).
- Tab. 3: Interpretace analýz obsahů rizikových prvků na sérii geochemických vzorků z Chýnovského krasu dle MP MŽP z roku 1996.
- Tab. 4: Interpretace analýz obsahů rizikových prvků na sérii geochemických vzorků z Chýnovského krasu dle MP MŽP z roku 2013.
- Tab. 5: Vertikální hydrogeologické členění hydrogeologického masivu (upraveno podle Krásného a kol. 2012)
- Tab. 6: Odběr podzemní vody v oblasti Moravského krasu.
- Tab. 7: Odběr povrchové vody v oblasti Moravského krasu.
- Tab. 8: Odběr podzemní vody v oblasti Hranického krasu.
- Tab. 9: Odběr povrchové vody v oblasti Hranického krasu.
- Tab. 10: Odběr podzemní vody v oblasti Mladečsko-Javoříčského krasu.
- Tab. 11: Odběr povrchové vody v oblasti Mladečsko-Javoříčského krasu.
- Tab. 12: Odběr podzemní vody v oblasti Chýnovského krasu.
- Tab. 13: Přehled hydrogeologických map v zájmové oblasti Moravský kras.
- Tab. 14: Počty hydrogeologických vrtů v zájmové oblasti Moravský kras.
- Tab. 15: Rozdělení vrtů s hydrogeologickými daty v oblasti Moravský kras podle jejich hloubkového dosahu.
- Tab. 16: Přehled starších analýz dostupných pro charakteristiku horninových komplexů.
- Tab. 17: Přehled hydrogeologických map v zájmové oblasti Hranický kras.
- Tab. 18: Počty hydrogeologických vrtů v zájmové oblasti Hranický kras.
- Tab. 19: Rozdělení vrtů s hydrogeologickými daty z archivu ČGS podle jejich hloubkového dosahu.

- Tab. 20: Přehled starších analýz dostupných pro charakteristiku horninových komplexů.
- Tab. 21: Přehled hydrogeologických map v zájmové oblasti Mladečsko-Javoříčský kras.
- Tab. 22: Počty hydrogeologických vrtů v zájmové oblasti Mladečsko-Javoříčský kras.
- Tab. 23: Rozdělení vrtů s hydrogeologickými daty z archivu ČGS podle jejich hloubkového dosahu.
- Tab. 24: Přehled hydrogeologických map v zájmové oblasti Chýnovský kras.
- Tab. 25: Počty hydrogeologických vrtů v zájmové oblasti Chýnovský kras.
- Tab. 26: Poloha a období fungování srážkoměrných stanic v oblasti Chýnovského krasu.
- Tab. 27: Poloha a období fungování srážkoměrných stanic v oblasti Moravského krasu.
- Tab. 28: Poloha a období fungování srážkoměrných stanic v oblasti Mladečského krasu.
- Tab. 29: Poloha a období fungování srážkoměrných stanic v oblasti Hranického krasu.
- Tab. 30: Chýnovský kras. Vybrané statistiky ročních úhrnů srážek v 60 letém období (1961-2020).
- Tab. 31: Moravský kras. Vybrané statistiky ročních úhrnů srážek v 60 letém období (1961-2020).
- Tab. 32: Mladečský kras. Vybrané statistiky ročních úhrnů srážek v 60 letém období (1961-2020).
- Tab. 33: Hranický kras. Vybrané statistiky ročních úhrnů srážek v 60 letém období (1961-2020).
- Tab. 34: Objekty Moravského krasu.
- Tab. 35: Objekty Hranického krasu.
- Tab. 36: Objekty Javoříčsko – Mladečského krasu.

13 Seznam - Přílohová část

Povrchové vody – průměrné měsíční hodnoty průtoků za 30ti-letá období

LG Holštejn (Bílá voda), LG Hranice (Velička), LG Hraničky (Třebůvka), LG Jaroměřice (Úsobrnský potok), LG Jedovnice (Jedovnický potok), LG Josefov (Křtinský potok), LG Křtiny (Křtinský potok), LG Ochoz (Říčka), LG Skalní Mlýn (Punkva), LG Sloup (Sloupský potok), LG Teplice nad Bečvou (Bečva)

Podzemní vody – průměrné měsíční hladiny PZV za 30ti-letá období – Hranický kras

KB0028, KB0031, KB0032, KB0034, KB0035, VB0098, VB0099, VB0100, průměrná HPV po desetiletích

KB0028, KB0031, KB0032, KB0034, KB0035, VB0098, VB0099, VB0100, průměrné měsíční hodnoty pro třicetiletá období

VB9600 (1991 - 2020)

Podzemní vody – průměrné měsíční hladiny PZV za 30ti-letá období – Mladečský kras

PB0199 průměrný Q (l/s) po desetiletích

PB0199 průměrné měsíční hodnoty Q (l/s) pro třicetiletá období

VB0038, VB0042 průměrný HPV po desetiletích

VB0038, VB0042 průměrné měsíční hodnoty HPV pro třicetiletá období

VB9521 (2008 - 2020), VB9529 (2007 - 2020), VB9658 (2006 - 2020)

Podzemní vody – průměrné měsíční hladiny PZV za 30ti-letá období – Moravský kras

PB0324, PB0337, PB0349 průměrný po desetiletích

PB0324, PB0337, PB0349 průměrné měsíční hodnoty pro třicetiletá období

VB0429 (2007 - 2020), VB0439 (2007 - 2020), VB9806 (1991 - 2020), VB9807 (1991 - 2020), VB9809 (1991 - 2020)