



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Rebilance zásob podzemních vod

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Příloha č. 2/51

Stanovení zásob podzemních vod

Hydrogeologický rajon **6640 – Mladečský kras**

Editoři: Doc. Jiří Bruthans, Ph.D., Mgr. Eva Kryštofová

Předkládá: Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D.,

ředitel ČGS

Česká geologická služba
2016



ČESKÁ
GEOLOGICKÁ
SLUŽBA

Ministerstvo životního prostředí

Rebilance zásob podzemních vod

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Příloha č. 2/51

Stanovení zásob podzemních vod

Hydrogeologický rajon

6640 – Mladečský kras

Editoři: Doc. Jiří Bruthans, Ph.D., Mgr. Eva Kryštofová

Předkládá: Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D.,

ředitel ČGS

Česká geologická služba

2016

Řešitel

Česká geologická služba

Adresa: Klárov 131, 11821 Praha 1

IČO, DIČ: 00025798; CZ00025798;

Zastoupen: Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D.; ředitel

Vedoucí projektu: RNDr. Petr Mixa

Zodpovědný řešitel geologických prací: RNDr. Renáta Kadlecová (odborná způsobilost v oboru hydrogeologie a environmentální geologie č. 1877/2004)

Editor zprávy za hydrogeologický rajon: Doc. Jiří Bruthans, Ph.D.; Mgr. Eva Kryštofová

Řešitelský kolektiv ČGS: Doc. Jiří Bruthans, Ph.D.; RNDr. Jiří Burda; Ing. František Bůzek, CSc.; RNDr. Renáta Kadlecová; Ing. Lucie Kondrová, Ph.D.; RNDr. František Konečný; Mgr. Eva Kryštofová, Mgr. Iva Kůrková; RNDr. Jiří Otava, CSc.; RNDr. Zuzana Skácelová; Mgr. Jan Vít, Dr.

Technické práce ČGS: Ladislav Ambrozek

Spolupracující organizace

GEOtest, a.s.

Adresa: Šmahova 1244/112, 627 00 Brno

IČ, DIČ: 46344942, CZ46344942

Zastoupen: RNDr. Lubomír Procházka, ředitel

Vedoucí řešitel: RNDr. Jitka Novotná

Řešitelský kolektiv: RNDr. Pavel Burda; Ing. Ludmila Hartlová

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.

Adresa: Podbabská 30, 160 00 Praha 6

IČO, DIČ: 00020711, CZ00020711

Zastoupen: Mgr. Marek Rieder, ředitel

Vedoucí řešitel: Ing. Ladislav Kašpárek CSc.; Ing. Martin Hanel, Ph.D.;

Řešitelský kolektiv: Ing. Adam Beran; RNDr. Tomáš Hrdinka Ph.D.; Ing. Martina Peláková; RNDr. Hana Prchalová

Sdružení 17. listopadu, zastoupené Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou Ostrava

Adresa: 17. Listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba

IČ, DIČ: 61989100, CZ61989100

Vedoucí řešitel: Ing. Jiří Beránek

Řešitelský kolektiv: Ing. Jiří Beránek; Doc. Ing. Naďa Rapantová, CSc.; RNDr. Svatopluk Šeda; Mgr. Jana Vrbová; Mgr. Jana Fiebigerová

OBSAH

ZAVEDENÉ ZKRATKY A POJMY	8
ÚVOD	10
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE	10
2. VYMEZENÍ RAJONU	11
3. VSTUPNÍ INFORMACE	12
3.1. Geologická prozkoumanost	12
3.1.1. Práce prováděné v rámci projektu	13
3.2. Hydrogeologická prozkoumanost	13
4. CHARAKTERISTIKA RAJONU	15
4.1. Geologická stavba a charakteristika jednotek	15
4.1.1. Stratigrafie a litologie	15
4.1.2. Strukturní stavba	21
4.2. Hydrologie	22
4.3. Hydrogeologie	25
4.4. Hydrochemie	29
4.5. Geochemický model	32
4.6. Odběry podzemních vod a vypouštění odpadních vod	33
5. KONCEPČNÍ HYDROGEOLOGICKÝ MODEL	36
5.1. Účel koncepčního modelu	36
5.2. Systémová analýza oběhu podzemní vody	38
5.3. Návrh na doplnění pozorovací sítě podzemních vod	40
6. MODELOVÉ VÝPOČTY ZÁSOB PODZEMNÍCH VOD	42
6.1. Hydrologický model	42
6.1.1. Dotace podzemních vod	42
6.1.2. Posouzení možných dopadů změn klimatu	52
6.2. Hydraulický model proudění podzemní vody	53
6.2.1. Okrajové podmínky a vstupní data	54
6.2.2. Modelové průběhy hladin a proudění podzemní vody	55
6.2.3. Prognózní modely proudění podzemní vody	60
7. KVALITATIVNÍ STAV ÚTVARŮ PODZEMNÍCH VOD	65
7.1. Úpravárenská hlediska využití podzemních vod	65
7.2. Vývoj kvality podzemní vody	67
8. OCHRANA PŘÍRODNÍCH EKOSYSTÉMŮ	69
8.1. Potenciálně ohrožená maloplošná zvláště chráněná území s vazbou na podzemní vodu	70
8.2. Maloplošná zvláště chráněná území v HGR 6640	74
9. STŘETÝ ZÁJMŮ	86
10. PŘÍRODNÍ ZDROJE A VYUŽITELNÉ MNOŽSTVÍ PODZEMNÍCH VOD	90
10.1. Výsledky ocenění přírodních zdrojů podzemních vod	90
10.2. Disponibilní množství podzemních vod	90
11. ZÁVĚR	99
12. VÝBĚR LITERATURY	100

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1. Situace HGR 6640	11
Obr. 3-1. Mapa rozmístění vrtů, které zastihly vápencový kolektor v HGR 6640.....	12
Obr. 4-1. Odkrytá geologická mapa HGR 6640.....	16
Obr. 4-2. Mapa výchozů vápenců Javoříčského krasu (jz. část) a Mladečského krasu (sv. část).....	17
Obr. 4-3. Odkrytá geologická skica Mladečského krasu a jeho severního okolí.....	19
Obr. 4-4. Odkrytá geologická mapa Mladečského krasu	20
Obr. 4-5. Geologický řez S–J, legenda a linie řezu A–B.....	22
Obr. 4-6. Roční srážkové úhrny v letech 1981–2010, rozložení nadmořské výšky	22
Obr. 4-7. PPP profily v HGR 6640	24
Obr. 4-8. Plošné rozšíření chemických typů podzemních vod v HGR 6640.....	31
Obr. 4-9. Odběry podzemních vod v HGR 6640	35
Obr. 5-1 Koncepční model HGR 6640.....	37
Obr. 5-2. Časová řada kolísání hladiny podzemních vod na pozorovaném vrtu 7H-001b Mladeč (Červenka)	39
Obr. 5-3. Situace vybraných hydrogeologických vrtů v HGR 6640 navržených k trvalému monitoringu	41
Obr. 6-1. Lokalizace zájmové oblasti s polohou relevantních vodoměrných stanic ČHMÚ.	42
Obr. 6-2. Souhrnné užívání vod v dílčích povodích.....	43
Obr. 6-3. Pozorovaný a modelovaný odtok Mezipovodí Třebůvka (Loštice)	44
Obr. 6-4. HGR 6640. Základní odtok.....	45
Obr. 6-5. HGR. Modelovaná dotace podzemních vod.....	45
Obr. 6-6 Pravděpodobnostní pole – základní odtok	46
Obr. 6-7. Pravděpodobnostní pole – dotace podzemní vody.....	46
Obr. 6-8. HGR 6640 Čára překročení měsíčního základního odtoku	47
Obr. 6-9. Čára překročení měsíční dotace podzemní vody.....	47
Obr. 6-10. Vyčlenění základního odtoku na základě odtoku z mezipovodí Třebůvka (Loštice) 3610-3600 a hladin podzemních vod ve vrtu ID 693851.	48
Obr. 6-11. Vývoj průměrných ročních srážek.	50
Obr. 6-12. Vývoj průměrné roční teploty.....	50
Obr. 6-13. Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad z modelu BILAN).	51
Obr. 6-14. Vývoj průměrné roční dotace zásob podzemní vody - odhad z modelu BILAN.	51
Obr. 6-15. Vývoj průměrného ročního základního odtoku - odhad z modelu BILAN.....	51
Obr. 6-16. Měsíční změny srážek a teploty dle RCM simulací pro jednotlivé měsíce.....	52
Obr. 6-17. Měsíční změny základního odtoku, dotace zásob podzemní vody a odtoku dle RCM simulací pro jednotlivé měsíce.....	53
Obr. 6-18. Izolinie hladiny podzemní vody – neovlivněný stav	56
Obr. 6-19. Izolinie hladiny podzemní vody – maximální povolené odběry	57

Obr. 6-20. Vývoj měsíčních odběrů v období hydrologických let 2001až 2010.....	59
Obr. 6-21. Graf změny zásob podzemních vod v závislosti na efektivní infiltraci v HGR 6640	60
Obr. 6-22. Průměrné měsíční hodnoty vybraných složek vodní bilance v HGR 6640.....	61
Obr. 6-23. Prognózované změny složek vodní bilance v HGR 6640.....	63
Obr. 6-24. Prognózované změny specifického základního odtoku	63
Obr. 7-1. Upravitelnost podzemní vody v puklinovém a krasově-puklinovém kolektoru v rozsahu HGR 6640..	66
Obr. 7-2. Upravitelnost podzemní vody přípovrchové zóny v rozsahu HGR 6640	66
Obr. 7-3. Lokalizace objektů s časovými řadami chemických analýz v HGR 6640	67
Obr. 7-4. Časové řady koncentrací iontů a konduktivity v HGR 6640	68
Obr. 8-1. Vodní biotopy, maloplošná zvláště chráněná území, evropsky významné lokality a ptačí oblasti.....	69
Obr. 8-2. Chráněná území v okolí HGR 6640 a jímání podzemní vody pro vodovody	72
Obr. 8-3. Výrazné meandry v NPR Ramena řeky Moravy	73
Obr. 8-4. Přírodní rezervace Hejtmanka v CHKO Litovelské Pomoraví.....	75
Obr. 8-5. PP Pod Templem	76
Obr. 8-6. Jeskyně Průchodnice.....	77
Obr. 8-7. Přírodní rezervace Rudka v CHKO Litovelské Pomoraví	78
Obr. 8-8. Jeskyně Průchodnice.....	79
Obr. 8-9. Největší skalní okno na Moravě v masivu Zkamenělého zámku.....	79
Obr. 8-10. Čertův most na Třesíně	81
Obr. 8-11. Přírodní památka U nádrže, okres Prostějov.....	82
Obr. 8-12. Přírodní památka U Senné cesty	83
Obr. 8-13. Užovka obojková	84
Obr. 9-1. Ložiska a dobývací prostory na území HGR 6640 (Surovinový informační systém ČGS).....	87
Obr. 10-1. Rozložení odtoku v měsících podle výstupů z modelu BILAN.....	94
Obr. 10-2. Přepočtené průměrných hodnot infiltrace stanovených modelem BILAN na plochu rajonu	94
Obr. 10-3. Průběh ročních průměrných odběrů podzemní vody z JÚ Čerlinka a hodnoty minimální vydatnosti pramene PB0199 (Řimické vyvěračky)	96
Obr. 10-4. Srovnání dotace podzemních vod na základě modelu BILAN a ročních kumulativů přírůstků hladiny podzemní vody ve vrtu 7H-001b.....	97

SEZNAM TABULEK

Tab. 1-1. Základní údaje o hydrogeologickém rajonu 6640.....	10
Tab. 3-1. Hydrogeologická vrtná prozkoumanost HGR 6640 databáze ČGS převedené do GDBase5	14
Tab. 3-2. Objekty ČHMÚ s režimním pozorováním.....	14
Tab. 4-1. Základní hydrologické údaje z vodoměrné stanice	22
Tab. 4-2. Vývoj srážkových úhrnů	23
Tab. 4-3. Vývoj teploty vzduchu.....	23
Tab. 4-4. Vývoj odtoku (odhad z modelu BILAN).....	23
Tab. 4-5. Koncentrace freonů a SF ₆	32
Tab. 4-6. Rozsah středních dob zdržení za předpokladu exponenciálního modelu podle 4 různých stopovačů ...	32
Tab. 4-7. Výsledky stanovení aktivity ¹⁴ C v podzemních vodách	33
Tab. 4-8. Přehled odběrů podzemních vod v HGR 6640	34
Tab. 5-1. Objekt ČHMÚ s časovou řadou pozorování hladiny podzemí vody	39
Tab. 5-2. Hydrogeologické vrty v HGR 6640 navržené k monitorování	40
Tab. 5-3. Signální hladina v objektech navržených pro sledování podzemních vod v HGR 6640	40
Tab. 6-1. Přehled povodí v HGR 6640 – základní charakteristiky a dostupná data	42
Tab. 6-2. Míra ovlivnění průtoků ve vodoměrných stanicích pro jednotlivá období	43
Tab. 6-3. Korelace povrchového odtoku a hladin podzemní vody v pozorovacích vrtech	48
Tab. 6-4. Poměr základního odtoku k celkovému dle různých metod	48
Tab. 6-5. Shrnutí hydrologické bilance (1981–2010)	48
Tab. 6-6. Shrnutí hydrologické bilance (2001–2010)	49
Tab. 6-7. Vývoj srážkových úhrnů v oblasti HGR 6640	49
Tab. 6-8. Vývoj teploty v oblasti HGR 6640	49
Tab. 6-9. Vývoj odtoku (odhad modelu BILAN) v oblasti HGR 6640	49
Tab. 6-10. Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad modelu BILAN) v oblasti HGR 6640	49
Tab. 6-11. Vývoj dotace zásob podzemní vody (odhad modelu BILAN) v oblasti HGR 6640	49
Tab. 6-12. Vývoj základního odtoku (odhad modelu BILAN) v oblasti HGR 6640	50
Tab. 6-13. Vodní bilance stacionárního hydraulického modelu – neovlivněný stav.....	58
Tab. 6-14. Vodní bilance stacionárního proudového modelu simulujícího maximální povolené odběry	58
Tab. 6-15. Vodní bilance transientního hydraulického – současné odběry	62
Tab. 6-16. Prognózované změny specifického základního odtoku	63
Tab. 6-17. Predikce možných redukcí čerpání na vodních zdrojích.....	64
Tab. 7-1. Kategorie upravitelnosti.....	65
Tab. 7-2. Přehled objektů s časovými řadami chemických analýz v HGR 6640	67
Tab. 8-1. Seznam maloplošných zvláště chráněných území v HGR 6640.....	70
Tab. 8-2. Seznam evropsky významných lokalit a ptačích oblastí v HGR 6640	70
Tab. 9-1: Dobývací prostory v HGR 6640	86

Tab. 9-2: Chráněná ložisková území dle registru ČGS (Surovinový informační systém).....	87
Tab. 9-3. Chemický stav pracovní jednotky.....	88
Tab. 10-1. Přírodní charakteristiky	90
Tab. 10-2. Hodnoty přírodních zdrojů pro referenční období 1981–2010	90
Tab. 10-3. Základní odtok pro období 1981-2010 stanovený z modelu BILAN.....	93
Tab. 10-4. Referenční vrt s navrženou signální hladinou v HGR 6640 a jeho základní charakteristiky	98
Tab. 10-5. Hydrogeologické vrty v HGR 6640 navržené k monitorování přírodních zdrojů podzemních vod	98

ZAVEDENÉ ZKRATKY A POJMY

AOPK Agentura ochrany přírody a krajiny ČR

B separovaný základní odtok (mm/měsíc)

BF modelovaný základní odtok (mm/měsíc)

BFI baseflow index – poměr základního odtoku k celkovému

CO celkový odtok

ČGS Česká geologická služba

ČHMÚ Český hydrometeorologický ústav

ČKP česká křídová pánev

ČOV čistírna odpadních vod

ČR Česká republika

ČÚZK Český úřad zeměměřický a katastrální

GDO, Klíč GDO jedinečné identifikační číslo objektu v archivu ČGS

Geofond archiv ČGS

GIS geografický informační systém

HGR hydrogeologický rajon je území s obdobnými hydrogeologickými poměry, typem zvodnění a oběhem podzemní vody ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhláška č. 5/2011 Sb. Hodnocení stavu povrchových a podzemních vod slouží k zajišťování podkladů pro výkon veřejné správy podle vodního zákona, plánování v oblasti vod a k poskytování informací veřejnosti. Provádí se podle povodí povrchových vod a hydrogeologických rajonů podzemních vod (§ 21 vodního zákona).

hpv hladina podzemních vod

ID identifikační číslo

IG inženýrskogeologický

KKZ Komise pro klasifikaci zásob ložisek nerostných surovin se subkomisí pro klasifikaci zásob podzemních vod

Kolektor podzemních vod horninové prostředí, jehož propustnost je ve srovnání s bezprostředně sousedícím horninovým prostředím natolik větší, že gravitační voda se jím může pohybovat mnohem snadněji za jinak stejných hydraulických podmínek (ČSN 75 0110 Vodní hospodářství - Terminologie hydrologie a hydrogeologie).

MZe Ministerstvo zemědělství České republiky

MŽP Ministerstvo životního prostředí České republiky

P měsíční srážkový úhrn

PO podzemní odtok

podnik Povodí Povodí Labe, s.p.; Povodí Moravy, s.p.; Povodí Odry, s.p.; Povodí Ohře, s.p.; Povodí Vltavy, s.p.;

PPP měření postupných profilových průtoků III. etapová zpráva projektu „Rebilance zásob podzemních vod“

PPZ připovrchová zóna

Přírodní zdroje podzemní vody (přírodní obnovitelné zdroje podzemní vody) - množství vody za přírodních poměrů dlouhodobě doplňované infiltrací do hydrogeologického kolektoru nebo zvodněného systému (příloha č. 8 k vyhlášce č. 369/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

R měsíční odtoková výška pozorovaná

RC dotace zásob podzemních vod

RM měsíční odtoková výška modelovaná

RCM regionální klimatické modely

SEKM Systém evidence kontaminovaných míst

T teplota

TDS celková mineralizace (total dissolved solids)

Útvar podzemní vody je vymezené soustředění podzemní vody v příslušném kolektoru nebo kolektorech (§2 odst. 7 vodního zákona).

Vodní bilance sestává z hydrologické bilance a vodohospodářské bilance. Hydrologická bilance porovnává přírůstky a úbytky vody a změny vodních zásob povodí, území nebo vodního útvaru za daný časový interval. Vodohospodářská bilance porovnává požadavky na odběry povrchové a podzemní vody a vypouštění odpadních vod s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hledisek množství a jakosti vody a jejich ekologického stavu (§ 22 odst. 1 vodního zákona).

Vodní útvar je vymezené významné soustředění povrchových nebo podzemních vod v určitém prostředí charakterizované společnou formou jejich výskytu nebo společnými vlastnostmi vod a znaky hydrologického režimu. Vodní útvary se člení na útvary povrchových vod a útvary podzemních vod (§ 2 odst. 3 vodního zákona).

VÚV VÚV TGM, v.v.i Výzkumný ústav Vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.

Využitelné množství podzemních vod je množství podzemní vody, které je možné racionálně využívat z hydrogeologického kolektoru nebo zvodněného systému, aniž nastane negativní ovlivnění podzemních vod anebo okolního životního prostředí (příloha č. 8 vyhlášky č. 369/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

Zdroje podzemních vod jsou dynamickou (obnovitelnou) složkou podzemních vod, vyjádřenou v jednotkách objemového průtoku (objem za jednotku času). Sestávají z přírodních, indukovaných a umělých zdrojů podzemní vody (příloha č. 8 vyhlášky č. 369/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

ZO základní odtok

ŽP životní prostředí

ÚVOD

Cílem projektu Rebilance zásob podzemních vod financovaného Státním fondem životního prostředí v rámci Operačního programu Životní prostředí - prioritní osa 6 (dále jen „projekt Rebilance“ nebo „projekt“) bylo s využitím dostupných standardních i moderních metodických postupů a technologií přehodnotit přírodní zdroje podzemních vod a jejich disponibilního množství v rozsahu hodnoceného hydrogeologického rajonu dle vyhlášky 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), včetně stanovení podmínek využitelnosti podzemních vod při respektování ochrany podzemních vod a chráněných terestrických ekosystémů vázaných na podzemní vody v příslušném rajonu.

Současně při řešení projektu proběhla kontrola proudových systémů podzemních vod a stávajících hranic hodnoceného rajonu jako bilančního celku ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb. (o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů), na základě výsledků provedených prací.

Obsah zprávy za hodnocený rajon vychází z přílohy č. 7 vyhlášky č. 369/2004 Sb. (o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek), s tím rozdílem, že obsahuje jen nezbytné shrnutí použitých metodických postupů. Kompletní metodické postupy použité při řešení projektu jsou uvedeny ve všeobecné části závěrečné zprávy za projekt. Závěrečné zprávy za každý hodnocený rajon jsou přílohami výše uvedené všeobecné části zprávy.

S ohledem na fakt, že přírodní zdroje podzemních vod jsou dynamickou složkou proměnnou v čase, byla nahrazena po odsouhlasení zástupci MŽP a AOPK příloha č. 8 vyhlášky č. 369/2004 Sb. „Průvodním listem“, který zahrnuje ve stručné formě všechny podstatné informace o hodnoceném rajonu.

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Tab. 1-1. Základní údaje o hydrogeologickém rajonu 6640

(heis.vuv.cz, doplněno)

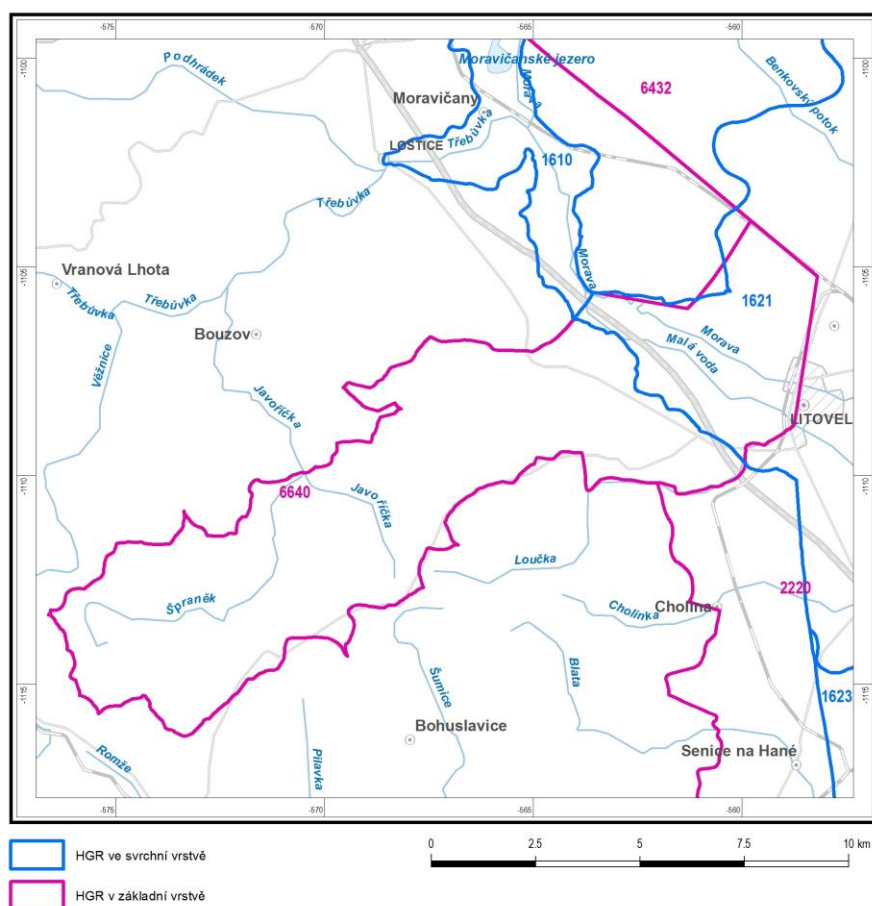
ID hydrogeologického rajonu:	6640
Název hydrogeologického rajonu:	Mladečský kras
ID útvaru:	66400
Název útvaru:	Mladečský kras
Plocha, km ² :	74,6053
Pozice:	rajon základní vrstvy
Geologická jednotka:	horniny krystalinika, proterozoika a paleozoika
Dílčí povodí:	Dunaj
Povodí:	Morava a přítoky Váhu
Bilancovaný kolektor:	horniny paleozoika
Kraje:	Olomoucký

Platný dle vyhlášky č. 5/2011 Sb.

2. VYMEZENÍ RAJONU

HGR 6640 - Mladečský kras je vymezen jako rajon základní vrstvy ve smyslu vyhlášky č. 5/2011 Sb. HGR 6640 zaujímá především severozápadní výběžek Hornomoravského úvalu v širším okolí Litovle a z J přilehlou část Dražanské vrchoviny, jeho celková plocha činí 74,61 km². Hydrogeologický rajon 6640 je tvořen tzv. jesenecko-mladečským pruhem často zkrasovělých devonských vápenců a okolními nevápencovými (většinou kulmskými) horninami. Převážná část hranice hydrogeologického rajonu 6640 Mladečský kras je tvořena hydrologickými rozvodnicemi různých řádů, zejména vůči HGR 6620, případně geologickou hranicí s HGR 2220. V nadloží HGR 6640 je ve v. části vymezen rovněž bilancovaný HGR 1621 - Pliopleistocén Hornomoravského úvalu.

Do východní části území HGR 6640 zasahuje Chráněná oblast přirozené akumulace vod (CHOPAV) Kvartér Moravy vyhlášená Nařízením vlády ČR č. 85/1981 Sb., která je však vázána na fluvialní sedimenty řeky Moravy.



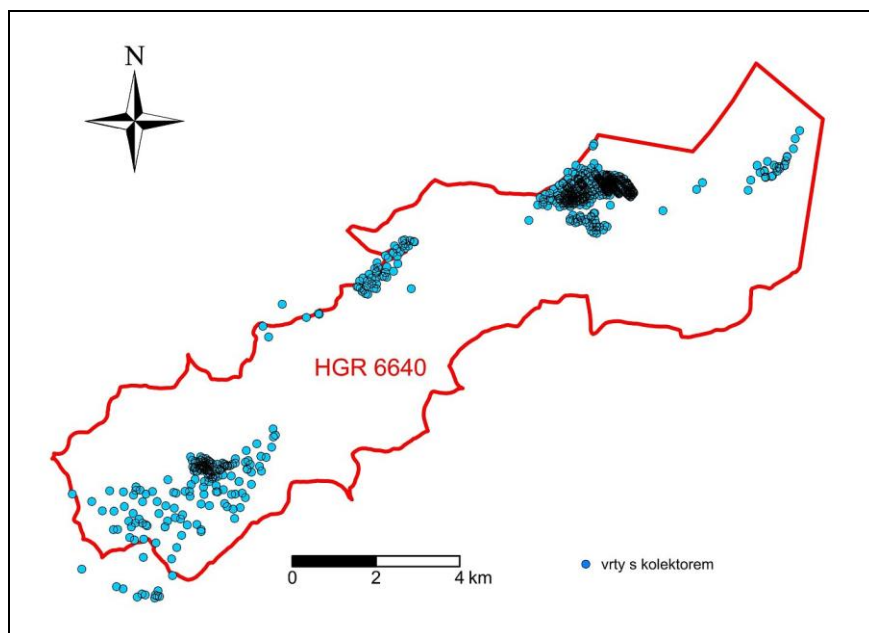
Obr. 2-1. Situace HGR 6640

3. VSTUPNÍ INFORMACE

3.1. GEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST

HGR 6640 zabírá dvě krasové oblasti, které však jsou hydrograficky v podzemí propojeny. Javoříčský kras leží při východním okraji odkryté geologické mapy v měřítku 1 : 200 000 M-33-XXIII Česká Třebová (Svoboda ed. 1962). Mladečský kras přesahuje ze zmíněné mapy na sousední list M-33-XXIV Olomouc (Roth ed. 1962). Do HGR 6640 náleží jak zdrojová, tedy javoříčská část, tak vývěrová část. Území Mladečského krasu a okolí bylo podrobně geologicky mapováno v devadesátých letech minulého století do map 1:25 000 a 1:10 000 (Dvořák, Maštera, Otava). Práce probíhaly pro edici základních geologických map 1 : 50 000 (Soubor geologických a účelových map). Hydrogeologický rajon spadá do území map listů 14-43 Mohelnice (Koverdynský ed. 1998), 14-44 Šternberk (Koverdynský ed. 1998), 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).

Mladečský kras byl podrobně zpracován z pohledu střetu zájmů v rámci hodnocení celé CHKO Litovelské Pomoraví ve dvou souborných zprávách pro MŽP (Dvořák et al. 1991 a Otava et al. 1996). Ve výše citovaných souborných zprávách je shrnuta geologická a tektonická stavba území, geologicko-ložiskové posouzení, hydrogeologické podmínky, inženýrskogeologická problematika, zjištěné a potenciální vlivy těžby včetně návrhů řešení. Zajímavé výsledky přinesl gravimetrický průzkum v prostoru Třesína (Tomek – Novotný 1971), dále geofyzikální práce Klablena (1977) a Dvořák et al. (1974), jejichž zhodnocení do izoliniových map znázorňujících hloubku pohřbení vápenců v HGR 6640 provedla v rámci projektu Skácelová (Obr. 4-2).



Obr. 3-1. Mapa rozmístění vrtů, které zastihly vápencový kolektor v HGR 6640

Paleozoikum CHKO Litovelské Pomoraví včetně Mladečského krasu bylo samostatně zpracováno v publikaci Otava (1997). Karsologická a krasově hydrogeologická problematika Javoříčko-

Mladečského krasu byla mnohočetně zpracována v pojednáních Morávka (2005), Bosáka (2006) a v dlouhé sérii prací Panoše.

V edici Geologie chráněných oblastí České republiky vyšla geologická mapa a stručný vysvětlující text s fotodokumentací Litovelské Pomoraví (Otava – Pošmourný 2007).

3.1.1. PRÁCE PROVÁDĚNÉ V RÁMCI PROJEKTU

Zakódovaná vrtná databáze České geologické služby byla pro projekt Rebilance zásob podzemních vod převedena do softwaru GDBase5. Tak vznikl komplex geologických, hydrogeologických, hydrochemických a karotážních dat, který byl účelově doplněn o časové řady pozorování ČHMÚ. Využití GDBase5 umožnilo zpracování projektu v prostředí GIS, což bylo významným krokem k modernímu hromadnému zpracování dat, které se v takovém rozsahu v České republice dosud nerealizovalo.

V oblasti HGR 6640 se v rámci projektu neprováděly žádné nové průzkumné vrty. Stávající vrty použité ke zhodnocení kolektoru vázaného na devonské vápence jsou znázorněny na obrázku 3-1.

3.2. HYDROGEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST

První souhrn hydrogeologických poměrů celého zájmového území podal Hynie (1961). Původně bylo území součástí rajonu 662 - Kulm Dražanské vrchoviny Michlíčka et al. (1986). HGR 6640 byl vymezen nově v roce 2005 (Olmeret al. 2006).

Komplexně je zájmové území mapových listů zhodnoceno spolu s širším okolím v kontextu Základní hydrogeologické mapy ČSSR 1 : 200 000 list 14 Šumperk (Kačura 1985a) a list 24 Brno (Myslil 1987a), Mapy chemismu podzemních vod ČSSR 1 : 200 000 list 14 Šumperk (Kačura 1985b) a list 24 Brno (Myslil 1987b) a doprovodných textových vysvětlivek (Kačura et al. 1991, Myslil et al. 1985). Ve větším detailu jsou hydrogeologické poměry kartograficky zobrazeny na příslušných listech Hydrogeologické mapy ČR 1 : 50 000 listy 14-43 Mohelnice (Čurda 1998a), 14-44 Šternberk (Čurda 1998b), 24-21 Jevíčko (1998c) a 24-22 Olomouc (Čurda 1999), z nichž některé jsou doplněny publikovanými textovými vysvětlivkami (Čurda In Müller ed. 2000 a 2001).

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 při čerpací zkoušce v nivě Moravy z od Litovle (dnes – jímací území Čerlinka) ověřil čerpací zkouškou vydatnost 180 l/s z kvartérních sedimentů dotovaných z podložních vápenců.

Oblast byla velmi detailně studována s ohledem na existenci významného zdroje podzemní vody JÚ Čerlinka. Nejrozsáhlejším regionální studií je práce Starobové (1978), která se zabývá celou oblastí výskytu vápenců. V rámci projektu bylo provedeno režimní měření průtoků na 12 profilech povrchových toků v letech 1975-1977, které umožnilo určit deficit jednotlivých povodí. Navazují etapové zprávy studia podzemních vod JÚ Čerlinka (Starobová 1979, 1981, 1983 a 1986). Byla zde provedena řada vrtů do hloubek až 300 m, rozsáhlé čerpací zkoušky a studium chemismu vod ve srovnání s dalšími objekty pro určení původu vody.

Hydrogeologii území jižně od Vojtěchovské poruchy 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, aktivita tritia a koncentrací freonů a SF₆ provedl Bruthans (2006). Srovnání chemizmu podzemní vody z vápenců i kvartérních náplavů a řeky Moravy provedla Kroupová (2007). Výsledky stopovací zkoušky na Kovářovském potoce uvádí Bruthans a Vojtěchovská (2009).

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

VRTNÁ HYDROGEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST

Celkový počet hydrogeologických vrtů v HGR 6640 udává tabulka 3-1, spolu s uvedením počtů vrtů, které obsahují výsledky chemických analýz podzemní vody, údaje o hloubce hladiny podzemní vody a výsledky hydrodynamických zkoušek.

Tab. 3-1. Hydrogeologická vrtná prozkoumanost HGR 6640 databáze ČGS převedené do GDBase5

HGR	hydrogeologické objekty		
	celkem objektů	počet chemických analýz	počet vrtů ČHMÚ
6640	98	63	2

Tab. 3-2. Objekty ČHMÚ s režimním pozorováním (jen ty s pozorováním minimálně do roku 2010)

Označení ČHMÚ		název	nadmořská výška [m n.m.]	číslo hydrologického pořadí	katastr	sledován od roku
PB0199	Pramen	Mladeč, V2	230,00	3-4-10-03-0080	Mladeč	1979-2014
VB9529	vrt	Mladeč, 7H001b	238,78	2-4-10-03-0100	Mladeč	2007-2014

4. CHARAKTERISTIKA RAJONU

4.1. GEOLOGICKÁ STAVBA A CHARAKTERISTIKA JEDNOTEK

Území Mladečského krasu a okolí zaujímá jak strukturně, tak geologicky zajímavou pozici na rozhraní Českého masivu a Karpatské soustavy. Horniny proterozoického krystalinika Hornomoravského úvalu náležející brunovistuliku pravděpodobně tvoří podloží části území, avšak nevystupují nikde na povrch. V rámci Českého masivu probíhá osou území tzv. poruchové pásmo Hané, které je součástí evropsky významného labského lineamentu, který rozděluje drahanskou a jesenickou část moravskoslezského paleozoika. Odkrytá geologická mapa oblasti HGR 6640 je znázorněna na obrázku 4-1.

4.1.1. STRATIGRAFIE A LITOLOGIE

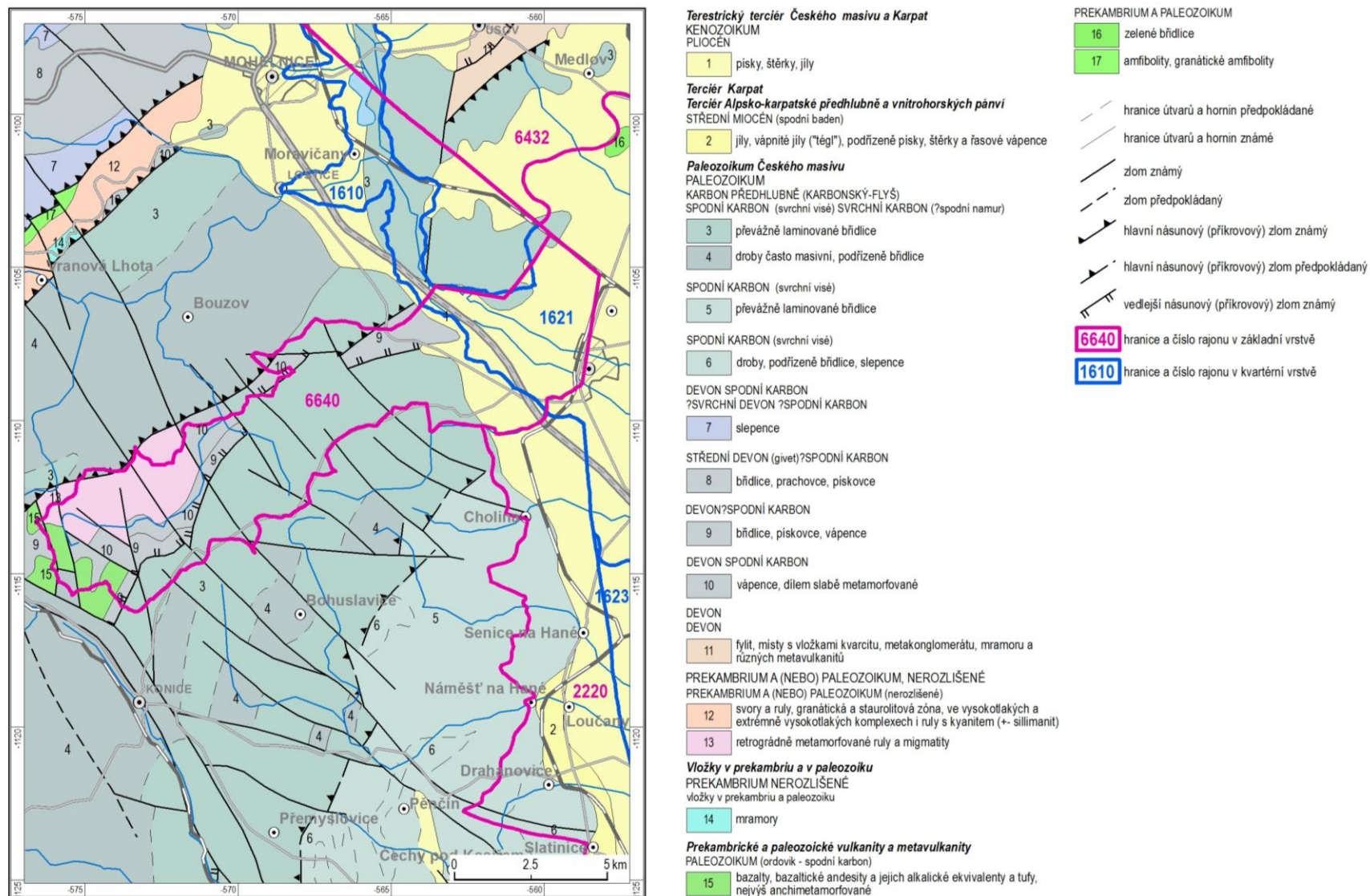
PODLOŽNÍ JEDNOTKY

Nejstarší sedimenty vystupující v Mladečském krasu náleží devonu a měly značně odlišný vývoj severně a jižně od dnešního toku Moravy. V severní až severovýchodní bloku se usazovaly ve spodním a středním devonu chemicky zralé jílovité břidlice, které později prošly slabou metamorfózou. Jsou řazeny do **stínavsko-chabíčovského souvrství** a geologicky tvoří jižní ukončení vrbenského pruhu. Nejsou zde paleontologické důkazy, proto lze usuzovat na stáří pouze na základě pozice v podloží pískovců a slepenců **moravskoberounského souvrství** a na základě litologického charakteru hornin. Tyto usazeniny jsou součástí mohutného vulkanosedimentárního komplexu. V severním sousedství Mladečského krasu byly v minulosti těženy železné rudy vázané na vulkanity (Králová, Benkov). Břidlice podobně jako nadložní sedimenty **moravskoberounského souvrství** vystupují v prostoru Bradlec-Kukačka-Kamenný vrch necelé 2 km severně od povrchových výchozů Mladečského krasu a v těsném sousedství jímající oblasti Litovel-Čerlinka.

Slepence a pískovce s vložkami a čůčkami brekcií a biodetritických vápenců až vápnitých **pískovců moravskoberounského souvrství** jsou již řazeny do karbonu - a náleží k nejvyšší části **vrbenské skupiny**.

Velmi odlišný geologický vývoj v devonu měla část Litovelského Pomoraví jihozápadně od Moravy, tedy Mladečský kras – masiv Třesína a okolí. Světlešedé **vilémovické vápence macošského souvrství** se usazovaly v mělkovodním, pravděpodobně zaútesovém oxidačním prostředí a jsou součástí karbonátové platformy **vývoje Moravského krasu**. Devonská sedimentace probíhala v subtropickém až tropickém pásmu jižní polokoule, jak dokazují paleomagnetické rekonstrukce.

Poměrně malá rozloha vápencových povrchových výchozů skrývá zajímavé povrchové i podzemní krasové jevy a vyznačuje se komplikovanými hydrogeologickými poměry. Geologický obraz oblasti **Javoříčko-mladečského krasu** dobře doplňuje izoliniová mapa znázorňující nadmořské výšky pohřbené části vápencového masivu (Obr. 4-2).



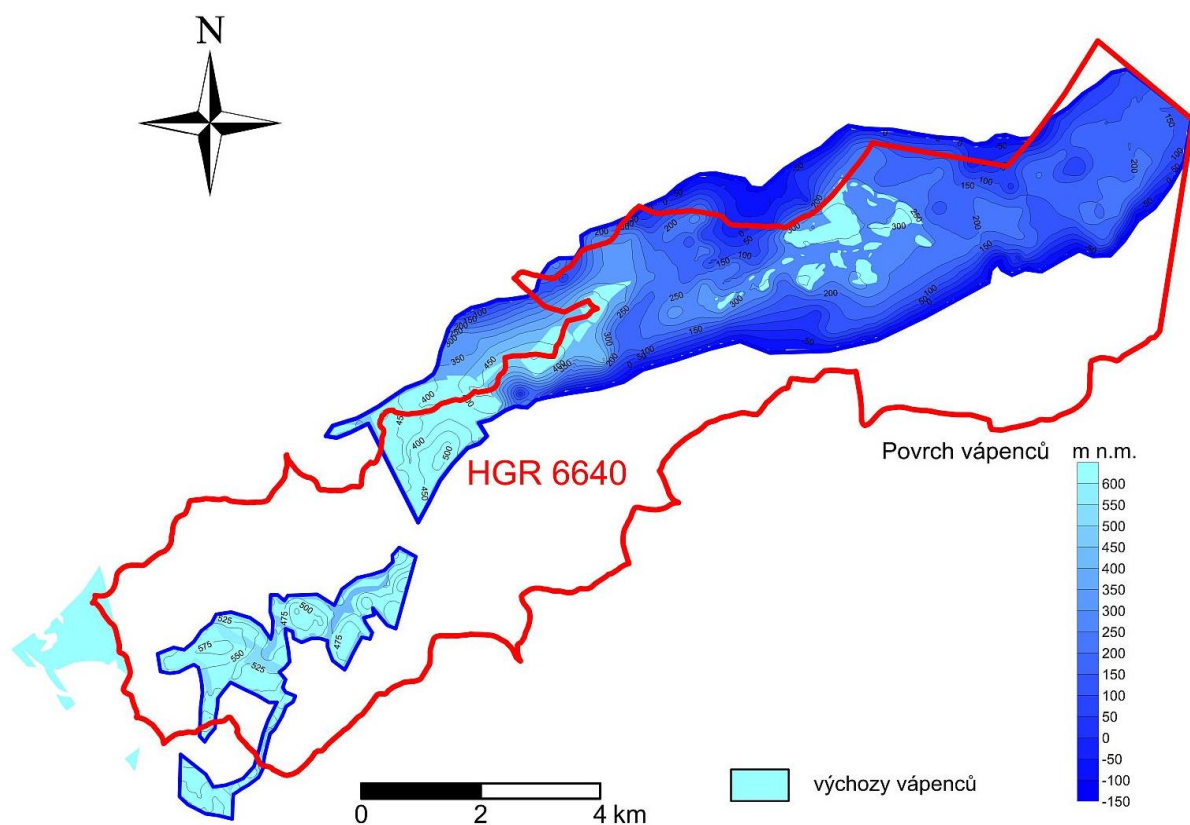
Obr. 4-1. Odkrytá geologická mapa HGR 6640

MACOŠSKÉ SOUVRSTVÍ

Vilémovické vápence (frasn)

Mladečský kras, tedy masiv Třesína a okolí je tvořen světlešedými masivními vápenci, které k jihovýchodu do nadloží pravděpodobně přecházejí do vápenců laminovaných. Laminované litotypy zastížené v lomu Skalka bývají světlešedé, šedé a tmavě šedé. Slabá metamorfóza (anchimetamorfóza) způsobila rekrystalizaci většiny organických zbytků. Lze se proto jen domnívat, že bělošedé, dlouze čočkovité útvary v tmavších vápencích mohly být původně tabulárními korály, plátovitými stromatoporami, nebo stromatolity. 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 frasn, tedy do svrchního devonu (Otava et al. 1996).

Celý litologický charakter **vilémovických vápenců** dokládá mělkovodní, pravděpodobně zaútesovou sedimentaci v oxidačním prostředí, z širšího pohledu jsou popisované karbonáty nejspíše ještě součástí karbonátové platformy, tedy tzv. **vývoje Moravského krasu** (Obr. 4-2). Odhadovaná mocnost **vilémovických vápenců** je v řádu prvních stovek metrů.



Obr. 4-2. Mapa výchozů vápenců Javoříčského krasu (jz. část) a Mladečského krasu (sv. část). Izolinie znázorňují nadmořské výšky povrchu vápenců, pohřbeného pod sedimenty kulmské facie. (Z. Skácelová)

Geologický vývoj ve spodním karbonu, přesněji ve svrchním visé, tedy před 326 až 345 miliony let již byl společný pro oblast ležící jižně i severně od **labského lineamentu**. Rozsáhlé moře zaplavilo široké okolí Javoříčsko-mladečského krasu. Turbiditní proudy přinášely obrovské množství úlomkovitého materiálu do pánve, kde docházelo k rozplavování generelně od JJZ k SSV. Území Mladečského krasu

leží na rozhraní mezi drahanskou a jesenickou částí pánve, v níž sedimentovaly horniny flyšové, tzv. kulmské facie. V jižním i severním sousedství Mladečského krasu jsou droby a rytmičné střídání drob a břidlic nejlépe vyvinuty v širším okolí Jeleního vrchu, Stavenic, Nových zámků a jižně od Řimic. V jižním sousedství Mladečského krasu, resp. v oblasti mezi Javoříčským a Mladečským krasem naprosto převažují rytmičné kulmské facie náležející **rozstáňskému souvrství** drahanského kulmu.

V druhohorách bylo území velmi pravděpodobně zalito křídovým mořem, ovšem sedimenty tohoto stáří byly v další geologické historii intenzivně rozrušovány a odplaveny. Členitý reliéf dokládá různá hloubka denudace jednotlivých ker v okolí. Vyzdvižení karpatského horstva v paleogénu a neogénu dalo vzniknout okrajovým depresím zaplavovaným mořem.

MIOCÉN – SPODNÍ BADEN

V miocénu, ve spodním badenu, se Hornomoravský úval stal součástí karpatské předhlubně, transgrese zasáhla hluboko do Českého masivu. Třetihorní sedimenty tvořící výplň Hornomoravského úvalu do prostoru rajonu zasahují jen velmi okrajově v prostoru Chudobína a jsou překryty kvartérními a pliocenními usazeninami.

PLIOCÉN - PLEISTOCÉN

Po krátkém ústupu moře k severu došlo k přemodelování pánve a ke vzniku nového, tentokrát již kontinentálního sedimentačního prostoru. Započalo usazování pliocenního souvrství. Za teplého a vlhkého klimatu došlo k vytvoření soustavy jezer spojených vodními toky, mezi nimiž dominovala Morava. Do depresí byly splavovány silně zvětralé horniny z okolí. Charakter výchozího materiálu a zvětrávací procesy poznamenaly vzhled sedimentu, původní označení pliocenních usazenin bylo „**pestrá série**“.

Pliopleistocenní sedimenty jsou postorogenní fluvioakustinní depozita, která v oblasti karpatské předhlubně na Moravě nezávisle překrývají starší horniny geologického podkladu. V Hornomoravském úvalu, kde mají největší rozšíření, leží na miocenních sedimentech předhlubně, horninách krystalinika i paleozoika a sedimentech flyšových příkrovů (Růžička ed. 1997).

Pliopleistocenní sedimenty tvoří pestře barevné nevápnité křemenné písky s příměsí jílu, šterky a jíly místy vápnité a písčité. Nepravidelně se střídají v polohách a šmouhách. Jíly jsou často barevně mramorované. Vzácně jsou přítomny tmavé bituminozní jíly a polohy zemitých lignitů. Ve štercích převládají dokonale zaoblené valounky křemene a polozaoblené valouny z bezprostředního podloží. Lokálně jsou v písčích karbonátické konkrce, v jílech drobné konkrce železité a manganové. Pro průsvitnou těžkou frakci písků jsou charakteristické vysoké obsahy staurolitů. Sedimenty téměř postrádají autochtonní fosilie.

Proměnlivá mocnost plioleistocenních sedimentů je odvislá od silně výškově členitého předpliocenního reliéfu. V Hornomoravském úvalu dosahuje mocnost až přes 200 m. Pliopleistocenní sedimenty se uložily ve sladkovodních jezerech, do nichž byl řekami přinášén materiál z pevniny. V prostoru HG rajonu byly tyto sedimenty o mocnosti 20 m zastiženy vrtem (HJ-4) u Pateřína v nadloží vápenců Mladečského krasu (Starobová 1978). Stejně staré sedimenty překrývají povrch vápenců i v sv. části rajonu, kterou z větší části tvoří niva řeky Moravy.

KVARTÉR (PLEISTOCÉN – HOLOCÉN)

Podstatná část rajonu je situována do typicky denudační kvartérní oblasti, ve které jsou zastoupeny jen sedimenty svahové, které mají charakter kamenitých hlín s proměnlivým obsahem klastů o mocnosti

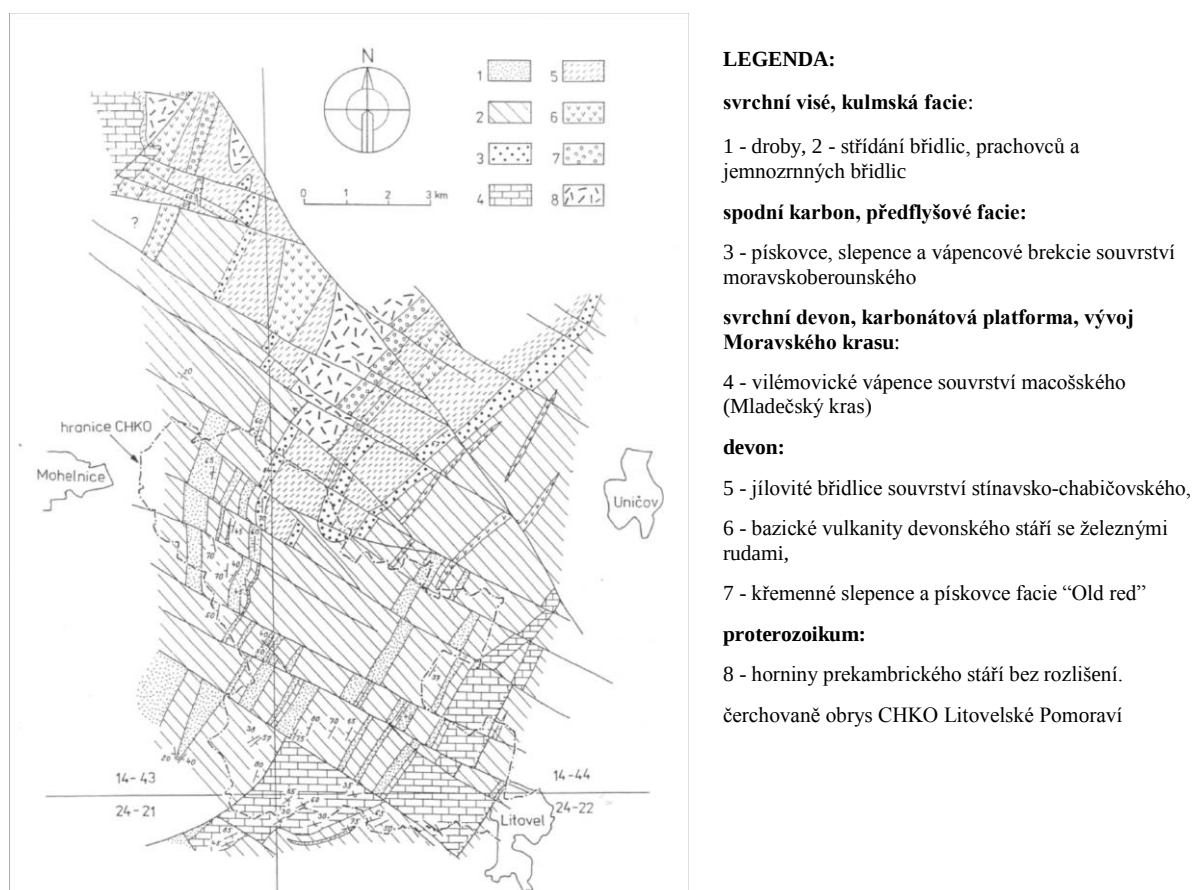
až 8 m. Kromě svahovin jsou údolní nivy větších toků (Hradečka, Šumice, Špránek) vyplněny fluvialními štěrky v nadloží s písčitými až písčitojilovitými hlínami.

Významnější rozsahy i mocnosti kvartérních sedimentů se objevují jen v sv. části rajonu, která již zasahuje do Hornomoravského úvalu. Především jde o velice plošně rozsáhlé fluvialní sedimenty řeky Moravy, zastoupené především písčitými štěrky překrytými písčitými 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.

Rozsáhlé kvartérní fluvialní sedimenty řeky Moravy tvoří samostatný HGR 1621 - Pliopleistocén Hornomoravského úvalu – severní část a detailní popis geologických a hydrogeologických poměrů obsahuje samostatná zpráva za výše uvedený rajon (Konečný, Bruthans ed. 2016).

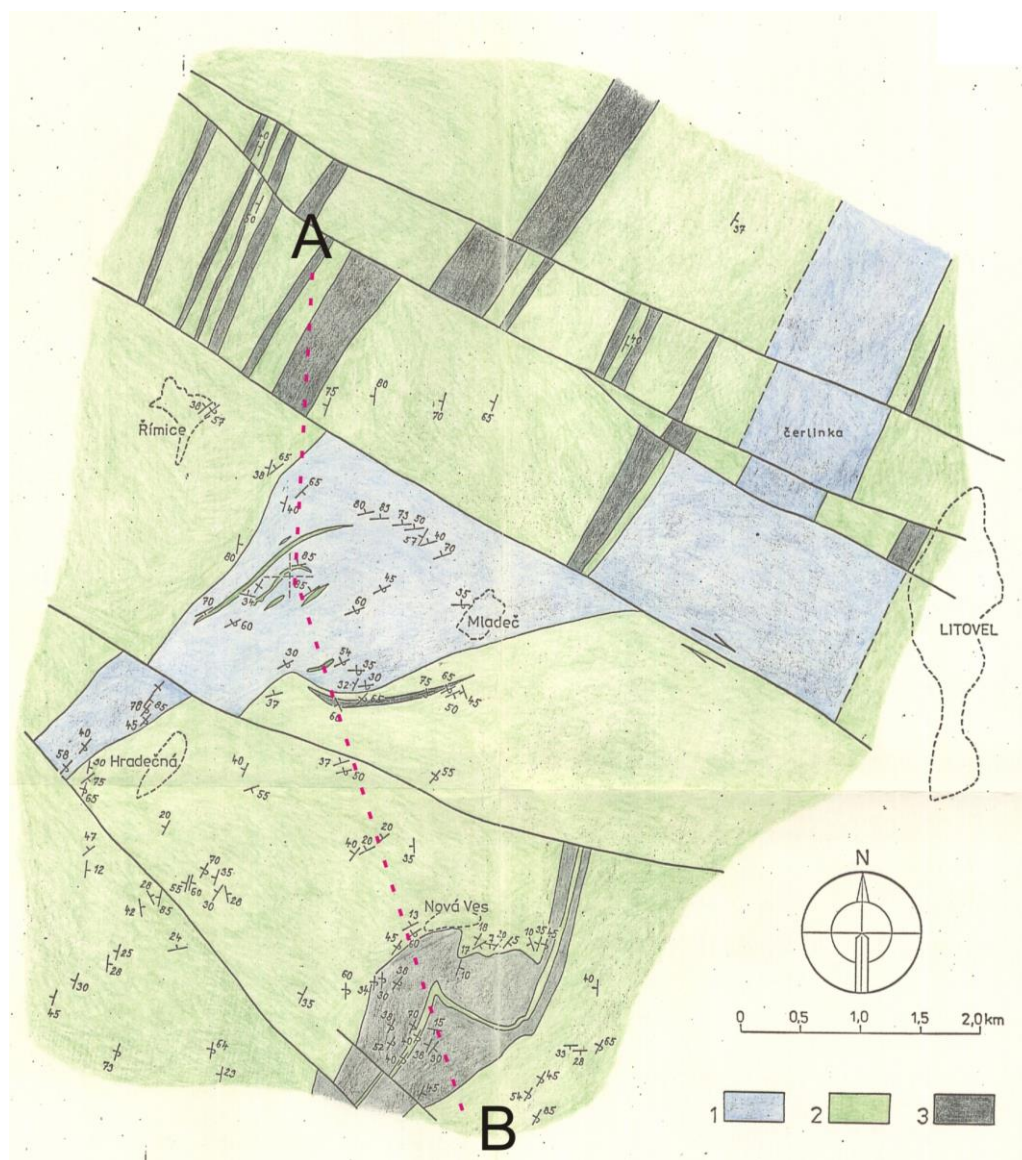
KRASOVÉ JEVY, HYDROGEOLOGICKÁ SITUACE

Pro pochopení hydrografie a hydrogeologie Mladečského krasu a širšího okolí, včetně zdrojové oblasti je rozhodující poznání krasových a paleokrasových jevů a jejich vazby na tektoniku a litologii oblasti.



Obr. 4-3. Odkrytá geologická skica Mladečského krasu a jeho severního okolí podle Dvořáka 1994 a map Koverdinský 1998, Otava 1997.

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 (skica na Obr. 4-3 až Obr. 4-5). 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).



Obr. 4-4. Odkrytá geologická mapa Mladečského krasu a okolí (Dvořák et al. 1991)

Legenda: 1 – vilémovické vápence macošského souvrství; 2 – droby kulmské facie; 3 – břidlice kulmské facie; A B...linie geologického řezu.

Tato oblast reprezentuje významnou a vzájemně propojenou regionální krasovou zvodně 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). Povahou této zvodně, objevené v letech 1959-

1960 při regionálních stopovacích zkouškách (Panoš, 1960e, f) a ověřené radioaktivními stopovači (Novák, 1961), se zabýval v řadě studií i nepublikovaných zprávách Panoš (1961a, b, c, 1962c, f, 1987, 1990; Pučálka *et al.*, 2001). Do roku 1991 se nazývala **třesínskou zvodní** (např. Panoš, 1990) a později pak **javoříčko-litovelskou strukturou** (Pučálka *et al.*, 2001, s. 204). U Javoříčka a Hvozdečka podzemní propojení geologických ker může probíhat i po poruchových zónách v siliciklastikách spodního karbonu (kulmu), o tom však existuje doposud jen neúplná informace (viz Panoš, 1960a, c, e, f, 1961a-c, 1962c, f). V zájmové oblasti Mladečského krasu je hloubka této zvodně zhruba na úrovni cca 240 m n. m.

4.1.2. STRUKTURNÍ STAVBA

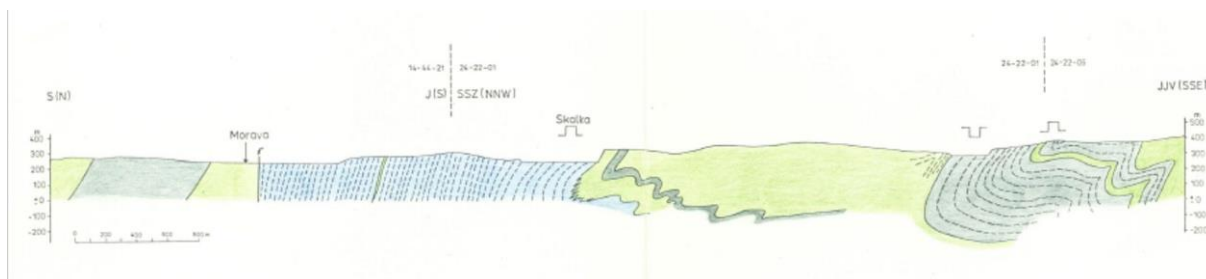
Javoříčko-mladečský kras se rozprostírá v jižním sousedství evropsky významné strukturní linie - labského lineamentu. Ten rozděluje v rámci variského strukturního patra jižnější drahanskou a severnější jesenickou část moravskoslezského paleozoika. Tyto části se liší především litologií a stratigrafií 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 zbrídlíčenatění 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 (Obr. 4-3 a Obr. 4-4), 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.

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 štěrků 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 dále 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.

TEKTONICKÉ ČOČKY A PŘEDFLYŠOVÉ FACIE

Patrně menšího hydrogeologického významu jsou drcené zavrásněné čočky břidlic kulmské facie zastížené vrty, lomy a stolou v Třesíně. Spíše geologickou zajímavostí jsou rovněž drcené čočky křemitých břidlic s černými silicity popsanými Dvořákem (1965) z lomu Skalka při kontaktu vilémovických vápenců a břidlic kulmské facie.



Obr. 4-5. Geologický řez S–J, legenda a linie řezu A–B viz obr. 4-4 odkrytá geologická mapa (Dvořák et al. 1991)

KULMSKÁ FACIE – SVRCHNÍ VISÉ

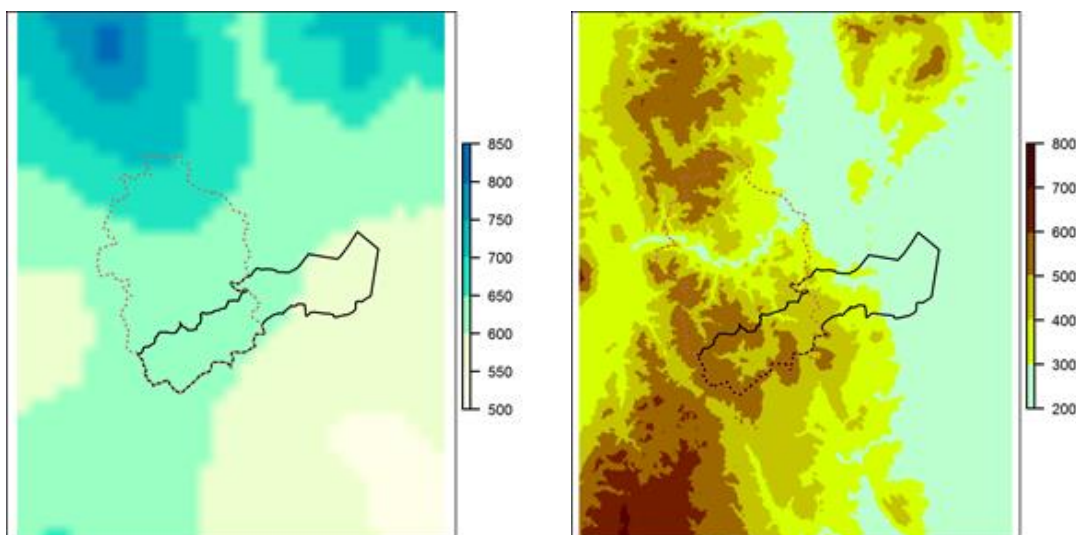
Siliciklastika flyšové kulmské facie svrchnovisénského stáří jsou hydrogeologicky důležitá z toho pohledu, že na povrchu kryjí podzemní propojení (hydraulickou spojitost) zdrojové Javoříčské oblasti s vývěry Čerlinky.

4.2. HYDROLOGIE

Průměrné roční úhrny srážek se v HGR 6640 pohybují okolo 600 mm, což řadí zájmové území mezi průměrně vlhké oblasti republiky. Rozložení srážek v ploše rajonu a jejich proměnlivost v závislosti na nadmořské výšce znázorňuje Obr. 4-6. Pro zhodnocení vodnosti toků v HGR 6640 byla použita data z vodoměrné stanice Loštice na toku Třebůvka. Základní hydrologické údaje uvádí tabulka 4-1.

Tab. 4-1. Základní hydrologické údaje z vodoměrné stanice

číslo	vodní tok	stanice (m n. m.)	plocha povodí (km ²)	průměrný srážkový úhrn 1981–2010 (mm)	průměrný průtok 1971–2010 (m ³ /s)
3610	Třebůvka	Loštice (440,42)	146,94	634,01	0,629



Obr. 4-6. Roční srážkové úhrny v letech 1981–2010 (mm/rok), rozložení nadmořské výšky (m n.m.)

V Tab. 4-2 až Tab. 4-4 jsou uvedeny roční průměry srážek, teploty vzduchu a odtoku za období 1981-2010, porovnané s ročními průměry za období 2001-2010 a 1961-1980.

Tab. 4-2. Vývoj srážkových úhrnů.

	1961–1980 (mm)	1981–2010		2001–2010	
		(mm)	dif. (-)	(mm)	dif. (-)
HGR 6640	620,75	602,39	0,97	631,33	1,05

Tab. 4-3. Vývoj teploty vzduchu

	1961–1980 (°C)	1981–2010		2001–2010	
		(°C)	dif. (°C)	(°C)	dif. (°C)
HGR 6640	7,40	8,02	0,62	8,28	0,26

Tab. 4-4. Vývoj odtoku (odhad z modelu BILAN)

	1961–1980 (mm)	1981–2010		2001–2010	
		(mm)	dif. (-)	(mm)	dif. (-)
HGR 6640	124,32	106,46	0,86	117,82	1,11

HYDROLOGICKÁ MĚŘENÍ VYBRANÝCH PROFILŮ NA POVRCHOVÝCH TOCÍCH

Měření byla realizována jako expediční hydrometrování postupných profilových průtoků na toku (PPP). Metoda vychází z předpokladu, že jednou z hydrologických charakteristik každého vodního toku je čára jeho postupných profilových průtoků (čára PPP), konstruována jako grafický záznam vztahu průtoků absolutních nebo specifických a příslušných délek toku či velikosti povodí. Grafická derivace tohoto vztahu pak udává intenzitu příronu nebo ztráty. Přitom se předpokládá, že průtok v určitém profilu je výsledkem úhrnného působení všech činitelů, uplatňujících se v hydrologickém režimu hydrogeologické struktury nebo její části. Čára PPP nám pak dává představu o tom, jak se v důsledku těchto činitelů mění průtok směrem po toku. V ideálním případě, kdy je prostorové rozložení ovlivňujících činitelů rovnoměrné, se čára PPP jeví jako přímka a její vývojový trend by byl narušován pouze v místech zaústění jednotlivých přítoků. Ve skutečnosti však je vývoj průtoků v podélném profilu toku ovlivňován celou řadou faktorů, což má za následek nepravidelný průběh tvaru čáry PPP.

V HGR 6640 byla hydrometrická měření realizována na potocích Špraněk (č. povodí 4-10-02-112), Hradečka (č. povodí 4-10-03-009) a Rachavka (č. povodí 4-10-03-009) v povodí řeky Moravy, jednotlivé profily jsou znázorněny na Obr. 4-7. Výsledky měření prokázaly, že po překročení hranice krasových vápenců infiltruje povrchová voda z vodních toků do krasových kolektorů.



Obr. 4-7. PPP profily v HGR 6640

4.3. HYDROGEOLOGIE

VYMEZENÍ KOLEKTORŮ A IZOLÁTORŮ

Z hydrogeologického hlediska lze v území vymezit tři základní typy hydrogeologického prostředí (Krásný 1996), a sice průlinové kolektory kvartérních fluvialních sedimentů v údolí řeky Moravy, krasově-puklinové prostředí devonských vápenců a prostředí s dominantní puklinovou propustností hydrogeologického masívu v připovrchovém kolektoru zóny kulmských břidlic a drob a dále fylitů, popř. dalších hornin.

Krasové systémy spolu s bloky tektonicky málo postižených a nezkasovělých hornin zde vytváří hydrogeologicky velmi proměnlivé prostředí se zastoupením různých typů porozity od puklinové po krasově-puklinovou až puklinově-krasovou. Tomu odpovídá také mimořádná variabilita propustnosti a transmisivity.

Krasové jevy

Krasové jevy jsou vázány zejména na vilémovické vápence (Crha 1989). Vrtů zastihly krasové dutiny, většinou vyplněné zvětralinami na 5,5% své délky (72 m z 1350 m; Crha 1974). Na vrtu HJ4 v prostoru Rachav bylo prokázáno zkrasování v hloubkách téměř 150 m a rozpukané úseky až k bázi vrtu do hloubky 280 m pod terénem (Starobová 1978). Podobně na vrtech v oblasti jímacího území Čerlinka bylo zachyceno zkrasování ve značných hloubkách (Starobová 1983).

V oblasti se vyskytují závrtů, např. v prostoru vrchu Třesína, vápencové kry Rachav, v prostoru Průchodnic u Ludmírova, v mělkém údolí mezi Rudkou a Vychonovou horou (Loučková-Michovská 1964). Nachází se zde poloslepé údolí u Kovářova (Moravec 1986). Na tocích je známa řada ponorů: na toku pod Ponikví, na toku Špraňku a Javoříčce v širším okolí soutoku, na bezejmenném toku z Březiny, na toku pod Kovářovem, na Rachavě a Hradečce mezi Pateřínem a Mladčí; detailně je popisuje Starobová (1978), Loučková-Michovská (1964) a Pučálka a kol. (2001). Vody se obvykle postupně ztrácí do sedimentů ve dnech údolí nebo do otevřených hltačů. Za vysokých vodních stavů dochází k náhlým propadům a vzniku otevřených hltačů, které se po určité době znovu ucpávají (Panoš 1962, Starobová 1978).

V oblasti se nachází 45 jeskyní o celkové délce 5,8 km (Hromas a Bílková 1998). Charakter jeskynních systémů je velmi obdobný Moravskému krasu. Na řadě míst jsou známy fosilní jeskyně s subhorizontálními úrovněmi chodeb tvořené alochtonními toky (Javoříčské jeskyně, jeskyně ve štole pod Třesínem, Loučková-Michovská 1963, Panoš 1979). Současným ekvivalentem jsou prostory navazující na poloslepé údolí potoka pod Kovářovem protékané ponorným tokem (Moravec 1986).

Ve vertikálním řezu spadají jeskyně pod typ 3 (Ford a Ewers 1978), tj. jeskyně s kombinací freatických kolen a hladinových úseků (např. střední patro Javoříčských jeskyní). Při delším vývoji dochází díky gradačním jevům k vyrovnávání průběhu jeskyně a jeskyně tak přechází do typu 4 (ideální hladinové jeskyně; svrchní patro Javoříčských jeskyní; Bruthans a Zeman, 2003a). Mladečské jeskyně jsou rozsáhlým labyrintem chodeb vyvinutým v rozmezí 236 a 253 m n.m.

REŽIM A PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

V infiltračním území se vyskytuje převážně volná hladina podzemní vody. Barvicí a stopovací zkoušky (Panoš 1959, Novák 1961 in Starobová 1978) prokázaly nesouhlas orografických a hydrogeologických rozvodnic. Povrchové vody Javoříčky a Špraňku se ztrácejí v četných ponorech

přímo v korytech toků. K drenáži podzemní vody hydrogeologického rajonu dochází jednak krasovými prameny – vyvěračkami, jako příklad lze uvést Řimické vyvěračky, které jsou zařazeny do pozorovací sítě ČHMÚ, hlavně však dochází k dotaci vody do fluválních sedimentů HGR 1621 Pliopleistocén Hornomoravského úvalu – severní část. V severovýchodním směru, kde je pruhu vápenců překryt pliocenními sedimenty, vznikají podmínky pro oběh podzemní vody s negativní, ale i s pozitivní piezometrickou úrovní. V místech, kde pliocenní sedimenty představují izolátor mezi kolektory devonu a kvartéru a nepřekrývají členitý povrch devonu beze zbytku, může docházet při vyšším tlaku krasové podzemní vody k jejímu skrytému odvodnění do kvartérních sedimentů. V důsledku změny tlakových poměrů vlivem vodárenské exploatace se mohou místa dotace kvartéru krasovou zvodní měnit v místa infiltrace.

K doplňování podzemní vody dochází především:

- drenáží na tektonickém styku vápenců s horninami spodního karbonu, příp. tam, kde vápence leží v malé hloubce pod terénem,
- ztrátami povrchové vody v tocích, které dodávají krasu vodu odtékající z přilehlého nekrasového povodí,
- vsakem atmosférických srážek, spadlých přímo na vápence.

Výsledky stopovacích zkoušek

V. Panoš v oblasti vykonal v roce 1959 dvě rozsáhlé stopovací zkoušky, které odhalily velmi zajímavý charakter proudění vody v Javoříčsko-Mladečském krasu. Při první zkoušce byl fluorescein injektován v množství 3 kg pod soutok Rachavky a Hrádečky pod Měrotínem (Panoš 1962), zřejmě za běžných vodních stavů. Stopovač se objevil v následujících objektech:

- a) v hlavním prameni Řimických vyvěraček (1,4 km, první objevení po 52 hod, maximum po 100 hod a vyznění po 220 hod; max. rychlost proudění 0,6 km/den),
- b) ve vedlejším prameni č. 2 Řimických vyvěraček (1,4 km první objevení po 144 hod a vyznění po 172 hod; max. rychlost proudění 0,3 km/den),
- c) v jezírkách Mladečských jeskyní (1,6 km; objevení po cca 140–160 hod; max. rychlost proudění 0,3 km/den).

Stopovač nebyl zjištěn ve vedlejším prameni č. 2 Řimických vyvěraček, ani ve studni před Mladečskými jeskyněmi ani v dalších studních v Mladči. Bylo tak doloženo, že Řimické vyvěračky jsou dotovány vodou z ponoru Rachavy a Hradečka a že zde dochází k rozdělení proudění a jeho část směřuje k Mladečským jeskyním. Objem zatopených kanálů mezi ponory a Řimickými vyvěračkami zřejmě přesahuje 5 000 m³.

Druhá stopovací zkouška byly provedeny s 6 kg fluoresceinu za vysokého vodního stavu na soutoku Špraňku a Javoříčky (Panoš 1962). Stopovač dorazil do mnoha míst a to i daleko mimo známé výskyty vápenců:

- a) ústí potoka Břenušky do Třebůvky v Jeřmani (3,5 km; 30–290 hod; max. rychlost proudění 2,9 km/den),
- b) ústí Blážovského potoka do Třebůvky v Kozově (2 km; 27–53 hod, nízká koncentrace; max. rychlost proudění 1,8 km/den),

- c) ústí Věžnice do Třebůvky na JZ od Kozova (4,5 km; 27–53 hod, nízká koncentrace; max. rychlost proudění 4 km/den),
- d) Rachava nad soutokem s Hrádečkou (6,5 km, 190–270 hod; vysoká koncentrace; max. rychlost proudění 0,8 km/den),
- e) Jezírka v Mladečských jeskyních (8 km, 30–70 hod, nízká koncentrace; max. rychlost proudění 6,5 km/den),
- f) Hlavní pramen Řimických vyvěraček (8 km, 235–400 hod; vysoká koncentrace; max. rychlost proudění 0,8 km/den), ve vedlejším prameni č. 1 Řimických vyvěraček nebyla přítomnost fluoresceinu zaznamenána,
- g) Vedlejší pramen č. 2 Řimických vyvěraček (8 km, 235–400 hod; vysoká koncentrace; max. rychlost proudění 0,8 km/den),
- h) Potok Hrabůvka v Měníku (6,5 km, 30–300 hod; vysoká koncentrace; max. rychlost proudění 5,3 km/den),
- i) JÚ Čerlinka u Litovle (12 km, cca 280 hod, vysoká koncentrace).

Pozoruhodné je zejména objevení fluoresceinu v potocích, jejichž povodí budují horniny spodního karbonu bez výchozů vápenců (Věžnice, Blážovský potok, Břenuška). Jak je zřejmé z údajů uvedených výše, musela být rychlost proudění v podzemí velmi vysoká (podle prvního objevení 1,8–4,1 km/den při uvažování nejkratší možné vzdálenosti).

Fluorescein se rychle objevil i v Hrabůvce v Měníku a v nízké koncentraci i v Mladečských jeskyních. Teprve po 7 dnech se objevil v silné koncentraci v Rachavě nad Hradečkou a v některých pramenech Řimických vyvěraček. Místními obyvateli byl pak pozorován v pramenech nacházejících se v současném jímacím území Čerlinka. Stopovací pokus byl později opakován Novákem (1961) s obdobnými výsledky.

Stopovací zkoušky opakovaně doložily, že vody z ponorů Špraňku a Javoříčky proudí do oblasti Mladče, kde vyvěrá v několika pramenech. Existuje několik nezávislých cest proudění (Panoš 1962). Opakovaně bylo doloženo, že krasový kanál kříží řeku Moravu a vody vyvěrají na druhém břehu Moravy v JÚ Čerlinka. Je zjevné, že za vysokých vodních stavů dochází k rozdělování proudění do mnoha směrů a vody z karbonátů vyvěrají v povodích budovaných nekarbonátovými horninami (v jejich podloží jsou nicméně předpokládány vápence). Podle Panoše (1961a) proudí vody horninami spodního karbonu po příčných zlomech. Ze stopovacích zkoušek provedených Panošem vyplynulo, že voda ve vápencích proudí paralelně se směrem vrstevních ploch (Panoš 1990).

V roce 2006 byla za vysokého vodního stavu provedena stopovací zkouška z ponorů Kovářovského potoka, která potvrdila proudění vody do vývěru při dně údolí Rachavy. Stopovač dorazil do vývěru za 15 hodin a jeho koncentrace vrcholila 19 hodin po injektáži. Rychlosti proudění dosahovala 1,2 km/den, objem krasového kanálu přesahuje 700 m³. Průtok na ponoru v době konání zkoušky byl 12 l/s, na vývěru ve stejné době 11 l/s. Průtoky při stopovací zkoušce pomalu klesaly (Bruthans a Vojtěchovská 2009).

Rychlost proudění v krasových kanálech dosahuje v oblasti desetiny až jednotky km/den, doba zdržení vody v krasových kanálech dosahuje desítek hodin až prvních desítek dní.

HLAVNÍ ZÓNY ODVODNĚNÍ KRASOVÉ STRUKTURY

Řimické vyvěračky

Skupina 6 pramenů označovaných jako „Řimické vyvěračky“ nebo „prameny Podskalského potoka“ se nachází 1,5 km západoseverozápadně od Mladče na úpatí vápencového vrchu Třesín na okraji nivy řeky Moravy. Detailněji je popisuje např. Panoš (1962). Problémem je označení pramenů, protože různí autoři je různě číslují, aniž by uváděli situační náčrtky, nebo nezaměnitelný popis. V současnosti jsou lokalizovatelné 4 prameny, které vyvěrají pod skalnatým svahem Třesína v pásmu asi 400 m. Dva prameny situované dále k západu se již lokalizovat nepodařilo.

Vydatnost pramenů, fyzikální parametry a chemické složení z let 1975–1977 uvádí Starobová (1978). Jedná se o 3 nejvýchodnější prameny: pramen č. 24 (dok. bod 188; Starobová 1978) je opatřen trubkovým přepadem. Pracovníci ČHMÚ od roku 1975 měří vydatnost a teplotu tohoto pramene (označení ČHMÚ PB0199). Dále byl sledován pramen č. 23 (dok. bod 187; Starobová 1978). Jedná se zřejmě o pramen cca 30 m na východ od č. 24. Posledním je pramen č. 25 (dok. bod 189; Starobová 1978). Jedná se o nejvýchodnější pramen z tůň o rozměrech 3 x 3 m.

Vydatnost pramene č. 24 kolísala v letech 1979–1999 mezi 0,01 a 2,7 l/s při průměrné hodnotě 1,3 l/s. Podle pozorování Bruthanse (2006) v letech 2000 až 2004 se vydatnost všech 4 pramenů pohybovala okolo 10 l/s (pramen č. 25 1,2–1,7 l/s teplotou 10,4–10,6 °C). Výrazně vyšší vydatnost měly prameny po velké povodni 7.4.2006, kdy z prameniště celkem odtékalo zhruba 25–40 l/s silně zakalené vody (průhlednost vody do 10–20 cm). Z místní situace je zjevné, že prameny tvoří pouze část vyvěrající vody. Část vody proniká přímo do dobře propustných náplavů Moravy, kde jsou odvodněny Podskalským potokem, který má hladinu níže než blízké rameno Moravy. Potok je sveden shýbkou pod Moravou. Na Podskalském potoce byla provedena opakovaná termometrie, která ukázala, že vodnost toku vzrůstá mezi mostkem cesty vedoucí od Měníku a shýbkou pod ramenem Moravy, tedy v úseku pramenů Řimických vyvěraček o cca 20–30 l/s (Bruthans 2006). Konduktivita toku je velmi blízká hodnotě Řimických vyvěraček, lze tak vyloučit, že by se na navýšení vodnosti potoka podílela výrazněji voda Moravy. Navíc jsou prameny v hydraulickém kontaktu s vodami jímanými v území Čerlinka. Starobová (1978) uvádí, že pramen č. 23 reagoval na zvýšení čerpání úplnou ztrátou přetoku dne 8.10.1975 (srov. Pučálka a kol. 2001).

Starobová (1978) provedla monitoring chemického složení těchto pramenů (č. 23, 24, 25) v letech 1975–1977, který ukázal, že chemické složení vody pramenů je stejné a do pramenů tedy proudí voda ze stejného zdroje. Prameny vykazují v některých obdobích vysoký obsah koliformních bakterií.

Jímací území Čerlinka

V nivě Moravy v širším okolí JÚ Čerlinka vystupují vilémovické vápence obklopené spodnokarbonskými horninami v tektonicky omezené kře. Vápence jsou strmě ukloněny pod úhlem 70–90°. Podloží vápenců nebylo zastiženo vrty ani v hloubkách 300 m pod úrovní nivy Moravy (Starobová 1978). Povrch vápenců je místy pokryt 14–50 m mocným sledem jemnozrnných pliocenních sedimentů (Starobová 1979). Směrem k SV se vápence postupně noří pod horniny spodního karbonu (Starobová 1983). Nerovný povrch vápenců a nadložních hornin je zde překryt souvrstvím jílu, písku a štěrků, pravděpodobně pliocenního stáří o mocnosti až 50 m (Starobová 1978). Toto souvrství působí jako izolátor. Kvartérní štěrky Moravy mají stálou mocnost okolo 9 m. Na třech místech vystupují vápence do hloubek 3–5 m pod povrch nivy Moravy (Panoš 1990). Jedná se o prostor JÚ Čerlinka, dále okolí pramene vyživujícího potok Stružka a prostor nacházející se pod mimoúrovňovou křižovatkou dálnice a silnice II. třídy v Mladči.

Transmisivita vápenců v oblasti JÚ Čerlinka vypočtená z čerpacích zkoušek dosahuje $4 \cdot 10^{-4}$ až $6 \cdot 10^0$ m²/s (Starobová 1978). Podle karotáže mají nejvyšší porozitu zóny v hloubce 60-80 a 140–160 m pod terénem. Hluboký oběh podzemních vod je zde zřejmě podmíněn strmým úklonem vrstev vápenců. Je známo, že vrstevní plochy tvoří porozitu propojenou na velké vzdálenosti a podél, které se často tvoří krasové kanály (model Forda a Ewerse 1978). K proudění podzemní vody do velkých hloubek proto často dochází v oblastech se strmým úklonem vrstev vápenců.

V prostoru JÚ Čerlinka se původně nacházel pramen nazývaný „Zázračná studánka“. Mělké vrty do kvartérní zvodně o hloubce okolo 6 m byly v oblasti Čerlinky situovány v roce 1955. V roce 1969 bylo zahájeno čerpání 35 l/s, což pokrývalo potřebu Litovle. Od roku 1976 je na prameniště napojen vodovod do Olomouce a jímané množství podzemní vody vzrostlo na 120 l/s (Starobová 1978). Na 120 l/s se čerpané množství podzemní vody udržovalo do roku 1981. Dále byly odběry následující: 1982 - 221 l/s ; 1983 - 230 l/s; 1984 – 238 l/s; 1985 – 252 l/s ; 1986 - 254 l/s; 1987 - 250 l/s a 1988 - 254 l/s (Michna 1989). Počátkem devadesátých let se odběry z JÚ pohybovaly mezi 143-247 l/s (Pospíšil 1995). Krásný (1996) uvádí v roce 1996 odběry podzemních vod mezi 180-200 l/s. V roce 1997 po katastrofických povodních bylo čerpání podzemní vody přechodně zvýšeno na 300 l/s aby nahradilo povodněmi poškozený zdroj Černovír (ústní sdělení provozovatele JÚ). V druhé polovině roku 2003 došlo k výraznému snížení čerpání podzemní vody jen na 60 l/s ze sběrné studny a vrtů 5 a 6. Za tohoto stavu vrt HV1005 přetékal. S výjimkou suchých let mají přetok vrty HV1003, 1004, 1005 (ústní sdělení provozovatele JÚ).

4.4. HYDROCHEMIE

V rozsahu kvartérního kolektoru v nivě Moravy se místy vyskytují podzemní vody s vysokým obsahem železa (až okolo 40 mg/l), s vyšším obsahem manganu v jednotkách mg/l přesahujících limit vyhlášky č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, bez rozpuštěného kyslíku a téměř bez dusičnanů. V některých vrtech téměř chybějí i sírany (HJ1, HJ6; Pospíšil 1992). Tyto podzemní vody se vyskytují i v některých vrtech ve spodnokarbonských horninách, které se nacházejí v podloží kvartérního kolektoru (např. HJ1, HJ2, HJ4, MS4; Pospíšil 1992, Starobová 1983). Chemické složení indikuje anaerobní prostředí s postupným spotřebováváním elektronových akceptorů (např. dusičnanů a síranů). Majzlík (1985), při provádění čerpacích zkoušek na dvou vrtech situovaných do kvartérní zvodně u Mladče ve vzdálenosti pouhých 50 a 100 m od Moravy zjistil, že podzemní voda z vrtů má chemické složení velmi obdobné složení jako řeka Morava (celková mineralizace, Cl⁻, SO₄⁻, Na, Mg, Ca). Podzemní voda z vrtů však vykazovala výrazně nižší množství organických látek (CHSK_{Mn} 2–10 mg/l oproti 43 mg/l u říční vody), nebyly v ní přítomné dusičnany a vykazovala vysoké obsahy železa (6–13 mg/l) a manganu (1–2 mg/l) oproti stopovým množstvím těchto složek v říční vodě Moravy. Jev je zřejmě způsoben oxidací organické hmoty obsažené v říční vodě Moravy a dalších vodních tocích v oblasti, která infiltruje do kvartérního kolektoru za opakovaných povodní v oblasti (lužní lesy Litovelské Pomoraví). Navýšení zastoupení těchto vod v čerpané podzemní vodě by vedlo k snížení obsahu rozpuštěného kyslíku a snížení obsahu dusičnanů ve vodě z JÚ Čerlinka.

Nejrozšířenějším chemickým typem podzemní vody v HGR 6640 je Ca-HCO₃. Dalším typem vod v kvartérní zvodni jsou podzemní vody s vysokou mineralizací, vysokým obsahem síranů (okolo 400 mg/l), chloridů (40–50 mg/l) i dusičnanů (okolo 40 mg/l), vápníku (230–280 mg/l), hořčíku (15–22 mg/l), sodíku (16–20 mg/l) zachycené ve vrtu HV101/1 a povrchovém toku u Čerlinky. Michna (1989) uvádí jako možný zdroj těchto podzemních vod neogenní sedimenty. Výše uvedené podzemní vody

nemají původ v kolektorech vázaných na devonské vápence HGR 6640 a v mapě plošného rozšíření chemických typů podzemních vod na Obr. 4-8 nejsou uvedeny.

Řeka Morava vykazuje výrazně nižší mineralizaci povrchové vody i obsah většiny rozpuštěných látek, než podzemní vody z JÚ Čerlinka. Výjimkou jsou hodnoty rozpuštěného kyslíku a obsah dusičnanů, které jsou naopak nižší v jímané podzemní vodě. - Zvýšené zastoupení infiltrované vody Moravy by vedlo k snížení obsahu celkové mineralizace podzemní vody a to zejména snížením obsahu vápníku a hydrogenuhličitanů.

Ponorné toky v oblasti Javoříčko-Mladečského krasu vykazují vysoké obsahy chloridů, dusičnanů a síranů, než jsou hodnoty přirozeného pozadí, což dokumentuje vesměs intenzivní zemědělské hospodaření v povodí těchto toků. Obdobné složení vod s vyšším obsahem dusičnanů lze očekávat i v podzemní vodě v Javoříčko-Mladečském krasu (např. Kněžek 1961; Crha 1974).

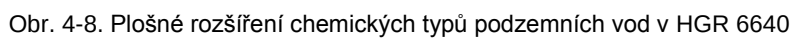
MAPY HYDROCHEMICKÝCH TYPŮ

Pro regionální hodnocení bilancovaných hydrogeologických rajonů, případně oblastí byly jako vstupní informace využity existující výsledky chemických analýz podzemní vody převážně z jednorázových odběrů podzemní vody z archivu ČGS do roku 2013. Mapy se konstruovaly na základě hydrochemického typu, který vyjadřuje kationty a anionty přesahující 35 mval%. Hranice 35 mval% se ukázala pro zobrazení jako nejvhodnější, neboť obsahuje jeden, nanejvýš dva kationty a anionty. Nižší hranice (např. 20 mval%) by pro zobrazení na mapě byla složitá a nepřehledná. Hranice 35 mval% nejlépe odpovídá Alekinovu typu, který se používal k hodnocení chemismu podzemních vod na starších mapách 1:200 000 vydávaných Ústředním ústavem geologickým v 80. letech 20. století.

V rámci projektu byl ke všem vrtům dostupným z databáze projektu a obsahujícím chemickou analýzu podzemní vody, přiřazen příslušný hydrogeologický kolektor (či izolátor). V rajonech základní vrstvy došlo k vyřazení vrtů s hloubkou menší než 10 m, chemických rozborů podzemní vody s analytickou chybou větší než 10 % a rozborů vod s chybějící analýzou některé z makrosložek (mimo draslík a dusičnany). Z hodnocení chemismu podzemní vody v bilancovaných rajonech byly vyřazeny všechny analýzy starší roku 1960.

V HGR 6640 se hodnotilo ve výsledku 43 relevantních chemických analýz podzemní vody.

Na základě tohoto zhodnocení je možné konstatovat, že v HGR 6640 převládá podzemní voda chemického typu Ca-HCO_3 , znázorněná na Obr. 4-8.



4.5. GEOCHEMICKÝ MODEL

PRŮMĚRNÁ DOBA ZDRŽENÍ PODZEMNÍ VODY V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ

Hydrogeologie tradičně využívá především hydraulické metody (čerpací zkoušky, analýzu poklesu vydatnosti pramenů či průtoku povrchových toků v čase, numerické modelování „proudění vody“ kalibrované na úrovně hladin ve vrtech a průtoky). Tyto metody umožňují dobře určit hydraulickou vodivost/transmisivitu prostředí a hydraulické reakce na různé vlivy (nadměrné čerpání apod.). S výjimkou litologicky homogenních, nebo detailně litologicky charakterizovaných kolektorů však tyto metody neumožňují hodnověrný odhad rychlosti proudění podzemní vody, protože neumožňují určit efektivní pórovitost kolektorů (např. preferenčních puklinových zón). Efektivní porozita spolu s intenzitou doplňování podzemní vody ze srážek rozhoduje o rychlostech proudění podzemní vody nebo doby zdržení vody pod zemským povrchem. Střední doba zdržení (Mean residence time, Yurtsever 1983) je čas, který voda setrvává ve zvodni. V případě tritia (^3H) a ^{18}O je časem $t=0$ okamžik, kdy voda proniká pod zemský povrch. V případě plyných stopovačů se jedná o okamžik, kdy voda dosáhne nasycené zóny (v nenasyčené zóně dochází obvykle ke komunikaci s atmosférickými freony anebo SF_6). Znalost střední doby zdržení je nezbytná pro předpověď budoucího vývoje plošné kontaminace podzemní vody (např. vývoj koncentrace dusičnanů v závislosti na čase; Katz a kol., 2004). Pro zjednodušení bude v dalším textu používán termín „moderní“ voda pro vodu infiltrovanou po roce 1950 a tedy s dobou zdržení v řádu několika desítek let (např. Tykva a Berg 2004). V silně heterogenním puklinovém prostředí, kde dobu zdržení podzemní vody nelze ani zhruba odhadnout z hydraulických vlastností kolektoru je nutné použít pro určení doby zdržení stopovačů, které se pohybují spolu s vodou podzemním prostředím (např. ^3H , ^{18}O , CFC, SF_6 , ^{14}C , atd.). V projektu byly tyto stopovače použity pro určení střední doby zdržení a výsledky byly srovnány se staršími údaji.

Tab. 4-5. Koncentrace freonů a SF_6 změřené v Spurenstofflabor $\pm$ směrodatná odchylka

vzorek	CFC 12 (pmol/l)	CFC 11 (pmol/l)	CFC 113 (pmol/ l)	SF_6 (fmol/l)
R39	$8,3 \pm 0,5$	$5,6 \pm 0,6$	$0,17 \pm 0,05$	$2 \pm 0,2$
R40	$5,1 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,3$	$0,07 \pm 0,05$	$0,6 \pm 0,1$
R41	18 ± 4	15 ± 3	$0,43 \pm 0,05$	$2,1 \pm 0,3$

Tab. 4-6. Rozsah středních dob zdržení (roky) za předpokladu exponenciálního modelu podle 4 různých stopovačů

vzorek	Freon 11	Freon 12	Freon 113	SF_6
R39	<21	kontaminace	95-140	16-24
R40	74-95	kontaminace	185-200	80-120
R41	kontaminace	kontaminace	25-31	13-24

V oblasti byla koncentrace freonů 11, 12, 113 a SF_6 stanovena na jímacích vrtech Čerlinka 4 (R39), Čerlinka 2 (R40) a pramenech Řimice (R41). Vrtý jímacího území Čerlinka tvoří výraznou většinu podzemního odtoku z rajonu a zásobují Uničov a část Olomouce pitnou vodou. Ukázalo se, že podzemní voda je tvořena ze dvou složek s různou dobou zdržení: první desítky let (R41) a okolo 80-100 let (R40), výsledky uvádějí tabulky 4-5 a 4-6.

V oblasti bylo odebráno 5 vzorků na radiouhlíkovou aktivitu. Cílem bylo určit počáteční aktivitu radiouhlíku a případnou přítomnost vody s měřitelným radiouhlíkovým stářím. Studované objekty mají radiouhlíkovou aktivitu 50-89 PMC (% moderního uhlíku; Tab. 4-7) a složení $\delta^{13}\text{C}$ je -9,7 až -11,8 ‰ PDB. Výjimkou je Ochozská kyselka v Konici, kde je radiouhlíková aktivita jen 4 PMC a $\delta^{13}\text{C}$ je -5,0 ‰ PDB. O vodním zdroji Čerlinka u Litovle se tradují informace o značné době zdržení podzemní vody. Stanovení koncentrace freonů nevykloučilo přítomnost starší vody na vrtu Čerlinka 2 (C2), který obsahuje ze všech vrtů jímacího území nejvyšší zastoupení staré vody. Na ostatních objektech (C1, C3, C4) podle freonů a tritia převládají moderní vody. Srovnání výsledků ukázalo, že C2 má vysokou radiouhlíkovou aktivitu (84 PMC) a tedy zanedbatelné radiouhlíkové stáří. Paradoxně nižší ^{14}C aktivitu vykazují objekty C3 a C4, což při skutečnosti, že jsou tvořeny moderní vodou, naznačuje, že jsou částečně dotovány hlubinným CO_2 buď z prostoru blízké Ochozské kyselky (C28 s radiouhlíkovou aktivitou pouze $4 \pm 0,3\%$) nebo z jiného dosud neznámého průniku hlubinného CO_2 k povrchu.

Tab. 4-7. Výsledky stanovení aktivity ^{14}C v podzemních vodách

Vzorek	označení	Laboratorní C.U.	^{13}C (‰)	^{14}C aktivita (PMC)	SD (PMC)	Pearson PA	další stopovače	stáří vody (roky)
C1	Věžnice	1703	-11,8	89%	2,2%	47%	-	moderní
C2	Čerlinka 2	1704	-10,0	84%	2,0%	40%	freon	moderní
C3	Čerlinka 4	1705	-11,1	60%	2,9%	44%	freon	moderní
C4	Řimice	1706	-9,7	50%	1,0%	39%	freon	moderní
C28	Ochozská kyselka Konice	1735	-5,0	4%	0,3%	20%	-	kontaminace CO_2

Podle archivních stopovacích zkoušek dosahuje rychlost proudění v krasových kanálech v oblasti desetiny až jednotky km/den, doba zdržení vody v krasových kanálech dosahuje desítek hodin až prvních desítek dní (Panoš 1961, 1962).

Na základě měření aktivity freonů a SF_6 je podzemní voda v rajonu 6640 tvořena ze dvou složek s různou dobou zdržení: první desítky let a okolo 80-100 let. Vyhlazený průběh hodnot $\delta^{18}\text{O}$ a $\delta^2\text{H}$ v pramenech v čase ukázal, že zastoupení vody s dobou zdržení pod 5 let na vodě pramenů je velmi nízké. Podobně i povrchové vodní toky mají vyrovnané hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ a $\delta^2\text{H}$ v čase a zastoupení vody z přímých srážek nepřesahuje v tocích 10 % (Buzek et al. 2015).

4.6. ODBĚRY PODZEMNÍCH VOD A VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Hodnoty čerpání podzemních vod mají zásadní význam pro hodnocení využitelných zásob, ale také pro hodnocení jejich prostorového vývoje a hodnocení výsledků PPP.

Skutečný odběr byl porovnáván s povoleným odběrem tak, aby se dal zohlednit tento údaj při následujících výpočtech a jeho variantách. Toto hodnocení umožní upřesnit bilanční výpočty a podíl přetékání mezi kolektory. Zvýšená pozornost byla věnována odběrům ze zdrojů pro hromadné zásobování ve vlastnictví obcí nebo jiných subjektů. Pokud byly nalezeny nové odběrné objekty, byly doplněny do databáze.

ODBĚRY PODZEMNÍCH VOD

Do míst hlavního odvodnění krasové hydrogeologické struktury bylo situováno významné jímací území (JÚ) Litovel – Čerlinka. Zde je jímána kvalitní podzemní voda, vyhovující hygienickým požadavkům na pitnou vodu. Od roku 1969 zde bylo odebíráno v průměru 35 l/s podzemní vody, po výstavbě přivaděče pro Olomouc v letech 1975–1981 cca 120 l/s. Po realizaci dalších průzkumných prací a jímacích objektů bylo v 80. letech odebíráno až kolem 250 l/s podzemní vody. V 90. letech pak došlo ke značnému poklesu vodárenského odběru. V roce 2010 činil odběr z jímacího území v průměru 101 l/s podzemní vody.

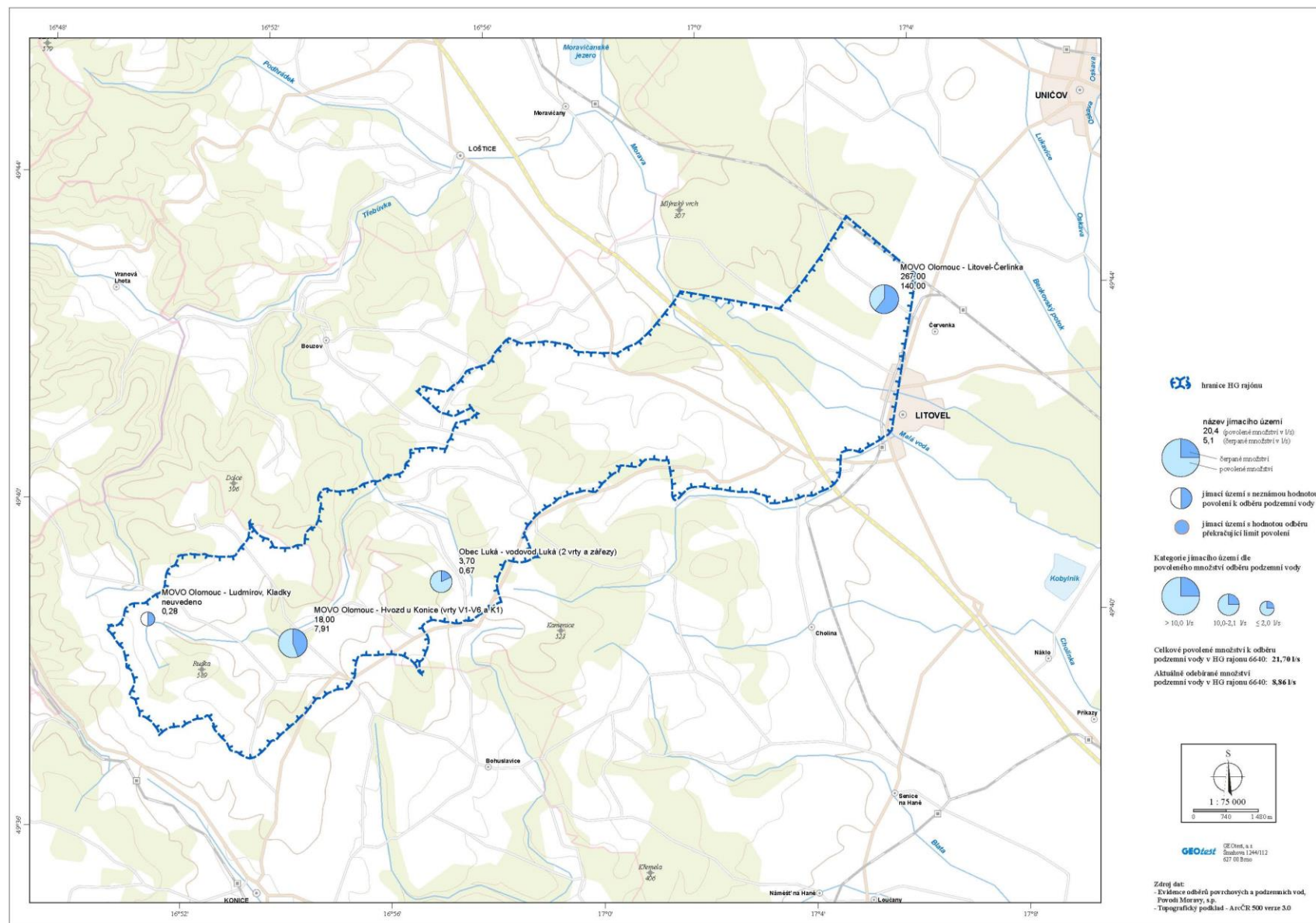
V infiltračním území existují pouze menší, lokální zdroje podzemních vod. Významnější je pouze jímací území Konice – Hvozd, při jihozápadním okraji hydrogeologické struktury. Zde jsou mezi Ludmírovem a Hvozdem situovány v údolní nivě Špraňku jímací studny, využívající zvodnění kvarterních štěrků a zčásti vápenců. Povolený odběr podzemní vody je zde v průměrné výši 18 l/s. V roce 2010 zde bylo odebíráno v průměru 7,5 l/s podzemní vody. Obě uvedené jímací území provozuje Moravská vodárenská a.s.

V průběhu projektu Rebilance zásob podzemních vod proběhla kontrola jímacích objektů za využití archivu firmy GEOTest, a.s. a informací o současném stavu jímání podzemní vody spolu s maximálními povolenými množstvími odebírané podzemní vody. Přehled jímacích území uvádí v Tab. 4-8 a Obr. 4-9.

Tab. 4-8. Přehled odběrů podzemních vod v HGR 6640

odběrné místo	odběr za rok 2012 m ³	odběr za rok 2012 l/s	povolení tis. m ³ /rok	povolení tis. m ³ /měsíc	povolení l/s
MOVO Olomouc - Hvozd u Konice (vrty V1-V6 a K1)	249 324	7,9	567,64	47,304	18
MOVO Olomouc - Ludmírov, Kladky	8 783	0,3	15,77	1,314	-
Obec Luká - vodovod Luká (2 vrty a zářezy)	21 181	0,7	25,5	3,6	3,7
MOVO Olomouc – JÚ Čerlinka (částečně i odběry z kvartérního kolektoru)	3 187 825	101	9288	774	289

Vypouštění odpadních vod není evidováno v HGR 6640 dle poskytnutých podkladů Povodí Moravy, s.p.



55

Obr. 4-9. Odběry podzemních vod v HGR 6640

5. KONCEPČNÍ HYDROGEOLOGICKÝ MODEL

5.1. ÚČEL KONCEPČNÍHO MODELU

Koncepční hydrogeologický model byl pro rajon zpracován s cílem formulovat základní představu o geometrii a vlastnostech kolektoru, jeho napájení a drenáži a interakci s vodním tokem. Model vychází z přiměřené generalizace geologických a hydrogeologických dat, kterou lze graficky vyjádřit. Koncepční model byl sestavován v interakci s výsledky hydrologických měření a zpracovateli hydrogeologických matematických modelů. Tvorba koncepčního modelu zahrnovala:

SESTAVENÍ MAP GEOMETRIE KOLEKTORŮ A IZOLÁTORŮ

Proběhlo sestavení map geometrie kolektorů a izolátorů, mocnosti zvodnění parametrů kolektorů včetně hydrochemických map podzemní vody. Digitální aktualizované mapy geometrie kolektorů a seznamy vrtů použitých na jejich konstrukci se nachází v datovém skladu ČGS a sloužily pro zpracování jednotlivých hydraulických modelů.

SESTAVENÍ MAP HYDRAULICKÝCH, FYZIKÁLNÍCH A DALŠÍCH PARAMETRŮ

S využitím dostupných údajů o charakteristikách horninového prostředí zájmového území z archivních vrtů byly vytvořeny mapy velikostí hodnot hydraulické vodivosti, porozity a rychlosti proudění podzemní vody. Tyto mapy byly využity jako podklad pro naplňování matematického modelu. Na základě dosavadních zkušeností pro konstrukci map využity jen vrty, které mají jednoznačné údaje o výstroji, jinými slovy jen takové, které prokazatelně nepropojují více kolektorů a reprezentují vlastnosti popisovaného kolektoru.

ODVOZENÍ SPECIFICKÉ VYDATNOSTI A NÁSLEDNĚ TRANSMISIVITY T_1

V databázi se pro většinu vrtů nachází 1 až 5 snížení pro dané čerpané množství, resp. 1 až 5 hloubek hladin podzemní vody pro dané čerpané množství a hloubka hladiny podzemní vody před počátkem čerpací zkoušky. Z těchto dat je možné odvodit 1 až 5 specifických vydatností.

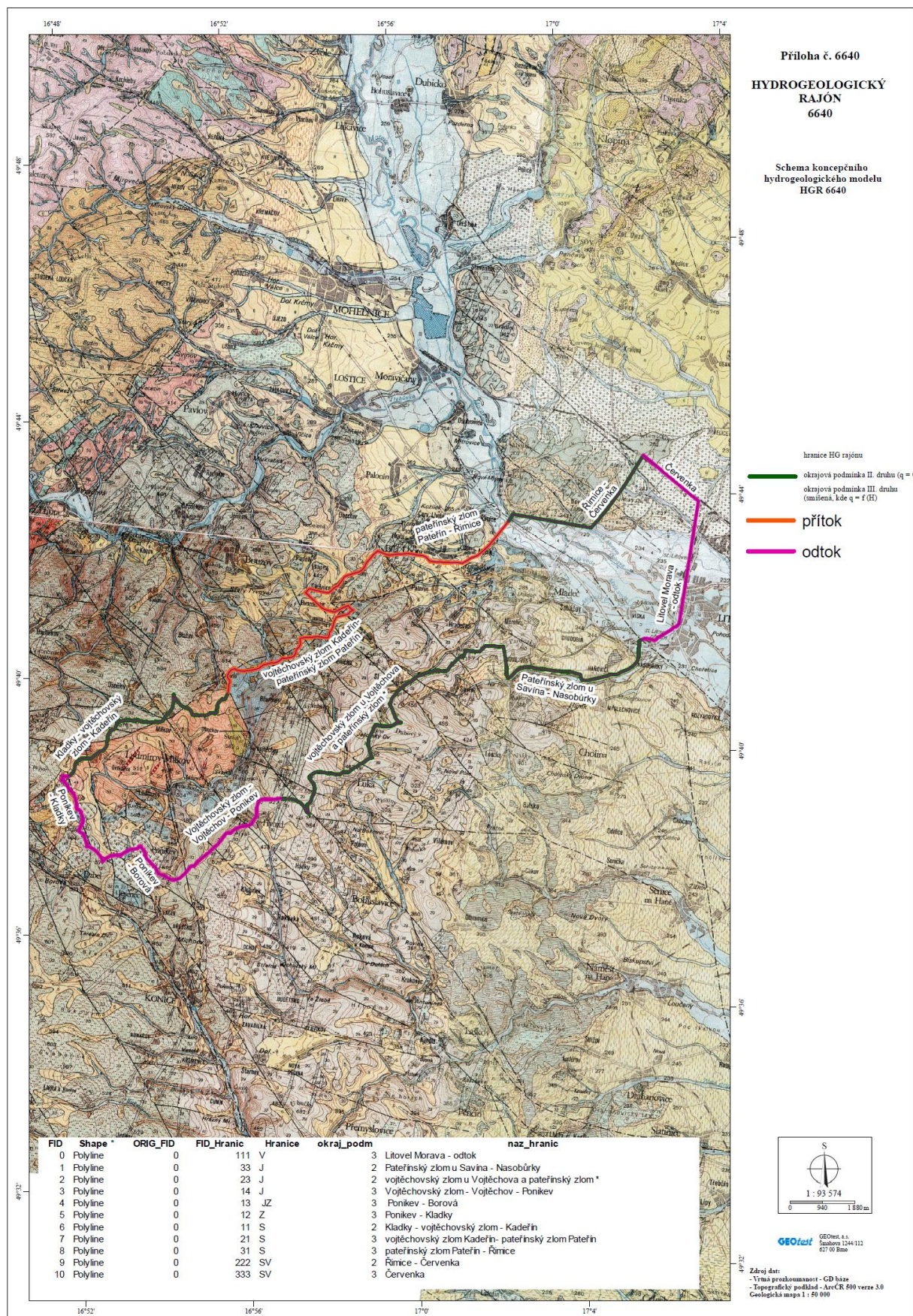
Pokud je specifických vydatností více než 1, maximální specifická vydatnost $q_{\max}$ charakterizuje daný vrt.

Pokud je však maximální specifická vydatnost zjištěna v „první depresi“ a zároveň je specifických vydatností více než 1 a zároveň je snížení v „první depresi“ menší než 1 m, tato specifická vydatnost z „první deprese“ nebyla uvažována jako charakteristická a byla nahrazena druhou nejvyšší hodnotou specifické vydatnosti pro daný vrt.

Pokud je hladina podzemní vody před čerpacím pokusem záporná (čili vrt je přetokový) a zároveň chybí údaj o hladině podzemní vody pro první depresi, prázdné pole bylo nahrazeno nulou (předpokládá se, že v případě přetokového vrtu hloubka hladiny podzemní vody v „první depresi“ je nula).

Transmisivita T_1 se pak vypočte:

$$T_1 [m^2 / d] = q_{\max} / 1000 * 86400$$



Obr. 5-1 Koncepční model HGR 6640

5.2. SYSTÉMOVÁ ANALÝZA OBĚHU PODZEMNÍ VODY

Hydrogeologická struktura HGR 6640 Mladečský kras sleduje vápencový jesenecko-mladečský pruh v délce cca 20 km, kterým jsou převáděny podzemní vody ze zóny infiltrace či influkce (výchozové partie) do zóny odvodnění v údolí Moravy. Nejvyšší hydraulické gradienty jsou zaznamenávány v částech modelu tvořených metamorfity a kulmskými horninami s řádově nižší hydraulickou vodivostí. Hydraulické gradienty ve vápencích jsou nízké, což je dáno vysokými hodnotami hydraulické vodivosti v horninách s krasově-puklinovou pórovitostí. Hladina podzemních vod je volná (výchozové partie) až napjatá (partie ponořené pod HGR 1621) s maximální úrovní 370 m n. m. v západní části modelu a minimální 200 m n. m. v oblasti odvodnění struktury ve východní části modelu.

I přes poměrně malý plošný rozsah hydrogeologického rajonu se jedná o významnou drenážní strukturu, jejíž hlavní vodárenský význam spočívá v dotaci plioleistocenního HGR 1621.

V místech, kde pliocenní sedimenty, představující izolátor mezi kolektory devonu a kvartéru, nepřekrývají členitý povrch devonu beze zbytku, dochází při vyšším tlaku krasové podzemní vody k jejímu skrytému odvodnění do kvartérních sedimentů. Tento jev podmiňoval i funkci původního zakrytého krasového pramene Čerlinka v současném jímacím území u Litovle. Jímací území Litovel – Čerlinka je tak situováno do míst hlavního odvodnění hydrogeologické struktury.

Koncepční model proudění podzemní vody pro realizaci hydrogeologického matematického modelu lze shrnout v následujících bodech:

- HGR 6640 Mladečský kras je ztotožněn s výskytem vzájemně oddělených ker devonských krystalických vápenců, které vyklíňují hluboko v údolí Moravy v HGR 1621. Orientační rozloha HGR 6640 Mladečský kras dosahuje cca 75 km².
- Srážková voda infiltruje ve výchozových partiích HGR 6640 (zejména vápencového jesenecko-mladečského pruhu). Od těchto míst pozvolné infiltrace či influkce dochází k regionálnímu proudění podzemní vody vápencovým pruhem ve směru převládajícího hydraulického gradientu k severovýchodu, do zóny regionální drenáže v údolí řeky Moravy západně od Litovle (tzv. Řimické vyvěračky, prameniště Čerlinka). Proudění usnadňují okolní málo propustné, většinou kulmské, omezující vápencový pruh podél obou jeho delších hranic. Spojitost proudění byla prokázána indikačními zkouškami.
- Ve vlastním rajonu je dokumentován nesouvislý mělký oběh podzemní vody a velmi pravděpodobně souvislý hluboký oběh podzemní vody v krasovém prostředí.
- Předmětem modelování byla bazální zvodeň (jedna modelová vrstva) vyvinutá zejména ve zkrasovělých devonských vápencích, případně okolních, tektonicky silně rozrušených horninách. Zvodně mělkého oběhu jsou v daném území prostorově, příp. i časově, nespojitě a beztak dotující bazální kolektor, a to buď přímo perkolací podzemních vod skrz horninové prostředí do hlubší zvodně, anebo nepřímo, krasovými ponory vodotečí odvodňujících některou z mělkých zvodní.
- I když zkrasovění sahá do značných hloubek a prozkoumanost hlubokého oběhu je omezená, byl jakýkoli jiný, než výše popsáný režim podzemních vod, zanedbán.
- Zdrojem podzemních vod v prostoru modelu je prakticky výhradně srážková infiltrace. Protože se model soustředil na bazální zvodeň hlubokého oběhu, říční toky byly simulovány v jen v omezené míře. Do modelu byla zavedena pouze drenážní funkce menšího vodního toku Loučka na jv. hranici modelu.

- Přetoky podzemních vod přes okrajové podmínky modelu ve výchozových partiích rajonu (vyjma vodního toku Loučka) byly zanedbány.
- K odtoku podzemních vod v zóně regionální drenáže v údolí Moravy dochází pramenními vývěry, jímáním podzemních vod a odtokem přes východní a severovýchodní hranici modelu.

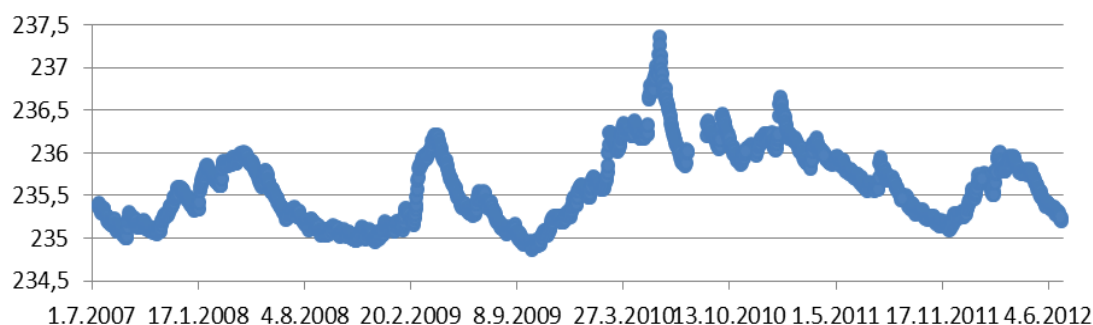
Z dlouhodobých údajů ČHMÚ (1981–2010) byly převzaty hodnoty průměrných ročních srážek, které činí 602,4 mm. HGR 6640 je rozdělen na tři oblasti, které se dále člení na úseky. Oblasti jsou očíslovány ve směru západ - východ. První oblast definujeme z hlediska litologie a podmínek pro oběh podzemní vody jako tu část, která se nepodílí na komunikaci s dalšími oblastmi HGR 6640, voda odtéká do HGR 6620 Kulm Dražanské vrchoviny, kde je vodárensky využívána. Voda infiltrovaná ve druhé oblasti protéká do třetí oblasti a dále pak odtéká směrem do údolní nivy Moravy, oblasti jsou ve výpočtu sloučeny. V první oblasti se předpokládá dotace srážkami okolo 106 l/s, podzemní odtok z první oblasti je vyčíslen na 106 l/s. Ve druhé a třetí oblasti se předpokládá dotace podzemní vody srážkami až okolo 273,4 l/s. Lze odhadovat, že přítoky podzemní vody z HGR 6620 Kulm Dražanské vrchoviny se pohybují okolo 64 l/s.

ANALÝZA ČASOVÝCH ŘAD KOLÍSÁNÍ HLADINY PODZEMNÍCH VOD

Analýza doplňování a vyprazdňování kolektoru vycházela z režimního vývoje, resp. kolísání hladiny podzemní vody na vrtech pozorovaných ČHMÚ. Z provedených srovnání vyplývá, že odtok podzemní vody je, obdobně jako celkový odtok z hydrogeologických rajonů, proměnný nejen v průběhu roku (roční, sezónní chod) a v měřítku let, ale kolísá i v měřítku desetiletí (1981 – 2010). Přitom se ukázalo, že zejména dlouhodobé změny podzemního odtoku i dlouhodobé přirozené změny výšky hladin podzemní vody lze z valné části vysvětlit odpovídajícím kolísáním klimatických veličin, zejména atmosférických srážek. Základní charakteristiky hydrogeologického vrtu použitého pro analýzu jsou uvedeny v Tab. 5-1, kolísání hladiny podzemní vody ve vrtu ukazuje graf na Obr. 5-2.

Tab. 5-1. Objekt ČHMÚ s časovou řadou pozorování hladiny podzemní vody

označení	lokalita	X	Y	nadmořská výška (m n. m.)	hloubka	GDO
7H-001b	Červenka	1107415	562019,4	237,71	16,25	693851



Obr. 5-2. Časová řada kolísání hladiny podzemních vod na pozorovaném vrtu 7H-001b Mladeč (Červenka) (m n.m.)

Případné odhady vývoje přírodních zdrojů podzemní vody v ročním kroku mohou být doloženy meziročními nárůsty či poklesy podzemního odtoku. Tyto trendy mohou přispívat ke zpřesnění vodohospodářské bilance v ročním kroku.

5.3. NÁVRH NA DOPLNĚNÍ POZOROVACÍ SÍTĚ PODZEMNÍCH VOD

Vzhledem k absenci dlouhodobého monitoringu podzemní vody v krasové struktuře je navrženo přiřadit ke sledování existující průzkumné vrt (Tab. 5-2). V infiltrační oblasti je to hydrogeologický vrt HJ-4 východně od Pateřína a v odvodňovací základně, v oblasti kvartérního HGR 1621, vrt HJ-7 (příp. HJ-1107) a HJ-1104. Na těchto vrtech bude v roce 2020 navržena signální hladina podzemní vody pro sledování vývoje dotace zdrojů podzemních vod.

Tab. 5-2. Hydrogeologické vrty v HGR 6640 navržené k monitorování

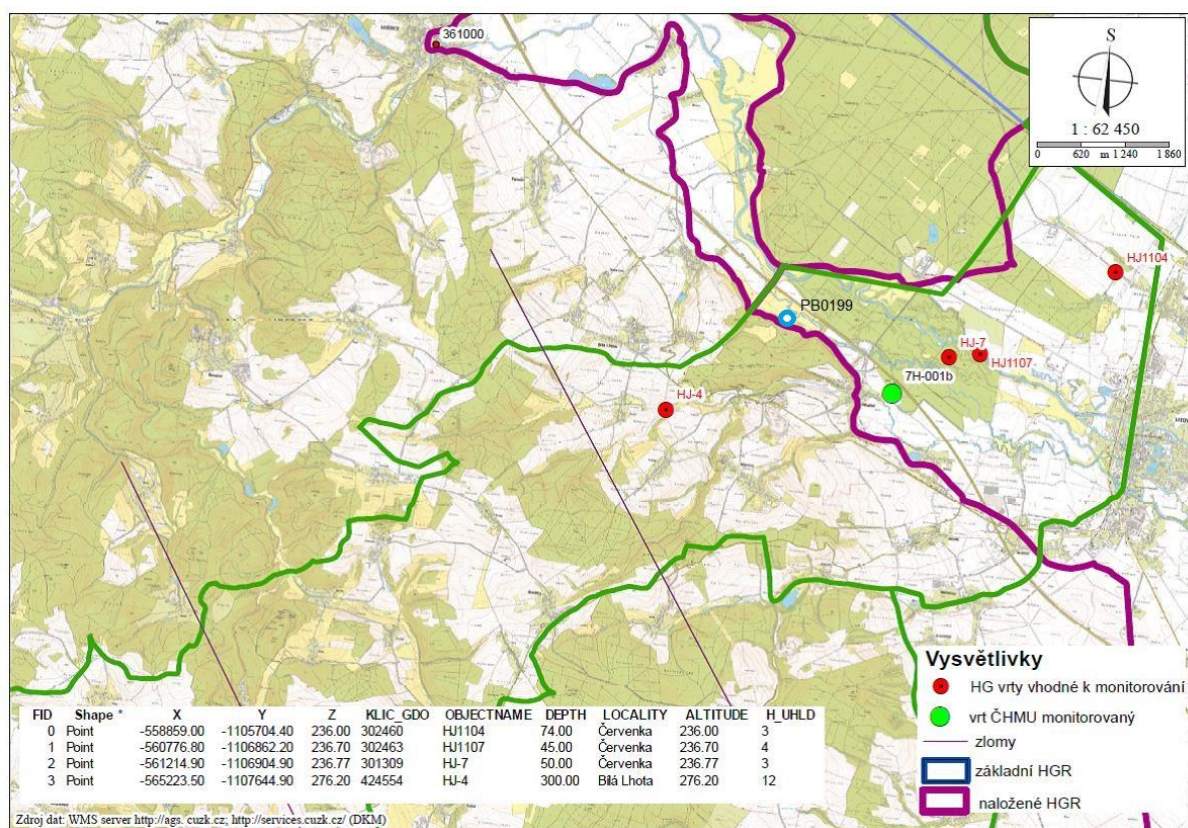
označení objektu	lokalita	X	Y	odměrný bod	hloubka	hladina*
				m n. m	m	m n. m.
HJ1104	Červenka	1105704,40	558859,00	236,92	74,00	4,95
HJ1107	Červenka	1106862,20	560776,80	237,40	45,00	4,73
HJ-7	Červenka	1106904,90	561214,90	236,77	50,00	3,0
HJ-4	Bílá Lhota	1107644,90	565223,50	276,20	300,00	12,0

* průměrná hladina podzemní vody

K dalšímu sledování je doporučen referenční vrt ČHMÚ 7H-001b, jehož základní charakteristiky včetně navržené signální hladiny uvádí Tab. 5-3. K trvalému pozorování byl rovněž navržen pramen zařazený do státní pozorovací sítě ČHMÚ pod číslem PB0199 – Řimické vyvěračky (Mladeč V2).

Tab. 5-3. Signální hladina v objektech navržených pro sledování podzemních vod v HGR 6640

označení objektu	lokalita	monitorovaný kolektor	hloubka	odměrný bod	signální hladina
			m	m n. m	m n. m.
7H-001b	Červenka	devon	16,25	237,71	235,00



Obr. 5-3 Situace vybraných hydrogeologických vrtů v HGR 6640 navržených k trvalému monitoringu

6. MODELOVÉ VÝPOČTY ZÁSOB PODZEMNÍCH VOD

6.1. HYDROLOGICKÝ MODEL

6.1.1. DOTACE PODZEMNÍCH VOD

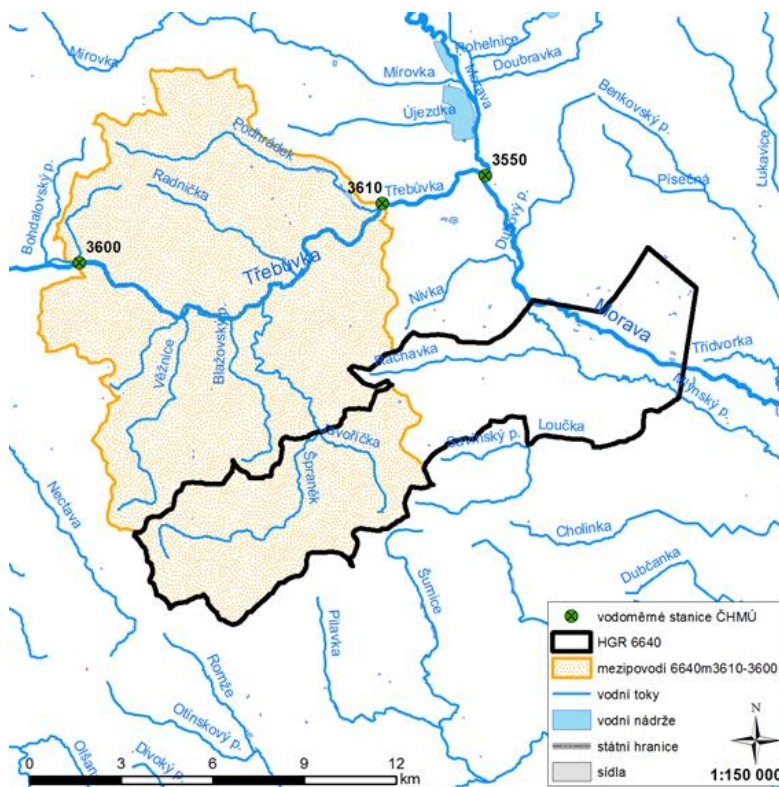
POPIS SADY POVODÍ A DOSTUPNÝCH DAT

Pro sestavení hydrologického modelu pro HGR 6640 byla použita průtoková data z mezipovodí Třebůvka z uzávěrového profilu 3610 Loštice s odečtením povodí s uzávěrovým profilem 3600 Hraničky. Vybrané mezipovodí zaujímá přibližně polovinu rozlohy posuzovaného rajonu. Průtoky v těchto profilech jsou dlouhodobě pozorovány stanicemi ČHMÚ. Poloha mezipovodí v rajonu je znázorněna na obrázku 6-1, základní charakteristiky uvádí tabulka 6-1.

Tab. 6-1. Přehled povodí v HGR 6640 – základní charakteristiky a dostupná data

ID		DBC	ANALOG	P (mm)	Qa (m ³ /s)	NV (m n. m.)	A (km ²)	IA (km ²)	KALIB
6640m 3610- 3600	mezipovodí Třebůvka (Loštice)	3610- 3600		634.01	0.629	440.42	146.94	35.48	1961-2010
HGR	HGR 6640	-	TRANS	602,42	-	391,94	74,61	74,61	NE

ID – identifikace povodí nebo části HGR



Obr. 6-1. Lokalizace zájmové oblasti s polohou relevantních vodoměrných stanic ČHMÚ.

INFORMACE O MÍŘE OPRAV PRŮTOKŮ O UŽÍVÁNÍ VOD

Průtokové řady použité pro kalibraci hydrologických modelů dílčích povodí i pro separaci základního odtoku byly opraveny o užívání vod z důvodu vyšší relativní míry ovlivnění. Míru ovlivnění vyjádřenou v procentech celkového odtoku obsahuje Tab. 6-2.

Tab. 6-2. Míra ovlivnění průtoků ve vodoměrných stanicích pro jednotlivá období.

		% (1981-2010)	% (2001-2010)	tis. m ³ /měsíc (1981-2010)	tis. m ³ /měsíc (2001-2010)	mm/rok (1981-2010)	mm/rok (2001-2010)
POD	HGR	NaN	NaN	12,04	10,16	1,94	1,63
POD	mezipovodí Třebůvka (Loštice)	2,12	2,03	13,48	12,66	1,10	1,03
POV	HGR	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
POV	mezipovodí Třebůvka (Loštice)	3,07	1,38	19,07	7,59	1,56	0,62
VYP	mezipovodí Třebůvka (Loštice)	2,50	2,15	15,64	12,27	1,28	1,00

Vysvětlivky: POD – podzemní odběr; POV - povrchový odběr; VYP - vypouštění; NaN – ovlivnění v % celkového odtoku není spočítáno z důvodu neúplné řady měřených průtoků.



Obr. 6-2. Souhrnné užívání vod v dílčích povodích. POV: povrchový odběr, POD: podzemní odběr, VYP: vypouštění

POSTUP A VÝSLEDKY STANOVENÍ PODZEMNÍHO ODTOKU A DOTACE PODZEMNÍCH VOD

V případě hydrogeologických rajonů s menším počtem pozorovaných dat, což je případ HGR 6640 bylo nutno volit tento postup:

- Pro všechna dílčí povodí a pro celý rajon byly vypočteny řady průměrných srážek a průměrných teplot v období 1981–2010.

- Pro povodí s měsíčním pozorováním byl kalibrován model BILAN, s využitím pozorovaného odtoku.
- Hydrologická bilance pro HGR 6640 byla modelována pomocí meteorologických dat pro rajon.

Výsledky pro rajon dle této metodiky jsou dále označovány HGR_TRANS.

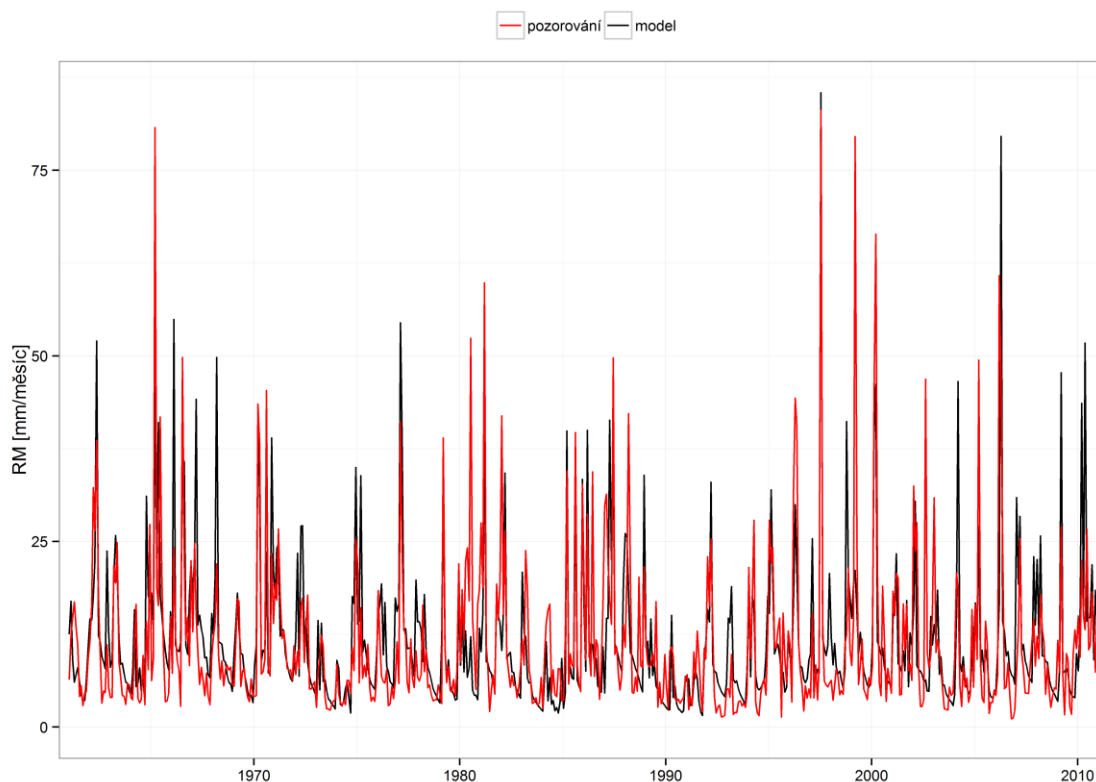
Pro rámcové posouzení dílčích i finálních výsledků uvádíme na Obr. 6-3 průběhy měsíčních řad pozorovaného a modelovaného odtoku, na Obr. 6-4 průběhy základního odtoku stanovené modelováním.

Hodnota koeficientu Nash-Sutcliffe pro vyjádření shody průtoku simulovaného modelem Bilan a měřeného průtoku je pro mezipovodí Třebůvka (Loštice) 0.31.

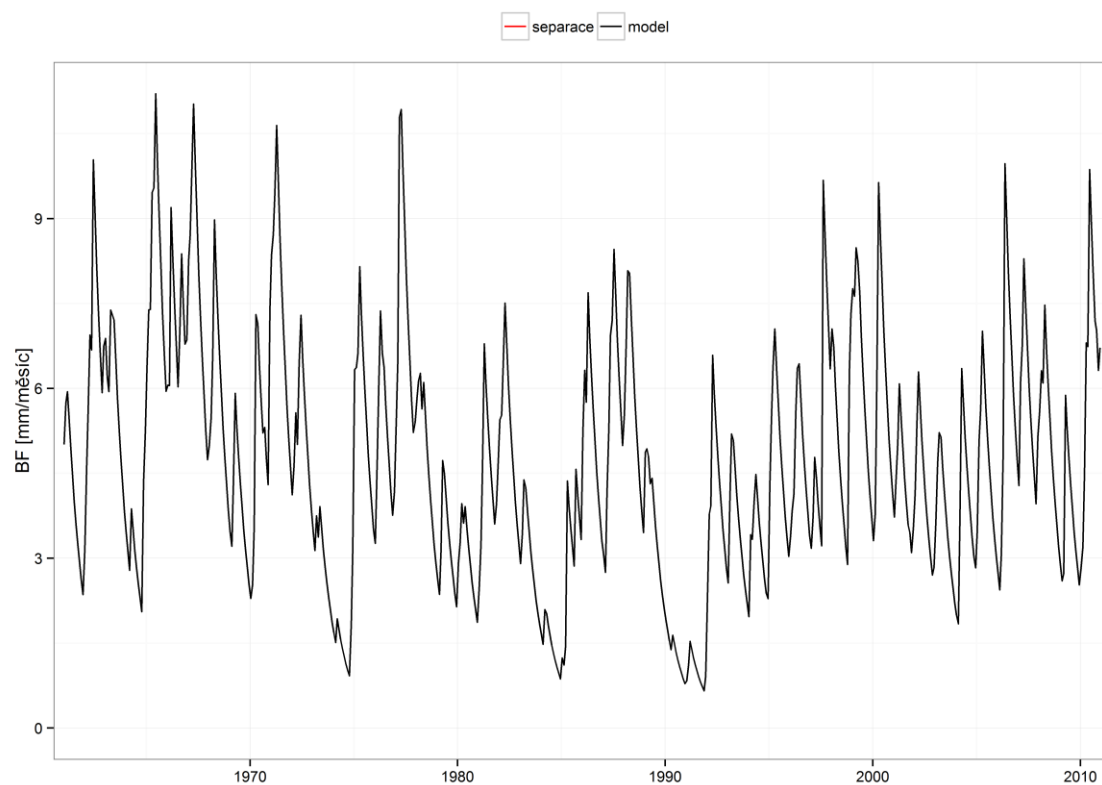
Na Obr. 6-5 jsou pro HGR 6640 jako celek vyneseny řady měsíčních dotací zásob podzemní vody.

Sezónní průběh základního odtoku ve formě pravděpodobnostních polí, vyjádřený pro zužující se rozmezí kvantilů od nejširšího 10-90% po nejužší 40-60%, stanovený pro období 1981-2010 a 2001-2010 je na Obr. 6-6. Stejně charakteristiky jsou na Obr. 6-7 pro dotace podzemní vody.

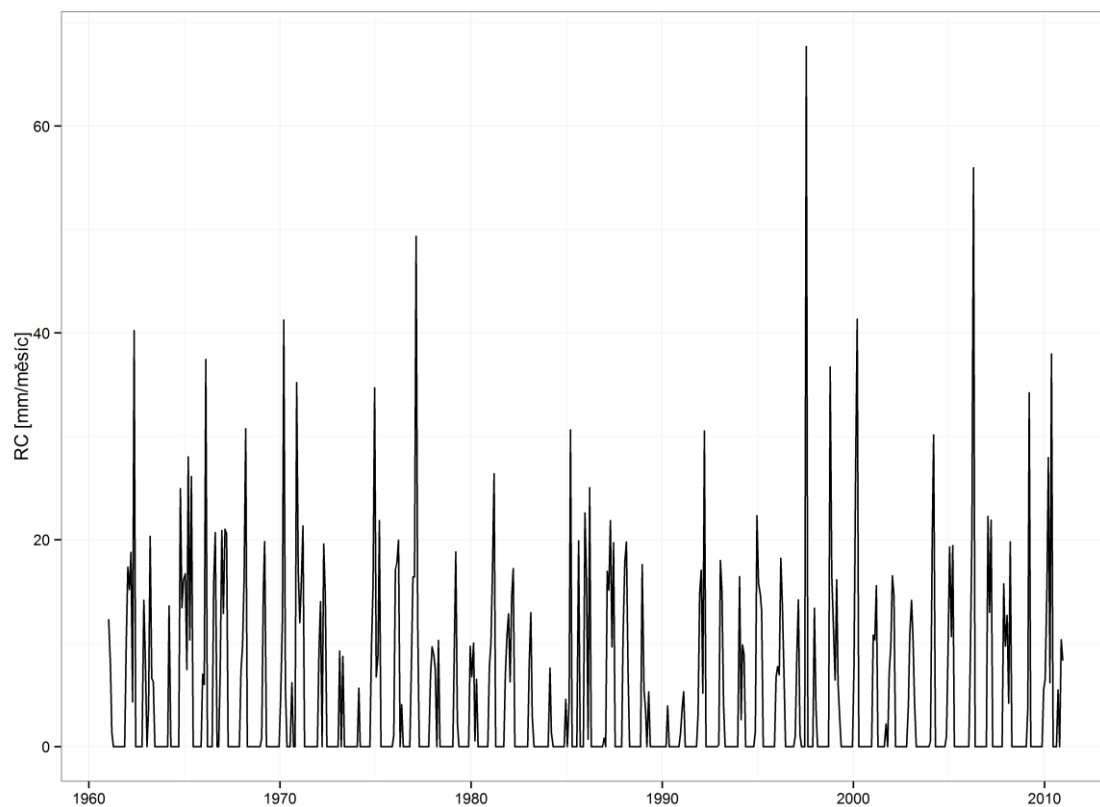
Na Obr. 6-8 pro základní odtok, na Obr. 6-9 pro dotace podzemní vody jsou čáry překročení zpracované z chronologických řad, tj. ze všech měsíců období 1981-2010 a 2001-2010.



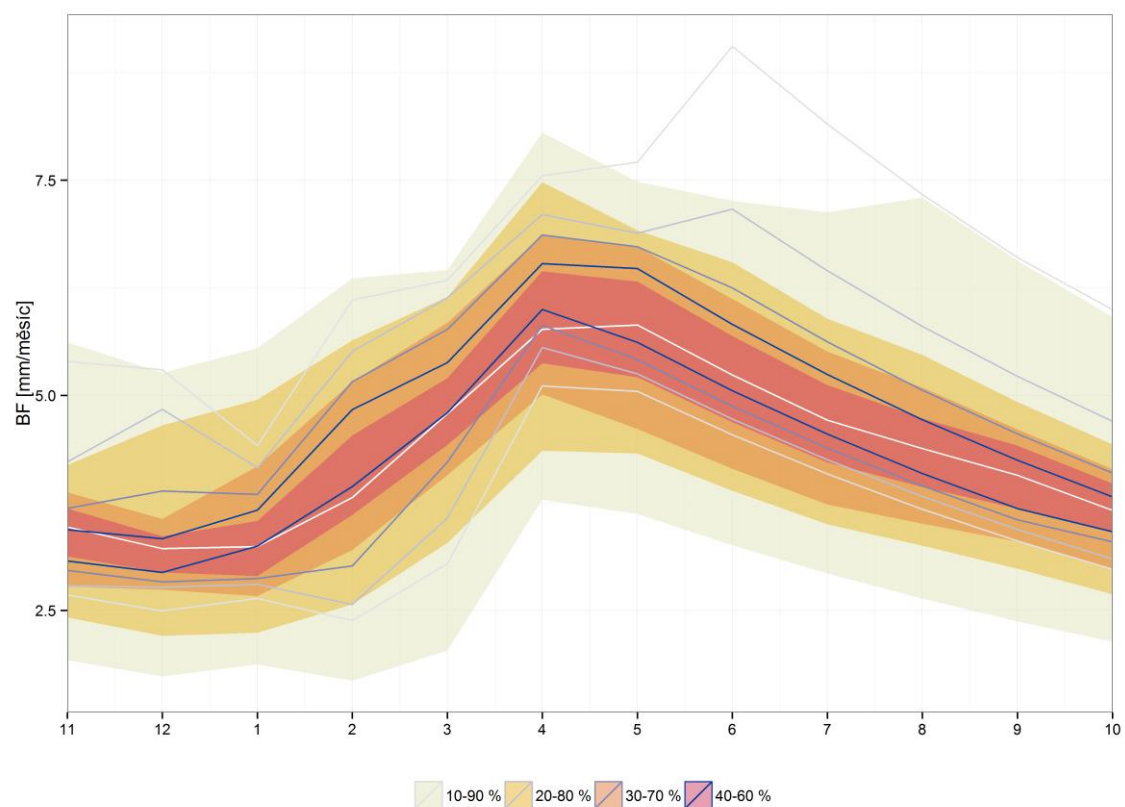
Obr. 6-3. Pozorovaný a modelovaný odtok [mm/měsíc]. Mezipovodí Třebůvka (Loštice)



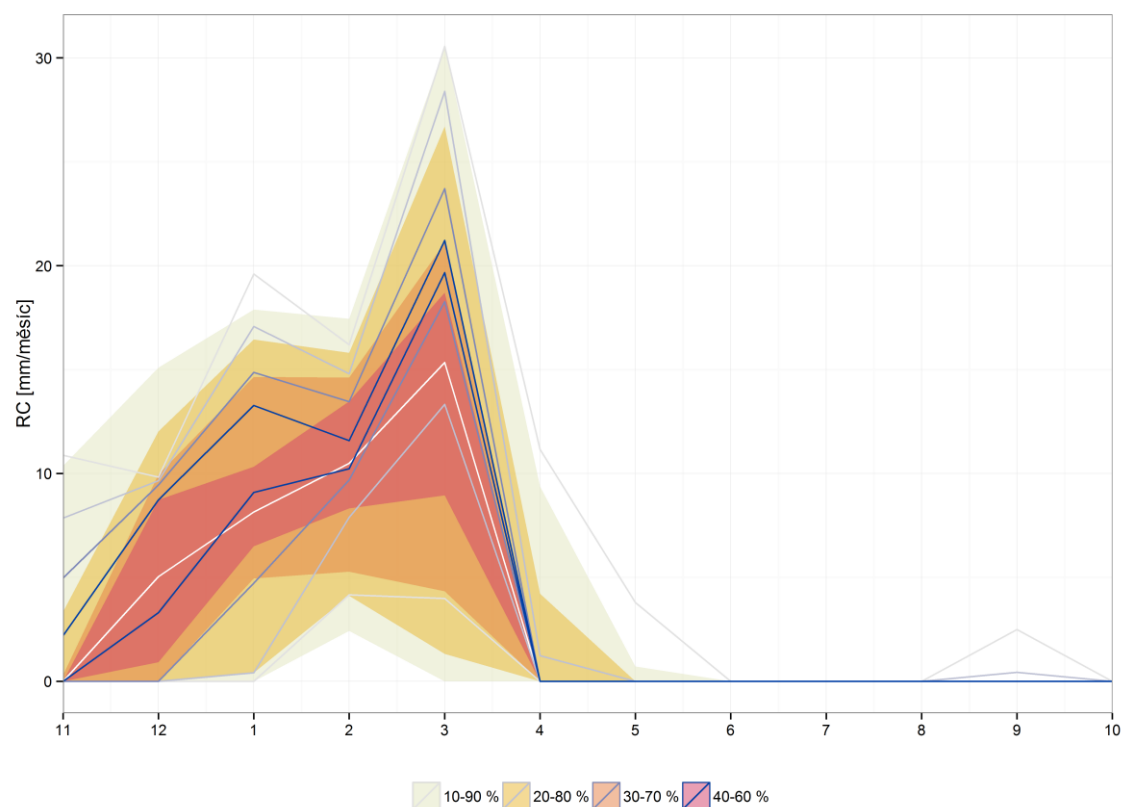
Obr. 6-4. HGR 6640. Základní odtok [mm/měsíc].



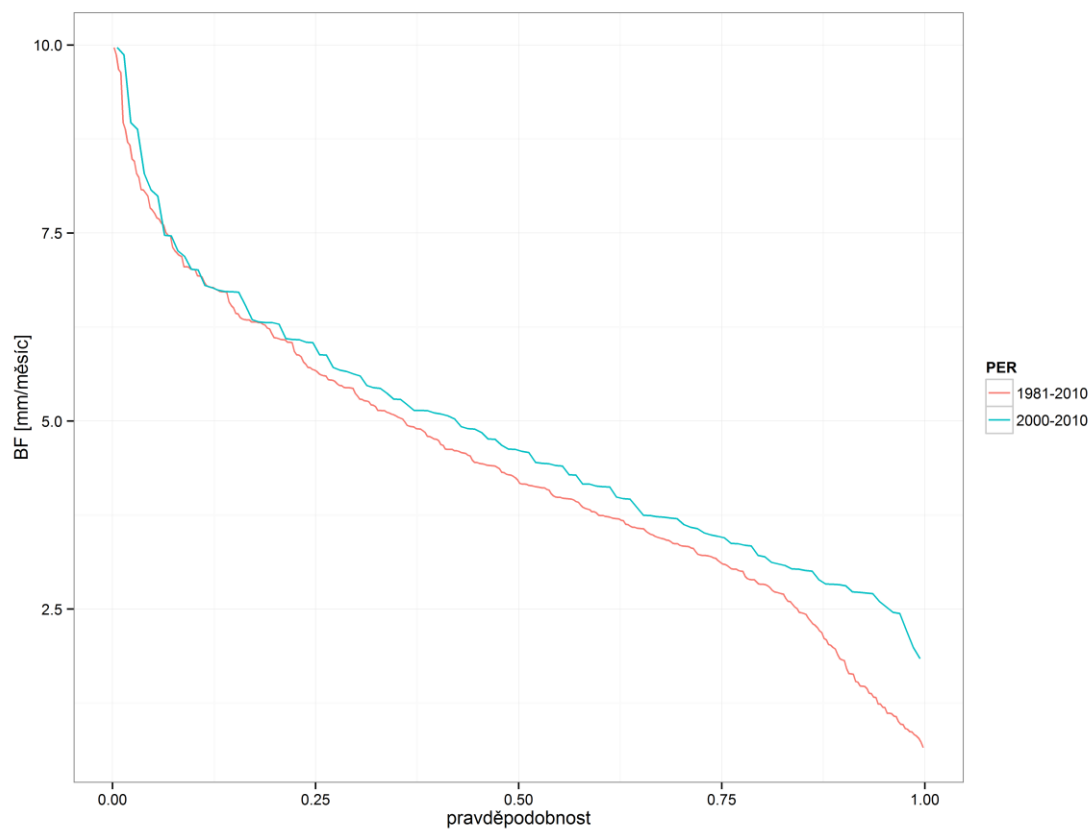
Obr. 6-5. HGR. Modelovaná dotace podzemních vod [mm/měsíc].



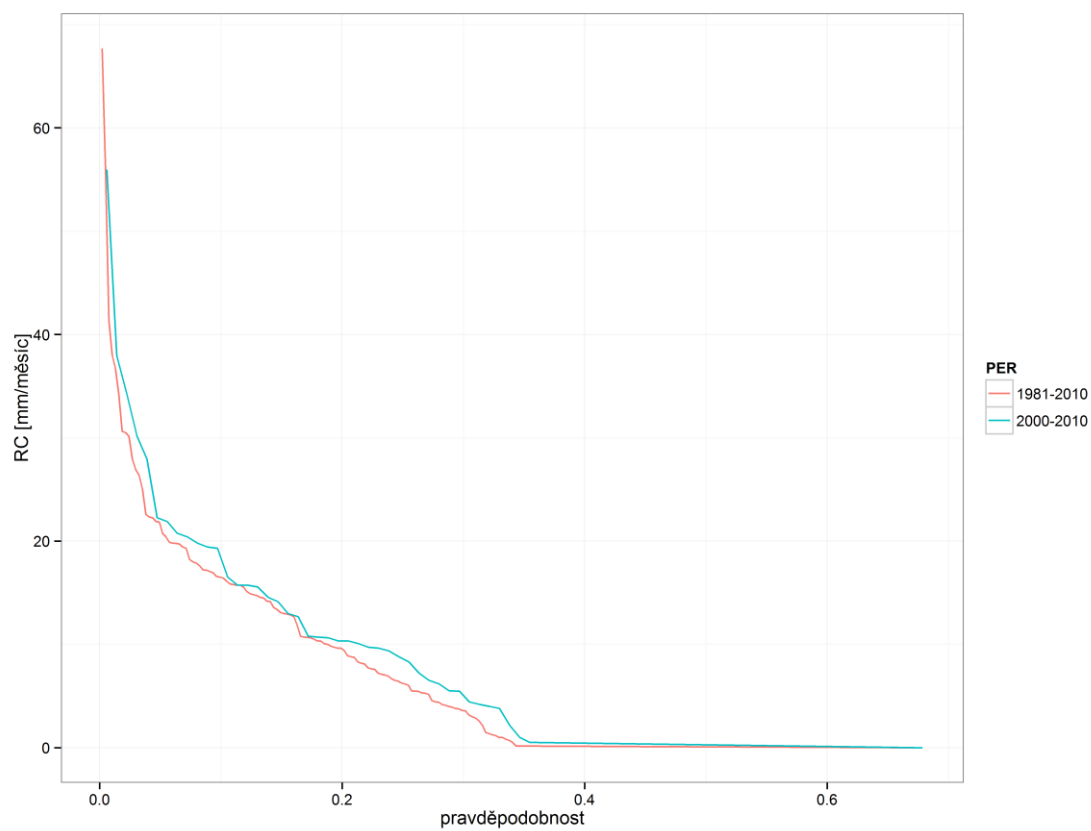
Obr. 6-6 Pravděpodobnostní pole – základní odtok [mm/měsíc]. Plné plochy odpovídají období 1981-2010, čáry období 2001-2010. HGR



Obr. 6-7. Pravděpodobnostní pole – dotace podzemní vody. Plné plochy odpovídají období 1981-2010, čáry období 2001-2010. HGR



Obr. 6-8. HGR 6640 Čára překročení měsíčního základního odtoku [mm/měsíc].



Obr. 6-9. Čára překročení měsíční dotace podzemní vody [mm/měsíc].

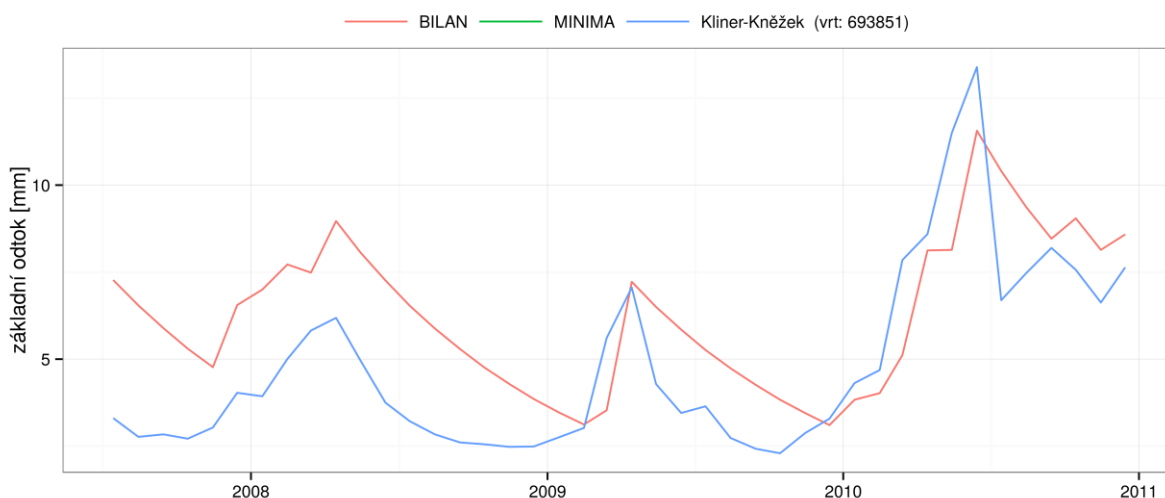
Vyčlenění základního odtoku na základě režimu hladin podzemních vod – metoda Kliner – Kněžek

Tab. 6-3. Korelace povrchového odtoku a hladin podzemní vody v pozorovacích vrtech

DBC	ID	COR
6640m3610-3600	693851	0.626

Tab. 6-4. Poměr základního odtoku k celkovému (BFI) dle různých metod

DBC	6640m3610-3600
BILAN	0.4845511
Kliner-Knezek	0.4607956



Obr. 6-10. Vyčlenění základního odtoku na základě odtoku z mezipovodí Třebůvka (Loštice) 3610-3600 a hladin podzemních vod ve vrtu ID 693851.

SOUHRNNÉ CHARAKTERISTIKY HYDROLOGICKÉ BILANCE

Podle hydrologického modelování na území HGR 6640 činí za období 1981–2010 specifická dotace podzemních vod $1,72 \text{ l/s.km}^2$, celková dotace je pak 128 l/s.

Souhrnné charakteristiky hydrologické bilance za jednotlivá modelovaná mezipovodí a celý hydrogeologický rajon jsou uvedeny v Tab. 6-5 a Tab. 6-6.

Tab. 6-5. Shrnutí hydrologické bilance (1981–2010)

	P (mm)	R (mm)	RM (mm)	P - R (mm)	ET (mm)	RC (mm)	RC (l/s.km ²)
mezipovodí Třebůvka (Loštice)	633,98	136,89	133,95	497,09	497,34	68,08	2,16
HGR 6640	602,39	NA	106,46	495,93	493,34	54,3	1,72

NA – nejsou k dispozici data

Tab. 6-6. Shrnutí hydrologické bilance (2001–2010)

	P (mm)	R (mm)	RM (mm)	P - R (mm)	ET (mm)	RC (mm)	RC (l/s.km ²)
mezipovodí Třebůvka (Loštice)	663,56	135,14	144,58	528,41	511,09	74,77	2,37
HGR 6640	631,33	NA	117,82	513,51	506,07	60,78	1,93

NA – nejsou k dispozici data

POSOUZENÍ VÝVOJE PRŮMĚRNÝCH VELIČIN HYDROLOGICKÉ BILANCE

V Tab. 6-7 až Tab. 6-12 jsou uvedeny průměry srážek, teploty vzduchu, odtoku, aktuální evapotranspirace, dotace zásob podzemních vod a základního odtoku za období 1981–2010, porovnané s průměry za období 2001–2010 a 1961–1980 pomocí poměrů hodnot (u teplot vzduchu rozdílů hodnot). Vývoj srážkových úhrnů a teplot je uveden i v kapitole 4.2 Hydrologie.

Tab. 6-7. Vývoj srážkových úhrnů v oblasti HGR 6640

	1961–1980 (mm)	1981–2010		2001–2010	
		(mm)	dif. (-)	(mm)	dif. (-)
HGR 6640	620,75	602,39	0,97	631,33	1,05
mezipovodí Třebůvka (Loštice)	650,72	633,98	0,97	663,56	1,05

Tab. 6-8. Vývoj teploty v oblasti HGR 6640

	1961–1980 (°C)	1981–2010		2001–2010	
		(°C)	dif. (°C)	(°C)	dif. (°C)
HGR 6640	7,40	8,02	0,62	8,28	0,26
mezipovodí Třebůvka (Loštice)	7,09	7,70	0,61	7,96	0,26

Tab. 6-9. Vývoj odtoku (odhad modelu BILAN) v oblasti HGR 6640

	1961–1980 (mm)	1981–2010		2001–2010	
		(mm)	dif. (-)	(mm)	dif. (-)
HGR 6640	124,32	106,46	0,86	117,82	1,11
mezipovodí Třebůvka (Loštice)	150,12	133,95	0,89	144,58	1,08

Tab. 6-10. Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad modelu BILAN) v oblasti HGR 6640

	1961–1980 (mm)	1981–2010		2001–2010	
		(mm)	dif. (-)	(mm)	dif. (-)
HGR 6640	497,71	493,34	0,99	506,07	1,03
mezipovodí Třebůvka (Loštice)	501,00	497,34	0,99	511,09	1,03

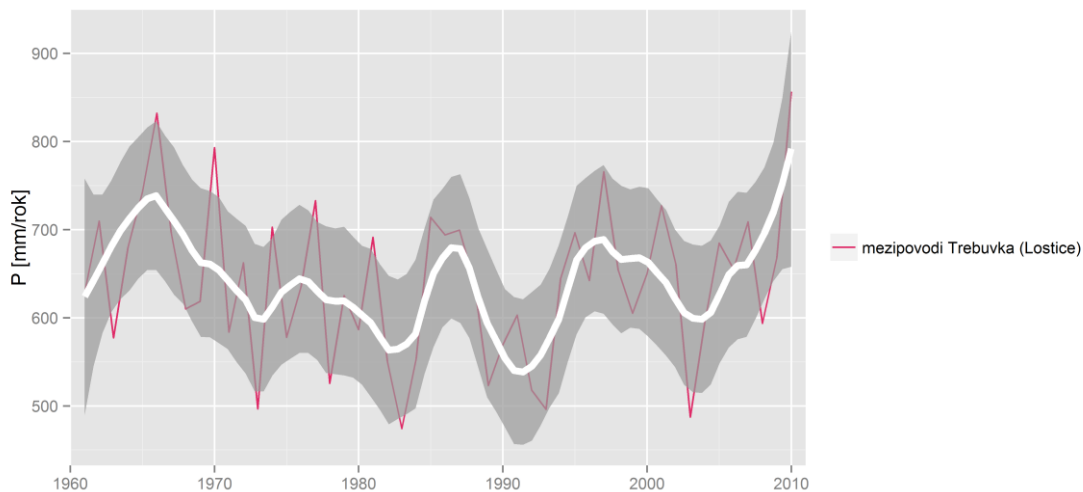
Tab. 6-11. Vývoj dotace zásob podzemní vody (odhad modelu BILAN) v oblasti HGR 6640

	1961–1980 (mm)	1981–2010		2001–2010	
		(mm)	dif. (-)	(mm)	dif. (-)
HGR 6640	62,07	54,30	0,87	60,78	1,12
mezipovodí Třebůvka (Loštice)	76,35	68,08	0,89	74,77	1,10

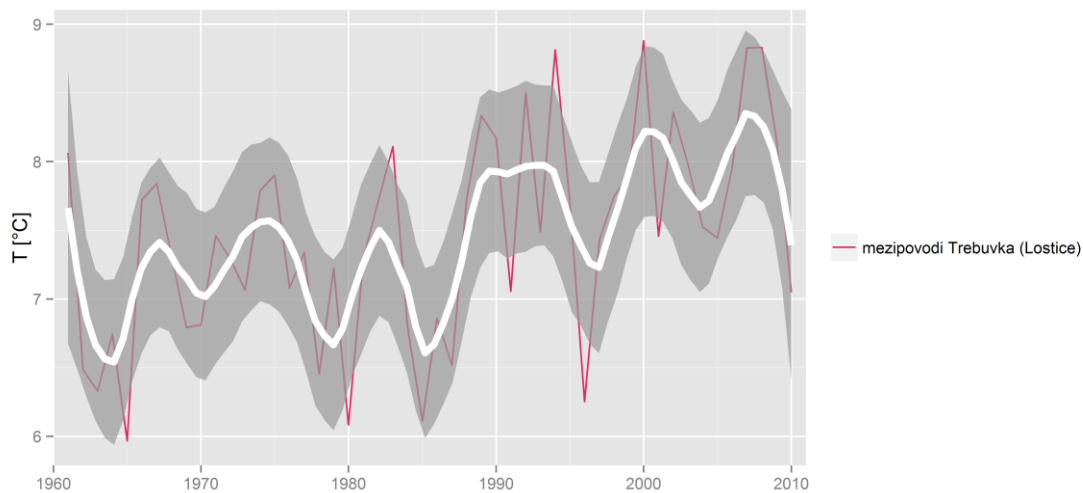
Tab. 6-12. Vývoj základního odtoku (odhad modelu BILAN) v oblasti HGR 6640

	1961–1980 (mm)	1981–2010		2001–2010	
		(mm)	dif. (-)	(mm)	dif. (-)
HGR 6640	63,34	52,83	0,83	57,64	1,09
mezipovodí Třebůvka (Loštice)	76,76	66,66	0,87	70,71	1,06

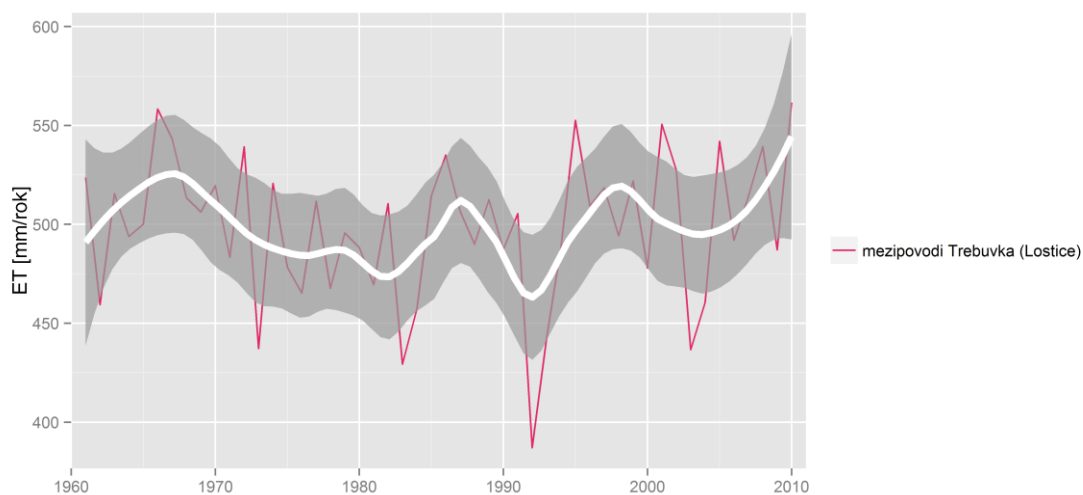
Grafické znázornění průběhu ročních řad dotace zásob podzemní vody a základního odtoku podávají Obr. 6-14 a Obr. 6-15.



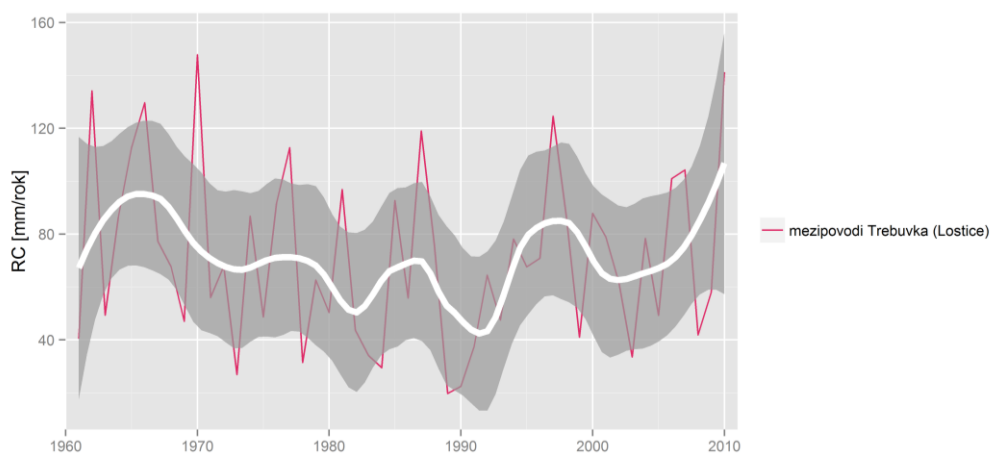
Obr. 6-11. Vývoj průměrných ročních srážek.



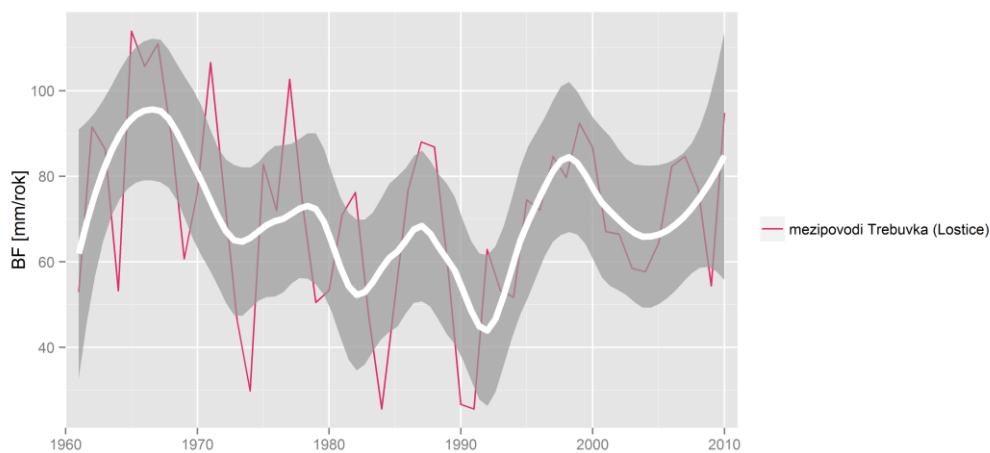
Obr. 6-12. Vývoj průměrné roční teploty.



Obr. 6-13. Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad z modelu BILAN).



Obr. 6-14. Vývoj průměrné roční dotace zásob podzemní vody - odhad z modelu BILAN.



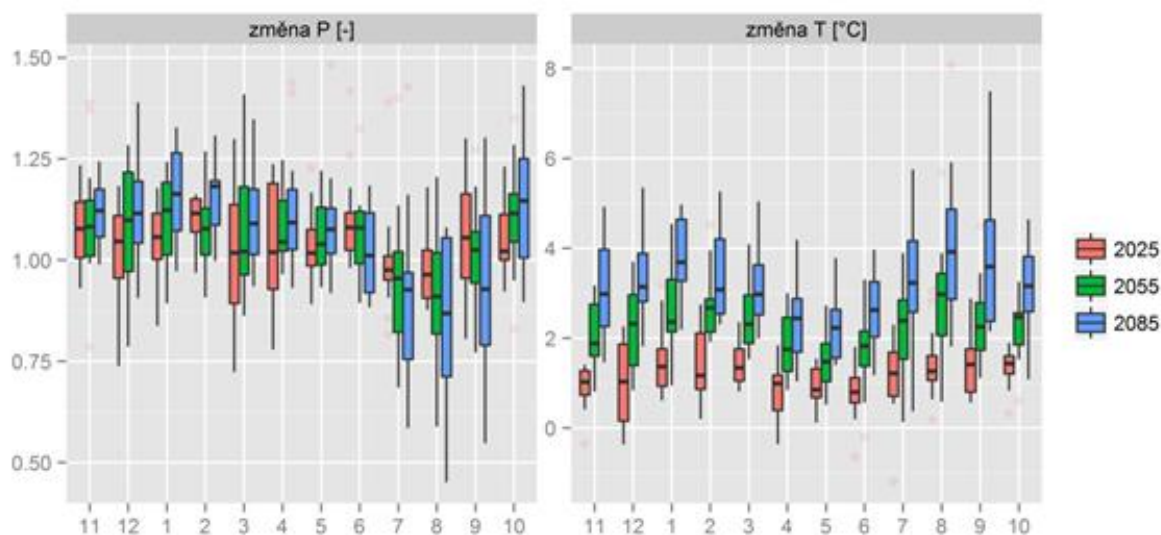
Obr. 6-15. Vývoj průměrného ročního základního odtoku - odhad z modelu BILAN.

6.1.2. POSOUZENÍ MOŽNÝCH DOPADŮ ZMĚN KLIMATU

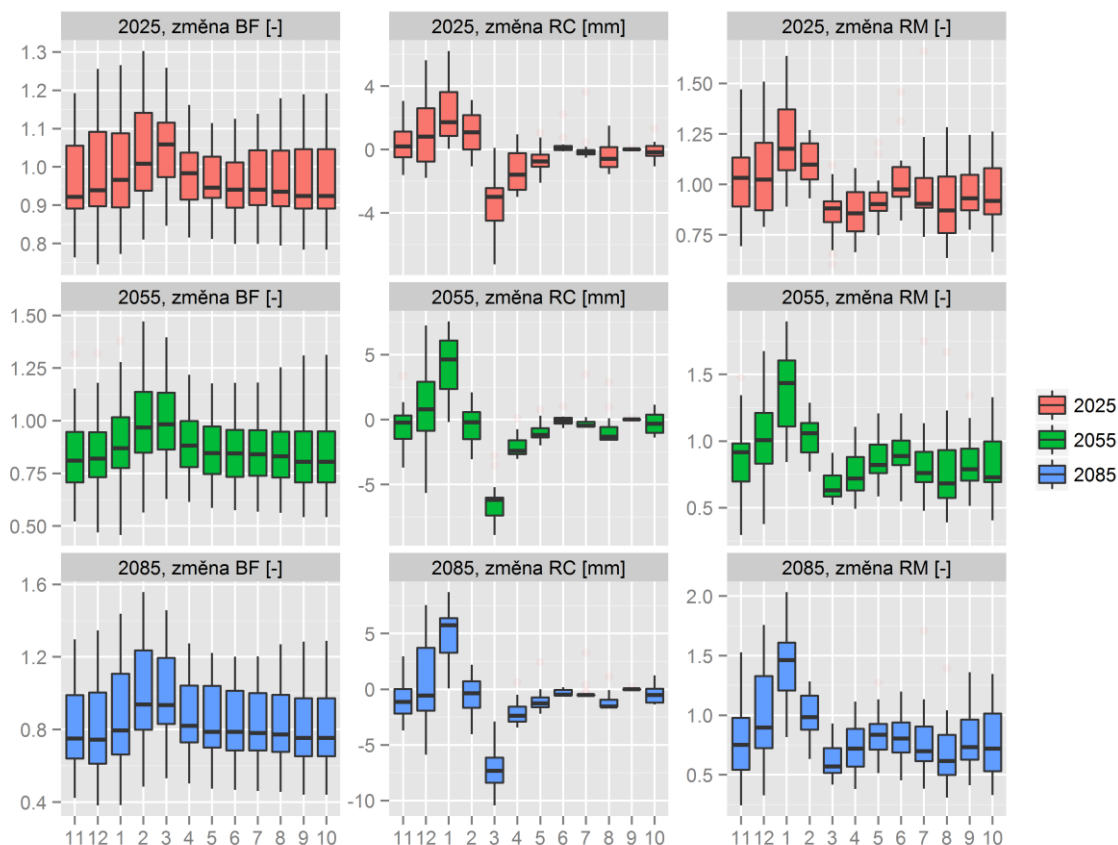
Posouzení možných dopadů klimatické změny bylo provedeno na základě simulací 15 regionálních klimatických modelů pro časové horizonty 2025 (2011–2040), 2055 (2041–2070) a 2085 (2071–2100). Vzhledem k dostupným datům jsou uvažovány změny oproti období 1961–1990, které je standardně uvažováno pro referenční klima ve studiích dopadů změn klimatu.

Uvažované změny srážek i teploty udává Obr. 6-16. Pro srážky předpokládají klimatické modely pokles v letních měsících (dle časového horizontu 5–25 %), po zbytek roku spíše růst. Teplota roste pro všechny tři časové horizonty po celý rok, v průměru cca o 1,5; 2,2 a 3,5 °C.

Dopady uvedených změn meteorologických veličin na základní odtok, dotaci podzemních vod a celkový odtok ukazuje Obr. 6-17. Z hlediska možných využití podzemních vod je podstatné, že zejména v časově vzdálenějších časových úrovních se základní odtok od května až do listopadu zmenšuje.



Obr. 6-16. Měsíční změny srážek (poměr) a teploty (rozdíl) dle RCM simulací pro jednotlivé měsíce. Krabicové grafy indikují 5%, 25%, 50%, 75% a 95% kvantil rozdělení měsíčních změn v souboru klimatických modelů.



Obr. 6-17. Měsíční změny základního odtoku (-), dotace zásob podzemní vody (mm) a odtoku dle RCM simulací pro jednotlivé měsíce. Krabicové grafy indikují 5%, 25%, 50%, 75% a 95% kvantil rozdělení měsíčních změn v souboru klimatických modelů.

6.2. HYDRAULICKÝ MODEL PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

Modelové zpracování oblasti HGR 6640 Mladečský kras bylo součástí hydraulického modelu v rámci regionu 3 Kvartér horní Moravy a Mladečský kras.

Hydraulický model proudění podzemní vody realizovaný v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod byl zpracován ve 4 etapách:

1. Sestavení stacionárního modelu (kalibrace hydraulických parametrů a okrajových podmínek modelu).
2. Sestavení transientního modelu pro období 2001–2010 (kalibrace kapacitních parametrů, hydraulických parametrů, okrajových podmínek modelu). Z této simulace byl statistickým zpracováním výsledků pro jednotlivé měsíce odvozen průměrný hydrologický rok určený parametry infiltrace, evapotranspirace a drenáže.
3. Prognózní simulace stacionárního modelu pro čerpáním neovlivněný stav a pro maximální a aktuální čerpání.
4. Prognózní simulace transientního modelu pro scénáře klimatických změn, zpracované VÚV.

6.2.1. OKRAJOVÉ PODMÍNKY A VSTUPNÍ DATA

Okrajové podmínky v kombinaci se zadanými hydraulickými charakteristikami horninového prostředí určují výměnu podzemních vod modelové domény vůči okolnímu systému.

Hranice HGR 6640 byly pro zpracování vstupních údajů koncepčního modelu rozděleny na tři oblasti a čtrnáct úseků na základě odlišných okrajových podmínek (geologických a hydrogeologických charakteristik prostředí). Vyčlenění těchto oblastí a úseků, včetně jejich parametrů je uvedeno v doprovodné tabulce.

Drenáž podzemní vody do říční sítě je zadána pomocí okrajové podmínky třetího typu „drain“, která simuluje vodní výměnu mezi podzemními vodami a recipienty. Nadmořské výšky říční sítě byly zaměřeny v rámci rekognoskace terénu. V prostoru mezi jednotlivými záměry povrchových vod byly nadmořské výšky interpolovány za pomoci digitálního modelu terénu 4. generace.

Hranice rajonu jsou v převážné části výchozové partie rajonu vedeny konformně s rozvodnicí povrchových vod. Pro tyto úseky byla použita okrajová podmínka II. typu, kde $q=0$. Bylo předpokládáno, že dotace podzemních vod mělkých zvodní a následně bazální zvodně se v daném prostoru omezují pouze na území HGR 6640, přičemž přítoky z vnějšku jsou zanedbatelné. Pro partie zanořené pod HGR 1621 pak byla použita obecná smíšená okrajová podmínka III. typu (GHB, $q=f(H)$).

Pro povrch modelového území je předepsána okrajová podmínka druhého typu reprezentující srážkovou infiltraci (dotace). Výsledná modelová efektivní infiltrace určuje množství podzemních vod (průměrných přírodních zdrojů) v prostoru modelové domény.

Vyhodnocením dat z monitoringu je zřejmé, že hladiny podzemních vod v blízkosti JÚ Čerlinka oscilují zhruba mezi hodnotami 233 až 235 m n. m., přičemž vykazují stabilní (nerostoucí/neklesající) vývoj. Jejich ovlivnění aktuálním množstvím jímaných vod v JÚ Čerlinka je prakticky zanedbatelné, když ani maximální odběry v roce 2001, ani minimální odběry v roce 2003 nemají na průběh hladin podzemních vod znatelný vliv. Cílem kalibrace modelu bylo takové chování co nejvěrohodněji napodobit, a to za současného udržení všech vstupních parametrů modelu v rozumných a obhajitelných mezích.

Výsledná hodnota efektivní infiltrace 520 l/s (při celkové rozloze HGR 6640 75 km² tato hodnota odpovídá specifickému základnímu odtoku 7,0 l/s.km²) je při zvolené metodice prakticky nejnižší hodnotou, při které došlo k uspokojivé shodě mezi modelem a pozorováním (depresní kužel vyvolaný čerpáním byl omezen natolik, že velikost kalibrační odchylky modelu byla už akceptovatelná). Při započtení pouze výchozové části HGR 6640 o rozloze cca 58 km², coby infiltračního zázemí, představuje tato hodnota přibližně 45 % průměrného ročního srážkového úhrnu 620 mm. Vyjádřeno v jednotkách jednorozměrného toku, výsledná průměrná hodnota efektivní infiltrace byla vypočtena na přibližně 18 mm/měsíc s maximální hodnotou 45 mm/měsíc.

HYDRAULICKÉ PARAMETRY

Vstupní údaje (resp. počáteční odhady) hydraulických parametrů byly převzaty z dostupných vyhodnocených hydrodynamických zkoušek. V průběhu kalibrace byly laděny hodnoty koeficientu hydraulické vodivosti K (kombinace metody „pilot points“ s plošným určením K v definovaných úsecích území), hodnoty storativity, konduktance okrajových podmínek (vodní toky a přetoky z a do modelu na hranici). V procesu kalibrace byla docílena odpovídající shoda pozorovaných a měřených hladin podzemní vody.

Hodnoty koeficientu hydraulické vodivosti „ k “ se ve vápencích pohybovaly v řádech mezi 10^{-5} až 10^{-3} m/s. Pro ostatní horniny (kulmské droby, metamorfity) se hodnoty k pohybovaly v řádech mezi 10^{-8} až 10^{-4} m/s. Konduktance okrajové podmínky na přítoku z a do modelu (GHB) se na území modelu pohybovala v řádech 10^{-9} m²/s .m až 10^{-3} m²/s. m. Konduktance okrajové podmínky vodního toku Loučka se v celé modelové doméně pohybovala v řádu 10^{-6} m²/s.m.

Pro parametr zásobnosti byly vyčleněny dvě zóny, v jejichž rámci byl nastaven jako konstantní. První zóna se vztahovala k území HGR 6640 tvořenému vápenci, druhá zóna pak ke zbylé části území reprezentovanému kulmskými horninami, případně metamorfity. Výsledná hodnota volné zásobnosti pro prvně jmenovanou zónu byla 0,5 a pro druhou pak 0,01.

6.2.2. MODELOVÉ PRŮBĚHY HLADIN A PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

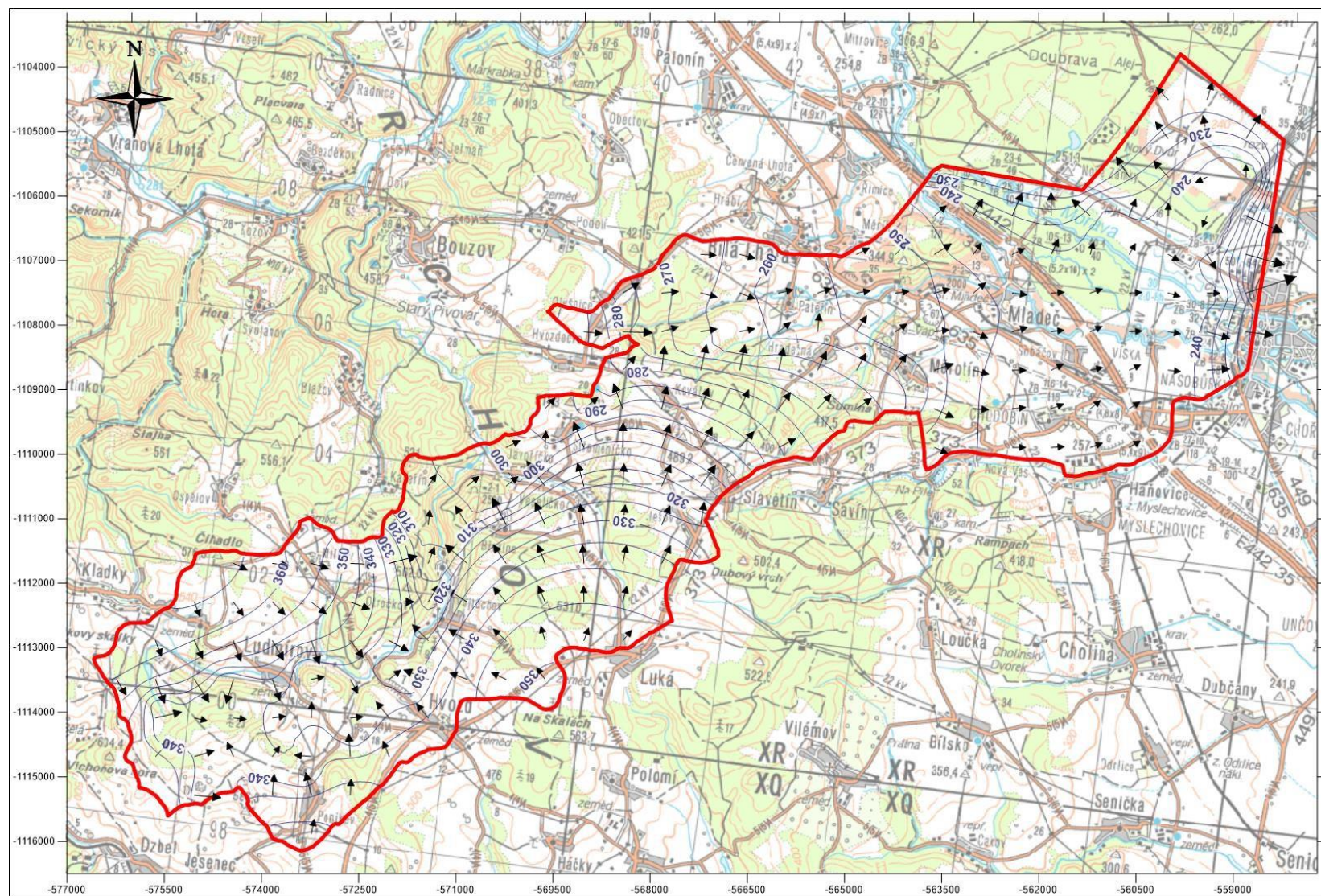
Stacionární simulace je založena na předpokladu ustáleného proudění podzemní vody při průměrné infiltraci, odpovídajících průměrných odběrech a drenáži do říční sítě. Kalibrovaný stacionární model byl využit pro výpočet scénářů ve dvou základních variantách:

- varianta neovlivněného proudění bez odběrů podzemních vod,
- varianta při odběrech podzemních vod na úrovni maximálních povolených odběrů.

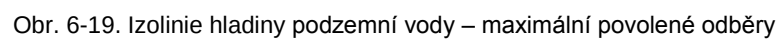
Základní varianta transientního modelu byla zpracována v měsíčním časovém kroku pro období hydrologických let 2001–2010. Kalibrované modely byly využity pro prognózní simulace dopadů klimatických změn na vodní bilanci hodnoceného rajonu. V této souvislosti byla také provedena optimalizace vodohospodářského využití struktury.

REŽIM NEOVLIVNĚNÝ ODBĚRY

Izolinie hladiny podzemní vody pro variantu bez odběrů jsou znázorněny na Obr. 6-18. Hydrogeologická struktura HGR 6640 Mladečský kras sleduje vápencový jesenecko-mladečský pruh v délce cca 20 km, kterým jsou převáděny podzemní vody ze zóny infiltrace či influkce (výchozové partie) do zóny odvodnění (údolí Moravy). Nejvyšší hydraulické gradienty jsou zaznamenávány v částech modelu tvořených metamorfity a kulmskými horninami s řádově nižší hydraulickou vodivostí. Hydraulické gradienty ve vápencích nivě jsou nízké, což je dáno vysokými hodnotami hydraulické vodivosti v horninách s krasově-puklinovou pórovitostí. Hladina podzemních vod je volná (výchozové partie) až napjatá (partie ponořené pod HGR 1621) s maximální úrovní 370 m n. m. v západní části modelu a minimální 200 m n. m. v oblasti odvodnění struktury ve východní části modelu.



Obr. 6-18. Izolinie hladiny podzemní vody – neovlivněný stav



Vodní bilance stacionárního hydraulického modelu simulujícího neovlivněný stav je uvedena v Tab. 6-13. Oproti simulaci průměrného stavu došlo ke zvýšení odvodnění modelu přes jeho hranice a ke zvýšení drenážního účinku vodních toků.

Tab. 6-13. Vodní bilance stacionárního hydraulického modelu – neovlivněný stav

okrajová podmínka	zdroje (l/s)	propady (l/s)
vodní toky	0	-10
pramenní vývěry	-	-20
přetoky přes hranice modelu	0	-490
vodárenské odběry	-	0
infiltrace	520	-
celkem	520	-520

Vodní bilanci kalibrovaného hydraulického modelu lze shrnout do následujících bodů:

- Celkové zdroje modelu, tj. infiltrace ze srážek, byly vypočteny na cca 520 l/s
- Vydatnost pramenních vývěrů na sv. úpatí Třesína (tzv. Řimických vyvěraček) byla odhadována na 20 l/s
- Drenážní účinek vodního toku Loučka byl vypočten na 10 l/s
- Zbytek, tj. cca 490 l/s, odtékalo z modelu prostřednictvím jeho okrajových podmínek lokalizovaných ve východní části rajonu.

SIMULACE PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY S MAXIMÁLNÍMI POVOLENÝMI ODBĚRY

Izolinie hladiny podzemní vody pro variantu s maximálními povolenými odběry jsou znázorněny na Obr. 6-19, ve kterém jsou vyznačena i místa odběrů podzemních vod.

Jediným odběrem je jímání v JÚ Čerlinka sumárně představující 270 l/s. Vodní bilance stacionárního hydraulického modelu simulujícího maximální povolené odběry je uvedena v Tab. 6-14.

Tab. 6-14. Vodní bilance stacionárního proudového modelu simulujícího maximální povolené odběry

okrajová podmínka	zdroje (l/s)	propady (l/s)
vodní toky	0	0
pramenní vývěry	-	-20
přetoky přes hranice modelu	0	-230
vodárenské odběry	-	-270
infiltrace	520	-
celkem	520	-520

Na základě výsledků modelování je možno konstatovat, že kapacita kolektoru převyšuje úroveň současného využívání v daném místě, ve kterém je odběr realizován, když ani při simulaci maximálních povolených odběrů nedocházelo v jeho okolí k významnějším poklesům hladin

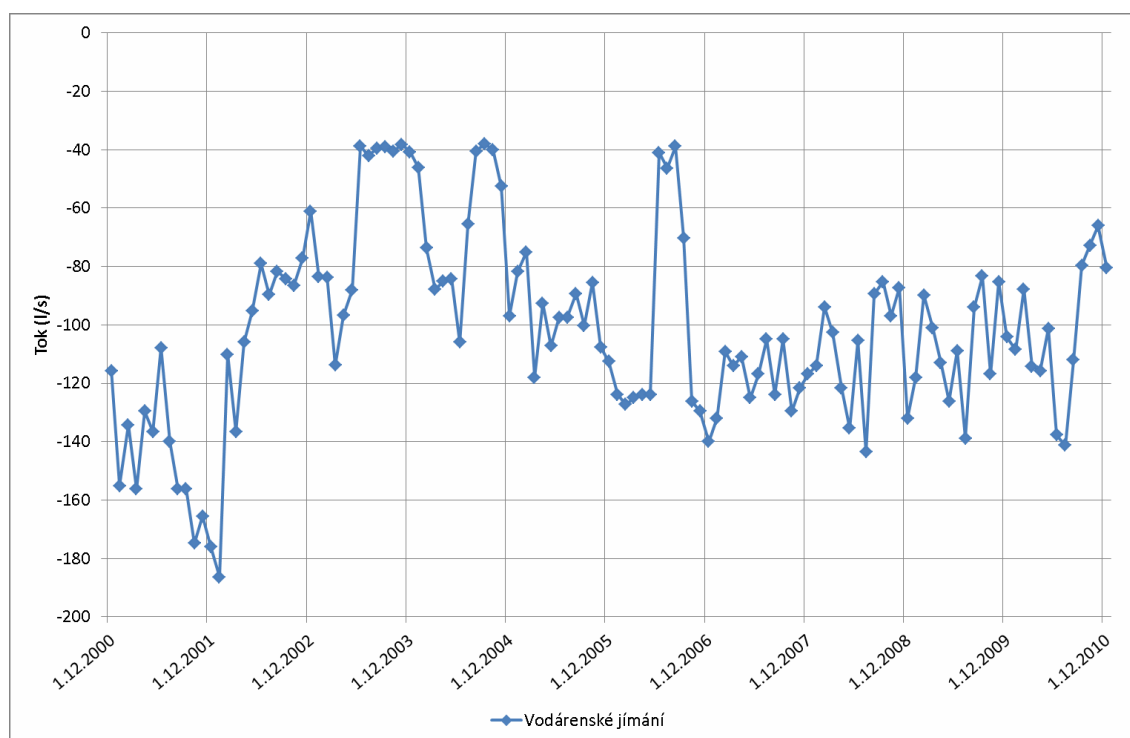
podzemních vod. Tato skutečnost je zdůvodněna předpokládaným vysokým podílem infiltrujících srážkových vod ve výchozových partiích HGR 6640. Na druhou stranu došlo k omezení dotace vodního toku Loučka podzemními vodami bazální (hlubší) zvodně, což je stav, ke kterému docházelo i při simulacích průměrného stavu čerpání.

SIMULACE TRANSIENTNÍHO PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY V OBDOBÍ 2001 AŽ 2010

Transientní model byl v souladu s modely hydrologickými zpracovávanými VÚV sestaven pro 10-leté období od 1. 1. 2001 do 31. 12. 2010 s měsíčním krokem pro změnu parametrů modelu. To představovalo 120 jednotlivých časových úseků, tzv. „stress periods“, přičemž uvnitř každého z nich byly hodnoty všech parametrů modelu považovány za konstantní. Těmito parametry byly:

- efektivní infiltrace;
- konduktance na okrajových podmínkách;
- vydatnosti pramenních vývěrů;
- hladiny podzemních vod v pozorovacích objektech;
- vodárenské čerpání.

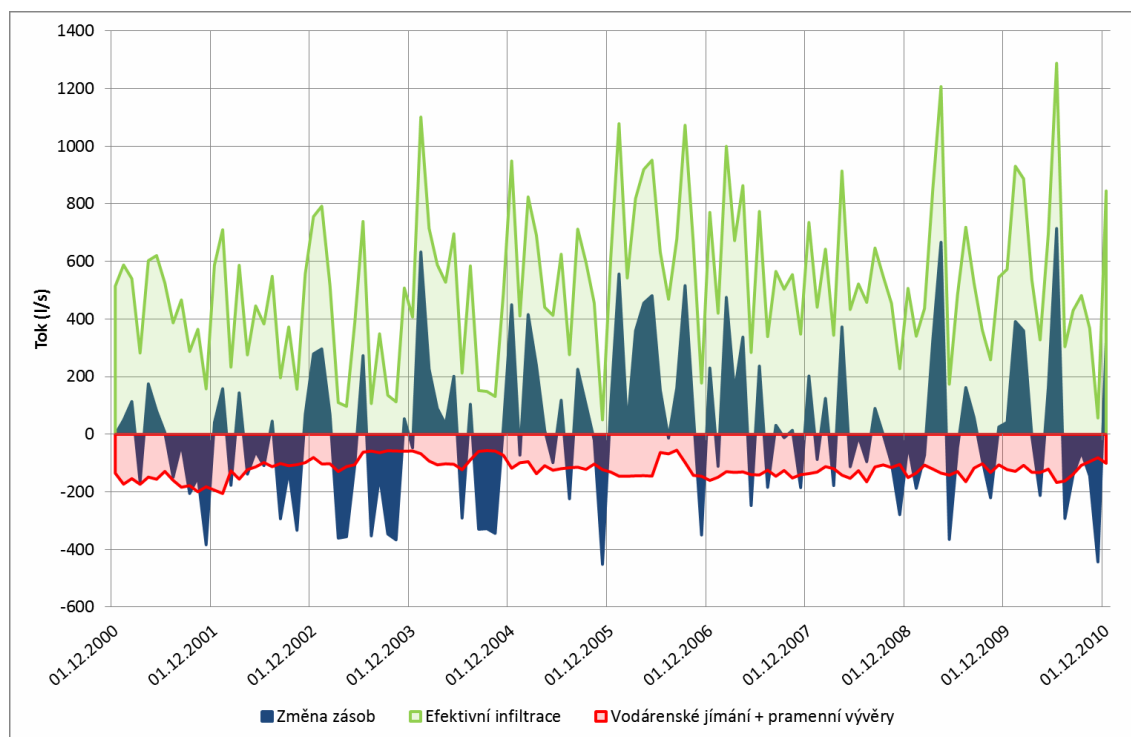
Na Obr. 6-20 je prezentován graf vývoje vodárenského jímání. První polovina grafu je charakterizována několika výraznými výkyvy: maximem v roce 2001 (až 190 l/s) a minimy v letech 2003, 2004 a 2006. Po zbývajícím sledovaném období se vodárenské jímání stabilizovalo přibližně kolem hodnoty 110 l/s.



Obr. 6-20. Vývoj měsíčních odběrů v období hydrologických let 2001 až 2010

Při kalibraci transientního modelu bylo uplatněno pouze hladinové kritérium. Chyba kalibrace transientního hydraulického modelu byla v případě průměrné absolutní odchylky 40 cm (6 objektů) a 17 % v případě normalizovaného kvadratického průměru.

Graf na Obr. 6-21 dokládá závislost změny zásob na efektivní infiltraci. Je-li změna zásob kladná, dochází k doplňování hydrogeologické struktury a naopak, je-li tato záporná, dochází k jejímu vyprazdňování. Je patrné, že období dotací se kryjí s epizodami zvýšené efektivní infiltrace, kdežto období vyprazdňování s epizodami, kdy ztráty (jímání, pramenní vývěry, odtok z modelu skrz okrajové podmínky) převyšují množství infiltrujících srážkových vod. V průběhu modelované desetileté časové periody došlo ke zvýšení objemu podzemních vod akumulovaných v modelované hydrogeologické struktuře. Tento nárůst lze vyčíslit pouze absolutní hodnotou 6,3 mil. m³.



Obr. 6-21. Graf změny zásob podzemních vod v závislosti na efektivní infiltraci v HGR 6640

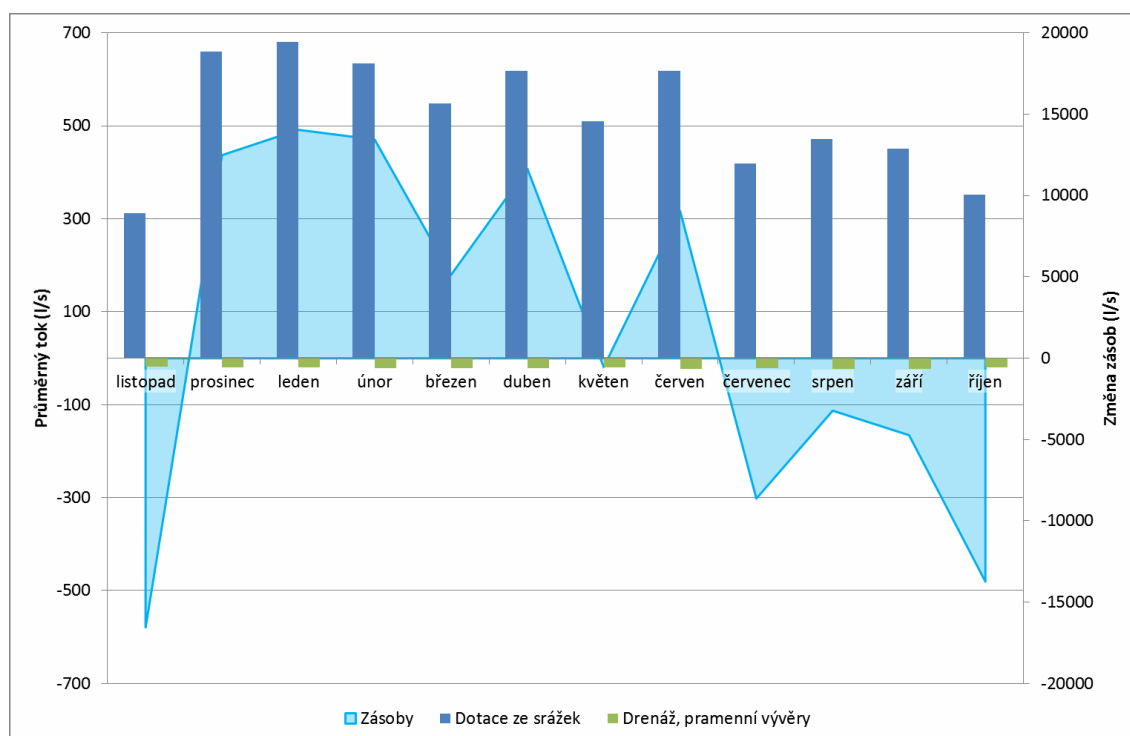
6.2.3. PROGNOZNÍ MODEL PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

SIMULACE PRŮMĚRNÉHO HYDROLOGICKÉHO ROKU

Na základě výsledků transientního modelu byly vypočteny průměrné měsíční hodnoty pro (1) dotace podzemní vody ze srážek, (2) drenáž vodních toků a (3) zásobnost. Výsledek je prezentován na Obr. 6-22. Výpočet byl proveden na kalibrovaném transientním modelu, do kterého vstupovaly průměrné hydrologické veličiny simulované na hydrologickém modelu BILAN. Tyto veličiny byly upravovány kalibrací transientního modelu na období let 2001 až 2010. Tímto způsobem bylo získáno distribuované rozložení, které pro účely dokumentace bylo následně zprůměrováno ve vodní bilanci v prostoru a čase. Na Obr. 6-22 jsou tudíž prezentovány průměrné prognózní bilanční veličiny pro reprezentativní hydrologický rok.

Období doplňování zásob podzemních vod je přibližně omezeno prosincem a květnem až červnem. Maximální doplnění zásob podzemní vody nastává v zimních měsících. V období červenec až listopad k doplňování zásob podzemní vody ze srážek nedochází (veškerý objem srážek je evapotranspirován, zčásti dochází k povrchovému odtoku).

Modelová drenáž podzemní vody do povrchových toků a pramenních vývěrů pro průměrný hydrologický rok vychází stabilní v celém období.



Obr. 6-22. Průměrné měsíční hodnoty vybraných složek vodní bilance v HGR 6640

VARIANTNÍ SIMULACE VODOHOSPODÁŘSKÉHO VYUŽITÍ ÚZEMÍ VČETNĚ HODNOCENÍ DOPADU KLIMATICKÝCH ZMĚN

V rámci hydrogeologických modelů byly realizovány stacionární simulace, které zohledňovaly různé potenciální varianty odběrů. Prezentovány jsou 3 modelové varianty, které umožňují posoudit ovlivnění režimu proudění ve struktuře při zvýšení nebo snížení odběrů oproti kalibrovanému stavu. Jedná se o varianty:

- varianta současných odběrů - odběry na úrovni průměru z let 2001 až 2010 z každého registrovaného odběrného místa, v HGR 6640 simulovány odběry 100 l/s,
- varianta současných odběrů za předpokládaných klimatických změn predikovaných klimatickými modely VÚV,
- varianta optimálních odběrů za předpokládaných klimatických změn predikovaných klimatickými modely VÚV – kritérium optimalizace zachování hladiny podzemních vod v jímacích územích odpovídající současnému stavu.

VARIANTA SOUČASNÝCH ODBĚRŮ

Jednotlivé zprůměrované složky vodní bilance pro scénář současných odběrů v letech 2001 až 2010 v HGR 6640 jsou prezentovány v Tab. 6-15. Celková efektivní infiltrace ze srážek (rozdíl infiltrace a evapotranspirace) je cca 520 l/s, což při rozloze modelovaného území 75 km² odpovídá 7,0 l/s.km². Průměrné vodárenské odběry představují 100 l/s.

Tab. 6-15. Vodní bilance transientního hydraulického – současné odběry

okrajová podmínka	zdroje (l/s)	propady (l/s)
vodní toky	0	<(-1)
pramenní vývěry	-	-20
přetoky přes hranice modelu	0	-380
vodárenské odběry	-	-100
efektivní infiltrace	520	-
zásoby	110	-130
celkem	630	-630

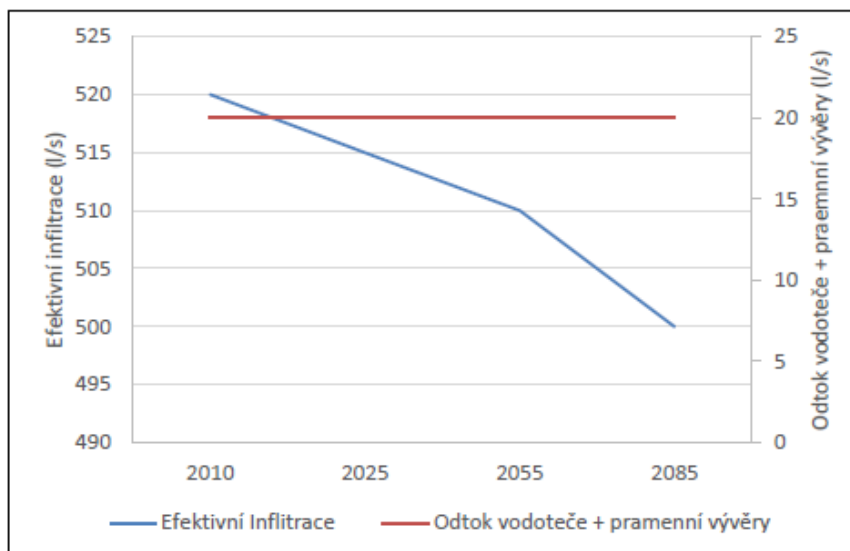
VARIANTA SOUČASNÝCH ODBĚRŮ ZA PŘEDPOKLÁDANÝCH KLIMATICKÝCH ZMĚN PREDIKOVANÝCH KLIMATICKÝMI MODELY VÚV

Simulace dopadů klimatických změn na bilanci zdrojů podzemních vod byly provedeny na kalibrovaném transientním modelu rajonu. Podkladem pro nastavení klimatických změn byly simulace provedené VÚV pro jednotlivé rajony. Posouzení možných dopadů klimatické změny na základní hydrologické charakteristiky (efektivní infiltrace, potenciální evapotranspirace, aktuální evapotranspirace) bylo provedeno na základě simulací 15 regionálních klimatických modelů pro časové horizonty 2025 (2011–2040), 2055 (2041–2070) a 2085 (2071–2100) a 3 scénářů, založených na globálních klimatických modelech. Vzhledem k dostupným datům jsou uvažovány změny oproti období 1961–1990, které je standardně uvažováno pro referenční klima ve studiích dopadů změn klimatu.

Pro srážky předpokládají klimatické modely pokles v letních měsících (dle časového horizontu 5–25%), po zbytek roku spíše růst. Z dat je zřejmý značný rozptyl jednotlivých prognóz, u každé charakteristiky v měsíčním vyjádření je uveden průměr a směrodatná odchylka. Zpracovateli predikce klimatických změn byl doporučen scénář CLM-Q0 jako střední scénář, zatímco REMO_EH5 je chápán jako optimistický scénář a ALA_ORIG jako pesimistický scénář. Vzhledem k pracnosti zpracování scénářů do transientního hydraulického modelu byl pro implementaci zvolen střední scénář.

V transientním modelu byly na základě výše uvedených simulací změněny hodnoty efektivní infiltrace. Nebyli jsme ale schopni zohlednit změny průtoků na okrajových podmínkách III. typu GHB, a proto byl efekt redukce přítoků na okrajové podmínce v první variantě výpočtů zanedbán.

Výsledky jednotlivých scénářů (simulace pro roky 2025, 2055 a 2085), tzn. změny parametrů vodní bilance, efektivní infiltrace a odtoku ve vodotečích jsou prezentovány v grafu na Obr. 6-23. Při daném využívání území (vodních zdrojů) se v čase relativně snižují i zásoby podzemních vod. Nedostatkem těchto simulací je, že nezohledňují redukci přítoků na okrajových podmínkách III. typu – obecná hladina a řeka (stream). V případě HGR 6640 však veškeré přírodní zdroje vznikají na území rajonu, proto tento problém není nutno řešit. Ze simulací vyplývá, že za předpokladu klimatických změn by docházelo ke snižování efektivní infiltrace. Už tak nízký odtok přes vodoteče a pramenní vývěry by zůstal pravděpodobně konstantní.

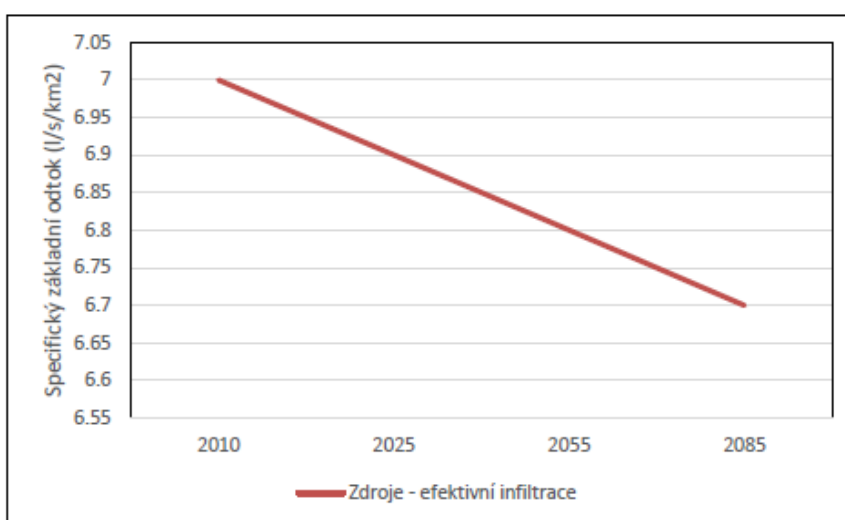


Obr. 6-23. Prognózované změny složek vodní bilance v HGR 6640

Tab. 6-16 prezentuje změny specifického základního odtoku pro prognózy klimatických změn do roku 2085. Výsledky jsou znázorněny graficky na Obr. 6-24.

Tab. 6-16. Prognózované změny specifického základního odtoku

specifický základní odtok (l/s.km ²)				
specifický základní odtok	kalibrovaný model 2001–2010	predikce 2025	predikce 2055	predikce 2085
efektivní infiltrace	7,0	6,9	6,8	6,7



Obr. 6-24. Prognózované změny specifického základního odtoku

VARIANTA OPTIMÁLNÍCH ODBĚRŮ ZA PŘEDPOKLÁDANÝCH KLIMATICKÝCH ZMĚN PREDIKOVANÝCH KLIMATICKÝMI MODELY VÚV

Dá se očekávat, že redukce přírodních zdrojů v čase pravděpodobně v určitých územích vyvolá nutnost změn ve využití území, z hydrogeologického hlediska je primárním intenzita využívání zdrojů podzemních vod.

Přestože provedené simulace a prognózy jsou zatíženy enormní mírou nejistoty, bylo realizováno testování dopadů změn klimatu ve vztahu k využívání zdrojů podzemních vod. Kritériem hodnocení bylo zachování stávající hladiny podzemních vod v jímacích územích. Simulace byly provedeny na transientních modelech ovšem s průměrnou hladinou v jímacích územích (výsledek transientní simulace 2000–2010), která byla fixována I. okrajovou podmínkou. Výsledkem bylo tudíž průměrné čerpané množství Q pro jednotlivá jímací území. Hodnocení bylo provedeno hromadně pro skupiny vrtů ve významnějších jímacích územích.

V Tab. 6-17 jsou prezentovány výsledky simulace. Míra redukce mimo jiné významně závisí na vzdálenosti jímacího území od vodního toku, který může nahrazovat přírodní zdroje ze srážek indukovanou infiltrací z povrchového recipientu.

Tab. 6-17. Predikce možných redukcí čerpání na vodních zdrojích

provozovatel a název místa užívání vody	simulované průměrné čerpané množství 2001-2010 (l/s)	redukce 2025 pro zachování hladiny
MOVO Olomouc, Litovel-Čerlinka	100	7 %

Veškeré provedené prognózy je nutno brát orientačně, spíše trendově než v absolutních hodnotách. Nicméně jednoznačně prokazují, že této problematice je nutné se šířeji věnovat v rámci rozsáhlejších hydrologicky definovaných celků.

7. KVALITATIVNÍ STAV ÚTVARŮ PODZEMNÍCH VOD

7.1. ÚPRAVÁRENSKÁ HLEDISKA VYUŽITÍ PODZEMNÍCH VOD

UPRAVITELNOST PODZEMNÍ VODY NA VODU PITNOU

Znalost kvality podzemní vody a její upravitelnosti je nedílnou součástí výpočtu využitelných zásob podzemní vody. Upravitelností vody se rozumí úprava podzemní vody takovým způsobem, aby byla využitelná pro zásobování obyvatel pitnou vodou.

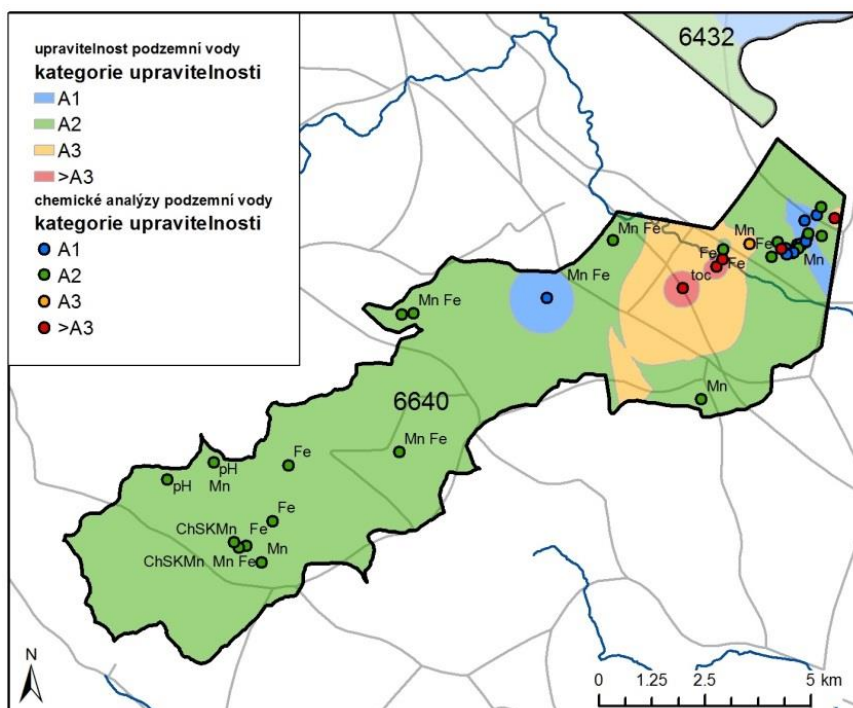
Pro potřeby regionálního hodnocení bilancovaných hydrogeologických rajonů byly jako vstupní informace využity existující výsledky chemických analýz převážně jednorázových odběrů podzemní vody, archivované ČGS a dále výsledky chemických analýz vzorků podzemní vody z nových průzkumných vrtů provedených v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod. Hodnocení upravitelnosti podzemní vody na vodu pitnou bylo zpracováno podle vyhlášky č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., 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), ve znění pozdějších předpisů. Jednotlivé kategorie upravitelnosti podzemní vody a případné úpravy ve smyslu této vyhlášky uvádí tabulka 7-1.

Tab. 7-1. Kategorie upravitelnosti dle vyhlášky č. 120/2011 Sb.

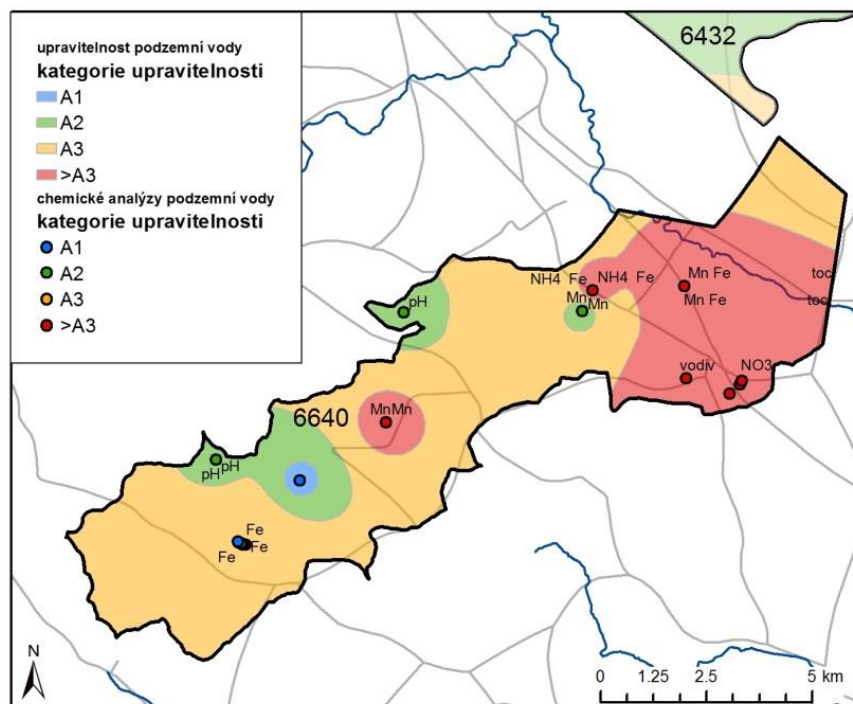
kategorie upravitelnosti	typy úprav
A1	Úprava surové vody s koncovou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpuštěných látek a zvýšení jakosti.
A2	Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtraci, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtraci, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.
A3	Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezňováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí popř. jejich kombinací. Mezi další vhodné procesy se řadí např. využívání ozónu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (např. sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně.
>A3	Vodu této jakosti lze výjimečně odebírat pro výrobu pitné vody s udělením výjimky příslušným krajským úřadem. Pro úpravu na vodu pitnou se musí použít technologicky náročné postupy spočívající v kombinaci typů úprav uvedených pro kategorii A3, při čemž je nutné zajistit stabilní kvalitu vyráběné pitné vody podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Přednostním řešením v těchto případech je však eliminace příčin znečištění anebo vyhledání nového zdroje vody.

Při hodnocení upravitelnosti podzemních vod v HGR 6640 bylo možné použít 47 výsledků chemických analýz, z toho 5 bylo vyčleněno jako bodové zdroje znečištění a do vlastního výpočtu kategorie upravitelnosti nebyly zahrnuty. Zkonstruovaná účelová mapa upravitelnosti podzemních vod zahrnuje zveden puklinového a krasově-puklinového kolektoru včetně přípovrchové zóny. Přípovrchová zóna do 30 m byla vymezena jako antropogenními vlivy nejsnáze ovlivnitelná část hodnoceného území. Pro konstrukci mapy upravitelnosti přípovrchové zóny se použily všechny vrty do hloubky 30 m bez ohledu na zastižení kolektor spolu s nadložními kvarténními sedimenty.

Západní část HGR 6640 spadá do kategorie A2 zejména vlivem nadlimitních obsahů železa a manganu. Ve východní části je kvalita podzemní vody v jednotlivých vrtech poměrně proměnlivá v rozmezí kategorií A1 až >A3. Zhoršení kvality podzemní vody a posun do horší kategorie je nejčastěji způsoben nadlimitními obsahy železa a manganu (Obr. 7-1). V přípovrchové zóně v HGR 6640 (Obr. 7-2) převládá kategorie A3, ve východní části pak kategorie >A3 a to zejména vlivem zvýšených obsahů železa a manganu, lokálně i dusičnanů.



Obr. 7-1. Upravitelnost podzemní vody v puklinovém a krasově-puklinovém kolektoru v rozsahu HGR 6640



Obr. 7-2. Upravitelnost podzemní vody přípoверхové zóny v rozsahu HGR 6640

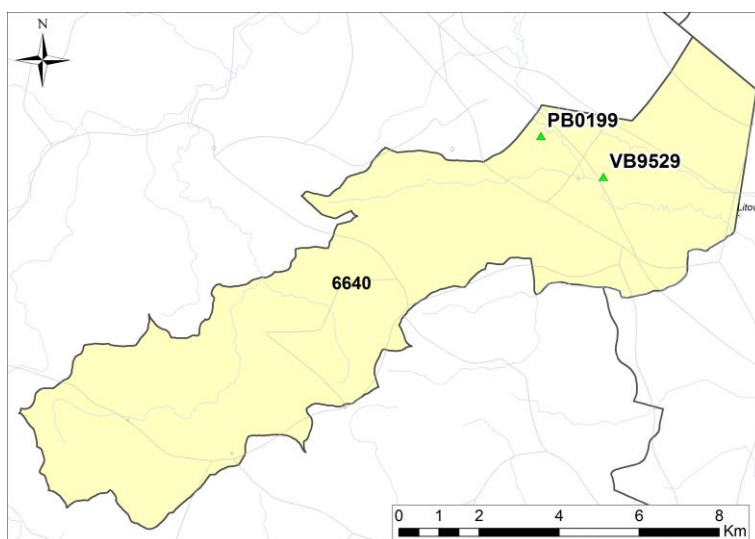
7.2. VÝVOJ KVALITY PODZEMNÍ VODY

V HGR 6640 jsou k dispozici pouze 2 objekty s časovými řadami fyzikálně-chemických analýz podzemní vody v časovém rozsahu pouze od roku 2009, které jsou uvedené v Tab. 7-2 a na Obr. 7-4.

Pro účely posouzení vývoje kvality podzemní vody byly hodnoceny obsahy těch složek, které z hlediska vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů, velmi často způsobují zhoršenou kvalitu podzemní vody – dusičnanů, chloridů a síranů, a také výše celkové mineralizace (zde charakterizovaný vodivostí neboli konduktivitou). Průběh časových řad vybraných makrosložek je uveden na Obr. 7-4.

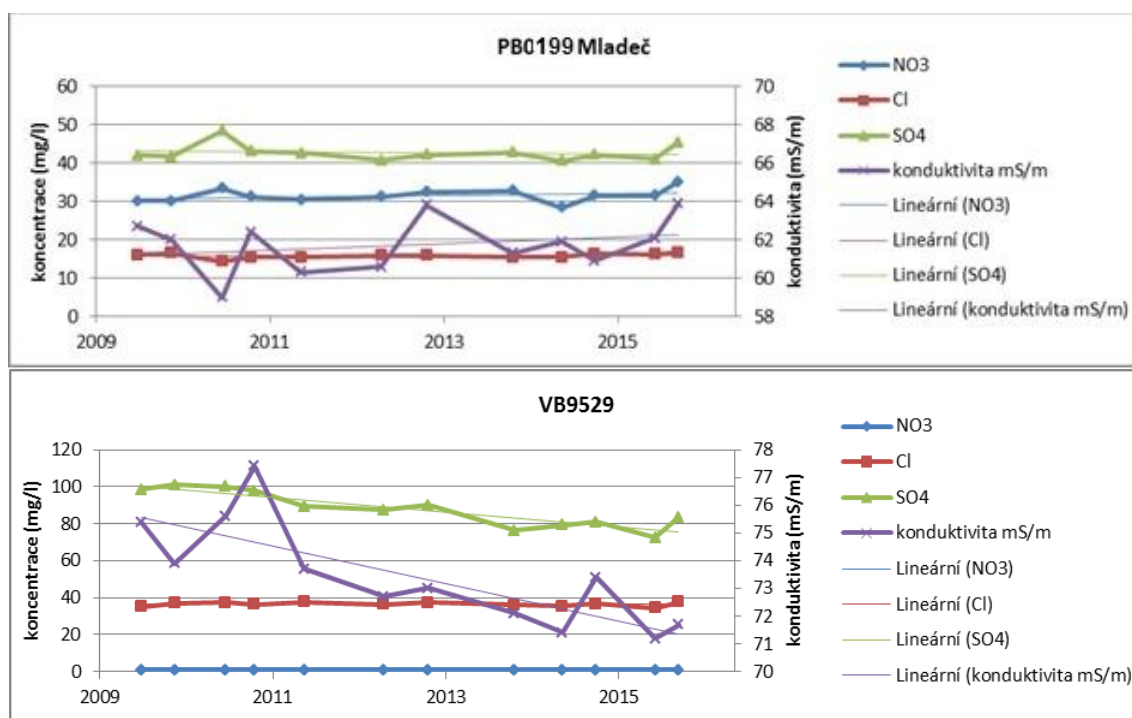
Tab. 7-2. Přehled objektů s časovými řadami chemických analýz v HGR 6640

X	Y	Z (m n. m.)	ČHMÚ	lokalizace	Hodnocené období
-563580	-1106390	230,00	PB0199	Mladeč, V2	2009–2015
-562019	-1107415	238,78	VB9529	Mladeč, 7H001b	2009–2015



Obr. 7-3. Lokalizace objektů s časovými řadami chemických analýz v HGR 6640

Pramen PB0199 (krasová vyvěračka) s krátkou dobou sledování od roku 2009 vykazuje celkem stabilní koncentraci všech hodnocených složek, velmi mírný rostoucí trend vykazuje celková mineralizace. Poměrně vysoké jsou obsahy NO_3 kolem 30 mg/l, oproti tomu u vrtu VB9529 jsou obsahy NO_3 převážně pod mezí detekce (1 mg/l). Vrt vykazuje od roku 2009 poklesový trend obsahu SO_4 i celkové mineralizace, obsahy Cl jsou stabilní a relativně vysoké (ke 40 mg/l).

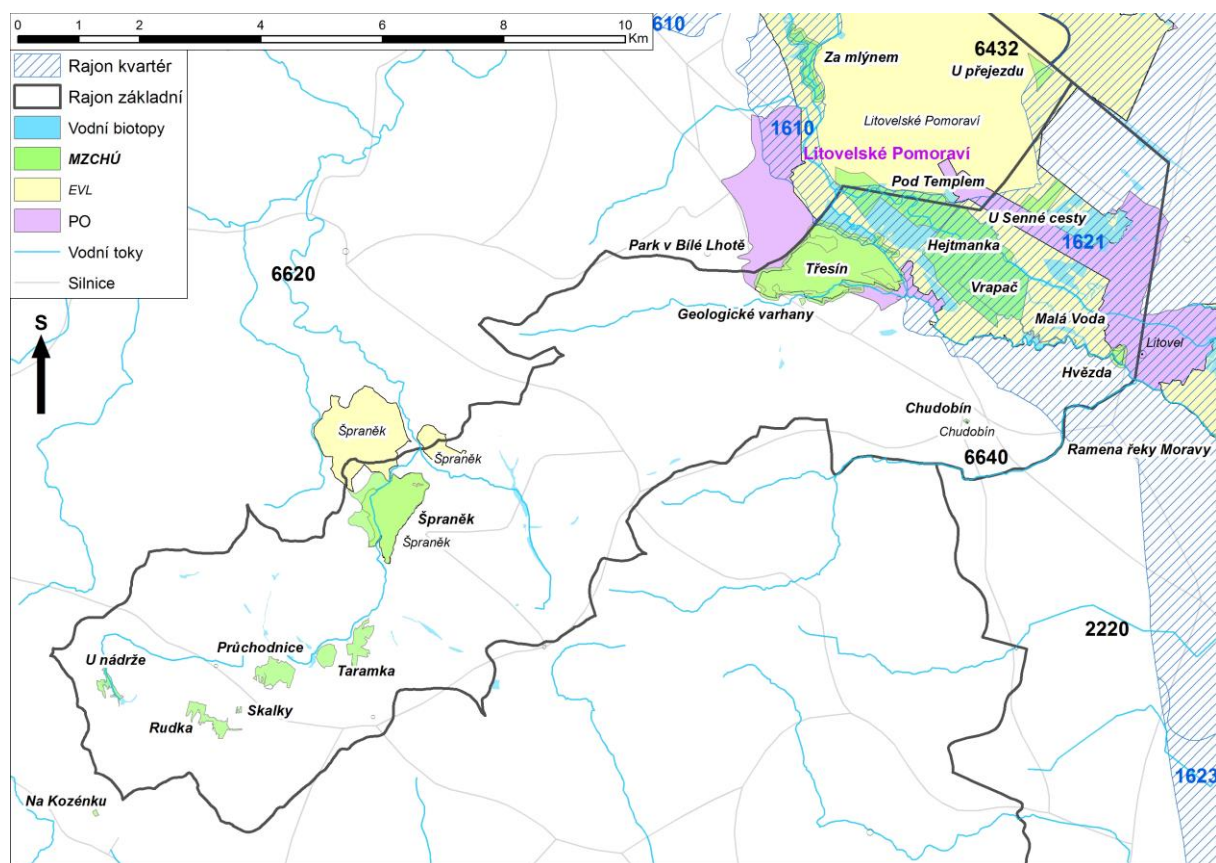
Obr. 7-4. Časové řady koncentrací Cl, NO₃, SO₄ a konduktivity v HGR 6640

8. OCHRANA PŘÍRODNÍCH EKOSYSTÉMŮ

AOPK ČR zpracovala „Vrstvy biotopů s vazbou na vodu v rozsahu detailně hodnocených rajonů + buffer 500 m včetně výběru prioritních území s cennými ekosystémy“. na základě metodiky Lustyk – Guth (2014).

Materiál obsahuje několik vrstev zahrnujících a) vrstvu biotopů vázaných na vodu, b) vrstvu všech maloplošných zvláště chráněných území (MZCHÚ) a tabulku citací předmětů ochrany, c) vrstvu evropsky významných lokalit (EVL) a ptačích oblastí (PO) včetně identifikace těch s předmětem ochrany vázaným na vodu, d) vrstvu MZCHÚ s vazbou na podzemní vodu, a e) prioritní území v péči AOPK ČR s cennými ekosystémy k podrobnějšímu zpracování.

Obrázek 8-1 ukazuje rozmístění jednotlivých maloplošných zvláště chráněných území, evropsky významných lokalit, ptačích oblastí. Seznam MZCHÚ, EVL a PO je uveden i v Tab. 8-1 a Tab. 8-2. Část chráněných území podél toku Moravy náleží vzhledem ke geografické pozici do HGR 1621, který ve východní části překrývá hodnocený HGR 6640. Údolní niva Moravy je významně dotována podzemní vodou z HGR 6640, proto jsou i tato chráněná území zmiňována v rámci HGR 6640.



Obr. 8-1. Vodní biotopy, maloplošná zvláště chráněná území (MZCHÚ), evropsky významné lokality (EVL) a ptačí oblasti (PO) v rozsahu HGR 6640.

Tab. 8-1. Seznam maloplošných zvláště chráněných území v HGR 6640

KOD	KAT	NÁZEV	ROZLOHA (ha)	Rozloha biotopu	%	Orgán ochrany přírody
1584	OP	Hejtmanka*	0,0528	0,0097	18,37	AOPK ČR
1584	PR	Hejtmanka*	112,8109	100,2575	88,87	AOPK ČR
1585	OP	Hvězda*	4,6185	0	0	AOPK ČR
1585	PP	Hvězda*	3,415	0	0	AOPK ČR
5846	OP	Chudobín	0,3777	0	0	krajský úřad
5846	PP	Chudobín	0,058	0	0	krajský úřad
1189	PP	Malá Voda*	3,4882	2,04	58,48	AOPK ČR
5644	PP	Pod Templem	86,8453	33,7103	38,82	AOPK ČR
1013	PR	Průchodnice	20,7566	0	0	krajský úřad
1248	PR	Rudka	13,7022	0	0	krajský úřad
1249	PP	Skalky	0,6043	0	0	krajský úřad
440	NPR	Špraněk	102,2903	1,1395	1,11	AOPK ČR
1078	PP	Taramka	25,4888	0	0	krajský úřad
452	NPP	Třesín	0,8123	0	0	AOPK ČR
1654	OP	Třesín	59,871	5,502	9,19	AOPK ČR
1654	PP	Třesín	144,5434	2,7654	1,91	AOPK ČR
1226	PP	U nádrže	6,7768	3,5435	52,29	krajský úřad
2267	PP	U Senné cesty	18,4296	0,4656	2,53	AOPK ČR
1137	NPR	Vrapač*	79,9185	77,3362	96,77	AOPK ČR

KOD – číselný kód, pod kterým je MZCHÚ vedeno v ÚSOP (Digitálním registru Ústředního seznamu ochrany přírody);
 KAT – kategorie MZCHÚ: OP-ochranné pásmo, PR-přírodní rezervace, NPR-národní přírodní rezervace, NPP-národní přírodní památka, PP-přírodní památka; Rozloha biotopu - uvádí souhrnné rozlohu biotopů s vazbou na podzemní vodu v hektarech, procento - jejich souhrnné plošné procentuální zastoupení v daném území; * geografickou polohou náleží do HGR 1621, ale dotace podzemních vod do údolní nivy Moravy probíhá z HGR 6640.

Tab. 8-2. Seznam evropsky významných lokalit a ptačích oblastí v HGR 6640

KOD	SITECODE	KAT	NÁZEV	ROZLOHA (ha)	PO_vodní	PO_habitat	PO_druh
3221	CZ0713728	EVL	Chudobín	0,0783			
3230	CZ0714073	EVL	Litovelské Pomoraví	9458,565	ano	6410, 8310, 91E0, 91F0	1060, 1061, 1166, 1188, 1337, 1355, 4056
3250	CZ0714080	EVL	Špraněk	270,546	ano	8310	
2310	CZ0711018	PO	Litovelské Pomoraví	9318,66	ano		A229

SITECODE – mezinárodní kód EVL či PO používaný v rámci soustavy NATURA 2000; BIOREG – biogeografická oblast: c = kontinentální, p = panonská; PO – ptačí oblast; PO_vodní – uvádí, zda je v dané EVL předmět ochrany vázaný na vodu; PO_habitat – uvádí, které habitaty jsou předmětem ochrany EVL; PO_druh – uvádí, které druhy jsou předmětem ochrany EVL či PO

8.1. POTENCIÁLNĚ OHROŽENÁ MALOPLOŠNÁ ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ S VAZBOU NA PODZEMNÍ VODU

AOPK ČR spravuje 24 CHKO (včetně PR a PP ležících na jejich území) a dále NPR a NPP mimo území národních parků a vojenských újezdů. Z těchto lokalit, ležících zároveň v zájmovém území,

bylo po odborném posouzení vybráno 48 lokalit, které byly identifikovány jako prioritní z hlediska jejich vazby na podzemní vodu.

Lokalita s vazbou na podzemní vodu jsou potenciálně ohroženy změnami vodního režimu nebo změnou chemismu vod. Obecně lze konstatovat, že rizikový rozsah změny vodního režimu je různý pro jednotlivé biotopy. Komplexní studii, v jakém rozsahu se mají pohybovat optimální parametry vodního režimu jednotlivých biotopů, nemá AOPK ČR k dispozici až na studii Litovelské Pomoraví (Šeda 2013).

Potenciálně ohrožené lokality jsou takové, u kterých je známé nebo předpokládané výraznější přímé ohrožení vodního režimu antropogenními činnostmi. Na těchto lokalitách by bylo vhodné realizovat detailní studie zahrnující monitorování životních poměrů chráněných ekosystémů včetně hydrogeologických analýz s cílem zjistit optimální parametry vodního režimu konkrétně pro toto území.

K chráněným terestrickým ekosystémům závislých na vodách potenciálně ohroženým v důsledku nadměrných odběrů podzemních vod patří území zejména oblasti CHKO Litovelské Pomoraví.

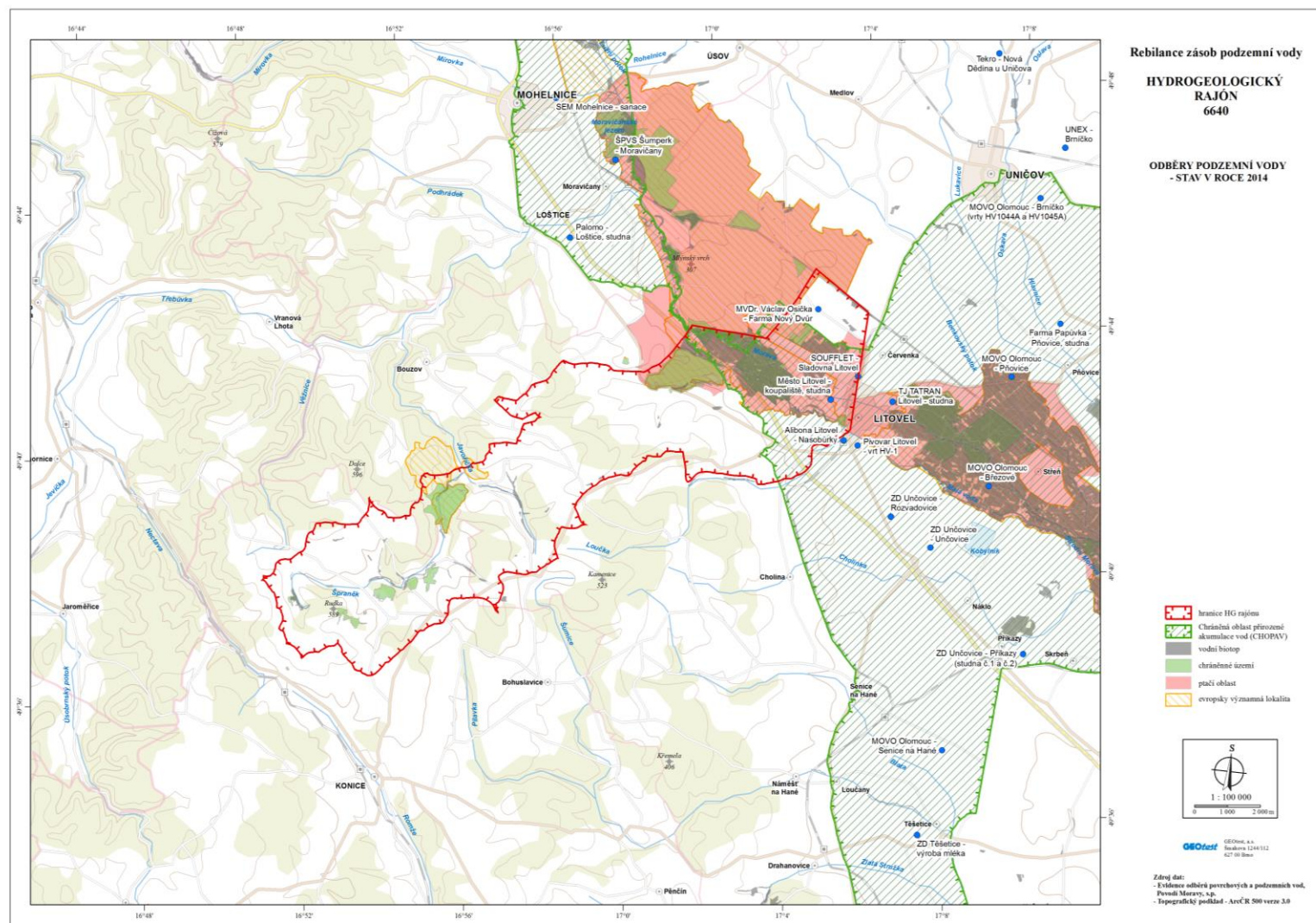
Většina území CHKO Litovelské Pomoraví má silnou vazbu na podzemní vodu. V rámci maloplošných ZCHÚ lze za prioritní označit NPR a PR, které zahrnují biotopy s vazbou na podzemní vodu, celkem 8 MZCHÚ (viz kap. 8.1). Z hlediska charakteru území se jedná o lužní lesy ve vazbě na meandrující tok řeky Moravy a v rámci hodnocené oblasti jde o **NPR Vrapáč**, **PR Hejtmanka**, případně lužní lesy ve výraznější mozaice s bezlesými mokřadními společenstvy, ekosystém přirozeně meandrujícího toku s dynamicky se vyvíjejícími meandry, ostrůvky, říčními náplavy, bočními rameny a navazujícím lužním lesem a mokřadní území s vlhkými loukami, rákosinami a tůňemi. Všechna tato území hostí celou řadu vzácných a ohrožených druhů mokřadní a vodní fauny a flóry.

MZCHÚ se nachází převážně v CHOPAV – Kvartér řeky Moravy a jsou ovlivněná čerpáním podzemních vod z celkem devíti jímacích území (pramenišť). Území CHKO Litovelské Pomoraví je z důvodu ohrožení čerpáním podzemních vod zařazeno v rámci Ramsarské úmluvy do tzv. „Montreux Record“ – seznamu mezinárodně významných mokřadů výrazně ovlivněných lidskou činností. Existuje zde riziko poklesu hladiny podzemní vody na úroveň, která bude mít za následek poškození suchozemských a na vodu vázaných ekosystémů.

Čerpání podzemní vody v JÚ Litovel-Čerlinka (oblast drenáže podzemních vod Mladečského krasu do fluvialních sedimentů Moravy) a ochrana CHKO Litovelské Pomoraví představují citlivou soustavu se vzájemným ovlivněním. Pro rostliny v ekosystémech vázaných na vodu, jako jsou lužní lesy Litovelského Pomoraví, má největší význam kapilárně vázaná voda. Je fyziologicky využitelná a dynamicky přístupná. Fyziologicky přístupná a dynamicky využitelná je i gravitační voda (tj. podzemní voda), která má ovšem velmi vysokou rychlost pohybu a tudíž z nesaturované zóny odtéká velmi rychle a v zóně nasycení je jí zase nadbytek. V zóně saturace jsou všechny póry zaplněny vodou, což je pro rostliny nevyhovující. Dosah kapilárního vztlínání, výška kapilární trásně, se v jednotlivých litologických typech sedimentů zásadně liší.

Vzhledem k situaci, která nastala na počátku 90. let minulého století, kdy při odběru nad 200 l/s došlo k výrazným poklesům hladiny podzemní vody v ekosystému lužního lesa, je nutné nezvyšovat v JÚ Čerlinka odběry podzemní vody nad 160 l/s.

Zachování dostatečné výšky hladiny podzemní vody je nutné zajistit stanovením minimální hladiny podzemní vody tak, aby lesní porosty netrpěly stresem ze sucha. Lze doporučit zpracování manipulačního řádu v JÚ Čerlinka včetně průběžného monitorování hladiny podzemní vody v okolí.



Obr. 8-2. Chráněná území v okolí HGR 6640 a jímání podzemní vody pro vodovody

Následuje stručný popis jednotlivých chráněných území (MZCHÚ, EVL a PO) s vazbou na vodu nebo význačných z geologického hlediska (např. výchozy jednotlivých kolektorů apod.) z veřejně dostupných zdrojů uvedených u každé lokality.

CHRÁNĚNÁ KRAJINNÁ OBLAST LITOVELSKÉ POMORAVÍ

Chráněná krajinná oblast (CHKO) Litovelské Pomoraví na území rajonu zasahuje pouze částečně, do nivních sedimentů řeky Moravy se však část Mladečského krasu odvodňuje. CHKO Litovelské Pomoraví byla zřízena dne 15. listopadu 1990 vyhláškou Ministerstva životního prostředí ČR č. 464/1990 Sb., v údolní nivě řeky Moravy mezi Olomoucí a Mohelnicí. Svou rozlohou 96 km² je CHKO Litovelské Pomoraví pátou nejmenší chráněnou krajinnou oblastí v ČR. Z celkové rozlohy zaujímají lesy 56 %, zemědělská půda 27 % (z toho louky 9,5 %), vodní plochy 8 % a ostatní a zastavěné pozemky 9 %. Nadmořská výška se pohybuje od 210 m n. m. (řeka Morava v Olomouci) do 345 m n. m. (Jelení vrch). Ve středu CHKO Litovelské Pomoraví leží starobylé královské město Litovel, které propůjčilo chráněné krajinné oblasti své jméno.

Posláním CHKO Litovelské Pomoraví je zejména trvale zajišťovat zvýšenou ochranu a ekologicky šetrné obhospodařování krajiny údolní nivy řeky Moravy s mimořádně vysokým soustředěním přírodních hodnot. Chráněná krajinná oblast je rozsáhlé území s harmonicky utvářenou krajinou, charakteristicky vyvinutým georeliéfem, značným podílem přirozených ekosystémů lesních a trvalých travních porostů a hojným zastoupením dřevin.



Obr. 8-3. Výrazné meandry v NPR Ramena řeky Moravy (foto: Jan Vondra, <http://www.cittadella.cz>)

Pro své přírodní hodnoty je CHKO Litovelské Pomoraví součástí evropské soustavy chráněných území NATURA 2000 (oblast CHKO je vyhlášena jako tzv. „ptačí oblast“ s předmětem ochrany ledňáčkem říčním (*Alcedo atthis*), lejskem bělokrkým (*Ficedula albicollis*) a strakapoudem prostředním (*Dendrocopos medius*) a zároveň je tato oblast navržena jako tzv. „evropsky významná

lokalita“ pro některé významné druhy živočichů – např. bobr evropský (*Castor fiber*), vydra říční (*Lutra lutra*), čolek velký (*Triturus cristatus*) nebo kuňka ohnivá (*Bombina bombina*), a pro mnohé z významných biotopů). Mokřadní část Litovelského Pomoraví je od roku 1993 zařazena do Seznamu mezinárodně významných mokřadů Ramsarské konvence.

Nejcennější části území jsou chráněny v 28 maloplošných zvláště chráněných územích. Jádrem CHKO Litovelské Pomoraví a současně hlavní přírodovědný fenomén oblasti tvoří vnitrozemská říční delta (přírodně meandrující tok řeky Moravy, která se větví v řadu bočních stálých i periodicky průtočných říčních ramen, Obr. 8-2) a navazující komplexy cenných lužních lesů, vlhkých nivních luk a mokřadů. Do CHKO Litovelské Pomoraví patří také krasové území vrchu Třesín se známými a veřejnosti zpřístupněnými Mladečskými jeskyněmi a oblast chlumních listnatých lesů Doubrava.

Lužní lesy dnes patří nejen u nás mezi ohrožené typy vegetace. Posledním územím plošně rozsáhlého lužního lesa s dosud nenarušenou přírodní dynamikou řeky je v rámci ČR právě Litovelské Pomoraví. Díky citlivému přístupu našich předků ke krajině se v Pomoraví zachovalo na malém území poměrně velké množství přírodních hodnot. Z důvodu zachovalosti a druhového bohatství lužních lesů s bezprostřední vazbou na přirozený říční tok se řadí k unikátním krajinám v evropském měřítku. Cílem Správy CHKO Litovelské Pomoraví je především zachovat harmonický charakter krajiny nivy řeky Moravy a postupně zlepšovat její nenahraditelné ekologické funkce

(<http://www.cittadella.cz>)

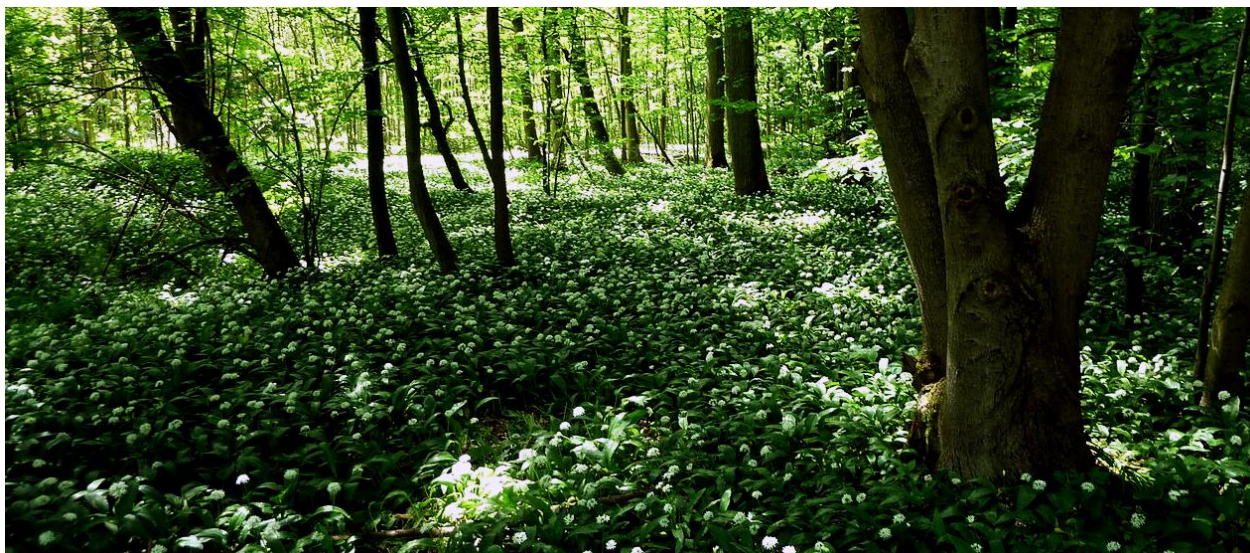
8.2. MALOPLOŠNÁ ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ V HGR 6640

V oblasti drenáže podzemních vod z HGR 6640 v údolní nivě Moravy, která se nachází již v HGR 1621, se vyskytují nejcennější relikty lužních lesů. Na plochu hydrogeologického rajonu (překrytého fluvialními sedimenty) zasahuje CHKO Litovelské Pomoraví - údolní niva řeky Moravy s mimořádně vysokým soustředěním přírodních hodnot jako je NPR Vrapač a evropsky významné lokality a ptačí oblasti v rámci Natura 2000. Chráněná území zasahující do HGR 6640 a i sousedního rajonu HGR 1621, který ve východní části překrývá HGR 6640, jsou znázorněna na obrázku 8-1.

HEJTMANKA

Přírodní rezervace Hejtmanka se nachází v sousedství NPR Vrapač, 3 km západně od města Litovle. Západní hranici rezervace tvoří silnice Nové Zámky-Mladeč. Předmětem ochrany je komplex přirozeného lužního lesa obdobného charakteru jako sousední NPR. Lesem protéká Malá voda, která je jedním z ramen Moravy. Je zde vytvořen systém periodických říčních ramen a tůní.

Narušení koloběhu jarních záplav, které do území přivádějí vodu a živiny, nevhodné lesnické hospodaření, nebo pokles hladiny podzemní vody. Přítomnost expanzivních druhů nepůvodních rostlin. Možností ochrany je zachování nebo obnova přirozeného charakteru toků i mimo rezervaci a CHKO. Výskyt nepůvodních druhů rostlin je potřeba nadále monitorovat a jejich ohniska likvidovat.



Obr. 8-4. Přírodní rezervace Hejtmanka v CHKO Litovelské Pomoraví (foto: Stanislav Rada, CC BY-SA 3.0)

Vzhledem k charakteru a poloze území je jeho fauna prakticky totožná se sousední NPR Vrapač. Výraznější je zde výskyt chráněné žábronožky sněžní, což je dáno celkově větším množstvím tůní v rezervaci. Nejtypičtějším z nich je tůň Hejtmanka, která patří k nejdéle sledovaným v rámci CHKO. Vedle zmíněné žábronožky je pro ni význačný masový výskyt dvou rodů perlooček *Daphnia* a *Simocephalus* a typického blešivce periodických tůní *Synurella ambulans*. Na okrajích lesních porostů pravidelně zastihneme slepýše křehkého a užovku obojkovou. Žije zde jezevec lesní a nepůvodní norek americký.

Většinu rozlohy pokrývá tvrdý luh *Querco-Ulmetum*, na menší louce se vyskytuje degradované stadium vlhké psárkové louhy svazu *Alopecurion pratensis*, kde se před započatím pravidelné řízené péče vyskytoval i bolševník velkolepý a stále zde dominuje kopřiva dvoudomá a další plevelné druhy bylin. Typické je střídání bylinných aspektů jarních neofytů v lese (sněženka podsněžník, bledule jarní, plicník tmavý, prvosenka vyšší, dymnivky, zapallice žluťuchovitá, pižmovka mošusová a další. V letním aspektu dominuje česnek medvědí a kopřiva dvoudomá, vzácně se vyskytuje i krušík polabský.

(<http://virtus.upol.cz>)

PŘÍRODNÍ PAMÁTKA POD TEMPLEM

Soubor polopřirozených a přírodě blízkých vodních, mokřadních, lučních, lesních a křovinných ekosystémů a jejich sukcesních stádií, s výskytem typických i vzácných druhů rostlin a živočichů.

Podloží tvoří kvartérní štěrkopískové sedimenty, na nich leží povodňové sedimenty, na kterých se vyvinuly fluvizemě.

V území plošně převažují lesní porosty, které jsou v nivě Moravy tvořeny jilmovými doubravami s hlavními dřevinami dubem letním, lípou srdčitou a jasanem ztepilým s bujným a druhově bohatým bylinným patrem. Z jara tu kvetou sněženky podsněžníky, sasanky hajní, orseje jarní hlíznaté, dymnivky plné, plicníky tmavé a další rostliny. Mimo říční nivu tvoří lesní porosty černýšové a lipové dubohabřiny, kde stromové patro tvoří habr obecný s dubem zimním nebo letním, lípa srdčitá a částečně i buk lesní. Vzácně se zde vyskytuje jeřáb břek. V bylinném patře lze vidět např. jaterník podléšku, ostrici chlupatou, pryšec mandloňovitý nebo chrastavec křovištní. Luční část území tvoří z

menší části druhově pestré původní psárkové louky, v nichž lze nalézt např. žluťuchu lesklou, tužebník obecný, svízel severní nebo snědek Kochův. V břehových partiích říčních toků je možné vidět výrazné porosty dlouholisté ostrice banátské tvořící spolu s chřasticí rákosovitou tzv. říční rákosiny.



Obr. 8-5. PP Pod Těmlem (<http://www.ochranaprirody.cz>)

V květnu se tu vyskytuje vzácný motýl - jasoň dymnivkový, jehož housenky se živí dymnivkami a dospělí motýli létají v blízkosti lesních okrajů. Žije tu také modrásek bahenní, vázaný na louky s krvavcem totemem, a další druhy motýlů jako např. batolec duhový a bělopásek topolový. Obojživelníci jsou zastoupeni např. skokany štíhlými, ropuchami obecnými, kuňkami obecnými nebo čolky obecnými. Bylo tu zaznamenáno šest druhů netopýrů, konkrétně netopýr parkový, n. rezavý, n. velkouchý, n. vodní, n. vousatý a n. ušatý. V lesních částech území se kromě dalších druhů ptáků vyskytují i strakapoud prostřední a lejsek bělokrký, kteří jsou předmětem ochrany ptačí oblasti Litovelské Pomoraví stejně jako ledňáček říční, kterého můžeme zahlédnout u řeky Moravy.

V roce 1995 byla všechna pole nacházející se na území PP Pod Těmlem převedena na louky. Ty se pravidelně mozaikovitě kosí

(<http://www.ochranaprirody.cz>)

PŘÍRODNÍ REZERVACE PRŮCHODNICE

Poměrně rozsáhlou přírodní rezervaci se nachází nedaleko obce Ludmírov na Kladecku. Byla vyhlášena v roce 1985 na ploše 21,12 ha. Chrání cenný zbytek květnaté vápencové bučiny s příměsí dalších druhů dřevin. Lokalita leží v pruhu devonských vápenců Javoříčsko-mladečského krasu.

V centrální zalesněné části se vypíná 16 m vysoké vápencové bradlo se dvěma průchozími jeskyněmi a na temeni návrší najdeme velký miskovitý závrť.



Obr. 8-6. Jeskyně Průchodnice (foto: Michal Demel, mapy.cz)

Zajímavé jsou také louky a listnaté remízky, kterou jsou sice částečně zkulturněné a sloučí jako občasná pastvina pro skot, ale na některých místech si zachovaly svou původní druhovou skladbu. Velmi vzácně zde roste jalovec obecný (*Juniperus communis*). Na okraji jednoho remízku byl v roce 2010 nalezen silně ohrožený křivavec rolní (*Gagea villosa*), který vzácně roste zejména v teplém Drahanském podhůří a v této nadmořské výšce se vyskytuje díky vápnatému substrátu.

Bučina je nejkrásnější v době jarního aspektu bylin. Nejnápadnější jsou bohaté porosty sněženky podsněžníku (*Galanthus nivalis*), dále zde hojně roste sasanka hajní (*Anemone nemorosa*), dymnivka plná (*Corydalis solida*), bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*) a jaterník podléška (*Hepatica nobilis*). Už vzácnější je křivavec žlutý (*Gagea lutea*), sasanka pryskyřníkovitá (*Anemone ranunculoides*), lýkovec jedovatý (*Daphne mezereum*) a zapalice žluťuchovitá (*Isopyrum thalictroides*). V časně letním období je nápadná kyčelnice cibulkonosná (*Dentaria bulbifera*), vzácnější jsou zástupci čeledi vstavačovitých. Hojněji zde roste hlístník hnízdák (*Neottia nidus-avis*) a okrotice bílá (*Cephalanthera damasonium*), velmi vzácný je naopak vemeník dvoulistý (*Platanthera bifolia*).

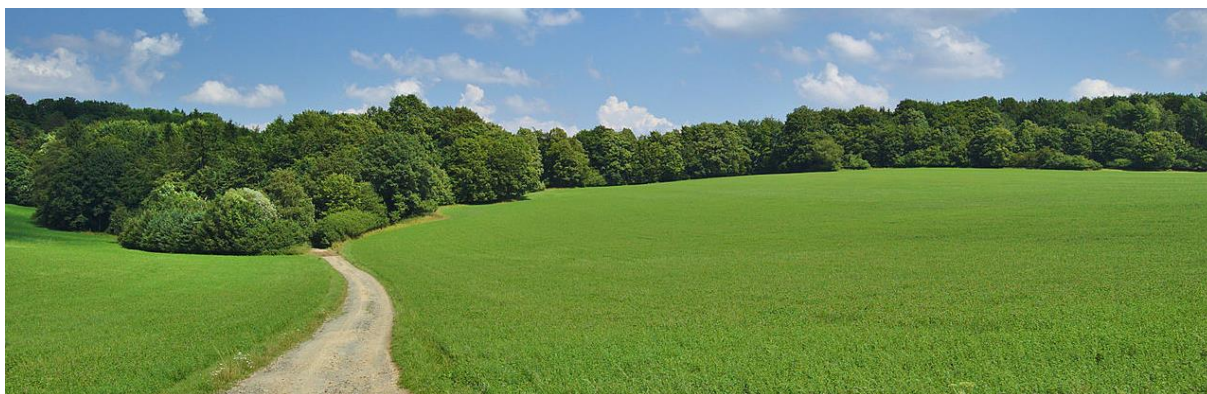
Jeskyně jsou využívány řadou druhů živočichů, především pak netopýry, kterých zde bylo zjištěno 5 druhů. Nejhojnějším z nich je netopýr černý (*Barbastella barbastellus*) a ušatý (*Plecotus auritus*). Jeskyně je významná i archeologickými nálezy. Byly zde zjištěny doklady pobytu magdalénského člověka a řada pozůstatků čtvrtohotní zvířeny (medvěd, lumík, stepokur).

Průchodnice patří k významným rezervacím celého prostějovského regionu. Je cenná jak po stránce přírodovědné, tak krajinářské a spolu s podobnými lokalitami (např. PR Rudka, PP Taramka) spoluvytváří krajinný obraz celého přírodního parku Kladecko.

(<http://www.csophorepnik.estranky.cz>)

PŘÍRODNÍ REZERVACE RUDKA

Přírodní rezervace Rudka byla vyhlášena v roce 1990 na ploše necelých 10 ha v katastrálním území Poníkev a částečně také Ludmírov. Nadmořská výška lokality se pohybuje mezi 510 – 590 m. Leží v Přírodním parku Kladecko asi 1 km severozápadně od Poníkve. Představuje pěknou ukázkou vápnomilných bučin Kladecka s typickým podrostem.



Obr. 8-7. Přírodní rezervace Rudka v CHKO Litovelské Pomoraví (foto: Jiří Komárek, CC BY-SA 3.0)

Chráněné území tvoří protáhlý hřbet, který je součástí rozsáhlejší vápencové oblasti Javoříčského krasu. Má podobné rysy jako v PR Průchodnice včetně jeskynních prostor. Stěny vilémovických vápenců, světle šedých, lavicovitých až masivních, se zvedají nad suťovými svahy.

V jejich okolí nacházíme větší vápencové bloky. Ve hřbetu 1 km sz. od Ponikve tvoří vápencové vrstvy antiklinálu, jejíž osa se uklání k severu. Vápence jsou místy fosiliferní s korálovou, stromatoporovou a krinoidovou faunou.

Jedná se o polokulturní lesy s převahou buku lesního s příměsí habru, smrku ztepilého a dalších druhů. Rostou zde okrotice bílá, korállice trojkланá, bradáček vejčitý a orlíček planý.

Leží ve fytogeografickém podokrese 71a. Bouzovská pahorkatina náleží do mírně teplé klimatické oblasti. Z pohledu vegetačního se jedná o svaz Fagion sylvaticae, asociaci Cephalanthero-Fagetum sylvaticae. Z pohledu mapování biotopů pak o vápnomilnou bučinu přecházející do květnaté bučiny a v jihovýchodní části také do dubohabřiny.

Ve stromovém patře dominuje buk lesní (*Fagus sylvatica*) s příměsí dalších dřevin, místy i smrku ztepilého (*Picea abies*) a častější je pomístně také habr (*Carpinus betulus*). Keřové patro není příliš vyvinuto, více jen na okrajích a lemech se zimolezem pýřitým (*Lonicera xylosteum*) a svídou krvavou (*Cornus sanguinea*). Bylinné patro není vyvinuto také nijak výrazně, zejména ve srovnání s nedalekou PR Průchodnice, prakticky chybí jarní vegetační aspekt. Maloplošně se vyskytuje hrachor jarní (*Lathyrus vernus*), lýkovec jedovatý (*Daphne mezereum*) a samorostlík klasnatý (*Actaea spicata*). Častý je svízel vonný (*Galium odoratum*), břečťan popínavý (*Hedera helix*), ostřice prstnatá (*Carex digitata*), zvonek broskvolistý (*Campanula persicifolia*) a bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*).

Ze zajímavějších druhů letního období lze jmenovat žindavu evropskou (*Sanicula europaea*), vraní oko čtyřlísté (*Paris quadrifolia*), z orchidejí pak okrotici bílou (*Cephalanthera damasonium*), kruštíka šírolistého (*Epipactis helleborine*) a ojedinele také vemeníka dvoulistého (*Platanthera bifolia*). Udáván je i výskyt v regionu vzácné ječmenky evropské (*Hordelymus europaeus*). Skály jsou porostlé mechorosty a ojedinelými bylinami jako je puchýřník křehký (*Cystopteris fragilis*), vlašovičnick větší (*Chelidonium majus*) a sleziník červený (*Asplenium trichomanes*). K největším vzácnostem patří výskyt korállice trojkланé (*Corallorhiza trifida*), která se zde ale vyskytuje nepravidelně, většinou v počtu několika málo rostlin.

Lesní porosty jsou narušené šířením jehličnatých dřevin, místy také těžbou. Nicméně se jedná o regionálně velmi cennou lokalitu a její ochrana formou přírodní rezervace je oprávněná (<http://www.csophorepnik.estranky.cz>; <http://lokality.geology.cz/>)

PŘÍRODNÍ PAMÁTKA SKALKY

Přírodní památka Skalky (0,58 ha) se nachází 0,5 km jižně od obce Ludmírov na severovýchodním zalesněném svahu (497 - 511 m n. m.). Chrání skalnatý výchoz devonských vápenců Javoříčského krasu se zbytkem původního lesního porostu a s chráněnými druhy rostlin. Malé skalnaté návrší je tvořeno soustavou kamenných hald (kamenic), jehož horninový podklad tvoří vilémovické vápence devonského stáří. Vrstvy upadají strmě k západu.



Obr. 8-8. Jeskyně Průchodnice (foto: gyoja, mapy.cz)

V bylinném patře se zde nachází např. konvalinku, kokořík vonný, okrotici bílou, krušík široolistý, orlíček planý, prvosenku jarní, hlišník hnízdák, zvonek klubkatý, zvonek okrouhlolistý (<http://www.turistika.cz>, <http://lokality.geology.cz>).

NÁRODNÍ PŘÍRODNÍ REZERVACE ŠPRANĚK

Obr. 8-9. Největší skalní okno na Moravě v masivu Zkamenělého zámku (foto: Michaela Hodulíková, <http://www.cittadella.cz>)

Národní přírodní rezervace Špraněk byla vyhlášena v roce 1949, nachází se jihozápadně od Javoříčka a její současná rozloha je 28,7 ha. Rezervaci tvoří zalesněný vrch Špraněk s útvary krasového původu a rozsáhlým systémem bohatě zdobených jeskyní a vzácnou teplomilnou květenou. Nadmořská výška se pohybuje od 388 m do 539 m n. m. (vrch Špraněk).

Jedná se o území typicky vyvinutého krasu, ve kterém se vyskytují ponory, škrapy, závrtky, skalní brána, propast a rozsáhlá jeskynní soustava. Bradlo devonských vápenců vyčnívá z okolního území, které je budované nadložními kulmskými břidlicemi a drobami.

Převážnou část rezervace pokrývají lesy. Nejrozšířenějším typem jsou vápnomilné bučiny, v jejichž podrostu najdeme ostřici prstnatou (*Carex digitata*), okrotici bílou (*Cephalanthera damasonium*), svídu krvavou (*Cornus sanguinea*), svízel lesní (*Galium sylvaticum*), břečťan popínavý (*Hedera helix*) a další. Ve stromovém patře převládá buk lesní (*Fagus sylvatica*). Vedle květnatých bučin jsou v území rozšířeny i suťové a roklínové lesy, kde najdeme z dřevin mimo buku také javor mlč (*Acer platanoides*), j. klen (*Acer pseudoplatanus*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a lípu velkolistou (*Tilia platyphyllos*). Částečně jsou zde zastoupeny i květnaté dubohabrové lesy, pro něž jsou typické habr obecný (*Carpinus betulus*), konvalinka vonná (*Convallaria majalis*), hrachor jarní (*Lathyrus vernus*) a prvosenka jarní (*Primula veris*). Květenu stěn skalního masivu tvoří druhy skalních štěrbin a stinných bazických skal, mj. puchýřník křehký (*Cystopteris fragilis*) nebo pýchava vápnomilná (*Sesleria caerulea*). Na výslunných stanovištích s mělkým půdním profilem byl zaznamenán výskyt lomikamene trojprstého (*Saxifraga tridactylites*). Velké množství z druhů vyšších rostlin (celkově zjištěno 300) náleží ke zvláště chráněným, vzácným a ohroženým nejen v regionu, ale i v rámci ČR. Mimo již uvedené to jsou např. skalník celokrajný (*Cotoneaster integerrimus*), strdivka sedmihradská (*Melica transsylvanica*), tolita lékařská (*Vincetoxicum hirundinaria*), lilie zlatohlávek (*Lilium martagon*), kostřava sivá (*Festuca pallens*) a violka divotvárná (*Viola mirabilis*). Na území je doložen výskyt 40 druhů jätrovek – kýlnatka drsná (*Scapania aspera*) a k. vápencová (*S. calcicola*) – a mechů – hájovka chluponosná (*Cirriphyllum piliferum*), sádečník zakřivený (*Homomallium incurvatum*) a loděnka smáčkla (*Taxiphyllum depressum*).

Jeskyně jsou největším zimovištěm letounů v České republice, zejména kriticky ohroženého vrápence malého (*Rhinolophus hipposideros*). Dále zde zimují kriticky ohrožení: netopýr brvitý (*Myotis emarginatus*), netopýr černý (*Barbastella barbastellus*), netopýr velký (*Myotis myotis*), silně ohrožení netopýr vodní (*Myotis daubentonii*), netopýr ušatý (*Plecotus auritus*) a další. Mezi nejzajímavější druhy měkkýšů patří bohatá populace zdobenky tečkované (*Delima ornata*), druhu z jihovýchodních Alp, žijí tu i zrnovka žebernatá (*Pupilla sterri*), žitovka obilná (*Granaria frumentum*), skelníčka průzračná (*Vitrea diaphana*), kuželovka skalní (*Pyramidula rupestris*) a další.

Podzemní systém Javoříčských jeskyní vytváří komplikovaný komplex chodeb, domů a propastí. Byly vytvořeny v ostrůvku devonských vápenců a na jejich vývoji se podílel tok Špraněk. Jeskyně má krásnou krápníkovou výzdobu, jejíž bohatost vyniká zejména ve dvou prostorách – Suťovém domě a Dómu gigantů, který patří k našim největším prostorám s nejbohatší krápníkovou výzdobou. Podstatná část jeskynních prostor byla objevena již v roce 1938. Další partie pak byly objevovány především v padesátých letech. V současné době jsou známy přibližně 4 km chodeb, z nichž 788 m je zpřístupněno veřejnosti. Území je zdrojem četných paleontologických nálezů.

Chráněným územím vedou značené turistické trasy a byla zde obnovena i naučná stezka. Skalní brána pod Zkamenělým zámekem je největším útvarem svého druhu na Moravě. NPR Špraněk je v rámci připravované soustavy Natura 2000 součástí Evropsky významné lokality Špraněk.

(<http://www.cittadella.cz>)

NÁRODNÍ PŘÍRODNÍ PAMÁTKA TŘESÍN

Chráněné území bylo na Třesíně vyhlášeno již roku 1933 a do kategorie NPP a PP byla lokalita přehlášena v roce 1993. Památka leží v katastrálních územích Mladeč a Měník. Rozloha NPP je cca 1 ha, Přírodní památka Třesín má asi 143 ha.

Památku tvoří převážně zalesněný vrch Třesín (344,9 m n. m.) s povrchovými krasovými jevy a jeskynními systémy. Zde vyvinuté Mladečské jeskyně jsou paleontologické a archeologické naleziště evropského významu. Významnými zástupci jeskynní fauny je několik druhů zde každoročně zimujících netopýrů. V chráněném území se nacházejí fragmenty přirozených listnatých lesních porostů (bučiny). Lokalita je severní hranicí výskytu některých na Moravě se vyskytujících teplomilných bylin.



Obr. 8-10. Čertův most na Třesíně (foto: Jan Vrbický, <http://www.cittadella.cz>)

Hrást'ovitý hřbet Třesína tvoří silně zkrasovělé devonské vápence, místy překryty sprašemi a v nivě kvartérními štěrky. Zlomovým svahem spadá do průlomového údolí Moravy. Na výchozech vápenců jsou vyvinuty povrchové krasové jevy jako závrtý, škrapy, prudké skalnaté srázy nad údolní nivou. Rozsáhlý jeskynní systém Mladečských jeskyní, vytvořený ponornými vodami Hradečky a Rachavy ve třech patech, není dosud zcela prozkoumán. Na severním úpatí Třesína vyvěrá 5 krasových pramenů tzv. Řimické vyvěračky. Půdním typem jsou rendziny a fluvizemě.

Na Třesíně se vyskytují rostlinná společenstva řady méně obvyklých syntaxonů. Jsou to například černýšová dubohabřina *Melampyro nemorosi-Carpinetum*, břeková doubrava *Sorbo torminalis-Quercetum* a vápnomilná bučina *Cephalanthero-Fagetum*. Pro Třesín je charakteristický zejména výskyt kalcifilních druhů, z těch nejvzácnějších jmenujme okrotici bílou (*Cephalanthera damasonium*) či okrotici dlouholistou (*Cephalanthera longifolia*). Na jižních expozicích roste řada teplomilných druhů. Severní hranici rozšíření na Moravě zde má mj. růže keltská (*Rosa gallica*), rozchodník bílý (*Sedum album*) a vousatka prstnatá (*Bothriochloa ischaemum*).

Na severních chladných a zastíněných skalních svazích naopak nalezneme druhy podhorské, mj. věsenku nachovou (*Prenanthes purpurea*). Dalšími zajímavými druhy území jsou osladič přehlížený (*Polypodium interjectum*), medovník velkokvětý (*Melittis melissophyllum*), čísteček přímý (*Stachys recta*), běložárka větevnatá (*Anthericum ramosum*) a pryšec mandloňovitý (*Tithymalus amygdaloides*). Ze vzácnějších druhů dřevin se zde vyskytuje jeřáb břek (*Sorbus torminalis*).

O fauně bezobratlých jsou pouze kusé údaje. Byl zde zjištěn výskyt 33 druhů suchozemských měkkýšů. Druhy vázané na vápencové skalky reprezentuje skalnice kýlnatá (*Helicigona lapicida*). Ve vyvěračkách žije praménka rakouská (*Bythinella austriaca*). Ve starém sadu na jihozápadním úbočí se v posledních letech objevila kudlanka nábožná (*Mantis religiosa*). Jeskyně jsou pravidelným zimovištěm netopýrů velkých (*Myotis myotis*), n. vodních (*M. daubentonii*), n. brvitý (*M. emarginatus*), černých (*Barbastella barbastellus*), n. ušatý (*Plecotus auritus*) a vrápence malého (*Rhinolophus hipposideros*), který má ve správní budově jeskyni i letní kolonii.

Na staré listnaté porosty Třesína jsou vázáni lejsek malý (*Ficedula parva*), holub doupňák (*Columba oenas*), datel černý (*Dryocopus martius*). Dále zde žijí obě barevné formy veverky obecné (*Sciurus vulgaris*), ježek západní (*Erinaceus europaeus*), krtek obecný (*Talpa europaea*) a jezevec lesní (*Meles meles*).

Chráněným územím vede značená turistická trasa, na které jsou umístěny panely 5,5 km dlouhé naučné stezky. V území se nacházejí veřejnosti přístupné Mladečské jeskyně s nálezy pleistocenní fauny. Toto archeologické naleziště evropského významu proslulo především objevem tzv. mladečského člověka aurignacienské kultury, nejstaršího známého člověka moderního typu v Evropě. Podobné nálezy jsou ve střední a východní Evropě ojedinělé. Jeskyně „Ve štolě“ slouží speleoterapii. Území NPP Třesín je součástí EVL a PO Litovelské Pomoraví v soustavě Natura 2000.

(<http://www.cittadella.cz>)

PŘÍRODNÍ PAMÁTKA U NÁDRŽE



Obr. 8-11. Přírodní památka U nádrže, okres Prostějov (foto: Jiří Komárek, CC BY-SA 3.0)

Zvláště chráněné území najdeme nad vodní nádrží u Kladek (obr. 8-10). Z větší části je zalesněné, ale nachází se zde také zajímavá luční společenstva. Nejcennější je svahová loučka mezi lesy, v posledních letech pravidelně kosená. Roste zde mečík střežovitý (*Gladiolus imbricatus*), ostřice odchýlná (*Carex appropinquata*) a prstnatec májový (*Dactylorhiza majalis*). Zajímavý je výskyt olešníku kmínolistého (*Selinum carvifolia*), který je na Drahanské vrchovině dosti vzácný. Izolovaný výskyt zde má vrba pětimužná (*Salix pentandra*), která roste už jen ve vrcholových partiích u Pavlova a Horního Štěpánova. Poměrně nedávno zde rostl také kruštík bahenní (*Epipactis palustris*), jako na jediné lokalitě na okrese Prostějov. Protože je to druh náročný na světlo (heliofyta), tak pravděpodobně tato populace zanikla v náletu křovin. Naposledy zde byl pozorován v roce 1996.

Z dalších zajímavějších druhů zde roste upolín nejvyšší (*Trollius altissimus*), starček potoční (*Tephrosia crispa*), kozlík dvoudomý (*Valeriana dioica*) a žluťuchu orlíkolistou (*Thalictrum aquilegifolium*). Zjištěn byl také krtičník křídlatý (*Scrophularia umbrosa*), vzácnější druh, který je na Prostějovsku rozšířen hlavně v nejnižších polohách.

Nejcennější loučka se od doby vyhlášení velmi změnila, mimo jiné i nevhodným způsobem managementu. Přesto si území zachovalo některé přírodní hodnoty a území je nutné chránit i nadále (<http://www.csophorepnik.estranky.cz>)

PŘÍRODNÍ PAMÁTKA U SENNÉ CESTY



Obr. 8-12. Přírodní památka U Senné cesty (<http://chranene-uzemi.sije.cz>)

Přírodní památka U Senné cesty o rozloze 18,51 ha se nachází mezi obcemi Nové Zámky a Nový Dvůr, zhruba 2 km na severozápad od města Litovel v okrese Olomouc.

Je zde naleziště vzácných a ohrožených rostlinných druhů ve fragmentu ekosystémů smíšeného lesa (obr. 8-11). Na vyvýšených partiích nivy, starších terasách a na kulmských horninách se zde vyskytují dubohabrové háje. Na bohatších půdách jsou květnaté, s převahou habru (*Carpinus betulus*), babyky (*Acer campestre*), dubu zimního (*Q. petraea*) a podrostem podobným tvrdému luhu, na živinami chudších vlhkých půdách převažuje typ s lípou srdčitou (*Tilia cordata*), dubem letním a ostřicí třeslicovitou (*Carex brizoides*), přecházející až do kyselých doubrav s bezkolencem rákosovitým (*Molinia arundinacea*). Z chráněných rostlin se zde vyskytuje: upolín nejvyšší, mečík střežovitý a kosatec sibiřský.

NÁRODNÍ PŘÍRODNÍ REZERVACE VRAPÁČ

Obr. 8-13. Užovka obojková (*Natrix natrix*, foto: Zdeněk Patzelt, <http://www.cittadella.cz>)

Národní přírodní rezervace Vrapáč byla vyhlášena v roce 1989, nachází se na pravém břehu řeky Moravy, asi 1 km severovýchodně od obce Mladeč, 2 km západně od města Litovel a její rozloha je 80,69 ha. Nadmořská výška v rezervaci dosahuje 236–237 m n. m. Předmětem ochrany území je výskyt přírodě blízkého ekosystému lužního lesa se soustavou periodicky zvodňovaných odstavených říčních ramen na kontaktu s neregulovaným úsekem řeky Moravy, se zastoupením charakteristických i ohrožených druhů planě rostoucích rostlin a volně žijících živočichů. Existence přírodě blízkých lužních lesů navazujících na vodohospodářsky neupravený tok řeky s přirozeným záplavovým režimem je ve středoevropských podmínkách ojedinělým jevem.

NPR náleží podle geomorfologického systému do provincie Západní Karpaty, soustavy Vněkarpatské sníženiny, celku Hornomoravský úval. Údolní terasa řeky Moravy je tvořena štěrkopísky wurmského až holocénního stáří o mocnosti 4–6 m, jež jsou překryty povodňovými hlínami o mocnosti až 3 m. V podloží údolní terasy leží štěrkopískové sedimenty z období mindel-risského interglaciálu. Tyto vrstvy nasedají na starší mindelské fluviolakustrinní sedimenty, které jsou tvořeny většinou písčitými šterky s polohami písčitých jílu a jílu. V podloží kvartérních sedimentů leží sedimenty neogenní, dosahující místy mocnosti 200–250 m.

Území je odvodňováno řekou Moravou, která v krátkém úseku nad rezervací není vodohospodářsky upravena. Morava je páteřní řekou CHKO Litovelské Pomoraví. V NPR na hlavní tok navazuje systém periodicky průtočných ramen zaplavovaných při jarních povodních.

Přirozenou vegetací NPR jsou lužní lesy. Ve stromovém patře přírodě blízkých porostů převládá dub letní (*Quercus robur*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), dále je zastoupena lípa srdčitá (*Tilia cordata*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), javor babyka (*Acer campestre*), vtroušeně se vyskytuje jilm vaz (*Ulmus laevis*) a jilm habrolistý (*Ulmus minor*). V podrostu najdeme česnek medvědí (*Allium ursinum*), dymnivku dutou (*Corydalis cava*), křivatec žlutý (*Gagea lutea*), sasanku hajní (*Anemone nemorosa*) a sasanku pryskyřníkovitou (*Anemone ranunculoides*), sněženku podsněžník (*Galanthus nivalis*) a desítky dalších druhů.

V četných periodických tůňích se vyskytují korýš žábřonožka sněžní (*Siphonophanes grubii*) a listonoh jarní (*Lepidurus apus*). Vedle řady dalších vodních bezobratlých jsou na tůňě vázaní i obojživelníci, např. skokan hnědý (*Rana temporaria*) a čolek obecný (*Triturus vulgaris*). Z plazů najdeme ještěrku živorodou (*Zootoca vivipara*), slepýše křehkého (*Anguis fragilis*) či užovku obojkovou (*Natrix natrix*). Bylo prokázáno hnízdění 34 druhů ptáků, ze vzácnějších mj. strakapoud

prostřední (*Dendrocopos medius*), datel černý (*Dryocopus martius*), lejsek šedý (*Muscicapa striata*). Na řece Moravě pravidelně přebývá např. ledňáček říční (*Alcedo atthis*) a pisík obecný (*Actitis hypoleucos*). NPR patří k nejcennějším lokalitám s výskytem letounů v CHKO Litovelské Pomoraví. Byl zaznamenán výskyt netopýra vodního (*Myotis daubentonii*), n. rezavého (*Nyctalus noctula*) a n. večerního (*Eptesicus serotinus*).

Národní přírodní rezervace Vrapač je v územním systému ekologické stability součástí nadregionálního biocentra Litovelské Pomoraví-sever jako jedno z jeho „jádrových území“. Lokalita je součástí lužní části CHKO Litovelské Pomoraví, zařazené v roce 1993 do Seznamu mezinárodně významných mokřadů Ramsarské konvence. NPR Vrapač je v rámci připravované soustavy Natura 2000 součástí návrhu Evropsky významné lokality Litovelské Pomoraví a Ptačí oblasti Litovelské Pomoraví.

(<http://www.cittadella.cz>)

9. STŘETÝ ZÁJMŮ

VYHODNOCENÍ KVANTITATIVNÍHO STAVU ÚTVARŮ PODZEMNÍCH VOD

Maximální povolené odběry podzemních vod ve výši 311 l/s v HGR 6640 překračují přírodní zdroje (srov. s kap. 10.). V rajonu bylo určeno využitelné množství jako celkový objem jímané podzemní vody. Využitelné množství je tedy dáno výší odběrů, které jsou uskutečňovány z puklinově-krasové zvodni. Přiřazení vodních zdrojů do HGR 6640 je nutné revidovat. Do rajonu je nutné zařadit i velmi významné JÚ Litovel-Čerlinka (oblast drenáže podzemních vod Mladečského krasu do fluvialních sedimentů Moravy).

OCHRANA PODZEMNÍCH VOD

Ochrana podzemních vod v hydrogeologickém rajonu je na úrovni obecné ochrany, platné pro celé území a pak specifické ochrany pro odběry podzemních vod hromadného zásobování v ochranných pásmech vodních zdrojů. Rámcová směrnice o vodě požaduje ochranu všech útvarů podzemních vod bez ohledu na jejich využití a vzhledem k regionálnímu charakteru hodnocení nemá smysl hodnotit jednotlivá ochranná pásma vodních zdrojů.

Z hlediska zranitelnosti podzemních vod lze HGR 6640 v rozhodující míře přiřadit k územím s vysokým až velmi vysokým rizikem znečištění, zahrnujícím krasový a krasově-puklinový kolektor. Kvalita podzemních vod je negativně ovlivňována antropogenními vlivy. Kromě bodových zdrojů znečištění, které jsou reprezentovány sídlištními aglomeracemi a jejich odpadními produkty, průmyslovými a zemědělskými objekty, představuje významný zdroj znečištění rovněž plošná aplikace hnojiv a ochranných látek zemědělské výroby s negativním dopadem na kvalitu podzemních vod.

Kvantitativní ohrožení je způsobováno umělými zásahy do přírodního režimu tvorby, oběhu a regenerace zásob podzemních vod, jejichž následkem může být například snížení infiltrace, omezení nebo rozptýlení podzemní vody apod. Kvalitativní ochrana zahrnuje opatření zabráňující kontaminaci podzemních vod znečišťujícími látkami. Kvalitativní i kvantitativní ochrana podzemní vody v rajonu musí být zajišťována účinnými opatřeními v případě ohrožení zdejšího území povodněmi.

TĚŽBA SUROVIN

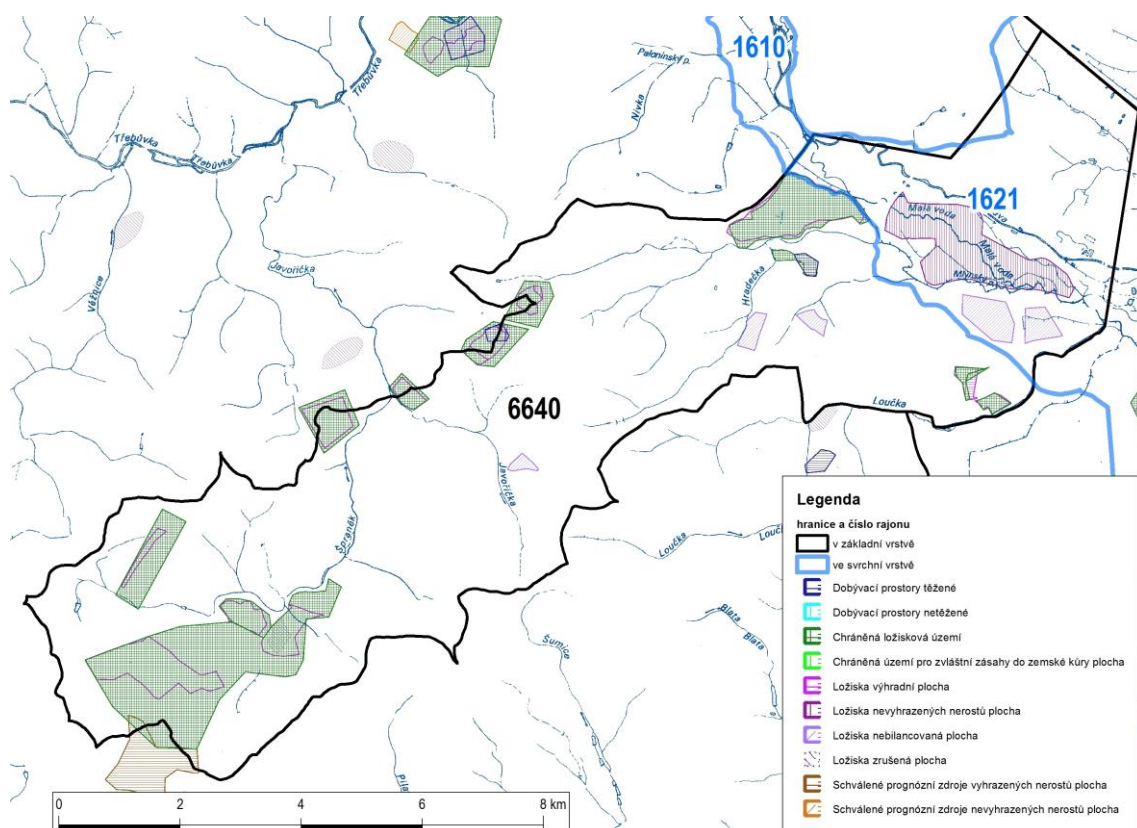
Infiltrační oblast je významně dotčena těžbou vápenců. V současnosti je využíváno k těžbě vápenců výhradní ložisko Skalka – Měrotín. Vzhledem ke střetu těžebních a vodohospodářských zájmů je zde těžba regulována.

Tab. 9-1: Dobývací prostory v HGR 6640

ID	Název	Surovina	nerost	Využití	Organizace	IČ
60379	Hvozdečko	Vápenec	vysokoprocentní vápenec	v průzkumu, otvírce	Agir spol. s r.o., Petrovice	45797358
60289	Měrotín	Vápenec	vápenec	těžené	Vápenka Vitoul s.r.o., Mladeč	

Tab. 9-2: Chráněná ložisková území dle registru ČGS (Surovinový informační systém)

ID	Název	Surovina
14880200	Mladeč - Třesín	Vápenec
18010000	Hvozdečko	Vápenec
18010100	Kovářov u Bouzova	Vápenec
6400000	Střemeničko	Vápenec
23270000	Ponikev I.	Vápenec
6620000	Skalka - Brodka	Vápenec
9300000	Ludmírov	Křemenná surovina pro speciální skla
6390000	Kadeřín	Vápenec
6410000	Ludmírov I.	Vápenec



Obr. 9-1. Ložiska a dobývací prostory na území HGR 6640 (Surovinový informační systém ČGS)

ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ A JEJICH VZTAH K OVĚŘENÝM ZÁSOBÁM PODZEMNÍCH VOD

Zdroje znečištění byly hodnoceny v hydrogeologickém rajonu jako plošné znečištění ze zemědělství (dusičnany a pesticidy), plošné znečištění z atmosférické depozice (vybrané kovy a polyaromatické uhlovodíky) a nakonec bodové znečištění ze starých kontaminovaných míst (vybrané kovy, polyaromatické uhlovodíky, chlorované uhlovodíky). Vlastní hodnocení plošných zdrojů znečištění se provádělo jednak na nezávislém vyhodnocení údajů o významných zdrojích znečištění a jejich ověření na základě monitoringu jakosti podzemních vod a následném vyhodnocení chemického stavu. Prakticky to znamená, že pokud vyšlo z monitoringu nevyhovující hodnocení příslušných polutantů, ale zdroj nebyl prokázán, nebyl zdroj znečištění označen za významný. Stejně tak, pokud byl zjištěn významný zdroj znečištění, ale naměřené koncentrace nepřekračovaly limit, ani tehdy nelze zdroj

považovat za významný, nicméně by bylo vhodné prověřit reprezentativnost umístění monitorovacího objektu. V případě významného zdroje znečištění, ale neexistence dat z monitoringu bylo doporučeno doplnit sledování (viz kapitola optimalizace monitoringu).

Chemický stav podzemní vody v HGR 6640 podle hodnocení chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí v ČR (Prchalová et al. 2013) je celkově nevyhovující, vlivem obsahu pesticidů, hliníku, amonných iontů v podzemní vodě a staré ekologické zátěže. V rajonu se vyskytuje stará ekologická zátěž, která způsobuje nevyhovující stav rajonu z důvodu obsahu těžkých kovů a chlorovaných uhlovodíků.

Tab. 9-3. Chemický stav pracovní jednotky (upraveno podle Prchalová et al. 2013)

ID PRJ	ID pracovní jednotky	664001176
ID útvaru	ID útvaru podzemních vod	66400
Plocha PRJ (km ²)	Plocha pracovní jednotky podzemních vod v km ²	74,6
Stav PVZ	Chemický stav pracovní jednotky pro recipient podzemní voda (C dobrý, N nevyhovující, U nehodnoceno - nejsou data)	N
Stav SEKM	Chemický stav pracovní jednotky pro staré zátěže (N nevyhovující)	N
SEKM kontaminant	Kontaminující látky ve starých zátěžích, způsobujících nedosažení dobrého chemického stavu	Hg, Pb, PCE
Počet zátěží	Počet starých zátěží v pracovní jednotce, způsobujících nevyhovující chemický stav	1
Chem. stav celkem	Chemický stav pracovní jednotky (C vyhovující, N nevyhovující, U nehodnoceno)	N
Stoupající trend	V pracovní jednotce se vyskytuje stoupající trend (A ano)	
Stoupající trend ukazatel	Ukazatel stoupajícího trendu	
Potenciální trend	V pracovní jednotce se vyskytuje potenciální trend (A ano)	
Potenciální trend ukazatel	Ukazatel potenciálního trendu	
Trend celkem	V pracovní jednotce se vyskytuje potenciální nebo stoupající trend (S - stoupající, P - potenciální, S,P - stoupající i potenciální)	

VZTAH SOUČASNÉHO VYUŽITÍ ZÁSOB PODZEMNÍCH VOD K ÚZEMNĚ PLÁNOVACÍ DOKUMENTACI.

Podle výsledků vodohospodářské bilance, prováděné každoročně podniky Povodí i podle hodnocení kvantitativního stavu, stupeň odebíraného množství podzemních vod odpovídá přírodním zdrojům. Plány eventuálního rozvoje vodárenských odběrů jsou obsaženy v Plánech rozvoje vodovodů a kanalizací (PRVKÚ ČR) z roku 2010, které představují střednědobou koncepci oboru vodovodů a kanalizací do roku 2015. Tyto dokumenty jsou zpracovány po jednotlivých krajích ([http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/plany-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci-prvku-cr/plan-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci-ceske.html](http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/plany-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci/prvku-cr/plan-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci-ceske.html)), eventuální požadavky na nové odběry však často nejsou podloženy cíleným hydrogeologickým průzkumem. Stejně tak by v případě realizace těchto požadavků bylo nutné zohlednit kromě výsledků vodohospodářské bilance také výsledky hodnocení kvantitativního stavu podzemních vod.

STŘETÝ S OCHRANOU PŘÍRODY

Významné limity jsou v oblasti nastaveny z důvodu ochrany přírody. V oblasti drenáže podzemní vody v údolní nivě Moravy se vyskytují nejcennější relikty lužních lesů. Na plochu hydrogeologického rajonu (překrytého fluvialními sedimenty) zasahuje CHKO Litovelské Pomoraví - údolní niva řeky Moravy s mimořádně vysokým soustředěním přírodních hodnot jako je NPR Vrapač a evropsky významné lokality a ptačí oblasti v rámci Natura 2000. V oblastech, kde

zkrasovělé vápence vystupují na povrch terénu - NPP Třesín a NPR Špraněk je nutné uvažovat o potenciálním riziku znečištění.

Limitujícím prvkem pro rajon je v oblasti drenáže (východní ukončení rajonu) zachování dobrého stavu lužních lesů CHKO Litovelké Pomoraví. Vzhledem k situaci, která nastala na počátku 90. let minulého století, kdy při odběru nad 200 l/s došlo k výrazným poklesům hladiny podzemní vody v ekosystému lužního lesa, je nutné nezvyšovat v JÚ Čerlinka odběry podzemní vody nad max. 160 l/s. Zachování dostatečné výšky hladiny podzemní vody je nutné limitovat minimální hladinou podzemní vody, která zajistí, aby lesní porosty netrpěly stresem ze sucha. Vhodné je i zpracování manipulačního řádu v JÚ a průběžný monitoring hladiny podzemní vody v JÚ a jeho okolí.

10. PŘÍRODNÍ ZDROJE A VYUŽITELNÉ MNOŽSTVÍ PODZEMNÍCH VOD

Přírodní poměry významné z hlediska ocenění přírodních zdrojů podzemních vod v HGR 6640 přehledně shrnuje tabulka 10-1.

Tab. 10-1. Přírodní charakteristiky

položka	Charakteristika	Kód	Popis
3.5.	Kód litologického typu	7	vápence
3.6.	Typ a pořadí kolektoru	9	nevymezený
3.9.	Dělitelnost rajonu	A	lze dělit
3.11.	Kód typu propustnosti	K	puklinově–krasová
3.12.	Hladina	V	volná
3.13.	Transmisivita (m ² /s)	1	vysoká >1 · 10 ⁻³
3.14.	Kód kategorie mineralizace (g/l)	2	0,3–1
3.15.	Kód kategorie chemického typu podzemních vod	1	Ca – HCO ₃
	Plocha rajonu (km ²)		74,6

Rajon není hodnocen ve vodohospodářské bilanci. Pro sestavení plánů povodí byly ve VÚV (Olmer 2006) pro HGR 6640 vyčísleny dlouhodobé hodnoty přírodních zdrojů ve výši 250 l/s v 50% zabezpečení.

10.1. VÝSLEDKY OCENĚNÍ PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ PODZEMNÍCH VOD

Přírodní zdroje podzemních vod byly stanoveny na základě těchto vstupních informací:

- mediánu základního odtoku stanoveného hydrologickým modelem BILAN
- navýšeného o influkci povrchových toků do krasového systému, tzn. o část povrchového odtoku
- archivní data, především z dlouhodobých čerpacích zkoušek
- režimní měření podzemních a povrchových vod.

Tab. 10-2. Hodnoty přírodních zdrojů pro referenční období 1981–2010

zabezpečení	l/s
50 %	235

10.2. DISPONIBILNÍ MNOŽSTVÍ PODZEMNÍCH VOD

I přes poměrně malý plošný rozsah hydrogeologického rajonu se jedná o významnou drenážní strukturu, jejíž hlavní vodárenský význam spočívá v dotaci plioleistocenního HGR 1621.

Využitelné zdroje

Využitelné množství podzemních vod je takové množství podzemní vody, které je možné racionálně využít z hydrogeologického kolektoru nebo ze zvodněného systému, aniž dojde k negativnímu ovlivnění podzemních vod anebo okolního životního prostředí; při stanovení využitelného množství podzemní vody se po celkové analýze hydrogeologických poměrů vychází z možností jímání podzemní vody, určených hydraulickými parametry příslušného prostředí a výši disponibilních přírodních, popř. indukovaných či umělých zdrojů podzemní vody a zásob podzemní vody a její kvality, z rozboru ekonomických a technických možností jímání a s přihlédnutím k ekologické a sociální situaci v posuzovaném území a příslušným právním hlediskům (Krásný et al. 2012)

Hodnota využitelného množství se v HGR 6640 pohybuje okolo 190 l/s. Tato hodnota vychází z reálných odběrů v rajonu, které ovšem zahrnují i podíl indukované kvarterní vody z HGR 1621. Přesný poměr nelze stanovit, protože se během roku mění poměr výše odběrů podzemní vody z puklinově–krasového kolektoru HGR 6640 a kvarterního kolektoru HGR 1621. **Využitelné množství podzemní vody je ověřené dlouhodobým využíváním a respektuje požadavky na zachování dostatečné vodnosti na podzemní vodě závislých chráněných ekosystémů**

Maximální povolené odběry podzemních vod ve výši 311 l/s v rajonu překračují přírodní zdroje podzemních vod. V hydrogeologickém rajonu 6640 bylo určeno využitelné množství jako celkový objem jímání podzemní vody. Využitelné množství je tedy dáno výší odběrů podzemní vody, které jsou uskutečňovány z puklinovo–krasového kolektoru. Do rajonu je zapotřebí zařadit i velmi významné jímací území (JÚ) Litovel – Čerlinka, neboť leží v oblasti drenáže podzemních vod HGR 6640 do fluvialních sedimentů Moravy. V různých databázích je JÚ řazeno do HGR 6640 nebo HGR 1621.

V místech, kde pliocenní sedimenty, představující izolátor mezi kolektory devonu a kvartéru, nepřekrývají členitý povrch devonu beze zbytku, dochází při vyšším tlaku krasové podzemní vody k jejímu skrytému odvodnění do kvartérních sedimentů. Tento jev podmiňoval i funkci původního zakrytého krasového pramene Čerlinka v současném JÚ u Litovle. Jímací území Litovel – Čerlinka se nachází v místě hlavního odvodnění HGR 6640.

Střety zájmů v důsledku odběrů podzemní vody

Maximální povolené odběry podzemních vod ve výši 311 l/s v rajonu překračují přírodní zdroje podzemních vod. V hydrogeologickém rajonu 6640 bylo určeno využitelné množství jako celkový objem jímání podzemní vody. Využitelné množství je tedy dáno výší odběrů podzemní vody, které jsou uskutečňovány z puklinovo–krasového kolektoru. Do rajonu je zapotřebí zařadit i velmi významné jímací území (JÚ) Litovel – Čerlinka, neboť leží v oblasti drenáže podzemních vod HGR 6640 do fluvialních sedimentů Moravy. V různých databázích je JÚ řazeno do HGR 6640 nebo HGR 1621. Pro JÚ existují dvě povolení k nakládání s vodami.

I přes poměrně malý plošný rozsah hydrogeologického rajonu se jedná o významnou drenážní strukturu, jejíž hlavní vodárenský význam spočívá v dotaci plioleistocenního HGR 1621.

Významné limity jsou v oblasti nastaveny z důvodu ochrany přírody. V oblasti drenáže podzemní vody v údolní nivě Moravy se vyskytují nejcennější relikty lužních lesů. Na plochu hydrogeologického rajonu (překrytého fluvialními sedimenty) zasahuje CHKO Litovelské Pomoraví - údolní niva řeky Moravy. Vzhledem k situaci, která nastala na počátku 90. let minulého století, kdy při odběru nad 200 l/s došlo k výrazným poklesům hladiny podzemní vody v ekosystému lužního lesa, je nutné nezvyšovat v JÚ Čerlinka odběry podzemní vody nad max. 160 l/s. Zachování dostatečné výšky

hladiny podzemní vody je nezbytné zajistit prostřednictvím minimální hladiny tak, aby lesní porosty netrpěly stresem ze sucha a průběžným monitorováním hladin.

Infilační oblast je významně dotčena těžbou vápenců. V současnosti je využíváno k těžbě vápenců výhradní ložisko Skalka – Měrotín. Vzhledem ke střetu těžebních a vodohospodářských zájmů je zde těžba regulována.

KOMENTÁŘ

Cílem projektu Rebilance zásob podzemních vod bylo potvrzení vzniku a formování podzemních vod v rámci hranic HGR 6640, včetně určení limitů pro vodárenskou exploataci. Hydrogeologický rajon 6640 Mladečský kras byl vyčleněn v rámci nové rajonizace z původního rajonu 662 Kulm Dražanské vrchoviny. I přes poměrně malý plošný rozsah se jedná o významnou strukturu, jejíž hlavní vodárenský význam spočívá v dotaci plioleistocenního rajonu 1621.

Zahrnuje z velké části zakrytou krasovou strukturu, vymezenou rozšířením devonu západně od Litovle. Devonské sedimenty vystupují na povrch uprostřed spodnokarbonských hornin v přerušovaném pruhu od Ludmírova na JZ po Mladeč na SV. Území rajonu je tvořeno různými sedimenty, z nichž hydrogeologicky nejvýznamnější jsou vápence. Posledním povrchovým výskytem vápenců na SV je Třesín u Mladče. Krasová struktura pokračuje dále k SV, kde se noří pod pliocenní a kvartérní sedimenty Hornomoravského úvalu (HGR 1621 Plioleistocén Hornomoravského úvalu – severní část). Hranici mezi infiltračním územím a odvodňovací základnou můžeme vést paralelně s tokem Moravy. Hranice rajonu probíhá sz. od Červenky. Jihozápadní část rajonu z. od vojtěchovské poruchy je odvodňována do rajonu 6620 Kulm Dražanské vrchoviny a nepodílí se na komunikaci s dalšími oblastmi rajonu 6640. HGR 6640 tak lze v souladu se stěžejními hydrogeologickými pracemi rozdělit na dvě oblasti:

a) oblast jz. od vojtěchovské poruchy, kde se předpokládá drénování krasových vod zpět do povrchových toků a

b) oblast sv. od vojtěchovské poruchy, ze které zčásti odtékají vody do HGR 1621 a do JÚ Čerlinka (Starobová 1978 atd.).

Plocha oblasti a) dosahuje 20,8 km², plocha oblasti b) dosahuje 53,8 km². Přírodní zdroje podzemní vody pro obě tyto oblasti budou posouzeny zvlášť.

Z hlediska tvorby podzemní vody ve vápencích infiltrací je významná i skutečnost, že sv. část rajonu je překryta sedimenty kvartéru a nemůže být tedy dotována srážkami.

Propustnost komplexu devonských hornin je puklinovo-krasová, je vyšší než propustnost okolních hornin a současně dochází především na vápencích k vyšší infiltraci srážek. Jako u většiny karbonátů lze předpokládat střídání silně zvodněných poloh s privilegovaným prouděním podzemní vody a úseků s nepatrným zvodněním, kterému odpovídají bloky vápenců s privilegovanou krasovou propustností až bloky s velmi nízkou puklinatostí.

K doplňování podzemní vody dochází především:

- ztrátami povrchové vody v tocích, které dodávají krasu vodu odtékající z přilehlého nekrasového povodí,
- vsakem atmosférických srážek, spadlých přímo na vápence,
- drenáží na tektonickém styku vápenců s horninami spodního karbonu a dotací karbonátové platformy (vápenců) z nadložních hornin.

V místech, kde pliocenní sedimenty, představující izolátor mezi kolektory devonu a kvartéru, nepřekrývají členitý povrch devonu beze zbytku, dochází při vyšším tlaku krasové podzemní vody k jejímu skrytému odvodnění do kvartérních sedimentů. Tento jev podmiňoval i funkci původního zakrytého krasového pramene Čerlinka v současném jímacím území u Litovle. Jímací území Litovel – Čerlinka se nachází v místě hlavního odvodnění HGR 6640.

Výpočet přírodních zdrojů

Pro regionální bilanční hodnocení má rozhodující význam stanovení velikosti dlouhodobých přírodních zdrojů podzemní vody. Jejich ztotožnění s podzemním odtokem vychází z dlouhodobě měřených údajů o výši celkového odtoku ve vodních tocích, odvodňujících příslušný hodnocený hydrogeologický útvar, kterým může být příslušný rajon nebo jeho část. K získání reprezentativních hodnot podzemního resp. základního odtoku je považováno období minimálně 10 let.

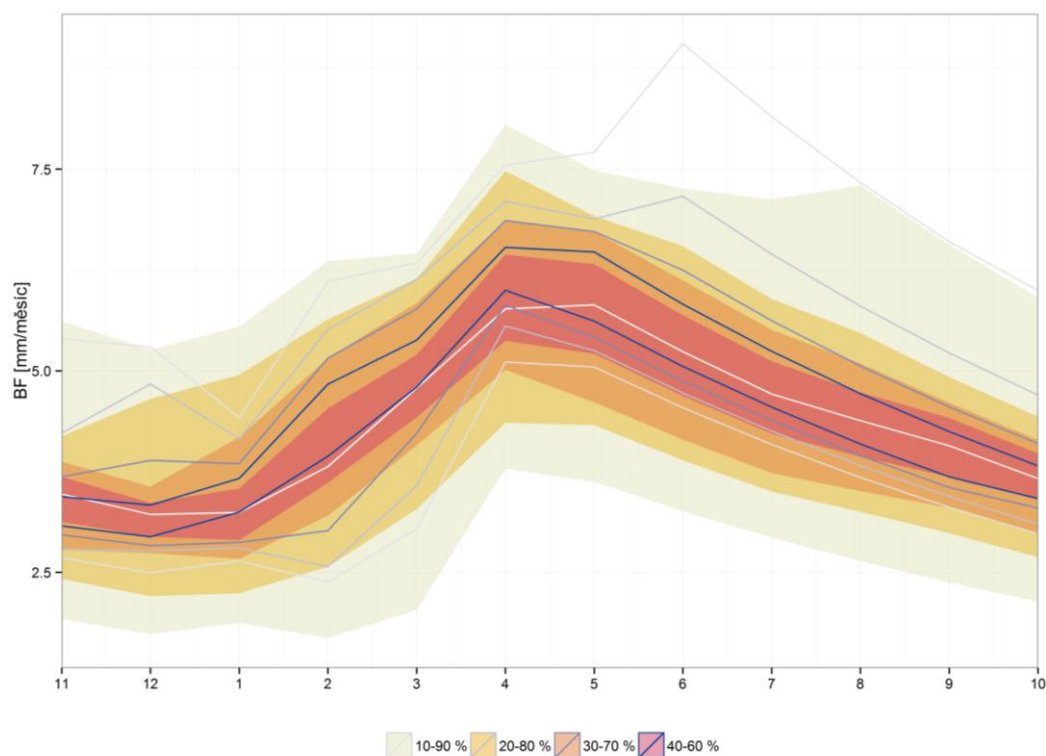
Pro výpočet využitelného množství podzemních vod v rajonech byly k dispozici výsledky zpracování stacionárního a transientního hydraulického modelu, sestavené pro desetileté období od 1.1.2001 do 31.12.2010 včetně, s měsíčním krokem pro změnu parametrů modelu, což představovalo 120 jednotlivých časových úseků. Následně byly srovnávány s hydrologickým modelem BILAN zpracovávaným VÚV, sestavenými pro 30 leté referenční období od 1.1.1981 do 31.12.2010 včetně, s měsíčním krokem pro změnu parametrů modelu.

Modelem BILAN byl v rajonu 6640 stanoven základní odtok pro období 1981-2010 v průměrné roční výši v Tab. 10-3.

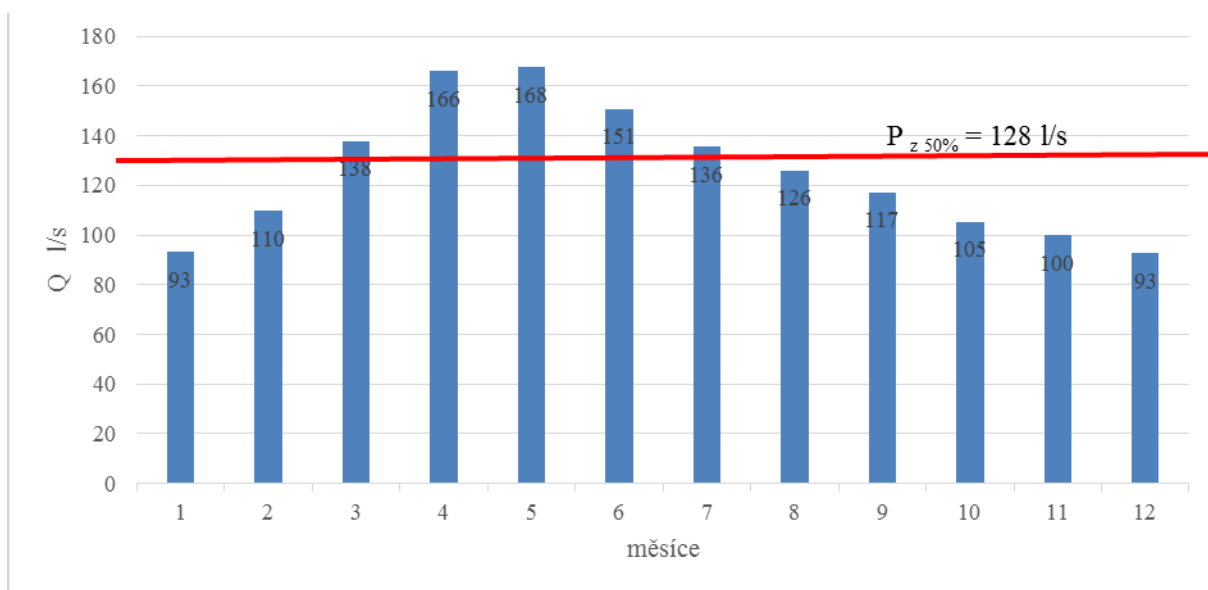
Tab. 10-3. Základní odtok pro období 1981-2010 stanovený z modelu BILAN

zabezpečení	mm/rok	l/s.km²	l/s
50%	52,2	1,72	128
80%	37,7	1,20	89

V období 2001-2010 je základní odtok v 50% zabezpečení 1,66 l/s.km², odtok v 80% zabezpečení 1,42 l/s.km². Na Obr. 10-1 je uvedeno pravděpodobnostní rozložení základního odtoku dle hydrologického modelu BILAN. Přepočtené rozložení odtoku v měsících na plochu rajonu vyjadřuje Obr. 10-2, sestavený podle výsledků modelu BILAN za období 2001-2010.



Obr. 10-1. Rozložení odtoku v měsících podle výstupů z modelu BILAN
Plné plochy odpovídají období 1981-2010, čáry období 2001-2010 HGR 6640.



Obr. 10-2. Přepočtené průměrné hodnoty infiltrace stanovené modelem BILAN na plochu rajonu

Hodnoty určené modelem Bilan pro HGR 6640 jsou v souladu s hodnotami celkového i základního odtoku určeného ČHMU pro povodí v ČR se stejným ročním úhrnem srážek. Analýza průměrných úhrnů srážek a odtoků ze 138 povodí v celé ČR za období 1971-2000 ukázala, že existuje velmi těsná závislost mezi průměrným ročním úhrnem srážek a celkovým odtokem, resp. srážky a s nimi poměrně těsně korelující faktory (evapotranspirace apod.) determinující do velké míry celkový odtok, bez

ohledu na typ hornin na celém území ČR. Pro roční srážkový úhrn ve výši 600 mm, který odpovídá HGR 6640 se celkový odtok v dalších dlouhodobě monitorovaných povodích pohybuje mezi 2,3-3,7 l/s.km².

Hydrologický model Bilan vyčleňuje základní odtok. Uvažování pouze hodnot základního odtoku podceňuje celkové zdroje vody pro HGR 6640, kde většinu plochy rajonu tvoří povodí toků, které se z části (Špraněk a Javoříčka) či z většiny (Rachava) ztrácí do podzemí a dotaci podzemní vody tak tvoří nejen základní odtok ale zčásti i odtok celkový. Proto jsou zdroje podzemní vody v HGR 6640 vyšší než základní odtok odvozený modelem Bilan. Na druhou stranu nemohou být v rámci hranic HGR 6640 zdroje podzemní vody vyšší než celkový odtok, který činí na základě modelu Bilan 3,4 l/s.km² a tedy 255 l/s (1981-2010), resp. 3,7 l/s.km² a tedy 278 l/s za období 2001-2010.

Numerické modelování proudění podzemní vody v programu Modflow (hydraulický model) bylo jedním z dalších způsobů ověření velikosti zdrojů podzemní vody. Modelování komplikovala nejistota v geometrii propustných cest (krasových kanálů), která není známa a není možné ji snadno stanovit. Hydraulickou vodivost krasového prostředí nebylo možné přesně určit z nezávislých dat a byla zjišťována z kalibrace hladin podzemní vody. Zásadní nejistotou je pak nepřítomnost objektů se známou hladinou podzemní vody. Ve vrtech v krasových kanálech jsou hladiny podzemní vody často zavěšené nad regionální hladinu podzemní vody. Tyto nejistoty nebylo možné v rámci projektu odstranit, protože v krasovém prostředí rajonu nelze tyto údaje získat z omezeného počtu existujících vrtů. Hydraulický model tak mohl být kalibrován pouze na základě hladin podzemní vody ve vrtech ve vývěrové oblasti, tj. v nepatrné části modelového řešení, což vede k významným nejistotám. V modelovém řešení byl použit nadhodnocený specifický základní odtok 7 l/s.km² což je výrazně vyšší hodnota než reálně možný celkový odtok. Údaje o celkovém protékaném množství vody rajonem 520 l/s podle hydraulického modelu je nutné považovat za výrazně nadhodnocené oproti realitě. Proto i představa o přetékání podzemní vody do HGR 1621 v množství 370 l/s (nad rámec 120 l/s směřující do jímacího území Čerlinka a těsného okolí) je možné považovat za nevěrohodné. O přetékání do HGR 1623 neexistuje v současnosti žádný důkaz.

Na základě detailního rozboru starších odhadů přírodních zdrojů podzemní vody ze stěžejních hydrogeologických prací ze zájmové oblasti (např. roční provozní čerpací zkoušky – Starobová 1983, tříleté režimní měření průtoku vodních toků – Starobová 1978, numerický model – Šeda a kol. 2013) a nezávislého odhadu sestaveného na základě vztahu mezi odebíraným množstvím podzemní vody a vydatností sledovaného pramene Řimických vyvěraček, **lze stanovit přírodní zdroje podzemní vody JÚ Čerlinka na 200-300 l/s v závislosti na stavech podzemních vod** (resp. včetně indukovaných zdrojů vody z kvartérního kolektoru).

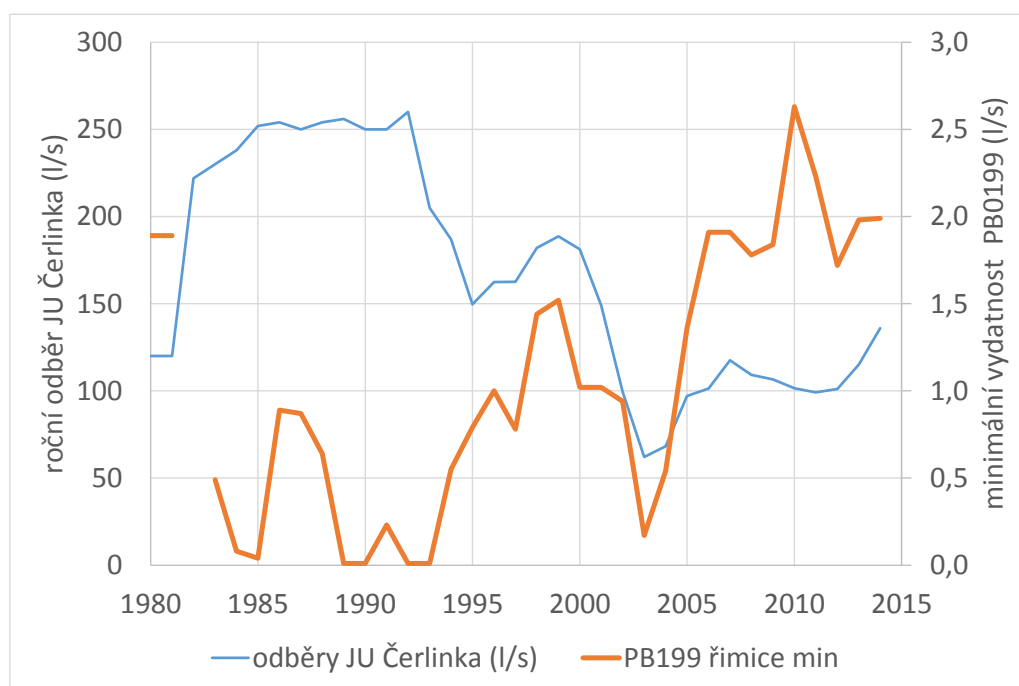
Všichni stěžejní práce s výjimkou hydraulického modelu (Beránek a kol. 2015) odhadovaly přítok z vápenců HGR 6640 do JÚ Čerlinka na 145-196 l/s. **Celkový ustálený přítok do JÚ Čerlinka je v některých obdobích průkazně nižší než 250 l/s** jak ukázalo nedosažení ustálení v poklesu hladiny podzemní vody během roční provozní čerpací zkoušky v 80. letech minulého století (detaily viz Starobová 1983). Při nízkých stavech vody **klesají celkové přírodní zdroje podzemní vody JÚ Čerlinka na 200 l/s** (občasné zapadání pramene PB0198 při čerpání přesahující tuto hodnotu). Přírodní zdroje podzemní vody z vápenců HGR 6640 určené hydraulickým modelem (Beránek a kol. 2015) na 490 l/s jsou v rozporu s hodnotami těchto zdrojů stanovenými ve všech stěžejních hydrogeologických pracích. Výstupy hydraulického modelu z roku 2015 se opírají o kalibraci hladin podzemní vody jen v drenážní oblasti a nahodnocené dotaci podzemní vody ze srážek. Proto nelze považovat výstupy numerického modelu za věrohodné.

Z výše uvedeného je zřejmé, že povolený odběr 267 l/s z JÚ Čerlinka v suchých obdobích jednoznačně přesahuje přírodní zdroje podzemní vody a povolený odběr podzemní vody by měl být snížen. I při čerpání 200 l/s bude docházet v suchých obdobích ke snižování hladiny podzemní vody v nivě Moravy oproti současnému stavu, kdy se odběry podzemní vody pohybují jen na úrovni 120-150 l/s.

Přírodní zdroje HGR 6640 lze stanovit jako součet oblastí (a) a (b) a tedy 35 a 200 l/s (tedy celkem 235 l/s) s tím, že část těchto přírodních zdrojů je indukovaná infiltrace z toku do JÚ Čerlinka, kterou však dostupnými prostředky nelze separovat. V případě plochy (a) se jedná o průměrné hodnoty základního odtoku, v případě plochy (b) se jedná o hodnoty za suchých období. Celkové množství je v souladu s celkovým odtokem určeným modelem BILAN.

Za využitelné zdroje podzemní vody pro HGR 6640 lze považovat 80% přírodních zdrojů podzemních vod a tedy pro oblast (a) 28 l/s a pro oblast (b) 160 l/s, tedy celkem 188 l/s, resp. po zaokrouhlení 190 l/s.

Přesnější stanovení přírodních zdrojů podzemních vod pro JÚ Čerlinka je možné jen na základě dlouhodobé čerpací zkoušky a současného detailního monitorování hladin podzemních a povrchových vod v širším okolí, monitorování chemizmu podzemních vod a dalších environmentálních stopovačů v říční nivě okolo jímacího území. Z průběhu chemizmu a environmentálních stopovačů v podzemní vodě jímacích objektů lze rozlišit podíl říční vody z kvartérních sedimentů a limitní množství podzemní vody přitékající z krasového prostředí.



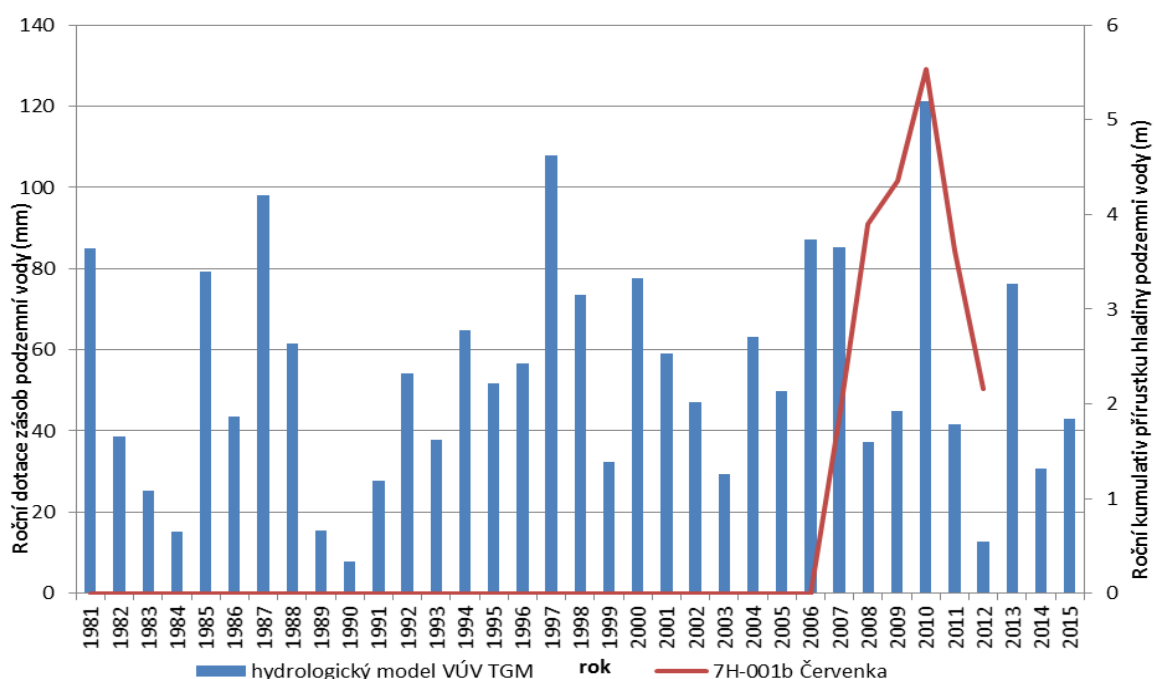
Obr. 10-3. Průběh ročních průměrných odběrů podzemní vody z JÚ Čerlinka a hodnoty minimální vydatnosti pramene PB0199 (Řimické vyvěračky)

O limitech množství přírodních zdrojů podzemních vod v HGR 6640 svědčí i skutečnost, že v období nejvyšších odběrů v JÚ Čerlinka v letech 1982 až 1993 (nad 200 l/s) došlo k významnému poklesu

hladiny podzemní vody v pozorovacím vrtu ČHMÚ VB 43 – vrt VB9529, který je situován na pravém břehu Moravy), a významnému snížení vydatnost pozorovaného pramene PB0199 (Řimické vyvěračky – viz Obr. 10-3).

Graf na Obr. 10-4 podává srovnání roční dotace zásob podzemní vody z výsledků hydrologického modelu BILAN s vyjádřením ročních kumulativů přírůstků hladiny podzemní vody, měřených na vrtu pozorovací sítě ČHMÚ.

Měření na vrtu 7H-001b jsou prováděna od roku 2007. Z kumulativu přírůstku hladiny podzemní vody je zřejmé, že tvorba zásob podzemní vody v rajonu probíhá výrazně komplikovaněji, než jen prostou infiltrací srážek. V suchých letech 2008 a 2009 se zřejmě projevila dotace podzemní vody z let 2006 a 2007.



Obr. 10-4. Srovnání dotace podzemních vod na základě modelu BILAN a ročních kumulativů přírůstků hladiny podzemní vody ve vrtu 7H-001b

Čerpání podzemní vody v JÚ Litovel - Čerlinka a ochrana CHKO Litovelské Pomoraví představují citlivou soustavu se vzájemným ovlivněním. Pro rostliny v ekosystémech vázaných na vodu, jako jsou lužní lesy Litovelského Pomoraví, má největší význam kapilárně vázaná voda. Je fyziologicky využitelná a dynamicky přístupná. Fyziologicky přístupná a dynamicky využitelná je i gravitační voda (tj. podzemní voda), která má ovšem velmi vysokou rychlost pohybu a tudíž z nesaturované zóny odtéká velmi rychle a v zóně nasycení je jí zase nadbytek. V zóně saturace jsou všechny póry zaplněny vodou, což je pro rostliny nevyhovující. Dosah kapilárního vztlínání, výška kapilární trásně, se v jednotlivých litologických typech sedimentů zásadně liší.

Kolísání hladiny podzemní vody není zásadní v případě, že hladina podzemní vody je napjatá. V případě, že dojde ke změně napjaté hladiny podzemní vody na volnou – nad hladinou vznikne ve štěrcích nesaturovaná – provzdušněná – zóna, je kapilární vztlínání přerušeno, část kapilární vody vyteče do hydrogeologického kolektoru a část vody zůstane jako zavěšená kapilární voda v nivních hlínách. V závislosti na intenzitě evapotranspirace dojde postupně k spotřebování této zavěšené kapilární vody a tím k vysušení nivních hlín.

Míru kapilárního vztlínání a tedy vztah mezi podzemní a kapilární vodou by měl být objektivně změřen pomocí dostupných technologií (vlhkost TDR, sací tlak-tenzometry).

Posouzení hodnoty využitelného množství k zachování minimálního zůstatkového průtoky podle metodiky Mrkvičková-Balvín (2013) je však v rajonu vzhledem ke krasové propustnosti irelevantní.

Z hlediska zranitelnosti podzemních vod lze HGR 6640 v rozhodující míře přiřadit k územím s vysokým až velmi vysokým rizikem znečištění, zahrnujícím krasový a krasovo-puklinový kolektor.

Návrhy

Pro sledování přírodních zdrojů podzemních vod je doporučeno pokračovat v pozorování objektů ČHMÚ - hydrogeologického vrtu VB9529 a pramene PB0199 nazývaném Řimické vyvěračky. U vrtu VB9529 (7H-001b) byla stanovena signální hladina pro hodnocení vývoje přírodních zdrojů podzemní vody (Tab. 10-4). Vzhledem k absenci dlouhodobého monitoringu podzemní vody v krasové struktuře je navrženo přiřadit ke sledování další existující 4 průzkumné vrty uvedené v Tab. 10-5.

Tab. 10-4. Referenční vrt s navrženou signální hladinou v HGR 6640 a jeho základní charakteristiky

označení objektu	ČHMÚ	lokalita	monitorovaný kolektor	hloubka	odměrný bod	signální hladina
				m	m n. m	m n. m.
7H-001b	VB9529	Červenka (Mladeč)	devon	16,25	237,71	235,00

Tab. 10-5. Hydrogeologické vrty v HGR 6640 navržené k monitorování přírodních zdrojů podzemních vod

označení objektu	lokalita	X	Y	odměrný bod	hloubka
				m n. m	m
HJ1104	Červenka	1105704,40	558859,00	236,92	74,00
HJ1107	Červenka	1106862,20	560776,80	237,40	45,00
HJ-7	Červenka	1106904,90	561214,90	236,77	50,00
HJ-4	Bílá Lhota	1107644,90	565223,50	276,20	300,00

11. ZÁVĚR

HGR 6640 Mladečský kras zahrnující z velké části zakrytou krasovou strukturu o ploše 75 km² je i přes poměrně malý plošný rozsah významná drenážní struktura, jejíž hlavní vodárenský význam spočívá v dotaci plioleistocenního HGR 1621.

- Dlouhodobé **přírodní zdroje podzemních vod v HGR 6640** pro referenční období 1981–2010 **dosahují cca 235 l/s** s 50% zabezpečeností.
- **Využitelné množství podzemních vod se pohybuje okolo 190 l/s.** Tato hodnota vychází z reálných odběrů v rajonu, které ovšem **zahrnují i podíl kvarterní vody z HGR 1621.** Využitelné množství podzemní vody je ověřené dlouhodobým využíváním a respektuje požadavky na zachování dostatečné vodnosti na podzemní vodě závislých chráněných ekosystémů.
- Maximální povolené odběry podzemních vod ve výši 311 l/s v HGR 6640 přesahují přírodní zdroje.
- K doplňování podzemní vody dochází především ztrátami povrchové vody v tocích, které dodávají krasu vodu odtékající z přilehlého nekrasového povodí, vsakem atmosférických srážek, spadlých přímo na vápence a drenáží na tektonickém styku vápenců s horninami spodního karbonu a dotací karbonátové platformy (vápenců) z nadložních hornin.
- Do rajonu je nutné zařadit jímací území (JÚ) Litovel-Čerlinka, neboť leží v oblasti drenáže podzemních vod HGR 6640 do fluviálních sedimentů Moravy.
- S ohledem na ochranu lužních lesů a zachování dostatečné výšky hladiny podzemní vody je nutné stanovení minimální hladiny podzemní vody v JÚ Čerlinka tak, aby lesní porosty netrpěly stresem ze sucha. Lze doporučit pro JÚ Čerlinka max. odběry podzemní vody ve výši 160 l/s.
- Pro monitoring přírodních zdrojů podzemních vod je navrženo 5 stávajících hydrogeologických vrtů a jeden pramen. Na vrtu VB9529 (7H-001b) je stanovena signální hladina podzemní vody pro hodnocení přírodních zdrojů podzemních vod.

12. VÝBĚR LITERATURY

- Beránek a kol. (2015): Rebilance zásob podzemní vody, Hydraulické modely. Závěrečná zpráva.
- Bosák, P. (2006): Kras střemeničsko-rachavské skupiny ker konicko-mladečského devonu (Javoříčský kras): vyhodnocení vrtných prací. – Přírodovědné studie Muzea Prostějovska, 9, 7-39, Prostějov.
- Bruthans J. - Zeman, O. (2003): Factors controlling exokarst morphology and sediment transport through caves: Comparison of carbonate and salt karst. *Acta Carsologica* 32(1): 83-99.
- 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).- doktorská disertační práce. PřF UK. Praha 207.str.
- Bruthans J. -Vojtěchovská A. (2009): Stopovací zkoušky na Kovařovském a Křtinském potoce (Moravský a Mladečský kras). — *Speleoforum*, **28**: 103–107. Brno.
- Bruthans J., Kůrková I., Grundloch J., Churáčková Z., Slavík M. a Kadlecová R. (2015): Střední doba zdržení v detailně hodnocených rajonech, Projekt Rebilance zásob podzemních vod, část aktivity 8. 106 str. ČGS Praha.
- Bruthans J.; Zeman, O., Vojtěchovská A. (2006): Extent of groundwater flow area: Estimation from spring yield and terrestrial heat flow. In: *Acta Universitatis Carolinae- Geologica* 48, 1-4, s. 67-70.
- Buzek F., Jačková I., Čejková B., Lněničková Z. (2015): Působení napájecích vod na prameny, povrchové vody a podzemní vody na základě izotopového složení $\delta^2\text{H}$ a $\delta^{18}\text{O}$ a kontaminace vybraných vodních zdrojů zemědělskou činností. Projekt rebilance zásob podzemních vod, část aktivity 8.
- Crha J. (1974): Etapová závěrečná zpráva Ludmírov. – 68 str. Geologický průzkum Brno MS Geofond.
- Crha J. (1989): Konický denov, jih, Ponikev, Vojtěchov. – Vápence cementářská surovina, etapa vyhledávací. Unigeo s.p. Ostrava, 278 str.
- Čurda J. (1998a): Hydrogeologická mapa ČR. List 14-43 Mohelnice. Měřítko 1:50 000. Čes. geol. Úst. Praha.
- Čurda J. (1998b): Hydrogeologická mapa ČR. List 14-44 Šternberk. Měřítko 1:50 000. Čes. geol. Úst. Praha.
- Čurda J. (1998c): Hydrogeologická mapa ČR. List 24-21 Jevíčko. Měřítko 1:50 000. Čes. geol. Úst. Praha.
- Čurda J. (1999): Hydrogeologická mapa ČR. List 24-22 Olomouc. Měřítko 1:50 000. Čes. geol. Úst. Praha.
- Dvořák, J. - Klablena, J. - Pomezný, J. (1974): Geofyzikální měření na akci Mladečský kras (regionální hydrogeologický průzkum), I.etapa. MS ČGS Praha
- Ford D. C. a Ewers R. O. (1978): The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. – *Can. J. Earth Sci.* 15, 1783-1798.
- Dvořák, J. (1965): Stratigrafické a faciální zhodnocení paleozoika Drahanské vysočiny. Dílčí závěrečná zpráva.- Čs. Naftové doly – Výzkumný ústav.
- Dvořák, J. (1994): Styk geologických struktur jesenického a drahanského regionu mezi Mohelnicí, Uničovem a Litovlí . – *Geol.výzk. Mor. Slez.* V r. 1996, Brno 1996
- Dvořák, Jar. et al. (1991): Příspěvek geologických věd k řešení střetu zájmů v okolí Mladče u Litovle na Moravě.- MS Čes. Geol. Úst. Praha
- Ford D.C. - Ewers R.O. (1978): The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. - *Can. J. Earth Sci.*, 15: 1783-1798.
- Ford D.C., Ewers R.O. (1978): The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. - *Can. J. Earth Sci.*, 15: 1783-1798.

- Hálek V. a Starobová M. (1986): Hydraulické posouzení skupinové provozní čerpací zkoušky v jímacím území u Litovle. – MS Geotest Brno. P53 891.
- Hálek V., Starobová M. (1986): Hydraulické posouzení skupinové provozní čerpací zkoušky v jímacím území u Litovle. Litovel II –modelové výpočty. Geotest Brno
- Homola V. (1989): Revizní posudek o výši využitelných zásob podzemních vod v jímacím území Litovel-Čerlinka VŠB Ostrava. – MS Geofond, FZ 6243
- Hrbáč V. (1965a): Hydrogeologický průzkum Milkov. – Vodní zdroje Praha, 8 str., MS Geofond P53 811
- Hrbáč V. (1965b): Hydrogeologický posudek JZD Klužinek. – Vodní zdroje Praha, 8 str., MS Geofond, P53 810
- Hrbáč V. (1980): Závěrečná zpráva HG průzkumu vodního zdroje pro farmu Ochoz. – 15 str., MS Geofond P34 880
- Hromas J. a Bílková D. (1998): Jeskyně a krasová území České Republiky mapa 1:500 000. – AOPK a Kartografie Praha.
- Chlupáč I. (1959): Stratigrafický výzkum moravského devonu v severní části Dražamské vysočiny. Věstník ÚÚG, 35. Praha
- Chlupáč I. a Svoboda J. (1963): Geologické poměry Konicko-Mladečského devonu na Dražamské vrchovině. Sborník ÚÚG, 27, odd. geol., 347-386.
- Kačura G. – Daňková H. – Holánek I. – Kněžek M. – Kulháněk V. – Trefná E. (1991): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSFR 1 : 200 000 list 14 Šumperk, list 04 Náchod (část). – Čes. geol. Úst. Praha.
- Kačura, G. (1985a): Základní hydrogeologická mapa ČSSR 1:200.000 list 14 Šumperk. - Ústř. Úst. geol. Praha.
- Kačura, G. (1985b): Mapa chemismu podzemních vod ČSSR 1:200.000 list 14 Šumperk. - Ústř. Úst. geol. Praha.
- Kadula J. (1977): Zpráva o provedení HG průzkumu na lokalitě Olešnice. ZKH Olomouc. MS Geofond, P27 636.
- Kašpárek a kol. (2016): Rebilance zásob podzemních vod. Aktivita 6 Hydrologické modely. Hydrogeologický rajon 6640. Mladečský kras VUV TGM. 31 str.
- Kašpárek, L. – Hanel, M. (2016): Rebilance zásob podzemních vod. Aktivita 6 Hydrologické modely. Hydrogeologický rajon 6640 Mladečský kras. – Výzk. Úst. Vodohosp. Praha.
- Katz B. G., Chelette A. R. a Pratt T. R. (2004): Use of chemical and isotopic tracers to assess nitrate contamination and ground-water age, Woodville karst Plain, USA. – J. hydrol. 289, 36-61.
- Klablena, J. (1977): Geofyzikální měření na akci Mladečský kras (regionální hydrogeologický průzkum), měření v letech 1973 - 1974. MS ČGS Praha.
- Kliment F. (1983): Vodní zdroj. – Stavba Olomouc v.d., Olomouc, str 26. P40538.
- Kněžek V. (1961): Zpráva o provedení HG průzkumu pro získání vodního zdroje v oblasti Konice. MS Geofond P12 775. 7str.
- Kněžek V. (1962): Hydrogeologický průzkum prameniště v Litovli. Vodní zdroje. – Praha.
- Koverdýnský, B. ed.(1998): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 14-43 Mohelnice. – Čes. Geol. Úst. Praha.
- Koverdýnský, B. ed.(1998): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 14-44 Šternberk. – Čes. Geol. Úst. Praha.
- Krásný J. (1996): Odborný posudek zprávy „Optimalizace ochranných pásem vodního zdroje Litovel-Čerlinka“ . – MS.11. str. Praha.
- Krásný J., Buchtele J., Čech S., Hrkal Z., Jakeš P., Kobr M., Mls J., Šantrůček J., Šilar J., Valečka J. (2002): Hydrogeologie polické křídové pánve: optimalizace využívání a ochrany podzemních vod. Sborník geologických věd: Hydrogeologie, inženýrská geologie 22: 5-100.

- Krásný J., Kněžek M., Šubová A., Daňková H., Matuška M., Hanzel V. (1982): Mapa odtoku podzemní vody ČSSR. – Český hydrometeorologický ústav, Praha 52str.
- Kroupová B. (2007): Hydrogeologie Javoříčko-Mladečského krasu se zaměřením na chemické složení vod. Diplomová práce. PřF UK. Praha.
- Kukačka J., Bruthans J. Zeman O. a Altová V. (2005): Studium proudění a zranitelnosti podzemních vod v karbonátech skupiny Branné: vodohospodářsky významná oblast na Jesenicku. – Zprávy o výzkumech. ČGS Praha.
- Lachman V. (2010): Proudění vody a vysoce propustné zóny v kolektorech východočeských křídových synklinál na příkladu jímacího území Litá a okolí. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze. 69 str.
- Leová L. (1987a): Zpráva o HG průzkumu Javoříčko. – Stavba Olomouc v.d., 26, str., MS Geofond, P56 275.
- Leová L. (1987b): Zpráva o HG průzkumu Vojtěchov. – Stavba Olomouc, v.d., 27 str, MS Geofond P54 331.
- Loučková-Michovská J. (1963): Jeskyně Javoříčko. – Československý kras 14, 43-93. Academia Praha.
- Loučková-Michovská J. (1964): Povrchové krasové jevy a drobné jeskyně v okolí Javoříčka. – Československý kras 15, 69-87. Academia Praha.
- Maceška D. (1988): Závěrečná zpráva HG průzkumu Hvozď II. – Vodní zdroje n.p. Praha, 24 str., MS Geofond, P54 967.
- Majzlík L. (1985): Hydrogeologický průzkum Mladeč. Závěrečná zpráva. – Vodní zdroje n.p. Praha, 14 str., MS Geofond, P50174.
- Michna J. (1989): Závěrečná zpráva o podrobném hydrogeologickém průzkumu k zajištění podzemní vody pro veřejný vodovod Olomouc. Litovel IV fáze. Geotest Brno
- Moravec M. (1986): Nové pohledy k problematice krasového území v povodí Kovářovského potoka v Rachavách. – Speleofórum 1986, 50-51. Brno 1986.
- 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+přil. Olomouc-Praha.
- Müller V. ed., Čurda J., Manová M., Otava J., Pačesová E., Rejchrt M., Rýda K. a Šalanský K. (2000): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů 1:50 000. List 24-21 Jevíčko ČGS Praha. 62 str.
- 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
- Musil R., Demen J., Dvořák J., Gaisler J., Grolich V., Havel H., Hypr D., Ložek V., Příbyl J., Quitt E., Raušer J., Slezák L., Souchopová V., Štelcl O., Štefka L., Valoch K., Vaněčková L., Vašátko J., Vlček V., Vodička J., Zima J. (1993): Moravský kras – Labyrinty poznání. – 336 str. Adamov.
- Myslil V. – Dvořák J. – Holánek J. – Kněžek M. – Michlíček E. – Sukovitá D. – Šebesta J. – Štefek J. – Taraba I. – Trefná E. (1985): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSFR 1 : 200 000 list 24 Brno. – Čes. geol. Úst. Praha.
- Myslil V. (1987a): Základní hydrogeologická mapa ČSSR 1:200.000 list 24 Brno. - Ústř. Úst. geol. Praha.
- Myslil V. (1987b): Mapa chemismu podzemních vod ČSSR 1:200.000 list 24 Brno. - Ústř. Úst. geol. Praha.

- Novák F. (1961): Zpráva o zjištění pohybu podzemních vod v oblasti severní části Dražanské vysočiny a Hornomoravského úvalu. – MS Ředitelství vodohospodářského rozvoje Brno.
- Otava et al. (1996): Stanovení limitu ekologické únosnosti těžby nerostných surovin v CHKO Litovelské Pomoraví, PPŽP/630/1/96 DÚ 01. – MS MŽP.
- Otava, J. – Pošmourný, K. (2007): Litovelské Pomoraví, Geologie chráněných krajinných oblastí České republiky. – Čes. Geol. Služba. Praha
- Otava, J. (1997): Geologie paleozoika CHKO Litovelské Pomoraví, střední Morava.- Acta Mus. Moraviae, Sci.geol. 82, 93-403. Brno
- Otava, J. ed.(1997): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 24-21 Jevíčko. – Čes. Geol. Úst. Praha.
- Panoš V. (1957): Ponorný Kovářovský potok. – Čs kras 8-9. Praha.
- Panoš V. (1990): Třesínská krasová zvědeň při východním okraji českého masívu a problémy jejího racionálního využití a ochrany. – Československý kras 41, 55-70. ČSAV. Praha.
- Panoš, V. (1960a): Příspěvek k poznání hydrologie Severomoravského krasu. – Zpr. o geomorfol. výzk. kabinetu pro geomorfologii ČSAV v Brně za r. 1959, 18-20. Brno.
- Panoš, V. (1960c): Výsledky barvení některých ponorných toků Dražanské vrchoviny a Rychlebského pohoří. – Zpr. Vlastivěd. Úst. v Olomouci, 82, 17-18. Olomouc.
- Panoš, V. (1960e): Zpráva o první etapě koloračních experimentů a jejich výsledcích na ponorných tocích vápencových oblastí severní části Dražanské vrchoviny a jihovýchodní části Rychlebských hor. – MS, Kabinet pro geomorfologii ČSAV, 1-24+3 str. příl. Brno.
- Panoš, V. (1960f): Zpráva o výzkumu krasové hydrografie ve vápencích severní části Dražanské vysočiny a Rychlebského pohoří. – MS, Kabinet pro geomorfologii ČSAV. Brno.
- Panoš, V. (1961a): Krasová hydrografie malých vápencových oblastí na severní Moravě a ve Slezsku. – Čs. kras, 15 (1960-1961), 67-68. Praha.
- Panoš, V. (1961b): Podzemní krasové vody ve vápencích jesenicko-mladečského devonu. – Geol. průzk., 3, 6, 178-180. Praha.
- Panoš, V. (1961c): Zu den karsthydrographischen Problemen der kleinen Kalksteingebiete in Nordmähren und Schlesien. – Mitt. Öster. Geogr. Ges., 103, II, 158-177. Wien.
- Panoš, V. (1962b): K otázce stáří a původu nově nalezených neogenních sedimentů mezi Litovlí, Mohelnicí a Městečkem Trnávku. – Zpr. Vlastivěd. Úst. v Olomouci, 102, 1-8. Olomouc.
- Panoš, V. (1962c): Krasová hydrografie malých vápencových oblastí na severní Moravě a ve Slezsku. – Čs. kras, 13 (1960-1961), 67-87. Praha.
- Panoš (1979): Zpráva o výzkumu jeskyní „Ve štolé“ na Třesíně. – Československý kras 30, 120-123. Praha.
- Panoš, V. (1962f): Výsledky koloračních experimentů a pozorování krasových vod v Severomoravském kraji. – Zpr. Vlastivěd. Úst. v Olomouci, odd. A, Přír. vědy, V (1962), 13-72. Ostrava.
- Panoš, V. (1987): Posouzení krasově-hydrogeologických poměrů devonských vápenců Třesínského pohoří. – MS, Čes. Speleol. Spol., 1-28. Praha.
- Pospíšil Z. (1992): Čerlinka - ochrana vodního zdroje. Závěrečná zpráva úkolu B.3.4./04 Ochrana vodního zdroje Čerlinka pro Olomoucko. - I. fáze. Dořešení vlivu vápence. – Geotest a.s. Brno. MS Geofond P78 359.
- Pospíšil Z. (1995): Jímací území Čerlinka u Litovle. Optimalizace ochranných pásem vodního zdroje Litovel - Čerlinka v okrese Olomouc. – MS Ekohydro-Pospíšil. Brno.
- Prchalová, H. et al. (2013): Metodika hodnocení chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí ČR. – Výzk. Úst. Vodohosp. Praha.

- Procházka L. (1984) Závěrečná zpráva o HG průzkumu pro regionální preventivní ochranu přírodních vod. Geotest Brno s.p. Geofond P33 856.
- Přichystal A. (1996): Moravskoslezské bradlové pásmo. – Geol. Výzk. Mor. Slez. V roce 1995, str. 113-118. Brno.
- Pučálka R., Panoš, V., Buček, A., Čížek, O., Holzer, M. a Vašítko, J. (2001): in Jirka Z., Boháč S., Pučálka R., Sládek P., Svozil V., Štelcl J., Weigl E., Zimák J., Buček A., Čížek O., Faimon, J., Heřmanová Z. a Holzer M.. Speleoterapie, principy a zkušenosti. – 282str. Olomouc.
- Roth, Z. ed. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě 1 : 200 000 M-33-XXIV Olomouc. – ÚÚG Praha.
- Růžička, M. et al. (1997): Geologická mapa ČR 1: 50 000 list 24 - 22 Olomouc. – Čes. Geol. Úst. Praha.
- Starobová M. (1978): Mladečský kras. Pitná voda. Regionální hydrogeologický průzkum. – Geotest Brno MS Geofond FZ5644.
- Starobová M. (1978): Zpráva o regionálním hydrogeologickém průzkumu devonských vápenců mezi Ludmírovem a Litovlí (Mladečský kras). Geotest Brno
- Starobová M. (1979): Závěrečná zpráva o předběžném hydrogeologickém průzkumu jímacího území skupinového vodovodu. Litovel I. fáze. Geotest Brno
- Starobová M. (1981): Litovel II. fáze. Podrobný hydrogeologický průzkum. – Geotest Brno. MS Geofond P35680.
- Starobová M. (1981): Závěrečná zpráva o podrobném hydrogeologickém průzkumu jímacího území skupinového vodovodu. Litovel II. fáze Geotest Brno
- Starobová M. (1983): Litovel III. fáze. Podrobný hydrogeologický průzkum. – Geotest Brno. MS Geofond P33379.
- Starobová M. (1983): Závěrečná zpráva o skupinové provozní čerpací zkoušce v jímacím území u Litovle. Litovel II fáze. Geotest. Brno
- Starobová M. (1986): Litovel IV fáze. Podrobný hydrogeologický průzkum. – MS Geotest Brno.
- Svoboda J. a Prantl F. (1954): Startigraficko-tektonický výzkum devonských bradel na Dražanské vysočině. – Zprávy o geologických výzkumech v roce 1953. ÚÚG. Praha.
- Svoboda J., Beneš K., Bernard J., Cícha I., Dorníč 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. a Zrůstek V. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000. – M-33-XXII České Třebové..
- Šeda S. (2009): Bilanční studie podzemních vod na území CHKO Litovelské Pomoraví. OHGS. Ústí nad Orlicí
- Šeda S. (2013): Bilanční studie podzemních vod na území CHKO Litovelské Pomoraví.- OHGS. Ústí nad Orlicí.
- Špaček, P. – Bábek, O. – Štěpančíková, P. – Švancara, J. – Pazdírková, J. – Sedláček, J. (2015): The Nysa-Morava Zone: an active tectonic domain with Late Cenozoic sedimentary grabens in the Western Carpathians' foreland (NE Bohemian Massif). – Int J Earth Sci (Geol Rundsch) (2015), 104, 963–990.
- Tesařík K. (1987): Závěrečná zpráva o podrobném HG průzkumu, obec Bouzov. – 20 str., Geotest Brno n.p., MS Geofond, P46 869.
- Tomek, Č. – Novotný, A. (1971): Detailní tíhové měření na lokalitě Mladeč.- Dílčí zpráva. Geofyzika Brno. 1971
- Tykva R. a Berg D. (2004): Man-made and natural radioactivity in environmental pollution and radiochronology.
- Výmolová V. (1984a): Zpráva o HG průzkumu Ochoz. – Stavba Olomouc v.d. 16 str. MS Geofond P45 619.

- Výmolová V. (1984b): Zpráva o HG průzkumu Veselíčko. – Stavba Olomouc v.d. ,15 str., MS Geofond P45 498.
- Yurtsever Y. (1983): Models for tracer data analysis. In Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology, Tech. Rep. Ser. 91. – International Atomic Energy Agency. Wien.
- Zapletal, J. (2005): Remarks to the geological development of the north-western of the Upper Moravia Graben. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2004, Brno (in Czech).
- Zbořilková I (1985): Závěrečná zpráva HG průzkumu Dzbel ZSZ Prostějov. – 9 str. MS Geofond P50 352.
- Zbořilková V. (1987): Podrobný HG průzkum HV1 Hvozď Agrostav Prostějov. – 10 str. MS Geofond.
- Zákon č. 62/1988 Sb. o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č 254/2001 Sb. ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 5/2011 Sb. ze dne 20. prosince 2010 o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., 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), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 369/2004 Sb. ze dne 3. června 2004 o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 428/2001 Sb., 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), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci, ve znění pozdějších předpisů

<http://heis.vuv.cz>

<http://voda.chmi.cz>

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací České republiky (PRVKÚ ČR)

<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/plany-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci/prvku-cr/plan-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci-ceske.html>

<http://www.cittadella.cz>

<http://lokalita.geology.cz>

<http://www.mzp.cz/natura>

<http://www.nature.cz>

<http://www.ochranaprirody.cz>

<http://www.csophorepnik.estranky.cz>