OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Rebilance zásob podzemních vod

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Příloha č. 2/36

Stanovení zásob podzemních vod

Hydrogeologický rajon

4523 – Křída Obrtky a Úštěckého potoka

Editor: Mgr. Iva Kůrková

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. 2/36

Stanovení zásob podzemních vod

Hydrogeologický rajon

4523 – Křída Obrtky a Úštěckého potoka

Editor: Mgr. Iva Kůrková

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: Mgr. Iva Kůrková
Řešitelský kolektiv ČGS: Mgr. Jiří Adamovič, CSc., Doc. RNDr. Jiří Bruthans, Ph.D.; RNDr. Jiří Burda; Ing. František Bůzek, CSc.; RNDr. Ferdinand Herčík; RNDr. Renáta Kadlecová; Ing. Lucie Kondrová, Ph.D.; Mgr. Iva Kůrková;
Technické práce ČGS: Ladislav Ambrozek a Mgr. Anna Trubačová.

Spolupracující organizace

Aquatest a.s. Praha
Adresa: Geologická 4, 152 00 Praha 5
IČO, DIČ: 44794843, CZ44794843
Zastoupen: Ing. Martin Plšek, ředitel
Vedoucí řešitel: Mgr. Ondřej Nol
Řešitelský kolektiv: RNDr. Vlasta Navrátilová, RNDr. Jiří Šíma

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.
Řešitelský kolektiv: Ing. Adam Beran; RNDr. Josef Datel, Ph.D.; Ing. Martin Hanel, Ph.D.; RNDr. Tomáš Hrdinka Ph.D.; Ing. Martina Peláková

PROGEO, s.r.o.
Adresa: Tiché údolí 113, Roztoky u Prahy
IČO, DIČ: 49551019, CZ49551019
Zastoupen: RNDr. Martin Milický, jednatel
Vedoucí řešitel: Ing. Jan Uhlík, Ph.D.
Řešitelský kolektiv: Ing. Jan Baier, Ph.D.; Mgr. Ondřej Zeman; RNDr. Martin Milický; Ing. Libor Gvoždík; Ing. Matěj Černý; Mgr. Michal Polák; Marie Chaloupková

Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Adresa: Boční II/1401, 141 31 Praha-4 Roztyly
IČO, DIČ: 67985530, CZ67985530
Zastoupen: RNDr. Pavel Hejda, CSc., ředitel
Vedoucí řešitel: RNDr. David Uličný, CSc.
Řešitelský kolektiv: RNDr. David Uličný, CSc.; RNDr. Lenka Špičáková, Ph.D., RNDr. Vladimír Cajz, PhDr.

OBSAH

ZAVEDENÉ ZKRATKY A POJMY ... 10
ÚVOD ... 12
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE ... 12
2. VYMEZENÍ RAJONU ... 13
3. VSTUPNÍ INFORMACE ... 14
3.1. Geologická prozkoumanost ... 14
3.1.1. Práce prováděné v rámci projektu ... 17
3.2. Hydrogeologická prozkoumasnost ... 17
4. CHARAKTERISTIKA RAJONU ... 29
4.1. Geologická stavba ... 29
4.1.1. Stratigrafie a litologie ... 29
4.1.2. Strukturní stavba ... 41
4.2. Hydrologie (srážky a odtoky) ... 42
4.2.1. Hydrologická měření vybraných profilů na povrchových tocích (PPP) ... 44
4.3. Hydrogeologie ... 50
4.4. Hydrochemie ... 55
4.5. Geochemický model ... 58
4.6. Odběry podzemních vod a vypouštění odpadních vod ... 62
5. KONCEPČNÍ HYDROGEOLOGICKÝ MODEL ... 65
5.1. Účel koncepčního modelu ... 65
5.2. Systémová analýza oběhu podzemní vody ... 69
5.3. Návrh na doplnění pozorovací sítě podzemních vod ... 74
6. MODELOVÉ VÝPOČTY ZÁSOB PODZEMNÍCH VOD ... 75
6.1. Hydrologický model ... 75
6.1.1. Dotace podzemních vod ... 75
6.1.2. Posouzení možných dopadů změn klimatu ... 85
6.2. Hydraulický model proudění podzemní vody ... 87
6.2.1. Okrajové podmínky a vstupní data ... 88
6.2.2. Modelové průběhy hladin a směry proudění podzemní vody ... 90
6.2.3. Prognózní modelové simulace ... 101
7. KVALITATIVNÍ STAV ÚTVARŮ PODZEMNÍCH VOD ... 106
7.1. Úpravárenská hlediska využití podzemních vod ... 106
7.2. Vývoj kvality podzemní vody ... 110
8. OCHRANA PŘÍRODNÍCH EKOSYSTÉMŮ ... 113
8.1. Popis jednotlivých chráněných území ... 115
9. STŘETY ZÁJMŮ ... 134
10. PŘÍRODNÍ ZDROJE A VYUŽITELNÉ MNOŽSTVÍ PODZEMNÍCH VOD ... 138
10.1. Přírodní zdroje ... 142
10.2. Disponibilní množství podzemních vod ... 145
11. ZÁVĚR ... 147
12. VÝBĚR LITERATURY ... 148

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1. Situace hydrogeologického rajonu 4523 ... 13
Obr. 3-1. Situace vybraných vrtů a průběh geologických řezů v rajonu 4523. ... 16
Obr. 3-2 Vyznačení území s nově provedenými geofyzikálními pracemi na tzv. maršovicko-bezdězské elevaci 17
Obr. 3-3. Vrtná prozkoumanost dle Geodatabáze ... 20
Obr. 3-4. Vrty s režimním pozorováním ... 21
Obr. 3-5. Přehledná mapa lokalizace projektovaných vrtů ... 22
Obr. 3-6. Porovnání průběhu hladin podzemní vody na nově realizovaných vrtech s vrty ČHMÚ (i) ... 28
Obr. 4-1. Izoliniová mapa povrchu krystalinika v podloží křídy v západní části HGR 4523 ... 30
Obr. 4-2. Přehledná geologická mapa rajonu 4523 (výřez z geologické mapy 1 : 500 000 Stráník-Cháb-Eliáš 2007). ... 31
Obr. 4-3. Stratigrafické schéma a pozice kolektorů v rajonu 4523 ... 32
Obr. 4-4. Interpretativní mapa ukazující fluviální a estuariovou výplň paleodrenážních systémů (šedě) ... 33
Obr. 4-5. Rozsah kolektoru B ... 35
Obr. 4-6. Mikrofoto jílovitého nevytříděného pískovce z perucko-korycanského souvrství ... 36
Obr. 4-7. Mikrofoto biomikritového vápence z bazální části teplického souvrství. ... 36
Obr. 4-8. Rozsah kolektoru C, resp. BC ... 37
Obr. 4-9. Stratigrafický korelační řez 4523_SV_2 ... 39
Obr. 4-10. Stratigrafický korelační řez 4523_SZ_1 ... 39
Obr. 4-11. Morfostrukturní analýza puklinových systémů a zlomů na podkladě DMR 25 ... 41
Obr. 4-12. Schéma pozice srážkoměrných stanic ... 43
Obr. 4-13. Výškopis [m n.m.] ... 44
Obr. 4-14. Průměrné roční srážkové úhrny (1981-2010) [mm/rok] ... 44
Obr. 4-15. Schéma pozice provedených měření PPP ... 45
Obr. 4-16. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na kilometráži toku Úštěcký potok ... 46
Obr. 4-17. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na ploše povodí toku Úštěcký potok ... 47
Obr. 4-18. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na kilometráži toku Obrtka ... 48
Obr. 4-19. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na ploše povodí toku Obrtka ... 48
Obr. 4-20. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na kilometráži toku Luční potok ... 49
Obr. 4-21. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na ploše povodí toku Luční potok ... 49
Obr. 4-22. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na kilometráži toku Pokratický potok ... 50
Obr. 4-23. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na ploše povodí toku Pokratický potok ... 50
Obr. 4-24. Schematická mapa hydroizohyps kolektoru C ... 54
Obr. 4-25. Chemický typ (35 mval%) v kolektoru C (včetně kolektoru B na Z od Litoměřic) ... 56
Obr. 4-26. Chemický typ, výše celkové mineralizace (TDS) a izolinie celkové mineralizace v kolektoru C ... 57
Obr. 4-27. Aktivita tritia v pramenech, tocích a vrtech v rajonu křída Pšovky a Liběchovky (rajon 4523). ... 59
Obr. 4-28. Histogram aktivity tritia pro rajony 4521, 4522, 4523. ... 59

Obr. 4-29. Idealizovaný model puklinového kolektoru s „otevřenou puklinovou pórovitostí“. 60
Obr. 4-30. Přehledná lokalizace odběrných objektů 63
Obr. 4-31 Přehledná situace lokalizovaných vypouštění odpadních vod 64
Obr. 5-1. Třídy transmisivity kolekoru C 67
Obr. 5-2. Plošná distribuce transmisivity kolektoru C 68
Obr. 5-3. Kolísání hladin podzemní vody v HGR 4523 70
Obr. 5-4. Kolísání hladin podzemní vody v HGR 4523 70
Obr. 5-5. Linie hydrogeologického řezu 72
Obr. 5-6. Hydrogeologický koncepční model infiltrace, proudění a odvodnění HGR 73
Obr. 6-1. Lokalizace zájmové oblasti s polohou relevantních vodoměrných stanic ČHMÚ. 76
Obr. 6-2. Pozorovaný a modelovaný odtok [mm/měsíc]. 77
Obr. 6-3. HGR. Základní odtok [mm/měsíc]. 78
Obr. 6-4. Povodí Úštěcký potok. Základní odtok [mm/měsíc]. 78
Obr. 6-5. HGR. Modelovaná dotace podzemních vod [mm/měsíc]. 79
Obr. 6-6. Povodí Úštěcký potok. Modelovaná dotace podzemních vod [mm/měsíc]. 79
Obr. 6-7. Pravděpodobnostní pole – základní odtok [mm/měsíc].. 80
Obr. 6-8. Pravděpodobnostní pole – dotace podzemní vody. 80
Obr. 6-9. Čára překročení měsíčního základního odtoku [mm/měsíc]. 81
Obr. 6-10. Čára překročení měsíční dotace podzemní vody [mm/měsíc]. 81
Obr. 6-11 Vývoj průměrných ročních srážek. 83
Obr. 6-12 Vývoj průměrné roční teploty. 83
Obr. 6-13 Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad z modelu BILAN). 83
Obr. 6-14 Vývoj průměrného ročního odtoku (odhad z modelu BILAN). 84
Obr. 6-15 Vývoj průměrné roční dotace zásob podzemní vody (odhad z modelu BILAN). 84
Obr. 6-16 Vývoj průměrného ročního základního odtoku (odhad z modelu BILAN). 84
Obr. 6-17. Měsíční změny srážek (poměr) a teploty (rozdíl) dle RCM simulací pro jednotlivé měsíce. 86
Obr. 6-18. Měsíční změny základního odtoku [-], dotace zásob podzemní vody [mm] a odtoku dle RCM simulací pro jednotlivé měsíce. 86
Obr. 6-19. Schéma vertikální diskretizace modelu (ideový řez SV-JZ) 87
Obr. 6-20. Situace HGR 4523 a modelového regionu R12a Pravostranné přítoky Labe 88
Obr. 6-21 Modelová distribuce horizontální hydraulické vodivosti 89
Obr. 6-22 Modelová hladina podzemní vody, ideová varianta neovlivněného stavu 93
Obr. 6-23 Modelová hladina podzemní vody při aktuálních odběrech 94
Obr. 6-24 Modelová hladina podzemní vody při odběrech - – varianta blízká perspektiva rozšířená o 11 l/s 95
Obr. 6-25 Vývoj ročních odběrů v období hydrologických let 2001-2012 96
Obr. 6-26 Porovnání měřené a modelové hladiny podzemní vody (transientní simulace) ve vrtu Sk-4TA Chcebuz 97

Obr. 6-27 Porovnání měřené a modelové hladiny podzemní vody ve vrtu SH-13C Vysoký Újezd 98
Obr. 6-28 Modelová hladina podzemní vody v prostoru vrtu O5a Mošnice 98
Obr. 6-29 Modelová hladina podzemní vody v prostoru vrtu HJ-1 Radouň 99
Obr. 6-30 Modelová hladina podzemní vody v prostoru vrtu VP1922 Vrutice 99
Obr. 6-31 Modelová hladina podzemní vody v prostoru vrtu O-11 Tetčiněves 100
Obr. 6-32 Modelová drenáž podzemní vody do Obrtky 100
Obr. 6-33. Odladěná modelová velikost srážkové infiltrace a drenáže podzemní vody při odběrech 101
Obr. 6-34. Doplňování přírodních zdrojů v průměrném hydrologickém roce 102
Obr. 6-35. Drenáž do povrchových toků a rybníků v průměrném hydrologickém roce 102
Obr. 7-1. Upravitelnost podzemní vody bilancovaného kolektoru C (včetně výchozů kolektoru B na Z od Litoměřic) 108
Obr. 7-2. Upravitelnost podzemní vody připovrchové zóny v rozsahu HGR 4523 109
Obr. 7-3. Lokalizace objektů s časovými řadami chemických analýz 110
Obr. 7-4. Časové řady s proloženými regresními přímkami koncentrací Cl, NO_3 a SO_4 a celkové mineralizace (TDS). 112
Obr. 8-1 .Vodní biotopy, maloplošná zvláště chráněná území (MZCHÚ), evropsky významné lokality (EVL) a ptačí oblasti (PO) v oblasti HGR 4523 113
Obr. 8-2. Kalvárie 115
Obr. 8-3. PP Plešivec 116
Obr. 8-4. Radobýl 117
Obr. 8-5. Výchoz opukových hornin Bílé stráně 118
Obr. 8-6. Zámek Ploskovice 119
Obr. 8-7. Holý vrch u Encovan 121
Obr. 8-8. Porost bělozářky větvité v květu v PP Stráně nad Suchým potokem 123
Obr. 8-9. Vstavač osmahlý, Stráně u Drahobuzi a Vědlic 124
Obr. 8-10. Střevíčník pantoflíček (*Cypripedium calceolus*) 125
Obr. 8-11. Vemeníky (*Plathanthera*) na Černčí 125
Obr. 8-12. Koniklec v PP Radouň 127
Obr. 8-13. Čolek velký 128
Obr. 8-14. Bílé stráně u Štětí s pohledem na město 128
Obr. 8-15. Sovice 129
Obr. 8-16. Roverské skály. 130
Obr. 8-17. PP Husa 131
Obr. 8-18. Kostelecké bory 132
Obr. 9-1. Ložiska a dobývací prostory na území HGR 4523 (Surovinový informační systém ČGS) 134
Obr. 9-2. Kolísání odběrů podzemní vody 137
Obr. 10-1. Kolísání hladin podzemní vody a odběry podzemní vody 139

Obr. 10-2. Kolísání hladin podzemní vody, odběrů a kolísání dotace z modelu BILAN 139
Obr. 10-3. Porovnání BILANU a hydraulického modelu 140
Obr. 10-4. Situace hodnocených objektů v rajonu 141
Obr. 10-5. Měsíční hodnoty zabezpečenosti základního odtoku z modelu BILAN za období 1981-2010 142

SEZNAM TABULEK

Tab. 1-1. Základní údaje o hydrogeologickém rajonu 4523 12
Tab. 3-1. Archivní hodnoty přírodních zdrojů a využitelného množství 19
Tab. 3-2 Vrtná prozkoumanost podle databáze ČGS převedené do Gdbase-5 19
Tab. 3-3 Vrty s režimním pozorováním 20
Tab. 3-4. Přehled hydrogeologických vrtů a jejich základních výsledků vyhloubených v rámci projektu 22
Tab. 3-5. Základní informace o geologické, hydrogeologické a technické dokumentaci provedených vrtů 22
Tab. 3-6. Základní hydrodynamické parametry stanovené z HDZ 23
Tab. 3-7. Souřadnice vrtů dle geodetických technických zpráv 23
Tab. 3-8 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 4523_43 23
Tab. 3-9 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 4523_44 24
Tab. 3-10 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 4523_45 25
Tab. 3-11 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 4430_6 26
Tab. 4-1. Základní údaje o srážkoměrných stanicích 43
Tab. 4-2. Vývoj srážkových úhrnů. 44
Tab. 4-3. Vývoj teploty. 44
Tab. 4-4. Přehled provedených měření PPP 45
Tab. 4-5. Kolektory a izolátory v HGR 4523 (a 4720) 51
Tab. 4-6. Hydraulické parametry hornin (na území listu 02-41 Ústí nad Labem a 02-43 Litoměřice) 53
Tab. 4-7. Celkový přehled indexů transmisivity Y ve vrtech (archivovaných v ČGS k roku 2012) 53
Tab. 4-8. Počet chemických analýz použitý ke konstrukci hydrochemických map a map upravitelnosti 55
Tab. 4-9. Koncentrace freonů a SF_6 61
Tab. 4-10. Rozsah středních dob zdržení za předpokladu exponenciálního modelu podle 4 různých stopovačů . 61
Tab. 4-11. Výsledky stanovení aktivity ^{14}C v podzemních vodách 61
Tab. 4-12. Přehled lokalizovaných odběrných objektů 62
Tab. 4-13. Přehled lokalizovaných vypouštění odpadních vod 63
Tab. 5-1. Popisná statistika hydraulických parametrů kolektoru C 66
Tab. 5-2. Třídy transmisivity 66
Tab. 5-3. Hodnocení Státní monitorovací sítě ČHMÚ a jejich porovnání s modelem BILAN 71
Tab. 5-4. Generalizace koncepčního hydrogeologického modelu pro potřeby hydraulického modelu 73
Tab. 5-5 Doporučené vrty pro monitoring 74

Tab. 6-1. Přehled povodí – základní charakteristiky a dostupná data. 75

Tab. 6-2. Míra ovlivnění průtoků ve vodoměrných stanicích pro jednotlivá období. 76

Tab. 6-3. Shrnutí hydrologické bilance (1981–2010) 82

Tab. 6-4. Shrnutí hydrologické bilance (2001–2010) 82

Tab. 6-5 Vývoj odtoku (odhad z modelu BILAN). 85

Tab. 6-6 Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad z modelu BILAN). 85

Tab. 6-7 Vývoj dotace zásob podzemní vody (odhad z modelu BILAN). 85

Tab. 6-8 Vývoj základního odtoku (odhad z modelu BILAN). 85

Tab. 6-9. Modelová bilance podzemní vody - varianta bez odběrů 91

Tab. 6-10. Modelová bilance podzemní vody pro povodí Obrtky, Úštěckého a Lučního potoka - bez odběrů. 91

Tab. 6-11. Odběry podzemní vody (l/s) – zadané do stacionární simulace - průměr za 2009-2010 92

Tab. 6-12. Modelová bilance podzemní vody - varianta odběrů na úrovni roků 2009 - 2010 92

Tab. 6-13 Modelová bilance podzemní vody pro povodí Obrtky, Úštěckého a Lučního potoka - s odběry podzemní vody na úrovni roků 2009 - 2010 96

Tab. 6-14 Velikosti modelových odběrů podzemní vody 103

Tab. 6-15. Základní bilance variant modelů pro hospodářské využití území 103

Tab. 6-16. Modelová drenáž do Obrtky, Úštěckého a Lučního potoka – simulace vodohospodářského využití území 104

Tab. 6-17 Základní bilance varianty s ideovým navýšením odběru podzemní vody o 11 l/s 104

Tab. 7-1. Kategorie upravitelnosti 106

Tab. 7-2: Počet chemických analýz použitý ke konstrukci hydrochemických map a map upravitelnosti 107

Tab. 7-3. Přehled objektů s časovými řadami chemických analýz 110

Tab. 8-1. Seznam evropsky významných lokalita ptačích oblastí v HGR 4523 114

Tab. 8-2.Seznam maloplošných zvláště chráněných území v HGR 4523 114

Tab. 9-1 Chráněná ložisková území dle registru ČGS (Surovinový informační systém) 135

Tab. 9-2. Přehled výsledků hodnocení znečištění 135

Tab. 9-3 Chemický stav pracovní jednotky 136

Tab. 10-1. Přírodní charakteristiky 140

Tab. 10-2. Hodnoty přírodních zdrojů 142

Tab. 10-3. Porovnání výstupů z hydrologického a hydraulického modelu 144

Tab. 10-4. Kolísání hladin podzemní vody na vrtech státní pozorovací sítě pro vybraná období odpovídající přírodním zdrojům podzemních vod v Tab. 10-3 144

Tab. 10-5. Souhrnný přehled pro výpočet minimálního zůstatkového průtoku, využitelného množství 146

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

HDZ hydrodynamická zkouška

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 (mm/měsíc)

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 (mm/měsíc)

RC dotace zásob podzemních vod (mm/měsíc, l/s/km^2)

RM měsíční odtoková výška modelovaná (mm/měsíc)

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 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 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 4523 (heis.vuv.cz)

ID hydrogeologického rajonu:	4523
Název hydrogeologického rajonu:	Křída Obrtky a Úštěckého potoka
ID útvaru:	45230
Název útvaru:	Křída Obrtky a Úštěckého potoka
Plocha, km^2:	309,046
Pozice:	rajon základní vrstvy
Geologická jednotka:	Sedimenty svrchní křídy
Povodí:	Labe
Dílčí povodí	Ohře, Dolní Labe a ostatní přítoky Labe
Bilancovaný kolektor:	kolektor C - jizerské souvrství, střední turon
Kraje:	Liberecký, Středočeský, Ústecký

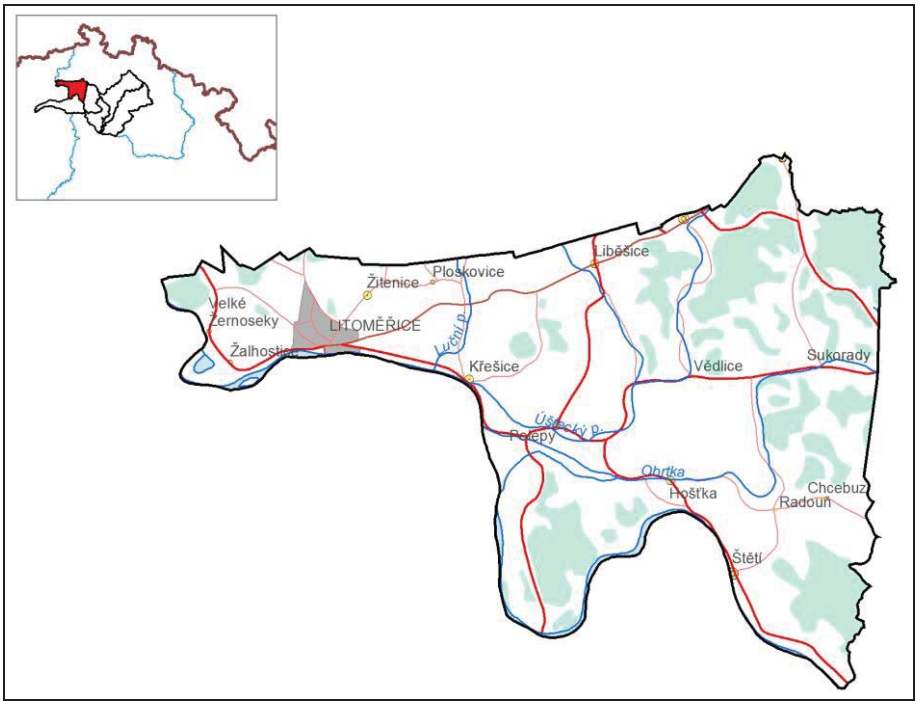
Platný dle vyhlášky č. 5/2011 Sb.

2. VYMEZENÍ RAJONU

Hydrogeologický rajon 4523 o rozloze 309 km^2 svým severním okrajem přiléhá k úštěcké zlomové zóně, tj. k jižnímu okraji středohorského příkopu oherského riftu. Směrem na jih pak přechází do strukturně velmi odlišné oblasti Roudnicka, s jz. cípem vybíhajícím až k soutoku Liběchovky a Labe. Byl vymezen jako samostatný rajon v severozápadní části někdejšího rajonu 452 (Olmer, Kessl et al. 1990), spadající do mezipovodí Obrtky a Úštěckého potoka. Severozápadní hranice je dána průběhem tektonických struktur (směrem k Z středohorský zlom, resp. jeho části zlomy litochovický a úštěcký a osou maršovické antiklinály. U Litoměřic tvoří hranici příčný zlom žitenický. Tyto struktury probíhají při okrajích nebo nad vrcholovou částí obloukovité elevace (také litoměřicko-maršovicko-bezdězská), elevace významné pro stavbu podloží křídové pánve, kde odděluje jednotlivé permokarbonské pánve. Severní až sv. hranici tvoří hydrogeologická rozvodnice podzemních vod kolektoru C. Jižní omezení rajonu 4523 probíhá podél toku Labe. Východní hranice byla vytvořena podle hydrologické rozvodnice Obrtky a Úštěckého potoka. V pojetí Krásného et al. (2012) leží HGR 4523 větší částí v boleslavsko-mělnickém zvodněném systému a jižním okrajem na Roudnicku zasahuje do roudnicko-mochovské hydrogeologické oblasti.

Území rajonu 4523 je budováno převážně sedimenty svrchnokřídového stáří – cenomanu až svrchního turonu. Z hydrogeologického hlediska lze v území rajonu vyčlenit 2 hlavní kolektory: bazální kolektor A (cenoman, perucko-korycanské vrstvy), který představuje HGR 4720 a 4730 a hlavní (svrchní) kolektor C (jizerské souvrství - turon), které jsou od sebe odděleny izolátorem (slínovce bělohorského souvrství a prachovce ve stropu korycanských vrstev na S). V části rajonu je vyvinut i kolektor B, který je spojen s kolektorem C v kolektor BC (bělohorské a jizerské souvrství). Samostatně je kolektor B vyvinut na malé ploše v okolí Litoměřic. Kvartérní kolektor je vyvinut ve fluviálních sedimentech Labe (z části představuje HGR 1180).

Vodohospodářsky nejvýznamnější nádrž podzemní vody je v kolektoru C.



Obr. 2-1. Situace hydrogeologického rajonu 4523

3. VSTUPNÍ INFORMACE

3.1. GEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST

Území hydrogeologického rajonu 4523 bylo poprvé soustavně zkoumáno během geologického mapování Rakousko-Uherska v polovině 19. století (např. Jokély 1858); byly vymezeny základní kontury na povrch vycházejících těles a zpracována základní petrografie hornin z podloží křídy a mladých vulkanitů. Na toto mapování navazovaly výzkumy J. Krejčího (1870), který na základě litologickém i biostratigrafickém v křídových horninách vymezil hlavní stratigrafické jednotky. Zvlášť podrobně se věnoval Litoměřicku a Kokořínsku. Jeho stratigrafii pak A. Frič (1883) zdokonalil a doplnil paleontologickými sběry. Z opěrných profilů křídovými sedimenty v týchž oblastech, zejména v okolí vrchu Sovice, vycházel ve své podrobné stratigrafii Č. Zahálka (např. 1897a, b). Odklonil se od názvů jednotek Krejčího a zavedl tzv. „pásma“, označovaná římskými číslicemi I–X. Jako první identifikoval a pojmenoval některé významné zlomy a své poznatky shrnul později pro celé území všech tří rajonů až po severní okraj české křídové pánve (Zahálka 1916).

Ve stejné době prováděl v Českém středohoří podrobné geologické mapování J. E. Hibsch a některými listy zasahoval až na území rajonu 4523; jeho práce vynikala přesným vymezením mladých vulkanitů a jejich petrografickou charakteristikou. V okolí Litoměřic vymapovali Hibsch a Seemann (1913) kromě kontur těles křídových sedimentů také zlomy dnes řazené k pásmu středohorského zlomu. Na Úštěcku prováděl geologické mapování B. Müller (1924a). Prostorově navazoval na J. E. Hibsche. I přes horší grafickou úroveň výsledných map přinesly jeho výzkumy dobrou představu o tektonické stavbě rajonu (např. průběh úštěckého a tetčiněveského zlomu) a rozložení pískovcových těles. Celé území severočeské křídy mezi Jizerou a Labem zpracoval Andert (1929), jehož paleontologické sběry a biostratigrafické vyhodnocení vůdčí fauny je dodnes velmi ceněné. Jím navržená komplikovaná tektonická stavba severočeské křídy, sestavená bez možnosti ověřit předpoklady vrtnými pracemi, je však z velké části nereálná.

Po 2. světové válce dominovalo geologickým pracím v regionu nové mapování, a to v měřítku 1 : 20 000 (Klein 1953–57, Malkovský 1956) a zvláště 1 : 25 000 (Klein 1963, Klein et al. 1966). Během tohoto mapování byly L. Kopeckým nově zpracovány mladé vulkanity. Základem pro regionální korelaci vymezených stratigrafických jednotek v křídě bylo geologické mapování křídy (bez kvartéru) J. Soukupa pro edici přehledné geologické generální mapy ČSSR 1 : 200 000 list Praha (Horný ed. 1963). Další geologické informace pocházejí z ložiskového průzkumu na vápence v okolí Litoměřic.

Největší posun v poznání geologické stavby však přinesly průzkumné práce na uran, realizované od konce 50. let, ve větší míře pak od roku 1967. Zahrnovaly geofyzikální měření a tisíce průzkumných objektů (vrty, rýhy) soustředěných do hlavních ložiskových oblastí v rajonu 4640, ale zasahovaly i na Kokořínsko a Litoměřicko. Zpřesnily se znalosti o tektonické stavbě a litologickém vývoji křídy, o horninách křídového podloží a o tvarech těles mladých vulkanitů. Poznatky byly shrnuty v ložiskových studiích (např. Blažek a Prokop et al. 1979, Kyncl et al. 1986), přehledně jsou uvedené ve zprávě Kučery a Rutšeka (1995). Na Litoměřicku se průzkum zaměřil především na průběh „litoměřického zlomového pásma“, tedy středohorského zlomu. Území rajonu 4523 dále pokrývají moderně zpracované geologické mapy v měřítku 1 : 50 000 z 80. a 90. let 20. století, vytvořené Českou geologickou službou. Křídové sedimenty zde mapovali V. Klein, J. Pražák, J. Valečka, P. Zelenka a S. Čech, vulkanity O. Shrbený a J. Křelina a tektoniku M. Coubal.

Rozsah staršího geologického mapování je vyznačen na geologických mapách ČGS v měř. 1 : 50 000 a také na mapovém serveru ČGS na www.geology.cz. V rámci rajonu 4523 proběhlo

účelové geologické mapování na listech těchto map v měř. 1 : 50 000: 02-44 Štětí (Pražák ed. 1991), 02-42 Česká Lípa (Klein ed. 1991), 02-43 Litoměřice (Domas ed. 1990) a 02-41 Ústí nad Labem (Shrbený ed. 1990).

Geofyzikální práce. Území rajonu 4523 je poměrně málo geofyzikálně prozkoumané s výjimkou zóny středohorského zlomu (v tomto úseku nazývaného úštěcký zlom), kde probíhaly rozsáhlé průzkumné geofyzikální práce zaměřené na ověření strukturní stavby uranových ložisek. Letecké geofyzikální měření (magnetometrie, radiometrie) pokrývá celé území rajonu a bylo nedávno nově interpretováno (Šalanský 2004). Veškeré starší geofyzikální práce v severočeské křídě shrnují Mašín et al. (1970).

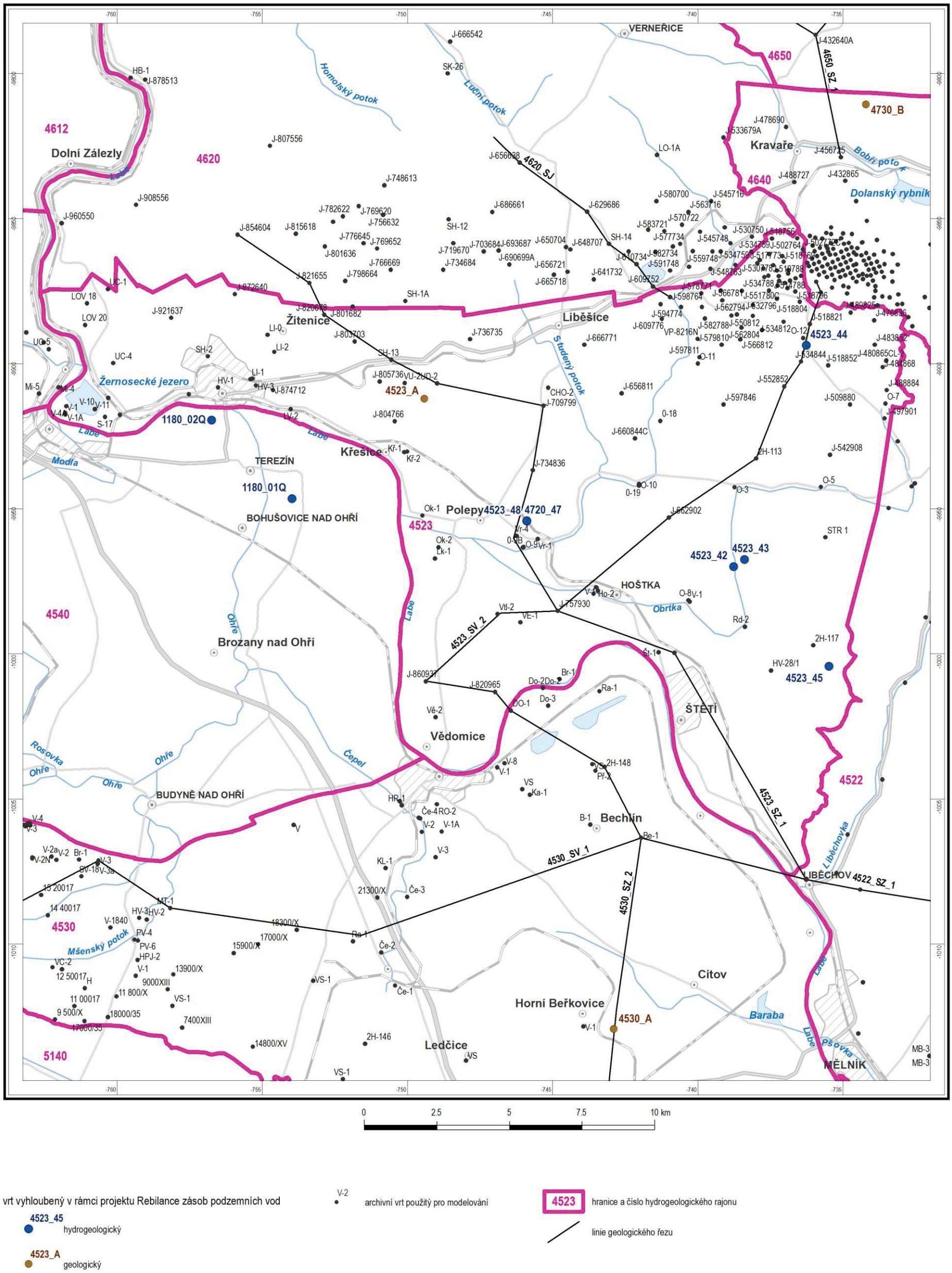
V rámci průzkumu na uran, který probíhal v 70. a 80. letech, byla reinterpretována starší geofyzikální měření (Kurka a Anton 1973, Anton et al. 1985) a doplněna novými měřeními v ložiskových územích, především povrchovým magnetickým měřením a geoelektrickými metodami (VES, odporové profilování). Výsledky shrnuje zpráva Kučery a Rutšeka (1995).

Seismický průzkum ze začátku 80. let (Chudomel et al. 1983) byl zaměřený na vymezení permokarbonských pánví v podloží křídových sedimentů. Reflexní seismický profil 27/81 vedl zhruba ve směru S–J přes Úštěk a Štětí a umožnil nově interpretovat strukturní stavbu křídových sedimentů i jejich podloží (např. Vejlupek 1984, Vejlupek a Novák 1986). Profil 28/81 vedl ve směru V–Z mezi Polepy a Snědovicemi.

VRTNÁ PROZKOUMANOST

Vrtná prozkoumanost rajonu 4523 je poměrně rovnoměrná (Obr. 3-1). Hydrogeologické vrty se svou lokalizací soustředily především do údolí toků Obrtky a Úštěckého potoka, zatímco části křídového vrstevního sledu nebyly vrtnými pracemi tak dobře dokumentovány. Úplnější profily poskytují vrty geologického průzkumu uranového průmyslu, které jsou však na území rajonu 4523 ve velmi řídké síti s výjimkou severního okraje, kam zasahoval průzkum uranového ložiska Heřmánky (např. Bělohradský 1979a, b).

Při charakteristice litologického vývoje hlubší geologické stavby bylo využito výsledků vrtných prací provedených při regionálním hydrogeologickém průzkumu na Obrtce a Úštěckém potoce (např. Pištora 1967, Hoppe 1968), v okolí Litoměřic (např. Kněžek 1967, Řeháčková 1979, 1983, Rada 1980) a při průzkumu na uranové zrudnění (souhrn viz Kučera a Rutšek 1995). Na západě rajonu pomohl vrtný průzkum zaměřený na výpočet zásob vápenců a slínovců (Klein a Příkop 1957, Vilímek 1959, Krutský et al. 1977). Významný je dobře zdokumentovaný strukturní vrt Str-1 Strachaly, odvrtaný Ústředním ústavem geologickým při východním okraji rajonu 4523 (Pražák in Klener et al. 1983). Starší vrtné práce byly zhodnoceny v Hydrogeologii české křídové pánve (Herčík a kol. 1999).



vrt vyhloubený v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod

4523_45 hydrogeologický

4523_A geologický

V-2 archivní vrt použitý pro modelování

4523 hranice a číslo hydrogeologického rajonu

linie geologického řezu

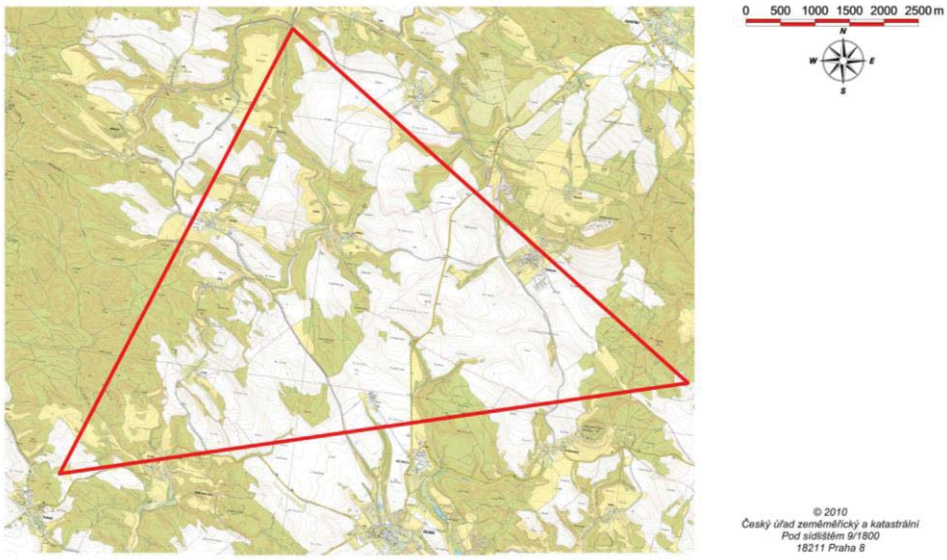
Obr. 3 - 1. Situace vybraných vrtů a průběh geologických řezů v rajonu 4523.

3.1.1. PRÁCE PROVÁDĚNÉ V RÁMCI PROJEKTU

V rámci projektu byl na území rajonu v letech 2014–2015 vyhlouben jeden průzkumný jádrový vrt 4523_A Sedlec (hloubka 222,5 m; Valečka et al. 2015) a 5 hydrogeologických vrtů: 4523_43 Snědovice (hloubka 42,9 m, Fiedler et al. 2015d), 4523_44 Úštěk (hloubka 123,5 m; Fiedler et al. 2015a), 4523_45 Štětí (hloubka 150 m; Fiedler et al. 2015e), 4720_47 Vrutice (hloubka 163,1 m do cenomanu, tedy do pogložního HGR 4720; Fiedler et al. 2015c) a 4523_48 Vrutice (hloubka 61 m; Fiedler et al. 2015b).

Pro potřeby projektu byly Geofyzikálním ústavem AV ČR (Uličný et al. 2015) vypracovány geneticko-stratigrafické řezy, umožňující mj. lepší představu o prostorovém vztahu kolektorových těles a izolátorů, a na ně navazující geologické řezy, včetně revidované tektoniky.

Nově byly v rámci projektu realizovány geofyzikální průzkumné práce na severním okraji rajonu 4523, v širším okolí kry Maršovického vrchu na tzv. maršovicko-bezdězské elevaci (Karous et al. 2015; Obr. 3-2). Cílem bylo ověřit tektonickou stavbu křídy, možnosti náhlých změn mocnosti křídových sedimentů a distribuci podpovrchových těles neovulkanitů. Použito bylo dipólové odporové profilování a měření VES na profilech, gravimetrické měření na profilech a reflexní seismika.



Obr. 3-2 Vyznačení území s nově provedenými geofyzikálními pracemi na tzv. maršovicko-bezdězské elevaci při severním okraji rajonu 4523 (Karous et al. 2015).

3.2. HYDROGEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST

Hydrogeologické poměry zájmového území jsou nejnověji přehledně zpracovány v souhrnné regionální monografii Krásného et al. (2012) v rámci boleslavsko-mělnického zvodněného systému (zasahuje i do roudnicko-mochovské hydrogeologické oblasti). Nejobsáhleji byla systematicky zpracovaná křída v rámci Hydrogeologické syntézy české křídové pánve – bilanční celek 1 (Nakládal in Herčík a kol. 1987) a v publikaci Hydrogeologie české křídové pánve (Herčík a kol. 1999).

Hydrogeologická prozkoumanost zájmového území odpovídá vodohospodářskému významu hlavních jednotek. Relativně velký počet údajů z vrtné databáze je (kromě kvartéru) z nejvýznamnějšího hydrogeologického celku, jizerského souvrství ve facii kvádrových pískovců, i když vrty jsou plošně

nerovnoměrně rozmístěné. Území bylo už od první poloviny dvacátého století předmětem zájmu o vodárenské využití podzemních vod. Z množství prací bude vzpomenuto jen některých: obecný přehled o hydrogeologii křídy, především v povodí Pšovky, podal Hynie (1961). Hydrogeologické výsledky získané při výzkumu podloží křídy shrnul Jetel (1974). Hydrogeologii permokarbonu a křídy na opěrném profilu Mělník-Ještěd a schéma hydrochemické zonálnosti křídové pánve a jejího podloží zpracoval Jetel (1970). Regiony podzemních vod navrhl Vrba et al. (1965), bilanci zdrojů podzemních vod Hercog (1968, 1971) a Slepička (1971). Na území byla provedena celá řada systematických hydrogeologických průzkumů, zaměřených na průzkum a využití průlinovo-puklinového kolektoru jizerských vrstev středního turonu např. Slepička-Pačes et al. (1978). Hydrogeologii pravostranných přítoků Labe studoval Pištora et al. (1978), hydrogeologii povodí Obrtky shrnul Čurda (1986). Práce regionálního hydrogeologického průzkumu na Litoměřicku a Roudnicku (Zima 1958), v pravobřežním labském, tzv. píšťanském meandru Velkých Žernosek (Zima 1960, Šťáva-Pištora 1966a, 1966b, Pištora 1968b, Pištora-Šťáva 1970), nebo na dolní části toku Obrtky s Úštěckým potokem (Zima 1962a, 1962b, Pištora 1967a, 1967b, 1969, Slepička 1967, Hoppe 1968) přinesly nová konkrétní data i doplňující informace o geologické stavbě, úložných poměrech, litologii a tektonice části české křídové pánve. Uvedené práce poskytly základní údaje o hydraulických vlastnostech kvartérních fluviálních a křídových kolektorů a izolátorů, o jejich počtu, výškové pozici a jejich vzájemném vztahu, včetně údajů o fyzikálních a chemických vlastnostech podzemní vody. Staly se podkladem pro shrnující navazující práce regionálního hydrogeologického výzkumu a průzkumu (Herčík et al. 1987) a pro ocenění a výpočet přírodních zdrojů a využitelných zásob podzemních vod

Zájmové území bylo hydrogeologicky zmapováno a zpracováno při sestavení listu 02 Ústí nad Labem Základní hydrogeologické mapy ČSSR 1 : 200 000 (Hazdrová 1980a), Mapy chemismu podzemních vod 1 : 200 000 (Hazdrová 1980b) a příslušných vysvětlivek (Hazdrová et al. 1980). Hydrogeologické mapy 1 : 50 000 list 02-41 Ústí nad Labem a 02-43 Litoměřice sestavili Hazdrová (1990 a 1992), list 02-44 Štětí (Burda 1990), list 02-42 Česká Lípa (Stehlík 1987). Hydrogeologickou kapitolu Vysvětlivek k souboru geologických a účelových map 1 : 50 000 pro list 02-41 zpracovala Hazdrová (1996).

Cenný srovnávací materiál o výskytu a vydatnostech pramenů s příslušnou charakteristikou poskytují vodopisy Výzkumného ústavu vodohospodářského na listech speciální mapy 1 : 75 000 Litoměřice (Svoboda 1961) a Česká Lípa (Filip 1959).

Z dalších novějších prací je třeba jmenovat průzkumné práce na uran (Blažek a Prokop et al. 1979; Kyncl et al. 1986) a průzkumné práce související se sanací (Adamovič a Coubal 1994; Coubal a Adamovič 1995; Kučera a Rutšek 1995).

ARCHIVNÍ HODNOTY PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ A VYUŽITELNÉHO MNOŽSTVÍ

Archivní hodnoty přírodních zdrojů a využitelného množství (Tab. 3-1) byly převzaty z protokolů dřívější „Komise pro klasifikaci zásob“ a údajů poskytovaných ČHMÚ a zařazených do současně platných plánů povodí.

Tab. 3-1. Archivní hodnoty přírodních zdrojů a využitelného množství v l/s

Rajon/ bilanční celek	Plocha (km^2)	Přírodní zdroje (l/s)	Využitelné množství (l/s)	Kategorie	Protokol/ Reference	Poznámka
4523	309	1313			HG rajonizace*	Základní odtok 2007 Q 50% (VÚV)
			550	B	234-16/3-82	1982
			630	C1	234-16/3-82	
		564		C1	386-16/5-82	Doplněk
		32		C2	386-16/5-82	Doplněk
452/bc1	843	3150	1990 / 1445	C1 / C2		Kolektor C (kategorie C1 a C2) pro bc1 hydrogeol. model **
M7/1 + část M3			350 + 25	B + C2		1967

*- První cyklus plánů povodí; **- Herčík a kol. (1987, 1999)

VRTNÁ HYDROGEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST

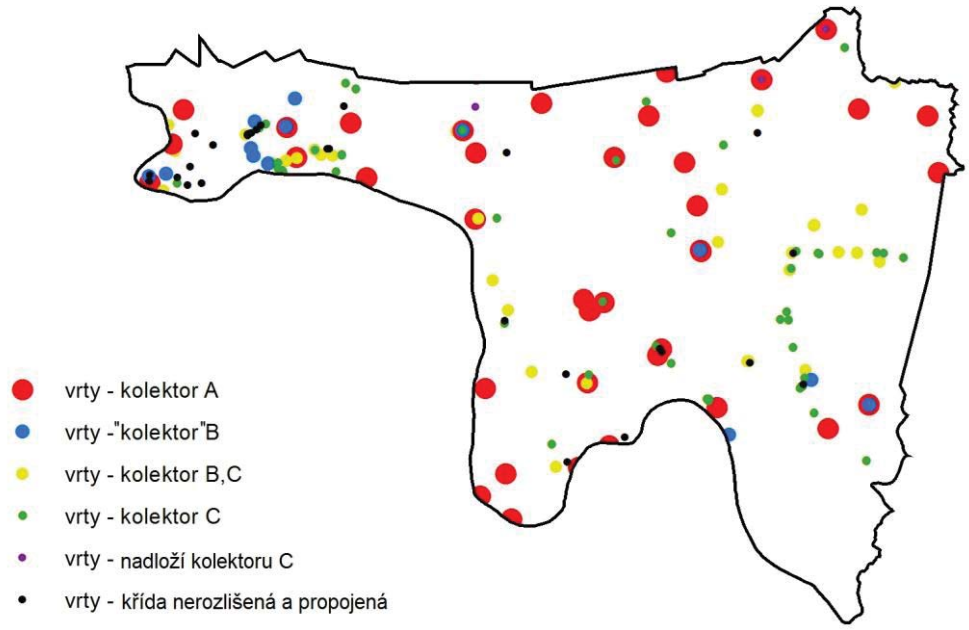
Geologické práce vyplývající z projektu Rebilance zásob podzemních vod (dále jen projekt) navazují na Hydrogeologickou syntézu české křídové pánve z 80. let minulého století (Herčík a kol. 1987). Za využití veškerých vrtů a geologických dat získaných starším i novým, terénním výzkumem byla konstruována izoliniová mapa stropu a báze kolektoru C.

V rámci projektu byla všechna dostupná data především z ČGS (Geofondu) a ostatních organizací uložena do centrální databáze projektu a zpracována v souboru aplikací GDbase5. Software GDbase5 se územně člení podle jednotlivých hydrogeologických rajonů. Tak vznikl komplex geologických, hydrogeologických, hydrochemických a karotážních informací, který byl účelově doplněn o časové řady pozorování hladin a chemismu podzemních vod ČHMÚ.

Využití GDbase5 umožnilo zpracování projektu v prostředí GIS, což byl významný krok k modernímu zpracování velikého množství dat, které se v takovém rozsahu v ČR zatím nerealizovalo.

Tab. 3-2 Vrtná prozkoumanost podle databáze ČGS (Geofondu) převedené do Gdbase-5

HGR	Počty HG objektů							
	v geodatabázi	s analýzou	s údajem o hladině	s hloubkou > 5m	kolektor A	„kolektor“ B	kolektor C	„kolektor“ D
4523	226	200	197	180	39	45	82	20

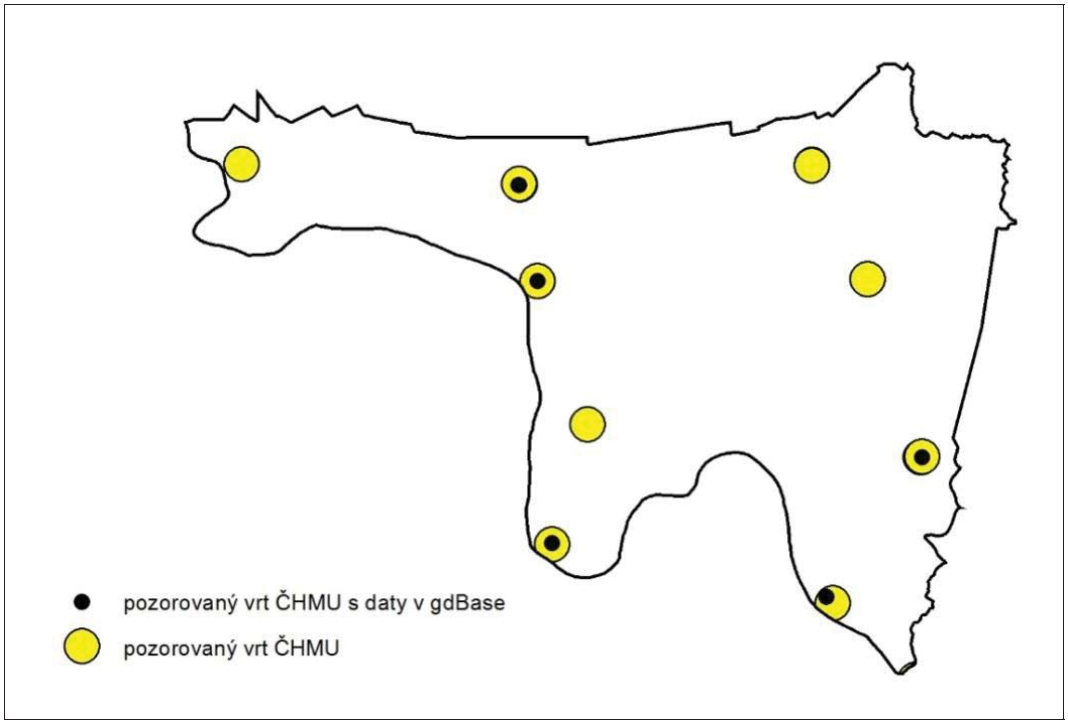


Obr. 3-3. Vrtná prozkoumanost dle Geodatabáze

Specifická pozornost byla věnována vrtům s dlouhodobým režimním měřením, vrty přiřazené k definovaným kolektorům jsou uvedeny v Tab. 3-3 a zobrazeny jsou v mapě na Obr. 3-4.

Tab. 3-3 Vrty s režimním pozorováním

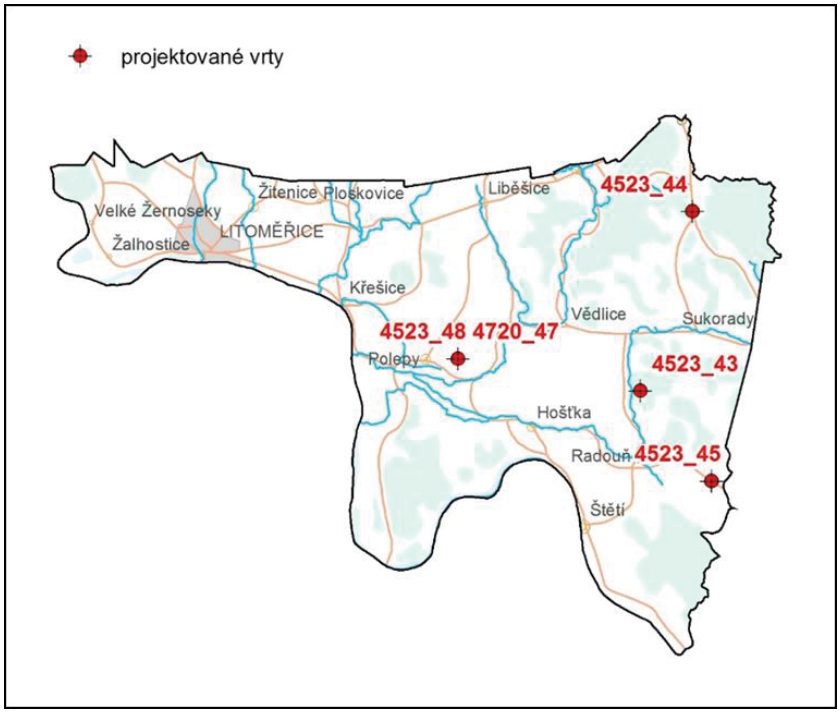
klíč_GDO	Název	Lokalita	ČHMÚ	Sledován od roku	Sledovaný parametr	Kolektor
4397	V-1910	Horní Počaply	VP1910	6.1.1971	HPV	kvartér
5000	SK-4TA	Brocno	VP8219	8.6.1996	HPV	kolektor C
6201	V-1917	Roudnice nad Labem	VP1917	6.1.1971	HPV	kvartér
8105	SH-13	Býčkovice	VP8220	1996	HPV	kolektor A
8107	SH-13C	Býčkovice	VP8221	8.6.1996	HPV	kolektor C
8535	V-1924	Křešice u Litoměřic	VP1924	6.1.1971	HPV	kvartér
692279	2H203	Velký Hubenov	VP8314	1.1.2008	HPV	kolektor C
684680	VP8217N	Tetčiněves	VP8236	1.1.2008	HPV	kolektor C
684682	2H097	Velké Žernoseky	VP8312	1.1.2008	HPV	kolektor C



Obr. 3-4. Vrty s režimním pozorováním

NOVÉ HYDROGEOLOGICKÉ VRTY PROVÁDĚNÉ V RÁMCI PROJEKTU

Pro ověření pozice a hloubky jednotlivých kolektorů a izolátorů, ověření jejich hydraulických parametrů, chemismu podzemní vody a pro (případné) režimní sledování hladin podzemní vody, především v místech kde scházely relevantní hydrogeologické informace, byly vyhloubeny průzkumné hydrogeologické vrty (Obr. 3-6, Tab. 3-4). O výsledcích testování kolektorů průzkumnými vrty byla zhotovena závěrečná zpráva obsahující informace a dokumentaci o zjištěné geologické stavbě, hydrogeologických vlastnostech prostředí, skutečném provedení a vystrojení vrtu (zahrnuje výsledky karotážních měření, technickou zprávu o provedení vrtu a výsledky čerpací zkoušky a rozborů vzorků vod), která je uložena v archívu ČGS (Geofond). Dokumentace obsahuje náležitosti dle přílohy 1 Vyhl. ČBÚ 239/1998 Sb.



Obr. 3-5. Přehledná mapa lokalizace projektovaných vrtů

Tab. 3-4. Přehled hydrogeologických vrtů a jejich základních výsledků vyhloubených v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod v letech 2014–2015

ID vrtu	Název vrtu	cílový kolektor	Hloubka vrtu (m)	Rozsah cílového kolektoru (m)	Koeficient transmisivity (m^2/s)	autor zprávy
4523_43	Snědovice	C	42,9	0,5 – 42,93	$9{,}1 \times 10^{-5}$	Navrátilová et al. (2015a)
4523_44	Úštěk	C	123,5	0,9 – 100	8×10^{-3}	Navrátilová et al. (2015b)
4523_45	Štětí	C	150	2 – 150	$2{,}4 \times 10^{-4}$	Navrátilová et al. (2015c)
4523_48	Vrutice	C	61	2 – 57,9	8×10^{-2}	Navrátilová et al. (2015d)

Tab. 3-5. Základní informace o geologické, hydrogeologické a technické dokumentaci provedených vrtů

ID vrtu	Geologický popis	Technická zpráva, HDZ, odběry	HDZ 3+2 dny orientační (od – do)	Odběr vzorku vody	Karotáž (revizní karotáž/TV)	Zaměření vrtu
4523_43	AQUATEST, a.s.	CHEMKOMEX, a.s. Praha	30.1.-4.2.2015	2.2.2015 28.3.2015 13.6.2015	AQUATEST, a.s. neprovedena (13.4.2015 / 23.2.2015)	28.7.2015 Gefos a.s., Praha
4523_44	AQUATEST, a.s.	Vodní zdroje, a.s.	20.3.-25.3.2015	23.3.2015 5.5.2015 4.7.2015	AQUATEST, a.s. 3.3.2015 (13.4.2014 / 14.4.2015)	28.7.2015 Gefos a.s., Praha
4523_45	AQUATEST, a.s.	Vodní zdroje, a.s.	7.2.-12.2.2015	9.2.2015 16.4.2015 16.7.2015	AQUATEST, a.s. 18.2.2015 (19.5., 22.5.2015 / 26.5.2015)	28.7.2015 Gefos a.s., Praha
4523_48	AQUATEST, a.s.	Vodní zdroje, a.s.	28.1.–2.2.2015	9.2.2015 4.4.2015 27.6.2015	AQUATEST, a.s. 4.9.2014 (2.7.2015 / 23.2.2015)	28.7.2015 Gefos a.s., Praha

Tab. 3-6. Základní hydrodynamické parametry stanovené z HDZ

ID vrtu	HPV ustálená	Čerpací zkouška		Stoupací zkouška		Specifický odtok
	(m n.m. /datum)	Koeficient hydraulické vodivosti (m/s)	Transmisivita (m^2/s)	Koeficient hydraulické vodivosti (m/s)	Transmisivita (m^2/s)	(l/s/m)
4523_43	214,67 / 13.4.2015	$8,8\text{-}9,4x10^{-5}$				1,57
4523_44	294,25 / 14.4.2015	$6,3x10^{-5}$	$7,1x10^{-6}$	$1,3x10^{-3}$	$1,47x10^{-4}$	0,44
4523_45	211,68 / 26.5.2015	$1,2x10^{-5}$	$6,8x10^{-6}$	$3,1x10^{-4}$	$1,75x10^{-4}$	0,22
4523_48	160,59 / 2.7.2015	$6,4x10^{-4}$	$4,4x10^{-5}$	$1,98x10^{-2}$	$1,36x10^{-3}$	8,3

Tab. 3-7. Souřadnice vrtů dle geodetických technických zpráv

ID vrtu	Y	X	Z (m n.m.)			
			plast	pažnice	patka	terén
4523_43	738390,12	996751,87	224,92	225,85	224,87	224,60
4523_44	736265,37	989375,89	373,97	374,32	373,91	373,60
4523_45	735483,97	1000428,82	306,69	306,98	306,31	306,10
4523_48	745888,21	995427,92	169,58	170,19	169,68	169,35

4523_43 Snědovice

Průzkumný vrt je situován v obci Snědovice východně od zámku, v bočním údolí na levém břehu toku Obrtky. Cílem průzkumného vrtu bylo získat hydrogeologické a geologické údaje v dosud neprozkoumané části rajonu.

Průzkumný hydrogeologický vrt 4523_43 je proveden jako úplná studna do turonského kolektoru C. Naražená hladina podzemní vody je volná. Dne 10. 12. 2014 byla hloubka hladiny podzemní vody 10 m pod terénem, což odpovídá kótě hladiny cca 214,6 m n. m. Ustálená hladina podzemní vody dne 13. 4. 2015 dle revizní karotáže 9,93 m pod terénem odpovídá 214,67 m n. m.

Tab. 3-8 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 4523_43

Hloubka (od – do m)		Popis - převažující typy hornin	HG typ
0	0,5	hlína, písčitá s hnědými úlomky jemnozrnných pískovců	poloizolátor (Q)
0,5	3,7	pískovce, světle hnědé, jemnozrnné, jílovité	kolektor C
3,7	13,0	pískovce, světle hnědé až béžové, jemnozrnné, vápnité	
13,0	14,6	neovulkanit bazaltového typu, černý, dle karotáže dvě žilky - uprostřed jemnozrnný pískovec (13,5 – 14,1 m), tektonicky narušené - kaverny	
14,6	42,9	pískovce, šedé, jemnozrnné, slinito – prachovité až jílovité + prachovce písčité, střídavé sekvence	

Hydrodynamická zkouška byla provedena v době trvání 1+3+2 dní. Hladina během čerpání Q = 0,99 l/s poklesla z počáteční hloubky 11,10 m na 11,73 m (měřeno od hrany pažnice), tj. cca 0,63 m za 18 hodin. Hloubka zanoření čerpadla byla 26 m od odměrného bodu (okraj Fe pažnice). Hodnoty pH a vodivosti se během čerpání pohybovaly v rozmezí hodnot: pH 7,4 (počáteční) -7,5 (konečná) a vodivost 668 – 675 uS/cm (počáteční 668 uS/cm a konečná 672 uS/cm).

Vyhodnocení čerpací zkoušky metodou ustáleného proudění přineslo výslednou hodnotu koeficientu filtrace (hydraulické vodivosti) kf = $8{,}8.10^{-5}$ až $9{,}4.10^{-5}$ m/s při celkové mocnosti turonského kolektoru 15,2 m (transmisivita T = $1{,}38.10^{-3}$ m^2/s dopočet).

Pro zhodnocení kvality vody cenomanských zvodněných vrstev byly použity výsledky chemických analýz vzorků vod odebraných v dynamickém stavu 2. 2. 2015, 28. 3. 2015 a 13. 6. 2015. Voda turonského kolektoru je středně mineralizovaná (celková mineralizace 0,52 - až 0,62 g/l) s pH 6,6 – 7,2. Podle skupin převažujících iontů je charakterizována typem HCO_3-Ca. Z hlediska posouzení kvality podzemní vody ve vztahu ke sledovaným chemickým ukazatelům uvedeným ve vyhlášce 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů, nevyhovují vody turonského kolektoru vyšší celkovou tvrdostí, zvýšeným množstvím železa a vápníku. Toxické kovy ani mikroznečisťující organické látky ve vodě zjištěny nebyly. Voda turonského kolektoru C se z hlediska vodárenského řadí vyšším množstvím železa do kategorie upravitelnosti A3 (ev. AOX odběr monitoring 15. 6. 2015).

Podle zadávací dokumentace byla na vrtu provedena karotáž. Ve vrtu dochází k poměrně výraznému vzestupnému proudění (Q = 7 300 l/den). Jak bylo zjištěno, nejedná se o typické přetékání vody v rámci jednoho kolektoru, protože výtlačné úrovně propustných poloh-přítoků ve spodní a střední části vrtu se, jak bylo prokázáno, liší od výtlačné úrovně propustné polohy-„ztráty“ v horní části vrtu v úseku za plnou PVC pažnicí. Z tohoto pohledu je možno považovat proudění ve vrtu za určitý druh hydraulického zkratu.

4523_44 Úštěk

Průzkumný vrt je situován v místě křižovatky silnice II. třídy 260 Tuhaň – Úštěk a místní komunikace spojující obec Rašovice u Kalovic. Cílem průzkumného vrtu bylo získat hydrogeologické a geologické údaje v dosud neprozkoumané části rajonu.

Průzkumný hydrogeologický vrt 4523_44 je proveden jako úplná studna do turonského kolektoru C. Hladina podzemní vody je volná. Dne 3. 2. 2015 byla naražená hloubka hladiny podzemní vody 80 m pod terénem, což odpovídá kótě hladiny cca 293,6 m n. m. Ustálená hladina podzemní vody dne 14. 4. 2015 dle revizní karotáže 79,25 m pod terénem odpovídá 294,35 m n. m.

Tab. 3-9 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 4523_44

Hloubka (od – do m)		Popis - převažující typy hornin	HG typ
0,0	0,9	hlína, hnědá, písčitá	izolátor
0,9	50,0	pískovec, okrový – žlutý – šedý, jemnozrnný, slinito – prachovitý	kolektor C
50,0	100,0	pískovec, žlutý – béžový, jemnozrnný až středně zrnitý	
100,0	123,5	prachovce, písčité - vápnité	izolátor C/A

Hydrodynamická zkouška byla provedena v období 20. 3. 2015 – 25. 3. 2015 v době trvání 1+3+2 dní. Hladina během počátečního čerpání Q = 0,97 l/s poklesla z počáteční úrovně 79,9 m na 82,2 m (měřeno od hrany Fe pažnice), tj. cca o 2,3 m za 8 hodin. Čerpadlo bylo zapuštěno v hloubce 94 m od okraje Fe pažnice. Hodnoty pH a konduktivity se v průběhu čerpání pohybovaly v rozmezí hodnot: pH 7,6 – 7,8 (7,8 počáteční; 7,8 konečná) a konduktivita 438 – 501 uS/cm (501 uS/cm počáteční; 434 uS/cm konečná).

Vyhodnocení čerpací a stoupací zkoušky pro napjatý kolektor dle Theise přineslo hodnoty transmisivity T v rozmezí $1{,}3.10^{-3}$ - $1{,}47.10^{-4}$ m^2/s. Při celkové mocnosti turonského kolektoru 20,75 m se koeficient hydraulické vodivosti k_f pohybuje v rozmezí $6{,}3.10^{-5}$ - Pro zhodnocení kvality vody turonských zvodněných vrstev byly použity výsledky chemických analýz vzorků vod odebraných v dynamickém stavu 23. 3. 2015, 5. 5. 2015 a 4. 7. 2015.

Voda turonského kolektoru je středně mineralizovaná (celková mineralizace 0,39 - 0,46 g/l). Podle skupin převažujících iontů je charakterizována typem HCO_3-Ca. Z hlediska posouzení kvality podzemní vody ve vztahu k chemickým ukazatelům uvedeným ve vyhlášce 252/2004 Sb. nevyhovuje voda turonského kolektoru zvýšeným obsahem vápníku a železa. Toxické kovy ani mikroznečisťující organické látky ve vodě zjištěny nebyly. Vodu turonského kolektoru C pro vodárenské využití lze orientačně zařadit do kategorie upravitelnosti >A3 z hlediska vyšší hodnoty AOX, tzn. do kategorie s vyššími hodnotami, než jsou uvedeny v kategorii A3.

Podle zadávací dokumentace byla na vrtu Úštěk 4523_44 provedena karotáž před výstrojí a revizní karotáž po definitivní výstroji. Ve vrtu dochází k sestupnému proudění (Q = 620 l/den). Nejedná se však o hydraulický zkrat, ale o přetékání vody v rámci jednoho kolektoru. Proudění je sestupné, což je typické pro oblasti infiltrace. Vrt je v pořádku, z technického hlediska vhodný pro dlouhodobý monitoring podzemních vod.

4523_45 Štětí

Průzkumný vrt je situován v centru vesnice Brocno, části města Štětí. Cílem průzkumného vrtu bylo získat hydrogeologické a geologické údaje v dosud neprozkoumané části rajonu.

Průzkumný hydrogeologický vrt 4523_45 je proveden jako úplná studna do turonského kolektoru C. Naražená hladina podzemní vody je volná. Dne 27. 11. 2014 byla hloubka hladiny podzemní vody 95 m pod terénem, což odpovídá kótě hladiny cca 211,1 m n. m. Ustálená hladina podzemní vody dne 26. 5. 2015 dle revizní karotáže 94,42 m pod terénem odpovídá 211,68 m n. m. Hloubka zapuštění čerpadla byla 108 m od OB (OB = okraj Fe pažnice). Hodnoty pH a vodivosti se během čerpání pohybovaly v rozmezí hodnot: pH 7,3 – 7,5 (počáteční 7,3 a konečná 7,3) a vodivost 1025 – 1042 uS/cm (počáteční 1025 uS/cm a konečná 1033 uS/cm).

Tab. 3-10 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 4523_45

Hloubka (od – do m)		Popis - převažující typy hornin	HG typ
0,0	0,5	hlína, písčitá	
0,5	2,0	písky, hnědé, zahlíněné, s úlomky pískovců - eluvium	kolektor
2,0	12,1	pískovce, světle hnědé, vápnité, jemnozrnné	kolektor C
12,1	48,7	pískovce, světle šedé, jemnozrnné, slinito prachovité až písčité prachovce	
48,7	55,2	pískovce, béžové, středně zrnité,	
55,2	55,6	pískovce, oranžové, středně zrnité, proželeznělé, porucha se „ztrátou“	
55,6	69,3	pískovce, světle hnědé, středně až hrubě zrnité	
69,3	107,5	pískovce, šedé, středně až hrubě zrnité s polohami jemnozrnných prachovitých pískovců až písčitých prachovců	
107,5	150,0	pískovce, šedé, převážně jemnozrnné, ojediněle středně zrnité, střídavě s písčitými prachovci; cyklické střídání vrstev jednotlivých facií o mocnosti v řádu desítek cm až prvních m; pozn.: zhruba od 120 m má souvrství spíše charakter hg. poloizolátoru	poloizolátor C

Hydrodynamická zkouška byla provedena v období od 7. 2. 2015 do 12. 2. 2015 v době trvání 1+3+2 dní. Hladina během počátečního čerpání Q = 0,37 l/s poklesla z počáteční úrovně 94,95 m na 96,60 m od terénu (měřeno od hrany pažnice), tj. cca o 1,65 m za 32 hodin. Vyhodnocení čerpací a stoupací zkoušky metodami neustáleného proudění přineslo výsledné hodnoty transmisivity T v rozmezí $1{,}75.10^{-4}$ až $3{,}1.10^{-4}$ m^2/s. Při celkové mocnosti turonského kolektoru 25,6 m se koeficient hydraulické vodovosti k_f pohybuje mezi $1{,}2.10^{-5}$ až $6{,}8.10^{-6}$ m/s. V pozorovaném objektu – studna u domu p. Cihláře, Brocno č. p. 5 – nebyly zaznamenány žádné změny HPV.

Pro zhodnocení kvality vody turonských zvodněných vrstev byly použity výsledky chemických analýz vzorků vod odebraných v dynamickém stavu 9. 2. 2015, 16. 4. 2015 a 16. 7. 2015. Voda turonského kolektoru má relativně vysokou mineralizaci 0,94 – 0,96 g/l. Podle skupin převažujících iontů je charakterizována typem HCO_3-SO_4-Cl-Mg-Ca. Z hlediska posouzení kvality podzemní vody ve vztahu k chemickým ukazatelům uvedeným ve vyhlášce 252/2004 Sb. nevyhovuje voda turonského kolektoru vyšší celkovou tvrdostí, zvýšeným množstvím hořčíku a vápníku, ev. železa. Při monitoringu byly toxické kovy (rtuť a nikl) byly zjištěny v odběru 16. 4. 2015 a z organických látek PAU (PAU celk. 0,010 – 0,022 ug/l). Vodu turonského kolektoru C z vrtu 4523_45 lze orientačně zařadit (vyhl. 428/2001 Sb., Příl. 13) do kategorie upravitelnosti >A3, tzn. do kategorie s vyššími hodnotami, než jsou uvedeny v kategorii A3, a to z hlediska vyšších hodnot AOX (ev. Ni a Hg odběr 16. 4. 2015).

Podle zadávací dokumentace byla na vrtu Štětí - Brocno 4523_45 provedena karotáž před výstrojí (18. 5. 2015) a revizní karotáž po definitivní výstroji (TV prohlídka 19. 5. 2015, karotáž 22. 5 a 26. 5. 2015). Dne 19. 5. 2015 byla hladina v hl. 94,44 m pod terénem, dne 26. 5. byla v hloubce 94,42 m pod terénem. Ve vrtu dochází k poměrně významnému sestupnému proudění (Q = 5200 l/den), přítok je nad úsekem perforovaných pažnic, pravděpodobně v blízkosti hladiny, voda do vnitřního prostoru vrtu přitéká prvními perforačními otvory. Jedná se o přetékání vody v rámci jednoho kolektoru, kvartérní obzor je dostatečně oddělen.

4523_48 Vrutice

Průzkumný vrt je situován na severním okraji obce Vrutice v blízkosti železniční trati Litoměřice-Mělník. Cílem průzkumného vrtu bylo získat hydrogeologické a geologické údaje v dosud neprozkoumané části rajonu.

Tab. 3-11 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 4430_6

Hloubka (od – do m)		Popis - převažující typy hornin	HG typ
0,0	1,0	hlína, hnědá, písčitá	
1,0	2,0	písek, okrový, eluvium - báze Q	kolektor
2,0	12,0	pískovce, rezavé, středně zrnité, zvětralé, na bázi železité	kolektor C
12,0	17,9	pískovce, rezavé, jemnozrnné až středně zrnité, místy železité	
17,9	57,9	pískovce, šedé, jemnozrnné, vápnité, s přechody do slínovců	
57,9	61,0	prachovce až prachovité slínovce, šedé, vápnité	izolátor C/A

Průzkumný hydrogeologický vrt 4523_48 je proveden jako úplná studna do turonského kolektoru C. Hladina podzemní vody je volná. Dne 2. 9. 2014 byla naražená hladina podzemní vody v úrovni 10 m

pod terénem, což odpovídá kótě hladiny 159,35 m n. m. Ustálená hladina podzemní vody dne 2. 7. 2015 dle revizní karotáže 8,76 m pod terénem odpovídá 160,59 m n. m.

Hydrodynamická zkouška byla provedena v období 28. 1. až 2. 2. 2015 v době trvání 1+3+2 dní. Hladina během počátečního čerpání Q = 5 l/s poklesla z počáteční hloubky 9,1 m na 9,7 m, tj. cca 0,6 m za 24 hodin. Čerpadlo bylo zapuštěno do hloubky 20 m od OB (od hrany Fe pažnice). Hodnoty pH a vodivosti se v průběhu čerpání pohybovaly v rozmezí: pH 6,3–6,6 (počáteční 6,5; konečná 6,6) a vodivost 45,7–46,1 uS/cm (počáteční 45,8 uS/cm; konečná 45,8 uS/cm). Vyhodnocení čerpací a stoupací zkoušky metodou neustáleného proudění přineslo výsledné hodnoty transmisivity T v rozmezí $1{,}98.10^{-2}$ m^2/s až $1{,}36.10^{-3}$ m^2/s. Při celkové mocnosti turonských vrstev 30,8 m se koeficient hydraulické vodivosti k_f pohybuje mezi $6{,}4.10^{-4}$ m/s až $4{,}4.10^{-5}$ m/s. V pozorovaném vrtu 4720_47 vzdáleném 7,28 m byla v průběhu HDZ zjištěna mírná změna HPV (od OB): před HDZ 9,12 m; v průběhu HDZ 9,22 m a po HDZ 9,17 m od OB (hrana Fe pažnice).

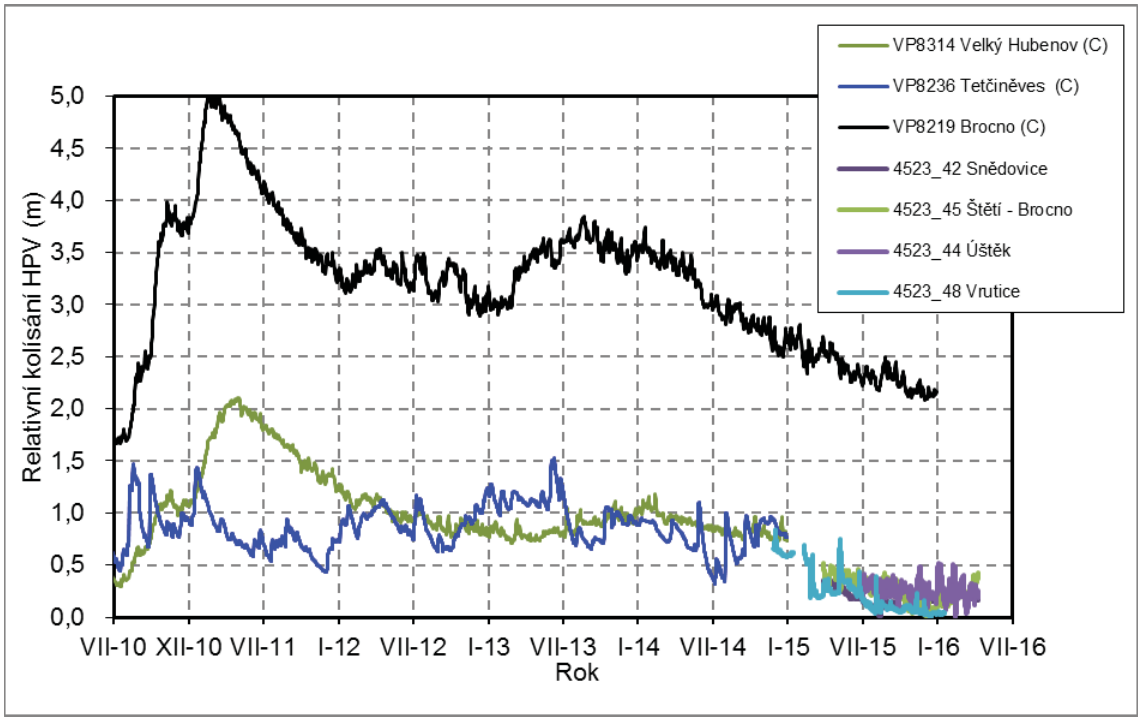
Pro zhodnocení kvality vody cenomanských zvodněných vrstev byly použity výsledky chemických analýz vzorků vod odebraných v dynamickém stavu 9. 2. 2015, 4. 4. 2015 a 27. 6. 2015. Voda turonského kolektoru je středně mineralizovaná (celková mineralizace 0,67 – 0,82 g/l) s pH 6,5 – 8,2 Podle skupin převažujících iontů jsou charakterizovány typem HCO_3-SO_4-Ca. Z hlediska posouzení kvality podzemní vody ve vztahu k chemickým ukazatelům uvedeným ve vyhlášce 252/2004 Sb. nevyhovují vody turonského kolektoru vysokou celkovou tvrdostí, značným obsahem síranů, zvýšeným množstvím vápníku, hořčíku, železa a manganu. Z toxických kovů byla zjištěna rtuť (odběr 9. 2. 2015), mikroznečisťující organické látky ve vodě zjištěny nebyly. Podzemní voda turonského kolektoru C se z hlediska vhodnosti pro vodárenské využití orientačně řadí vyšším obsahem rtuti do kategorie upravitelnosti >A3.

Podle zadávací dokumentace byla na vrtu Vrutice 4523_48 provedena karotáž před výstrojí 4. 9. 2014 a revizní karotáž (TV prohlídka) karotážní měření. Přes určité technické nedostatky (odklon od vertikály, krátký úsek neúplného vyplnění zaplášťového prostoru), které však nemají žádný podstatný vliv na funkčnost vrtu, je tento vrt za vhodný pro dlouhodobé monitorování podzemních vod.

MĚŘENÍ HLADIN PODZEMNÍCH VOD VE VRTECH PROJEKTU

Pro potřeby režimního měření byly hydrogeologické vrty vybaveny měřicí technikou na měření kolísání hladiny podzemní vody a její teploty. Typ měřící techniky byl zvolen v závislosti na typu měřící techniky používané na okolních režimně sledovaných vrtech a na sledovaných vrtech ČHMÚ. Preference byla dána typu v současné době umísťovaných typů měřící techniky ČHMÚ, aby se tak usnadnilo případné převzetí monitorovacích vrtů ČHMÚ a jejich zařazení do státní pozorovací sítě. V souladu s praxí ČHMÚ jsou nastaveny také intervaly sledování monitorovaných parametrů na 1 hodinu. Předpokládá se provádění kontrolních měření a odečtu sledovaných hodnot každé 3 měsíce (monitorovací režim ČHMÚ provádí kontrolní měření každých 6 měsíců).

Výsledky režimního měření (průběhy hladin podzemní vody – HPV) na nově realizovaných vrtech a jejich porovnání s vrty ČHMÚ jsou s rozdílným měřítkem na ose x na Obr. 3-6.



Obr. 3-6. Porovnání průběhu hladin podzemní vody na nově realizovaných vrtech s vrty ČHMÚ (i)

4. CHARAKTERISTIKA RAJONU

4.1. GEOLOGICKÁ STAVBA

Hydrogeologický rajon 4523 Křída Obrtky a Úštěckého potoka leží na pravém břehu Labe v centrální až severní části české křídové pánve. Zahrnuje jižní část geomorfologického celku Ralská pahorkatina, na západě zabíhá do celku České středohoří. Jeho plocha je 309 km^2. Z hlediska významu jednotlivých křídových kolektorů je velký rozdíl mezi východní a západní částí rajonu. Na východě lze za vodohospodářsky významný považovat kolektor C: jeho mocnost roste v rámci rajonu severním směrem z cca 40 m až na 200 m, ačkoliv jeho nejvyšší část je erodována. Západním (resp. jihozápadním) směrem kolektor C ztrácí na mocnosti a na jeho úkor nabývá na důležitosti kolektor B, který je na východě vyvinutý jen ostrůvkovitě. Na západě je křídový vrstevní sled postižen erozí v menší míře, takže strop kolektoru C je většinou zachován.

Ve východní části rajonu převládají mírné tektonické úklony (cca 1°) k J až JJZ, v tomto směru lze očekávat generelní proudění podzemních vod v obou kolektorech. Směrem k západnímu okraji rajonu se tektonické úklony mění na jihozápadní až západní, jihozápadní úklony jsou i v oddělené kře při úštěckém zlomu jz. od Bližvedel. Jinak je celé pásmo úštěckého zlomu na severním okraji rajonu, roztříštěné na řadu dílčích ker, charakterizováno strmějšími tektonickými úklony k SSZ. Lokálně jsou směr proudění podzemních vod a piezometrická úroveň ovlivněny drcenými pásmy a zlomy, které mohou mít drenážní nebo těsnicí funkci. Tradiční pojetí tektonické stavby rajonu (např. Pražák ed. 1991) nepočítá s přítomností významnějších zlomů. Přesto byly v úvodní – rešeršní fázi projektu identifikovány pravděpodobné východo–západní zlomy přetínající celé území rajonu, s výškou skoku až 100 m, a to především na základě srovnání korelativních stratigrafických rozhraní v jednotlivých vrtech, které nekorespondují s mírnými úklony vrstev viditelnými v terénu. Jedním z cílů projektu bylo tyto zlomové struktury ověřit. Vedle zlomů je oběh podzemních vod ovlivněn také přítomností žil bazaltoidů, které plní těsnicí funkci a lokálně zvyšují piezometrickou úroveň v kolektoru C.

Litologická a strukturní náplň křídových sedimentů se odráží v morfostrukturním charakteru rajonu. Ve východní a severní části převládají plošiny s povrchy mírně ukloněnými k J až JJV. Do nich jsou zaříznuté systémy kaňonovitých údolí. V západní části s převahou vápnitých pískovců a prachovců na výchozech se terén uklání mírněji směrem k toku Labe a údolní svahy mají mírnější sklony. Horniny z podloží křídy vystupují na povrch jen na západním okraji rajonu. Terciérní sedimenty nejsou vyvinuty.

4.1.1. STRATIGRAFIE A LITOLOGIE

PROTEROZOIKUM A PALEOZOIKUM

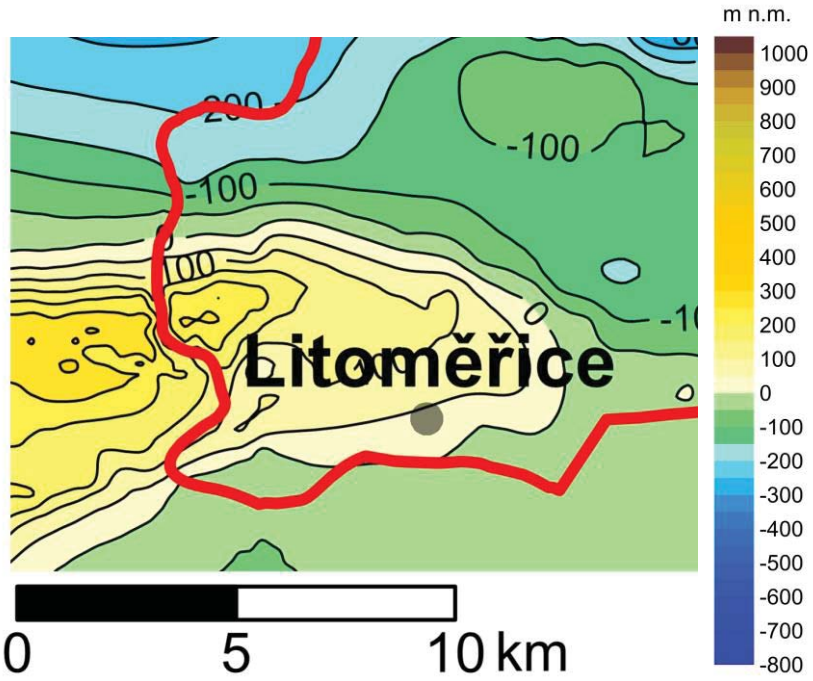
Horniny křídového podloží na území rajonu 4523 charakterizoval Vachtl (1965). Na základě poznatků z průzkumných prací na uran znalosti podstatně rozšířili Kučera a Pešek (1982), podrobné mapy vypracoval Rutšek in Kučera a Rutšek (1995). Horniny křídového podloží na území rajonu vycházejí na povrch jen při západním okraji rajonu severně od Lovosic (Poubová 1963), kde jsou tyto horniny odkryté důsledkem jejich pozice v hrásťové sktruktuře opárenské elevace (Domas ed. 1988). Ve zbytku rajonu jsou údaje o křídovém podloží založeny na vrtných pracích, geofyzikálním obrazu a na xenolitech v mladých vulkanických horninách.

V podloží platformních sedimentů na na hranici s rajony 4620 a 4640 stýkají hranice tří regionálních jednotek: saxothuringika, bohemika a lugika. Variská kolizní zóna saxothuringika a bohemika sleduje

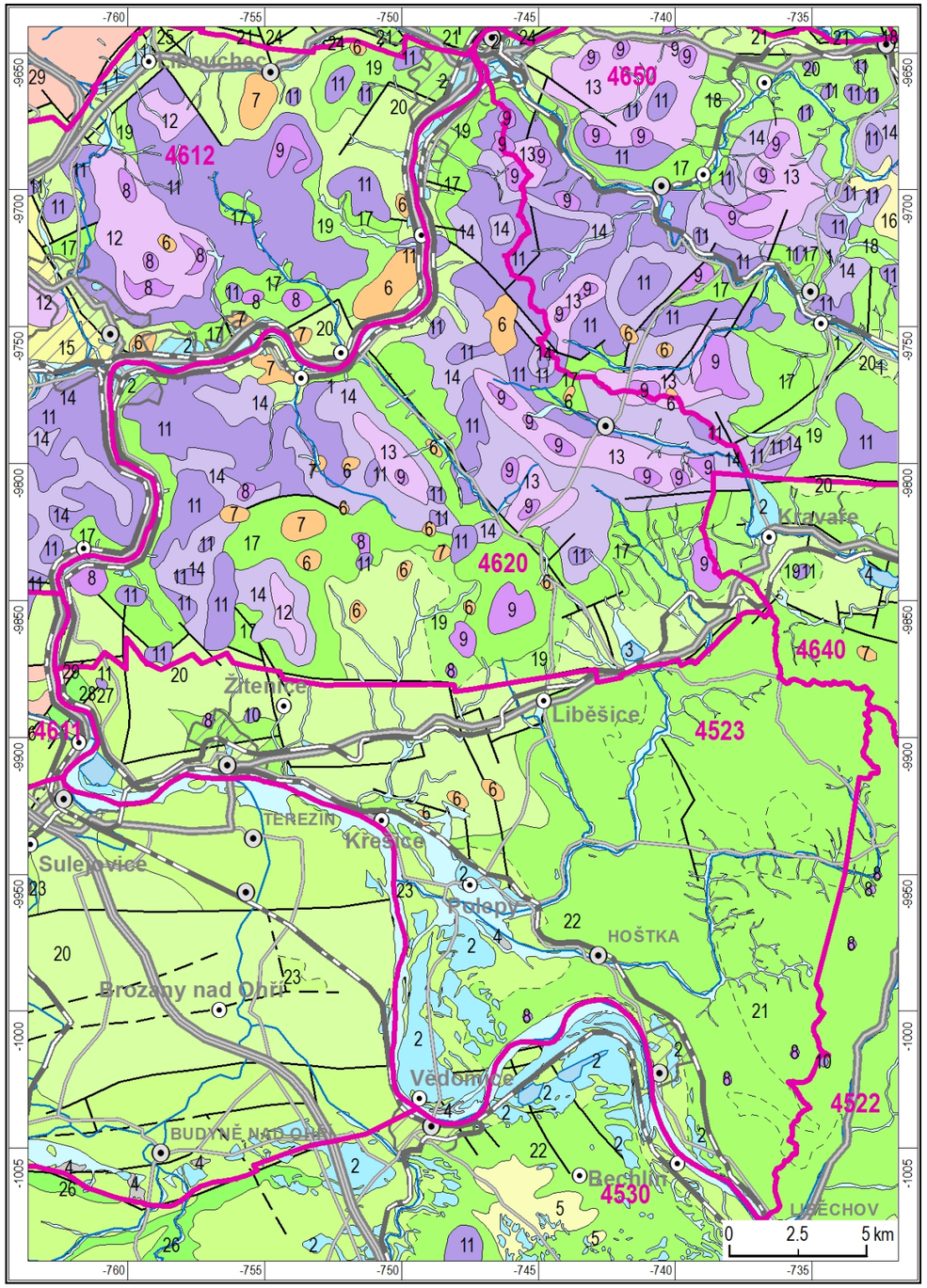
sz. hranici rajonu 4523 a je zvýrazněna pruhem metabazik („meta-ofiolitů“): zelených a chloritických břidlic a amfibolitů. Toto rozhraní je dobře odkryto v jádru opárenské elevace u Lovosic (viz výše). Severně od Úštěka se tato zóna stáčí přímo k východu a pokračuje do oblasti Maršovického vrchu. Je zde doprovázena pruhem granodioritu o šířce 1–3 km, tzv. litoměřickou lineární intruzí. Až do prostoru Vlhoště od západu klínovitě zasahují horniny saxothuringika – převážně ortoruly krušnohorského typu nejspíše spodnoproterozoického stáří.

Naprostou většinu území rajonu 4523 tvoří v podloží křídy epizonálně matamorfované horniny bohemika. Na nich leží výplň mladopaleozoické mšensko-roudnické pánve, tvořená autunskými a svrchnostefanskými sedimenty, západně od Litoměřic paleoryolity (např. Kučera a Pešek 1982). Její severní okraj sleduje zhruba linii Litoměřice – Liběšice – Dubá. Sedimenty zastižené staršími vrty patří líňskému souvrství (stefan až ?autun) a jedná se převážně o jílovce a prachovce o mocnosti přibližně 650 m. Mezi Úštěkem a Kravaři zasahuje na území rajonu 4523 v podloží křídy kravařská pánev (Pešek ed. 2001), její větší část leží na území rajonu 4640. Tato pánev má svým sedimentárním vývojem afinitu spíše k pánvím středočeské oblasti než k pánvím lugika. Je tektonicky–zlomově omezená jak proti maršovicko-bezdězské elevaci na jihu, tak proti českokamenické pánvi na severu (Kučera a Pešek 1982, Vejlupek 1984, Vejlupek a Novák 1986).

Z nově realizovaných vrtů v rajonu 4523 bylo podloží křídy zastiženo hydrogeologickým vrtem 4720_47 Vrutice, který z této úrovně poskytl směs hrubých křemenných zrn a červeno-rezavého jílu – sedimentární výplň mšensko-roudnické pánve (Fiedler et al. 2015c). Vzhledem k silně redukovaným mocnostem perucko-korycanského souvrství v tomto vrtu lze předpokládat, že karbonské slepence zde byly zpevněné natolik, že tvořily předkřídovou elevaci o topografii prvních desítek metrů.



Obr. 4-1. Izoliniová mapa povrchu krystalinika v podloží křídy v západní části HGR 4523, kde podložní krystalinikum vystupuje až k povrchu (v západním okolí Litoměřic)
s vyznačením hranice HGR 4730 (červeně), který v sobě slučuje rajony 4523, 4620 atd.



KENOZOIKUM
KVARTÉR

1 štěrk
2 písek a štěrk
3 hlíny, písky a štěrky
4 slatina, rašelina, hnilokal

Terestrický terciér Českého masivu a Karpat
KENOZOIKUM
PLIOCÉN

5 písky, štěrky, jíly

Terciér Českého masivu
Vulkanity Českého masivu
TERCIÉR

6 leukokrátní trachybazalty, trachyandezity, trachyty, nerozlišené trachytické vulkanity, intruzívní trachytické brekcie
7 fonolity
8 alkalické bazalty, tefrity, foidity, augitity, melanokratní trachybazalty, essexity, nerozlišené
9 alkalické bazalty, tefrity, foidity, augitity, melanokratní trachybazalty, essexity, nerozlišené,(v Českém středohoří většinou mladší subaerické výlevy)
10 olivinické alkalické bazalty a bazanity, olivinické foidity, limburgity, melilitické olivinické horniny, subvulkanické bazaltické brekcie, alterované olivinické bazaltové horniny, (solitérní intruze a efuze bez určení stáří)
11 olivinické alkalické bazalty a bazanity, olivinické foidity, limburgity, melilitické olivinické horniny, subvulkanické bazaltické brekcie, alterované olivinické bazaltové horniny, (starší výlevy a intruze v středu oherského riftu)
12 vulkanoklastika bazaltových hornin (převážně pyroklastika, in situ i redeponovaná)
13 vulkanoklastika bazaltových hornin, (převážně redeponovaná pyroklastika mladších bazaltových hornin v Českém Středohoří)
14 vulkanoklastika olivinických bazaltových hornin, (převážně redeponovaná autoklastika, méně epiklastika a pyroklastika, v Českém Středohoří provázející starší výlevy)

Terestrický terciér Českého masivu (převážně předpliocení)
NEOGÉN
STŘEDNÍ SPODNÍ MIOCÉN (aquitan - baden)

15 písky, štěrky, jíly, podřadně uhelné sloje

PALEOGÉN NEOGÉN
?STŘEDNÍSVRCHNÍ OLIGOCÉN

16 písky, jíly, uhelné sloje, štěrky

Mezozoikum Českého masivu (převážně marinní)
MEZOZOIKUM
KŘÍDA
SVRCHNÍ KŘÍDA (santon)

17 merboltické souvrství, pískovce s vložkami prachovců a jílovců

SVRCHNÍ KŘÍDA (coniak-santon)

18 březenské souvrství, křemenné pískovce, méně jílovito-prachovité pískovce

SVRCHNÍ KŘÍDA (coniak-santon)

19 březenské souvrství, vápnité jílovce a slínovce s písčitými vložkami

SVRCHNÍ KŘÍDA (svrchní turon - santon)

20 březenské a teplické souvrství, vápnité jílovce a slínovce

SVRCHNÍ KŘÍDA (střední - svrchní turon)

21 jizerské souvrství, křemenné a arkózovité pískovce, dílem jílovité nebo vápnité
22 jizerské souvrství, vápnité a jílovité jemnozrnné pískovce

SVRCHNÍ KŘÍDA (spodní -svrchní turon)

23 jizerské a bělohorské souvrství, vápnité jílovce, slínovce, méně jílovité vápence
24 jizerské a bělohorské souvrství, křemenné, méně arkózovité pískovce

SVRCHNÍ KŘÍDA (turon)

25 paralický vývoj, glaukonitické, vápnité a jílovité pískovce, slínovce, místy silicifikované (až spogolity), s polohami rohovců

SVRCHNÍ KŘÍDA (cenoman)

26 perucko-korycanské souvrství, jílovce, prachovce, pískovce, slepence

PREKAMBRIUM A (NEBO) PALEOZOIKUM, NEROZLIŠENÉ
PREKAMBRIUM A (NEBO) PALEOZOIKUM (nerozlišené)

27 fylity (chloritová, biotitová případně i granátová zóna)

Prekambrické a paleozoické vulkanity a metavulkanity
PREKAMBRIUM NEROZLIŠENÉ
PREKAMBRIUM A PALEOZOIKUM

28 amfibolity, granátické amfibolity

PŘEDVARISKÁ INTRUZIVA A INTRUZIVA NEZNÁMÉHO STÁŘÍ (ČASTO DEFORMOVANÁ A METAMORFOVANÁ)
předvariská intruziva a neznámého stáří

29 muskovit-chloritické, muskovit-chlorit-biotitické, dvojslídné, a biotitické metagranity až metagranodiority a ortoruly

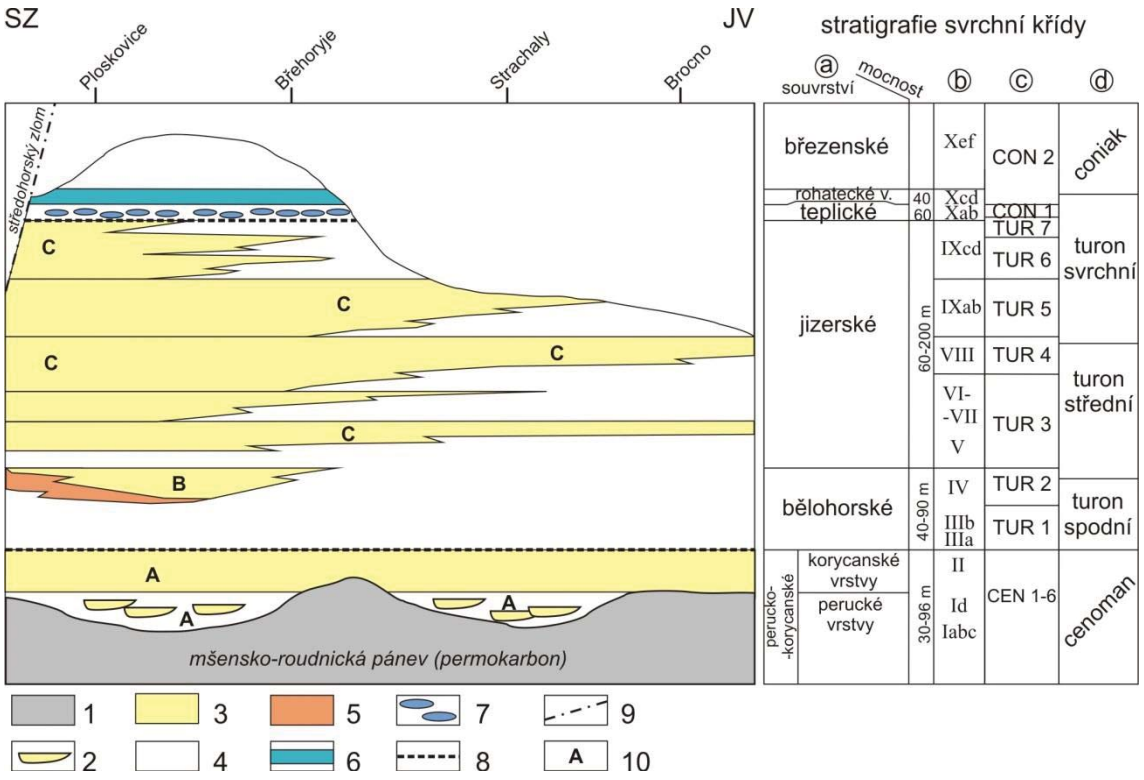
hranice útvarů a hornin známé
litologické a petrografické přechody
zlom známý
zlom předpokládaný
4523 hranice a číslo rajonu v základní vrstvě

Obr. 4 - 2. Přehledná geologická mapa rajonu 4523 (výřez z geologické mapy 1 : 500 000 Stráník-Cháb-Eliáš 2007).

SVRCHNÍ KŘÍDA - ČESKÁ KŘÍDOVÁ PÁNEV

Sedimenty české křídové pánve nasedají na podložní jednotky proterozoika a paleozoika nesouhlasně (diskordantně). Představují povariský platformní vývoj českého masivu. Během geologických dob cenomanu a turonu se křídové sedimenty ukládaly většinou v mělkém epikontinentálním moři. Podle litologického charakteru leží rajon 4523 v lužické litofaciální oblasti (např. Klein in Svoboda ed. 1964), jižním směrem přechází do vltavsko-berounské litofaciální oblasti a ohárecké oblasti. Vývoj turonu v lužické oblasti je charakterizován převahou písčité sedimentace v důsledku přínosu úlomkovitého materiálu ze zdrojových oblastí západosudetského ostrova (dnešní území od Horní Lužice po Krkonoše) směrem k jihovýchodu a stálé subsidence pánevního dna (Skoček a Valečka 1983, Uličný 2001, Uličný et al. 2009a). Jihozápadním směrem slábla jak intenzita přínosu klastického materiálu, tak i rychlost subsidence. Tímto směrem proto tělesa kolektorových hornin postupně vykliňují.

Bazální křídové členy (perucké a zčásti korycanské vrstvy) vyplňují deprese v paleoreliéfu (Obr. 4-4) a nesou znaky postupné změny z kontinentálního do mělkomořského sedimentačního prostředí. Následující souvrství jsou již v marinním vývoji intrakontinentálního šelfu.

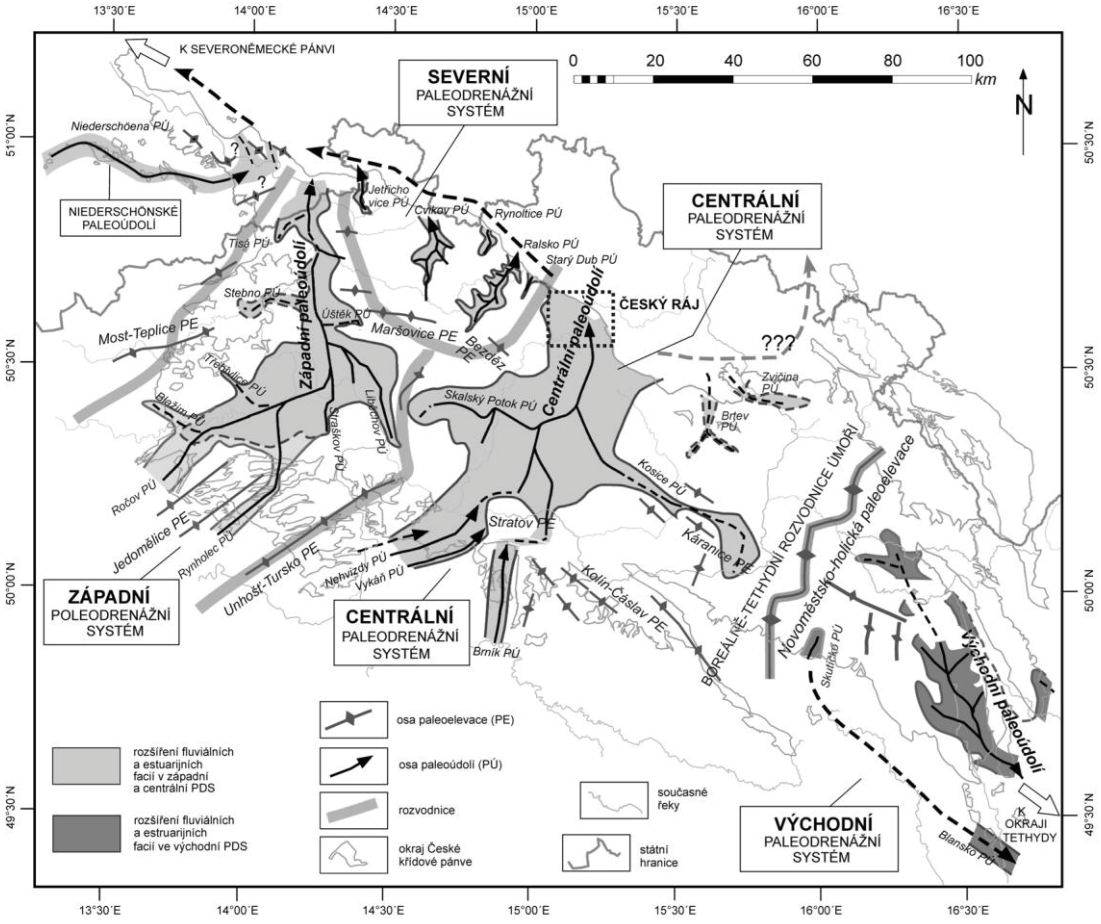


Obr. 4-3. Stratigrafické schéma a pozice kolektorů v rajonu 4523

1– horniny podloží křídy; 2 – pískovce ve výplni fluviálních koryt; 3 – pískovce; 4 – prachovce, jílovce, slínovce; 5 – prachovité/spongilitické slínovce, spongility; 6 – silicifikované slínovce („inoceramové opuky“); 7 – polohy vápenců; 8 – významné tektonické zóny; 9 – glaukoniticko-fosfátový horizont na erozivní ploše; 10 – označení kolektoru podzemních vod; a – litostratigrafie (Čech et al. 1980); b – neformální stratigrafie (Č. Zahálka 1897b, 1916, Klein 1963); c – genetická stratigrafie (Uličný et al. 2009a);d – chronostratigrafie.

Ve smyslu litostratigrafickém (Čech et al. 1980) jsou vyčleňována jednotlivá souvrství: perucko-korycanské, bělohorské, jizerské a teplické (Obr. 4-3). Mladší souvrství se vzhledem ke kenozoické inverzi reliéfu a denudaci již nezachovala. V celém stratigrafickém rozsahu zachovaných křídových

sedimentů, tj. cenoman – coniac, jsou vydělovány genetické sekvence CEN A – CON2 na základě interpretace a korelace karotážních křivek ve vrtech (Uličný et al. 2009a, 2015). V geologické, ale i v hydrogeologické praxi, je stále používáno pásemné členění křídových vrstev (pásma I až X) podle Č. Zahálky (1897a, b, 1916), rozpracované pro tuto oblast Kleinem (např. 1963) – viz Obr. 4-3.



Obr. 4-4. Interpretativní mapa ukazující fluviální a estuariovou výplň paleodrenážních systémů (šedě) v české křídové pánvi (Uličný et al. 2009b).

Bělohorské souvrství (turon spodní – střední)

Na hiát ve stropu perucko-korycanského souvrství ostře nasedá bělohorské souvrství (spodní až střední turon).

Báze bělohorského souvrství je vždy ostrá a ve vrtných profilech dobře vymezitelná. Vyznačuje se příměsí až podílem glaukonitu, občasnými fosfátovými konkrecemi, především ale náhlým zvýšením obsahu karbonátu. Mocnosti bazální polohy kolísají od 0,5 do 2 m. Nejspodnější vrstevní členy jsou tvořeny slínovci a prachovitými slínovci s nevýraznými šmouhovitými texturami, a vápnitými prachovci. Oba se v nižší části sekvence vzájemně zastupují nebo slínovce přecházejí výše do prachovců. Slínovce a prachovce mají akcesorickou světlou klastickou slídu, vzácný klastický živec, jemný glaukonit a běžné částice zuhelnatělé organické hmoty. Ve východní části rajonu tvoří převládající litotyp a dosahují mocnosti 40–50 m. Směrem na západ získává bělohorské souvrství charakter negativně gradované jednotky idealizovaného typu slínovec a kalový vápenec – prachovitý slínovec až slínitý prachovec – slínitý prachovitý pískovec. Součástí tohoto souvrství mohou být

i nevápnité, psamitické členy cyklu, a to jemnozrnný prachovitý pískovec – středně zrnitý pískovec – středně až hrubě zrnitý pískovec, někdy štěrčíkovitý. Tento vývoj byl zaznamenán především v pruhu, který zasahuje z Teplicka k VJV do jižní části rajonu 4523 (Litoměřice – Řepčice – Hrušovany – Radouň). V těchto místech běžné mocnosti souvrství 40 m narůstají až na 90 m. Prachovité, zčásti i slabě vápnité, jemnozrnné pískovce jsou s prachovci spjaty více či méně rychlým přechodem. Jsou převážně bioturbované, místy obsahují ojedinělé úlomky zuhelnatělých dřev, na vrcholu souvrství i příměs glaukonitu. Jsou produktem sedimentace v prostředí vnějšího březního líce. Do nadloží mohou hrubnout až do hrubozrnných křemenných pískovců vnitřního březního líce s šikmým zvrstvením. Mocnost pískovců na vrcholu souvrství nepřesahuje 35 m. V případě zakončení cyklu pískovci byla dříve horní hranice konvenčně kladena nad prachovce nebo slínité prachovité pískovce, domníváme se ale, že správně by měla být kladena až na vrchol cyklu, byť je tento obtížně vymezitelný proti jizerskému souvrství v nadloží.

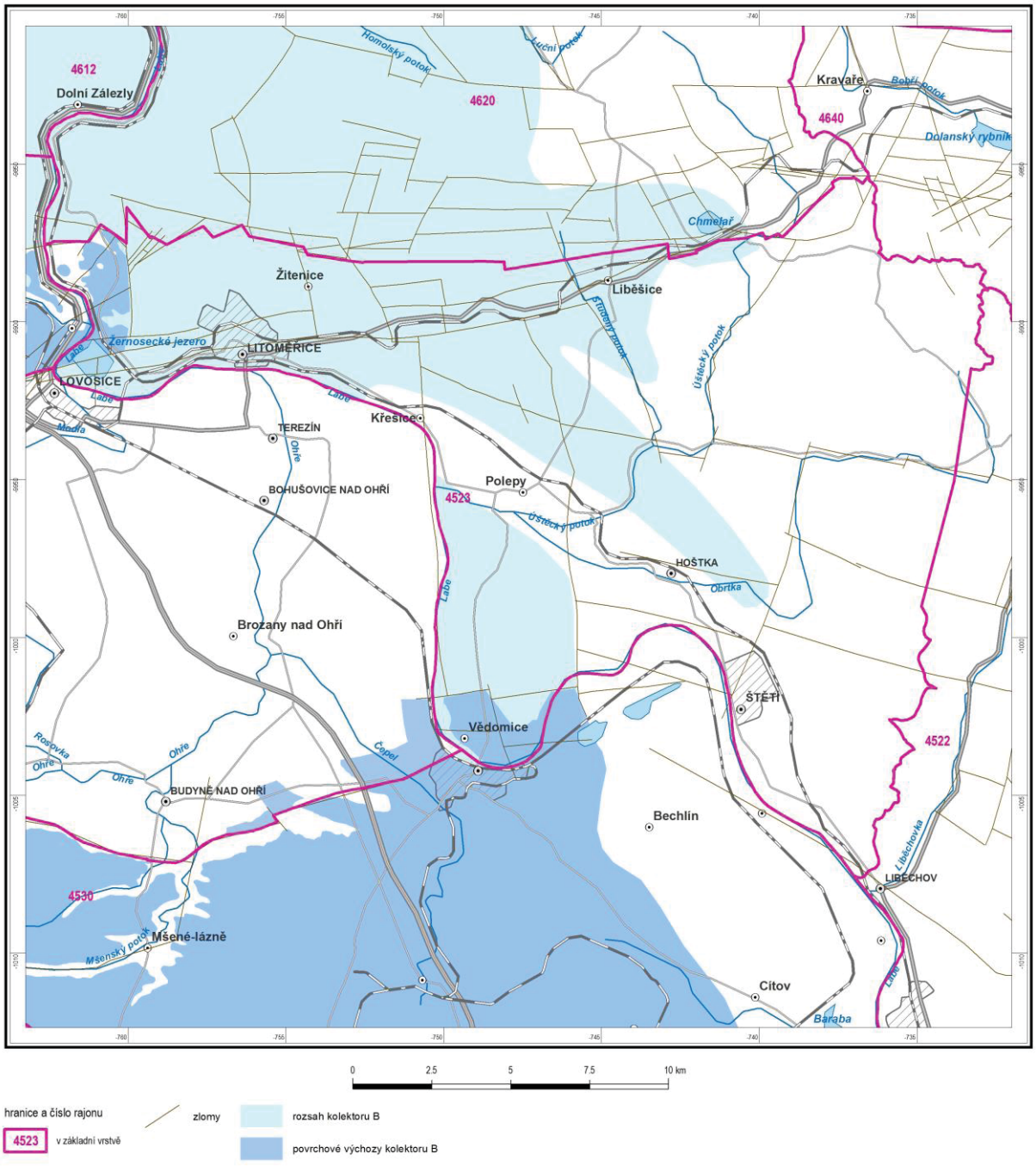
Směrem na jih v rámci rajonu naopak přecházejí slínovce do kalových vápenců (mocnost v prvních metrech). Jde o sedimenty mělkého, dobře provzdušněného šelfu. Vápnité prachovce a slínovce bělohorského souvrství vycházejí na povrch v údolí Labe u Litoměřic a Roudnice n. L. Na opárenské elevaci vystupuje bělohorské souvrství také na povrch: mezi Libochovany a Kamýkem má charakter spongilitů, místy dekalcifikovaných a silicifikovaných. Jejich mocnost je zde redukována na průměrně 12 m (Domas ed. 1988).

Příslušnost bělohorského souvrství ke spodnímu turonu dokládají většinou občasné nálezy vůdčích druhů inoceramů Mytiloides mytiloides (Mant.), M. labiatus (Schloth.) a M. hercynicus (Petr.), v nejvyšších polohách spolu s Inoceramus cuvieri Sow. Ve foraminiferových společenstvech byla zjištěna vůdčí forma Praeglobotruncana helvetica (Bolli).

Bělohorské souvrství ve východní části rajonu 4523 lze většinou považovat za izolátor A/C. Již zde lze však lokálně při stropu souvrství vymezit samostatný kolektor B – příkladem je pískovcové těleso mezi Brocnem a Radouní, protažené ve směru ZSZ–VJV v délce asi 6 km. V západní části rajonu je pak kolektor B vyvinutý souvisle v mocnostech až 35 m. To potvrdil geologický průzkumný vrt 4523_A Sedlec u Litoměřic, vyhloubený v rámci projektu (Valečka et al. 2015), kde jsou ve svrchní části souvrství pískovce vyvinuty v mocnosti asi 30 m – jsou jemnozrnné, prachovité a vápnité, na vrcholu i křemenné. Jak ukázal vrt 4720_47 Vrutice ve střední části rajonu (Fiedler et al. 2015c), je kolektor B zřetelně litologicky oddělený od kolektoru C, byť má malou mocnost a nebyly z něj zaznamenány žádné přítoky do vrtu.

Jizerské souvrství (turon střední – svrchní)

Sedimenty jizerského souvrství tvoří geologický základ rajonu, zvlášť markantně pak v jeho východní a severní části, kde jsou na povrchu výrazně zastoupeny kolektorové horniny. Nejspodnějších cca 80 m v aleuropelitickém vývoji se řadí ještě k izolátoru A/C, případně B/C. Severním směrem se v rámci rajonu tato mocnost snižuje až na 10 m. Většina souvrství je v těchto oblastech v psamitickém vývoji a představuje kolektor C. Směrem na JZ dochází k celkovému úbytku pískovců ve prospěch prachovců a slínovců.



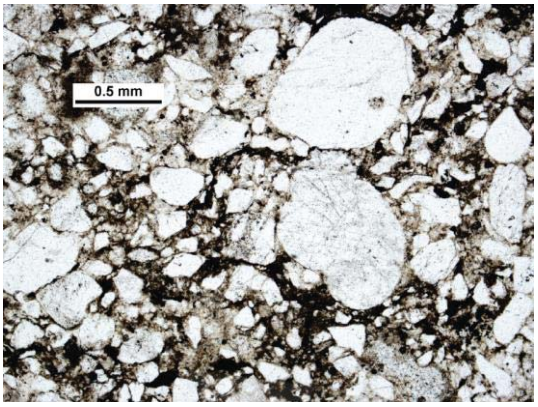
Obr. 4-5. Rozsah kolektoru B

Jizerské souvrství je v celém rajonu tvořeno nahoru hrubnoucími – změlčujícími cykly (Klein 1965, Adamovič 1994, srv. Valečka 1989). Přítomny jsou cykly minimálně dvou řádů: v mocnostech prvních metrů a v mocnostech desítek metrů. Cykly vyššího řádu směrem nahoru gradují od písčitých vápnitých prachovců (na jihu až slínovců) až po středně až hrubě zrnité křemenné pískovce (tzv. kvádrové pískovce) s polohami slepenců. Mezičlenem jsou silně prachovité pískovce se smouhovitou texturou nebo vysokou intenzitou bioturbace (chodby ichnorodu Planolites), laterálně přecházejícími do prachovců nebo vápnitých prachovců – viz níže. Směrem nahoru prachová složka ubývá a jemnozrnné pískovce obsahují drobné šikmé zvrstvení nebo hřbítkové zvrstvení. V této úrovni bývají přítomny akumulace schránek mlžů, především ústřic. Středně zrnité až hrubozrnné pískovce na vrcholech cyklů se vyznačují pestrými proudovými sedimentárními texturami (šikmé zvrstvení

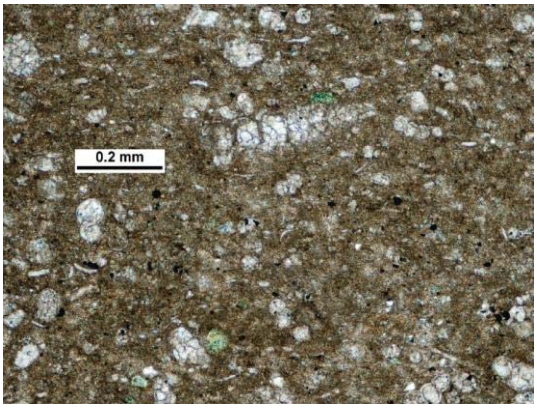
decimetrových i metrových rozměrů, protisměrné zvrstvení). V některých úsecích ale mají tyto pískovce na velkých plochách masivní texturu naznačující biogenní přepracování. Cykly jsou zakončené slepencovými polohami s pozvolnou nebo ostrou bází. Ve vyšších částech cyklů je patrná mírně ukloněná vrstevnatost – tzv. klinoformy (sklony 1–4°, většinou k JZ), odrážející geometrii původních pískových těles. Pískovce jsou téměř čistě křemenné, s obsahem živců a slíd do 1 %, na bázi cyklů s příměsí glaukonitu. Vápnité členy obsahují rekrystalovaný karbonátový (sparitový) tmel. Pískovcové cykly představují změlčování sedimentačního prostoru ze zóny vnějšího břežního líce až po intertidální (plážovou) zónu. Písková tělesa progradující do pánve měla podobu lineárních pískových hřbetů (Adamovič 1994) nebo podvodních delt (Uličný 2001). Směrem na sever narůstají tělesa středně zrnitých až hrubozrnných křemenných pískovců na mocnosti a mají místy ostré báze. Naopak v jihozápadním cípu rajonu u Litoměřic nejsou pískovce na vrcholech cyklů vyvinuty.

Mocnost jizerského souvrství roste z cca 60 m u Litoměřic východním a severovýchodním směrem. Na sv. okraji rajonu u Kostelce je zachovaná (neúplná) mocnost souvrství kolem 200 m. Podobné mocnosti jizerského souvrství jsou zachované i v kře mezi tetčiněveským a středohorským zlomem.

Jizerské souvrství je charakterizováno vůdčími druhy mlžů ze skupiny Inoceramus lamarcki Park., I. inaequivalvis Schlüt., I. costellatus Woods a akumulacemi exogyr Rhynchostreon suborbiculatum (Lam.). Vápnité pískovce obsahují kromě některých z výše uvedených inoceramů typické druhy Protocallianassa antiqua (A.Roem.), Trigonia limbata d' Orb. sensu Frič, ústřičné lavice pak druhy Lopha diluviana (L.), Pecten laevis Nilss. a Exogyra cf. conica Sow.



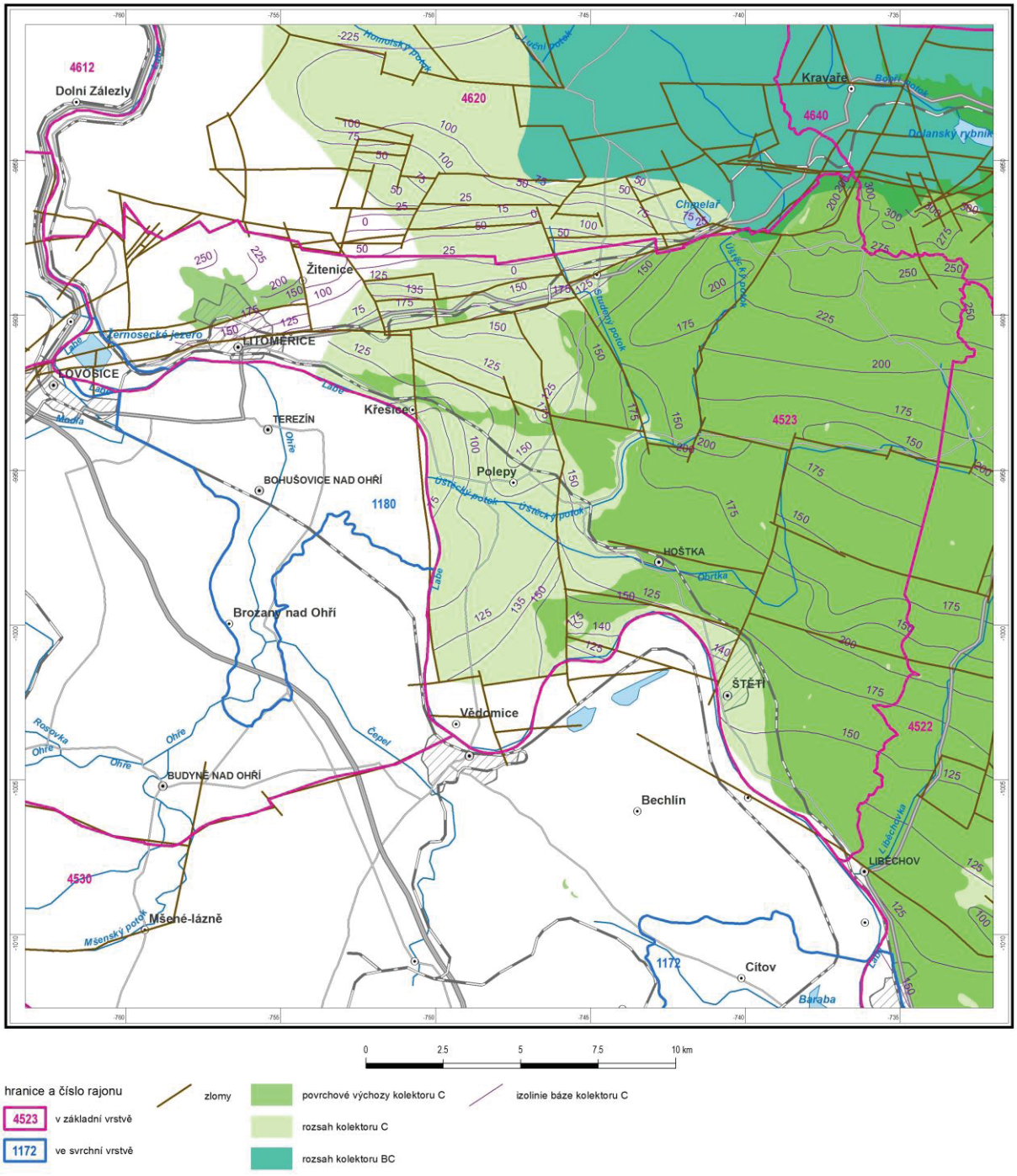
Obr. 4-6. Mikrofoto jílovitého nevytříděného pískovce z perucko-korycanského souvrství Hloubka 216,9 m vrtu 4523_A Sedlec. přímé procházející světlo. Foto J. Valečka.



Obr. 4-7. Mikrofoto biomikritového vápence z bazální části teplického souvrství. Hloubka 57,15 m vrtu 4523_A Sedlec. přímé procházející světlo. Foto J. Valečka.

Vrty realizované v rámci projektu pomohly zpřesnit rozsah kolektoru C v různých částech rajonu a popsat přechody do nadložního i podložního izolátoru. Hydrogeologický vrt 4523_45 Štětí (v Brocnu) zastihl kolektor C spodní části jizerského souvrství i jeho štěpení v úrovni střední části souvrství. Vrt 4523_44 Úštěk ověřil litologický charakter báze kolektoru C. Kolektor B je ve vrtu 4720_47 Vrutice zřetelně litologicky oddělený od kolektoru C, byť z něj nebyly zaznamenány žádné přítoky do vrtu, tuto skutečnost však bylo třeba zohlednit v geologickém modelu. Geologický průzkumný vrt 4523_A Sedlec u Litoměřic (Valečka et al. 2015) ověřil přechody od prachovitých pískovců kolektoru C směrem do nadloží (izolátor C/D) i podloží (izolátor B/C) a z izolátoru C/D poskytl důležitou svrchnoturonskou faunu. Jizerské souvrství v tomto vrtu má mocnost 62,65 a lze jej rozdělit na dvě části: mocnější spodní část vykazuje hrubnutí do nadloží. Na vrcholu této části

obsahují pískovce i středně zrnité a hrubozrnné polohy. Méně mocná svrchní část je tvořena převážně prachovci a slínovci.



Obr. 4-8. Rozsah kolektoru C, resp. BC s izoliniemi báze kolektoru C (m n. m.)

Teplické souvrství (turon svrchní až coniak)

Teplické souvrství je tvořeno prachovci a vápnitými prachovci, přecházejícími nad bází souvrství blízko osy pánve (Litoměřice) až do vápenců. Na většině území je zachováno jen v reliktech, úplné mocnosti jsou zachovány jen severně od středohorského zlomu. Na Litoměřicku je tvořeno převážně

tmavošedými slínovci o mocnosti 60–70 m. Na bázi je hiát („koprolitová vrstvička“) s glaukonitovou polohou a fosfátovými konkrecemi, nad níž následuje 15–20 m mocná sekvence s přítomností poloh (moc. 1–6 m) světle šedého slínovce s vysokým obsahem karbonátu až vápence. Nejběžnějším horninovým typem teplického souvrství jsou šedé vápnité jílovce a jílovité až vápnito-jílovité prachovce. Vznikaly v prostředí mělkého šelfu, na Litoměřicku lze uvažovat i o hloubkách kolem 200 m.

Svrchnoturonské stáří nejspodnějších poloh teplického souvrství dokládá Inoceramus dresdensis Tröger, I. lusatiae Andert, Scaphites geinitzi d' Orb. a Gibbithyris semiglobosa (Sow.) z jv. a j. okolí České Lípy. Mikrobiostratigraficky je vůdčím druhem Globotruncana globigerinoides Brotzen (Hercogová in Klein 1963).

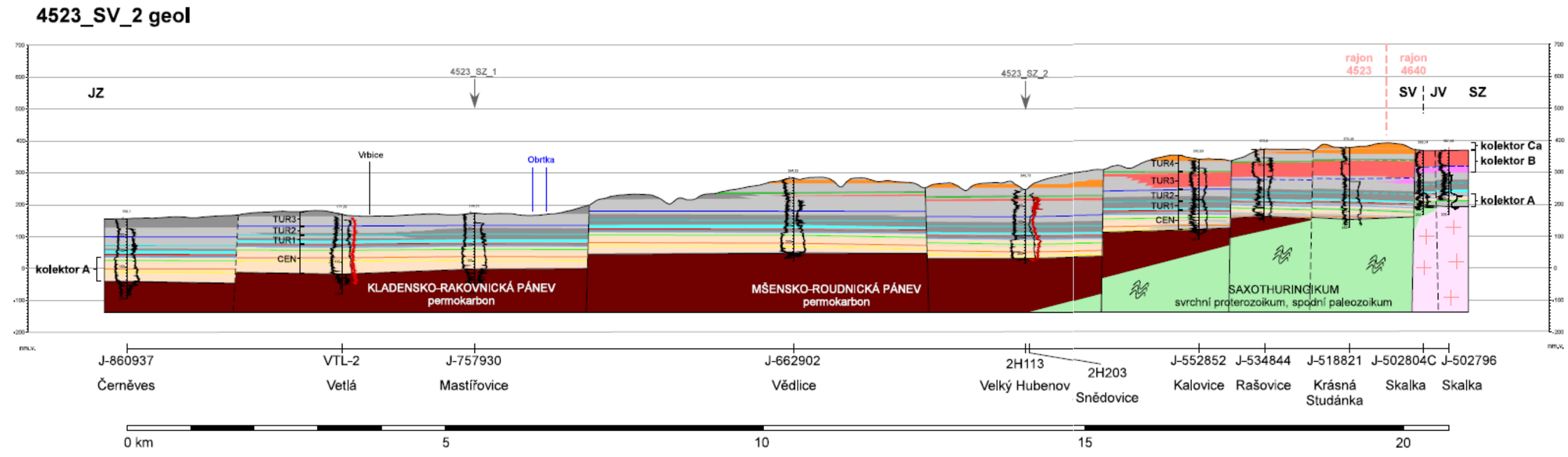
Rohatecké vrstvy (coniak)

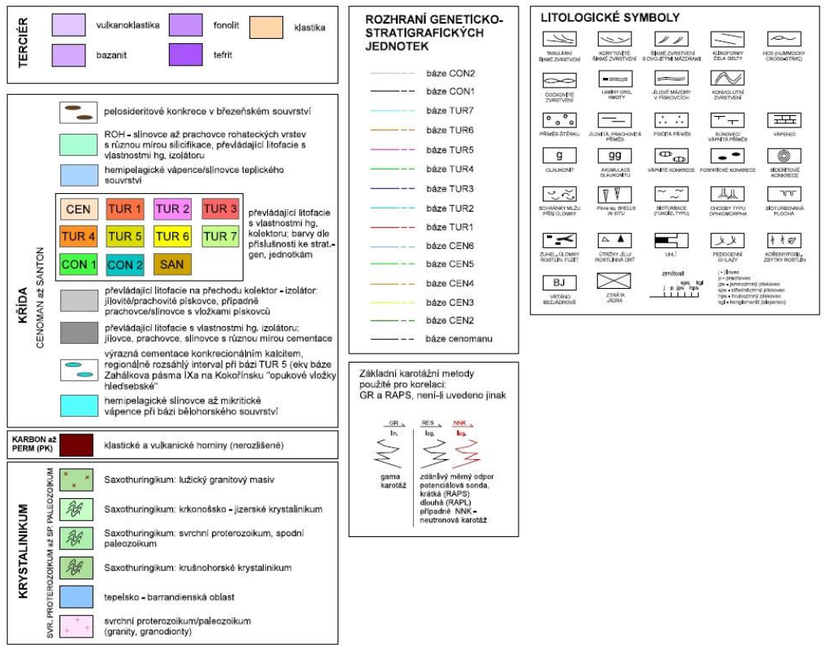
Rohatecké vrstvy lze vyčlenit ve východním okolí Litoměřic, kde jsou zastoupeny 40 m mocnou sekvencí slínovců s polohami tvrdých silicifikovaných jílovitých biomikritových vápenců (výchozy Libochovany – Liběšice). Dále na SV tento vývoj přechází do slínovců a prachovců typických pro teplické souvrství.

KENOZOIKUM

Mladé **vulkanity** sledovaného území patří svým složením k alkalickému vulkanismu středoevropské vulkanické provincie. Jsou vázané na vývoj tzv. oherského riftu – vulkanogenní struktury směru přibližně JZ–SV, jejíž osa probíhá západně odtud. Tělesa bazaltoidů a trachytoidů (popř. fonolitoidů, např. Shrbený 1992) jsou stáří eocén až oligocén a mají převážně subvulkanický charakter (pravé a ložní žíly, pně, lakolity, intruze typu cone-sheet). Z radiometricky datovaných výskytů lze jmenovat peň nefelinického bazanitu Radobýlu (25,6 Ma). Velká tělesa intruzívních brekcií bazaltoidu o průřezu mnoha set metrů sledují především středohorský zlom (Lukovská lada) a jsou doprovázená výraznou brekciací exokontaktu.

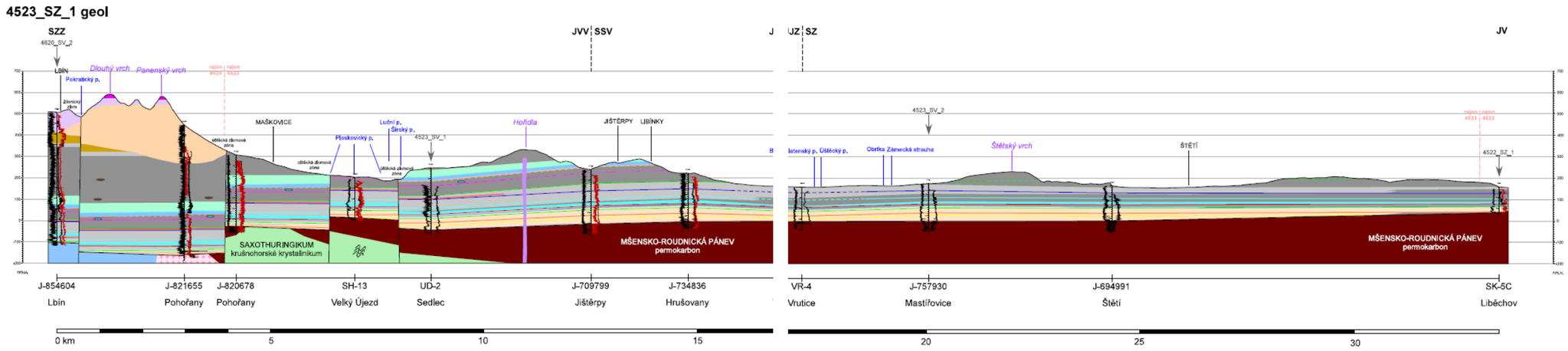
Pleistocénní sedimenty jsou velmi pestré. Zatímco na jihu mají největší plošné rozšíření spraše a sprašové hlíny pokrývající plošinné prvky reliéfu, na severu území jsou zastoupeny v menší míře. Terasové štěrkopísky jsou vázané především na tok Labe, z nichž jen tzv. píšťanský meandr je součástí HGR 1180 svrchní vrstvy.



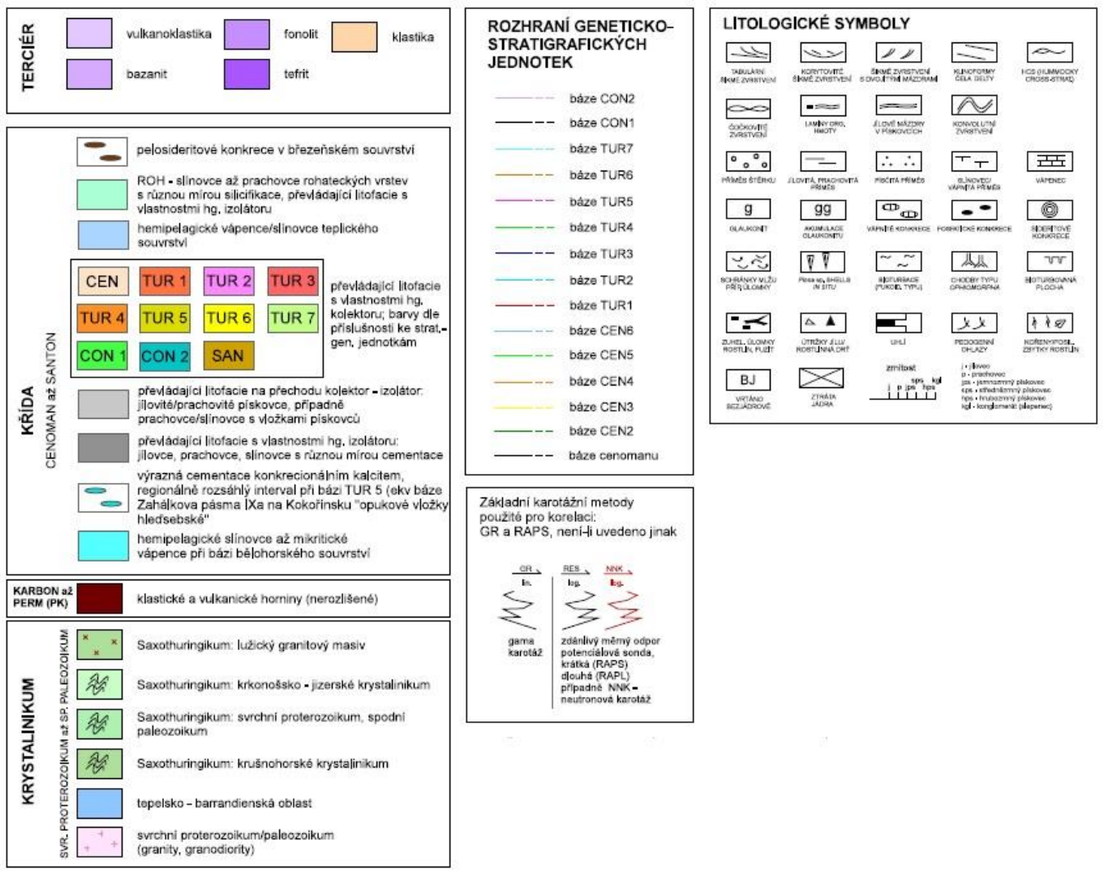


Uličný et al. (2015)

Obr. 4 - 9. Stratigrafický korelační řez 4523_SV_2



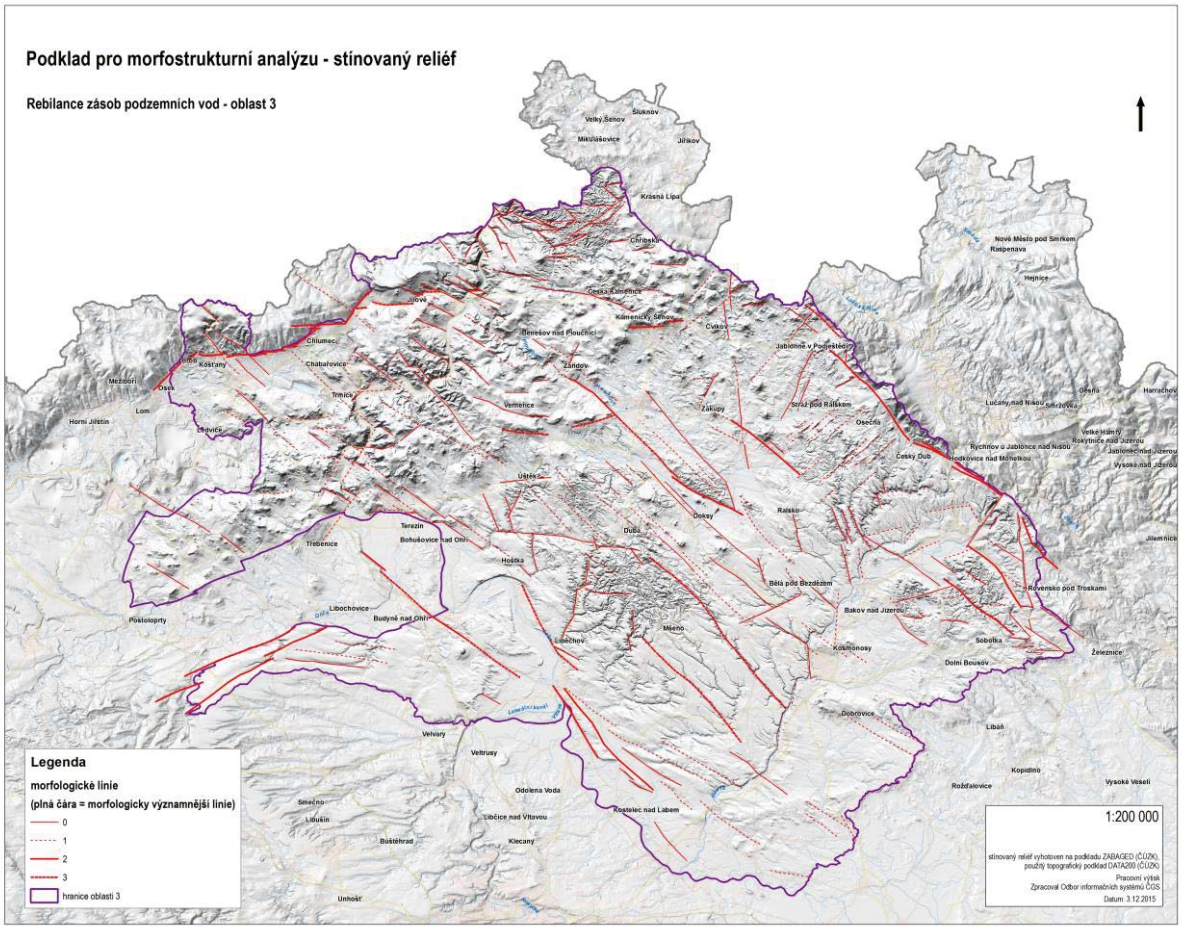
Uličný et al. (2015)



Obr. 4 - 10. Stratigrafický korelační řez 4523_SZ_1

4.1.2. STRUKTURNÍ STAVBA

Strukturní stavba území rajonu 4523 v zásadě potvrdila správnost syntéz pro tuto oblast, které byly provedeny již po realizaci reflexních seismických profilů a vrtů Geologického průzkumu Uranového průmyslu v 70. a 80. letech (Herčík 1981, 1985, Vejlupek a Novák 1986, Valečka in Herčík et al. 1999), stejně tak jako zlomy vymapované na listu 02-43 Litoměřice (Čech in Domas ed. 1990) v západní části rajonu. Novými vrtnými pracemi a doprovodným terénním mapováním byla strukturní stavba rajonu v průběhu prací dále zpřesňována. Byla zjištěna částečná korelace zlomů zjištěných v terénu se strukturami indikovanými na základě morfostrukturní analýzy (Obr. 4-11).



Obr. 4-11. Morfostrukturní analýza puklinových systémů a zlomů na podkladě DMR 25

Tektonické deformace křídových sedimentů na území rajonu zčásti kopírují variská rozhraní mezi jednotlivými bloky křídového podloží – to se týká především samotného středohorského zlomu (viz níže). Není pochyb, že předkřídové zlomy byly oživovány jak v průběhu sedimentace křídy, tak i po jejím skončení. Na druhou stranu ale vznikla řada významných tektonických struktur bez jakékoliv vazby na stavbu křídového podloží. Veškeré pokřídové deformace můžeme rozdělit na duktilní a křehké–zlomové. Obecně lze předpokládat, že duktilní deformace předcházely pozdějšímu křehkému porušení (Coubal 1989). Duktilní deformace (tektonické úklony) na území rajonu byly již popsány v úvodu kapitoly 4. Významným prvkem mezi nimi je zejména opárenská elevace – zčásti destruovaná antiklinála s osou ve směru V–Z, nejlépe patrná v severním okolí Litoměřic. Nadmořské výšky báze turonu zde dosahují hodnot až přes 200 m.

Nejvýznamnějším zlomem porušujícím pánevní výplň je středohorský zlom (Müller 1924b), tvořící jižní omezení příkopu oherského riftu. Jeho průběh kopíruje sz. hranici rajonu, kde probíhá generelně ve směru ZJZ–VSV od Litoměřic přes Úštěk. Různé dílčí kry zlomového pásma destruují osní část opárenské elevace (antiklinály) a její severní svahy. V období oligocén – spodní miocén podél středohorského zlomu zaklesly sz. kry o 200–300 m. Jeho jednotlivé segmenty jsou známy pod názvy litochovický zlom nebo úštěcký zlom. Subparalelní speřenou strukturou, zabíhající již do sousedního rajonu 4620, je liběšický zlom. Významnějším zlomem sblíženým se středohorským zlomem je tetčiněveský zlom (Blíževedly – Tetčiněves) s poklesem sz. kry o 60 m. Dalším významným zlomem rovnoběžným se středohorským zlomem je libochovický zlom (Libochovice – Brzánky) s. od Roudnice n. L. s poklesem s. kry o 100 m (Vejlupek a Kaas 1986). Zlomy sblížené středohorskému zlomu jsou na mnoha místech levostranně odskakovány na zlomech směru SSV–JJZ. Pohyby na nich byly výsledkem mladší komprese pravděpodobně svrchnomiocénního stáří (Coubal et al. 2015). Mnohé ruptury tohoto směru jsou však bez pozorovatelného vertikálního pohybu, jsou otevřené a jako takové drénují podzemní vodu, zvláště v místech, kde jsou zahuštěné až do drcených pásem.

Vrtný průzkum v rajonu 4523 v rámci projektu přinesl nové tektonické poznatky, které zpřesňují hydraulický model území rajonu. Oba vrty ve Snědovicích, ač nehluboké, zastihly zóny výrazného zlomového porušení kolektoru C. Zlom S–J v ose údolí Obrtky byl geologickým modelem předpokládaný, ukázalo se ale, že zlomy s ním paralelní (nebo k němu šikmé) dále člení východní kru: vrt 4523_43 tak prošel zlomem s nástřiky bazaltoidu plnícím funkci hydraulické bariéry a byl ukončen v kře s vyšší piezometrickou úrovní. Vrty ve Vrutici přinesly nové poznatky o předkřídové i pokřídové zlomové tektonice: profil vrtu se liší od tří stávajících vrutických vrtů nižší mocností kolektoru A (jen 50 m oproti 90 m), báze turonu ale leží o 10 m níže než v okolních vrtech – na základě toho bylo potřeba upravit průběh zlomu v geologickém modelu a předpokládat předkřídovou elevaci (zřejmě zlomově predisponovanou) sv. od Vrutice.

V rámci prací pro projekt byla v první etapě provedena obsáhlá rešerše dřívějších prací, byla provedena zevrubná reinterpretace všech vrtných dat (stratigrafie, litologie) a byl sestaven geologický model, který byl základem pro koncepční hydrogeologický a následně pro hydrodynamický model. Další etapa realizace vrtných a geofyzikálních prací přinesla nové a zásadní poznatky o okrajových podmínkách kolektorových těles a jejich geometrii. Nově odvrtané vrty přinesly zpřesnění rozsahu kolektorových těles a strukturní stavby území. Byly získány nové informace o horninách v podloží křídy, v centrální části rajonu byla vrtem nově zjištěna zatím neznámá předkřídová elevace.

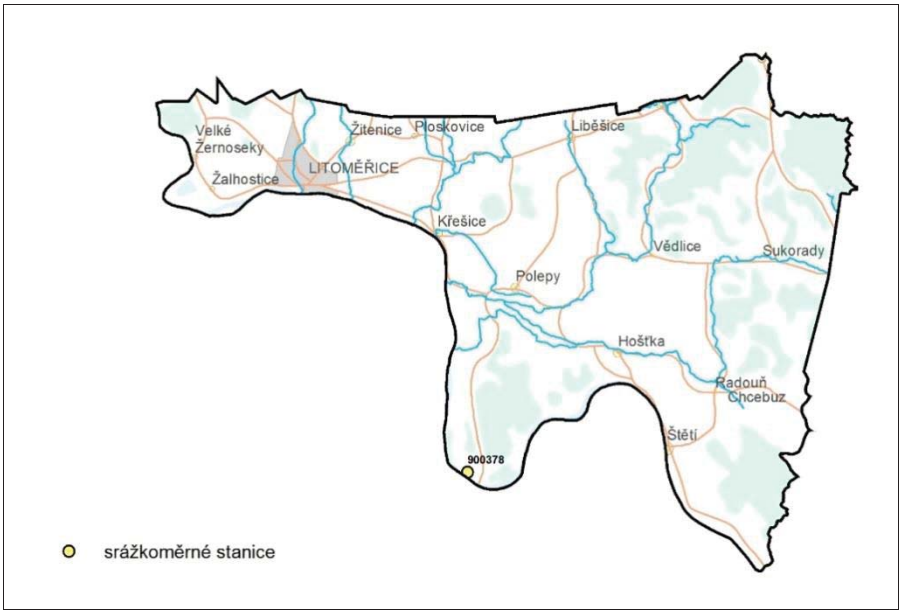
4.2. HYDROLOGIE (SRÁŽKY A ODTOKY)

Postupné zkoumání korelace dlouhodobých časových záznamů kolísání podzemních vod a separovaného základního odtoku sloužilo k vyhledávání reprezentativního vrtu s dlouhodobým pozorováním hladin podzemní vody v dílčím povodí rajonu, ke kterému by byly vztaženy výpočty základního odtoku. Pro každou časovou řadu základního odtoku se hledal charakteristický měřený vrt, jehož kolísání hladiny podzemní vody je korelováno s kolísáním podzemního odtoku. Na reprezentativním vrtu se ověřoval vztah mezi změnami hladin podzemní vody a základního odtoku. K dvojici bylo definováno území, které reprezentuje. Korelace je testována na hodnotách základního odtoku podle různých metod a v případě pozitivních výsledků se hledají možné důvody z hlediska vlastností hydrogeologické struktury (např. vícekolektorový systém, velké rozdíly mezi hydrologickými a hydrogeologickými souvislostmi), ale také charakteristiky povodí, sledované reprezentativním profilem (hlavně z hlediska možných ovlivnění průtoků).

Pro stanovení srážko-odtokových vztahů rajonu byla převzata archivní data o srážkách a odtocích. Základní data o srážkoměrných stanicích a jejich měření jsou uvedena v Tab. 4-1. Pozice srážkoměrných stanic je uvedena na Obr. 4-12.

Tab. 4-1. Základní údaje o srážkoměrných stanicích (údaje v mm)

Číslo	Lokalita	Doba měření (hodnocení) od-do		Max. (datum)		Min. (datum)		Denní průměr
900378	Roudnice nad Labem	1. 1. 1971	30. 9. 1980	58,70	7. 8. 1978	0,01	30. 9. 1980	1,30

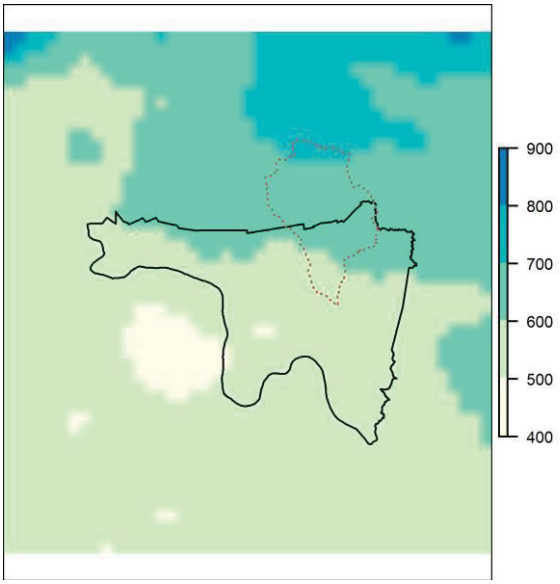


Obr. 4-12. Schéma pozice srážkoměrných stanic

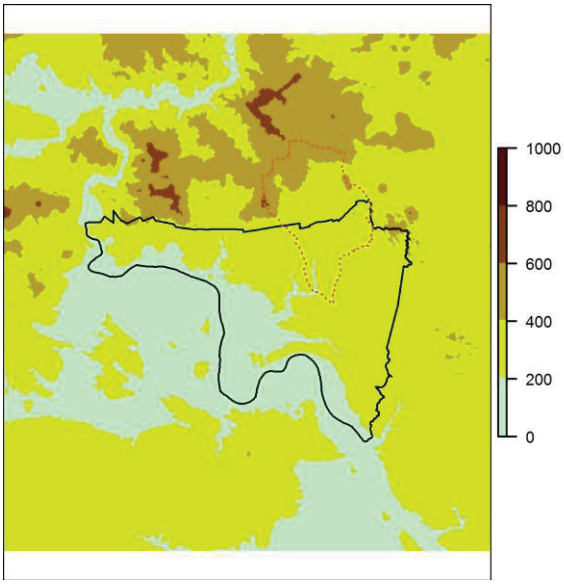
PROMĚNLIVOST SRÁŽEK NA PLOŠE HGR 4523

Mapa na Obr. 4-14 znázorňuje průměrné dlouhodobé roční úhrny srážek za období 1981–2010. Při porovnání s Obr. 4-13 shledáme, že se zvyšující se nadmořskou výškou se průměrné úhrny srážek směrem od jihu k severu zejména v severní části HGR 4523 podstatně zvětšují.

Posuzovány byly průměrné roční hodnoty z hlediska výskytu trendu za období 1961 – 2010. Nebyl indikován statisticky významný trend srážkových úhrnů. Byl indikován statisticky významný trend teploty vzduchu s gradientem 0,03°C za rok s počátkem v roce 1963.



Obr. 4-13. Výškopis [m n.m.]



Obr. 4-14. Průměrné roční srážkové úhrny (1981-2010) [mm/rok]

Tab. 4-2. Vývoj srážkových úhrnů.

	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	528.61	566.91	1.07	594.39	1.05
povodí Úštěcký p. ()	598.00	638.92	1.07	660.57	1.03

Tab. 4-3. Vývoj teploty.

	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[°C]	[°C]	dif.[°C]	[°C]	dif.[°C]
.HGR	8.06	8.80	0.74	9.09	0.29
povodí Úštěcký p. ()	7.26	7.93	0.67	8.25	0.32

4.2.1. HYDROLOGICKÁ MĚŘENÍ VYBRANÝCH PROFILŮ NA POVRCHOVÝCH TOCÍCH (PPP)

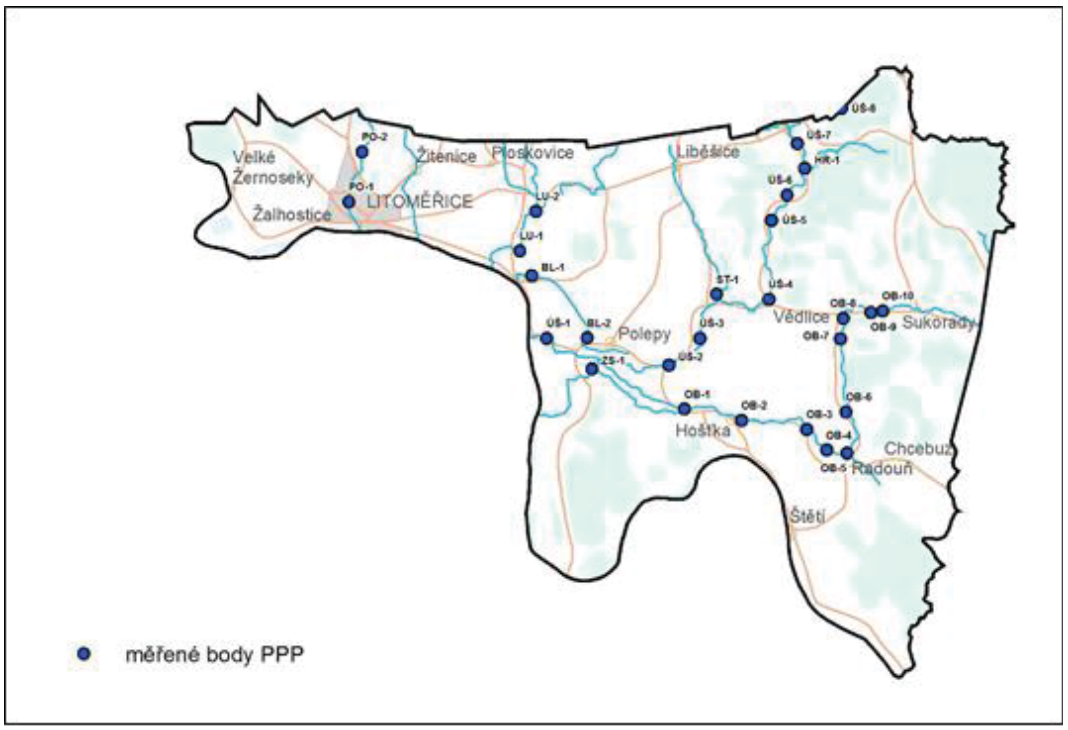
Pro identifikaci významnějších přírůnových nebo ztrátových úseků vodních toků rajonu byla vyhodnocena existující a nová měření metodou postupných profilových průtoků (PPP).

Vodoměrné profily na tocích ve vytipovaných dílčích povodích a profily pro expediční hydrometrování v rajonech s nedostatečným množstvím dat byly měřeny, vedle nutnosti provést prostorovou analýzu hydrogeologických poměrů, také s ohledem na analýzy pohybu hladin podzemní vody ve vrtech.

Přehled provedených měření PPP v rámci projektu je uveden v Tab. 4-4 a schematické vyjádření pozice měřených úseků je na Obr. 4-15. Výsledky měření jsou na Obr. 4-16 až Obr. 4-23.

Tab. 4-4. Přehled provedených měření PPP

Vodní tok	Datum měření	Počet měrných profilů	Poznámka
Úštěcký potok	1.8.2013 12.3.2014 12.5.2015	10	+ 3 součtové body
Obrtka	22.8.2013 11.3.2014 14.5.2015	10	další 2 PPP jsou u HRG 4522
Záhorecká strouha	1.8.2013	1	
Blatenský potok	15.10.2013	2	
Luční potok	15.10.2013 20.3.2014 13.5.2015	3	2 součtové body
Pokratický potok	15.10.2013	3	



Obr. 4-15. Schéma pozice provedených měření PPP

Analýza čar postupných profilových průtoků vychází z předpokladu, že průtok v určitém místě je výsledkem působení různých činitelů, které se uplatňují v hydrologickém režimu příslušného území. Profilová měření bylo proto důležité provést v období nízkých srážek, kdy převládající složka v toku je přítok podzemních vod (základní odtok) a vliv ostatních činitelů je zanedbatelný.

Výsledkem postupného profilování průtoků bylo vymezení úseků na toku, kde dochází k drenáži podzemních vod, a úseků, kde dochází k infiltraci povrchových vod do vod podzemních. V rámci těchto dvou základních rozdělení byly dále vyděleny dílčí úseky se zvýšenými hodnotami drenáže, resp. infiltrace. Tyto hydrologické výstupy jsou navázány na litologickou a tektonickou situaci a na hydrogeologické poměry (vymezení kolektorů a izolátorů, směrů proudění podzemní vody, preferenčních cest proudění apod.) rajonu pro potřeby koncepčních i matematických modelů.

VYMEZENÍ PŘÍRONOVÝCH A ZTRÁTOVÝCH ÚSEKŮ NA POVRCHOVÝCH TOCÍCH

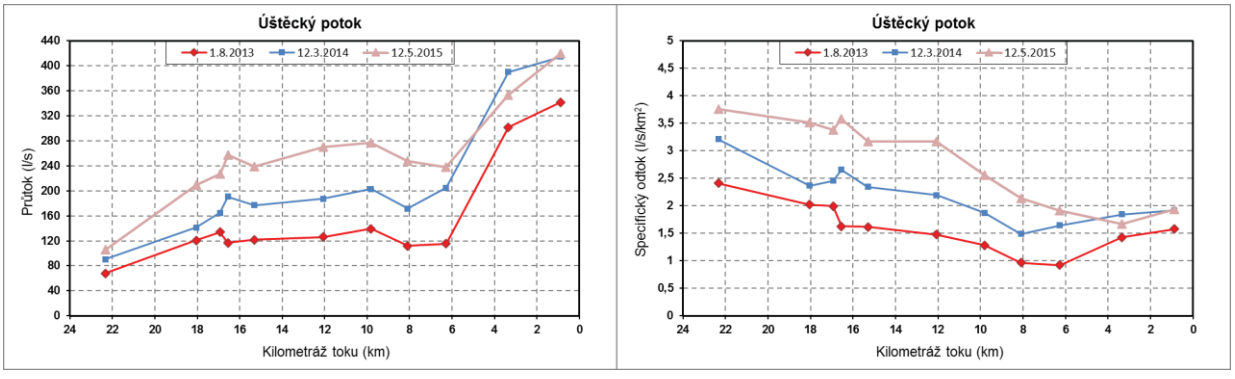
Blatenský potok je pravostranným přítokem Labe, do kterého ústí v obci Křešice u Litoměřic. Pramení nad obcí Polepy. Plocha povodí tohoto toku je 17,2 km^2, plocha povodí v nejníže měřeném bodě je 16,4 km^2, plocha povodí nad profilem Polepy je 7,2 km^2. Měřením nebyly zjištěny žádné anomálie, průtok v závěrovém profilu byl 3x až 4x vyšší, než v profilu Polepy.

Úštěcký potok je pravostranným přítokem Labe, do kterého se vlévá asi 8 km za Roudnicí nad Labem u obce Okna, na jejím 799,55 ř. km v nadmořské výšce 145,23 m. Pramení v Českém středohoří v nadmořské výšce 526,78 m. Délka toku je 31,54 km plocha povodí k závěrovému profilu představuje 217 km^2. Průměrný průtok Úštěckého potoka je 1,03 m^3/s, při měřeních v suchých obdobích byly průtoky v rozsahu 30 až 40% uváděného průměrného průtoku. V povodí se nachází 102 vodních ploch s celkovou rozlohou 82,11 ha. Největší z nich je rybník Chmelař (61,35 ha) na Červeném potoce u města Úštěk.

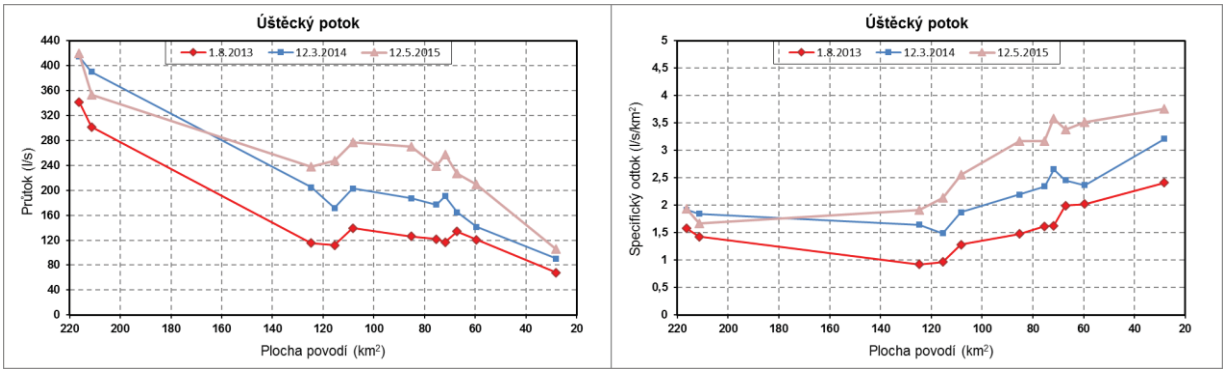
Úštěcký potok byl v letech 2013 až 2015 v suchých obdobích proměřen metodou PPP. První měření proběhlo 1. 8. 2013 a druhé netypicky 12. 03. 2014. Druhý nestandardní termín byl možný proto, že v roce 2014 byla suchá zima a jaro, v zimě v daném území prakticky nebyla sněhová pokrývka. V roce 2015 rovněž po suché a teplé zimě byl tok proměřen 12.5.

Všechna měření byla provedena v celém úseku Svobodná Ves až Okna (závěrový profil nad ústím do Labe). V první části toku od Svobodné Vsi po hydrologickou stanici v Úštěku průtok ve všech případech narůstal, v úseku Úštěk až Malešov průtok nevýrazně stoupá a v některých úsecích i klesá. Opakovaně byly zjištěny ztráty průtoku v úseku Vědlice – Malešov a při druhém měření i ztráty v úseku Tetčiněves - Rochov. Od Malešova do Svařenic průtok mírně stoupá, dále se Úštěcký potok stéká s Obrtkou a tím výrazně vzroste průtok, který ještě dále stoupá až k závěrovému profilu. Nárůst průtoku v závěrovém úseku toku (Svařenice – Okna) je výrazně vyšší, než ve výše položených úsecích.

Z hlediska specifického odtoku lze Úštěcký potok charakterizovat postupným klesáním tohoto parametru až po profil Svařenice (střídáno lokálními nevýraznými vzestupy) a v závěrovém úseku Svařenice – Okna dochází ke stoupání specifického odtoku, což je vliv vodného přítoku Obrtky.



Obr. 4-16. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na kilometráži toku Úštěcký potok



Obr. 4-17. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na ploše povodí toku Úštěcký potok

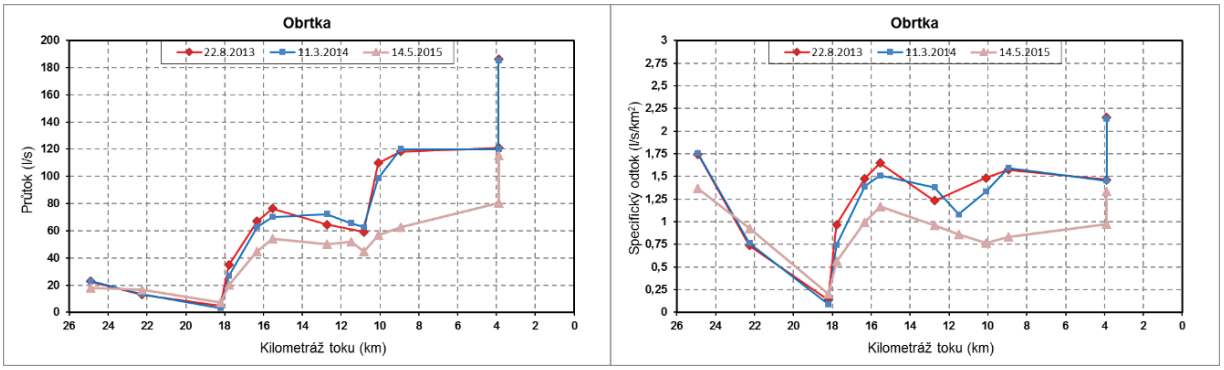
Největším přítokem Úštěckého potoka je Obrtka, pramenící nad obcí Tuhaň a vlévající se do Úštěckého potoka zleva jihozápadně od Polep. Délka Obrtky je 27,34 km, povodí tvoří 88,7 km^2. (plocha povodí v nejnižším měřeném bodě je 86,6 km^2). Záhorecká strouha odvodňující levou stranu dolní části údolí Obrtky byla rovněž zahrnuta do měření.

V letech 2013 až 2015 v suchých obdobích byla Obrtka třikrát proměřena metodou PPP. První měření proběhlo 22. 08. 2013 a druhé netypicky 11. 03. 2014. Druhý nestandardní termín byl možný proto, že v roce 2014 byla suchá zima a jaro, v zimě v daném území prakticky nebyla sněhová pokrývka. Měření v roce 2015 proběhlo 14.5. Měření Obrtky a Úštěckého potoka bylo provedeno tak, aby výsledky byly použitelné i pro hodnocení jejich soutoku. Obrtka je z hlediska hydrogeologie velmi zajímavým tokem, v povodí lze hodnotit přírodní jevy i výrazné antropogenní ovlivnění toku. V návaznosti na geologické poměry tok výrazně mění směr od pramene k ústí.

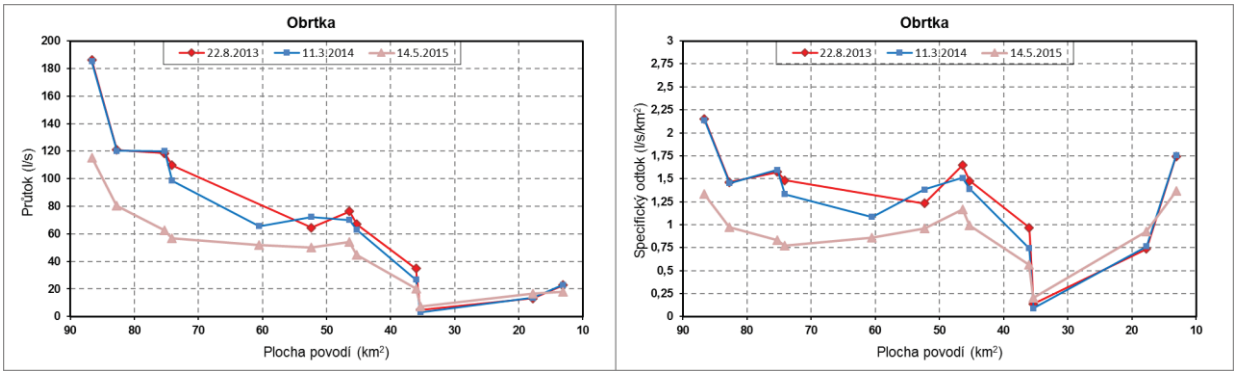
Všechna měření byla provedena v celém úseku Tuhaň až Mastířovice (závěrový profil nad soutokem s Úštěckým potokem). Obrtka je vodným tokem s významnými vodárenskými odběry, přirozený povrchový odtok je tím zcela ovlivněn. Velmi zajímavý je pokles průtoku v první části toku. Dle zjištění při místním šetření v obci Tuhaň, průtoky zde byly podstatně vyšší, než v současnosti. Dle sdělení místních obyvatel průtoky poklesly v důsledku zemědělské činnosti v pramenné oblasti toku.

Měření prokázala postupný významný pokles průtoku od profilu Tuhaň (cca 23 l/s, 18l/s v roce 2015) k profilu Mošnice (cca 13 l/s, 16 l/s v roce 2015) až po Velký Hubenov – profil nad prameny (cca 3 l/s až 7 l/s). Ve Velkém Hubenově se situace zcela mění. Na pravém břehu toku jsou významné prameny a přesto, že jsou vodárensky využívány, přetok z vodárenských objektů je natolik vysoký, že průtok toku se na krátkém úseku zvýší přibližně 3x až 9x na 20 – 34 l/s. Měření vykazují výsledky charakterizované stejným průběhem průtoku a specifického odtoku. Průtok od Velkého Hubenova po Střížovice, případně až po Křešov roste, v úseku Křešov – Radouň klesá (vliv odběrů) a pod Radouní opět prudce stoupá až do Čakovic, Čakovice a níže položená Hoštka mají téměř shodné průtoky. K dalšímu výraznému nárůstu průtoku dochází mezi profily Hoštka – Mastířovice. Specifický odtok vyjadřuje podobně charakteristiku toku s klesajícím odtokem v úseku před Velkým Hubenovem. Mezi profily Čakovice – Hoštka je logicky specifický průtok klesající (stejný průtok, větší povodí), v závěrové části toku specifický odtok prudce stoupá.

Ve druhém a třetím kole měření byl přidán profil nad Radouní, který umožnil potvrdit dříve zjištěné ztráty průtoku v úseku Křešov – Radouň.



Obr. 4-18. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na kilometráži toku Obrtka



Obr. 4-19. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na ploše povodí toku Obrtka

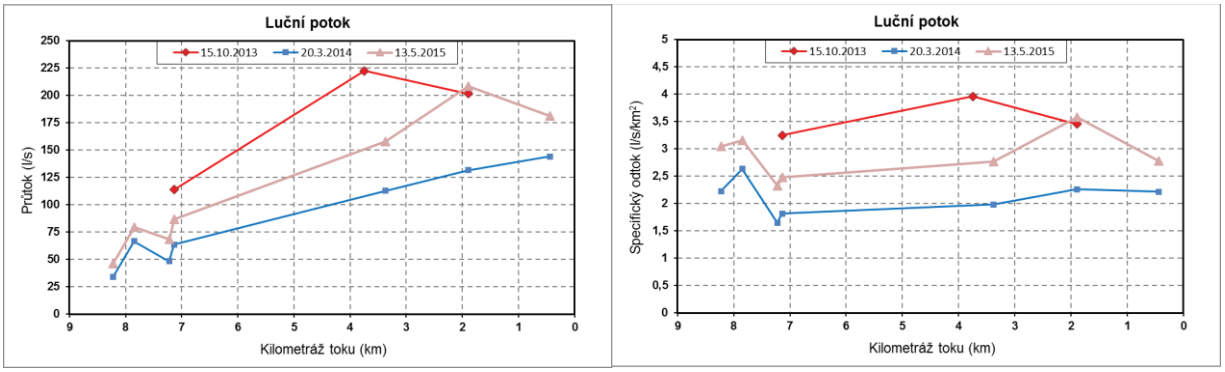
Luční potok pramení v oblasti mezi obcemi Hlupice a Zadní Nezly v okrese Litoměřice. Je pravostranným přítokem Labe, do kterého zaúsťuje v obci Třeboutice (za železničním mostem). Délka toku v nejvýše měřeném profilu je 8,2 km. Plocha povodí v závěrovém profilu představuje 65 km^2. Pravostrannými přítoky Lučního potoka jsou Trojhorský potok, Chudoslavický potok a Ploskovický potok (samostatně nebyl měřen). Chudoslavický potok pramení severozápadně od obce Staňkovice v Českém Středohoří. Je dlouhý asi 6,37 km a zaúsťuje do Lučního potoka nad Býčkovicemi. Trojhorský potok se vlévá do Lučního potoka pod Leopoldovým Mlýnem. Levostranným přítokem Lučního potoka je Široký potok, který do něj ústí u Velkého Újezdu.

V roce 2013 a 2014 v suchých obdobích byl tok proměřen metodou PPP. První měření proběhlo 15. 10. 2013 a druhé netypicky 20. 03. 2014. Druhý nestandardní termín byl možný proto, že v roce 2014 byla suchá zima a jaro, v zimě v daném území prakticky nebyla sněhová pokrývka.

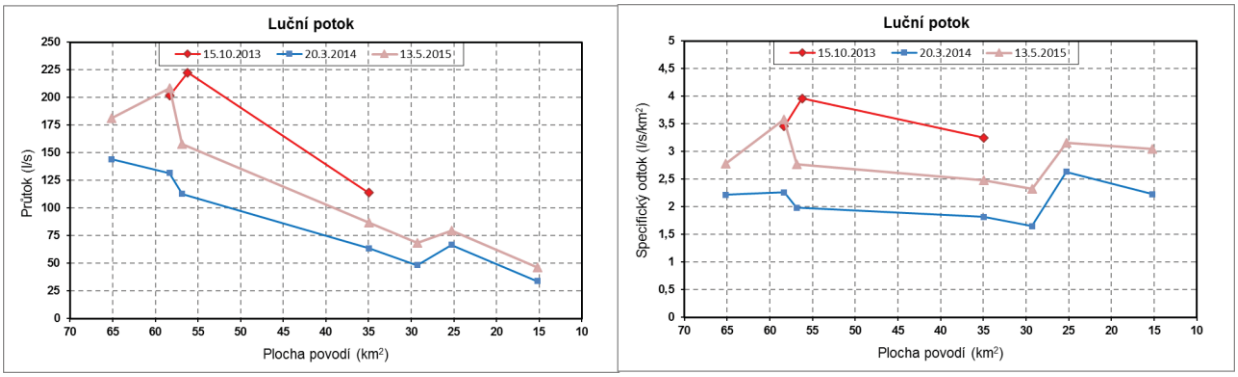
První měření bylo provedeno v kratším úseku, a to od profilu nad Býčkovicemi (pod soutokem s Chudoslavickým potokem) po Záhořany. Měření ukázalo nelogický pokles průtoku mezi profily Velký Újezd a Záhořany. Pro další měření byl úsek měření prodloužen, měřilo se od Leopoldova Mlýna (soutok Lučního a Trojhorského potoka) až po Křešice-Třeboutice, kde potok ústí do Labe. Profil v lokalitě Velký Újezd byl přesunut na vhodnější místo pro přesnější měření (možnost hustějšího pole bodů, dostatečná hloubka toku, lépe definovaná průtočná plocha). V úseku prvního měření bylo dosaženo logických výsledků s postupným nárůstem průtoku. V horním úseku toku nad Býčkovicemi byl zjištěn nesoulad v součtu dílčích přítoků a měření pod přítokem Chudoslavického potoka (nad Býčkovicemi). Nejsou známy žádné manipulace, tento jev hydrologicky nelze vysvětlit.

Třetí měření v roce 2015 proběhlo 13. 5. 2015. Měřený úsek byl zachován z druhého měření, tedy Leopoldův Mlýn až Křešice – Třeboutice. Zmíněný nesoulad v součtu průtoků dílčích toků (Luční, Trojhorský, Chudoslavický) a měřením v profilu nad Býčkovicemi se potvrdil i při tomto kole měření. Nejde tedy o náhodu, ale potvrzení ztráty vodnosti toku v této části.

V roce 2015 byla zaznamenána ztráta vodnosti mezi profily Záhořany a Křešice-Třeboutice. V roce 2014 se tato ztráta nevyskytla, může jít o nahodilý jev způsobený odběrem, či jinou manipulací s vodou.



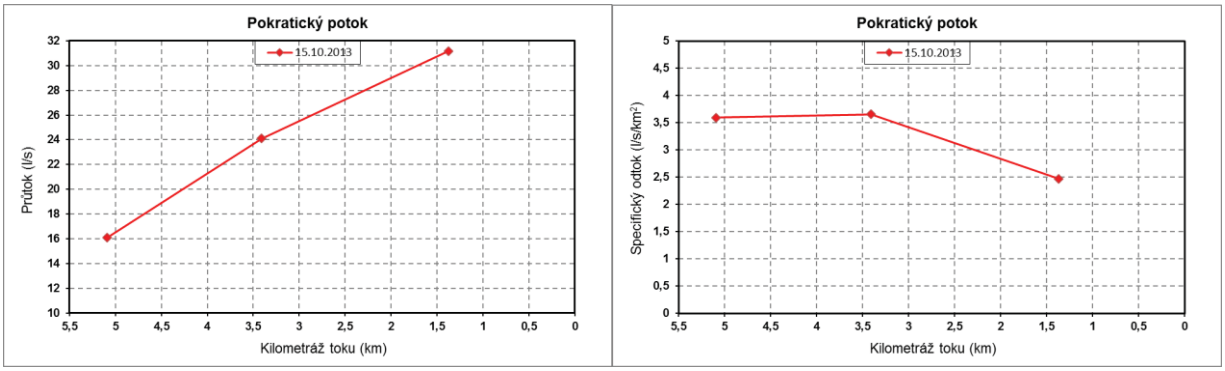
Obr. 4-20. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na kilometráži toku Luční potok



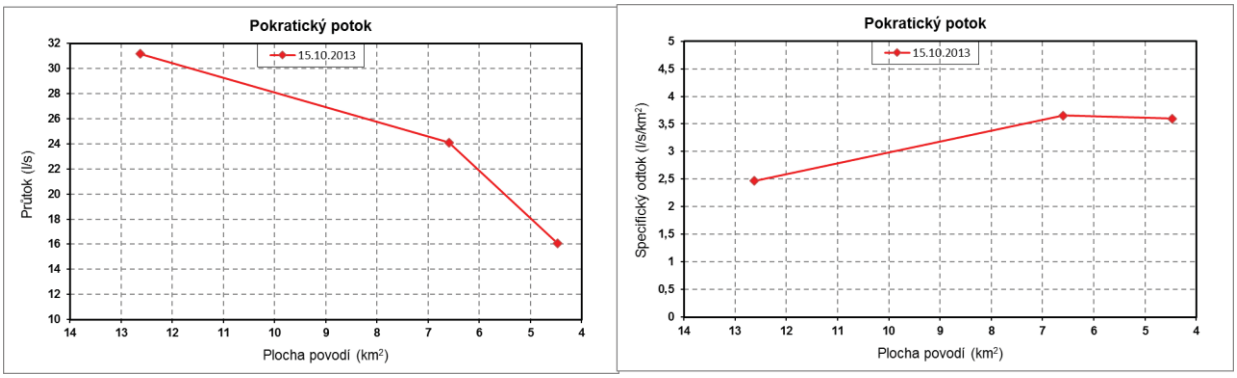
Obr. 4-21. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na ploše povodí toku Luční potok

Pokratický potok je pravostranným přítokem Labe, který odvodňuje malé území na jižním úpatí Českého středohoří v okrese Litoměřice, pramení při samém okraji Českého středohoří na jižním úpatí Dlouhého vrchu v nadmořské výšce přes 580 metrů nedaleko obce Lbín. Plocha povodí podle starších zdrojů je 10,6 km^2, dle ověření ze současných map je plocha větší (plocha v závěrovém profilu představuje 12,6 km^2), délka údolí je 7,8 km. Starou částí Litoměřic je veden potrubím a do Labe ústí nedaleko Střeleckého ostrova. Samotné ústí potoka nelze nalézt, je spojen s kanalizací v Litoměřicích. Z toho důvodu byl posledním měřeným profilem profil „U Katovny“, tedy v parku nad zatrubněním. Tyto informace vyplynuly až z rekognoskace území.

Výsledky měření v úseku Skalice – Litoměřice ukázaly nárůst průtoku v celém úseku, specifický odtok rostl jen v úseku Skalice – Pokratice, v úseku Pokratice – Litoměřice klesal. Výsledky splnily účel měření a tok nebyl zařazen do dalších kol měření.



Obr. 4-22. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na kilometráži toku Pokratický potok



Obr. 4-23. Okamžitý průtok a specifický odtok v závislosti na ploše povodí toku Pokratický potok

4.3. HYDROGEOLOGIE

V území rajonu jsou zastoupeny především sedimenty křídového stáří (cenoman až svrchní turon). Z hydrogeologického hlediska lze v rajonu vyčlenit 2 hlavní kolektory: bazální kolektor A vázaný na perucko-korycanské vrstvy (cenoman) a kolektor C vázaný na jizerské souvrství (střední až svrchní turon). Kolektory A (představuje samostatné HGR 4720 a 4730 spodní vrstvy) a C jsou od sebe odděleny izolátorem (slínovce bělohorského souvrství a prachovce ve stropu korycanských vrstev na S). Spojený kolektor BC (bělohorské a jizerské souvrství), který se vyvinul spojením kolektorů B a C se vyskytuje lokálně jen v malé části rajonu (Obr. 4-8).

Sz. hranice je daná průběhem tektonických struktur (od SZ k SV středohorský zlom, resp. jeho části zlomy litochovický a úštěcký a osa maršovické antiklinály). U Litoměřic tvoří hranici příčný zlom žitenický. Sv. hranici tvoří hydrogeologická rozvodnice podzemních vod kolektoru C. Na J omezení probíhá zhruba po výchozech kolektoru C (od Tuřic po Štětí) a podél toku Labe. V. hranice byla vytvořena podle hydrologické rozvodnice Obrtky a Liběchovky.

Území je z větší části deformováno do plochých vrásových struktur směru V-Z až SZ-JV (maršovická antiklinála a dubská synklinála na S, směrem k J živonínská synklinála). Intenzita puklinových systémů směru ZJZ-VSV a SV-JZ stoupá směrem k SZ ke středohorskému zlomu, jehož průběh kopíruje sz. hranici HGR 4523, kde probíhá ZJZ-VSV od Litoměřic přes Úštěk (zakleslé kry o 200-300 m). Zlomy sblížené středohorskému zlomu jsou na mnoha místech levostranně odskakovány na mladších zlomech směru SSV-JJZ. Říční síť uvedené směry kopíruje.

Vodohospodářsky nejvýznamnější je kolektor C, méně významný je kolektor A z důvodu složitější upravitelnosti vody. Předmětem archivních průzkumných prací bylo zejména vyhledání vodohospodářsky významných zdrojů podzemních vod, nejvýznamnější v povodí Obrtky (Hubenov – Vrutice).

Tab. 4-5. Kolektory a izolátory v HGR 4523 (a 4720)

<table>
<tr><th colspan="2">geologie</th><th colspan="2">hydrogeologická funkce</th><th>velikost transmisivity</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Kvartér</td><td>spraše</td><td colspan="2">izolátor</td><td></td></tr>
<tr><td>svahové sedimenty</td><td colspan="2">izolátor až bezvýznamný kolektor</td><td>velmi nízká až nízká</td></tr>
<tr><td>náplavy Labe</td><td colspan="2">významný kolektor</td><td>střední až velmi vysoká</td></tr>
<tr><td>tercier</td><td>vulkanity</td><td colspan="2">bezvýznamné</td><td>bez údajů</td></tr>
<tr><td>K</td><td>Kt, Kr, Kbz</td><td colspan="2">izolátor</td><td>nízká až střední</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Ř
Í
D
A</td><td>Kj</td><td colspan="2">kolektor C (BC)</td><td>převážně vysoká</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kb</td><td></td><td>izolátor C/B</td><td rowspan="2">nízká
střední</td></tr>
<tr><td>izolátor C/A</td><td>kolektor B</td></tr>
<tr><td>Kpk</td><td colspan="2">kolektor A</td><td>střední až vysoká</td></tr>
<tr><td colspan="2">krystalinikum, permokarbon</td><td colspan="2">podložní izolátor,
na výchozech nevýznamný kolektor</td><td>velmi nízká až nízká</td></tr>
</table>

velikost transmisivity...ve smyslu Krásného (1986); Kbz…březenské souvrství; Kr…rohatecké vrstvy; Kt...teplické souvrství; Kj...jizerské souvrství; Kb...bělohorské souvrství; Kpk..perucko-korycanské souvrství.

PODLOŽÍ KŘÍDY – KRYSTALINIKUM

Krystalinikum na povrchu se vyskytuje v tektonickém oknu v okolí Kalvárie (migmatity, ortoruly, amfibolity, zelené břidlice, svory, fylity). Krystalinikum představuje puklinový kolektor, v připovrchové zóně rozvolnění má puklinovou i průlinovou propustnost. V zájmovém území je krystalinikum hydrogeologicky nevýznamné, dle Hazdrové (1992) má velmi nízkou transmisivitu, jediný údaj má transmisivitu nízkou.

KŘÍDOVÉ SEDIMENTY

Kolektor A je samostatně zpracován jako hlubinný HGR 4720 a 4730.

Izolátor B/A, C/A

Kolektor A je překryt vápnitými jílovci, prachovci a slínovci bělohorského souvrství (spodní turon). V jeho spodní části, přibližně na V od Obrtky v celém profilu, je bělohorské reprezentované prachovci a jemnozrnnými pískovci s polohami jílovitých vápenců, které fungují jako regionální izolátor C/A. Samostatný kolektor B vytvářejí jen při z. okraji rajonu v okolí Litoměřic, kde je jizerské souvrství již ve slínovcovém vývoji. Směrem k VJV se mocnost pískovců v progradačním cyklu snižuje, na V od Obrtky bělohorské souvrství ztrácí cyklický charakter, je zastoupeno v celé mocnosti slínovci a jeho mocnost klesá až na 30 mm (Herčík a kol. 1999).

Kolektor B

Jak ukázal vrt 4720_47 Vrutice ve střední části rajonu (Fiedler et al. 2015c), je kolektor B (v pískovcovém vývoji) zřetelně litologicky oddělený od kolektoru C, byť má malou mocnost a nebyly z něj zaznamenány žádné přítoky do vrtu. Kolektor B v pískovcovém vývoji se obecně

v hydrogeologické praxi považuje za součást kolektoru BC, resp. C. Samostatné hyrzaulické parametry z kolektoru B jsou k dispozici prakticky výhradně na Z rajonu, kde však kolektor B představuje nepříliš významný převážně puklinový kolektor (především v zóně připovrchového rozvolnění a rozpukání hornin), s pouze lokálním oběhem podzemní vody, bez regionálního proudění. Transmisivita puklinového kolektoru B je v průměru střední (Tab. 4-7)

Kolektor C

Kolektor C je vyvinut téměř na celém území rajonu s výjimkou úzkého pruhu podél toku Labe, kde vychází jeho báze na povrch a území v okolí Litoměřic a na Z od nich. Hladina podzemní vody v kolektoru C je volná kromě míst, kde je kolektor C krytý izolátorem teplicko-březenského souvrství. Místní napjatost hladiny podzemní vody se vytváří také v údolích pravostranných přítoků Labe vlivem jejich výplně slabě propustnými kvartérními sedimenty. Za bázi kolektoru C se považuje rozhraní jemnozrnných prachovitých pískovců a prachovců až slínovců.

Kolektor C je převážně vázán na pískovce, které se v blízkosti faciálního přechodu do slínovců u Litoměřic štěpí na dvě tělesa, ale považují se za jeden spojitě zvodněný kolektor (Herčík a kol. 1999).

Transmisivita kolektoru C v zájmovém území je střední až vysoká (ve smyslu Krásného 1976), na dolním toku Obrtky a Úštěckého potoka vysoká až velmi vysoká. Ve výše položených oblastech mezi údolími Pšovky, Liběchovky a Obrtky klesá transmisivita v průměru do řádu 10^{-4} m^2/s (střední transmisivita). V těchto výše položených územích dochází k vytváření tzv. visutých neboli zavěšených zvodní. Popisná statistika hydraulických parametrů je uvedena i v kap. 5 (Tab. 4-6, Tab. 4-7, Tab. 5-1, Tab. 5-2)

Nadložní regionální izolátor

Jílovité, vápnito-jílovité a slinité uloženiny turonu až coniaku, tvořící regionální izolátor, mají shodně, bez ohledu na stáří uloženin, nízkou transmisivitu v připovrchové zóně rozpukání (Hazdrová 1992). Teplické souvrství je v úplném rozsahu, s mocností až 80 m, zachováno jen v okolí Litoměřic. Vyznačuje se střídáním vápnitých jílovců s jílovitými vápenci. Ve svrchní části souvrství se vyskytují rohatecké vrstvy v typickém vývoji. Vápnité jílovce a slínovce březenského souvrství se uchovaly jen v okolí Litoměřic, v neúplných mocnostech. Transmisivita tohoto regionálního izolátoru je v průměru nízká - střední (Tab. 4-6, Tab. 4-7)

TERCIÉR

Vulkanity (tělesa sopouchů) jsou malého plošného rozsahu a bez hydrogeologických údajů. Jejich hydrogeologický význam je nepatrný, jejich zvodnění není dokumentováno.

KVARTÉR

Poměrně mocné a rozsáhlé **sutě** na svazích pokrývají rozsáhlé plochy v s. části zájmového území i na J zájmového území kolem Radobýla, atd. V sutích je obvykle vyvinuta nejmělčí připovrchová zvodeň podzemní vody. Sutě představují jak infiltrační území hlouběji uložených kolektorů, tak prostor odvodnění zvodní ve vulkanitech a křídě.

Spraše pokrývají rozsáhlé plochy v j. části zájmového území v okolí Litoměřice a Lovosic, váté písky se vyskytují v okolí obcí Píšťany-Žalhostice a Křešice. Spraše mají převážně izolační funkci, která

brání povrchovému znečistění podzemní vody. Ve spraších je možnost vytvoření nesouvislých nevýznamných zvodní, v zájmovém území však zvodně ve spraších nejsou zaznamenány. Podobně případné zvodně ve vátých píscích též nejsou dokumentovány.

Terasové štěrkopísky představují velmi významný zdroj podzemní vody – především Píšťanský meandr. Podzemní voda je z nich jímána především vrty a studněmi. Nejpříznivější, tj. velmi vysoké a vysoké hydraulické parametry, byly zjištěny v kvartérních průlinových kolektorech písků a štěrků pleistocenního a holocenního stáří v údolní nivě Labe (Tab. 4-6, Tab. 4-7)

Vodohospodářskou využitelnost území naznačuje transmisivita neboli průtočnost (v tabulkách vyjádřená indexem transmisivity Y), která vyjadřuje schopnost prostředí propouštět podzemní vodu.

Tab. 4-6. Hydraulické parametry hornin (na území listu 02-41 Ústí nad Labem a 02-43 Litoměřice dle Hazdrové 1996 a 1992)

	Y min	Y max	Yprům	n	Z min	Z max	Zprům	n
fluviální uloženiny Labe u Libochovan	6,1	6,6	6,4	9	5,0	5,6	5,4	9
údolní niva Labe od M.Žernosek po ústí Ohře	6,4	7,1	6,7					
údolní niva Labe od ústí Ohře k V	6,2	6,9	6,5					
soutoková oblast Obrtky a Úštěckého potoka	5,3	6,4	5,8					
pleistocén – Píšťanský meandr	6,9	7,3	7,1					
pleistocén Křešice aj.	6,2	7,1	6,6					
Izolátor Kbz, Kr, Kt, Kj v okolí Litoměřic	4,6	5,4	4,9					
Kj kolektor C	3,7	6,3	5,3	5	1,6	4,0	3,1	5
Kc (+ pískovce Kb) kolektor A (AB)	3,8	6,2	5,3	19	1,7	4,8	3,5	19
fylity u Libochovan		4,6		1				

Y – index transmisivity; Z – index propustnosti

Tab. 4-7. Celkový přehled indexů transmisivity Y ve vrtech (archivovaných v ČGS k roku 2012)

stratig. Index		Y min.	Y max.	Y prům.	Y medián	směrodatná odchylka	počet	označení velikosti transmisivity
Qh+Qp	Kvartér fluviální	5,53	7,48	6,665	6,795	0,426	68	(velmi) vysoká
Kt-bz	izolátor	1,65	7,28	5,735	5,9	0,764	31	střední
Kj	Kolektor C	5,09	7,96	6,51	6,5	0,471	42	vysoká
Kj, Kb	turon nerozlišený (kolektor C, BC)	4,81	7,03	6,114	6,17	0,422	34	vysoká
Kb	Kolektor B, izolátor	2,75	7,47	5,378	5,645		4	střední
Kpk	Kolektor A	3,42	7,22	6,132	6,25	0,503	34	vysoká

velikost transmisivity...ve smyslu Krásného (1986); Qh...kvartér holocén; Qp…kvartér pleistocén; Kt-bz...teplické až březenské souvrství; Kj...jizerské souvrství; Kb...bělohorské souvrství; Kpk..perucko-korycanské souvrství.

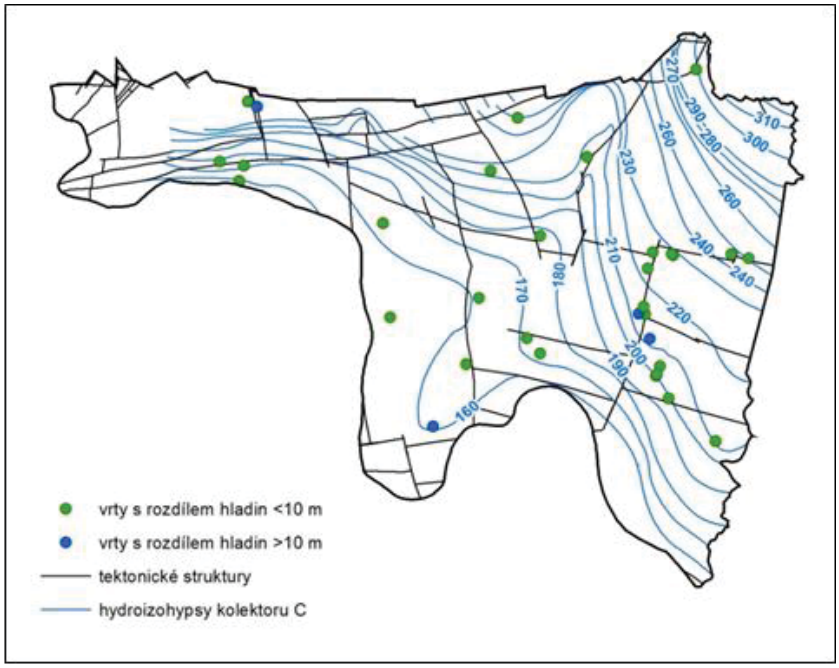
PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

Propustnost kolektoru C (BC) je puklinově-průlinová. Mocnost kolektoru C klesá od Liběchovky směrem k Z. V místech výchozů jeho báze v údolí Labe je nulová. V blízkosti středohorského zlomu je patrná převažující puklinová propustnost nad průlinovou.

Oběh podzemních vod v kolektoru C (BC) je uzavřený s výjimkou předpokládaného přítoku v místech průběhu úštěckého zlomu z kolektoru BC. Kolektor C je napájen infiltrovaným podílem atmosférických srážek v závislosti na nadmořské výšce území. V místech, kde je kolektor C kryt

izolátorem teplického a březenského souvrství, k napájení kolektoru C nedochází. Pohyb a odvodnění podzemní vody jsou určeny tokem Labe a jeho přítoků.

Směr proudění podzemní vody v kolektoru C je z oblasti rozvodnice mezi HGR 4523 a 4620 směrem k Labi. Odvodnění kolektoru C probíhá prostřednictvím povrchových toků intenzivněji v povodí Úštěckého potoka, na rozdíl od Obrtky, kde odvodnění není tak intenzivní a navíc je Obrtka napájena z lokálního zvodnění visutého kolektoru C. V horním toku Obrtky je výrazná influkce povrchových vod.



Obr. 4-24. Schematická mapa hydroizohyps kolektoru C (upraveno podle Herčíka, Herrmanna a Nakládala 1987) se vyznačením rozdílu hladin ve vrtech z Geodatabáze

Jedním ze zásadních kritérií pro přiřazení vrtů k jednotlivým kolektorům je logika hladiny podzemní vody v rámci map hladiny podzemní vody a režimních měření kolísání hladin podzemních vod, popřípadě trendů v hladině podzemních vod. Základní schematická koncepce hladin podzemní vody v jednotlivých kolektorech byla pro první přiblížení převzata ze Syntézy české křídové pánve (Herčík a kol. 1987).

Převzaté hydroizohypsy byly pro účely této zprávy zdigitalizovány a zobrazeny do topografické mapy. Do stejné mapy hydroizohyps byly přidány vrty s hladinami podzemní vody z Geodatabáze. K vrtům z Geodatabáze byla v prostředí GIS přiřazena hodnota hladiny podzemní vody ze Syntézy české křídové pánve (Herčík a kol. 1987) a pro každý vrt byl vypočten rozdíl hladiny podzemní vody mezi hodnotou uvedenou v Geodatabázi a hodnotou v původní mapě hydroizohyps ze Syntézy české křídové pánve (Herčík a kol. 1987). Rozdíl byl pro každý použitý bod z Geodatabáze na výsledné mapě zobrazen v podobě odlišného symbolu ve škále -10 až 10 m. K bodu byla dále uvedena hladina podzemní vody z Geodatabáze a příslušné stratigrafické zařazení vrtu (výsledky syntézy schematicky na Obr. 4-24). Další informace jsou uvedeny i v kap. 5.2 - Systémová analýza oběhu podzemní vody

4.4. HYDROCHEMIE

V okolí zájmového území se setkáváme s pestřejším chemismem podzemní vody a s celkovými mineralizacemi podzemních vod v rozpětí od 0,5 g/l do 2 g/l. V západní části rajonu mají vody kolektoru A mineralizaci 0,5-1 g/l, ve východní 0,5 g/l, podobně kolektoru C. Rozmanitý chemismus a vysoké obsahy rozpuštěných látek mají připovrchové zvodně ve slinitých a jílovitých horninách s omezeným pohybem podzemní vody. V kolektorech svrchní křídy, v perucko-korycanském, bělohorském a jizerském souvrství jsou zastoupeny vedle základních typů Ca-HCO_3 (dle 20 mval%) typy Ca(Mg)-$HCO_3(SO_4)$, Mg(Ca)-$HCO_3(SO_4)$, Ca(Na)-$HCO_3(SO_4)$, Ca(Na)-HCO_3 i Na(Ca)-HCO_3 (Hazdrová 1995).

V píšťanském meandru (terasové štěrkopísky) vedle typů Ca(Mg)-$HCO_3(SO_4)$ podzemní vody jsou časté též typy Ca(Na)-$HCO_3(SO_4)$, s mineralizací od 0,4 do 0,85 g/l.

MAPY HYDROCHEMICKÝCH TYPŮ

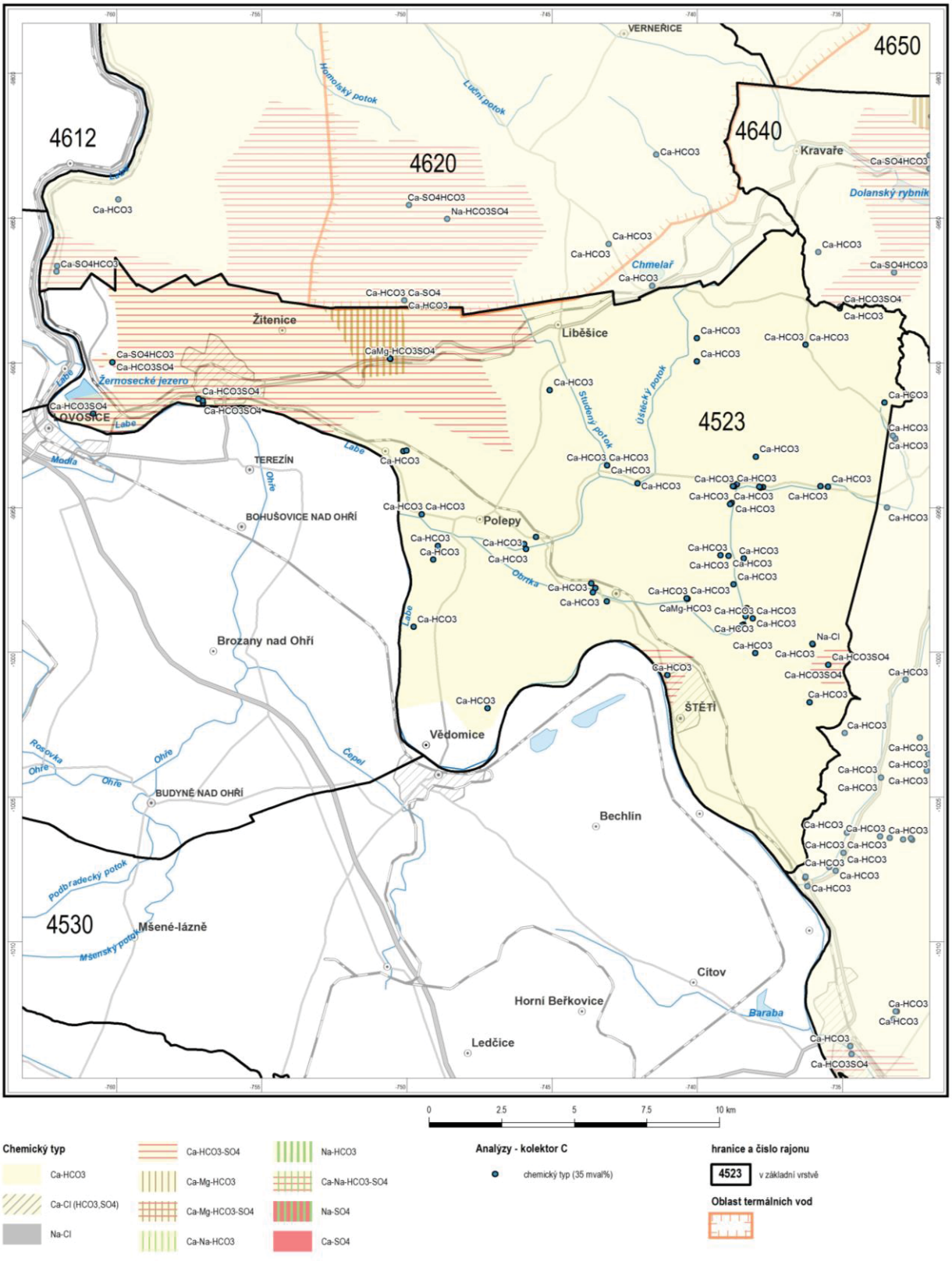
Pro potřeby regionálního hodnocení bilancovaných hydrogeologických rajonů, případně oblastí byly jako vstupní informace využity existující výsledky chemických analýz převážně z jednorázových odběrů podzemní vody z archivu ČGS do roku 2013, dále analýzy z pramenů ČHMÚ, výsledky analýz z pramenů a nových vrtů provedených v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod za období 2013 a 2015. Mapy byly konstruovány na základě hydrochemického typu, který vyjadřuje kationty a anionty přesahující 35 mval%. Hranice 35 mval% byla zvolena pro jednoduchost chemického typu, který obsahuje jeden, nanejvýš pak dva kationty a anionty. Nižší hranice (např. 20 mval%) by pro zobrazení na mapě byla složitá a nepřehledná. Navíc hranice 35 mval% nejlépe odpovídá Alekinovu typu, který byl použit k hodnocení chemismu 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, byl přiřazen reprezentující hydrogeologický kolektor (či izolátor) V rajonech základní vrstvy došlo k vyřazení vrtů s hloubkou menší než 10 m, analýz s analytickou chybou větší než 10 % aanalýz s chybějící analýzou některé z makrosložek (mimo K a NO_3). Z hodnocení chemismu podzemních vod v bilancovaných rajonech byly vyřazeny všechny analýzy starší roku 1960.

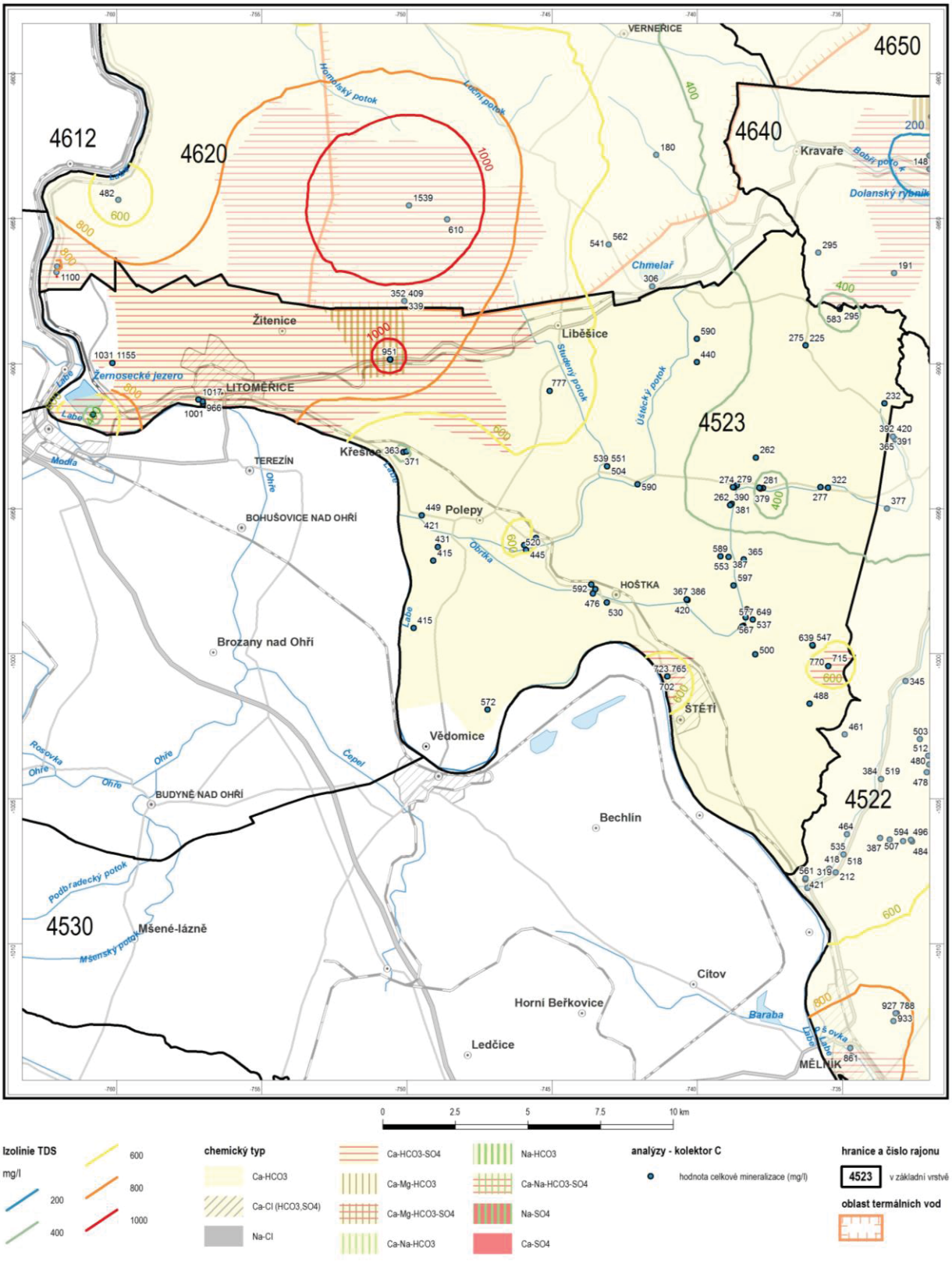
Ve vrtech kolektoru C v rajonu převažuje chemický typ Ca-HCO_3 s celkovou mineralizací okolo 0,5 g/l. V západním výběžku rajonu (včetně výchozů kolektoru B) v okolí Litoměřic převažuje chemický typ Ca-SO_4HCO_3 a zároveň vyšší celková mineralizace 0,8-1,0 g/l. Lokalizace analýz z rajonu 4523 a okolí, mapa chemických typů a celkové mineralizace na Obr. 4-25 a Obr. 4-26.

Tab. 4-8. Počet chemických analýz použitý ke konstrukci hydrochemických map a map upravitelnosti na území HGR 4523

počet chem. analýz v GD bázi		348
Přípovrchová zóna		126
Indikace znečištění		29
kolektor	**upravitelnost**	**chemismus**
C	89	77



Obr. 4-25. Chemický typ (35 mval%) v kolektoru C (včetně kolektoru B na Z od Litoměřic)



Obr. 4-26. Chemický typ, výše celkové mineralizace (TDS) a izolinie celkové mineralizace v kolektoru C (včetně kolektoru B na Z od Litoměřic)

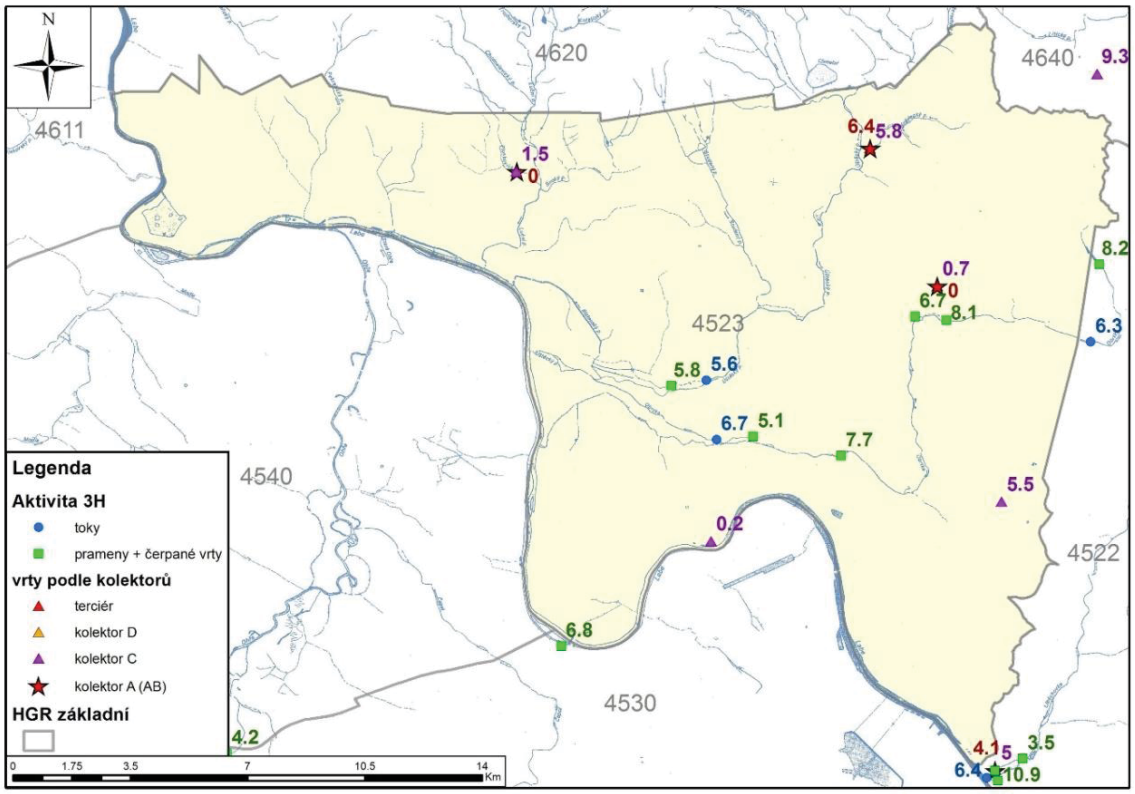
4.5. GEOCHEMICKÝ MODEL

PRŮMĚRNÁ DOBA ZDRŽENÍ PODZEMNÍ VODY V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ

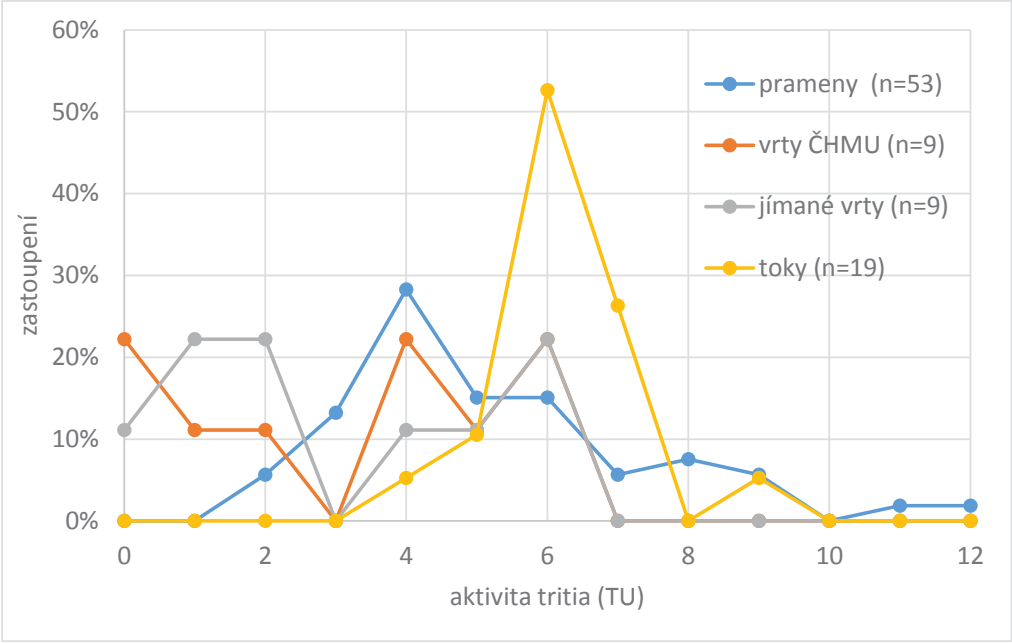
Hydrogeologie tradičně využívá především hydraulické metody (čerpací zkoušky, analýzu poklesu vydatnosti pramenů či průtoku povrchových toků v čase, numerické modelování „proudění vody“ kalibrované na úrovně hladin ve vrtech a průtoky). Tyto metody umožnují dobře určit hydraulickou vodivost/transmisivitu 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 (^{3}H) a ^{18}O je časem t = 0 okamžik, kdy voda proniká pod zemský povrch. V případě plynných stopovačů se jedná o okamžik, kdy voda dosáhne nasycené zóny (v nenasycené 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 NO_3^- 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. ^{3}H, ^{18}O, CFC, SF_6, ^{14}C, atd.). V projektu Rebilance byly tyto stopovače použity pro určení střední doby zdržení a výsledky byly srovnány se staršími údaji.

V rajonu 4523 byla aktivita tritia měřena na 5 vrtech, 5 pramenech a 2 tocích. Vrty zde zčásti vykazují aktivity tritia při limitu detekce, zčásti aktivity typické pro moderní vody. Aktivity tritia ve vodách pramenů a toků se pohybují mezi 5,1-8,1 TU (Obr. 4-27).



Obr. 4-27. Aktivita tritia v pramenech, tocích a vrtech v rajonu křída Pšovky a Liběchovky (rajon 4523).



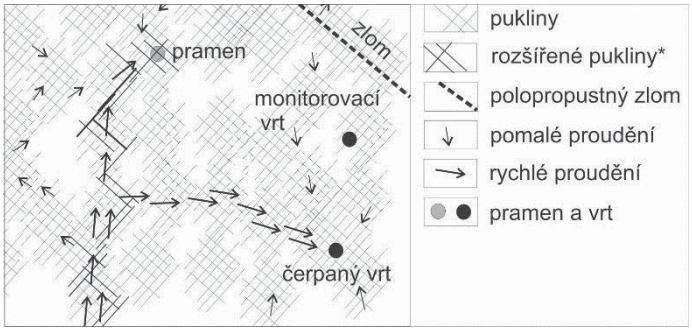
Obr. 4-28. Histogram aktivity tritia pro rajony 4521, 4522, 4523 (Křída Košáteckého potoka, Liběchovky, Pšovky, Obrtky a Úšteckého potoka).

V oblasti rajonů 4521, 4522, 4523 byl zjištěn poměrně výrazný rozdíl mezi aktivitami tritia ve vodě monitorovacích vrtů ČHMÚ a ve vodě pramenů (Obr. 4-28). Celkem 33 % vrtů ČHMÚ má tritiovou aktivitu <2TU, zatímco 94 % pramenů na tritiovou aktivitu >2 TU.

Rozpor mezi dobou zdržení z monitorovacích vrtů vs. pramenů a jímacích vrtů lze vysvětlit existencí silně propustných ale objemem zanedbatelných proudových zón. V těchto zónách voda proudí velmi rychle z oblasti infiltrace do oblasti drenáže. Doba zdržení aktivně proudící vody je tedy krátká. Většinu kolektoru ale zabírají oblasti pomalého proudění vody (zjednodušeně stagnující zóny), ve kterých je doba zdržení značná. Protože stagnující zóny zabírají většinu objemu kolektoru, většina monitorovacích vrtů, které jsou situovány víceméně náhodně vůči existenci proudových zón, zachytí vodu stagnujících zón se značnou dobou zdržení. Naopak jímací vrty a prameny, které jsou situovány výrazně nenáhodně (jsou situovány do míst, kde silně propustné zóny končí a vypouští vodu na zemský povrch) zachycují aktivně proudící vodu z velké většiny.

Podstata původu nebo vzniku proudových zón není dosud v české křídové pánvi uspokojivě vyřešena. Tradované tvrzení, že tyto zóny jsou vázány na zlomy, se nepotvrdilo (Lachman 2010), specifická vydatnost vrtů ve východní části české křídové pánve nemá žádný vztah se vzdáleností od zlomových linií. V karbonáty bohatých kolektorech české křídové pánve jsou známky rozpouštění karbonátového tmelu a zvětšování pórovitosti (Bruthans a kol. 2011). Idealizovaný model kolektorů ukazuje Obr. 4-29. Mezi oblastí infiltrace a velkými prameny lze očekávat zvýšení propustnosti puklinové sítě rozpouštěním karbonátového tmelu, a následné vytváření preferovaných cest proudění s relativně vysokými rychlostmi proudění. Dlouhodobě čerpané vrty budou stahovat část vod z preferovaných cest směřujících původně do pramenů. Naopak monitorovací vrty (s výjimkou krátkých časových intervalů nečerpané) vzorkují složení vody jen ve svém bezprostředním okolí. Většina objemu vody v kolektoru bude vázána na menší pukliny, kde voda proudí velmi pomalu.

Výsledky z řady rajonů dokládají, že je nutné rozlišovat mezi A) aktivně proudící vodou v kolektorech, která má relativně vysokou tritiovou aktivitu (obvykle nad 4 TU) často vykazuje aerobní podmínky, obsahuje dusičnany a ve většině případů vykazuje převažující vodu infiltrovanou po roce 1950 a B) vodou stagnující, či proudící velmi pomalu, která vykazuje často anaerobní podmínky, má nízkou tritiovou aktivitu a často neobsahuje dusičnany. Zatímco vodu typu A lze zkoumat na pramenech a intenzivně jímaných vrtech, vrty monitorovací sítě ČHMÚ a vrty bez intenzivního čerpání zachycují velmi často spíše vodu typu B. Důvodem je, že preferované zóny proudění jsou omezeny na velmi malou plochu kolektoru, takže jsou zachyceny pouze v malém procentu dlouhodobě nejímaných vrtů. Údaje z monitorovacích vrtů ČHMÚ tak mohou snadno vést k nesprávné představě o daleko nižší míře znečištění kolektorů dusičnany, než odpovídá skutečnosti v aktivně proudící vodě. Skutečný obraz o míře znečištění aktivně proudící podzemní vody lze získat jen z jímacích vrtů a pramenů.



Obr. 4-29. Idealizovaný model puklinového kolektoru s „otevřenou puklinovou pórovitostí“.

V oblasti byla koncentrace freonů 11, 12, 113 a SF_6 stanovena na objektech R30 (pramen ve Velkém Hubenově na toku Obrtky) a R33 (jímaný vrt VR2, Vrutice; Tab. 4-9 a Tab. 4-10). V obou případech

se jedná o podzemní vody z kolektoru jizerského souvrství. Objekty drénují horniny jemnozrnných pískovců s často vysokým podílem vápnité složky. Ve vápnitých pískovcích v povodích Košáteckého potoka, Pšovky, Liběchovky a Obrtky byly zjištěny střední doby zdržení prvních až vyšších desítek let (objekty R01-R03; R30, R33, R34, R45) podobně jako v soutokové oblasti Jizery (objekt R54; Bruthans a kol. 2015).

Tab. 4-9. Koncentrace freonů a SF_6 změřené v Spurenstofflabor ± směrodatná odchylka

vzorek	CFC 12 (pmol/l)	CFC 11 (pmol/l)	CFC 113 (pmol/l)	SF_6 (fmol/l)
R30	5,9 ± 0,3	9,3 ± 1	0,36 ± 0,05	2,8 ± 0,3
R33	6,1 ± 0,4	4,8 ± 0,5	0,24 ± 0,05	2,2 ± 0,3

Tab. 4-10. Rozsah středních dob zdržení (roky) za předpokladu exponenciálního modelu podle 4 různých stopovačů

vzorek	Freon 11	Freon 12	Freon 113	SF_6
R30	kontam.	kontam.	34-44	6-12
R33	16-26	kontam.	43-80	12-21

V oblasti byl odebrán jeden vzorek na radiouhlíkovou aktivitu. Cílem bylo určit radiouhlíkové stáří v bazálním kolektoru v oblasti Vrutice, kde jsou vody bazálního kolektoru čerpány. Naměřená radiouhlíková aktivita 39% podle Pearsonova modelu odpovídá době zdržení okolo 1200 let (Tab. 4-11). Jedná se o překvapivě nízký údaj vzhledem k tomu, že vrt se nachází v drenážní oblasti v nepříliš odlišné pozici v proudovém systému jako vrt Byšice s radiouhlíkovým stářím 19,7 tis let. Důvodem relativně nízkého stáří podzemní vody může být intenzivní čerpání v oblasti Vrutice i z kolektoru A, které do kolektoru vtahuje mladší složky proudění.

Tab. 4-11. 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)
C30	Vrutice -kolektor A	1737	-11,1	39%	0,8%	45%	-	1200

Ve vápnitých pískovcích v rajonu 4523 byly zjištěny střední doby zdržení prvních desítek let. Vyhlazený průběh hodnot $\delta^{18}O$ a $\delta^{2}H$ 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 $\delta^{18}O$ a $\delta^{2}H$ 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

KONTROLA UMÍSTĚNÍ JÍMACÍCH OBJEKTŮ

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

V hodnoceném rajonu byla provedena všech jímacích objektů zdrojů podzemních vod s odběrem vyšším než 6 000 m^3/rok. Současně byla doplněna dokumentace k jímacím objektům, kde tato dokumentace nebyla k dispozici. Pro revizi byla využita data Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka v.v.i., který je tvůrcem a správcem databáze odběrů podzemních vod, ve které se shromažďují informace z podniků Povodí. Jedinečnost této databáze spočívá v jednotné formě zpracování, délka sledování zahrnující období 1979 – 2010 a celorepublikový charakter. Údaje o odběrech včetně lokalizací VÚV každoročně zpracovává pro Souhrnnou vodohospodářskou bilanci množství podzemních vod. Jedná se o údaje vykazované podle vyhlášky MZe č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci. V databázi jsou odběry podzemních vod v množství přesahujícím 6 000 m^3 v kalendářním roce nebo 500 m^3 v kalendářním měsíci. Uvedená databáze, která je každoročně doplňovaná, byla dále kontrolována na základě údajů předaných ČGS od podniků Povodí.

ODBĚRY PODZEMNÍCH VOD

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

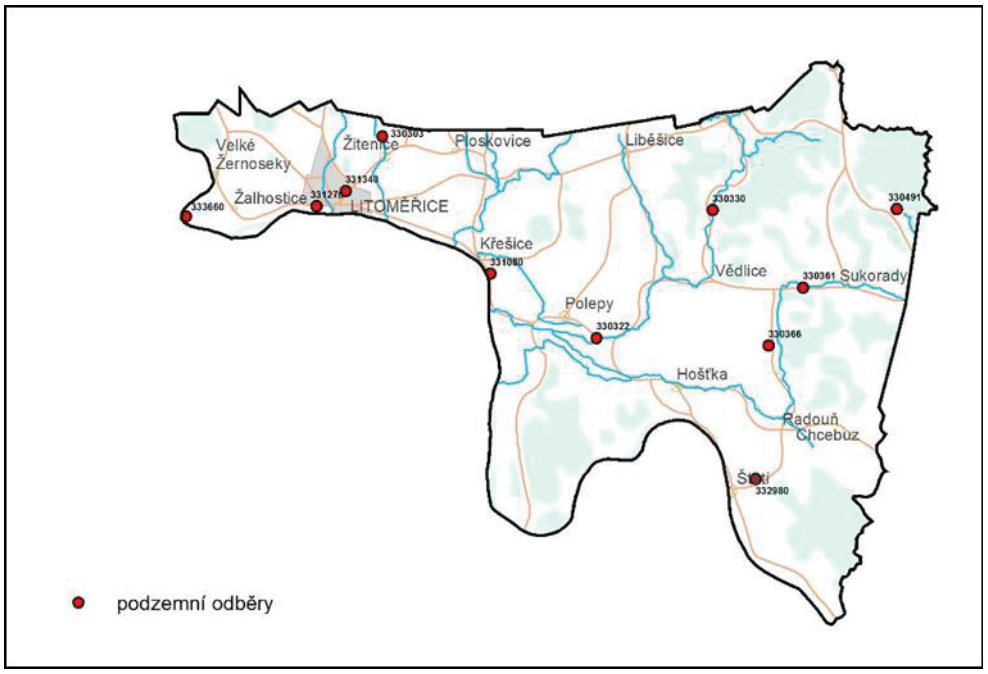
Provedená aktualizace zahrnovala i kontrolu lokalizace a popis odběrů, často po jednotlivých objektech, s upřesněním vztahu jednotlivých objektů k čerpanému kolektoru v rámci kolektorů definovaných v rajonu v předchozí etapě. Současně byl skutečný odběr porovnáván s povoleným odběrem tak, aby se dal 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 soukromých subjektů. Pokud byly nalezeny nové odběrné objekty, byly doplněny do databáze. Přehled lokalizovaných odběrných objektů do r. 2012 je uveden v

Tab. 4-12 a jejich přehledná lokalizace je zobrazena na Obr. 4-30.

Tab. 4-12. Přehled lokalizovaných odběrných objektů

Odběr*	Charakter odběru	Počet vrtů	Velikost odběru (m^3/rok)	Poznámka**
330303 SčVK Žitenice	POD		8 901	1989-2002
330315 SčVK Močidla	POD		189 848	1989-2012
330322 SčVK Vrutice VR1, VR2, O 9b	POD	3	2 254 626	1989-2012
330330 SčVK Rochov	POD		11 085	1989-2012
330361 SčVK Malešov vrt O2,O3a,O4aO14a,Rd1,2,3	POD	7	3 157 329	1989-2012
330366 SčVK Snědovice	POD		26 559	1989-2012
330491 SčVK Domašice studna	POD	1	6 714	1989-2012
331080 Schoeller Křešice	POD		33 168	2005-2012
331270 Mrazírny Litoměřice	POD		21 800	1989-2005 (2004)
331340 Krytý plavecký bazén Litoměřice	POD		42 331	1989-2012
332980 CHRIŠTOF spol. s.r.o., provoz Štětí	POD		30 937	2007-2012
333660 Obec Velké Žernoseky	POD		590 000	2002-2006
Celkem odběry 2012			5 761 498	

Poznámky: * číslo VHB (viz obr.), ** evidence od-do (poslední odběr)



Obr. 4-30. Přehledná lokalizace odběrných objektů

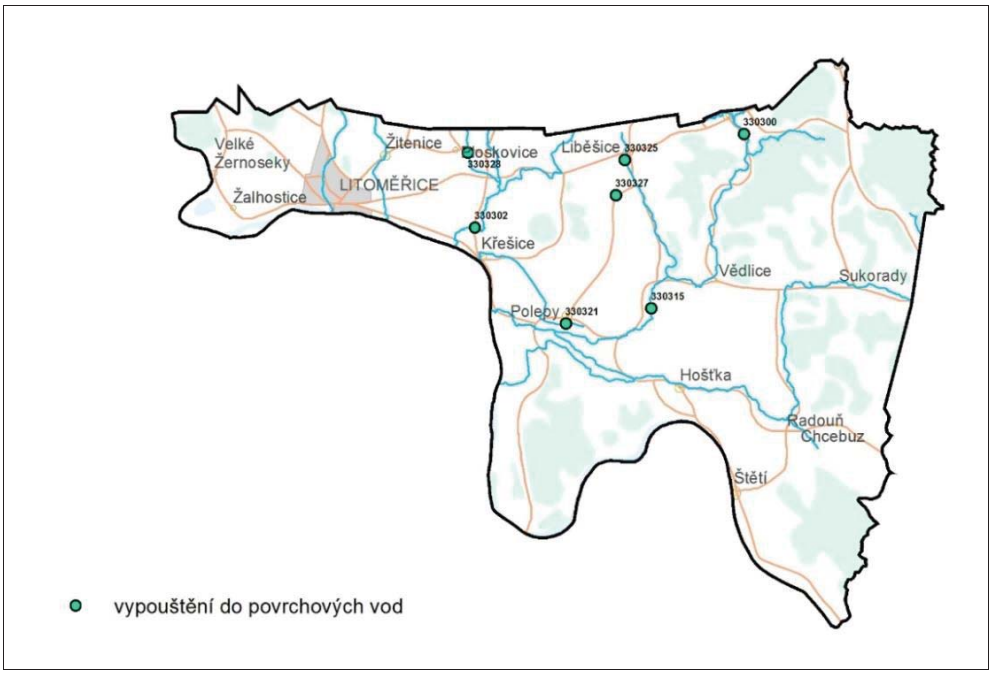
VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Hodnoty a lokalizace míst vypouštění odpadních vod předaných ČGS podniky Povodí jsou uvedeny v Tab. 4-13 a jejich přehledná lokalizace je zobrazena na Obr. 4-31.

Tab. 4-13. Přehled lokalizovaných vypouštění odpadních vod

Vypouštění*		Charakter vypouštění	Současná velikost vypouštění (m^3/rok)	Poznámka
330300	ScVK Úštěk ČOV	POV	129 427	1989-2012
330302	ScVK Zahořany ČOV	POV	54 595	2007-2012
330310	ScVK Hoštka ČOV	POV	106 285	1989-2012
330313	ScVK Vrutice ÚV	POV	7 884	1993-2012
330315	ScVK Malešov ÚV	POV	64 333	1993-2012
330321	ScVK Polepy ČOV	POV	89 454	1997-2012
330325	ScVK Liběšice ČOV	POV	71 293	2005-2012
330327	ScVK Chotiněves ČOV	POV	6 949	2005-2012
330328	ScKV Ploskovice ČOV	POV	9 645	2005-2012
	Celkem vypouštění 2012		539 865	

Poznámka: * číslo VHB (viz obr.), ** evidence do – do



Obr. 4-31 Přehledná situace lokalizovaných vypouštění odpadních vod

5. KONCEPČNÍ HYDROGEOLOGICKÝ MODEL

5.1. ÚČEL KONCEPČNÍHO MODELU

Koncepční hydrogeologický model byl pro HGR 4523 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 se zpracovateli hydrologických a hydrogeologických matematických modelů. Výsledkem je představa – schéma území, jako jednotný podklad pro pochopení stavby a základních funkcí rajonu. Prvotní koncepční model sloužil také k identifikaci chybějících dat a k jejich doplnění. Vytvoření koncepčního modelu je základním předpokladem pro úspěšnou konstrukci hydraulického modelu.

SESTAVENÍ UPŘESNĚNÝCH MAP GEOMETRIE KOLEKTORŮ A IZOLÁTORŮ

Zájmové území buduje několik hydrogeologicky odlišných jednotek: kvartérní sutě, spraše, fluviální terasy, terciérní vulkanity, Česká křídová pánev, krystalinikum. Na území rajonu 4523 můžeme vyčlenit dva základní hydrogeologické celky: 1. pánevní zvodněný systém, reprezentovaný komplexem sedimentů české křídové pánve od cenomanu až po svrchní turon. 2. terasy Labe, převážně ve štěrkovitém vývoji, dosahující i značných mocností.

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 jednotlivých parametrů, tj. hydraulická vodivost, porozita, rychlosti proudění podzemní vody, mocnost zvodnění. Tyto mapy byly využity jako podklad pro naplňování matematického modelu. Na základě dosavadních zkušeností byly 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 charakteristické 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 specificka 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: $$T_1\left[m^2/d\right] = q_{\max}/1000*86400$$

Odvození transmisivity T_2 dle databáze

Pokud je v databázi uvedena transmisivita, tato hodnota byla převedena na m^2/d a označena jako transmisivita T_2.

Odvození transmisivity T_3 podle hydraulické vodivosti

U řady vrtů je uvedena pouze hydraulická vodivost. I tento údaj je vhodné využít. Hodnotu hydraulické vodivosti je nutné přenásobit mocností zvodně, což je rozdíl mezi bází filtru a ustálenou hladinou vrtu před čerpací zkouškou („HLPRED“ – „DO“).

Použití transmisivity

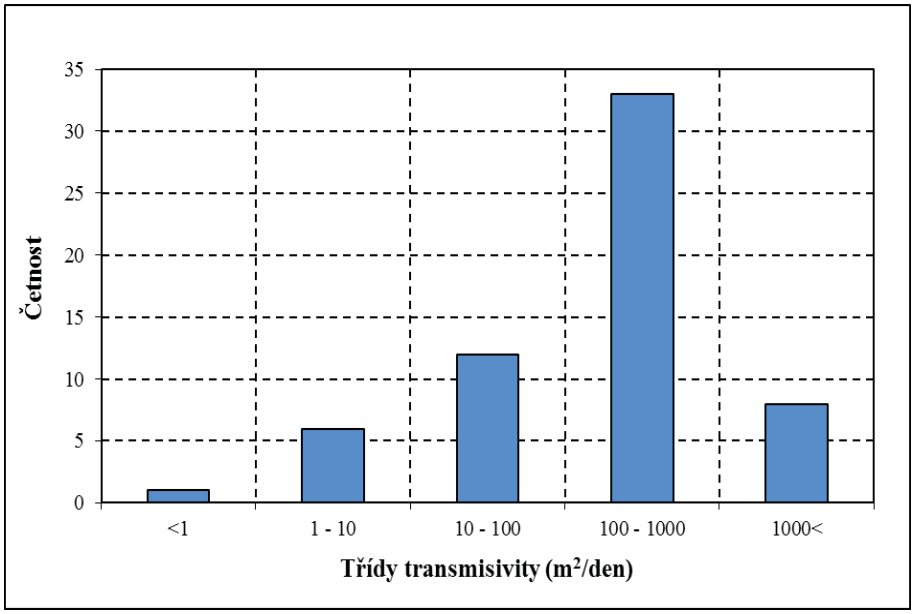
Transmisivitu T_1 odvozenou z ustáleného proudění lze považovat za nejspolehlivější charakteristiku hydraulických vlastností, proto měla přednost v použití. Pokud je k dispozici transmisivita T_1, hodnota T_1 charakterizuje daný vrt. Pokud není k dispozici transmisivita T_1 a je k dispozici transmisivita T_2, hodnota T_2 charakterizuje daný vrt. Pokud není k dispozici transmisivita T_1 a T_2 a je k dispozici transmisivita T_3, hodnota T_3 charakterizuje daný vrt.

Tab. 5-1. Popisná statistika hydraulických parametrů kolektoru C

HGR 4523	Kolektor C			
Popisná statistika hodnot	**Y (-)**	**T (m^2/den)**	**Z (-)**	**k (m/s)**
Počet vrtů v Gdbasi	65	65	65	65
Počet použitých vrtů	60	60	60	60
Průměr	6.15	511.28	1.75	2.5×10^{-04}
Medián	6.29	169.51	1.96	9.1×10^{-05}
Směr. odchylka	2.21	-	0.71	-
Minimum	2.75	0.05	-1.7	1.9×10^{-08}
Maximum	7.96	7877	3.8	5.7×10^{-03}
Rozdíl maxima a minima	5.21	-	5.5	-

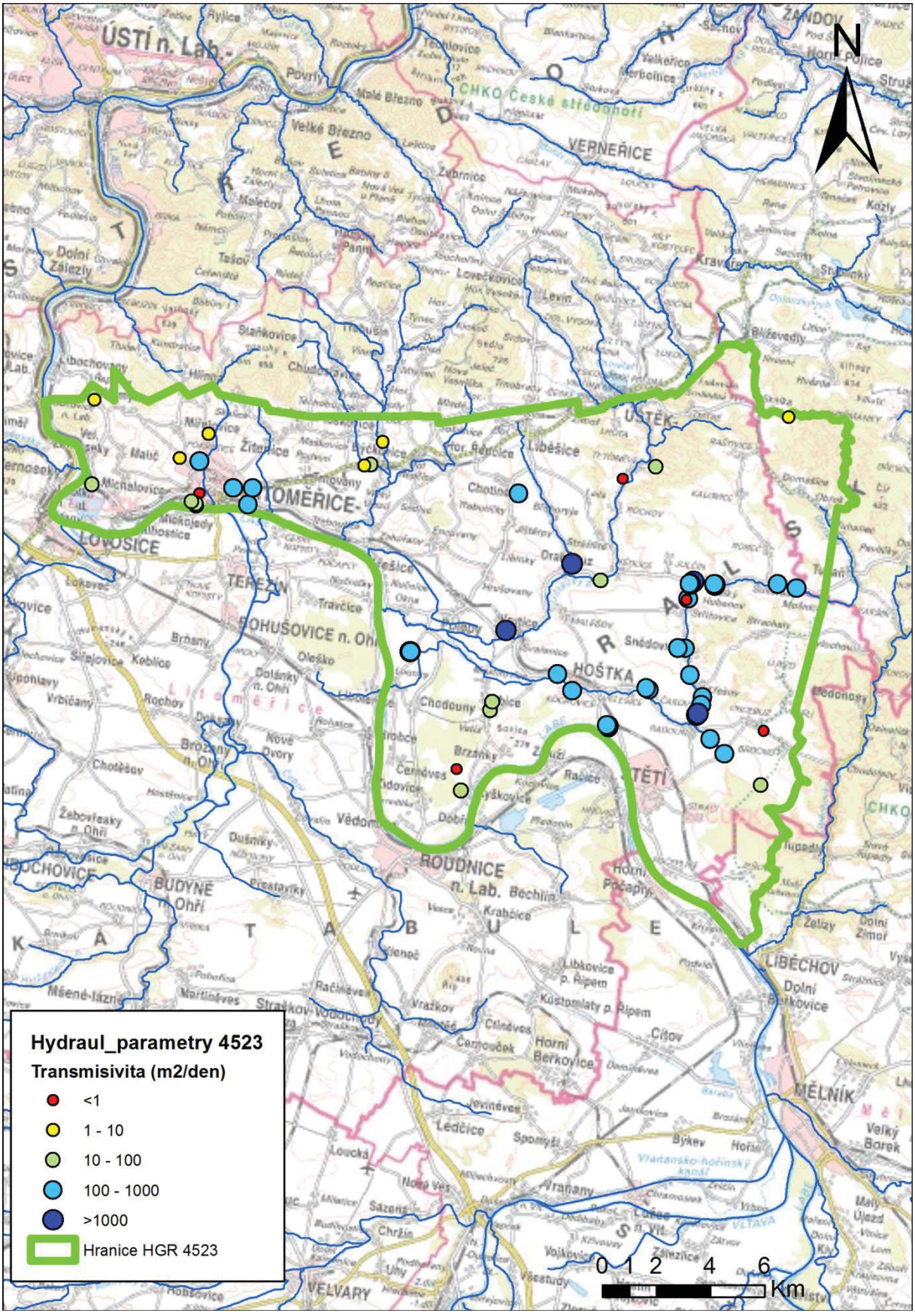
Tab. 5-2. Třídy transmisivity

Třídy transmisivity (m^2/den)	Kumulativní četnost	Četnost
<1	1	1
1 - 10	7	6
10 - 100	19	12
100 - 1000	52	33
1000<	60	8



Obr. 5-1. Třídy transmisivity kolekoru C

Nejvíce údajů o trasmisivitě kolektoru C se nachází v údolí dolního toku Úštěckého potoka a Obrtky, resp. v jeho přítocích. Transmisivita zde dosahuje nejvyšších hodnot a pohybuje se zde od prvních stovek m^2/den až po první tisícovky m^2/den. Tato část HGR 4523 je zřejmě tektonicky predisponovaná a tudíž se jedná o nejvíce propustnou zónu. Vyšší hodnoty transmisivit 100 – 564 m^2/den byly zjištěny v okolí Litoměřic. V ostatních částech HGR 4523 nejsou k dispozici data nebo se transmisivita pohybuje v desítkách m^2/den, což se týká především jižní části rajonu, kde došlo k vyklínění kolektoru C, a v oblastech rozvodnic mezi významnými drenážními bázemi.



Obr. 5-2. Plošná distribuce transmisivity kolektoru C

5.2. SYSTÉMOVÁ ANALÝZA OBĚHU PODZEMNÍ VODY

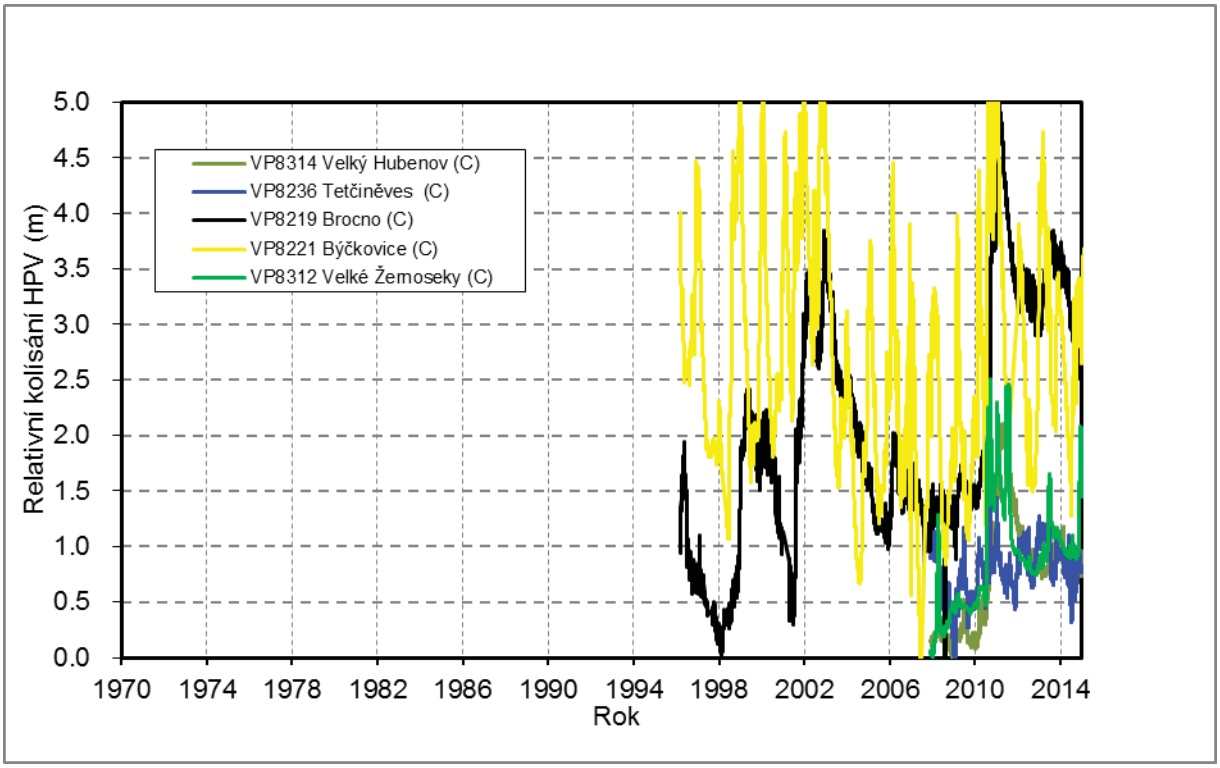
Systémová analýza oběhu podzemní vody byla řešena pomocí tvorby třídimenzionálního obrazu umožňující charakteristiku oběhu podzemní vody. V tomto kroku byly definovány základní hydrogeologické funkce jednotlivých geologických struktur zájmového území a jejich charakteristiky. Charakter oběhu podzemní vody bude uveden do vztahu s jejím chemickým složením (základní hydrochemické mapy) a vzhledem ke vztahu délky transportu vody kolektorem a reakcí podzemní vody na srážky a odvodnění, včetně odběrů.

ANALÝZA ČASOVÝCH ŘAD KOLÍSÁNÍ HLADINY PODZEMNÍCH VOD

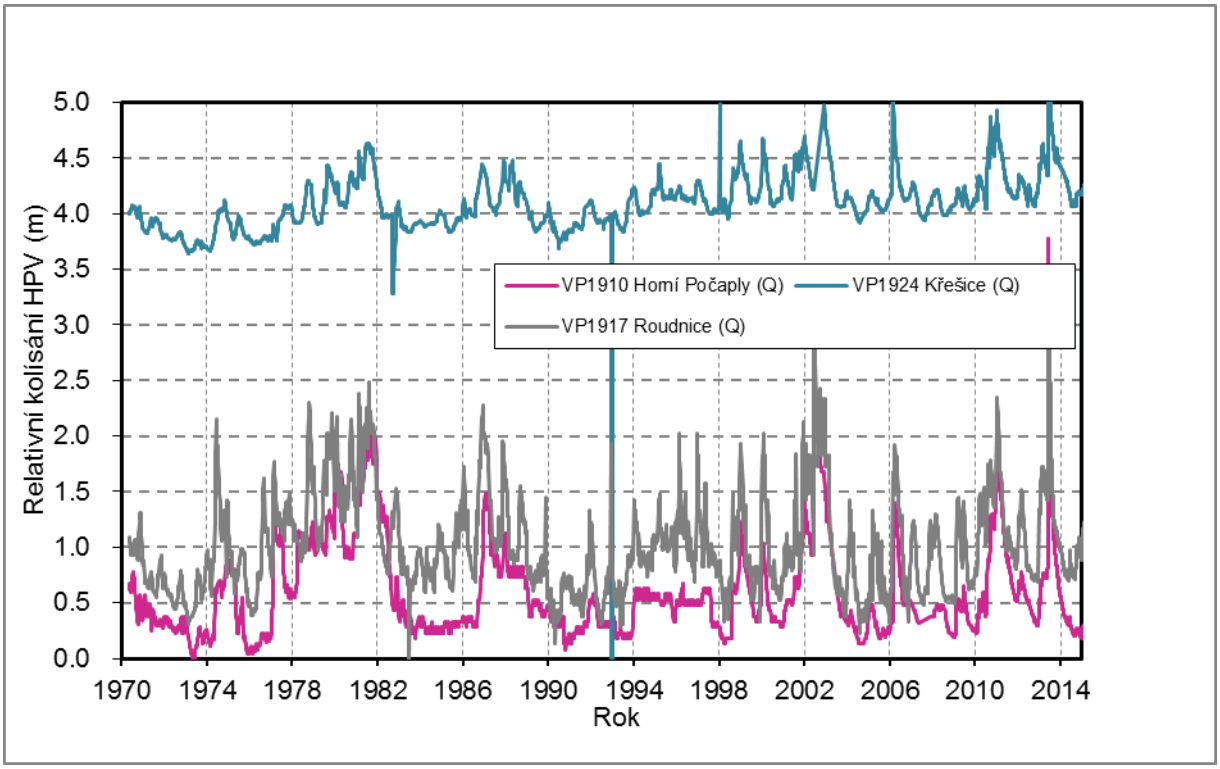
Pro analýzu chování kolektoru – jeho doplňování a vyprazdňování byl zvolen rozbor kolísání hladiny podzemní vody na vrtech pozorovaných ČHMÚ. Seznam vrtů použitých pro analýzu je v Tab. 3-3.

V HGR 4523 se nachází 5 vrtů, které sledují kolísání hladin podzemní vody (Obr. 5-3). Pro srovnání byly využity i tři kvartérní vrty, které se nacházejí v kvartérních štěrkopíscích (Obr. 5-4). Pět křídových vrtů vykazuje velmi výrazné dlouhodobé trendy v kolísání hladin podzemní vody s různou sezónní rozkolísaností. Kvartérní i křídové vrty kolísají obdobným způsobem, pouze s tím rozdílem, že u křídových vrtů dochází k pomalejším poklesům hladin podzemní vody (tj. k pomalejšímu vyprazdňování křídového kolektoru).

Dlouhodobě sledované vrty vykazují nárůst hladin podzemní vody po roce 1998 a vrcholu dosahují v roce 2002. Po roce 2002 nastává pokles hladin podzemní vody až do roku 2005 a mezi roky 2005 až 2010 dochází víceméně ke stagnaci hladin podzemní vody. Rok 2010 znamená prudký nárůst hladin podzemní vody. Po roce 2010 následuje pokles hladin podzemní vody, nicméně na konci roku 2014 se hladiny podzemní vody pohybují zhruba na úrovni roku 2002. Krátkodobě sledované monitorovací vrty VP8314 Velký Hubenov, VP8312 Velké Žernoseky a VP8219 Tetčiněves jsou pozorovány krátkodobě a kolísají obdobně jako dlouhodobě pozorovaný vrt VP8219 Brocno. Hodnocení křídových vrtů je uvedeno v Tab. 5-3



Obr. 5-3. Kolísání hladin podzemní vody v HGR 4523



Obr. 5-4. Kolísání hladin podzemní vody v HGR 4523

Tab. 5-3. Hodnocení Státní monitorovací sítě ČHMÚ a jejich porovnání s modelem BILAN

Vrt	Charakteristika vrtu	Charakteristika kolísání HPV vs. model BILAN	Trend	Signální úroveň HPV
VP8219 Brocno (C)	Vrt je situován v infiltrační oblasti, 2,5 km od jímacího území ve Velkém Hubenově, na vrtu není negativní trend v kolísání HPV, prostředí je středně propustné (v hydraulickém modelu byla uvažována hydraulická vodivost okolo 1.10^{-5} m/s). Úroveň HPV je zřejmě ovlivněna odběry podzemní vody.	Režim HPV téměř dokonale kopíruje kolísání přírodních zdrojů z modelu BILAN, pokles HPV je stejně rychlé jako pokles dotace z modelu BILAN.	Nevýrazné sezónní kolísání HPV s cca 2-3 m nárůstem HPV v obdobích se zvýšenou dotací a okamžitým poklesem HPV po období se zvýšenou dotací.	208.67 m n. m. (podle HPV ze 14.5.1998), úroveň možná byla ovlivněna zvýšenými odběry 209.89 m n. m. (podle HPV ze 30.1.2009)
VP8221 Býčkovice (C)	Vrt se situován v infiltrační oblasti HGR v kolektoru C, v údolí Ploskovického potoka, kde je dle hydraulického modelu uvažována hydraulická vodivost 1.10^{-5} – 5.10^{-5} m/s.	Průměrné roční kolísání HPV se shoduje s kolísání přírodních zdrojů z modelu BILAN. Průběh HPV je ovlivněn výrazným 1-2 m sezónním kolísáním.	Dlouhodobý trend s výrazným sezónním kolísáním HPV, s cca 2-3 m nárůstem HPV v obdobích se zvýšenou dotací a okamžitým poklesem HPV po období se zvýšenou dotací. Průměrné roční kolísání velmi dobře koreluje s VP8219 Brocno s rozdílem, že minimální HPV byly dosaženy v roce 2007	185.39 m n. m. (podle HPV ze 9.7.2007)
VP8314 Velký Hubenov (C)	Vrt je situován v infiltrační oblasti, 1 km od jímacího území ve Velkém Hubenově, na vrtu není negativní trend v kolísání HPV, prostředí je středně propustné (v hydraulickém modelu byla uvažována hydraulická vodivost okolo 1.10^{-5} m/s).	Nehodnoceno, příliš krátké sledování (od 1.1.2008)	Velmi dobrá shoda s dlouhodobě pozorovaným vrtem VP8219 Brocno, oba vrty vykazují výrazný nárůst HPV po 31.7.2010 a dosavadní sledování neukazuje návrat na původní úroveň.	238.32 m n. m. (podle HPV ze 26.12.2008)
VP8312 Velké Žernoseky (C)	Vrt je situován v okrajové části HGR, 800 m od Labe, které zde představuje významnou drenáž podzemní vody, prostředí je středně propustné (v hydraulickém modelu byla uvažována hydraulická vodivost okolo 1.10^{-5} m/s).	Nehodnoceno, příliš krátké sledování (od 1.1.2008)	Velmi dobrá shoda s dlouhodobě pozorovaným vrtem VP8219 Brocno, oba vrty vykazují výrazný nárůst HPV po 31.7.2010 a dosavadní sledování neukazuje návrat na původní úroveň.	164.75 m n. m. (podle HPV ze 1.2.2008)
VP8219 Tetčiněves (C)	Vrt je situován v infiltrační části HGR, vedle Hrádeckého potoka (levostranný přítok Úštěckého potoka), ve kterém v době měření PPP protékalo 14 l/s, nelze však vyloučit, že v době extrémního sucha může být bez vody, prostředí je středně propustné (v hydraulickém modelu byla uvažována hydraulická vodivost okolo 1.10^{-5} m/s).	Nehodnoceno, příliš krátké sledování (od 1.1.2008)	Částečná dobrá shoda s dlouhodobě pozorovaným vrtem VP8219 Brocno, kolísání HPV spíše odpovídá kolísání HPV v drenážní oblasti, kdy je HPV řízena hladinou v toku. V druhé polovině roku 2010 a v červnu 2013 dochází k relativně velkému nárůstu HPV jako u ostatních vrtů ČHMÚ v HGR.	211.92 m n. m. (podle HPV ze 10.4.2009)

SHRNUTÍ SYSTÉMOVÉ ANALÝZY OBĚHU PODZEMNÍ VODY

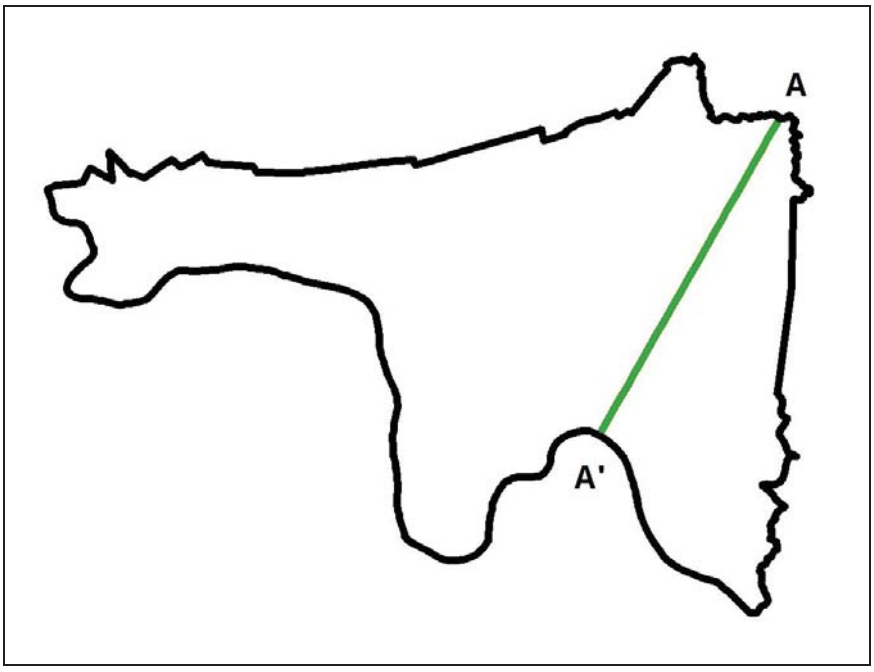
Systémová analýza oběhu podzemní vody byla řešena pomocí tvorby třídimenzionálního obrazu umožňující charakteristiku oběhu podzemní vody. V tomto kroku byly definovány základní hydrogeologické funkce jednotlivých geologických struktur zájmového území a jejich charakteristiky. Charakter oběhu podzemní vody byl uveden do vztahu s jejím chemickým složením (základní hydrochemické mapy) a vzhledem ke vztahu délky transportu vody kolektorem a reakcí podzemní vody na srážky a odvodnění, včetně odběrů.

Prostory dotace a odvodnění kolektoru byly popsány jako uzavřený oběh následovně:

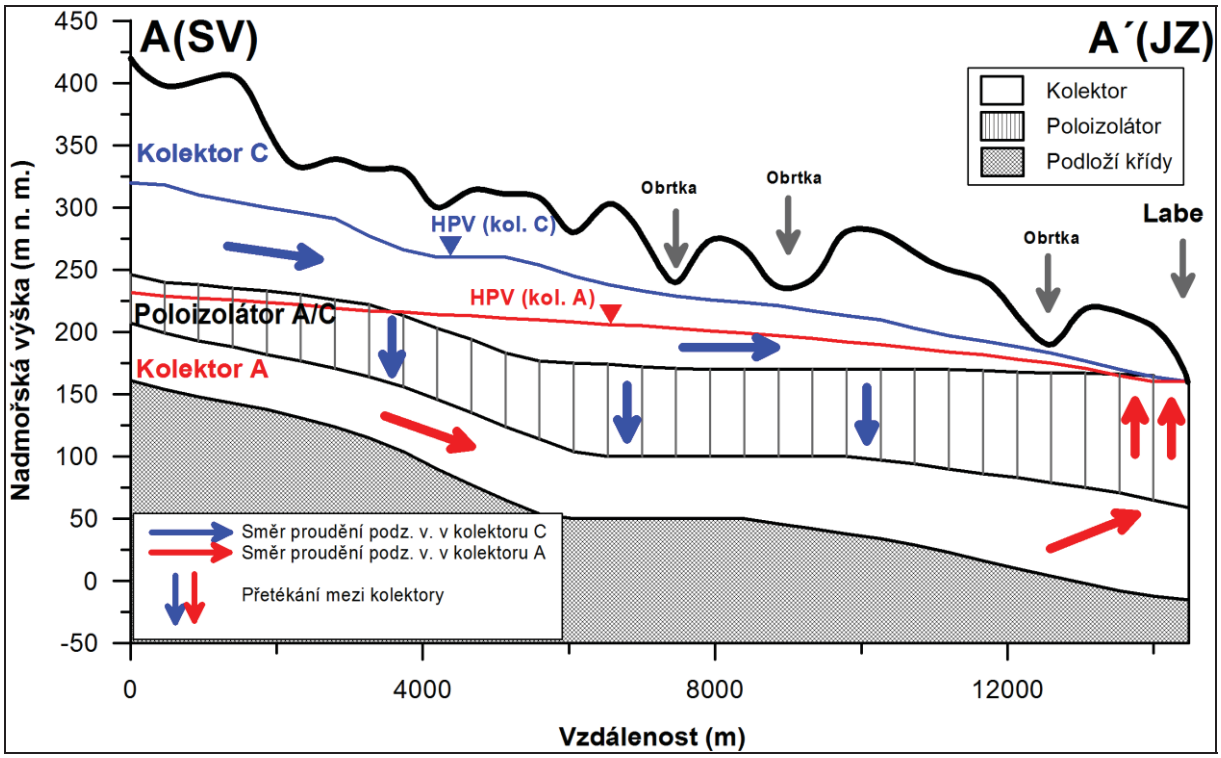
- Dotace – z infiltrace v celé ploše HGR 4523.
- Proudění – do drenážních bází – převažuje generelní směr od severu k jihu, na východě HGR od severovýchodu k jihozápadu, lokálně k drenážním bázím Obrtky, Úštěckého potoka a Lučního potoka.
- Odvodnění – tokem Labe a jeho pravostrannými přítoky. I přes odběry v povodí Obrtky a Úštěckého potoka cca v km 3,9 – 16,3 zde byla metodou PPP zjištěna drenáž podzemní vody o velikosti 58 l/s na Obrtce a cca v km. Dále dochází k drenáži podzemní vody na Lučním a Pokratickém potoce nebo tokem Labe přes kvartérní štěrkopísky, množství je přímými metodami nekvantifikovatelné.

Tato koncepce byla testována modelem.

Následující Obr. 5-6 je syntézou vytvořenou na základě strukturních a hydrogeologických údajů, doplněnou o informace z chemizmu pozemních vod v době proudění, kolísání hladiny podzemní vody, a představuje základní výsledky analýzy oběhu podzemní vody v HGR 4523.



Obr. 5-5. Linie hydrogeologického řezu



Obr. 5-6. Hydrogeologický koncepční model infiltrace, proudění a odvodnění HGR

Tab. 5-4. Generalizace koncepčního hydrogeologického modelu pro potřeby hydraulického modelu

Modelová vrstva	Litologie/ geologie	Hydrogeologie	Báze	Charakteristika
1	Pískovce jizerského souvrství (popř. bělohorského), dle členění Uličného se jedná o TUR 2, 3 a 4	Kolektor C a B	Báze je stanovena podle báze písčité facie jizerského a bělohorského souvrství	Výskyt v celé modelové oblasti; Hydraulicky relativně homogenní systém s regionálním prouděním podzemní vody, vliv tektoniky na proudový systém; Hladina podzemní vody je volná; Lokální výskyt zavěšených kolektorů (vrty, které charakterizují zavěšenou zvodeň, jsou v databázi odlišeny); Infiltrace probíhá v celé ploše výskytu.
2	Slínovce jizerského a bělohorského souvrství	Izolátor A/B	Báze je daná stropem kolektoru A	Výskyt v celé modelové oblasti; Hydraulicky relativně homogenní vrstva, která se nevyskytuje nebo je porušena podél severního okraje a Labe.
3	Pískovce perucko-korycanského souvrství	Kolektor A	Báze je daná bází kolektoru A	Výskyt v celé modelové oblasti; Hydraulicky relativně homogenní systém s regionálním prouděním podzemní vody, bez tektonických skoků; Hladina podzemní vody je napjatá. Dotace přítokem ze severu, drenáž na jihu do Labe.

HGR 4523 je součástí hydraulického modelu (Tab. 5-4), který dále zahrnuje HGR 4521, 4522, 4523 a částečně 4720. V hydraulickém modelu HGR 4523 bude reprezentován druhou a třetí modelovou vrstvou.

5.3. NÁVRH NA DOPLNĚNÍ POZOROVACÍ SÍTĚ PODZEMNÍCH VOD

Pro hodnocení dynamického chování podzemních a vyhodnocování aktuálního stavu hladin podzemních vod a zásob podzemních vod je nezbytné pokračovat v kontinuálním sledování hladin podzemních vod na síti ČHMÚ a nově vyhloubených vrtech. Z navrhovaných hydrogeologických pozorovacích objektů byly realizovány vrty 4523_43 Snědovice, 4523_44 Úštěk, 4523_45 Štětí, 4523_48 Vrutice.

Tab. 5-5 Doporučené vrty pro monitoring

Vrt	Signální úroveň HPV
VP8219Brocno (C)	208.67 m n. m. (podle HPV ze 14.5.1998), úroveň možná byla ovlivněna zvýšenými odběry 209.89 m n. m. (podle HPV ze 30.1.2009),
VP8221 Býčkovice (C)	185.39 m n. m. (podle HPV ze 9.7.2007)
VP8314 Velký Hubenov (C)	238.32 m n. m. (podle HPV ze 26.12.2008)
VP8312 Velké Žernoseky (C)	164.75 m n. m. (podle HPV ze 1.2.2008)
VP8219 Tetčiněves (C)	211.92 m n. m. (podle HPV ze 10.4.2009)
4523_45 Štětí (C)	nově vyhloubený vrt
4523_43 Snědovice (C)	nově vyhloubený vrt
4523_44 Úštěk (C)	nově vyhloubený vrt
4523_48 Vrutice (C)	nově vyhloubený vrt

6. MODELOVÉ VÝPOČTY ZÁSOB PODZEMNÍCH VOD

6.1. HYDROLOGICKÝ MODEL

6.1.1. DOTACE PODZEMNÍCH VOD

POPIS SADY POVODÍ A DOSTUPNÝCH DAT

Povodí levostranných přítoků Jizery tvoří většinu plochy HGR 4523. Odtoky ze tří největších z nich jsou sledovány vodoměrnými stanicemi v blízkosti ústí do Jizery. Jedná se o profily Pelešany – Libuňka (0920), Březina – Žehrovka (0929) a Mladá Boleslav - Klenice (1000). Průtoky v uvedených profilech jsou dlouhodobě pozorované vodoměrnými stanicemi ČHMÚ.

Poloha povodí v HGR je znázorněna na Obr. 6-1, základní charakteristiky a informace o dostupných datech obsahuje Tab. 6-1.

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

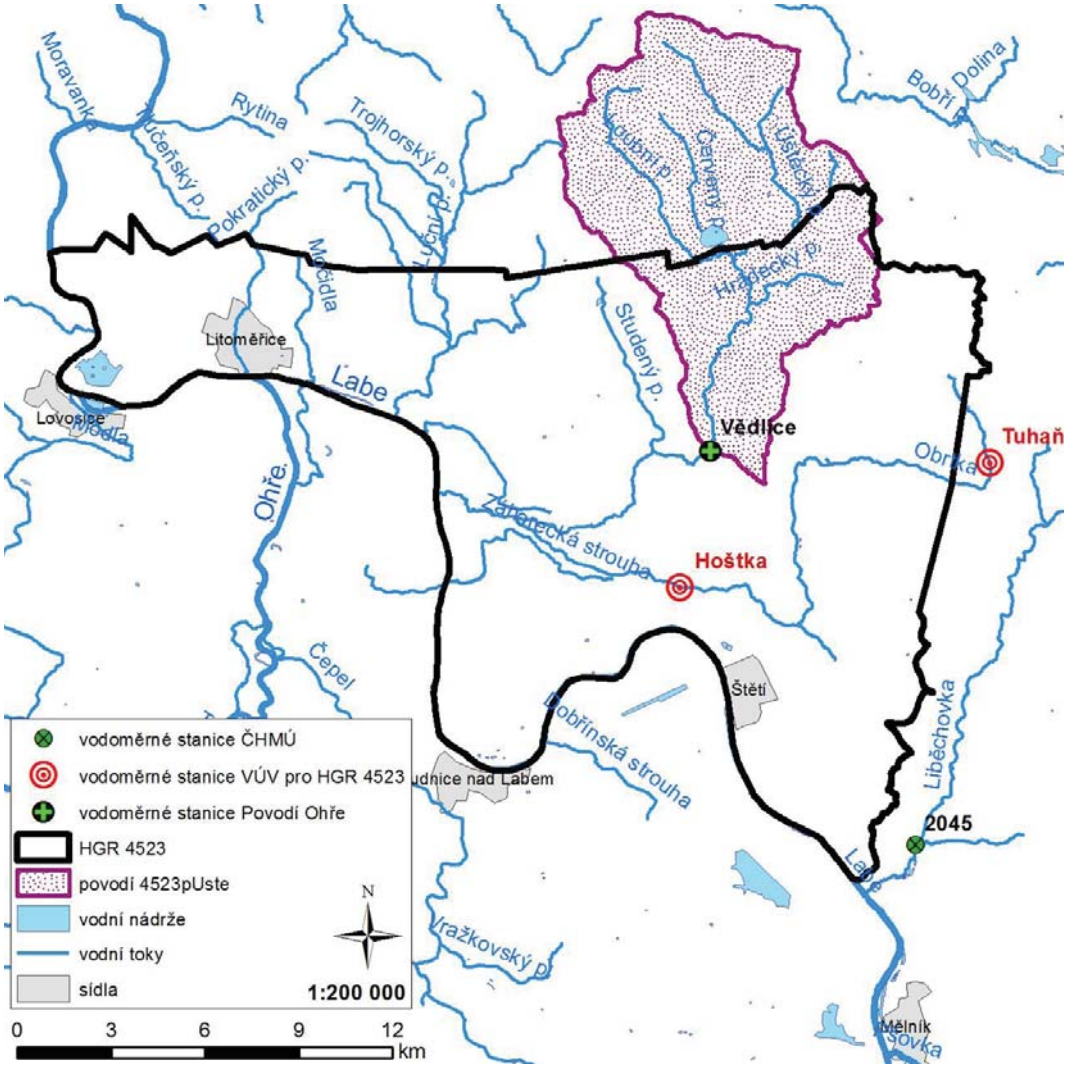
ID		DBC	ANALOG	P [mm]	Qa[m3/s]	NV [m n. m.]	A [km2]	IA [km2]	KALIB	SEP
4523pUste	povodí Ústěcký p.	Uste		638.95	0.296	342.93	85.48	34.36	2002-2010	
HGR	HGR	-	TRANS	566.94	-	243.29	309.05	309.05	NE	

ID–Identifikace povodí nebo části HGR
DBC–databankové číslo povodí/postup odvození mezipovodí,
ANALOG–ID vodoměrné stanice, použité jako analogon(SYN/TRANS pro HGR indikuje metodu odvození hydrologické bilance pro celý hydrogeologický rajon)
P–průměrná dlouhodobá výška srážek mm/rok za období 1981–2010
Qa–průměrný dlouhodobý roční průtok za pozorované období
NV–průměrná nadmořská výška
A–plocha povodí nebo části HGR
IA–plocha z dílčího povodí ležící v HGR
KALIB–období, z kterého byla použita data pro kalibraci hydrologického modelu
SEP–označení povodí, pro která byla provedena separace základního odtoku.

V rámci úkolu byla zřízena následující pozorování:

- B-19 (4523) Obrtka (Hošťka)
- B-20 (4523) Obrtka (Tuhaň)

Vzhledem k tomu, že v posuzovaném rajonu není žádná vodoměrná stanice ČHMÚ (pouze stanice Vědlice na Úštěckém potoce Povodí Ohře s.p.), byla na Obrtce instalována dvojice stanic, která umožní vyčlenit odtok z jižní části HGR 4523, a společně se stanicí Vědlice tak může přispět k lepšímu porozumění plošné distribuce změn odtokových poměrů v rámci rajonu.



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

INFORMACE O MÍŘE OPRAV PRŮTOKŮ O VYUŽITÍ PODZEMNÍCH A POVRCHOVÝCH VOD

Průtokové řady použité pro kalibraci hydrologických modelů dílčích povodí i pro separaci základního odtoku nebyly opraveny o užívání vod, povodí Úštěckého potoka nebylo zatíženo užíváním. Míru ovlivnění vyjádřenou v % celkového odtoku obsahuje Tab. 6-2.

Tab. 6-2. Míra ovlivnění průtoků ve vodoměrných stanicích v % celkového odtoku v l/s a v mm/rok pro jednotlivá období.

JEV		% (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	252.58	233.31	9.81	9.06

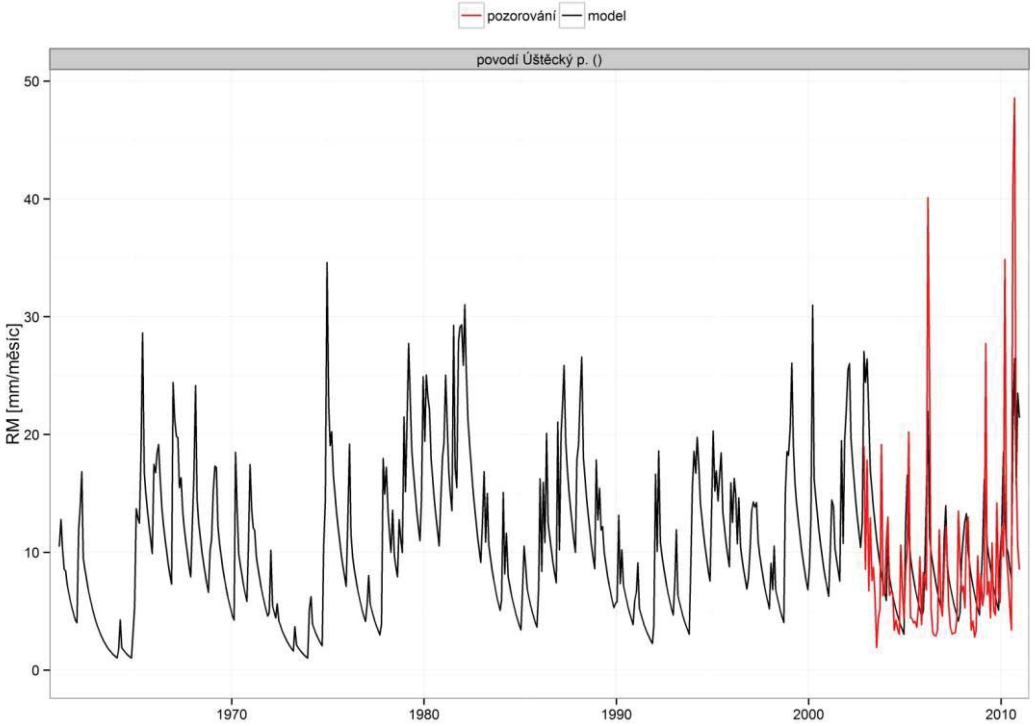
POD: podzemní odběr; NaN: žádné evidované užívání

POSTUP A VÝSLEDKY STANOVENÍ PODZEMNÍHO ODTOKU A DOTACE PODZEMNÍCH VOD

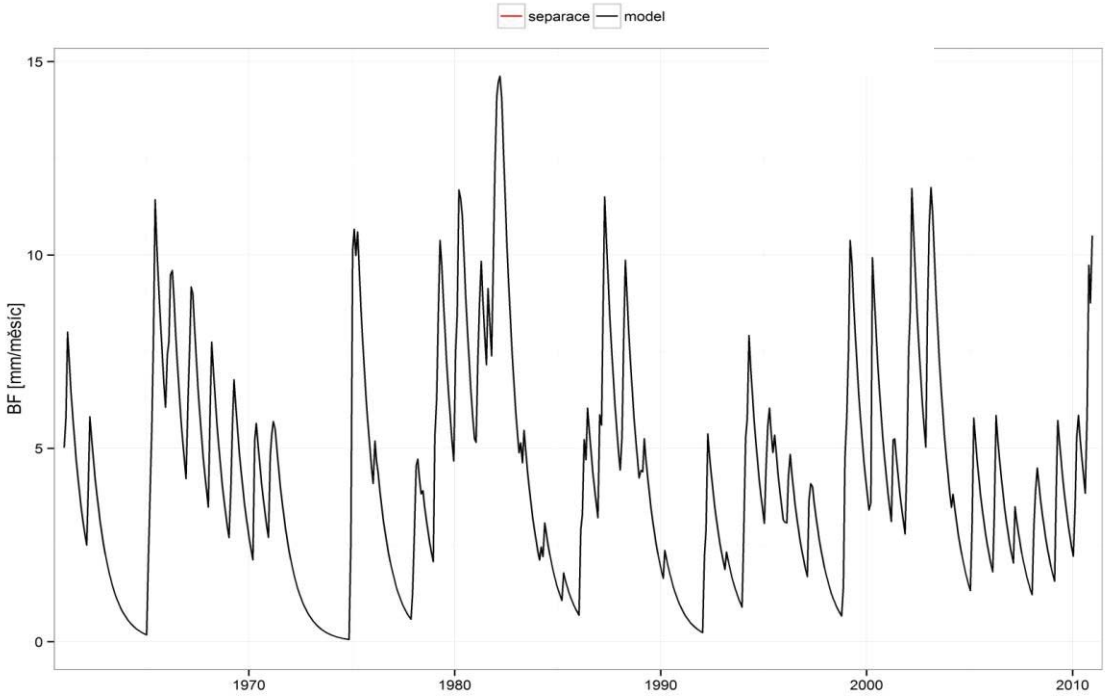
V případě hydrogeologických rajonů s menším počtem pozorovaných dat, což je případ HGR 4523 bylo nutno volit tento postup:

1. Pro všechna dílčí povodí a pro celý rajon byly vypočteny řady průměrných srážek a průměrných teplot v období 1981-2010.
2. Pro povodí s měsíčním pozorováním byl kalibrován model BILAN, s využitím pozorovaného odtoku.
3. Hydrologická bilance pro rajon byla modelována pomocí meteorologických dat pro HGR.

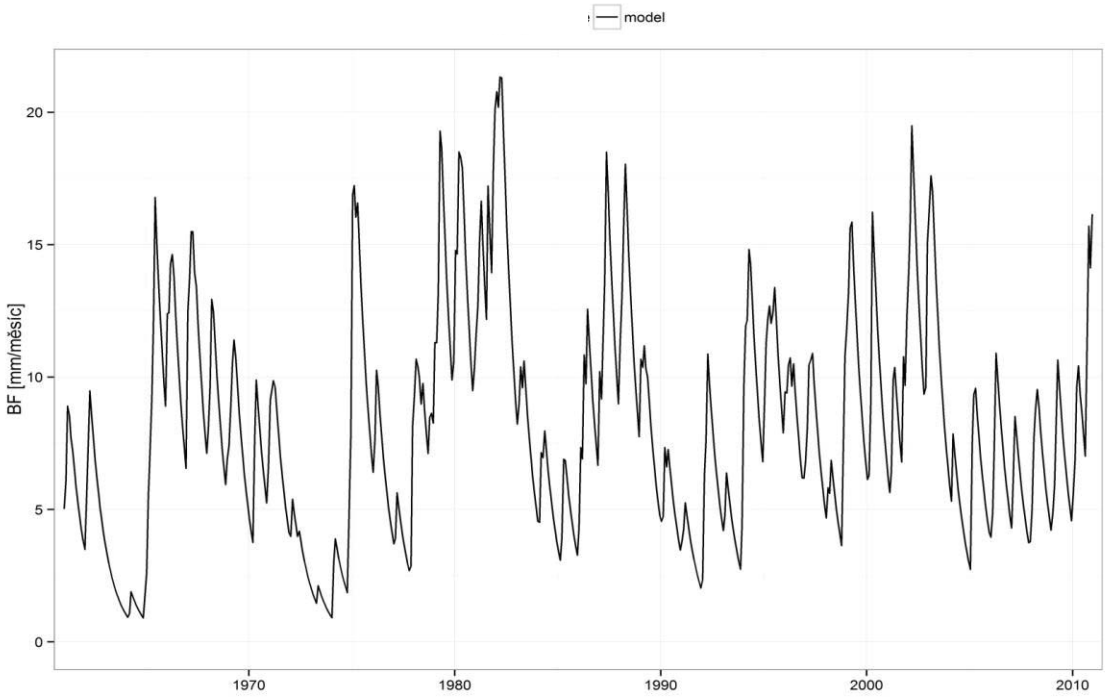
Výsledky pro HGR dle této metodiky jsou dále označovány HGR_TRANS.



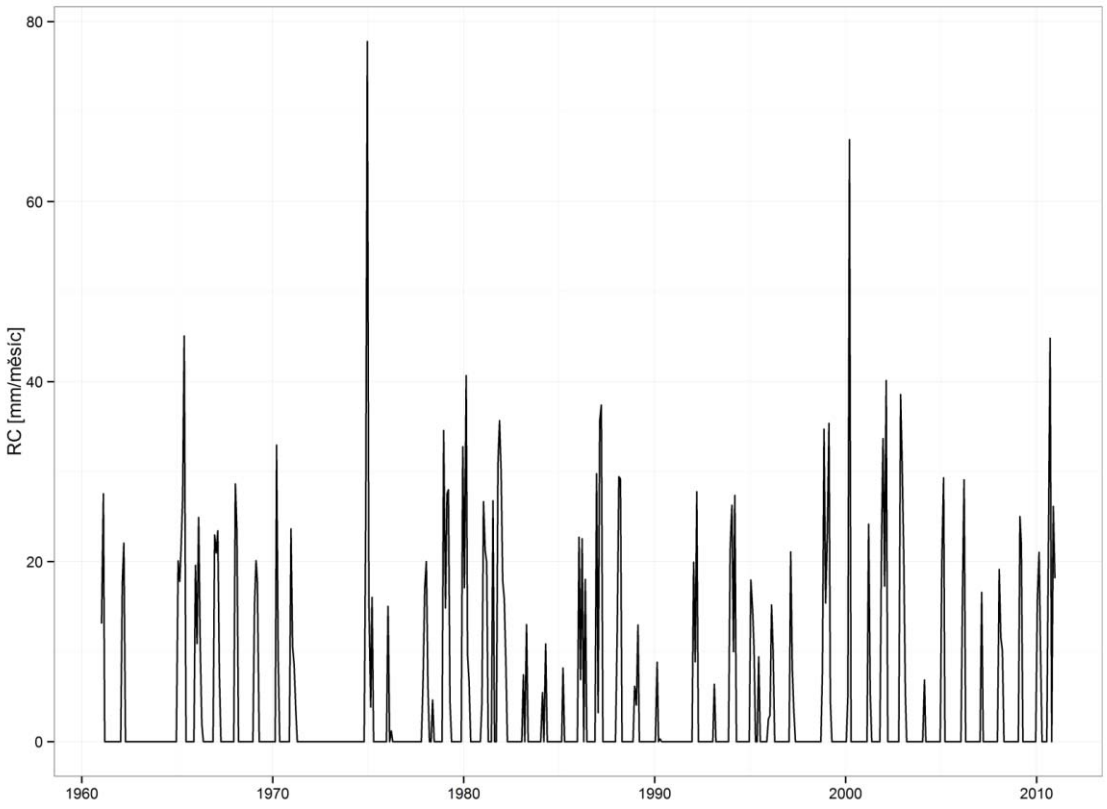
Obr. 6-2. Pozorovaný a modelovaný odtok [mm/měsíc].



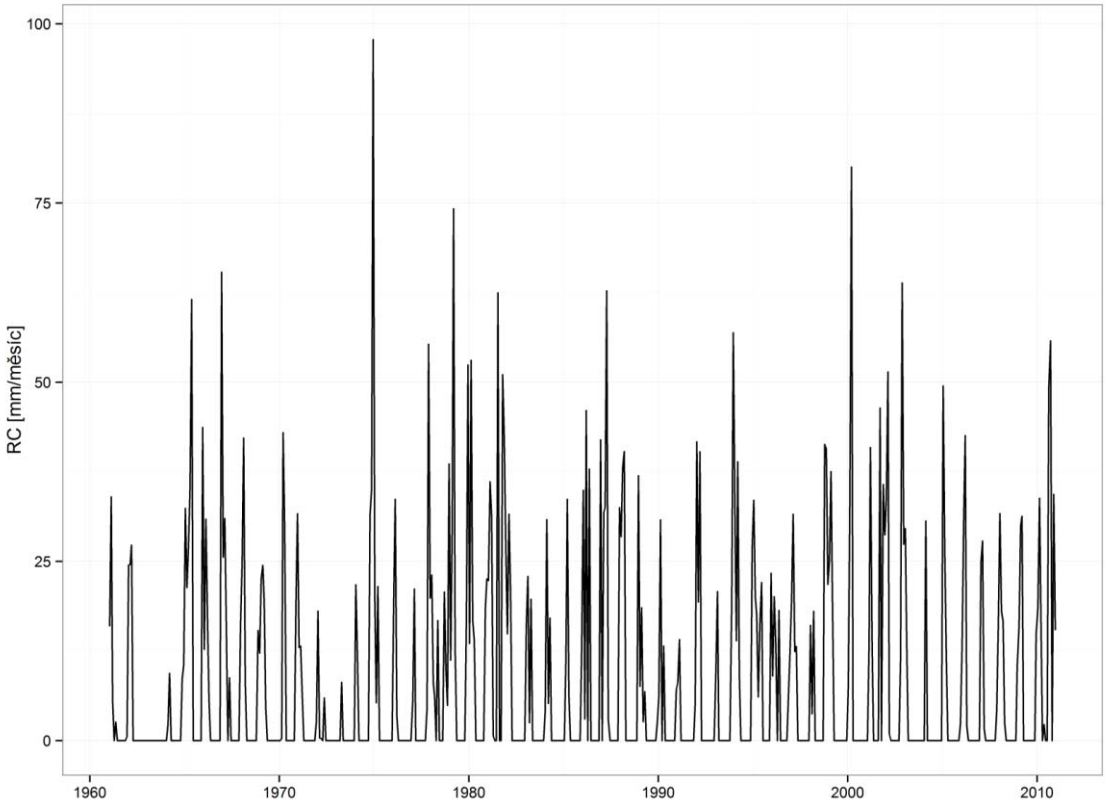
Obr. 6-3. HGR. Základní odtok [mm/měsíc].



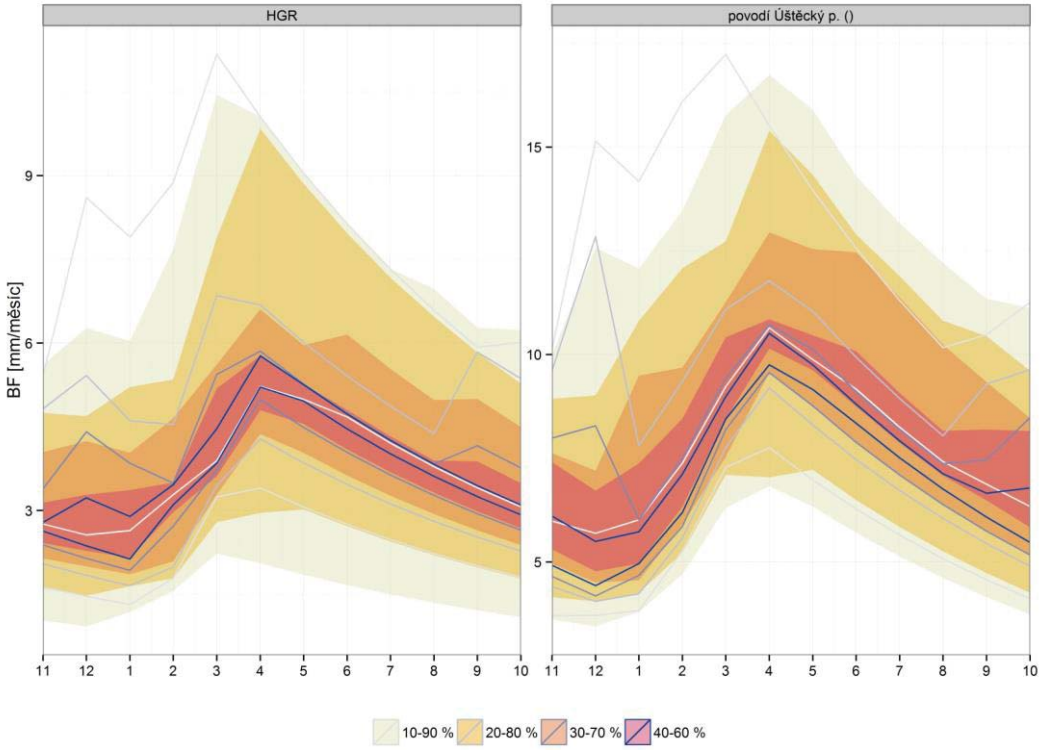
Obr. 6-4. Povodí Úštěcký potok. Základní odtok [mm/měsíc].



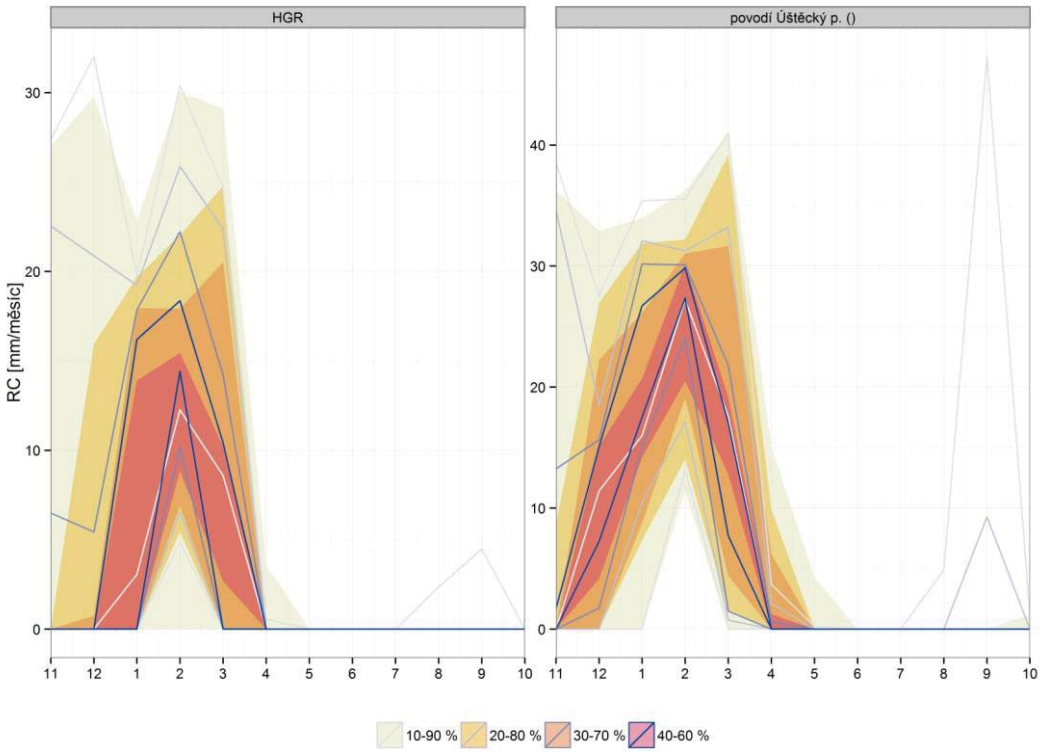
Obr. 6-5. HGR. Modelovaná dotace podzemních vod [mm/měsíc].



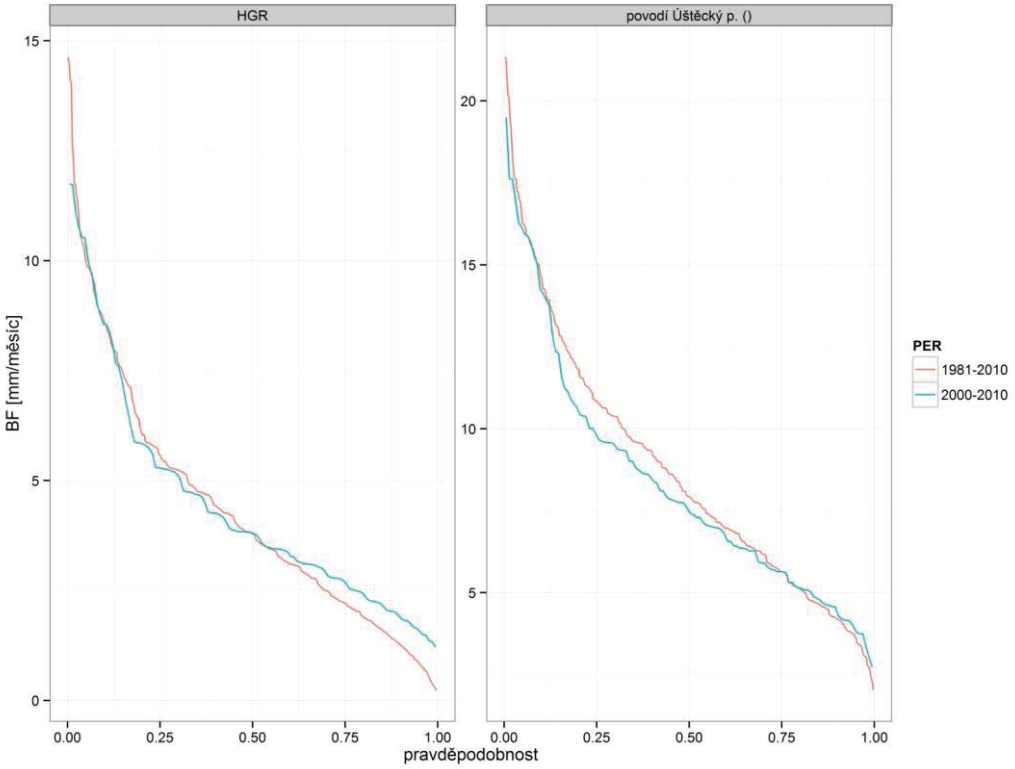
Obr. 6-6. Povodí Úštěcký potok. Modelovaná dotace podzemních vod [mm/měsíc].



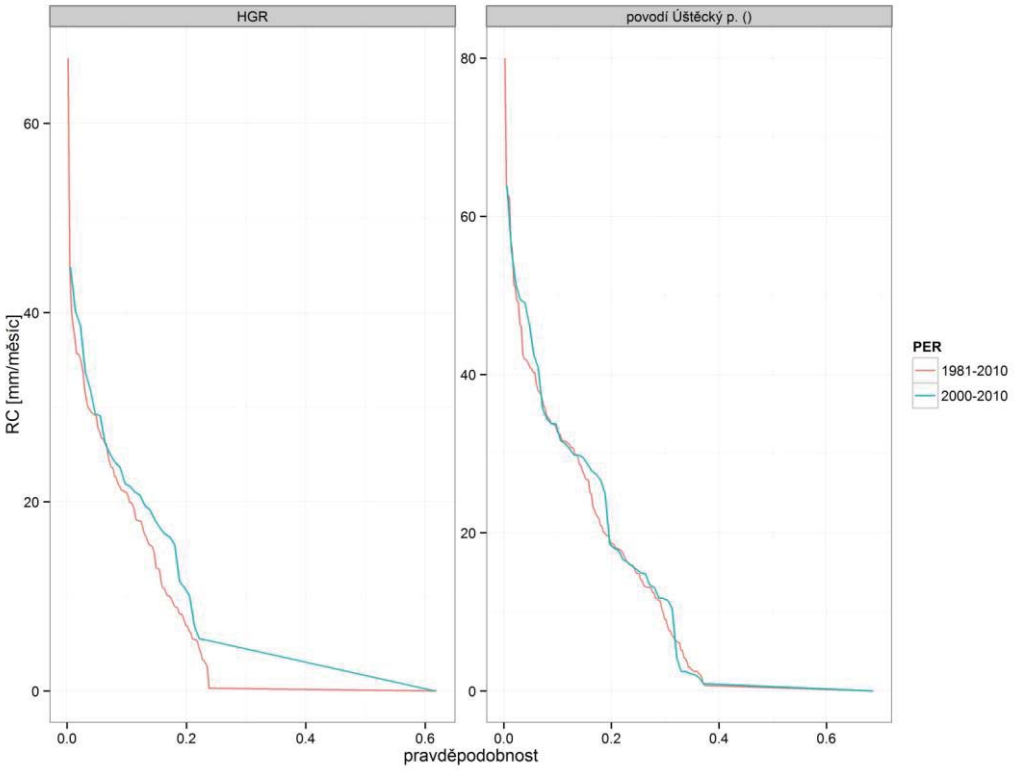
Obr. 6-7. Pravděpodobnostní pole – základní odtok [mm/měsíc]. Plné plochy odpovídají období 1981-2010, čáry období 2001-2010.



Obr. 6-8. Pravděpodobnostní pole – dotace podzemní vody. Plné plochy odpovídají období 1981-2010, čáry období 2001-2010.



Obr. 6-9. Čára překročení měsíčního základního odtoku [mm/měsíc].



Obr. 6-10. Čára překročení měsíční dotace podzemní vody [mm/měsíc].

SOUHRNNÉ CHARAKTERISTIKY HYDROLOGICKÉ BILANCE

Podle hydrologického modelování na území HGR činí za období 1981 až 2010 specifická dotace podzemních vod 1,71 l/s/km^2, celková dotace je pak 54 mm/rok.

Souhrnné charakteristiky hydrologické bilance za modelované mezipovodí a celý hydrogeologický rajon jsou uvedeny v Tab. 6-3 a Tab. 6-4.

Vypočtená specifická dotace podzemních vod pro rajon vyšla 1,71 l/s/km^2 . Na nově zřízených vodoměrných stanicích byla v rámci aktivity 4 stanovena dotace podzemních vod: Obrtka (Hošťka) 1,27 l/s/km^2, Obrtka (Tuhaň) 0,97 l/s/km^2. Výsledky účelových pozorování indikují při porovnání s povodím ze stanice Povodí Ohře Tuhaň nerovnoměrné rozložení základního odtoku z plochy HGR. Stanice umožnily Obrtku rozdělit na horní, střední a dolní tok, a v každém tomto dílčím povodí definovat velikost základního odtoku. Lze dovodit, že – při srovnatelných srážkových a klimatických charakteristikách – projevuje dolní tok Obrtky významně vyšší drenážní roli křídových podzemních vod než střední a horní tok.

Tab. 6-3. Shrnutí hydrologické bilance (1981–2010)

	P [mm]	R [mm]	RM [mm]	P – R [mm]	ET [mm]	RC [mm]	RC [l/s/km2]
povodí Úštěcký p. ()	638.92	109.27*	134.06	516.58*	501.1	105.81	3.35
.HGR	566.91	NA	67.24	499.67	495.84	54	1.71

*nejsou k dispozici data pro celé období

Tab. 6-4. Shrnutí hydrologické bilance (2001–2010)

	P [mm]	R [mm]	RM [mm]	P – R [mm]	ET [mm]	RC [mm]	RC [l/s/km2]
povodí Úštěcký p. ()	660.57	109.27*	129.95	516.58*	510.02	109.13	3.46
.HGR	594.39	NA	70.17	524.22	505.26	60.45	1.92

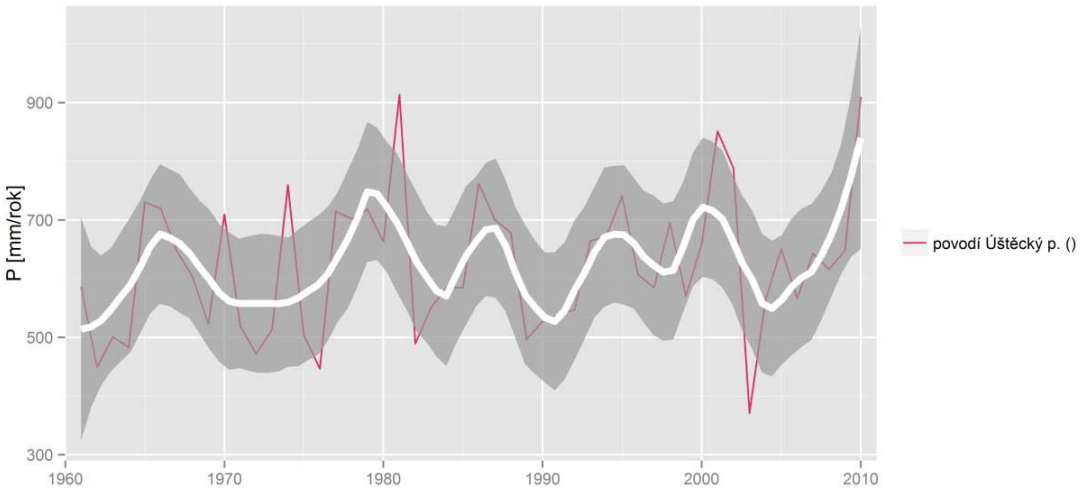
*nejsou k dispozici data pro celé období
P měsíční srážkový úhrn (mm/měsíc)
R měsíční odtoková výška pozorovaná (mm/měsíc)
RM měsíční odtoková výška modelovaná (mm/měsíc)
RC dotace zásob podzemních vod (mm/měsíc, l/s/km^2)
ET evapotranspirace (mm/měsíc)

POSOUZENÍ VÝVOJE PRŮMĚRNÝCH VELIČIN HYDROLOGICKÉ BILANCE

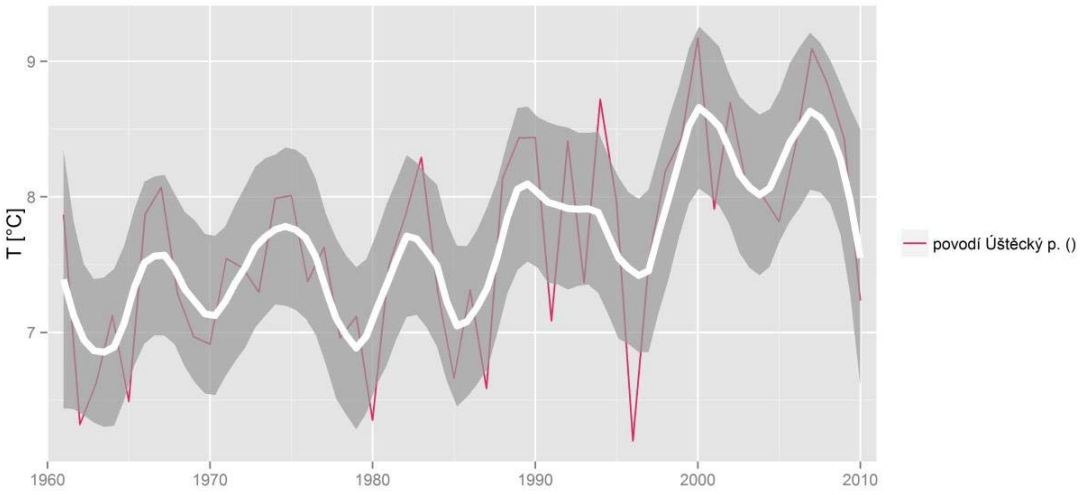
V Obr. 6-11 až Obr. 6-16 jsou znázorněny průběhy ročních řad základních veličin hydrologické bilance za období 1961–2010 v jednotlivých dílčích povodích a částech HGR 4523. Srážky a na nich závislé odtoky jeví znaky cyklického kolísání, délka periody se však mění. Srážky ani odtoky nemají soustavný dlouhodobý trend, teplota se od roku 1985 podstatně zvyšuje. Je rovněž patrné, že přibližně od roku 1985 se zmenšila amplituda kolísání celkového ročního odtoku, roční dotace podzemní vody i ročního základního odtoku.

V tabulkách Tab. 6-5 až Tab. 6-8 jsou uvedeny průměry 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). Je zřejmé, že diference mezi různými obdobími většinou nepřesahují 5 %, jsou tedy srovnatelné s hodnotou střední

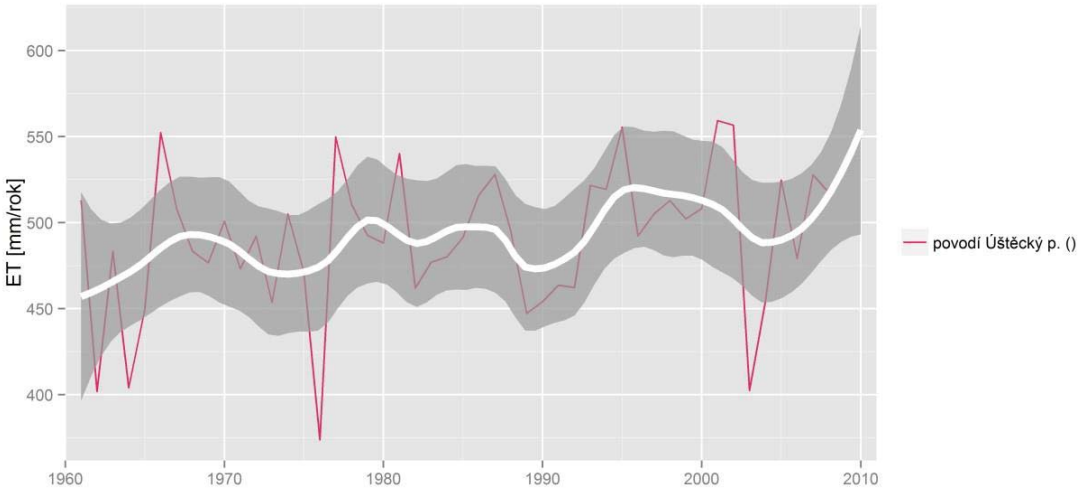
kvadratické chyby dlouhodobých průměrných průtoků pro data 1. kategorie, která podle ČSN 75 1400 činí 8 %. Vývoj srážek a teploty je zveden i v kapitole 4.2 Hydrologie.



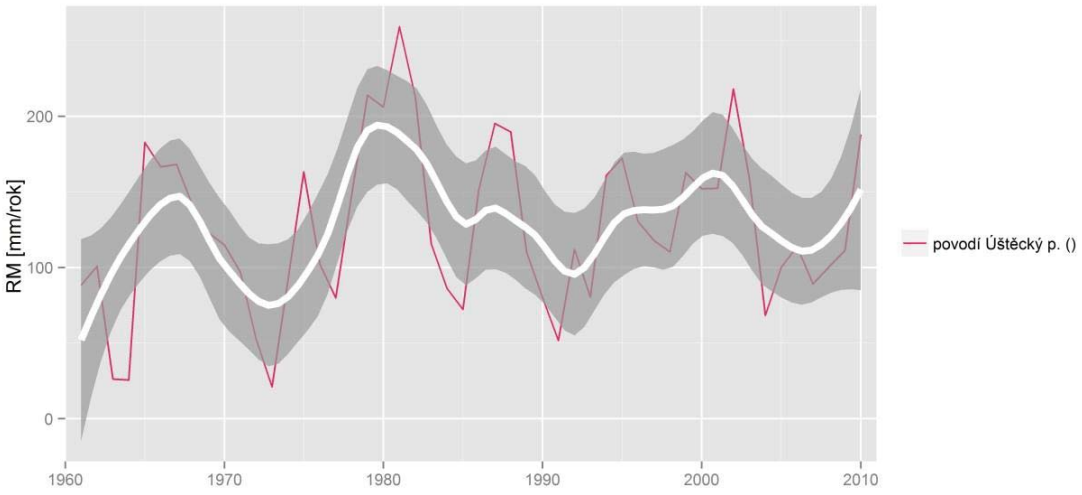
Obr. 6-11 Vývoj průměrných ročních srážek.



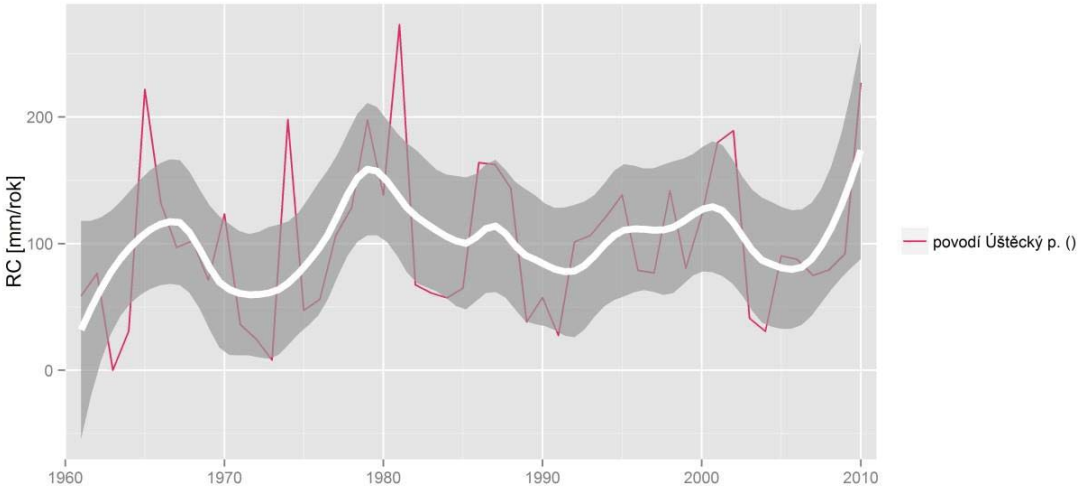
Obr. 6-12 Vývoj průměrné roční teploty.



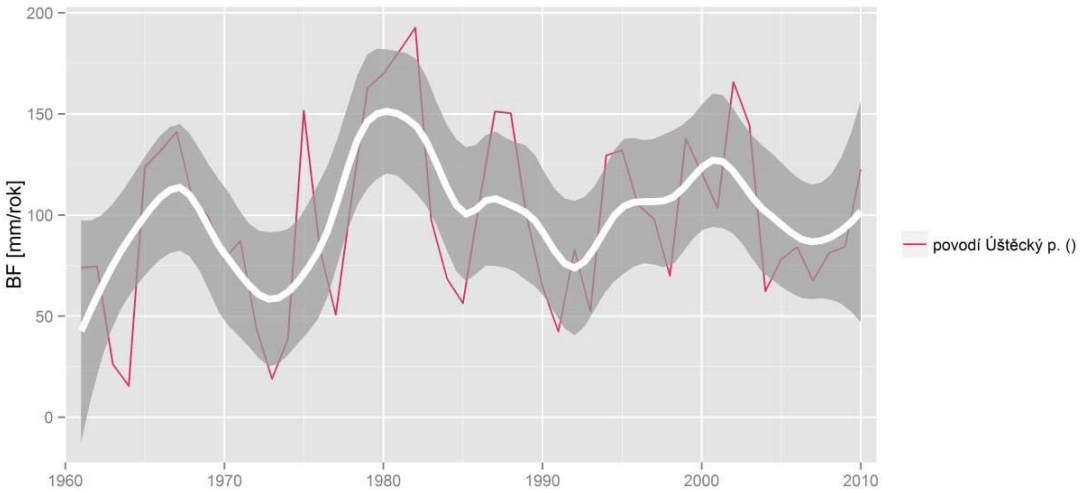
Obr. 6-13 Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad z modelu BILAN).



Obr. 6-14 Vývoj průměrného ročního odtoku (odhad z modelu BILAN).



Obr. 6-15 Vývoj průměrné roční dotace zásob podzemní vody (odhad z modelu BILAN).



Obr. 6-16 Vývoj průměrného ročního základního odtoku (odhad z modelu BILAN).

Tab. 6-5 Vývoj odtoku (odhad z modelu BILAN).

	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	61.86	67.24	1.09	70.17	1.04
povodí Úštěcký p. ()	115.58	134.06	1.16	129.95	0.97

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

	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	466.68	495.84	1.06	505.26	1.02
povodí Úštěcký p. ()	479.14	501.10	1.05	510.02	1.02

Tab. 6-7 Vývoj dotace zásob podzemní vody (odhad z modelu BILAN).

	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	48.95	54.00	1.10	60.45	1.12
povodí Úštěcký p. ()	92.67	105.81	1.14	109.13	1.03

Tab. 6-8 Vývoj základního odtoku (odhad z modelu BILAN).

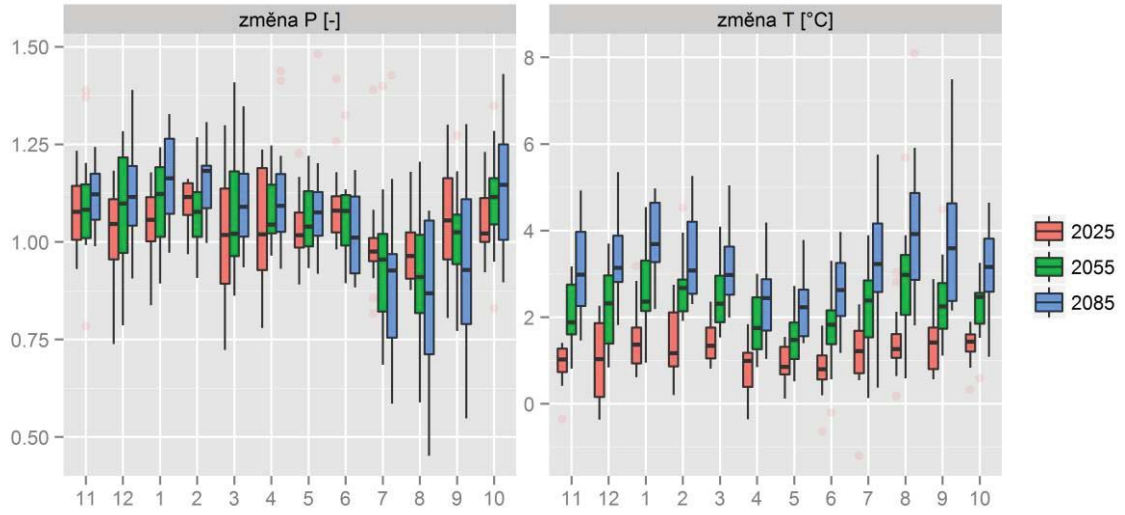
	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	48.87	51.97	1.06	53.04	1.02
povodí Úštěcký p. ()	89.39	104.32	1.17	99.35	0.95

6.1.2. POSOUZENÍ MOŽNÝCH DOPADŮ ZMĚN KLIMATU

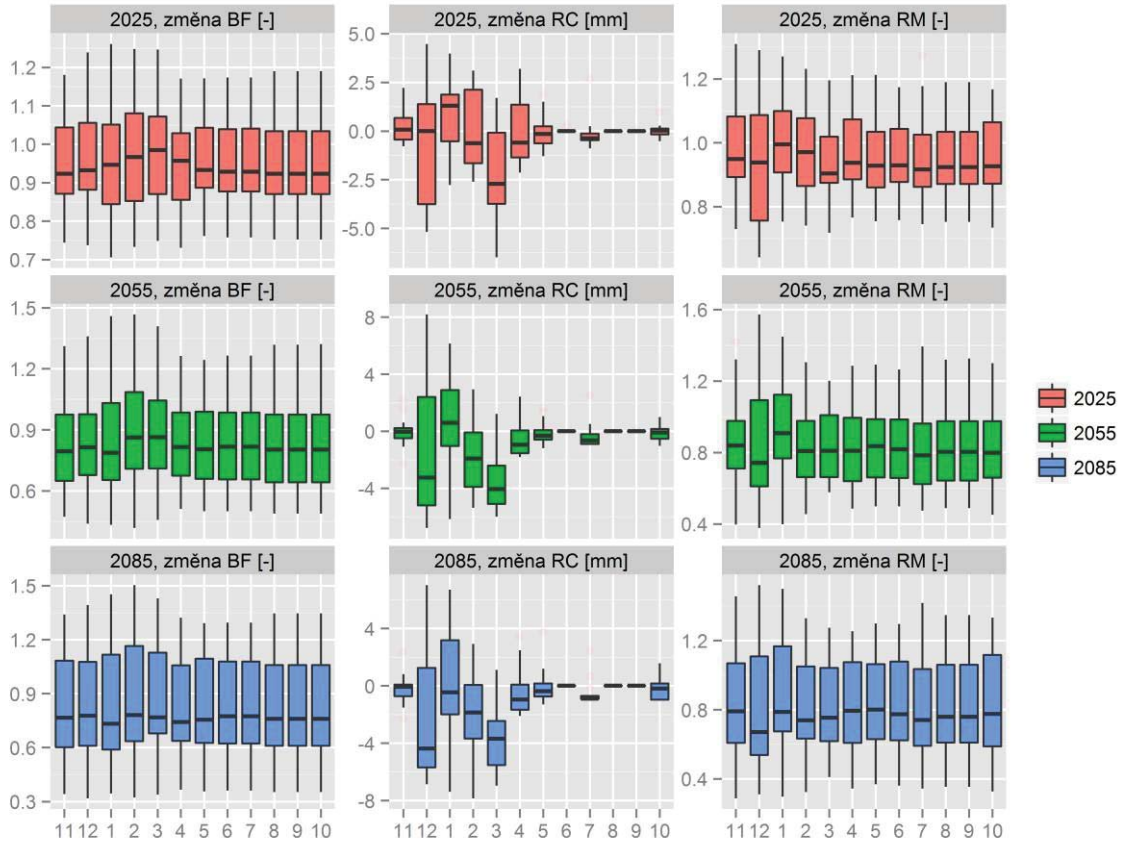
Posouzení možných dopadů klimatické změny bylo provedeno na základě simulací 15 regionálních klimatických modelů pro časové horizonty 2025 (2011-2040), 2055 (2041-2070) a 2085 (2071- 2100). Vzhledem k dostupným datům jsou uvažovány změny oproti období 1961-1990, které je standardně uvažováno pro referenční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

Uvažované změny srážek i teploty udává Obr. 6-17. 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. 6-18. 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. 6-17. 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. 6-18. 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.

ZHODNOCENÍ MONITORINGU A NÁVRH ÚPRAVY POZOROVACÍ SÍTĚ.

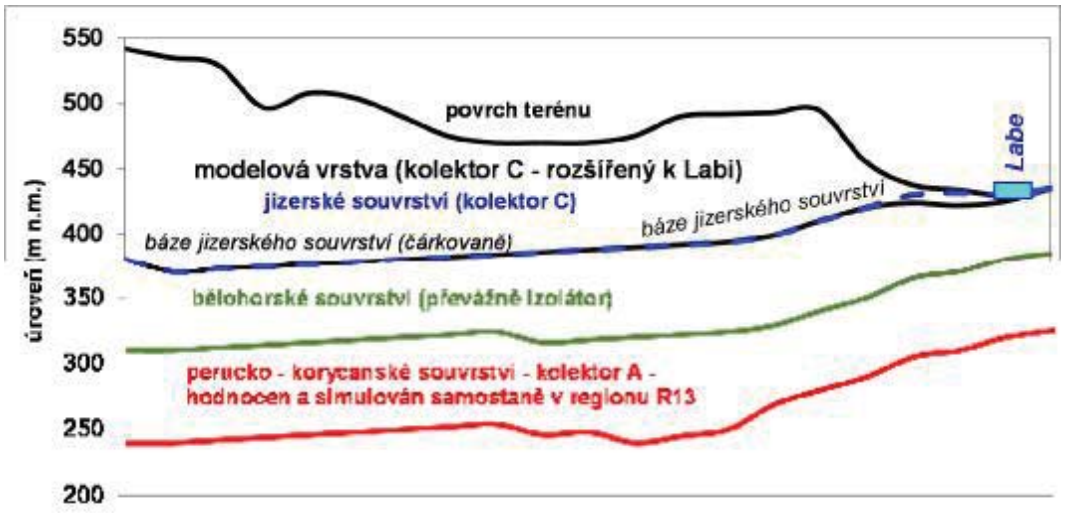
Žádná ze stanic ČHMÚ se v posuzovaném HGR 4523 nenachází. Lze využít stanici Vědlice na Úštěckém potoce provozovanou Povodím Ohře, s. p., s tím, že je třeba usilovat o to, aby pozorování byla zaměřena na přesnost stanovení malých průtoků. Pro doplnění navrhujeme pozorování na Obrtce, v návaznosti na instalovanou stanici Hoštka.

6.2. HYDRAULICKÝ MODEL PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

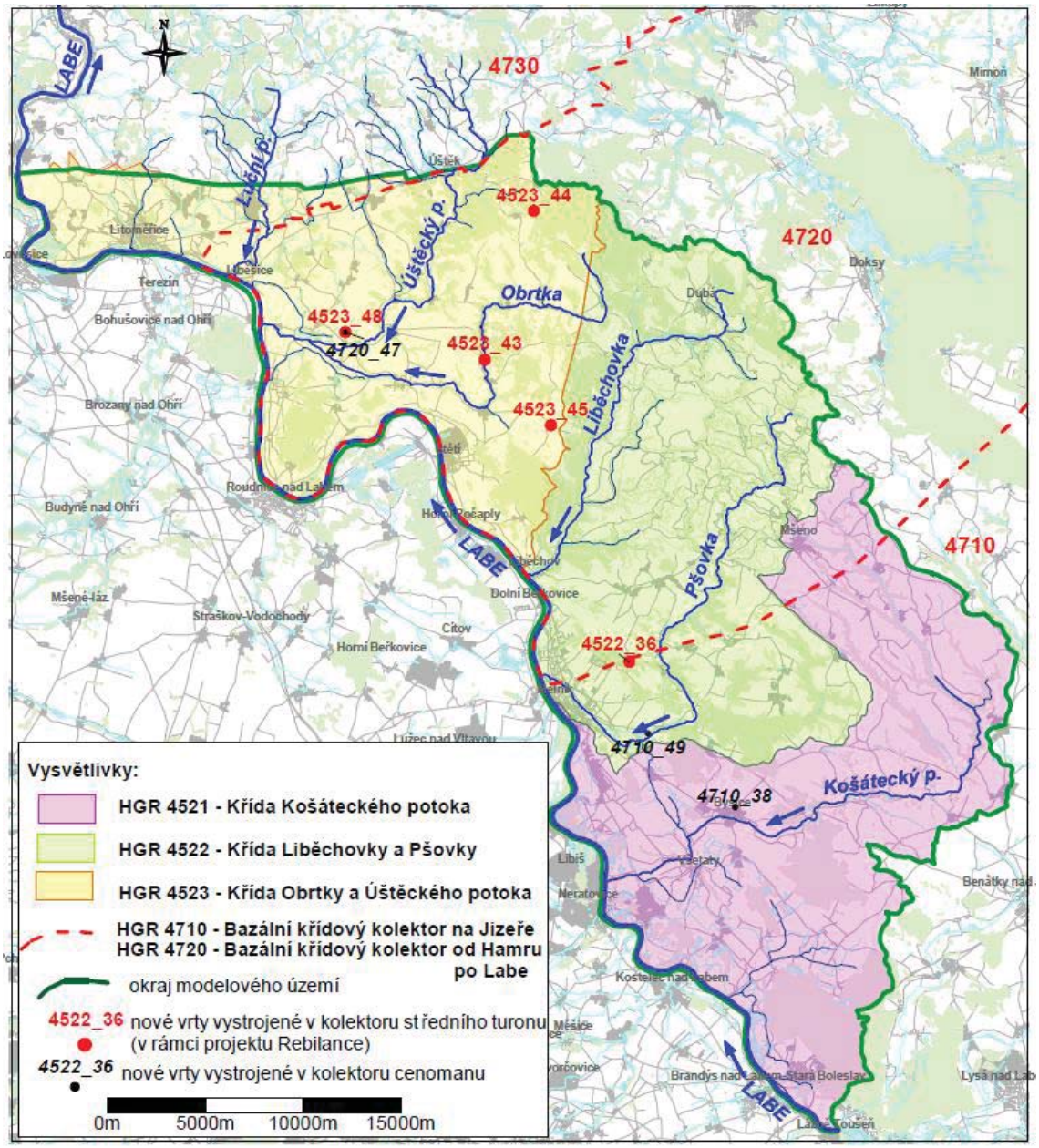
Hydraulický model proudění podzemní vody pro oblast HGR 4523 – Křída Obrtky a Úštěckého potoka je zpracován jako součást regionálního modelu „Křída pravostranných přítoků Labe“, do kterého byly zahrnuty hydrogeologické rajony 4521 – Křída Košáteckého potoka a 4522 – Křída Pšovky a Liběchovky.

Hydraulický model proudění podzemní vody realizovaný v rámci projektu byl zpracován ve 3 etapách:

1. Stacionární simulace ideových neovlivněných poměrů proudění podzemní vody a simulace proudění při konkrétních odběrech – kalibrace hydraulických parametrů a validace modelu.
2. Transientní simulace proudění podzemní vody v období hydrologických let 2001-2010 – kalibrace kapacitních parametrů modelu. Statistickým zpracováním byl odvozen průměrný hydrologický rok v parametrech doplnění a prázdnění zásob podzemní vody.
3. Stacionární simulace proudění při odběrech podzemní vody – rekalibrace modelu na základě výsledků realizovaných průzkumů a dalších hodnocení. Na základě výsledků stacionárního a transientního modelu a analýzy aktuálních odběrů podzemní vody je navržena optimalizace odběrů podzemní vody ve vybraných jímacích územích a pro ně jsou provedeny simulace proudění podzemní vody.



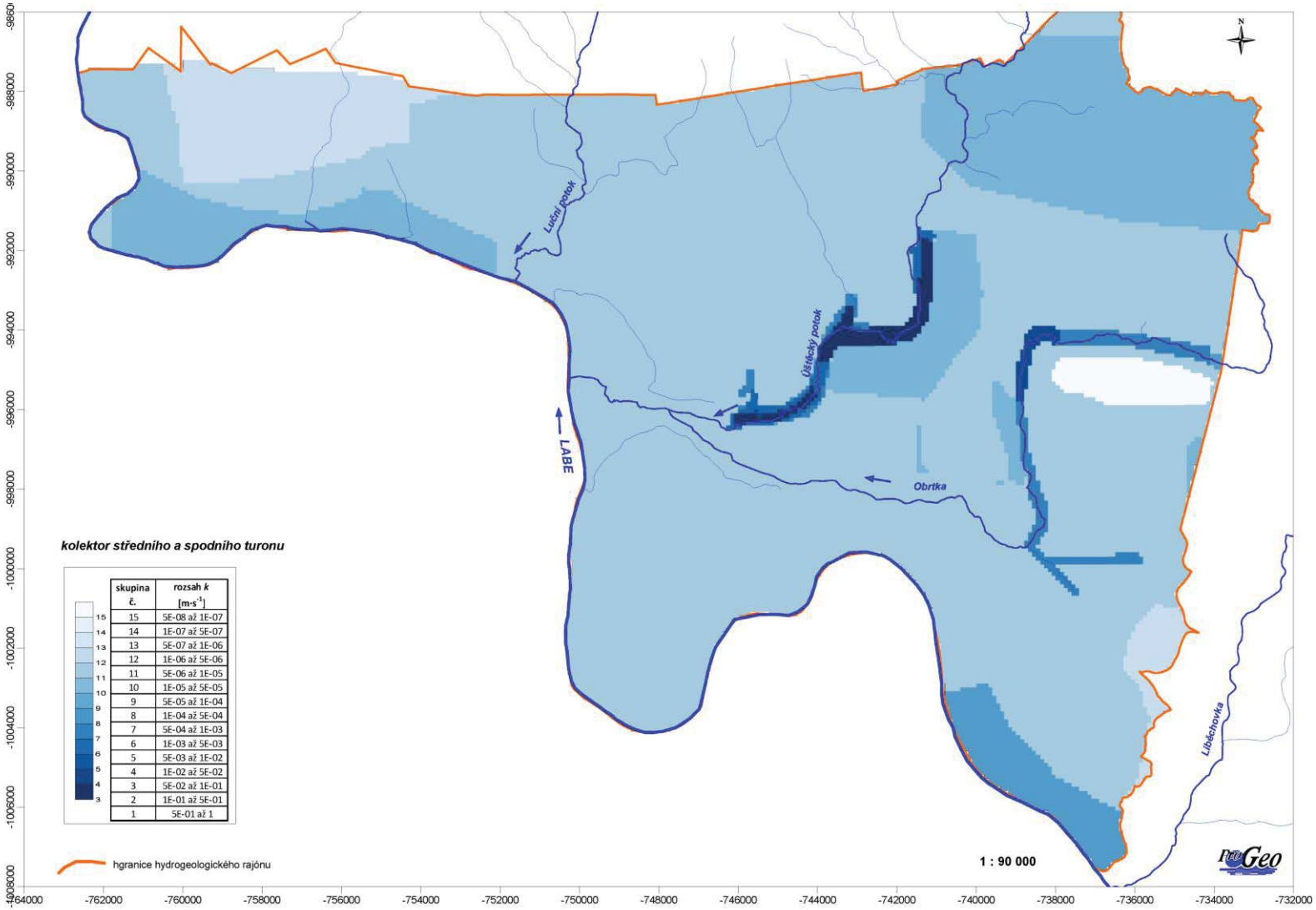
Obr. 6-19. Schéma vertikální diskretizace modelu (ideový řez SV-JZ)



Obr. 6-20. Situace HGR 4523 a modelového regionu R12a Pravostranné přítoky Labe

6.2.1. OKRAJOVÉ PODMÍNKY A VSTUPNÍ DATA

Proudění podzemní vody v prostoru modelu je vymezeno zadáním okrajových podmínek odvozených z koncepčního modelu. Množství podzemní vody, které proudí v simulované, bilančně uzavřené struktuře, je dáno zadanou velikostí zdrojů podzemní vody, které v podobě efektivní infiltrace představují jedinou dotační (Neumanovu) okrajovou podmínku úlohy předepsanou na plochu představující povrch první modelové vrstvy (tzn. hydrogeologického rajonu). Na zbytku vnější hranice modelové oblasti je vzhledem k přijatému koncepčnímu modelu předepsána podmínka nulového toku (homogenní Neumanova podmínka). Odtok podzemní vody z modelového území probíhá prostřednictvím drenáže podzemní vody do říční sítě, vodních nádrží (Newtonova podmínka) a jímacích objektů (Neumanova podmínka).



Obr. 6-21 Modelová distribuce horizontální hydraulické vodivosti

Ve stacionárním modelovém řešení je srážková infiltrace zadána pomocí 9 zón s hodnotami v rozsahu 10^{-10} m/s až 10^{-9} m/s, především s ohledem na typ horniny, nadmořskou výšku a rostlinný pokryv území. Průměrná infiltrace pro celý modelový region dosahuje přibližně hodnoty 2,4 l/s.km^2, celková infiltrace zadaná do modelu regionu 12a je 2,394 m^3/s.

Pro hydrogeologický rajon 4523 je modelová infiltrace zadána na celkové úrovni 701 l/s, což představuje specifický odtok ve výši cca 2,3 l/s.km^2. Vyšší infiltrace je zadána pro povodí Obrtky a Úštěckého potoka (cca 2,8 až 2,9 l/s.km^2) než pro povodí Lučního a Pokratického potoka (1,5 l/s. km^2) a pro povodí Labe - na západním a jižním okraji HGR 4523 (1,1 l/s.km^2), v této části je HGR 4523 zčásti překryt kvartérními sedimenty a jedná se o sníženou infiltraci

HYDRAULICKÉ PARAMETRY

Hydraulické odporové a kapacitní parametry horninového prostředí byly pro rajon odladěny v rámci stacionárních a transientních modelových simulací. Vstupní údaje, převzaté z dostupných informací vyhodnocených hydraulických zkoušek, byly plošně interpretovány v rámci procesu kalibrace pomocí zón s konstantní hodnotou hydraulické vodivosti tak, aby byla docílena dobrá shoda pozorovaných a měřených hladin podzemní vody, a aby byla docílena rovněž přiměřená shoda pozorovaných a modelových průtoků, generovaných podzemním odtokem. Rozložení modelových zón horizontální hydraulické vodivosti je dokumentováno v Obr. 6-21. Koeficienty hydraulické vodivosti se pohybují v řádech 10^{-7} až 10^{-1} m/s. Extrémně vysoké hydraulické vodivosti jsou zadány podél toků Obrtky a Úštěckého potoka. Podzemní voda pásmy vysokých propustností potoky zčásti podtéká, nedochází k drenáži podzemní vody do toku a drenáž je soustředěna do predisponovaných úseků. Nižší hydraulické vodivosti jsou v oblasti rozvodnic a v horních částech povodí.

Modelové hodnoty volné storativity byly při transientní simulaci stanoveny na 1,5 až 20 %.

6.2.2. MODELOVÉ PRŮBĚHY HLADIN A SMĚRY PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

Koncepce stacionárních simulací je založena na předpokladu, že simulovány jsou ustálené úrovně hladiny podzemní vody při průměrné infiltraci, při odpovídajících průměrných odběrech a při obvyklé drenáži podzemní vody do říční sítě. Stacionární model byl realizován ve dvou základních variantách:

- varianta neovlivněného proudění bez odběrů podzemní vody,
- varianta při odběrech podzemní vody na úrovni roků 2009 a 2010.

Kromě základních modelových simulací byla provedena řada účelových modelových stacionárních simulací směřujících k analýze samotného matematického modelu (analýzy senzitivity parametrů modelu) a k analýze režimu proudění podzemní vody v zájmové lokalitě a jeho ovlivnění odběry (simulace alternativ vodohospodářského využití struktury).

Základní varianta transientního modelu byla zpracována v měsíčním časovém kroku pro období hydrologických let 2001 - 2010.

SIMULACE PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY – REŽIM NEOVLIVNĚNÝ ODBĚRY

Izolinie hladiny podzemní vody pro variantu bez odběrů jsou zobrazeny v Obr. 6-22. Na ploše hydrogeologického rajonu 4523 infiltruje 701,4 l/s vody, hlavní drenážní bází jsou toky Obrtky a Úštěckého potoka, menší množství podzemní vody se drénuje do toku Blatenského, Lučního a Pokratického potoka a Labe (zprostředkovaně přes kvartérní sedimenty). Modelová bilance podzemní vody je dokumentována v Tab. 6-9.

Tab. 6-9. Modelová bilance podzemní vody - varianta bez odběrů

	přítok do modelu	odtok z modelu
	(l/s)	(l/s)
infiltrace	701.4	-
povrchové toky	-	717.4
přetoky s HGR 4522	53.0	37.1
odběr podzemní vody	-	-
suma	754.4	754.5

Mezi HGR 4522 a HGR 4523 je přetékání celkem vyrovnané, 37 l/s podzemní vody odtéká a 53 l/s z HGR 4522 přitéká (ale s ohledem na přetoky podzemní vody z horní části povodí Obrtky do povodí Liběchovky je v této oblasti upravena hranice mezi oběma HGR, která velikost přítoku z HGR 4523 do 4522 omezuje).

Bilance pro povodí Obrtky, Úštěckého a Lučního potoka je uvedena v Tab. 6-10.

Tab. 6-10. Modelová bilance podzemní vody pro povodí Obrtky, Úštěckého a Lučního potoka - varianta bez odběrů

povodí	plocha	infiltrace srážek		drenáž do toku - [x]	
	km^2	l/s	$l/s.km^2$	l/s	$l/s.km^2$
Obrtka	89	250	2.81	164.3	1.85
Úštěcký potok [xxx]	84	242.3	2.88	296.8	3.53
Luční potok [xxx]	33	51	1.55	26.3	0.80

[x] - včetně všech přítoků v ploše HGR [xxx] - v aktivní ploše modelu

SIMULACE SOUČASNÉHO REŽIMU PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

Odběry podzemní vody, které jsou realizovány v prostoru HGR 4523, významně ovlivňují proudění podzemní vody v HGR. Celkem bylo v hydrogeologickém rajonu odebíráno 173 l/s (průměr za roky 2009 až 2010). Největším odběrem v rajonu je odběr SčVK Malešov v povodí Obrtky o velikosti 110 l/s, který je soustředěn do dvou jímacích center v okolí Velkého Hubenova (vrty O2, O3a, O4a a O14a) a Radouně (vrty Rd1, Rd2 a Rd3). Další významný odběr je situován v povodí Úštěckého potoka do jímacího území Vrutice (SčVK, 78 l/s), který je zčásti realizován z kolektoru cenomanu (z vrtu O9b a zčásti i z vrtu VR1). Odběry zadané do stacionární simulace jsou uvedeny v Tab. 6-11 (při odpočtu cca 20 l/s odčerpávaných z kolektoru A v jímacím území Vrutice).

Tab. 6-11. Odběry podzemní vody (l/s) – zadané do stacionární simulace - průměr za 2009-2010

název odběru	VHB	prům. 2009 - 2010	max. 2008-2012 (BP)
CHRIŠTOF spol. s.r.o., provoz Štětí	332980	0.9	1.1
SčVK Ždírec-Bořejov	330453	0.2	0.2
SčVK Snědovice	330366	1.1	1.2
SčVK Vrutice VR1, VR2, O 9b *	330322	77.6	81.5
SčVK Malešov vrt O2,O3a,O4aO14a,Rd1,2,3	330361	110.6	118.0
SčVK Rochov	330330	0.3	0.4
SčVK Domašice studna	330491	0.4	0.5

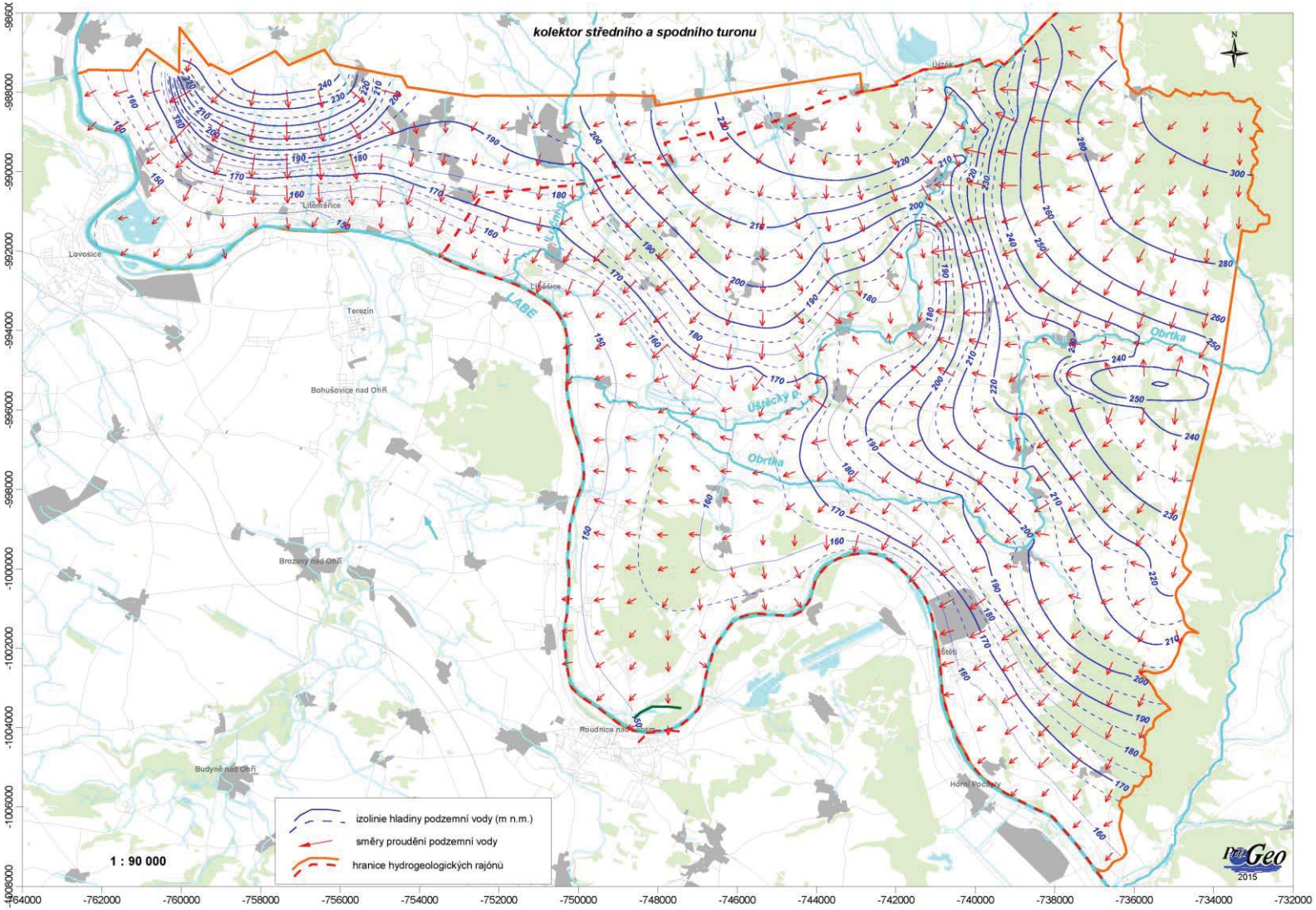
Poznámka: (*) včetně odběru z kolektoru A (cenoman), v simulaci zadána poměrná část odběru

Izolinie hladiny podzemní vody při simulovaných odběrech obsahuje Obr. 6-23, ve které jsou vyznačena i místa odběrů podzemní vody (např. odběr SčVK Malešov je realizován ze 7 vrtů situovaných u obcí Radouň a Velký Hubenov). Na Obr. 6-23 jsou vykresleny rovněž směry proudění podzemní vody. Odběry podzemní vody realizované v HGR 4523 vytváří větší deprese hladiny oproti neovlivněnému proudění podzemní vody, a to především v okolí Velkého Hubenova, kde modelové snížení hladin se pohybuje v rozmezí 3 až 4 m. K menším snížením hladin dochází i v okolí Radouně (cca 2 až 3 m), nejmenší výsledné modelové deprese jsou v okolí jímacího území Vrutice (cca 2 m v kolektoru turonu). K většímu poklesu hladiny podzemní vody (cca 2 až 3 m) dochází vlivem kombinace odběrů SčVK Pavličky (situovaný v HGR 4522) a SčVK Malešov na severním úseku hranice s HGR 4522. Modelové poklesy hladin vyvolané menšími odběry jsou zanedbatelné a nepřesahují 1 m. K žádným změnám v proudění podzemní vody nedochází v povodí Lučního a Pokratického potoka a povodí Labe, ve kterých nejsou odběry evidovány nebo byly ukončeny (odběr Mrazírny Litoměřice byl ukončen v roce 2005), anebo jsou realizovány z kolektoru kvartéru (Velké Žernoseky).

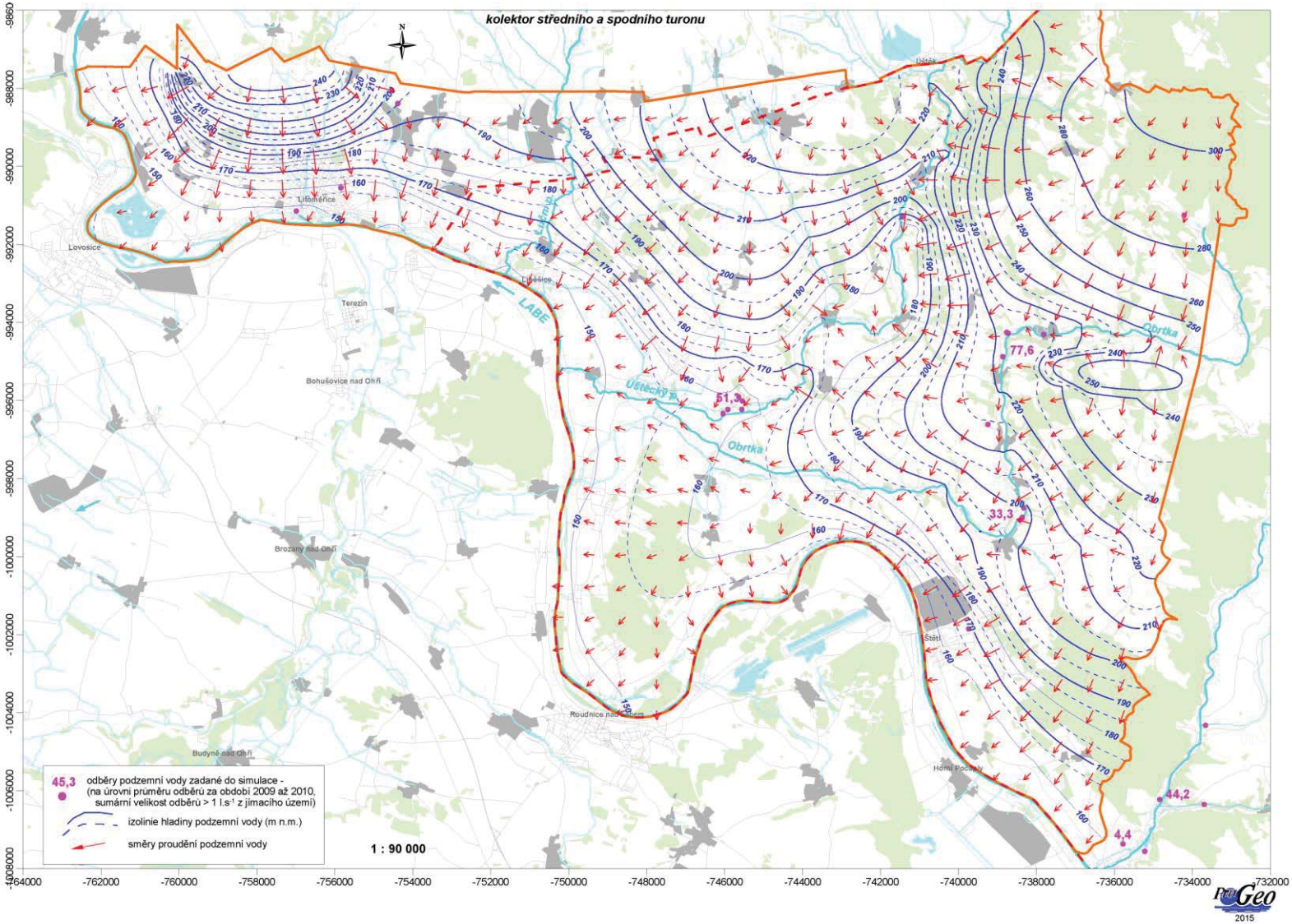
Základní bilance podzemní vody vypočtená pro tuto variantu je dokumentována v Tab. 6-12.

Tab. 6-12. Modelová bilance podzemní vody - varianta odběrů na úrovni roků 2009 - 2010

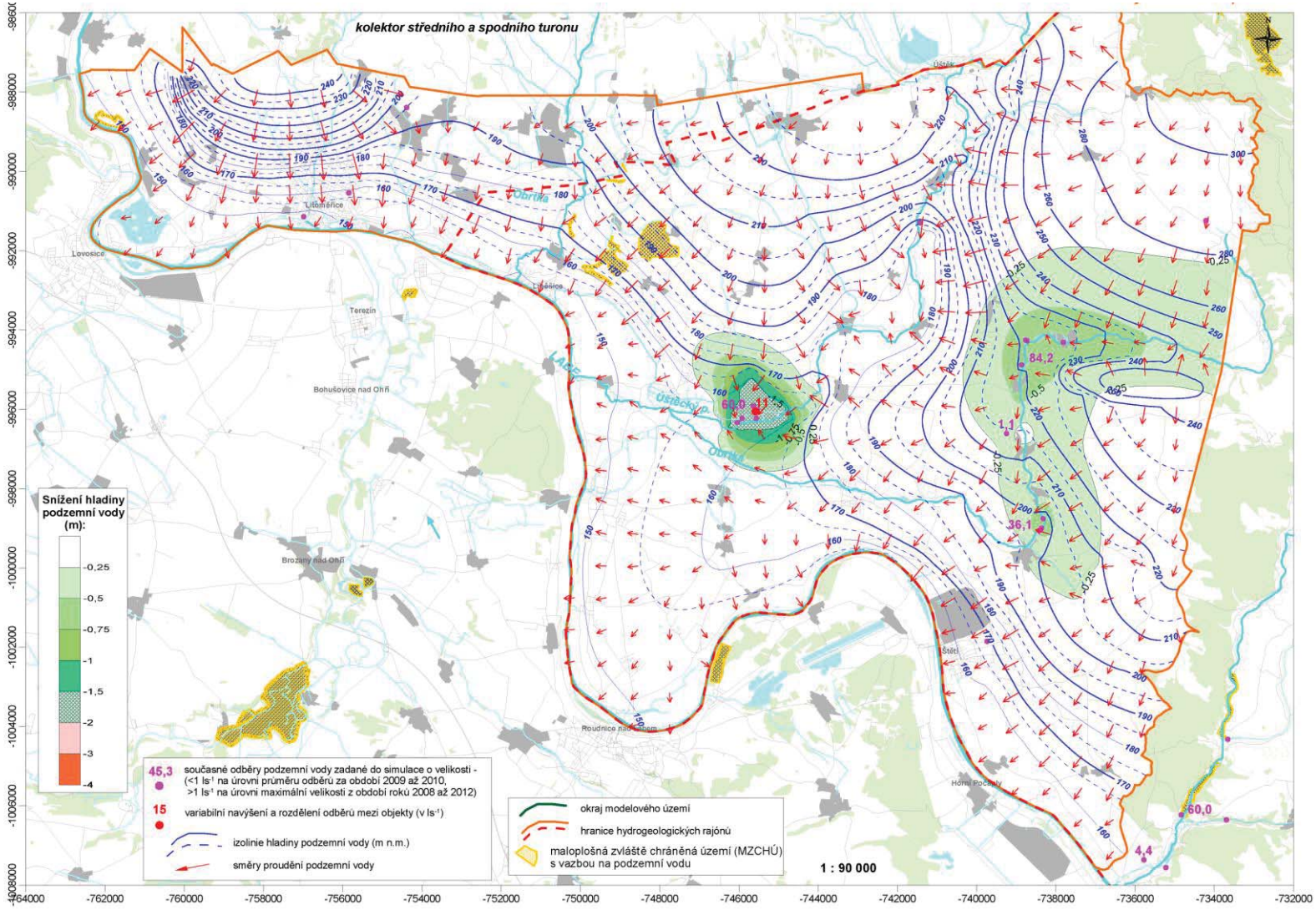
	přítok do modelu	odtok z modelu
	(l/s)	(l/s)
infiltrace	701.4	-
povrchové toky	-	541.7
přetoky s HGR 4522	52	38.5
odběr podzemní vody	-	173.3
suma	753.4	753.5



Obr. 6-22 Modelová hladina podzemní vody, ideová varianta neovlivněného stavu



Obr. 6-23 Modelová hladina podzemní vody při aktuálních odběrech



Obr. 6-24 Modelová hladina podzemní vody při odběrech - – varianta blízká perspektiva rozšířená o 11 l/s

Vlivem odběrů je snížena drenáž podzemní vody do povrchových toků o cca 176 l/s, její velikost přibližně odpovídá realizovaným odběrů (nedochází k většímu přítoku podzemní vody z HGR 4522). Bilance pro povodí Obrtky, Ústeckého a Lučního potoka je uvedena v Tab. 6-13.

Tab. 6-13 Modelová bilance podzemní vody pro povodí Obrtky, Úštěckého a Lučního potoka - varianta s odběry podzemní vody na úrovni roků 2009 - 2010

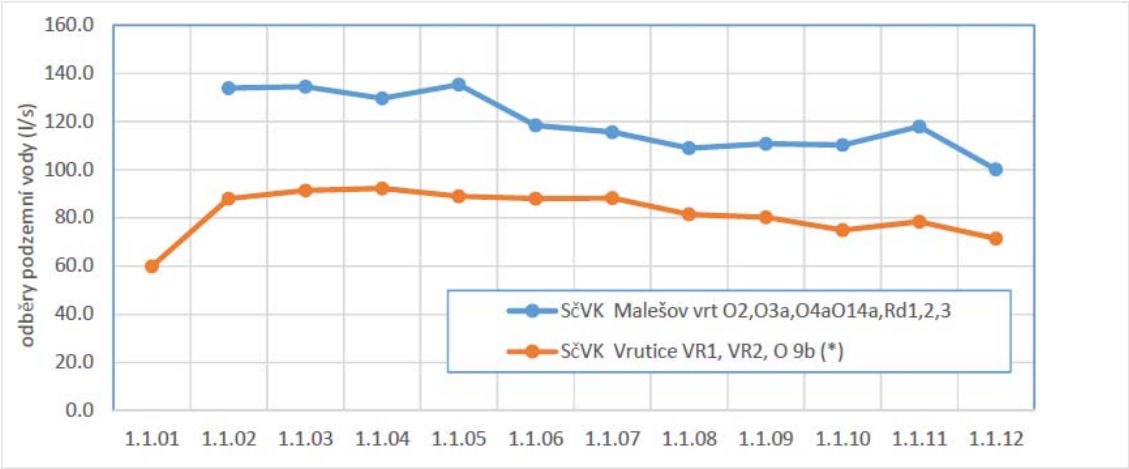
povodí	plocha	infiltrace srážek		drenáž do toku - x	odběr podzemní vody - xx	bilance - drenáž + odběr
	km^2	l/s	l/s.km^2	l/s	l/s	l/s.km^2
Obrtka	89	250	2.81	46.5	120.8	1.88
Úštěcký potok xxx	84	242.3	2.88	241.1	51.5	3.48
Luční potok xxx	33	51	1.55	26.3	0	0.80
x - včetně všech přítoků		xx - odběry z povodí		xxx - v aktivní ploše modelu		

SIMULACE TRANSIENTNÍHO PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY V OBDOBÍ 2001 AŽ 2010

Transientní (neustálená) modelová simulace proudění podzemní vody je pro období hydrologických let 2001-2010 řešena v měsíčním kroku. Na vývoj úrovně hladiny podzemní vody má vliv především:

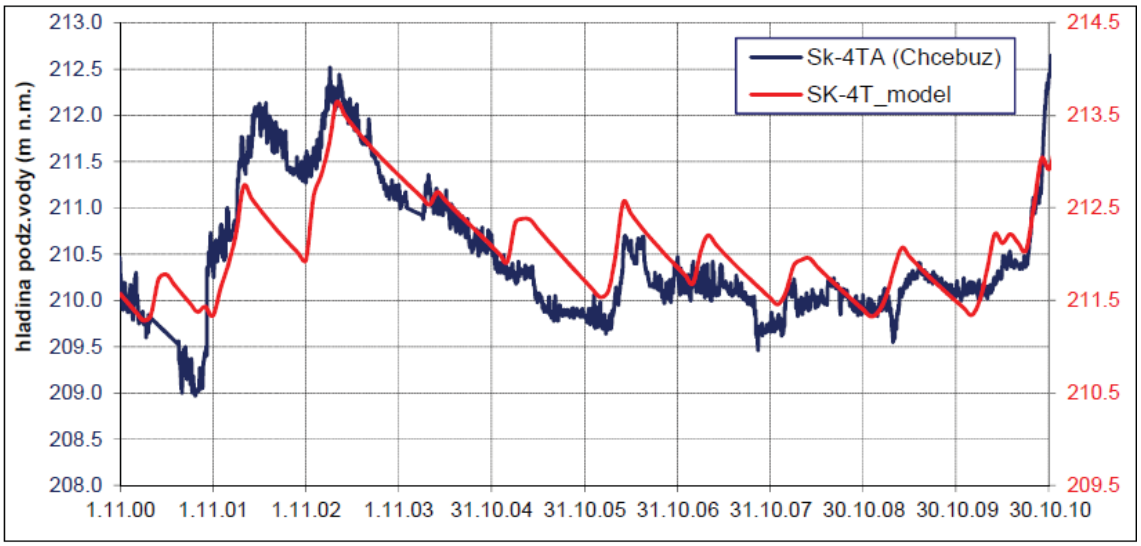
- velikost aktuální infiltrace,
- velikost kapacitních parametrů kolektoru,
- hloubka a poloha jímacího objektu.

Vývoj největších odběrů podzemní vody v rajonu 4523 v simulovaném období (rozšířeném do roku 2012) je dokumentován na Obr. 6-8. U obou největších odběrů je registrován pokles jejich velikosti, u odběru SčVK Malešov o téměř 34 l/s (ze 134 l/s v roce 2002 na 100 l/s v roce 2012) a ve Vrutici o téměř 17 l/s (i s odběrem z cenomanu).



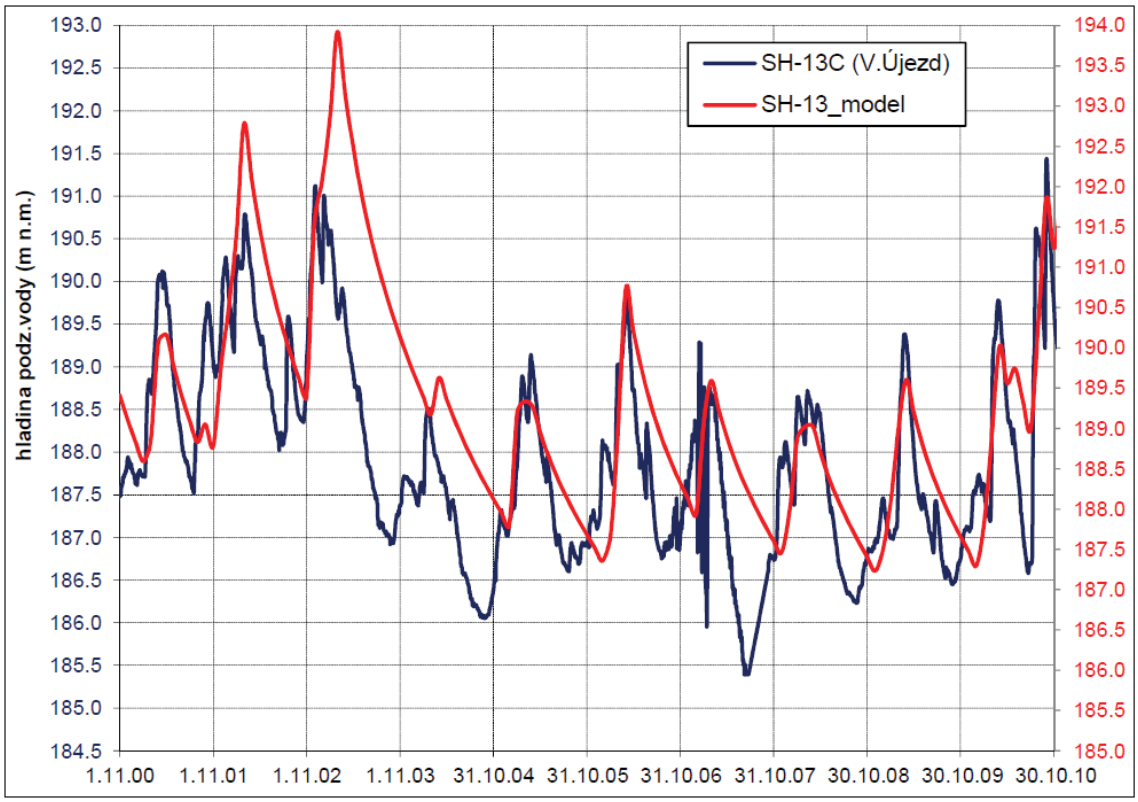
Obr. 6-25 Vývoj ročních odběrů v období hydrologických let 2001-2012

Pro porovnání režimu a kalibraci kapacitních parametrů modelu byly v rajonu 4523 k dispozici 2 vrty ČHMÚ s režimním měřením hladin (kvartérní vrty nebyly použity). Modelové hladiny s ohledem na zvolenou časovou periodu nepostihují změny v hladinách podzemní vody v období kratším než jeden měsíc. V povodí Obrtky je monitorován vrt Sk-4TA Chcebuz (v blízkosti rozvodnice s Liběchovkou), shoda výsledných modelových a měřených hladin je velmi dobrá, jak v absolutním rozkyvu hladin, tak i v rychlosti reakce na infiltraci srážek či při poklesu hladin (Obr. 6-26). Odladěná volná storativita v okolí vrtu je 7%.



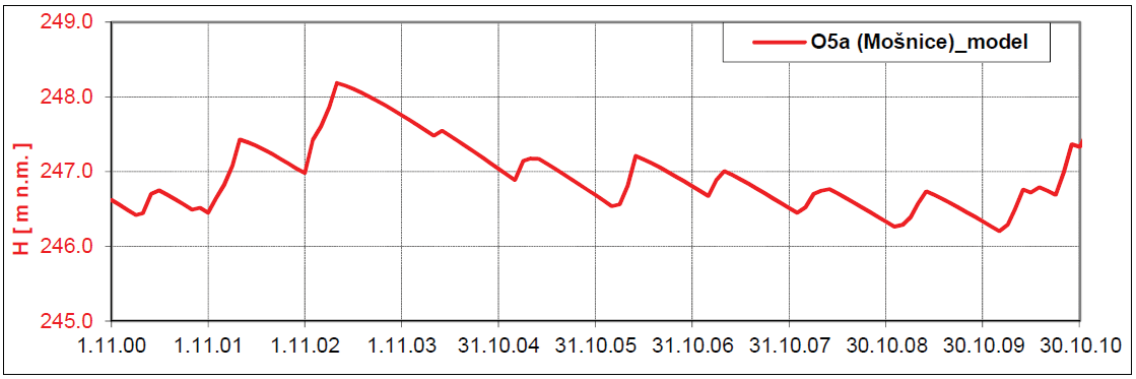
Obr. 6-26 Porovnání měřené a modelové hladiny podzemní vody (transientní simulace) ve vrtu Sk-4TA Chcebuz

Velmi dobré shody výsledných modelových a měřených hladin, jak v absolutním rozkyvu hladin, tak i v rychlosti reakce na infiltraci srážek, je dosaženo i ve vrtu SH-13C Vysoký Újezd. Vrt je situován v povodí Lučního potoka, měřená hladina vykazuje největší rozkyv (cca 5m) ze všech sledovaných vrtů (v celém modelovém regionu R12a) a porovnání průběhu měřené hladiny podzemní vody s modelem pro tento vrt při odladěné volné storativitě 1,75% je dokumentováno na Obr. 6-27.



Obr. 6-27 Porovnání měřené a modelové hladiny podzemní vody ve vrtu SH-13C Vysoký Újezd

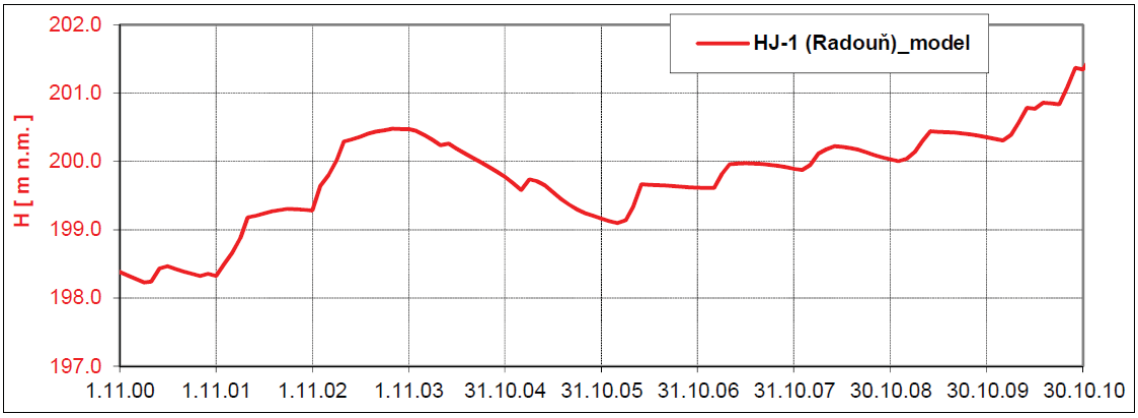
V bližším okolí velkých odběrů v HGR 4523 nejsou data z monitorovacích vrtů ČHMÚ. Pro zhodnocení vlivu odběru Malešov na proudění podzemní vody je zobrazen vývoj modelových hladin v prostoru vrtu O5a Mošnice (situován východně od odběrů v okolí Velkého Hubenova) na Obr. 6-28 a v prostoru vrtu HJ-1 Radouň (východně od jímání z vrtů Rd1 až Rd3 v Radouni) na Obr. 6-29.



Obr. 6-28 Modelová hladina podzemní vody v prostoru vrtu O5a Mošnice

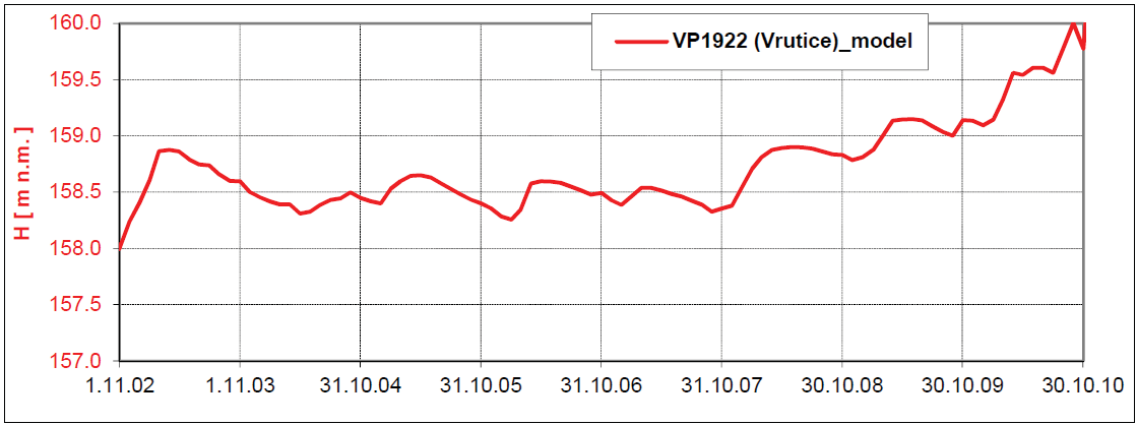
Modelová hladina východně od jímacích vrtů v okolí Velkého Hubenova (cca 4 km, v prostoru vrtu O5a) je dominantně ovlivněna infiltrací, ovlivnění odběry do tohoto prostoru již nezasahuje nebo je minimální.

Modelová hladina východně od jímacích vrtů v Radouni (cca 1 km, v prostoru vrtu HJ-1) vykazuje rozkolísanost spojenou nejen se srážkovou infiltrací, ale především s velikostí odběru podzemní vody. Proto od roku 2006, přestože je infiltrace podprůměrná, došlo k vzestupu hladiny podzemní vody až 1m. Volná storativita byla v obou oblastech odladěna na 15%.



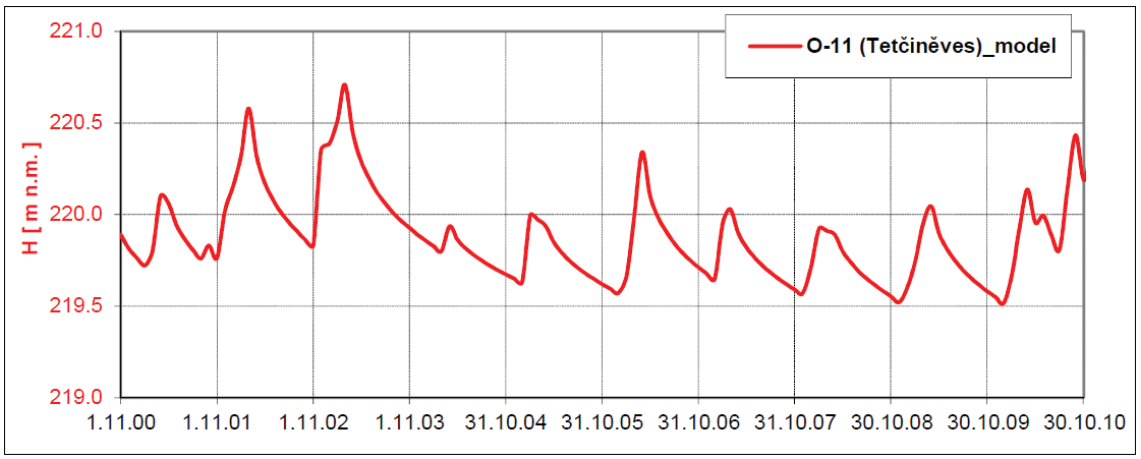
Obr. 6-29 Modelová hladina podzemní vody v prostoru vrtu HJ-1 Radouň

Modelová hladina západně od jímacího území Vrutice (v prostoru vrtu VP1922) je dokumentována na Obr. 6-30. Také v tomto prostoru je patrné ovlivnění hladiny (proudění) odběry podzemní vody (poklesem odběrů v období roků 2007 až 2010). Modelový vývoj hladin může být zčásti odlišný v závislosti na rozdělení velikosti odběrů mezi kolektory C a A.



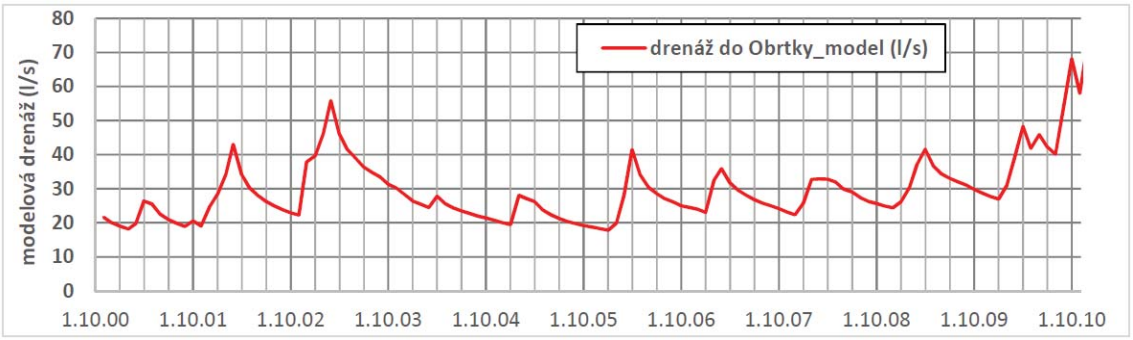
Obr. 6-30 Modelová hladina podzemní vody v prostoru vrtu VP1922 Vrutice

Vývoj modelových hladin podzemní vody v severní části povodí Úštěckého potoka (oblasti neovlivněné odběry) je dokumentován pro oblast v okolí vrtu O-11 Tetčiněves na Obr. 6-31. Tato oblast již odběry ve Vrutici ovlivněna není a na vývoji hladin je patrné jejich roční kolísání.



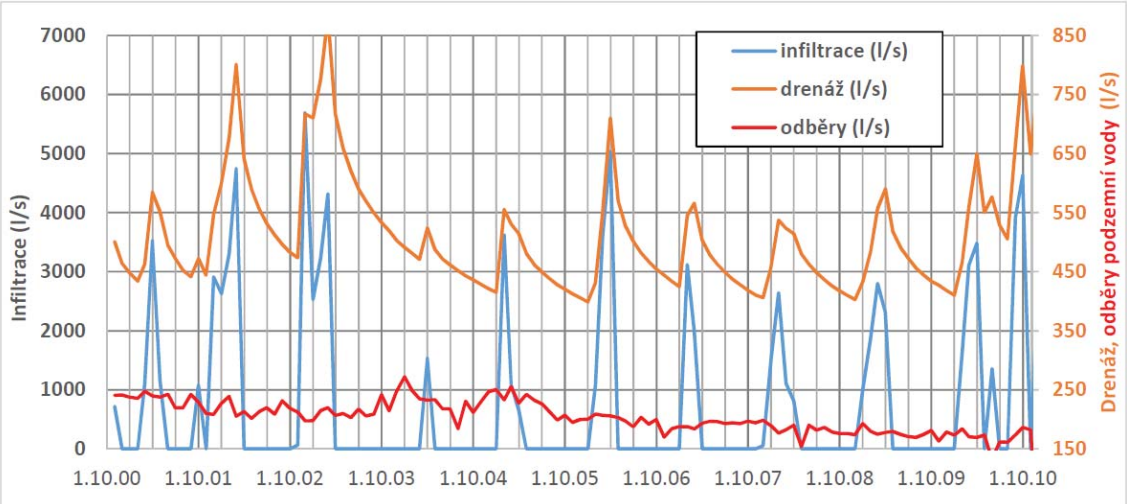
Obr. 6-31 Modelová hladina podzemní vody v prostoru vrtu O-11 Tetčiněves

Při bilančním kritériu jsou porovnávány pouze orientačně měřené průtoky povrchové vody v postupných profilech (PPP) s modelovou drenáží podzemní vody. Shodu modelových a měřených dat pro uzávěrový profil OB-1 Mastířovice (archiv - cca 40 až 50 l/s v období roků 2005 až 2010) lze považovat za přiměřenou. Modelová drenáž do Obrtky je dokumentována v grafu na Obr. 6-32.



Obr. 6-32 Modelová drenáž podzemní vody do Obrtky

Cyklické kolísání hladiny podzemní vody je způsobeno především rozdílnou dotací ze srážek v jednotlivých měsících simulovaného období. Z odladěných hodnot modelové infiltrace pro simulované období roku 2001 až 2010 je patrný trend standardního sezónního kolísání dotace srážkových vod na hladinu podzemní vody, kdy dominantní vliv mají srážky v mimovegetačním období, přičemž významnější je jarní část, kdy se na dotaci podílí nejvíce tání sněhu, tzn. srážky spadlé v zimním období. Odladěný chod srážkové infiltrace pro období výpočtu transientního modelu (2001 až 2010) v celé ploše HGR 4523 zobrazuje graf na Obr. 6-33.



Obr. 6-33. Odladěná modelová velikost srážkové infiltrace a drenáže podzemní vody při odběrech

Z grafu je patrné:

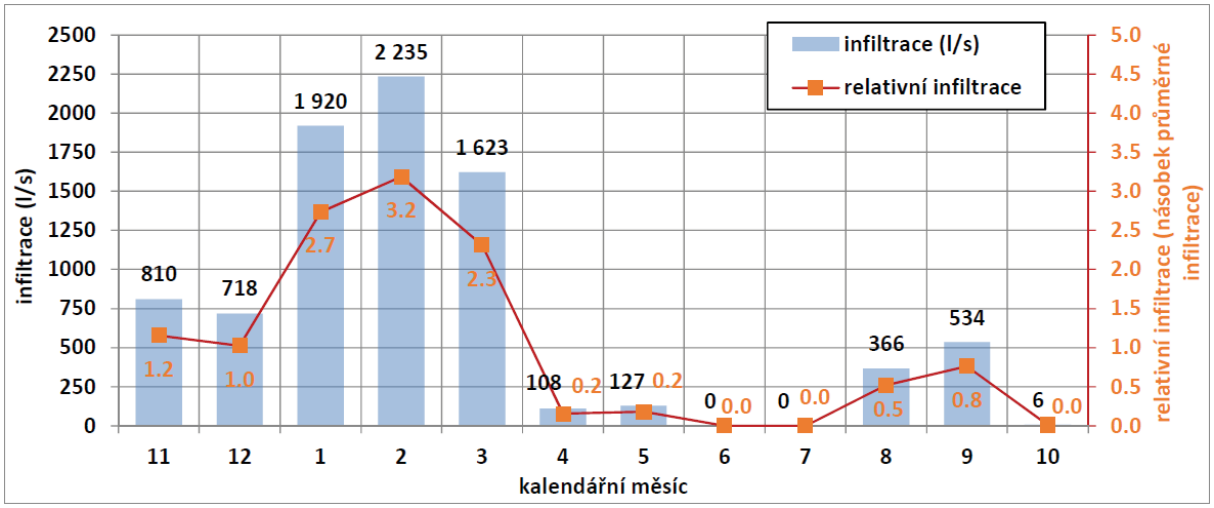
- okamžitá srážková infiltrace (v měsíčním časovém kroku simulace) byla modelem odladěna přibližně v rozmezí nuly až osminásobku průměrné (stacionární) infiltrace (v simulovaném období došlo k největší infiltraci v roce 2010, velká infiltrace byla i v letech 2002 a 2003),
- k infiltraci dochází téměř vždy od listopadu do března (výjimkou byl rok 2010, kdy dotace podzemních vod ze srážek v letních měsících převýšila i „obvyklou“ jarní infiltraci),
- obvyklá infiltrace od dubna do října se blíží nule.

Na Obr. 6-34 je dokumentována velikost průměrné měsíční modelové drenáže podzemní vody do toků a pramenů při zadaných odběrech podzemní vody, která je oproti infiltraci rozložena v průběhu celého roku.

6.2.3. PROGNÓZNÍ MODELOVÉ SIMULACE

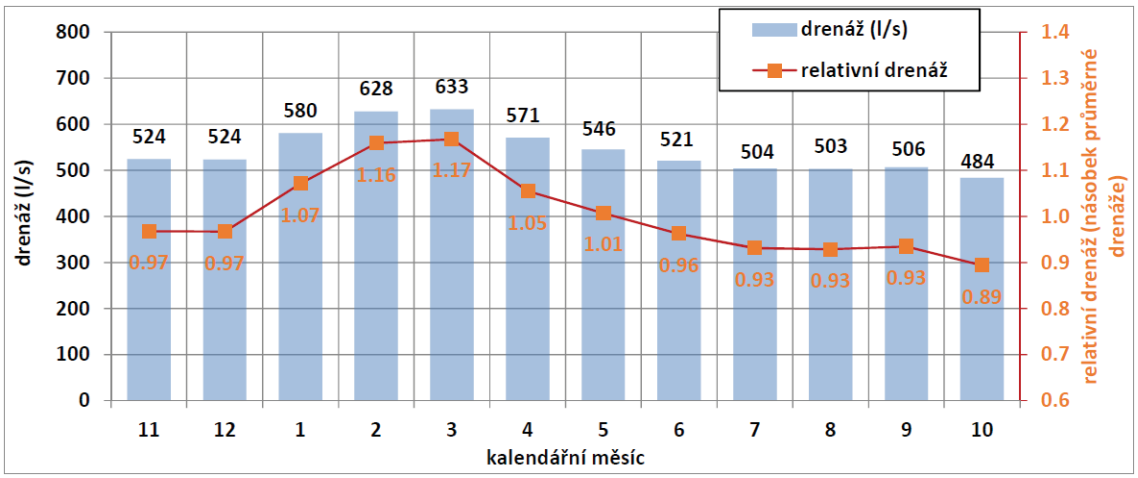
TRANSIENTNÍ SIMULACE - PRŮMĚRNÝ HYDROLOGICKÝ ROK

Transientní simulace průměrného hydrologického roku je založena na velikosti dotace stanovené jako aritmetický průměr měsíčních hodnot infiltrace odladěných v rámci transientního modelu pro období hydrologických let 2001 až 2010. Ve velikosti průměrných dotací jsou zohledněny jak extrémně zvýšené dotace v období roků 2002, 2003 a 2010, tak i velmi nízké dotace při kumulaci suchých roků 2003 a 2004. Průměrné měsíční dotace podzemní vody jsou dokumentovány v grafu na Obr. 6-34, průměrná měsíční drenáž podzemní vody v grafu na Obr. 6-35 (v grafech uvedené relativní hodnoty jsou násobky infiltrace (drenáže) k odladěné průměrné hodnotě infiltrace (drenáže). Odběr je zadán po celou dobu simulace konstantní na úrovni 173 l/s (průměrný odběr v období roků 2009-2010).



Obr. 6-34. Doplňování přírodních zdrojů v průměrném hydrologickém roce

Nejvyšší dotace podzemní vody je spočtena pro měsíce leden až březen, kdy dochází k dotaci podzemní vody při tání sněhu a jarních srážkách, které v tomto období nejsou spotřebovávány evapotranspirací. Mírně nadprůměrná dotace je modelem kalibrována i pro podzimní měsíce listopad a prosinec. Všechny ostatní měsíce mají dotaci podzemní vody podprůměrnou (relativní infiltrace menší než 1), v období duben až červenec a v říjnu k infiltraci vůbec nedochází (nebo se blíží nule). V tomto období jsou dlouhodobě spíše menší srážkové úhrny s menším počtem extrémních srážkových epizod (např. v porovnání se srpnem), výpar vlivem vyšší teploty dosahuje maximálních hodnot a rostlinný pokryv dosahuje vegetačního vrcholu (vysoká transpirace).



Obr. 6-35. Drenáž do povrchových toků a rybníků v průměrném hydrologickém roce

Modelová drenáž podzemní vody (Obr. 6-35) do povrchových toků je relativně stabilní, maximální základní odtok podzemní vody byl vypočten pro období leden až březen.

Obvyklý rozkyv hladiny podzemní vody je v průběhu průměrného roku cca 0,5 m (při volné storativitě 7%), s kulminací hladin na konci března a začátku dubna a minimální hladinou v listopadu a prosinci. V oblastech s vyšší storativitou (15% až 20%, kalibrovaných obvykle v porušených

pásmech, především v důlech apod.) je maximální rozkyv hladiny v průběhu „průměrného“ roku 25 až 30 cm, k dosažení maximálních a minimálních hladin dochází ve stejných měsících. Obdobný je i rozkyv v blízkém okolí jímacích území (Velký Hubenov, Radouň a Vrutice). Největší absolutní rozkyv hladin podzemní vody, který dosahuje téměř 3 m kolísání, je predikován v oblastech s volnou storativitou 1,5 až 2% (např. Vysoký Újezd v povodí Lučního potoka).

VARIANTNÍ SIMULACE VODOHOSPODÁŘSKÉHO VYUŽITÍ ÚZEMÍ

V rámci hydrogeologických modelů byly realizovány stacionárních simulace, které zohledňovaly různé varianty odběrů. Prezentovány jsou 4 modelové varianty, které umožňují posoudit ovlivnění režimu proudění ve struktuře při zvýšení nebo snížení odběrů oproti kalibrovanému stavu odpovídajícímu období 2009-2010. Prezentovány jsou varianty:

- varianta blízké perspektivy (BP) - odběry na úrovni maxima dosaženého za roky 2008 až 2012 z každého registrovaného odběrného místa, z HGR 4523 192 l/s (celkem s HGR 4521 a 4523 (modelový region R12a) 662,4 l/s),
- varianta plošného navýšení odběrů (ZV+15%) – navýšení všech odběrů (průměru za roky 2009 - 2010, základní varianta (ZV) o 15%, z HGR 4523 199 l/s (celkem s HGR 4521 a 4523 704,4 l/s),
- varianta plošného snížení odběrů (ZV-15%) - snížení všech odběrů (průměru za roky 2009 až 2010) o 15%, z HGR 4523 147 l/s (celkem s HGR 4521 a 4523 521 l/s),
- varianta blízké perspektivy rozšířená o ideové navýšení odběru v jímacím území Vrutice (z kolektoru turonu) o 11 l/s (z 60 l/s na 71 l/s; navrhované rozložení velikostí upravených odběrů je zobrazeno v Obr. 6-24.

Velikost 2 největších odběrů podzemní vody v HGR 4523 pro jednotlivé varianty je uvedena v Tab. 6-14. V Tab. 6-15 jsou uvedeny základní bilance pro tyto varianty.

Tab. 6-14 Velikosti modelových odběrů podzemní vody – odběry > 2 l/s

název odběru	VHB	průměr 2009 - 2010 (ZV)	blízká perspektiva (BP)	navýšení o 15% (ZV+15%)	snížení o 15% (ZV-15%)
ScVK Malešov vrt O2,O3a,O4aO14a,Rd1,2,3	330361	110.9	120.4	127.6	94.3
ScVK Vrutice VR1, VR2, O 9b (*)	330322	51.3	60.0	59.0	43.6

*- odečten příspěvek z kolektoru A

Tab. 6-15. Základní bilance variant modelů pro hospodářské využití území

	přítok do modelu			odtok z modelu		
	(l/s)			(l/s)		
	blízká perspektiva (BP)	*zvýšení ZV+15%*	*snížení ZV-15%*	blízká perspektiva (BP)	*zvýšení ZV+15%*	*snížení ZV-15%*
infiltrace	701.4	701.4	701.4	-	-	-
povrchové toky	-	-	-	523.4	515.9	567.7
přetoky s HGR 4522	52.3	52.2	51.9	38.4	38.5	38.2
odběr podzemní vody	-	-	-	191.9	199.3	147.4
suma	753.7	753.6	753.3	753.7	753.7	753.3

Modelové navýšení odběrů způsobuje úměrný pokles celkové přirozené drenáž do povrchových toků. V jednotlivých modelových variantách odběrů byly sledovány velikost a rozsah snížení (zvýšení) hladiny oproti modelové variantě odběrů na úrovni roků 2009-2010.

Ve variantě blízká perspektiva (BP) dochází v HGR 4523 k relativně malým poklesům hladiny (a ovlivnění proudění) podzemní vody, způsobenému menším zvýšením odběrů (odběry byly v posledním pětiletí 2008 až 2012 relativně vyrovnané). Vypočtené modelové poklesy se v obou jímacích oblastech v povodí Obrtky pohybují v rozmezí 0,5 až 0,7 m, větší plošný dosah má deprese v okolí Velkého Hubenova. V jímacím území Vrutice (navýšení odběru o 8 l/s) nepřesahují poklesy hladin 0,5 m.

K největšímu ovlivnění proudění (a k poklesům hladin) podzemní vody dochází ve variantě plošného navýšení odběrů o 15%. Největší modelové poklesy hladiny podzemní vody (cca 1 m) jsou v HGR 4523 vypočteny v jímacím území Malešov (v severní části – Velký Hubenov, navýšení odběru o 17 l/s ve srovnání se ZV). V jímacím území Vrutice (navýšení odběru je menší než ve variantě blízká perspektiva) nepřesahují poklesy hladin 0,5 m.

Tab. 6-16. Modelová drenáž do Obrtky, Úštěckého a Lučního potoka – simulace vodohospodářského využití území

povodí	plocha	infiltrace srážek	drenáž do toku - x			
			ZV	BP	ZV+15%	ZV-15%
	km^2	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
Obrtka	89	250	46.5	37.8	30.2	63.5
Úštěcký potok xxx	84	242.3	241.1	232.3	232.5	250
Luční potok xxx	33	51	26.3	26.3	26.3	26.3
x - včetně všech přítoků			xxx - v aktivní ploše modelu			

K relativně malému modelovému ovlivnění odběry dochází v okolí jímacího území Vrutice v povodí Úštěckého potoka. Proto je pomocí modelu zpracována ideová varianta navýšení odběrů o 11 l/s. Odběry jsou situovány ve stávajících jímacích vrtech (VR1, VR2 a O9), simulováno je pouze zvýšené čerpání podzemní vody (zobrazeno v Obr. 6-24). V Obr. 6-24 jsou dokumentovány i izolinie hladin podzemní vody a jejich snížení vyvolané odběry (varianta blízká perspektiva rozšířené o 11 l/s v jímacím území Vrutice). V Tab. 6-17 je uvedena bilance množství podzemní vody této varianty.

Tab. 6-17 Základní bilance varianty s ideovým navýšením odběru podzemní vody o 11 l/s

	přítok do modelu	odtok z modelu
	l/s	l/s
infiltrace	701.4	-
povrchové toky	-	512.3
přetoky s HGR 4522	52.1	38.4
odběr podzemní vody	-	202.9
suma	753.5	753.6

Poklesy hladin v okolí významných odběrů podzemní vody jsou velmi malé a v jímacím území Malešov nepřesahují 0,7 m, v jímacím území Vrutice (po ideovém navýšení odběru o 11 l/s) modelové snížení hladin nepřesahuje 2 m (ve srovnání se ZV odběrů).

Modelové varianty odběrů podzemní vody byly zvoleny tak, aby umožnily posoudit vliv změny odběrů (v rozsahu pravděpodobných scénářů) na režim proudění podzemní vody v oblasti hg. rajonu 4523. Z hlediska celkové velikosti odběrů lze konstatovat, že zvýšení odběrů na úroveň varianty blízké perspektivy (včetně ideového navýšení odběru o 11 l/s ve Vrutici) ovlivní proudění podzemní vody pouze v menší míře. Plošné zvýšení odběrů o 15% ovlivní režim proudění významně, v jímacím území Malešov (v obou jeho částech) se jedná o variantu málo přijatelnou. Z variant zvýšení a snížení odběrů je patrné, že na změnu velikosti odběrů jsou citlivější oblasti, kde jsou přírodní zdroje již značně omezeny, a jakákoli změna velikosti odběru je patrná na hydraulických poměrech širšího okolí.

Při odladěných hodnotách velikosti dotace podzemních vod ze srážek pro celý modelový region R12a (HGR 4521, HGR 4522 a HGR 4523) na úrovni 2394 l/s, představuje celkový odběr v základní variantě (průměr za roky 2009 a 2010) využití přírodních zdrojů na úrovni přibližně 25 %, ve variantě blízké perspektivy na úrovni 28% a při plošném navýšení odběru o 15% je jejich využití na úrovni 30%.

Ze základní bilance HGR 4523 (Tab. 6-17) jsou přírodní zdroje využity z 21%. Tato čísla však nezohledňují lokální situaci ani lokální vodohospodářské potřeby v jednotlivých jímacích územích ani hydrogeologických rajonech a posuzují region pouze jako celek. V HGR 4523 je menší využití přírodních zdrojů ovlivněno „neexistencí odběrů v povodí Lučního a Pokratického potoka a Labe (z turonu).

7. KVALITATIVNÍ STAV ÚTVARŮ PODZEMNÍCH VOD

7.1. ÚPRAVÁRENSKÁ HLEDISKA VYUŽITÍ PODZEMNÍCH VOD

UPRAVITELNOST PODZEMNÍ VODY NA VODU PITNOU

Pro potřeby regionálního hodnocení bilancovaných hydrogeologických rajonů, případně oblastí, byly jako vstupní informace využity existující výsledky chemických analýz převážně z jednorázových odběrů podzemní vody z archivu ČGS do roku 2013, dále analýzy z pramenů ČHMÚ, výsledky analýz z pramenů a nových vrtů provedených v rámci projektu za období 2013 až 2015. Hodnocení upravitelnosti podzemních vod na vodu pitnou bylo provedeno dle vyhlášky č. 120 ze dne 29. dubna 2011, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb. (zákon o vodovodech a kanalizacích). Kategorie upravitelnosti jsou uvedeny v Tab. 7-1, hodnoceny byly všechny složky dle vyhlášky č. 120/2011 Sb.

V každém rajonu (regionu, oblasti) byly zkonstruovány účelové mapy pro každý jednotlivý významnější kolektor samostatně, plus pro přípovrchovou zónu. Počet vrtů v GDbázi a počty přiřazené k jednotlivým kolektorům na území HGR jsou uvedeny v Tab. 4-8 a Tab. 7-2.

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 kombinaci. 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.

Tab. 7-2: Počet chemických analýz použitý ke konstrukci hydrochemických map a map upravitelnosti na území HGR 4523

Kolektor	celkový počet analýz v databázi	použité analýzy	
		upravitelnost	chemický typ
C	95	89	77
Připovrchová zóna	126	126	
Indikace znečištění	29	29	

V rajonech základní vrstvy došlo k vyřazení vrtů s hloubkou menší než 10 m pro hodnocení jednotlivých kolektorů; tyto mělké vrty byly zařazeny do samostatně hodnocené skupiny připovrchové zóny (viz níže).

Údaje z pramenů byly zahrnuty vždy do konstrukce připovrchové zóny, a většinou zároveň do konstrukce map jednotlivých kolektorů - s výjimkou těch pramenů, které byly zařazeny do izolátoru či neznázorňovaného kolektoru.

Pro konstrukci účelových map charakterizujících připovrchovou zónu (PPZ) byly použity analýzy podzemních vod z vrtů s hloubkou do 30 m a z pramenů bez ohledu na litologické rozdíly a kolektory. Do připovrchové zóny byly zařazeny i vrty s hloubkou menší než 10 m, které byly vyřazeny z hodnocení jednotlivých kolektorů. Smyslem bylo vytvořit připovrchovou zónu celého rajonu, nikoli pouze bilancovaného kolektoru.

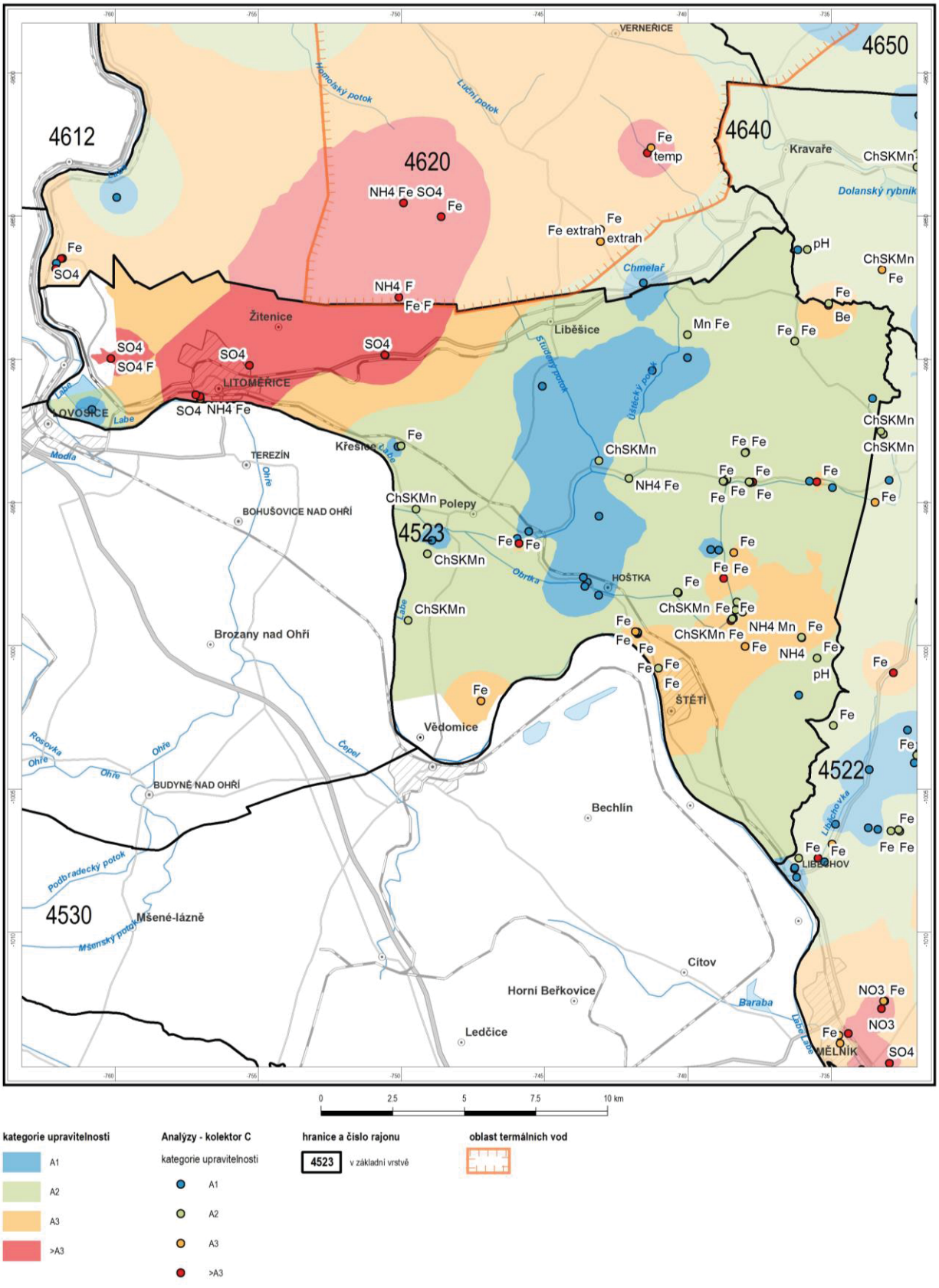
Z hodnocení upravitelnosti podzemních vod v bilancovaných rajonech byly vyřazeny všechny analýzy starší roku 1960.

Analýzy podzemních vod z indikačních, monitorovacích a sanačních vrtů v oblasti starých ekologických zátěží nebyly zahrnuty do celkového hodnocení upravitelnosti podzemních vod. Posloužily však pro indikaci lokálního bodového znečištění, uvedeného v mapách připovrchové zóny. Znázorněny jsou sanační a indikační vrty obsahující podzemní vody kategorie A3 a vyšší, analýzy podzemních vod spadající do kategorie A1 a A2 byly považovány za sanované a následně byly použity pro vyhodnocení upravitelnosti.

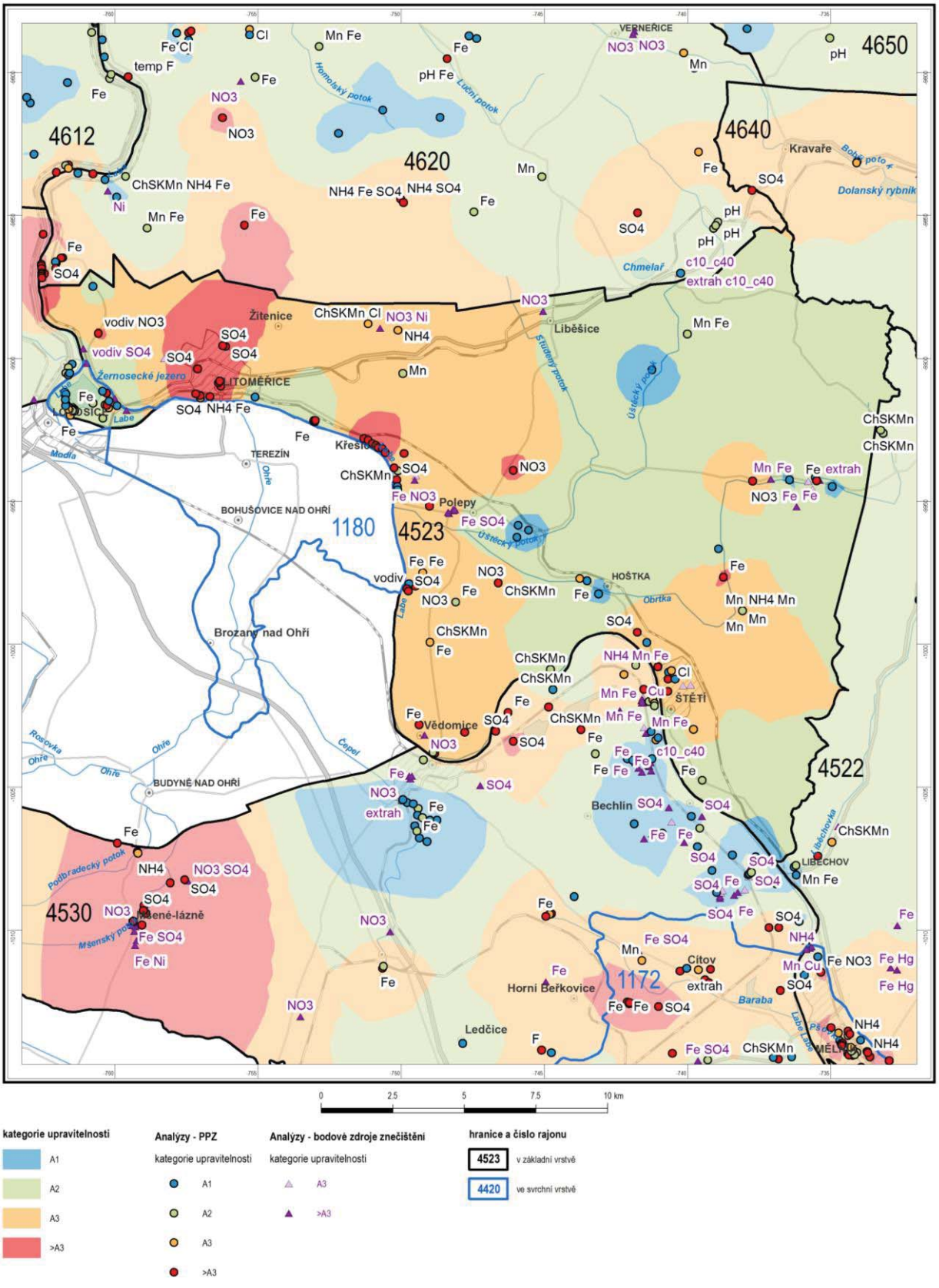
V kolektoru C převažuje kategorie A2, ve střední části mezi Úštěkem a Hoštkou se nachází oblast kategorie A1. Kategorie A3 a vyšší je v okolí Litoměřic, kde pískovce přechází do slínovců s vyšším obsahem síranů. Nejčastějšími složkami, které vody řadí do 2. až 3. kategorie vod v jv. části rajonu, jsou vyšší obsahy železa a CHSKMn.

Připovrchová zóna má o trochu horší kvalitu, zejména podél Labe. Převažuje kategorie A3 nad A2. Příznivější kategorie upravitelnosti A2 (lokálně A1) převažují ve středu až SV rajonu (mezi Úštěkem a Hošťkou) a v píšťanském meandru (součást HGR 1180).

Znečištění je vázáno na skládky a průmysl v okolí Štětí a Litoměřic.



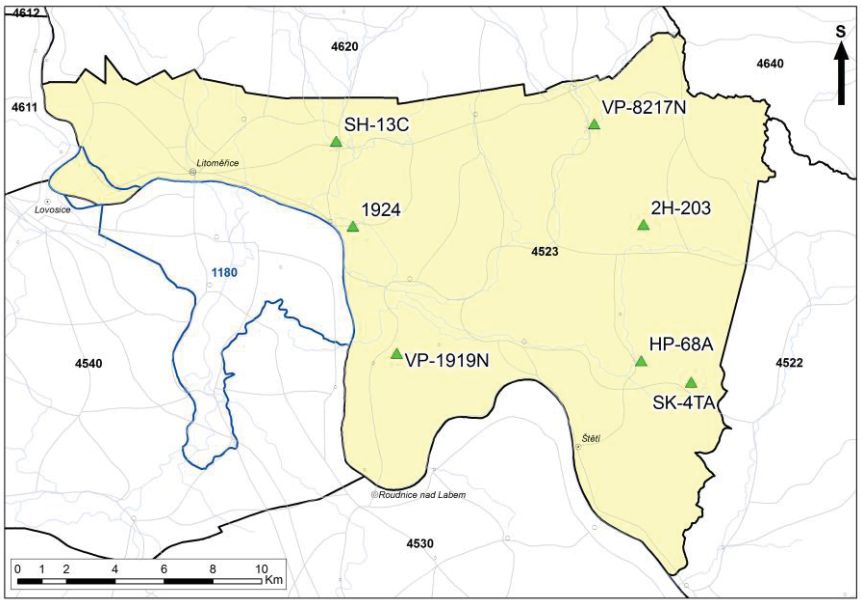
Obr. 7-1. Upravitelnost podzemní vody bilancovaného kolektoru C (včetně výchozů kolektoru B na Z od Litoměřic)



Obr. 7-2. Upravitelnost podzemní vody připovrchové zóny v rozsahu HGR 4523

7.2. VÝVOJ KVALITY PODZEMNÍ VODY

V rajonu 4523 se nachází 7 vrtů s reprezentativními časovými řadami chemického složení vody – 5 vrtů v kolektoru C, jeden vrt v izolátoru a jeden mělký vrt v kvartéru. Odběry byly prováděny dvakrát ročně od roku 1991 ve vrtech VP8221 (SH-13C), VP8219 (SK-4TA) a VP1721(HP-68A), v ostatních vrtech od roku 2009. Přehled vrtů je uveden v Tab. 7-3 a na Obr. 7-3, grafy koncentrací vybraných prvků na Obr. 7-4.



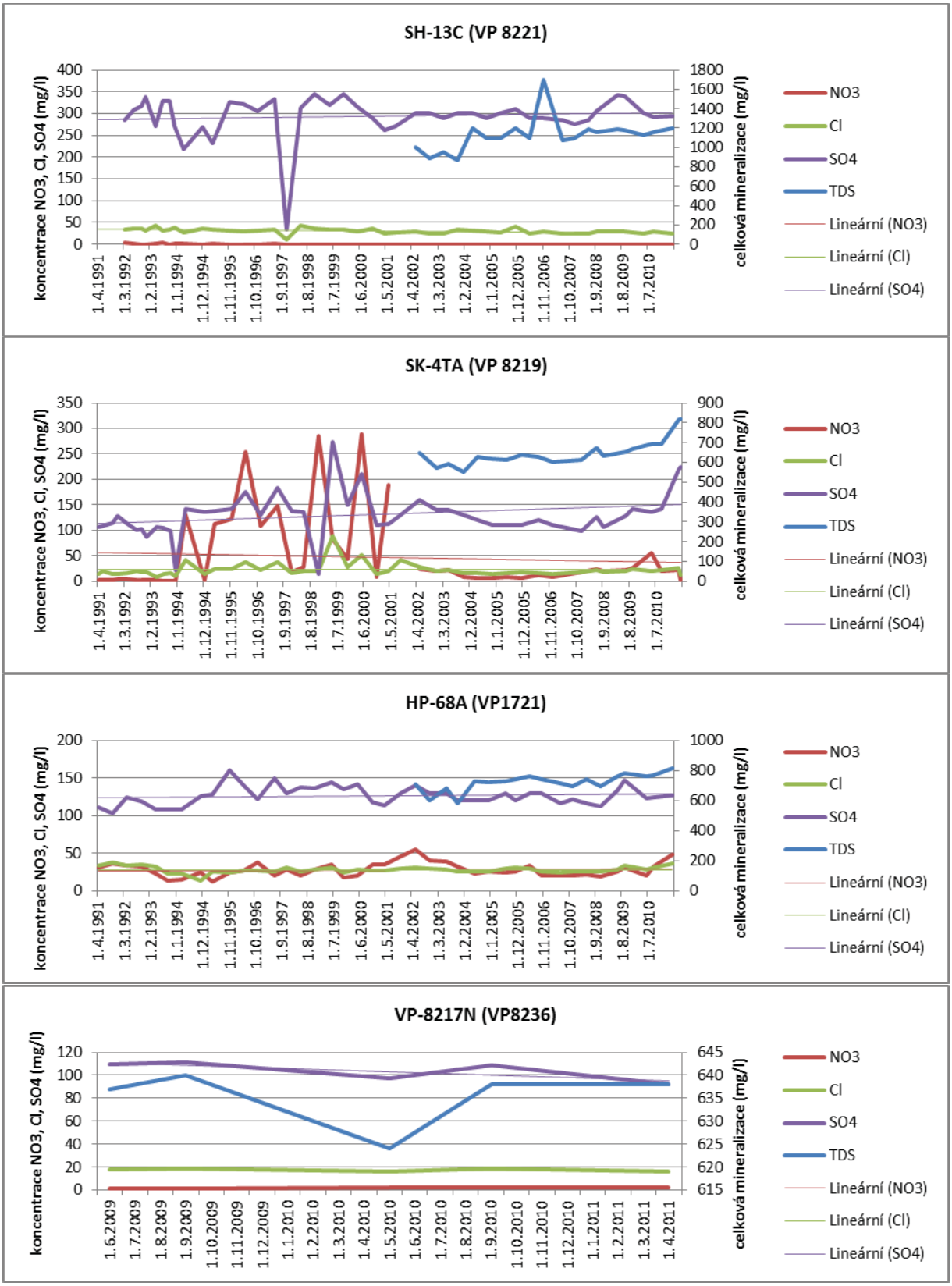
Obr. 7-3. Lokalizace objektů s časovými řadami chemických analýz

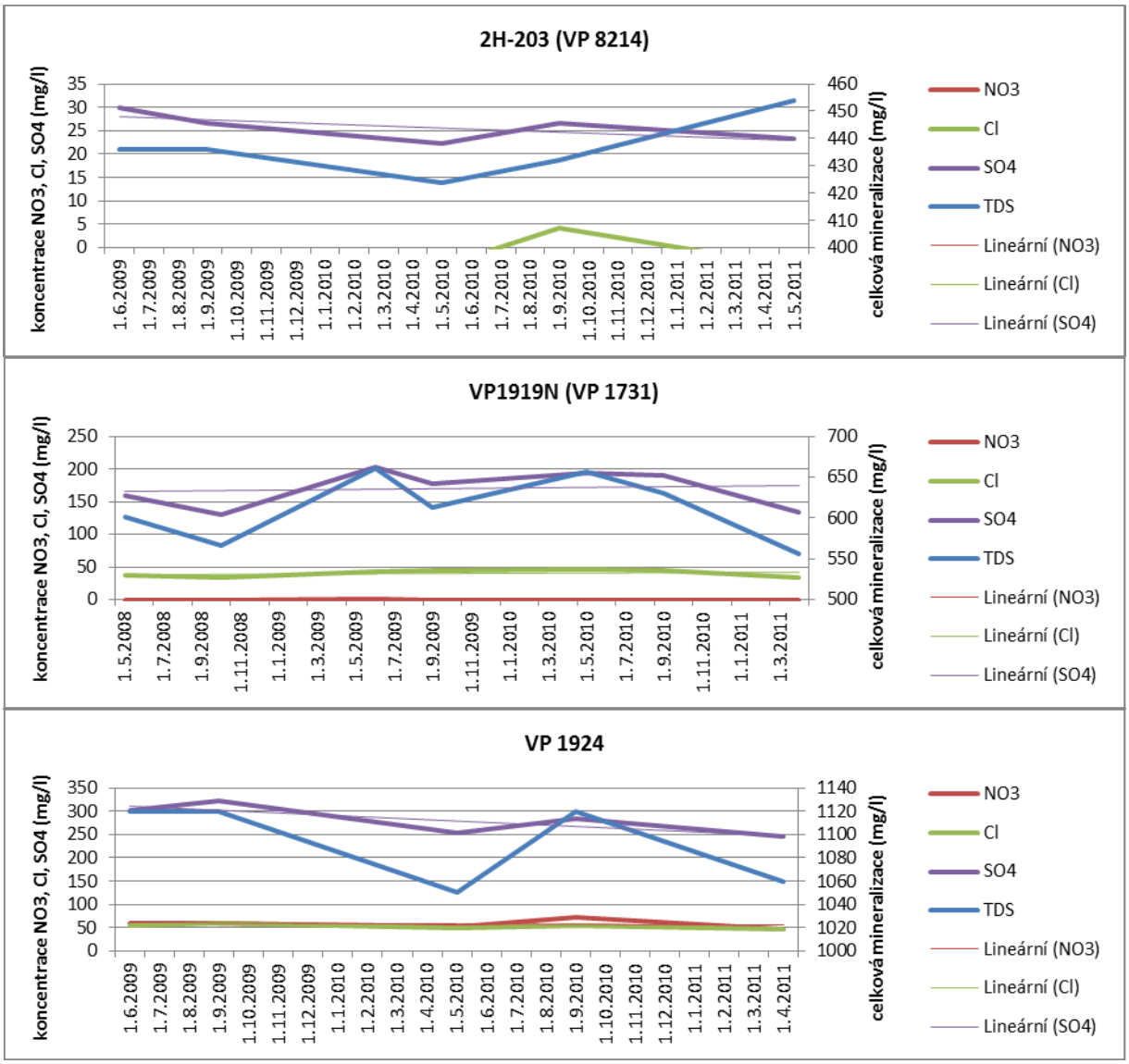
Tab. 7-3. Přehled objektů s časovými řadami chemických analýz

klíč GDO	X	Y	Z	název vrtu	ČHMÚ	kolektor	hloubka	lokalizace
8107	-750578	-989856	199.98	SH-13C	VP 8221	C	36	Býčkovice/Velký Újezd
5000	-736029	-999707	307.75	SK-4TA	VP 8219	C	115	Štětí (Chcebuz)
602316	-738076.9	-998832.2	206.89	HP-68A	VP 1721	C	12.5	Štětí (Radouň)
684680	-740011.4	-989148.15	215.55	VP-8217N	VP 8236	C	24.5	Tetčiněves
692279	-737992.48	-993264.08	245.46	2H-203	VP 8314	C	102.7	Velký Hubenov
695679	-748095.85	-998525.75	163.08	VP-1919N	VP 1731	IZ	10.7	Chodouny
8535	-749900	-993330	151	1924	VP 1924	Q	8	Křešice

Vrty VP 1924 a VP8221 (SH-13C) mají vysokou mineralizaci nad 1 g/l. První z nich je kvartérní vrt a má i vysoké koncentrace dusičnanů na 50 mg/l (přesahují limity pro pitné účely dle vyhlášky č. 252/2004 Sb.). Druhý reprezentuje kolektor C a má vysoké koncentrace síranů a téměř žádné dusičnany. Vyšší mineralizaci 0,8 g/l mají i vrty VP1721 (HP-68A) a VP8219 (SK-4TA) poblíž Štětí, oba s mírně zvýšenými koncentracemi dusičnanů. Ostatní tři vrty mají celkovou mineralizaci střední - mezi 0,4 a 0,6 g/l a jsou bez dusičnanů. Koncentrace síranů i chloridů se ve všech vrtech velmi liší.

U vrtu VP8219 (SK-4TA) dochází ke zvyšování koncentrací síranů (od roku 1991 do roku 2010 z kolem 100 mg/l na 150-200 mg/l). Na žádném z ostatních vrtů však jakýkoli významný trend patrný není.





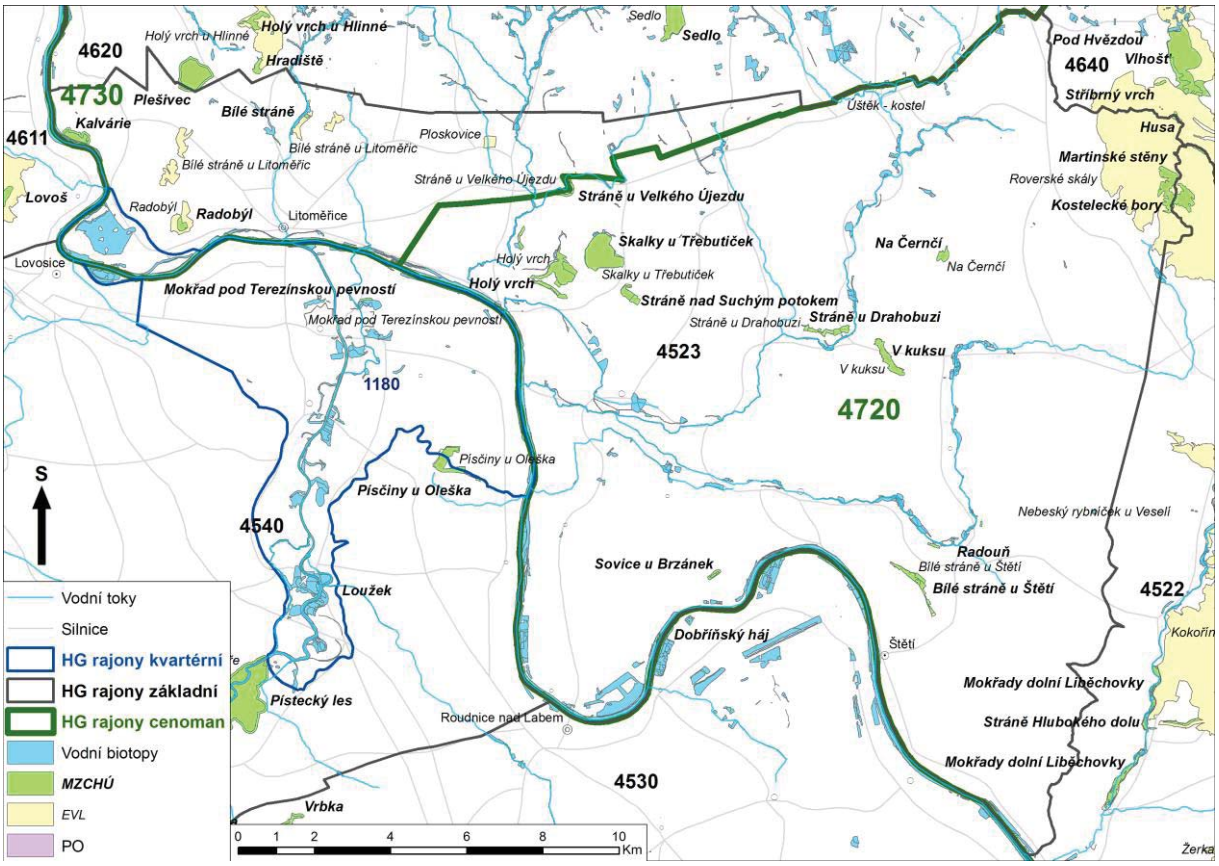
Obr. 7-4. Časové řady s proloženými regresními přímkami koncentrací Cl, NO_3 a SO_4 a celkové mineralizace (TDS).

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.

Obr. 8-1 ukazuje rozmístění jednotlivých maloplošných zvláště chráněných území, evropsky významných lokalit, ptačích oblastí v HGR 4523, seznam maloplošných zvláště chráněných území, evropsky významných lokalit, ptačích oblastí je uveden i v Tab. 8-1 a Tab. 8-2.



Obr. 8-1 .Vodní biotopy, maloplošná zvláště chráněná území (MZCHÚ), evropsky významné lokality (EVL) a ptačí oblasti (PO) v oblasti HGR 4523.

Tab. 8-1. Seznam evropsky významných lokalit (EVL) a ptačích oblastí (PO) v HGR 4523

SITECODE	KAT	NAZEV	ROZL	PO_vodni	PO_habitat	PO_druh
CZ0423224	EVL	Ploskovice	9.0081			
CZ0423225	EVL	Radobýl	29.329			
CZ0423656	EVL	Úštěk - kostel	0.0761			
CZ0422087	EVL	V kuksu	20.2197			
CZ0512100	EVL	Roverské skály	1688.581			
CZ0424129	EVL	Bílé stráně u Litoměřic	63.9196	ano	9.10E+01	
CZ0424135	EVL	Bílé stráně u Štětí	11.3527			
CZ0420007	EVL	Holý vrch	38.2358			
CZ0420008	EVL	Na Černčí	7.1383			
CZ0423006	EVL	Nebeský rybníček u Veselí	1.368	ano		1166
CZ0420041	EVL	Skalky u Třebutiček	65.2897			
CZ0424134	EVL	Sovice u Brzánek	1.0679			
CZ0424136	EVL	Stráně u Drahobuzi	7.8494			
CZ0420059	EVL	Stráně u Velkého Újezdu	8.6046			
CZ0424133	EVL	Stráně nad Suchým potokem	5.6331			

SITECODE – mezinárodní kód EVL či PO používaný v rámci soustavy NATURA 2000
BIOREG – biogeografická oblast: c = kontinentální, p = panonská
PO – ptačí oblast
PO_vodni – 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

Tab. 8-2.Seznam maloplošných zvláště chráněných území (MZCHÚ) v HGR 4523

KOD	KAT	NAZEV	ROZL	ROZL_BIOT	PROCENTO	Organ_OP
854	PP	Radouň	2.4959	0	0	krajský úřad
319	OP	Plešivec	13.9551	0	0	AOPK ČR
319	PP	Plešivec	43.8294	0	0	AOPK ČR
356	PP	Radobýl	6.0583	0	0	AOPK ČR
5638	PP	V kuksu	19.4293	0	0	krajský úřad
2415	NPP	Bílé stráně	1.3141	0	0	AOPK ČR
2230	PR	Kostelecké bory	55.7944	0	0	AOPK ČR
5911	OP	Stráně u Velkého Újezdu	2.0955	0	0	krajský úřad
5911	PP	Stráně u Velkého Újezdu	6.3166	0.1403	2.22	krajský úřad
5912	OP	Bílé stráně u Štětí	4.0662	0	0	krajský úřad
5912	PP	Bílé stráně u Štětí	12.498	0	0	krajský úřad
5913	OP	Skalky u Třebutiček	1.0185	0	0	krajský úřad
5913	PP	Skalky u Třebutiček	64.3031	0.0113	0.02	krajský úřad
5914	OP	Holý vrch	10.356	0	0	krajský úřad
5914	PR	Holý vrch	37.3552	0.0019	0.01	krajský úřad
5748	OP	Stráně u Drahobuzi	5.2306	0	0	krajský úřad
5748	PP	Stráně u Drahobuzi	8.1322	0	0	krajský úřad
5749	OP	Stráně nad Suchým potokem	4.9108	0	0	krajský úřad
5749	PP	Stráně nad Suchým potokem	6.9603	0	0	krajský úřad
5751	OP	Sovice u Brzánek	2.6966	0	0	krajský úřad
5751	PP	Sovice u Brzánek	1.154	0	0	krajský úřad
1641	OP	Kalvárie	10.3553	1.0747	10.38	AOPK ČR
1641	PR	Kalvárie	9.5812	0	0	AOPK ČR
1286	PR	Na Černčí	7.1383	0	0	krajský úřad
1354	PP	Husa	3.9015	0	0	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 souhrnně rozlohu biotopů s vazbou na podzemní vodu v hektarech, procento - jejich souhrnné plošné procentuální zastoupení v daném území.

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.

Všechny lokality s vazbou na podzemní vodu jsou potenciálně ohroženy změnami vodního režimu a je nutné je v hydrogeologických modelech zohlednit. 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 a vznik takové studie by byl velmi žádoucí.

Vybrané prioritní lokality jsou takové, u kterých je známé nebo předpokládané výraznější přímé ohrožení vodního režimu antropogenními činnostmi. Na těchto lokalitách by bylo vhodné zpracovat detailnější hydrogeologický průzkum resp. je podrobit hlubším hydrogeologickým analýzám, zjistit optimální parametry vodního režimu konkrétně pro tato území. MZCHÚ byla vybrána jednotlivými regionálními pracovišti AOPK ČR v rámci jejich územní působnosti. Platí, že MZCHÚ kategorií PR a PP jsou prioritní z regionálního hlediska, zatímco z národního hlediska jsou prioritní MZCHÚ kategorií NPR a NPP.

HGR 4523 neobsahuje vybrané lokality, které byly identifikovány jako prioritní s cennými ekosystémy z hlediska jejich vazby na podzemní vodu.

Následuje stručný popis jednotlivých chráněných území (MZCHÚ, EVL a PO) s vazbou na vodu nebo v okolí výchozů kolektoru C nebo jeho podloží, z veřejně dostupných zdrojů uvedených u každé lokality.

8.1. POPIS JEDNOTLIVÝCH CHRÁNĚNÝCH ÚZEMÍ

KALVÁRIE



Obr. 8-2. Kalvárie
(Foto: Josef Bělohlávek, mapy.cz)

Vynikající pohled do hlubin Porta Bohemica poskytuje právě rulový skalnatý ostroh PR Kalvárie, tyčící se nad pravým břehem, ve výšce 239 m, osazený třemi mohutnými kříži. Kromě nesporné geologicko-geomorfologické hodnoty je ukázkovým stanovištěm teplomilných lesostepních a stepních společenstev s chráněnými rostlinami a mimořádně velkým bohatstvím lišejníků. Lokalita byla proto vyhlášena r. 1993 jako PR Kalvárie na rozloze necelých 9 ha.

Sklanatý ostroh se třemi dřevěnými kříži na vrcholu tvoří výraznou dominantu České brány, z geologického hlediska představující nesmírně zajímavou lokalitu. Je celý tvořen mocným tělesem amfibolitů vybíhajícím směrem k severu, které je vyklíněné na rozhraní dvou významných regionálních jednotek Českého masivu, oblastí krušnohorsko-durinské a tepelsko-barrandienské. Jsou zde zastoupeny vcelku jednotvárné albit-epidotické amfibolity, na západě lemované výše metamorfovanými biotitickými amfibolity, které místy obsahují i granát. Relativně tenké vložky petrograficky odchylných hornin jsou tvořeny granát-muskovitickými, muskovitickými a amfibolickými svory. Od rulového komplexu krušnohorského krystalinika na západě jsou amfibolity odděleny ložní žílou červeně zbarvených leukokrátních křemenoživcových ortorul.

Východně od Kalvárie vystupují slabě metamorfované horniny fylitového komplexu - sericitické, kvarcitické a vápnité fylity, obsahující tenké vložky zelených břidlic a metamorfovaných karbonátů s ankeritem. Fylity jsou už řazeny k tepelskobarrandienské oblasti. Rozdíly v intenzitě metamorfózy mezi jednotlivými komplexy mají na tak krátkém úseku spíše charakter metamorfních skoků než pozvolného metamorfního přechodu a s největší pravděpodobností indikují tektonický styk mezi nimi.

(http://www.krusnohorsky.cz, http://lokality.geology.cz)

PLEŠIVEC



Obr. 8-3. PP Plešivec
(Foto: http://www.krusnohorsky.cz)

Nad Tlučeňským údolím, pod výrazně dominantním Hradištěm, se vypíná široký, 509 m vysoký čedičový kužel, na jehož záp. svahu se nacházejí stěny bývalého lomu, malý lom je i na vých. úpatí. Větší část vrchu porůstá listnatý les s duby šípáky, lípami, javory, jasany, břízami a jeřábem břekem. Věkovité exempláře lip nalezneme i v suti těsně pod vrcholem.

Plešivec je tvořen bazanitovou intruzí v pískovcích merboltického souvrství, která je obnažena v subvulkanické pozici. Eroze, která stále preparuje intruzivní těleso, má za následek vznik balvanité suti - kamenného moře. Při jeho vzniku zůstávají relativně hluboké nevyplněné prostory mezi jednotlivými balvany. Pokud není propojením prostor umožněna cirkulace vzduchu, pak se v nich hromadí těžší studený vzduch. V takové dutině může po zimním období vydržet zbytek sněhu ještě po dlouhou dobu. Toto je mechanismus vzniku ledových jam - chráněného fenoménu lokality Plešivec. Funkce ledových jam byla v minulosti narušena těžbou kamene. Na ochranu volných, otevřených sutí byla tato lokalita 14. 10. 1966 vyhlášena Přírodní památkou, na současnou výměru 32,7 ha přehlášena 30. 7. 1993. Chráněná oblast je zároveň evropsky významnou lokalitou

Mimo chráněnou lokalitu v lese při cestě k Plešivci (cca 500 m z. od křižovatky v Hlinné) je v lese opuštěný lůmek v pískovcích merboltického souvrství (již mimo HGR 4523).

(http://lokality.geology.cz, http://www.ceskestredohori.cz)

RADOBÝL



Obr. 8-4. Radobýl
(foto Jiří Komárek, CC BY-SA 4.0).

Západně Litoměřic se nad vsí Žalhostice zdvihá z poloviny ukousaný obrys čedičového kuželu vrchu Radobýl (399 m n. m.), jehož část byla již roku 1966 vyhlášena chráněným územím, dnešní výměra přírodní památky činí necelých 5 ha, ale zajímavé je i nechráněné okolí. Radobýl sice není tak známý jako nedaleký Lovoš, ale z přírodovědného hlediska je neméně zajímavý. Předmětem ochrany jsou velmi pěkné ukázky sloupcovitého rozpadu čediče a teplomilná rostlinná společenstva na jižních svazích.

Radobýl je zároveň evropsky významnou lokalitou kvůli zachovalé travinné vegetace skalní stepi. Jedná se o jednu ze sedmi lokalit sarančete *Stenobothrus eurasius* v ČR (v Českém středohoří) a významnou lokalitu termofilního hmyzu vázaného na lesostepní společenstva. Jedna z lokalit přástevníka kostivalového (*Callimorpha quadripunctaria*).

Vrch Radobýl je bazanitovým intruzivním tělesem ve slínovcích teplického souvrství. Kromě hodnoty krajinářské je zajímavý i z hlediska geologického. Ve svrchní partii je ze západní strany vrch odkryt opuštěným lomem, v jehož stěně sloupce celkově značně chaotické orientace. To dokládá značně složité podmínky ochlazování během tuhnutí magmatu. Takové podmínky nebývají časté ani u výlevu ani u subvulkanických faciích běžných přívodních drah. V místě, kde přívodní dráha dosahuje povrchu

a přechází zde intruze v efuzi, jsou však takové podmínky reálné. Proto lze vrch Radobýl označit za přívodní dráhu zachycenou ve své připovrchové facii, kde původně docházelo k výronům magmatu na povrch a vzniku láv.

Severní svah je porostlý listnatým lesem, okolí kopce křovinami, lady a zanedbanými loukami. Místy lze najít na živiny náročnější druhy. Nejcennější jsou ovšem reliktní pelyňkové stepi s hojným výskytem pelyňku ladního (*Artemisia campestris*). Největší vzácností jsou patrně zárazy vázané na pelyňky. V příznivých letech zde vykvétají desítky záraz písečných (*Orobanche arenaria*) v celé škále odstínů, desítky záraz šupinatých (*Orobanche artemisiae-campestris*); oba tyto druhy rostou i na dně bývalého lomu, na místech s výskytem živné rostliny. Vzácně zde vykvétá také záraza namodralá (*Orobanche coerulescens*).

(http://lokality.geology.cz, http://botany.cz, http://www.nature.cz)

BÍLÉ STRÁNĚ U LITOMĚŘIC



Obr. 8-5. Výchoz opukových hornin Bílé stráně
(foto Zdeněk Patzelt, http://www.cittadella.cz).

Území vyhlášené národní přírodní památkou v roce 1954 na výměře 3,24 ha je reprezentantem tzv. bílých strání – ekosystémů charakteristických pro J a JV okraj Českého středohoří. Bílé stráně u Litoměřic požívaly ochrany v majetku místního okrašlovacího spolku již v roce 1929.

Část příkrého erozně denudovaného svahu údolí Pokratického potoka, jehož geologický podklad je tvořen slínitými vápenci křídového stáří. Vápence jsou v nejvyšších polohách prokřemenělé a obsahují hojné mlže rodu Inoceramus. Podle obsahu zkamenělin a podle zvuku při poklepu dostala hornina název „zvonivá opuka inoceramová“. Za posledních 10 – 12 tisíc let zde došlo zřejmě několikrát k sesuvům svrchních vrstev, včetně vegetace, do nivy potoka a k opětovné sukcesi. Na nejstrmějších místech s vyplavenou jemnozemí jsou skeletovité půdy bez vegetace (v dálkových pohledech bíle prosvítají, odtud tedy název „bílé stráně“).

Geologický podklad vápnitých slínovců v kombinaci s konfigurací terénu (příkrý, erozně denudovaný svah Z expozice) a se suchým, teplým klimatem, vytváří ekologické podmínky pro vznik teplomilných

travnatých porostů a lemových společenstev keřů s výskytem řady náročných druhů rostlin, včetně chráněných: sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), koulenka prodloužená (*Globularia bisnagarica*), hořec křížatý (*Gentiana cruciata*), len žlutý a l. tenkolistý (*Linum flavum* a *L. tenuifolium*). Území patří k nejcennějším v severních Čechách, pokud jde o výskyt zástupců čeledi vstavačovitých: tořič hmyzonosný (*Ophrys muscifera*), střevíčník pantoflíček (*Cyprypedium calceolus*), vemeník dvoulistý (*Platanthera bifolia*), vstavač nachový (*Orchis purpurea*), pětiprstka obecná (*Gymnadenia conopsea*), bradáček vejčitý (*Listera ovata*). Z orchidejí se vyskytuje i kruštík polabský (*Epipactis albensis*). V roce 1989 bylo při inventarizačním průzkumu zjištěno 475 druhů vyšších rostlin, nově pro České středohoří pak kruštík růžkatý (*Epipactis muelleri*) a pryšec prutnatý (*Tithymalus tommasinianus*).

Území je velmi významné i zoologicky. Vyskytují se zde unikátní a vzácné druhy bezobratlých, např. měkkýš páskovka *Cepaea vindobonensis*, z brouků zde žijí monofágní (na jeden druh rostliny potravně vázaní) dřepčíci *Aphtona atrovirens* (vázán na len žlutý), *Longitarsus absinthii* (na pelyněk pontický), *Argopus ahrensi* (na plamének přímý) a nosatec *Liparus dirus* (na hladýš širolistý). S bohatstvím rostlinných druhů zcela jistě souvisí zjištění jednoho tisíce druhů motýlů, z nich významný je např. modrásek kozincový (*Glaucopsyche alexis*). Z obratlovců je udáváno cca 60 druhů, mezi významnější patří např. ropucha zelená (*Bufo viridis*), slavík obecný (*Luscinia megarhynchos*), cvrčilka slavíková (*Locustella luscinioides*) a strakapoud malý (*Dendrocopos minor*).

Území pokrývají asi z jedné pětiny bohatá teplomilná společenstva lesního charakteru s lískou, svídou krvavou, jeřábem mukem, zimolezem kozím listem a borovicí lesní.

Vývoj v území je nutné usměrňovat potlačováním expandujícího jasanu z nivy Pokratického potoka. Další negativní vliv představuje blízkost zástavby Litoměřic, zdejší obyvatelé tu vyhledávají příležitosti ke krátkodobé rekreaci i ke sportování. EVL Bílé stráně jako součást soustavy Natura 2000 je určena k ochraně teplomilných trávníků se zvláštním důrazem na střevíčník pantoflíček.

(http://www.cittadella.cz)

PLOSKOVICE



Obr. 8-6. Zámek Ploskovice
(foto wikimedia commons).

Zámecký park na jižním okraji obce Ploskovice, 5,5 km SV od centra Litoměřic je evropsky významnou lokalitou jako významný krajinný prvek a refugium xylofágního hmyzu - páchníka hnědého (*Osmoderma eremita*). Podloží tvoří eolické a deluvioeolické sedimenty (spraše a sprašové hlíny) kombinované s fluviálními sedimenty Ploskovického potoka. Jedná se o uměle upravované území - zámecký park s výsadbou exotických a domácích dřevin. Širší okolí tvoří intenzivně zemědělsky využívaná krajina.

(http://www.nature.cz)

STRÁNĚ U VELKÉHO ÚJEZDU

Soubor dvou chráněných lokalit (PP a EVL) tzv. bílých strání na Litoměřicku. Jedná se o stráň JZ od obce Dolní Řepčice a o svahy S od Zahořan. Geologické podloží tvoří středoturonské písčité slínovce, svrchnoturonské až koniacké slínovce a vápnité jílovce České křídové pánve. Ve vrcholových partiích bílých strání se často vyskytují návěje spraše. Hlavní půdní jednotkou jsou pararendziny. Členitá, málo zalesněná pahorkatina při úpatí Českého středohoří s venkovským charakterem osídlení se značným podílem orné půdy, ale i ploch dříve využívaných k pastvě dobytka nebo jako ovocné sady či vinice.

Mimořádně floristicky pestrá společenstva převážně širokolistých xerotermních trávníků s výskytem celé řady vzácných a zvláště chráněných rostlinných druhů. Lokalita je významná výskytem dvou druhů pětiprstek - p. žežulník (*Gymnadenia conopsea*) a p. hustokvětá (*G. densiflora*).

Vegetační kryt obou lokalit je vzájemně velmi podobný. Jedná se převážně o bylinnou vegetaci s faciemi křovin na křídových slínovcích tvořících fenomén "bílých strání". Předmětem ochrany jsou výjimečně druhově bohaté širokolisté xerotermní trávníky sv. *Bromion erecti* s výskytem řady ohrožených druhů.

Ze vzácných rostlinných druhů byl v lokalitách vyskytují: sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), bělozářka větevnatá (*Anthericum ramosum*), hvězdnice chlumní (*Aster amellus*), hvězdnice zlatovlásek (*Aster linosyris*), ostřice nízká (*Carex humilis*), ostřice plstnatá (*C. tomentosum*), pcháč panonský (*Cirsium pannonicum*), čičorka pochvatá (*Coronilla vaginalis*), škarda ukousnutá (*Crepis praemorsa*), koulenka prodloužená (*Globularia punctata*), pětiprstka žežulník (*Gymnadenia conopsea*), pětiprstka hustokvětá (*G. densiflora*), len žlutý (*Linum flavum*), len tenkolistý (*Linum tenuifolium*), hořec křížatý (*Gentiana cruciata*), vstavač nachový (*Orchis purpurea*), tořič hmyzonosný (*Ophrys insectifera*), plamének přímý (*Clematis recta*), žluťucha menší (*Thalictrum minus*), černohlávek velkokvětý (*Prunella grandiflora*), hadí mord španělský (*Scorzonera hispanica*) a řada dalších.

(http://www.nature.cz)

SKALKY U TŘEBUTIČEK

Lesnatý kopec mezi obcemi Sedlec, Třebutičky a Encovany , suk tvaru ploché kupy vrcholí plochým hřbetem s nadmořskou výškou 338 m n. m. Útvar vystupujících koniackých vápnitých slínovců a jílovců je budovaný třetihorními vulkanity (trachybazalt). Půdní podloží tvoří černozemě modální a karbonátové. Předmětem ochrany PP a EVL je zachovalá reprezentativní ukázka lesních porostů, jejichž druhová skladba odpovídá složení původních přirozených lesů v oblasti. Jedná se o jedinou lokalitu bažanky vejčité (*Mercurialis ovata*) v Čechách. V lokalitě se vyskytuje i řada dalších vzácných druhů rostlin.

Dominantní složkou vegetace je mozaika společenstev teplomilných bazifilních doubrav (sv. *Quercion petraeae*) a hercynských dubohabřin (sv. *Carpinion*). Dubohabřiny na lokalitě zřetelně převládají. Ve stromovém patře dominuje dub zimní a letní (*Quercus petraea, Q. robur*), přimíšena bývá lípa srdčitá (*Tilia cordata*) a javor babyka (*Acer campestre*). Habr obecný (*Carpinus betulus*) je zastoupen překvapivě málo. V keřovém patře se hojně vyskytuje svída krvavá (*Cornus sanguinea*), dřín jarní (*Cornus mas*), zimolez obecný (*Lonicera xylosteum*), líska obecná (*Corylus avellana*), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*) a hlohy (*Crataegus sp.*). V bylinném patře dubohabřin jsou hojně zastoupeny: sasanka hajní (*Anemone nemorosa*), bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*), svízel vonný (*Galium odoratum*), jaterník podléška (*Hepatica nobilis*), hrachor jarní (*Lathyrus vernus*), hrachor černý (*L. niger*), černýš hajní (*Melampyrum nemorosum*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*), plicník lékařský (*Pulmonaria officinalis*), ptačinec velkokvětý (*Stellaria holostea*), řimbaba chocholičnatá (*Pyrethrum corymbosum*), violka lesní (*Viola reichenbachiana*). V bazifilních teplomilných doubravách dominuje v podrostu válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*), hojně je zastoupena mochna bílá (*Potentilla alba*), srpice barvířská (*Serratula tinctoria*), občas lze najít hlístník hnízdák (*Neottia nidus-avis*). V menší míře se v lokalitě vyskytují kamejkové doubravy sv. *Quercion pubescenti-petraeae*. Tato společenstva se vyskytují na jižně exponovaných okrajích lesa. Ve stromovém patře převládá dub zimní (*Quercus petraea*), hojně je zastoupen dub pýřitý (*Quercus pubescens*). V hustém keřovém patře dominuje dřín jarní (*Cornus mas*), kalina tušalaj (*Viburnum lantana*), hlohy (*Crataegus sp.*), hojně je přítomen jeřáb břek (*Sorbus torminalis*). Bylinné patro se vyznačuje dominancí kamejky modronachové (*Lithospermum purpurocaeruleum*). Jižní okraje lokality zahrnují také fragmenty širokolistých xerotermních trávníků sv. *Bromion erecti*, tyto trávníky nejsou obhospodařovány a rychle zarůstají křovinami a náletovými dřevinami. Ze vzácných rostlinných druhů se v lokalitě vyskytuje: hlaváček letní (*Adonis aestivalis*), h. jarní (*A. vernalis*), ostřice nízká (*Carex humilis*), o. drobná (*C. supina*), pcháč bělohlavý (*Cirsium eriophorum*), lilie zlatohlavá (*Lilium martagon*), bradáček vejčitý (*Listera ovata*), kamejka modronachová (*Lithospermum purpurocaeruleum*), medovník meduňkolistý (*Melittis melissophyllum*), bažanka vejčitá (*Mercurialis ovata*), hlístník hnízdák (*Neottia nidus-avis*), smldník jelení (*Peucedanum cervaria*), prvosenka jarní (*Primula veris*), hadí mord nízký (*Scorzonera humilis*) a dřín jarní (*Cornus mas*). Lesní vegetace lokality odpovídá přirozené rekonstruované vegetaci oblasti.

(http://www.nature.cz)

HOLÝ VRCH



Obr. 8-7. Holý vrch u Encovan
(foto http://www.ceskestredohori.cz)

Jihovýchodní, jižní a jihozápadní svahy, bývalé pastviny, vinice a ovocné sady, jsou dnes rozčleněny křovinatými mezemi na neudržované travnaté plochy, místy se starými ovocnými stromy, zarůstající expanzívními náletovými dřevinami a na pásma obdělávaných polí. Jižní úpatí ohraničuje pás chatové zástavby. Mírný spád západního svahu, vybíhajícího v dlouhém cípu k Zahořanům, přechází pozvolna v nižší stupeň zakončený vyhlídkovou plošinkou s křížkem a několika lavičkami, často navštěvovaný vycházkový cíl. Ve starších průvodcích se dočteme, že se zde kdysi pořádaly tradiční slavnosti pálení svatojánských ohňů. Vrchol a nejvyšší partie severního svahu pokrývá převážně dubový háj, který se směrem k širokému úpatí mění v teplomilnou doubravu. Menší lesík smíšený s jehličnany je i na jihovýchodním úbočí pod vodárenským objektem.

Na celém rozsáhlém a členitém návrší se nalézají roztroušeně vulkanitové balvany. Jádro kopce tvoří vyvřelina trachybazaltu, která v třetihorách nadzvedla křídovou svrchní vrstvu tvořenou vápnitými jílovci a slínovci. Na tomto podloží nalezla domov velká řada rostlin, na loukách např. sasanka lesní, čistec přímý, ožanka kalamandra, svízel sivý a povázka, jestřábníky, vičenec ligrus, smldník jelení, trýzel vonný, šalvěj luční, mateřídoušky, mařinka psí, devaterník velkokvětý tmavý, pryskyřník prudký, jetel alpínský a horský, vikev tenkolistá, čičorka pochvatá, kozí brada východní, hadí mord španělský, hvězdnice chlumní, krvavec menší, úročník bolhoj, pcháč bezlodyžný, štírovník růžkatý, zvonek broskvolistý a klubkatý, ledenec přímořský, oman hnidák, kozinec sladkolistý, jitrocel prostřední, kopretina chocholičnatá, bělozářka větevnatá, modřenec tenkolistý, černýš rolní, lněnka lnolistá, pupava obecná, typicky velké porosty vytváří oman vrbolistý a za příznivých podmínek je zde možné spatřit i některé druhy záraz, např. z. žlutou a z. hřebíčkovou. Při okrajích obilných lánů vykvétá dříve běžný plevel, dnes silně ohrožený hlaváček letní. V doubravě nalezneme rozsáhlé kolonie kamejky modronachové, v menším rozsahu konvalinky vonné a mařinky vonné, dále zde roste hojně lilie zlatohlavá a medovník meduňkolistý, poměrně početná je okrotice bílá a hlístník hnízdák. Z dalších rostlin plicník tmavý, jaterník podléška, prvosenka jarní, sasanka hajní a pryskyřníkovitá, bažanka vytrvalá, hrachor jarní a černý, strdivka nicí a zbarvená, kokořík mnohokvětý, zběhovec ženevský, jestřábník zední, smldník jelení, bělozářka větevnatá, hladýš širolistý, kopytník evropský, lýkovec jedovatý, mochna bílá, ptačinec velkokvětý, silenka nicí, kruštík širokolistý, srpice barvířská, hnilák smrkový, pcháč panonský, zvonek klubkatý, jehlice trnitá, černohlávek velkokvětý, pupava obecná. Větší část tohoto kopce byla vzhledem k výskytu vzácných a chráněných rostlin zařazena mezi Evropsky významné lokality, tvoří též součást soustavy Natura 2000.

(http://www.nature.cz)

STRÁNĚ NAD SUCHÝM POTOKEM

Přírodní památka a evropsky významná lokalita se nachází na stráni za jižním okrajem obce Encovany na Litoměřicku. Geologické podloží tvoří středoturonské písčité slínovce, svrchnoturonské až koniacké slínovce a vápnité jílovce České křídové pánve. Ve vrcholových partiích bílých strání se často vyskytují návěje spraše. Vůdčím půdním typem jsou pararendziny. Pahorkatina tvoří sedimentární stupňovinu strukturně denudačních plošin s široce rozevřenými neckovitými údolími stromovité vodní sítě. Reliéf má charakter mírně ukloněných svahů. Členitá, málo zalesněná pahorkatina při úpatí Českého středohoří má venkovský charakter osídlení a značný podíl orné půdy, ale i ploch dříve využívaných k pastvě dobytka nebo jako ovocné sady či vinice. Předmětem ochrany je velmi pestrá květena bývalých ovčích pastvin s celou řadou vzácných a zvláště chráněných rostlinných druhů. Jedná se převážně o bylinou vegetaci s faciemi křovin na křídových slínovcích tvořících fenomén "bílých strání". Hlavním předmětem ochrany jsou výjimečně druhově bohaté širokolisté xerotermní trávníky (sv. *Bromion erecti*) s výskytem řady ohrožených druhů.



Obr. 8-8. Porost bělozářky větvité v květu v PP Stráně nad Suchým potokem
(foto http://www.ibot.cas.cz).

Na větších plochách se zde také vyskytují porosty pěchavy vápnomilné bez dalších diagnostických skalkových druhů. Ze vzácných rostlinných druhů byl v lokalitách zaznamenán výskyt: hlaváček jarní (*Adonis vernalis*), sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), bělozářka větevnatá (*Anthericum ramosum*), hvězdnice chlumní (*Aster amellus*), brukev prodloužená pravá (*Brassica elongata subsp. elongata*) (lokalita u Encovan je jedinou lokalitou tohoto druhu v Čechách), ostřice nízká (*Carex humilis*), ostřice plstnatá (*C. tomentosum*), len žlutý (*Linum flavum*), len tenkolistý

(*Linum tenuifolium*), hořec křížatý (*Gentiana cruciata*), koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis subsp. bohemica*), žluťucha menší (*Thalictrum minus*), černohlávek velkokvětý (*Prunella grandiflora*), koulenka prodloužená (*Globularia bisnagarica*), prvosenka jarní (*Primula veris*) a řada dalších.

(http://www.nature.cz)

STRÁNĚ U DRAHOBUZI

Evropsky významná lokalita sestává ze tří oddělených částí o celkové výměře 8,0 ha, které se rozkládají na pravé straně údolí Úštěckého potoka mezi obcemi Drahobuz a Vědlice, v nadmořské výšce 187 - 250 m. Převážně jižní svahy údolí, které byly v minulosti využívány zejména jako pastviny, vinice a ovocné sady, hostí druhově bohaté teplomilné trávníky s význačným zastoupením vstavačovitých rostlin. K ochraně těchto biotopů prohlásil Ústecký kraj v roce 2012 toto území přírodní památkou.

Geomorfologicky náleží chráněné území do okrsku Úštěcké pahorkatiny, který je součástí soustavy České tabule. Rozkládá se na převážně jižních svazích na pravé straně široce rozevřeného údolí Úštěckého potoka, vytvořeného ve vápnitých pískovcích a písčitých slínovcích svrchní křídy, místy zejména v horních částech svahů překrytých pokryvy vápnité spraše. Převládajícím půdním typem jsou pararendziny na křídových horninách a svahovinách a kambizemě na spraších.



Obr. 8-9. Vstavač osmahlý, Stráně u Drahobuzi a Vědlic
(foto http://www.launensia.cz).

Území přírodní památky je dlouho známé především výskytem teplomilné nelesní vegetace s bohatým výskytem rostlin z čeledi vstavačovitých (*Orchidaceae*) a v tomto ohledu patří bezesporu k nejvýznamnějším lokalitám v Čechách. Rozhodujícím vegetačním typem jsou zde takzvané širokolisté teplomilné trávníky, tj. druhově bohaté travní porosty na výslunných suchých stanovištích v oblasti teplomilné květeny, které se zpravidla vyznačují zvýšeným podílem dvouděložných bylin a dominancí dvou druhů trav - válečky prapořité (*Brachypodium pinnatum*) nebo sveřepu vzpřímeného (*Bromus erectus*). Pozemky s touto vegetací byly po staletí tradičně využívány především jako extenzivní pastviny, kterými byly již v mladší době kamenné ve starosídelní oblasti české kotliny plynule nahrazovány lesostepi či rozvolněné světlé doubravy starého holocénu. Tato vegetace proto velmi často zahrnuje i různé reliktní druhy rostlin submediterránního či kontinentálního rozšíření, které sice byly v otevřené krajině rané poledové doby běžné i v české kotlině, avšak v mírném klimatu holocénu zde postupně musely ustoupit stále se rozšiřujícímu lesu.

(http://www.usteckykraj-priroda.cz)

V KUKSU

Z čeledi *Orchidaceae* je v lokalitě prokazován recentní výskyt deseti druhů. Mimo střevíčníku pantoflíčku to jsou také: to hmyzonosný (*Ophrys insectifera*), kruštík růžkatý (*Epipactis muelleri*), okrotice bílá (*Cephalanthera damasonium*), kruštík tmavočervený (*Epipactis atrorubens*), hlístník hnízdák (*Neottia nidus-avis*), vemeník dvoulistý (*Platanthera bifolia*), vemeník zelenavý (*Platanthera chlorantha*), bradáček vejčitý (*Listera ovata*), kruštík širolistý (*Epipactis helleborine subsp. helleborine*).



Obr. 8-10. Střevíčník pantoflíček (*Cypripedium calceolus*)
(foto http://www.biomonitoring.cz).

Podloží oblasti zájmového území je tvořeno především druhohorními křídovými horninami. Jedná se o zpevněné sedimenty jizerského souvrství (střední a svrchní turon) se zastoupením vápnitých i jílovitých jemnozrnných pískovců a křemenných arkózovitých pískovců dílem jílovitých nebo vápnitých.

Jaroš P. (2008): Plán péče o zvláště chráněné území PP v kuksu na období 2010-2019, Krajský úřad Ústeckého kraje, Ústí n. L., 2008, http://www.usteckykraj-priroda.cz

(http://www.nature.cz)

NA ČERNČÍ



Obr. 8-11. Vemeníky (*Plathanthera*) na Černčí
(foto Tomáš Koubek, CC BY-SA 3.0).

Přírodní rezervace Na Černčí byla zřízena Okresním národním výborem v Litoměřicích v roce 1990 na výměře 7,6 ha. Rezervace byla zřízena k ochraně vápnomilného boru s mimořádným bohatstvím vzácných a chráněných druhů rostlin. Jedná se o jednu z druhově nejbohatších lokalit vstavačovitých rostlin v Ústeckém kraji, a proto je území zařazeno také mezi evropsky významné lokality. Rezervace se rozkládá v nadmořské výšce 300 - 315 m na v plochém terénu charakteristickém pro zbytky starého tercierního reliéfu v Úštěcké pahorkatině. Jedná se o plochý zalesněný hřbet 2,5 km SZ od obce Velký Hubenov, 1,25 km S od osady Julčín. Podloží je tvořeno polohami vápnitých slínovců a pískovců svrchní křídy, překrytých kvartérními vápnitými sprašemi. Tato souvrství křídových sedimentů jsou v širším okolí často narušena tektonicky založenými erozními depresemi zanořenými pod původní úroveň starého reliéfu, což vytváří specifický ráz Úštěcké pahorkatiny i sousedních Polomených hor. Půdním typem jsou písčitohlinité rendziny s vysokým obsahem vápníku.

Chráněné území tvoří izolovaný porost borovice lesní obklopený zemědělskými pozemky. Bylinné patro je charakteristické dominancí válečky prapořité (*Brachypodium pinnatum*) a účastí velkého počtu dalších druhů kontinentálního i mediteránního rozšíření, z nichž některé jsou často považovány za relikty (zbytky) původní vegetace raného holocénu. V něm ve střední Evropě převládala lesostepní vegetace s převahou borovice, odpovídající tehdejšímu kontinentálnímu klimatu. Podle jedné z hypotéz mohly extrémní růstové podmínky na vápnitých a silně vysychavých písčitohlinitých půdách zdejší oblasti vylučovat konkurenci stinných lesních dřevin šířících se v poledové době z glaciálních refugií (a určujících postupně charakter středoevropské lesní vegetace) do té míry, že to umožnilo zachování světlého borového lesa blízkého raným formám postglaciální dřevinné vegetace - tzv. reliktního vápnomilného boru. Podle jiné hypotézy je celkově reliktní charakter těchto porostů výsledkem činnosti člověka v nepřetržitě obývané starosídelní oblasti, který v průběhu holocénu nahradil rozvoj lesa udržováním tzv. kulturní stepi. Současná podoba lesa v rezervaci by pak byla podstatně mladší a mohla by být například výsledkem spontánního zalesnění starých pastvin opuštěných v 19. století.

V rezervaci se do současné doby vyskytuje především mimořádný počet druhů z celkově ohrožené čeledi vstavačovitých (*Orchidaceae*); v tomto směru jde o jednu z nejvýznamnějších lokalit v Čechách. Přestože počet jedinců u jednotlivých druhů v průběhu doby kolísá a v některých letech se některé druhy neobjevují vůbec, byl zde v posledních desetiletích potvrzen výskyt nejméně dvanácti druhů evropských orchidejí. Z nich lze jmenovat například tořič hmyzonosný (*Ophrys insectifera*), jehož květy napodobují tvarem i vůní samičky opylovače - kutilek z rodu *Gorytes*. Z dalších druhů lze najít např. vstavač nachový (*Orchis purpurea*) nebo větší počet druhů z rodu kruštík (*Epipactis*) z nichž kruštík širolistý oddálený (*E. helleborine* subsp. *orbicularis*) se zde vyskytuje na jediném nalezišti v Čechách.

Kromě vstavačovitých rostlin se v rezervaci vyskytuje celá řada dalších chráněných a ohrožených druhů rostlin, například koulenka prodloužená (*Globularia bisnagarica*), sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica*), kociánek dvoudomý (*Antennaria dioica*), len žlutý (*Linum flavum*) nebo čičorka pochvatá (*Coronilla vaginalis*).

(http://www.usteckykraj-priroda.cz, http://www.nature.cz)

RADOUŇ

Chráněné území se sestává z oddělených částí situovaných západně (tzv. Radouň I.) a severovýchodně (Radouň II.) od obce Radouň v nadmořské výšce 215-225 m. Radouň I. tvoří terasovitá stráň

s převážně severní expozicí vlevo nad silnicí Radouň – Čakovice, cca 200 m od zástavby. Radouň II. představuje stráň se západní expozicí vpravo nad silnicí Radouň - Křešov, cca 350 m od obce.



Obr. 8-12. Koniklec v PP Radouň
(foto Tomáš Srb, mapy.cz).

Předmětem ochrany jsou opukové stráně s výskytem vstavače vojenského a dalších vzácných druhů. Geologické podloží tvoří stejně jako v širším okolí vápnité slínovce (opuky) svrchní křídy. Půdy jsou písčitohlinité, na lokalit Radou II (strmá stráň) je půda mělká, kamenitá, typu rendzina. Na svažitých stanovištích se vytvořily mělké vysychavé půdy se zvýšeným obsahem vápníku.

Vegetace přírodní památky je reprezentativní ukázkou tzv. širokolistých teplomilných trávníků, kterými byly v oblasti Ústecké pahorkatiny na mnoha místech nahrazeny původní teplomilné doubravy. Tyto vegetační formace byly v minulosti udržovány především extenzivní pastvou ovcí a koz. Pokud po ukončení tradičního způsobu obhospodařování nezarostly spontánně se šířícími dřevinami, jsou dnes často významným útočištěm mnoha vzácných a chráněných druh rostlin a bezobratlých živočichů. Na travnaté stráni se severní expozicí svažující se do mělkého údolí Obrtky, roste až několik set exemplářů silně ohroženého vstavače vojenského (*Orchis militaris*). Krom toho se zde nacházejí i další chráněné druhy — hořec křížatý (*Gentiana cruciata*) a sasanka lesní (*Anemone sylvestris*). Na lokalitě byly pozorovány běžné druhy obratlovců kulturní stepi, v sousedství přírodní památky je kolonie chráněného druhu břehule říční (*Riparia riparia*). Vzhledem k předmětu ochrany není zoologický význam lokality rozhodující.

(Plán péče o přírodní památku Radouň na období 2009-2018, Krajský úřad Ústeckého kraje, Ústí n. L., 2008, http://www.usteckykraj-priroda.cz)

NEBESKÝ RYBNÍČEK U VESELÍ

EVL Nebeský rybníček se nachází v osadě Veselí u silnice Chcebuz - Újezd, která tvoří západní hranici CHKO Kokořínsko. Území je součástí České křídové tabule, která je zde převážně tvořena křemennými pískovci. V případě vlastní lokality se vyskytují kvartérní hlinito-písčité sedimenty.

V území i nejbližším okolí jsou vyvinuty různě mocné pokryvy sprašových hlín. Území je drobnou sníženinou na plošině na sprašových pokryvech v nadmořské výšce okolo 320 m.



Obr. 8-13. Čolek velký
(foto http://www.ceskestredohori.info).

S ohledem na plnění dešťovými srážkami je běžné kolísání vody v rozsahu cca 50 cm, což však vzhledem k plochému charakteru znamená často vyschnutí více než poloviny plochy. Mělký eutrofní rybník bez výskytu ryb zarůstající až na středovou plochu (cca 50 m^2) na trvale či alespoň dlouhodobě zaplavených místech především orobincem širolistým a v méně podmáčených místech porosty ostřic (*Carex gracilis*). Bohatá lokalita několika druhů obojživelníků, významná především výskytem čolka velkého (*Triturus cristatus*). Jediná lokalita čolka velkého v CHKO Kokořínsko, která je zároveň lokalitou s početnou populací.

(http://www.nature.cz)

BÍLÉ STRÁNĚ U ŠTĚTÍ



Obr. 8-14. Bílé stráně u Štětí s pohledem na město
(foto Aztec, CC BY-SA 4.0).

Lokalita PP a EVL se táhne ve svahu podél železniční trati Litoměřice - Štětí, severovýchodně od města Štětí. Prudké svahy vznikly v minulosti vlivem erozní činnosti řeky Labe. Podloží je tvořeno slínovci a vápenitými jílovci. Na prudkých svazích je porost vegetace často mezerovitý, může docházet k lokálním sesuvům a mezi bylinným porostem pak prosvítá podložní hornina. Vzhledem

k její světlé barvě se podobným typům stanovišť říká bílé stráně. Stráně, orientované k jihu až jihozápadu, pohltí přes den velké množství slunečního záření, místní klima je výrazně sušší a teplejší než v okolí. Proto zde roste také specifické rostlinstvo a životní prostor tu nalézá mnoho druhů teplomilného hmyzu.

Ze vzácných a chráněných druhů rostlin se zde vyskytuje například vstavač vojenský (*Orchis militaris*), koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis subsp. bohemica*), sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), bělozářka liliovitá (*Anthericum liliago*), hvězdnice zlatovlásek (*Aster linosyris*), záraza žlutá (*Orobanche lutea*), kavyl Ivanův (*Stipa pennata*).

V minulosti bývaly stráně intenzivně vypásány dobytkem. V současné době, kdy stráně nejsou nijak udržovány, postupně zarůstají náletovými křovinami, na některých místech byl uměle založen lesní porost. Tím se mění zdejší mikroklima, půda je zastíněna a bujněji rostoucí dřeviny postupně vytlačují vzácné teplomilné rostlinstvo. Pro uchování stabilních populací chráněných rostlin je nezbytné o lokalitu pravidelně pečovat, sekat nebo vypásat stádem ovcí a koz.

(http://www.usteckykraj-priroda.cz, http://www.nature.cz)

SOVICE U BRZÁNEK



Obr. 8-15. Sovice
(foto Aleš pospíšil, mapy.cz).

Lokalita na jihovýchodním svahu vrchu Sovice u Brzánek na Litoměřicku. PP a EVL byla zřízena pro ochranu mimořádně pestrých společenstev převážně širokolistých xerotermních trávníků s výskytem celé řady vzácných a zvláště chráněných rostlinných druhů. Lokalita je význačná také pro výskyt v Ústeckém kraji ojedinělého společenstva pěchavových trávníků (as. *Helianthemo cani-Seslerietum calcariae*). Společenstva jsou velmi pestrá, což je částečně způsobeno přechody mezi polohami slínovců a spraše.

Geologické podloží tvoří středoturonské písčité slínovce, svrchnoturonské až koniacké slínovce a vápnité jílovce České křídové pánve. Ve svrchní části lokality jsou uloženy eolické sedimenty spraší. Vůdčím půdním typem jsou pararendziny. Členitá, málo zalesněná pahorkatina při úpatí Českého středohoří s venkovským charakterem osídlení se značným podílem orné půdy, ale i ploch dříve využívaných k pastvě dobytka nebo jako ovocné sady či vinice.Jedná se převážně o bylinnou vegetaci

rozvolněných xerotermních trávníků sv. *Bromion erecti* s faciemi křovin na křídových slínovcích tvořících fenomén bílé stráně. Návěje eolické spraše ve vrchních partiích lokality podmiňují také existenci poněkud odlišnější vegetace charakteru kavylových stepí (sv. *Festucion valesiacae*). Výskyt této vegetace je však v rámci lokality pouze marginální. Maloplošně se v lokalitě vyskytují i pěchavové trávníky as. *Helianthemo cani-Seslerietum calcariae*.

Ze vzácných rostlinných druhů v lokalitě roste: sasanka hajní (*Anemone sylvestris*), bělozářka liliovitá (*Anthericum liliago*), hvězdnice chlumní (*Aster amellus*), ostřice nízká (*Carex humilis*), o. Michellova (*C. michelii*), čičorka pochvatá (*Coronilla vaginalis*), pryšec sivý pravý (*Euphorbia seguieriana subsp. seguieriana*), koulenka prodloužená (*Globularia bisnagarica*), devaterník šedý (*Helianthemum canum*), len tenkolistý (*Linum tenuifolium*), černohlávek velkokvětý (*Prunella grandiflora*), koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis subsp. bohemica*), kavyl Ivanův (*Stipa pennata*).

(http://www.nature.cz)

ROVERSKÉ SKÁLY



Obr. 8-16. Roverské skály - Na okrajovkách. Zde prochází skalou železivec - subvertikální železitá plotna, která díky vysoké pevnosti nesnadno eroduje a chrání před oplachem i okolní měkčí horninu. (http://www.roverky.cz/galerie/indr10.html)

Rozsáhlý lesní komplex evropsky významné lokality se nachází v severní části CHKO Kokořínsko zhruba mezi kopcem Vlhošť a silnicí Dubá - Tuhaň. Rozsahem největší část území tvoří křídové sedimenty – pískovce jizerského souvrství (střední – zčásti svrchní turon). Reliéf Roverských skal lze označit za erozně denudační a jeho vznik je z velké části podmíněn litologickým charakterem křídových, terciérních a kvartérních hornin. Lze ho označit za strukturní stupňovinu s hustou sítí

kaňonovitých údolí. Základní typy půd úzce souvisejí s půdotvornými substráty. Na převážně fyzikálních rozpadech křemenných pískovců se vyskytují kyselé rankery, podzolované kambizemě a podzoly.

Lesní porosty Roverských skal tvoří především borové doubravy a na extrémních místech (okraje skal, některé skalní plošiny) i reliktní bory. V hlubších údolích obvykle převládají nepůvodní smrčiny, částečně se zachovaly acidofilní bučiny. V podrostu většiny borových porostů dominuje borůvka černá (*Vaccinium myrtillus*), popř. brusinka obecná (*Vaccinium vitis-idaea*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*) a metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*). Na osluněných hranách skal se vyskytují maloplošná vřesoviště. Skalní vegetace je častá, ale netypická a slabě vyvinutá - převládají mechorosty a částečně kapraďorosty (*Polypodium vulgare, Dryopteris sp.div.*). Vláskatec tajemný (*Trichomanes speciosum*) osídluje četné voštiny, jeskyně a převisy skal v místech, kde je dostatečná vlhkost a kam dopadá jen minimum slunečního záření.

V pískovcových skálách erozí rozčleněných do rozličných dutých tvarů se nacházejí četné mikrolokality vláskatce tajemného (*Trichomanes speciosum*). Jeskyně, štěrbiny, voštiny a převisy jsou pro vláskatec velmi vhodné, udržuje se v nich relativně konstantní teplota a vlhkost a druh tvoří vitální a rozsáhlé kolonie.

(http://www.nature.cz)

HUSA



Obr. 8-17. PP Husa
(foto: ŠJů, CC BY-SA 3.0)

Přírodní památka zahrnuje pískovcovou plošinu s vrcholem Husa (449 m n. m.) a její okolí. Jedná se o území s výrazně vyvinutými geologicko – geomorfologickými jevy, jako jsou železité inkrustace, pseudoškrapy, voštiny, pískovcové stalagnity s miskou na vrcholu, kamenné hodiny apod. Na pískovcové plošině je rozvolněný borový porost reliktního charakteru s typickými společenstvy vyšších a nižších rostlin.

Hřbet je tvořen středně zrnitými až hrubozrnnými křemennými pískovci svrchní části jizerského souvrství, místy prostoupenými limonitickým tmelem. V severní části hřbetu jsou vyvinuty mikro- a mezoformy reliéfu zčásti podmíněné železitými inkrustacemi: pseudoškrapy, skalní mikropyramidy a hřibovitý skalní útvar. Na příkrých okrajových svazích jsou vyvinuta 2-3 patra skalních stěn

s kryoplanačními terasami. Akumulací železitých inkrustací v pískovcích na vrcholu Husy vznikla nepravidelná hřibovitá skála. Selektivní zvětrávání zde umožnilo plasticky vyniknout nejrůznějším, červenohnědě až šedočerně zbarveným strukturám tvořeným železitým pískovcem až téměř čistým limonitem. Ty vytvářejí pěnovité, miskovité a nepravidelně zprohýbané páskovité formy, konkrece a jiné železité inkrustace, jež lze pozorovat i jinde na hřbetu, kde se díky přítomnosti slabých zvlněných vrstviček vyvinuly pískovcové kužely tvaru gejzírových stalagmitů s kráterovitě vyvětralou prohlubeninou na vrcholu. Místy se zpravidla v zrnitostně homogenních pískovcích vytvořily obecné i žlábkové pseudoškrapy s víceméně souvislými hřbety orientovanými ve směru sklonu svahu a na pískovcových stěnách voštiny.

Území přírodní památky pokrývají acidofilní lesní společenstva. Rozšířené jsou borové doubravy (svaz *Quercion robori - petreae*) a reliktní bory (svaz *Dicrano - Pinion*), v podrostu dominují drobné keříčky - borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusinka (*Rhodococcum vitis-idea*) a vřes (*Calluna vulgaris*). Jen okrajově zasahují do území acidofilní bučiny (svaz *Luzulo - Fagion*), které jsou prakticky bez podrostu (tzv. nahé bučiny). Fauna chráněného území nebyla prozatím podrobněji sledována a lze předpokládat, že je v mnohém podobná fauně blízké PR Kostelecké bory.

(http://lokality.geology.cz, http://kokorinsko.ochranaprirody.cz)

KOSTELECKÉ BORY



Obr. 8-18. Kostelecké bory
(foto: Matěj Baťha, CC BY-SA 3.0)

Posláním této přírodní rezervace je ochrana rozsáhlých borových porostů reliktního charakteru s typickými společenstvy rostlin a živočichů.

Vegetace je zde tvořena acidofilními lesními společenstvy. Na hřbety a skalní hrany s mělkou vrstvou půdy jsou vázány bory asociace *Dicrano-Pinetum*, v malé míře se na méně exponovaných stanovištích vyskytují borové doubravy asociace *Vaccinio vitis-idaeae-Quercetum*. Stromové patro obou společenstev je tvořeno borovicí lesní, v borových doubravách je navíc přimíšen i dub. Nápadný rozdíl

mezi společenstvy je ve fyziognomii stromového patra - v reliktních borech jsou borovice nižší, často pokroucené a s nižším zápojem, naopak je zde hojně zastoupeno spodní patro mladších jedinců (toto v borových doubravách prakticky chybí). Obě jednotky mají též velmi podobný bylinný podrost, tvořený především borůvkou a několika dalšími acidofyty. Pouze na extrémních stanovištích v borech je místy výrazněji vyvinuto mechové a lišejníkové patro. Z významnějších rostlinných druhů se v rezervaci vyskytuje psamofilní druh kolenec Morisonův (*Spergula morisonii*) a horský prvek sedmikvítek evropský (*Trientalis europaea*).

Území je také významným refugiem pro společenstva bezobratlých živočichů obývajících porosty vřesu, lišejníků a přirozené borové lesy s dostatkem starých a odumírajících stromů. Vyskytuje se tu řada vzácných či ohrožených druhů především mezi pavouky, brouky a blanokřídlým hmyzem. V lesních porostech však byly pozorovány i chráněné druhy ptáků, a to dokonce silně ohrožený lelek lesní (*Caprimulgus eurapaeus*), sýc rousný (*Aegolius funereus*) a kulíšek nejmenší (*Glaucidium passerinum*).

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a Lesy České republiky, s. p., uzavřely dne 23. června 2006 dohodu o ponechání lesních porostů v této rezervaci samovolnému vývoji. Cílem uzavřené dohody je umožnit na vymezeném území uchování a obnovu přirozeně se vyvíjejících lesních ekosystémů a zajistit sledování jejich dalšího vývoje při maximálním omezení lidských vlivů. Přirozený vývoj podle této dohody v praxi znamená vyloučení veškeré výchovné, obnovní a nahodilé těžby, dále umělého obnovování porostů a rozšiřování lesní dopravní sítě. V dotčené lokalitě v současné době nejsou umístěna a v budoucnosti ani nebudou zřizována žádná krmná zařízení. Lov zvěře zde však není omezen. Největším přínosem tohoto projektu je průběžný monitoring a podrobný lesnický výzkum lokality. Poznatky, které zde budou díky průběžnému monitoringu získány, budou následně využity zejména k rozvoji přírodě blízkých forem lesního hospodaření a stanovení péče o chráněná území.

(http://kokorinsko.ochranaprirody.cz)

ÚŠTĚK – KOSTEL

EVL je regionálně významnou letní kolonií netopýra velkého (*Myotis myotis*) uprostřed urbanizovaného území. Nachází se na půdě kostela. Nadmořská výška lokality 244 m n. m.

(http://www.nature.cz)

9. STŘETY ZÁJMŮ

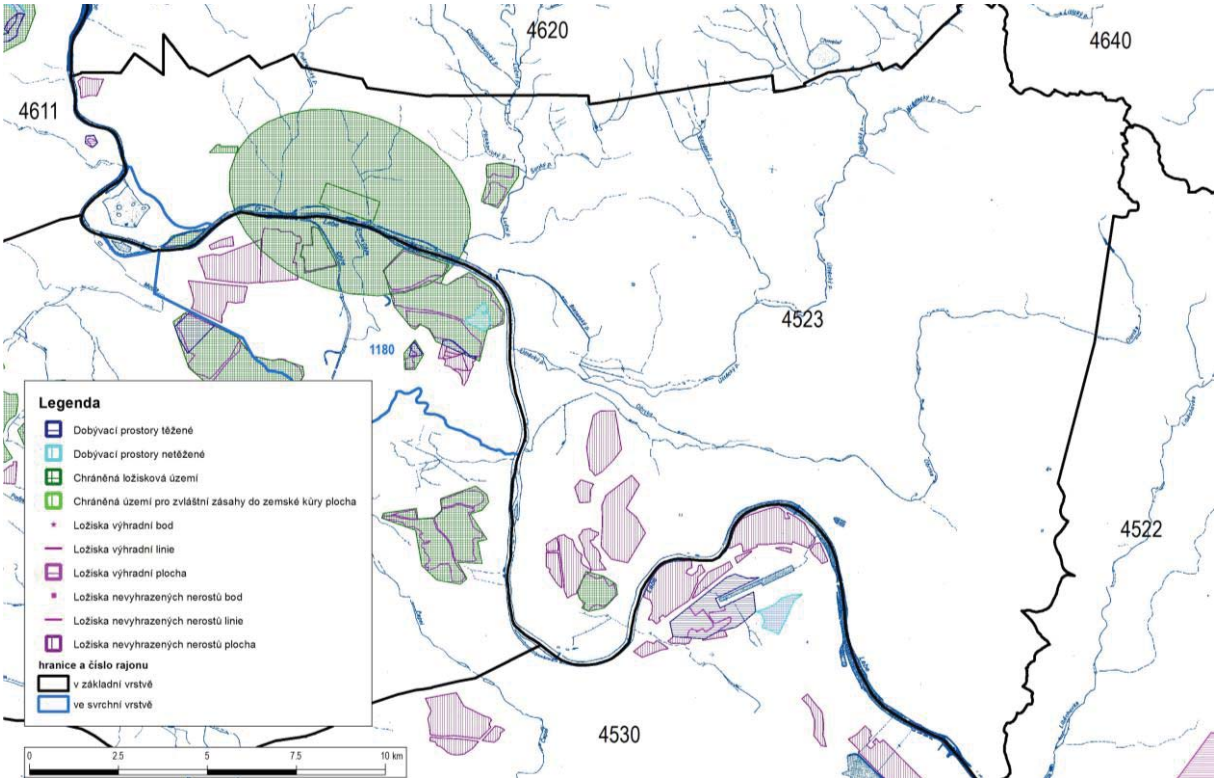
TĚŽBA SUROVIN

Problematikou způsobu využívání území a jeho významných vlivů na stav podzemních vod se zabývaly podniky Povodí v rámci plánování v oblasti vod. Významným problémem je kromě odběrů těžba štěrkopísků, především v kvartérních kolektorech, v podstatě likvidující kolektor podzemních vod (www.pla.cz). V důsledku vytěžených prostor a vzniklých umělých jezer dochází v jejich okolí jak ke změnám režimu podzemních vod, tak ke změnám chemismu podzemních vod. Vývoj štěrkoviště (písníku) popsal Herrmann (2015) na základě zkušeností v souvislosti s jeho následným využíváním jako vodárenské nádrže, ke koupání, k rybářským účelům či ke skládkování.

Využití písníku pro vodárenské účely komplikuje masivní rozvoj biologického života z hlediska upravitelnosti vody i funkce vodárenských zařízení. Soužití rybářských zájmů s vodárenskými zájmy je neřešitelné, protože vody jsou dotovány živinami za účelem chovu ryb, což má negativní vliv na chemismus vody. Skládkování odpadů pod hladinu podzemní vody, tzn. využití písníku jako skládky odpadů, je v současné době z hlediska legislativních požadavků na zabezpečenost skládek (výluhy ze skládky jsou zdrojem kontaminace a jejího šíření ve směru proudění podzemních vod) problematické.

Těžba štěrkopísku a ukončená těžba může být pro podzemní vody rizikem vzhledem k využívání vydobytých prostor pro ukládání odpadů.

V současnosti na ložiscích těžba neprobíhá. Chráněná ložisková území pro zvláštní zásah do zemské kůry (Litoměřice – Richard, Litoměřice 1 GTE) nemají ani potenciální vliv na výzmanější zdroje porzemní vody v rajonu, další chráněná ložisková území se týkají převážně štěrkopísků. Ložiska štěrkopísků jsou z části součástí kvartérního rajonu 1180. Dřívější povrchová těžba štěrkopísků probíhal na ložiscích Kyškovice-Vědomice, Černěves-Chodouny, drcené kamenivo (amfibolit) se dříve těžilo na ložisku Libochovany-jih (viz Obr. 9-1, Tab. 9-1).



Obr. 9-1. Ložiska a dobývací prostory na území HGR 4523 (Surovinový informační systém ČGS)

Tab. 9-1 Chráněná ložisková území dle registru ČGS (Surovinový informační systém)

ID	Název	Surovina	poznámka
4002700	Litoměřice-Richard	Podzemní úložiště	Správa úložišť radioakt.odpadů, Praha
4002800	Litoměřice I - GTE	Geotermální energie	Město Litoměřice
220000	Vědomice	Štěrkopísky	
20750100	Velký Újezd u Litoměřic	Cihlářská surovina	
180000	Žalhostice	Štěrkopísky	HGR 1180

ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ A JEJICH VZTAH K OVĚŘENÝM ZÁSOBÁM PODZEMNÍCH VOD

Kontaminací podzemních vod ve vybraných hydrogeologických rajonech se zabývala Prchalová (2015). Přehled výsledků je v Tab. 9-2.

Pro hodnocení zdrojů znečištění byly využity výsledky hodnocení významnosti zdrojů znečištění a hodnocení jakosti podzemních vod převzaté z plánů povodí, a to plošného znečištění ze zemědělství (dusičnany a pesticidy), plošné znečištění z atmosférické depozice (vybrané kovy a polyaromatické uhlovodíky) a bodové znečištění ze starých kontaminovaných míst (vybrané kovy, polyaromatické uhlovodíky, chlorované uhlovodíky).

Základním podkladem pro vyhodnocení plošného znečištění byla data ČHMÚ z období 2007-2012, u hodnocení dusičnanů i data o jakosti odběrů podzemních vod za stejné období. Vlastní hodnocení plošných zdrojů znečištění bylo provedeno nezávislým vyhodnocením údajů o významných zdrojích znečištění, jejich ověřením monitoringem jakosti podzemních vod a následném vyhodnocení jakosti podzemních vod.

Při hodnocení bodového znečištění ze starých kontaminovaných míst (SEKM) bylo využito výsledků hodnocení ze SEKM (Systém evidence kontaminovaných míst) podle kritérií hodnocení dobrého chemického stavu. Za významné bodové zdroje znečištění byly považovány výskyty alespoň 1 z 28 relevantních nebezpečných látek přesahující dvacetinásobek hodnoty dobrého chemického stavu podzemních vod v posledním půlroce sledování a zároveň podle priority místa (A1 až A3) a stavu dokončenosti sanace (výsledky monitoringu za poslední půlrok sledování).

Tab. 9-2. Přehled výsledků hodnocení znečištění v HGR dle Prchalové (2015)

HGR	Útvar podz. Vod	Plošné			Bodové
		dusičnany	pesticidy	z atmosférické depozice	
4523	45230	ověřeno	nezjištěno	nezjištěno	0

Znečištění podzemních vod se projevuje v oblastech zatížených zemědělskou výrobou a v jímacích objektech situovaných v osídlených údolích (Obrtka).

Chemický stav podzemní vody rajonu 4523 podle hodnocení chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí v ČR (metodika viz Prchalová et al. 2013) je celkově **nevyhovující**, vlivem obsahu dusičnanů. Nevyhovující je i stav povrchových vod (dusičnany).

V rajonu 4523 se vyskytují staré ekologické zátěže, nezpůsobují však nevyhovující stav podzemní vody.

Trendy v rajonu 4523 nejsou hodnoceny.

Kompletní vyhodnocení je uvedeno v následující Tab. 9-3.

Tab. 9-3 Chemický stav pracovní jednotky (upraveno)

ID PRJ	ID pracovní jednotky	452300551
ID útvaru	ID útvaru podzemních vod	45230
Plocha PRJ (km2)	Plocha pracovní jednotky podzemních vod v km2	309,0
Stav PZV	Chemický stav pracovní jednotky pro recipient podzemní voda (C dobrý, N nevyhovující, U nehodnoceno - nejsou data)	N
Stav POV	Chemický stav pracovní jednotky pro recipient povrchová voda - jen pro NH_4 a NO_3 (N nevyhovující)	N
Stav SEKM	Chemický stav pracovní jednotky pro staré zátěže (N nevyhovující)	
SEKM kontaminant	Kontaminující látky ve starých zátěžích, způsobujících nedosažení dobrého chemického stavu	
Počet zátěží	Počet starých zátěží v pracovní jednotce, způsobujících nevyhovující chemický stav	
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)	

STŘETY ZÁJMŮ V ODBĚRECH PODZEMNÍ VODY

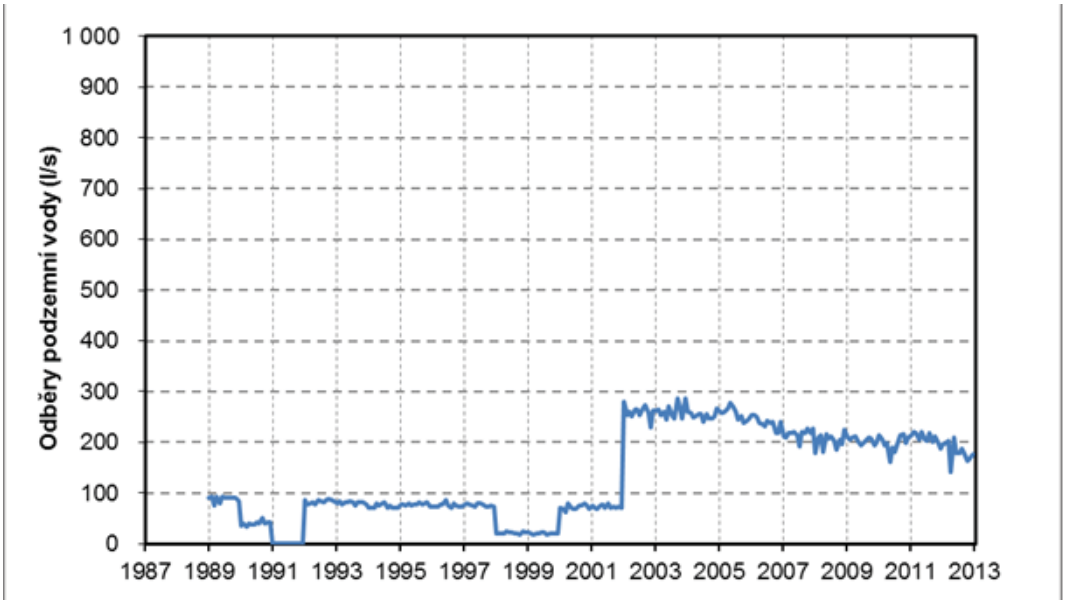
Povodí Obrtky představuje zdroj pro skupinový vodovod Litoměřice - Ústí nad Labem. V povodí Obrtky a Úštěckého potoka se v současnosti odebírá 173 l/s (2012), které představují převážnou většinu využití tohoto HGR 4523. Odběry podzemní vody dosáhly maximálních hodnot 260 l/s v roce 2002 (včetně příspěvku z kolektoru A). Toto množství překročilo stanovené využitelné množství pro povodí Obrtky a Úštěckého potoka, ale zřejmě se nepodílelo na poklesech hladin podzemní vody na dlouhodobě sledovaných objektech, nicméně mělo za následek překročení minimálního zůstatkového průtoku.

Odběry podzemní vody v HGR 4523 mimo povodí Obrtky a Úštěckého potoka dosahují přibližně 3% odhadnutých využitelných zdrojů a nezpůsobují prokazatelný pokles hladin podzemní vody na dlouhodobě pozorovaných vrtech. Tato část rajonu tedy není z hlediska celkové bilance podzemní vody přetížena.

Celkové povolené (evidované) odběry v HGR 4523 jsou 260 l/s (rok 2012). Jejich plné využití by mohlo ohrozit minimální průtoky v tocích.

Na území HGR 4523 se nenachází oblasti se zvýšenou ochranou životního prostředí, jejichž ekosystém je do určité míry spjat (je závislý) s režimem proudění podzemní vody.

Kolísání odběrů podzemní vody je na Obr. 9-2.



Obr. 9-2. Kolísání odběrů podzemní vody

VZTAH SOUČASNÉHO VYUŽITÍ ZÁSOB PODZEMNÍCH VOD K ÚZEMNĚ PLÁNOVACÍ DOKUMENTACI

Podle výsledků vodohospodářské bilance, prováděné každoročně podniky Povodí i podle hodnocení kvantitativního stavu, je stupeň odebíraného množství podzemních vod nízký vůči 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), 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.

Zvýšenou pozornost při povolování odběrů podzemních vod bude nutné věnovat rajonům v případě nevyhovujícího hodnocení z hlediska kvantitativního stavu.

10. PŘÍRODNÍ ZDROJE A VYUŽITELNÉ MNOŽSTVÍ PODZEMNÍCH VOD

VÝPOČET PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ

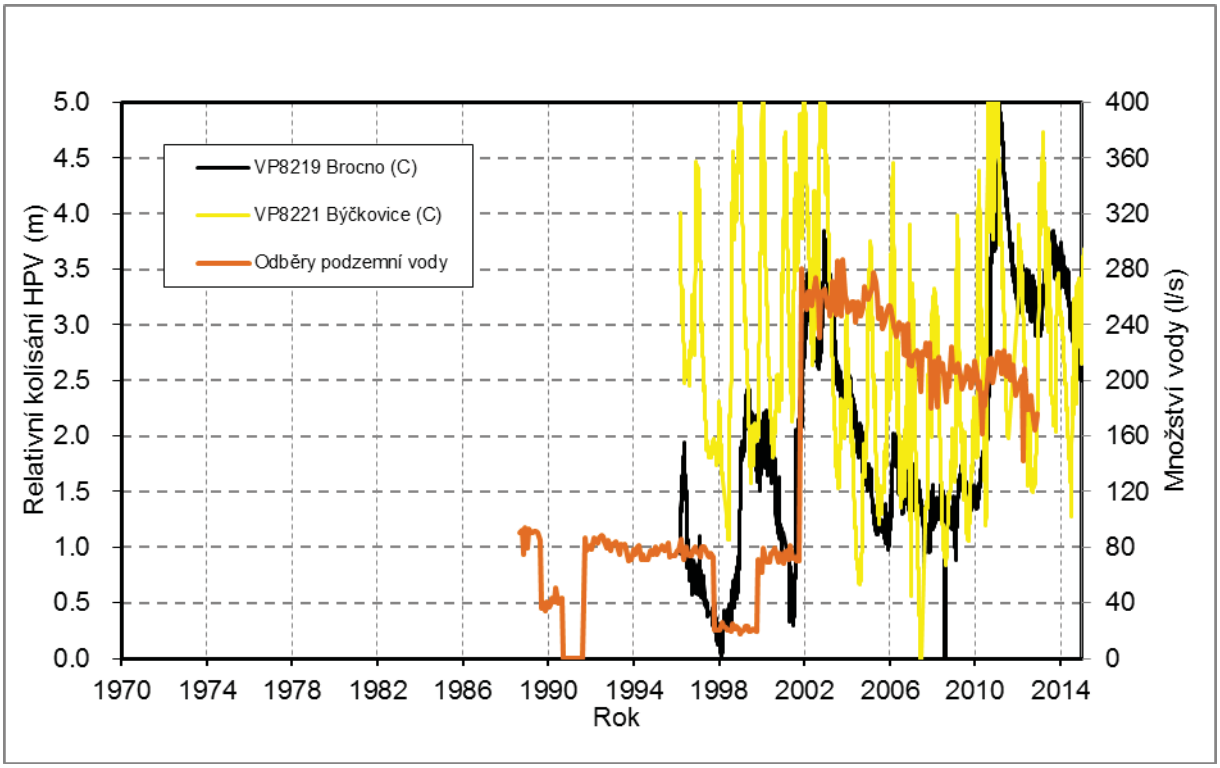
V HGR 4523 byly k dispozici pro hodnocení přírodních zdrojů dva výstupy: modelový základní odtok a modelová dotace z modelu BILAN za období 1961 až 2010 očištěný o odběry a vypouštění podzemních a povrchových vod a modelové odtoky podzemní vody z hydraulického modelu podzemních vod za období 2001 až 2010.

Modelový základní odtok byl stanoven modelem BILAN na základě kontinuálního měření průtoků na Úštěckém potoce (stanice Vědlice). Model BILAN poskytnul průběh dotace, která byla použita jako vstup pro kalibraci transientního hydraulického modelu podzemních vod v HGR 4523. Tato infiltrace byla dále upravována podle bilance (podle měření metody PPP) a kolísání hladin podzemních vod.

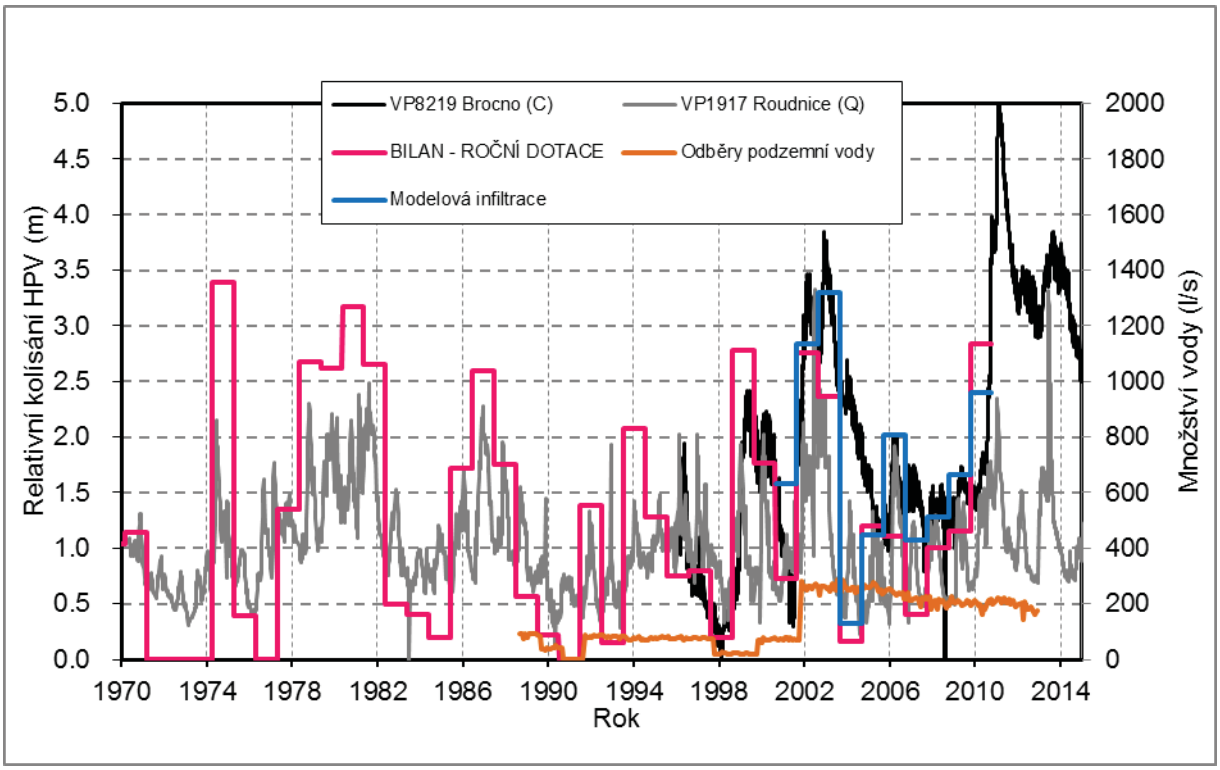
V rámci rajonu byla zkoumaná korelace dlouhodobých časových záznamů kolísání podzemních vod versus základní odtok a dotace z modelu BILAN (tj. základní odtok očištěný odběry a vypouštění podzemních a povrchových vod) a infiltrace z hydraulického modelu do pánevních kolektorů. Tento přístup sloužil k vyhledání reprezentativního vrtu (popř. vrtů) s dlouhodobým pozorováním hladin podzemní vody v dílčím povodí rajonu, ke kterému jsou vztaženy výpočty přírodních zdrojů. Pro každou časovou řadu přírodních zdrojů byl hledán charakteristický měřený vrt (vrty), jehož (jejichž) kolísání hladiny podzemní vody bylo korelováno s kolísáním modelové dotace z modelu BILAN a modelové měsíční infiltrace podzemní vody z hydraulického modelu podzemních vod.

Dlouhodobě sledované vrty vykazují nárůst hladin podzemní vody po roce 1998 a vrcholu dosahují v roce 2002. Po roce 2002 nastává pokles hladin podzemní vody až do roku 2005 a mezi roky 2005 až 2010 dochází víceméně ke stagnaci hladin podzemní vody. Rok 2010 znamená prudký nárůst hladin podzemní vody. Po roce 2010 následuje pokles hladin podzemní vody, nicméně na konci roku 2014 se hladiny podzemní vody pohybují zhruba na úrovni roku 2002. Monitorovací vrty VP8314 Velký Hubenov, VP8312 Velké Žernoseky a VP8219 Tetčiněves jsou pozorovány krátkodobě a kolísají obdobně jako dlouhodobě pozorovaný vrt VP8219 Brocno.

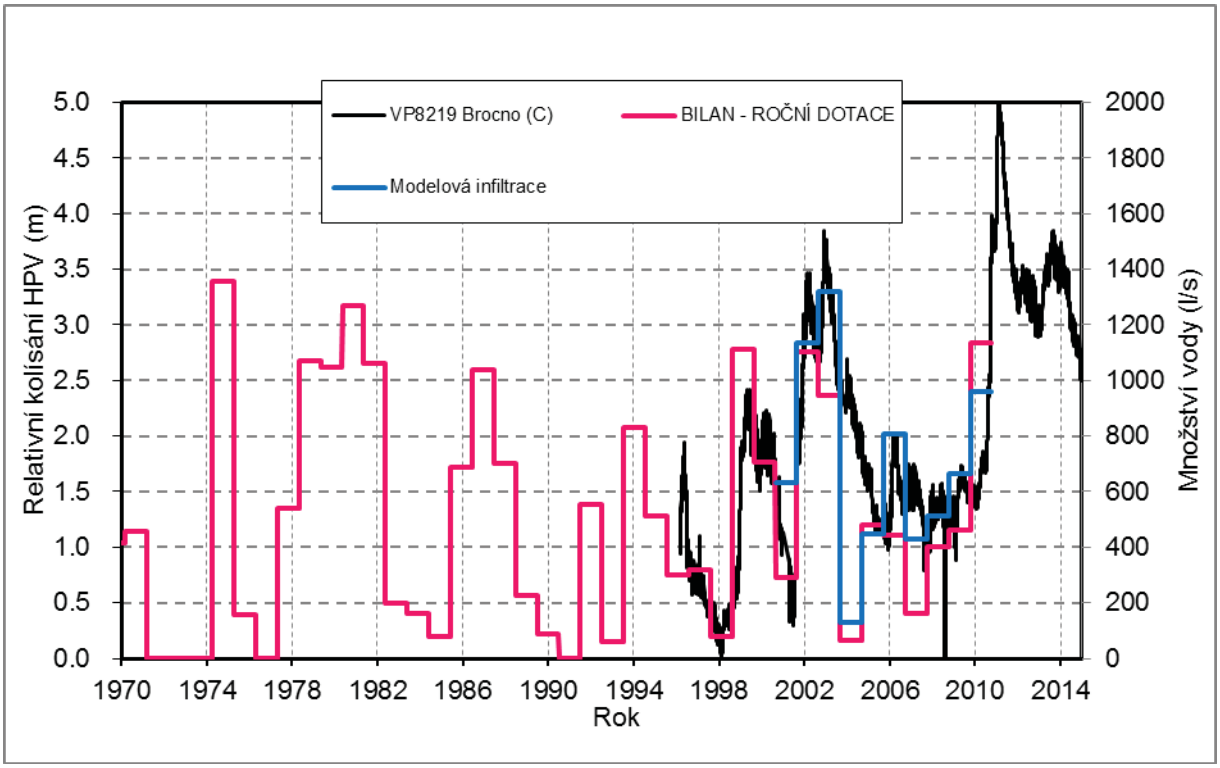
Poklesy hladin podzemní vody po roce 2002 zřejmě nebyly způsobeny zčásti odběry podzemní vody (Obr. 10-1), jelikož odběry podzemní vody klesly z 260 l/s v roce 2002 na 160 l/s v roce 2012. Významnější vliv má však zřejmě tvorba přírodních zdrojů. Modelové přírodní zdroje z modelu BILAN v období s vysokou hladinou podzemní vody, klesají zhruba na 25-30 % v období s nízkou hladinou podzemní vody. Grafické porovnání modelu BILAN ukazuje vyšší dotace v době nárůstu hladin podzemní vody (Obr. 10-2). Je zde rozdíl v pomalejším poklesu hladin podzemní vody, které je spojeno s pomalejším vyprazdňováním horninového prostředí. Z hlediska trendů BILAN velmi dobře koresponduje s kolísáním hladiny podzemní vody. Sezónní kolísání hladin podzemní vody z modelu BILAN dobře koresponduje s průběhem dotace a drenáže v hydraulickém modelu (Obr. 10-3). Přírodní zdroje tedy byly uvažovány jako medián 360 měsíčních modelových podzemních odtoků z modelu BILAN za období 1981 – 2010.



Obr. 10-1. Kolísání hladin podzemní vody a odběry podzemní vody



Obr. 10-2. Kolísání hladin podzemní vody, odběrů a kolísání dotace z modelu BILAN

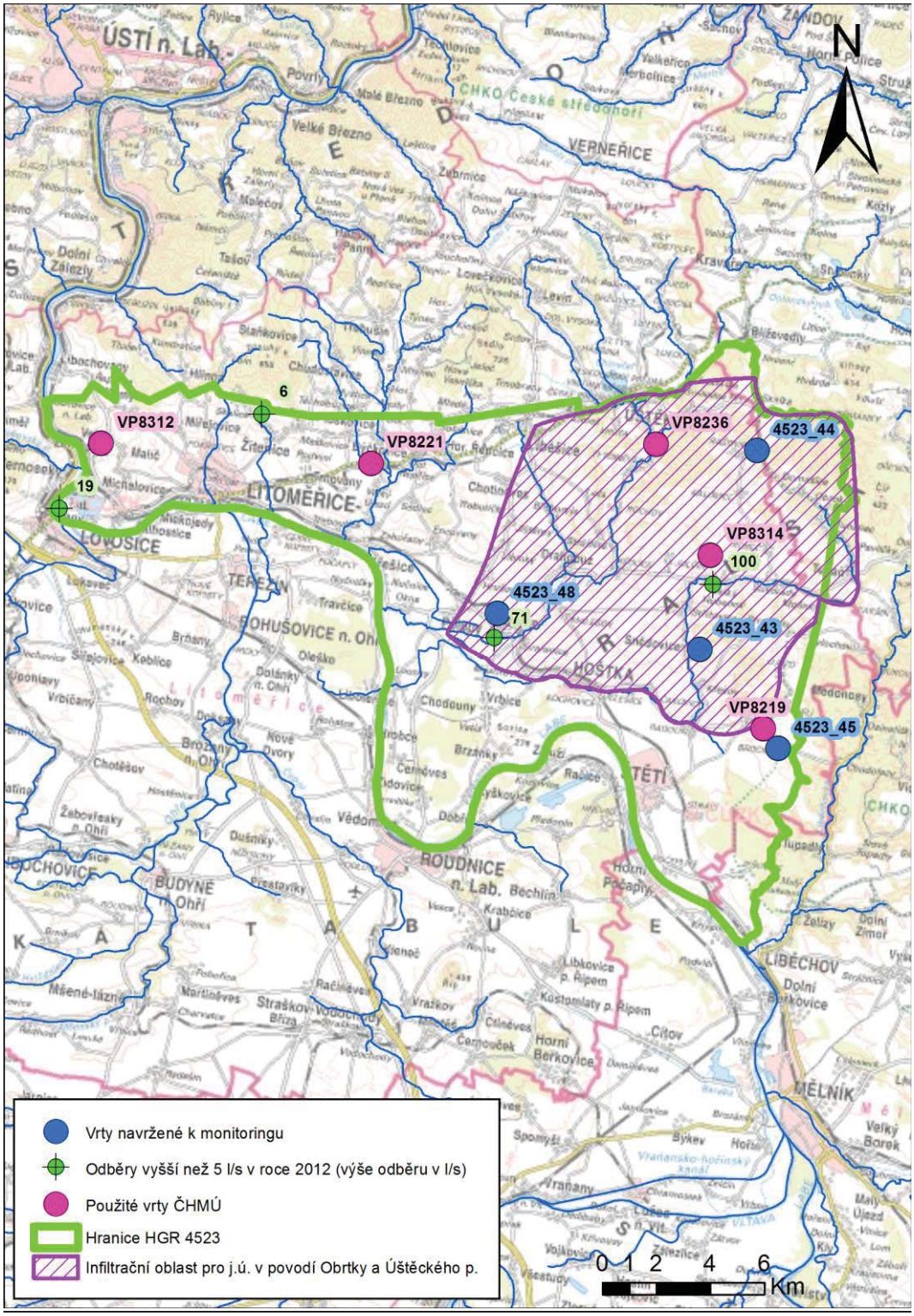


Obr. 10-3. Porovnání BILANU a hydraulického modelu

Pro hodnocení přírodních zdrojů byl použit modelový základní odtok z modelu BILAN, který byla dále konfrontován s měřenými hladinami podzemní vody státní pozorovací sítě ČHMÚ a dalšími způsoby stanovení přírodních zdrojů podzemních vod (např. modelová dotace z hydraulického modelu).

Tab. 10-1. Přírodní charakteristiky (Vodní útvar: 45230)

Položka	Charakteristika	Kód	Popis
3.5.	Kód litologického typu	3	pískovce a slepence
3.6.	Typ a pořadí kolektoru	1	vrstevný kolektor
3.7.	Kód stratigrafických jednotek křídových vrstevních kolektorů	Kj	jizerské souvrství, střední až svrchní turon
3.9.	Dělitelnost rajonu	N	nelze dělit
3.10.	Mocnost souvislého zvodnění	4	>50 m
3.11.	Kód typu propustnosti	PrPu	průlino-puklinová
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



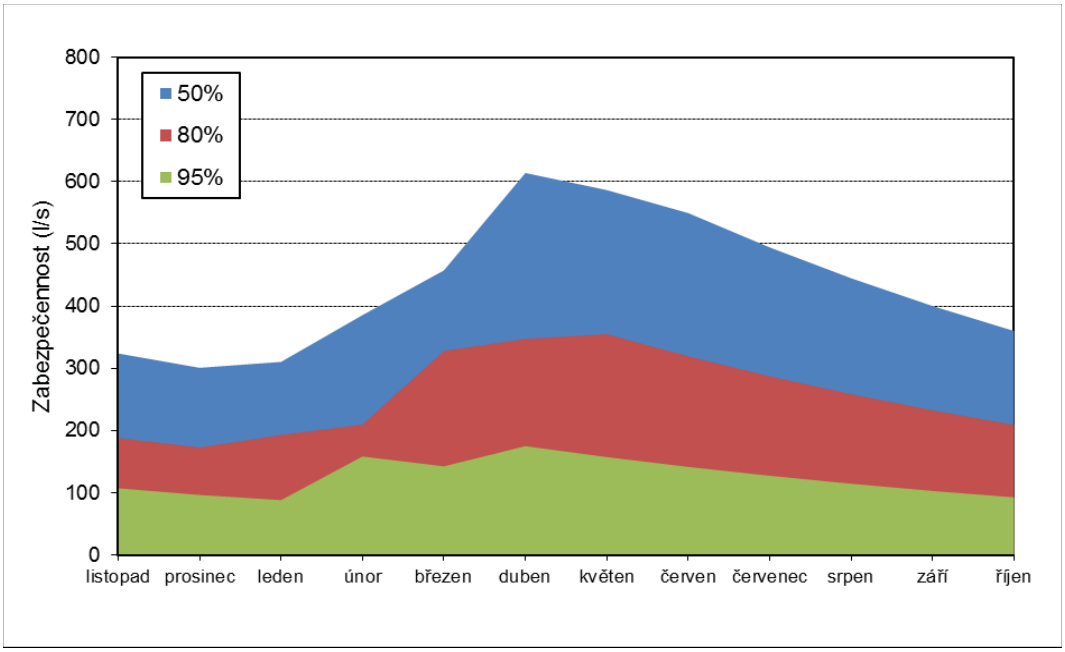
Obr. 10-4. Situace hodnocených objektů v rajonu

10.1. PŘÍRODNÍ ZDROJE

Přírodní zdroje podzemních vod za referenční období 1981 – 2010 byly stanoveny podle základního odtoku z modelu BILAN. Přírodní zdroje odpovídají 50% zabezpečenosti ze základního odtoku z modelu BILAN, tj. 445 l/s. Měsíční hodnoty zabezpečenosti základního odtoku z modelu BILAN za období 1981-2010 jsou uvedeny na Obr. 10-5.

Tab. 10-2. Hodnoty přírodních zdrojů

Zabezpečenost	(l/s)
50%	**445**
80%	224



Obr. 10-5. Měsíční hodnoty zabezpečenosti základního odtoku z modelu BILAN za období 1981-2010

Přírodní zdroje se za referenční období 1981-2010 (445 l/s) a období 2001-2010 (447 l/s) liší o cca 0,4 %. Odvozené přírodní zdroje byly ověřeny i hydraulickým modelem za období 2001 – 2010, který uvádí přírodní zdroje (modelovou infiltraci) o 28 % vyšší. V samotném období 2001-2010 lze podle kolísání měřených hladin podzemní vody a přírodních zdrojů dle modelu BILAN vymezit několik období:

1) *2001 - 2003* s výrazně nadprůměrnou tvorbou přírodních zdrojů 712 l/s s nejvyšší hladinou podzemní vody;

2) *2004 - 2009* s podprůměrnou a v období 2001 – 2010 nejdéle trvající etapou tvorby přírodních zdrojů 362 l/s a s nejnižší hladinou podzemní vody;

3) *2010* s výrazně nadprůměrnou tvorbou přírodních zdrojů 529 l/s a s nadprůměrnou hladinou podzemní vody;

4) *Nebilancované období 2011 – 2014* s hladinami podzemní vody na úrovni období 2001 – 2003 nebo vyšší.

Z detailní analýzy období 2001-2010 je patrná variabilita tvorby přírodních zdrojů podzemních vod v závislosti na intenzitě srážek a jejich rozložení během roku a celého období.

Kolísání hladin podzemní vody na vrtech státní pozorovací sítě pro vybraná období odpovídající přírodním zdrojům podzemních vod v Tab. 10-3 je v Tab. 10-4.

Tab. 10-3. Porovnání výstupů z hydrologického a hydraulického modelu

Období (hydrologické roky)		Medián z měsíčních hodnot	Průměr z měsíčních hodnot za uvedené období					
		BILAN - modelový základní odtok	BILAN - modelový základní odtok*	BILAN - modelová dotace	Modelová infiltrace (transientní model)	Přírodní zdroje	Využitelné množství**	Využitelné množství**
		l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	% zabezpečenosti
1981	2010	445	506	516	-	**445**	**168**	**88**
2001	2010	447	510	549	703	**447**	**170**	**87**
2001	2003	712	779	780	1029	**712**	**435**	**51**
2004	2009	362	369	335	498	**362**	**85**	**97**
2010	2010	529	546	1135*	961	**529**	**253**	**76**
2011	2014	-	-	-	-	-	-	-

Vysvětlivky: * - vysoce nadprůměrná dotace způsobená extrémní srážkou v srpnu 2010, podzemní voda z HGR odtéká až v následujících hydrologických letech; ** - hodnota využitelného množství byla stanovena prostřednictvím minimálního zůstatkového průtoku v HGR pro celý HGR, neodráží tedy hodnotu využitelného množství v té části HGR, kde byla dlouhodobými vodárenskými odběry prokázána jiná velikost využitelného množství

Tab. 10-4. Kolísání hladin podzemní vody na vrtech státní pozorovací sítě pro vybraná období odpovídající přírodním zdrojům podzemních vod v Tab. 10-3

Období (hydrologické roky)		Průměrná hladina podzemní vody za uvedené období				
		VP8219 Brocno (C)	VP8221 Býčkovice (C)	VP8314 Velký Hubenov (C)	VP8236 Tetčiněves (C)	VP8312 Velké Žernoseky (C)
		m n.m.	m n.m.	m n.m.	m n.m.	m n.m.
1981	2010	-	-	-	-	-
2001	2010	210.12	187.63	-	-	-
2001	2003	211.40	188.85	-	-	-
2004	2009	210.09	187.39	-	-	-
2010	2010	210.48	188.35	238.69	212.31	165.59
2011	2014	212.01	188.29	239.31	212.37	165.76

Vysvětlivky: C – kolektor v jizerském souvrství

10.2. DISPONIBILNÍ MNOŽSTVÍ PODZEMNÍCH VOD

Využitelné množství podzemní vody v rajonu jako celku je chápáno jako ta část podzemní vody, kterou lze bez omezení využít a které je vztaženo na celý rajon. Využitelné zdroje pro celý rajon tedy nepostihují zdroje dílčích jímacích území, které je nezbytné řešit a bilancovat v mnohem větším detailu. Hodnota nezohledňuje lokální vodohospodářské potřeby v jednotlivých jímacích územích, kde je nezbytné stanovit využitelné množství podle požadavku na minimální velikost průtoků na konkrétních profilech toků a na konkrétní minimální úrovně hladin podzemní vody v konkrétních monitorovacích vrtech.

Pro potřeby stanovení využitelného množství byl HGR 4523 rozdělen na dvě části: na vodohospodářsky využívané povodí Obrtky a Úštěckého potoka a zbylou západní část HGR 4523.

V povodí Obrtky a Úštěckého potoka, kde dochází k významnému jímání podzemní vody v Radouni, ve Velkém Hubenově a ve Vrutici, jsou odběry lokálně omezeny tak, aby byl zachován stanovený zůstatkový průtok (MZP). Využitelné množství tak bylo prokázáno odběry podzemní vody. **Využitelné množství pro povodí Obrtky odpovídá maximálním povoleným odběrům 210 l/s**, které odpovídají zhruba polovině velikosti průměrné tvorby přírodních zdrojů stanovených hydraulickým modelem. Pro oblast celého (tj. HGR 4522 i 4523) jímacího území byla hydraulickým modelem odvozena infiltrace 2,83 l/s/km^2, což při ploše jímacího území 139 km^2 činí přírodní zdroje ve výši 393 l/s.

V zbývající západní části HGR 4523 mimo infiltrační oblasti jímacího území v povodí Obrtky a Úštěckého potoka bylo využitelné množství stanoveno jako rozdíl mezi přírodními zdroji v této části HGR 4523 a minimálním zůstatkovým průtokem v rajonu. Pro stanovení minimálního zůstatkového průtoku v rajonu byl použit koeficient minimálního zůstatkového průtoku podle metodiky Mrkvičková a Balvín (2013) a odvozený celkový odtok v rajonu, který byl vypočten podle podkladů z hydrologického modelu. Pro každý rajon byla stanovena průměrná srážka v rajonu, srážka a celkový odtok ve sledovaném v povodí v rajonu. Za předpokladu stejného odtokového koeficientu v povodí a v celém rajonu byl vypočten celkový odtok pro rajon. Z koeficientu minimálního zůstatkového průtoku pro danou oblast (podle metodiky Mrkvičková a Balvín 2013) a z celkového odtoku na rajon byl vypočten minimální zůstatkový průtok.

Od přírodních zdrojů byl odečten minimální zůstatkový průtok na rajon, odečteny/přičteny odtoky z/do rajonua následně stanoveno využitelné množství. **Hodnota využitelného množství pro západní část HGR 4523 je 93 l/s**, které odpovídá úrovni 88 % zabezpečenosti přírodních zdrojů za referenční období 1981 – 2010.

Souhrnný přehled pro výpočet minimálního zůstatkového průtoku, využitelného množství je v Tab. 10-5

Tab. 10-5. Souhrnný přehled pro výpočet minimálního zůstatkového průtoku, využitelného množství

Plocha HGR	309.05	km^2	zdroj: hydrologický model
Plocha sledovaného povodí	85.48	km^2	zdroj: hydrologický model
Plocha sledovaného povodí v HGR	34.36	km^2	zdroj: hydrologický model
Srážky ve sledovaném povodí	638.95	mm/rok	zdroj: hydrologický model
Srážky v HGR	566.94	mm/rok	zdroj: hydrologický model
Srážky v HGR mimo sledované povodí	539.41	mm/rok	dopočet
Celkový odtok Qa ve sledovaném povodí	296	l/s	zdroj: hydrologický model
Celkový odtok Qa ve sledovaném povodí na území HGR	118.98	l/s	zdroj: hydrologický model
Odtokový koeficient	0.17	-	dopočet
Celkový odtok Qa v HGR	921.99	l/s	dopočet
Přírodní zdroje v HGR	**445**	l/s	medián 1981-2010
Dotace v infiltrační oblasti pro jímací území v povodí Obrtky a Úštěckého p. na území HGR 4523 a 4522	2.83	$l/s/km^2$	zdroj: hydraulický model
Plocha dotace	139.00	km^2	zdroj: hydraulický model
Přírodní zdroje - infiltrace dle hydraulického modelu	393.37	l/s	dopočet
Přítok vody v Úštěckém potoce do infiltrační oblasti v jímacím území v povodí Obrtky a Úštěckého p. na území HGR 4523 a 4522	120.00	l/s	PPP 2013
Odběry v povodí Obrtky a Úštěckého p. - 2012	**173.00**	**l/s**	zdroj: data ČGS
Odtok vody z infiltrační oblasti v jímacím území v povodí Obrtky a Úštěckého p.	340.00	l/s	PPP 2013
Rozdíl přítok/odtok - Bilance	0.37	l/s	dopočet
Přírodní zdroje v HGR mimo povodí Obrtky a Úštěckého p.	244.85	l/s	medián 1981-2010
Celkový odtok Qa v HGR mimo povodí Obrtky a Úštěckého p.	507.31	l/s	dopočet
Koeficient minimálního zůstatkového průtoku	0.3	-	Mrkvičková, Balvín 2013
Minimální zůstatkový průtok mimo povodí Obrtky a Úštěckého p.	152.19	l/s	dopočet
Využitelné zdroje mimo povodí Obrtky a Úštěckého p.	**93**	**l/s**	dopočet
Současné odběry mimo povodí Obrtky a Úštěckého p.	**3**	**l/s**	zdroj: data ČGS
Disponibilní odběry mimo povodí Obrtky a Úštěckého p.	**90**	**l/s**	zdroj: data ČGS

NÁVRHY

Pro sledování přírodních zdrojů podzemních vod jsou navrženy hydrogeologické vrty státní pozorovací sítě ČHMÚ, včetně signálních hladin podzemních vod a průzkumné hydrogeologické vrty vyhloubené v rámci projektu 4523_43 Snědovice, 4523_44 Úštěk (Rašovice u Kalovic), 4523_45 Štětí (Brocno), 4523_48 Vrutice. (Tab. 5-5 Doporučené vrty pro monitoring).

11. ZÁVĚR

Cílem projektu bylo kombinací pestrého souboru nejmodernějších technologických a metodických postupů přehodnotit přírodní zdroje a využitelné zásoby podzemních vod v jednotlivých posuzovaných hydrogeologických rajonech.

- **Přírodní zdroje podzemních vod** za referenční období 1981 – 2010 byly stanoveny podle základního odtoku z modelu BILAN. Přírodní zdroje odpovídají 50% zabezpečenosti ze základního odtoku z modelu BILAN, tj. **445 l/s.**
- **Využitelné množství pro povodí Obrtky a Úštěckého potoka činí 210 l/s.** Tato hodnota odpovídá maximálním povoleným odběrům (bez podílu podzemní vody čerpané z podložního kolektoru A v jímacím území Vrutice, tj. vlastně z HGR 4720), které odpovídají zhruba polovině velikosti průměrné tvorby přírodních zdrojů stanovených hydraulickým modelem.
- **Hodnota využitelného množství v západní části HGR 4523 je 93 l/s.** Při zachování minimálního zůstatkového průtoku (Mrkvičková, Balvín 2013) bylo spočítáno využitelné množství podzemních vod, které odpovídá úrovni 88% zabezpečenosti přírodních zdrojů za referenční období 1981 – 2010.
- Poklesy hladin podzemní vody po roce 2002 zřejmě nebyly způsobeny odběry podzemní vody, jelikož odběry podzemní vody klesly z 260 l/s (včetně odběru 20-30 l/s z kolektoru A, tj. de facto z HGR 4720) v roce 2002 na 160 l/s v roce 2012. Významnější vliv na úroveň hladiny podzemní vody v pozorovaných vrtech, má zřejmě tvorba přírodních zdrojů.
- Odběry podzemní vody v HGR 4523 **mimo povodí Obrtky a Úštěckého potoka** dosahují přibližně 3% odhadnutých využitelných zdrojů. Tato část HGR 4523 tedy není z hlediska celkové bilance podzemní vody této části rajonu přetížena.
- **Nejvyšší infiltrace podzemní vody vychází pro měsíce leden až březen**. Mírně nadprůměrná dotace je modelem předpokládána také na začátku hydrologického roku v listopadu a prosinci. Modelová drenáž podzemní vody do povrchových toků je relativně stabilní, maximální základní odtok podzemní vody byl vypočten pro období leden až březen.
- V období od dubna do července a v říjnu je dotace podzemní vody podprůměrná. **Nejmenší efektivní infiltrace byla odvozena pro měsíce duben a červen.**
- V tomto rajonu není navržena změna hranice.
- Pro sledování přírodních zdrojů podzemních vod jsou navrženy hydrogeologické vrty státní pozorovací sítě ČHMÚ, včetně signálních hladin podzemních vod a průzkumné hydrogeologické vrty vyhloubené v rámci projektu 4523_43 Snědovice, 4523_44 Úštěk (Rašovice u Kalovic), 4523_45 Štětí (Brocno), 4523_48 Vrutice.

12. VÝBĚR LITERATURY

Adamovič, J. (1994): Paleogeography of the Jizera Formation (Late Cretaceous sandstones), Kokořín area, central Bohemia. – Sbor. geol. Věd, Geol., 46: 103–123.

Andert, H. (1929): Die Kreideablagerungen zwischen Elbe und Jeschken. II. Die nordböhmische Kreide zwischen Elbsandsteingebirge und Jeschken und das Zittauer Sandsteingebirge. – Abh. der Preuss. Geol. Landesanstalt, Neue Folge, 117: 1–227. Berlin.

Anton, J. – Kurka, J. – Peroutka, J. (1985): Výsledky geofyzikálního výzkumu tektonické stavby lužické křídy z l. 1965–1984. – ČSUP, Uranový průzkum Liberec, 67 s. MS Archiv Česká geologická služba – Geofond.

Bělohradský, V. (1979a): Heřmánecký blok – strukturně geologická mapa 1:10 000. – Uranový průzkum, k.p. Liberec. MS Archiv Diamo, s.p.

Bělohradský, V. (1979b): Litoměřické zlomové pásmo – geologická mapa podloží a tektonické schema 1:25 000. – Uranový průzkum, k.p. Liberec. MS Archiv Diamo, s.p.

Blažek, J. – Prokop, L. et al. (1979): Strukturně geologické mapování strážského bloku. Závěrečná zpráva. – MS Archiv Diamo, s. p., 179/1.

Bruthans J. (2006): Využití přirozených stopovačů (18O; 3H, freony; SF6) 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., 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., Mikuš P., Soukup J., Světlík D., Kamas J., Zeman O. (2011): Sebeorganizace proudění a porozity v české křídové pánvi: výsledky stopovacích zkoušek a dalších metod. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2010: 233-238

Bruthans, J. - Kůrková, I. - Grundloch, J. - Churáčková, Z. - Slavík, M. – Kadlecová R. (2015): Střední doba zdržení v detailně hodnocených rajonech, část Aktivity 8. – MS Čes. geol. služ. Praha.

Burda, J. - Kůrková, I. - Kryštofová, E. - Konečný, F. – Herčík, F. – Kadlecová, R. (2015a): Chemické složení podzemních vod v hodnocených rajonech, část Aktivity 8. - MS Čes. geol. služ. Praha.

Burda, J. - Kůrková, I. - Kryštofová, E. - Konečný, F. – Herčík, F. – Kadlecová, R. (2015b): Upravitelnost podzemních vod v detailně hodnocených rajonech, část Aktivity 8. - MS Čes. geol. služ. Praha.

Burda, J. (1990): Soubor geologických a účelových map. Hydrogeologická mapa ČSR. List 02-44 Štětí. Měřítko 1 : 50 000. - Ústř. Úst. geol. Praha.

Busenberg E., Eurybiades a Plummer L. N. (1997): Use of sulfur hexafluoride as a dating tool and as a tracer of igneous and volcanic fluids in ground water (abs.). – Geological Society of America, Salt Lake City. Abstracts and Priograms, 29 (6): A-78.

Buzek F., Jačková I., Čejková B., Lněničková Z. (2015): Působení napájecích vod na prameny, povrchové vody a podzemní vody na základě izotopového složení δ2H a δ18O a kontaminace vybraných vodních zdrojů zemědělskou činností. Projekt rebilance zásob podzemních vod, část aktivity 8.

Clark I. D. a Fritz P. (1997): Environmental Isotopes in Hydrogeology. – Lewis Publishers, Boca Ration, New York.

Coubal, M. – Málek, J. – Adamovič, J. – Štěpančíková, P. (2015): Late Cretaceous and Cenozoic dynamics of the Bohemian Massif inferred from the paleostress history of the Lusatian Fault Belt. – J. Geodyn., 87: 26–49.

Coubal, M. (1989): Projevy saxonské tektogeneze v centrální části české křídové pánve. Disertační práce. – MS Čes. geol. služ. Praha.

Čech, S. – Klein, V. – Kříž, J. – Valečka, J. (1980) : Revision of the Upper Cretaceous stratigraphy of the Bohemian Cretaceous Basin. – Věst. Ústř. Úst. geol., 55, 5: 277–296.

Čurda J. (l986): Hydrogeologie povodí Obrtky. Diplomová práce. - MS Geofond. Praha.

Domas, J. ed. (1990): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 02-43 Litoměřice. – Český geologický ústav Praha.

Fiedler, J. – Jankovský, F. – Navrátilová, V. – Najsrová, M. – Nol, O. – Procházka, M. – Šíma, J. (2015b): Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 4523_48 Vrutice. – Aquatest, a.s. MS Archiv Česká geologická služba.

Fiedler, J. – Jankovský, F. – Navrátilová, V. – Najsrová, M. – Nol, O. – Procházka, M. – Šíma, J. – Urík, J. (2015c): Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 4720_47 Vrutice. – Aquatest, a.s. MS Archiv Česká geologická služba.

Fiedler, J. – Jankovský, F. – Navrátilová, V. – Najsrová, M. –Nol, O. – Procházka, M. – Šíma, J. (2015a): Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 4523_44 Úštěk. – Aquatest, a.s. MS Archiv Česká geologická služba.

Fiedler, J. – Navrátilová, V. – Najsrová, M. – Nol, O. – Procházka, M. – Šíma, J. (2015d): Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 4523_43 Snědovice. – Aquatest, a.s. MS Archiv Česká geologická služba.

Fiedler, J. – Navrátilová, V. – Najsrová, M. – Nol, O. – Procházka, M. – Šíma, J. (2015e): Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 4523_45 Štětí. – Aquatest, a.s. MS Archiv Česká geologická služba.

Filip B. (1959): Podzemní vody a prameny v okolí České Lípy, na území listu speciální mapy Česká Lípa - 3753.- Výzkumný ústav vodohospodářský. Praha.

Frič, A. (1883): Studie v oboru křídového útvaru v Čechách, III. Jizerské vrstvy. – Archiv pro přír. prozk. Čech., 5, 2. F. Řivnáč, Praha.

Hazdrová M. (1990): Hydrogeologická mapa ČR 1:50 000 list 02-41 Ústí nad Labem.- Ústř. Úst. Geol. Praha.

Hazdrová, M. (1980a): Základní hydrogeologická mapa ČSSR 1 : 200 000 list 02 Ústí nad Labem. - Ústř. Úst. geol. Praha.

Hazdrová, M. (1980b): Mapa chemismu podzemních vod ČSSR 1 : 200 000 list 02 Ústí nad Labem. - Ústř. Úst. geol. Praha.

Hazdrová M. – Jetel J. – Daňková H. – Kněžek M. – Kulhánek V. – Trefná E. (1980): Vysvětlivky k Základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000 list 02 Ústí nad Labem. - Ústř. úst. geol. Praha.

Hercog, F. (1968): Bilanční zhodnocení české křídy. Pozorování podzemních vod. - MS Geofond. Praha.

Hercog, F. (1971): Bilanční zhodnocení české křídy - II C etapa. - MS Stavební geologie. Praha.

Herčík F.- Herrmann Z.- Valečka J. (1999): Hydrogeologie České křídové pánve. Čes. Geol. úst. Praha.

Herčík F. - Hermann Z. - Nakládal V. (1987): Hydrogeologická syntéza české křídové pánve. MS. Stavební Geologie. Praha.

Herčík, F. (1981): Hydrogeologická syntéza české křídové pánve. Výsledky I. fáze, věcná etapa A. – MS Stavební geologie, sp. Praha.

Herčík, F. (1985): Hydrogeologická syntéza české křídové pánve. Zpráva za II. fázi. – MS Stavební geologie, sp. Praha

Herčík, F. et al. (1980): Hydrogeologická syntéza české křídové pánve, I.fáze, MS Stavební geologie Praha.

Herzig, J. – Hrušková, Z. (1990): Sladkovodní cenoman v severní a střední části ČKP (regionální přehled). – Uranový průzkum, Liberec.

Hibsch, J. E. – Seemann, F. (1913): Geologische Karte des böhmischen Mittelgebirges. Blatt IX. (Leitmeritz–Triebsch). – Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt., Bd. 32, Heft 1/2, 1–128. Wien.

Hoppe, P. (1968): Hydrogeologické poměry dolních toků Obrtky a Úštěckého potoka. – Vodní zdroje Praha. MS Archiv ČGS – Geofond.

Hoppe,P. (1968): Hydrogeologické poměry dolních toků Obrtky a Úštěckého potoka. - MS Geofond. Praha.

Horný, R. ed. (1963): Geologická mapa ČSSR 1:200 000, list Praha. – Ústřední ústav geologický Praha.

Hynie, O. (1961): Hydrogeologie ČSSR I. Prosté vody. - Nakl. Čs. akad. věd. Praha

Chudomel, J. et al. (1983): Zpráva o reflexně seismických a tíhových měřeních v pánvích roudnické, mšenské, českokamenické, mnichovohradišťské a podkrkonošské v letech 1981–1982. – Geofyzika Brno, 176 s., 151 příl. MS Archiv Česká geologická služba – Geofond.

Jetel, J. in Malkovský, M. et al. (1974): Geologie české křídové pánve a jejího podloží. - Ústř. úst. geol. Praha.

Jokély, J. (1858): Das Leitmeritzer vulcanische Mittelgebirge in Böhmen. (Oestlicher Theil.). – Jb. d. k.-k. geol. Reichsanstalt, 9: 398–442. Wien.

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.

Klein, V. – Bůžek, Č. – Gabrielová, N. – Hercogová, J. – Kopecký, L. – Macoun, J. – Opletal, M. – Pražák, J. – Řeháková, Z. – Šibrava, V. (1966): Vysvětlivky k listu mapy 1:50 000 M-33-53-B – Úštěk. – Ústřední ústav geologický, 265 s., příl., Praha. MS Archiv Česká geologická služba Praha.

Klein, V. – Příkop, A. (1957): Zpráva o výsledcích základního ložiskového výzkumu jílovitých vápenců v oblasti Teplice – Mělník se zaměřením na Lovosicko. – Ústřední ústav geologický. MS Archiv ČGS – Geofond.

Klein, V. (1953–57): Základní geologická mapa 1 : 20 000, list Č. Lípa 720-976, Mimoň 710-976, Jestřebí 720-984, Kumr 710-984, Olšina 700-984, Dubá 720-992, Hrad Bezděz 710-992, Dolní Krupá 700-992, Katusice 710-1000, Bělá p.Bezd. 700-1000. – MS Archiv ČGS Praha.

Klein, V. (1963): Základní geologická mapa 1 : 50 000, list M-33-54-A Doksy. Vysvětlivky, mapy M-33-54-A-a Jestřebí, M-33-54-A-b Mimoň. – MS Archiv ČGS Praha.

Klein, V. (1965): Stratigrafie a litologie svrchní křídy v opěrné linii Mělník–Ještěd a v jejím širším okolí. – Sbor. geol. Věd, Geol., 9: 23–30.

Klein, V. ed. (1991): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 02-42 Česká Lípa. – Český geologický ústav Praha.

Klener, J. et al. (1983): Strukturní vrt Str-1 Strachaly. Závěrečná zpráva. – Ústřední ústav geologický Praha. MS Archiv Česká geologická služby.

Kněžek, V. (1967): Konečné zhodnocení hydrogeologického vrtu v Litoměřicích, okres Litoměřice. – Vodní zdroje Praha. MS Archiv ČGS – Geofond.

Krásný J. (1986): Klasifikace transmisivity a její použití. - Geol. Průzk. 6, 28, 177-179. 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. - Císlerová, M.- Čurda, S.- Datel, J.V.- Dvořák, J.- Grmela, A.- Hrkal, Z.- Kříž, H.- Marszalek, H.- Šantrůček, J. - Šilar, J. (2012). Podzemní vody České republiky. Regionální geologie prostých a minerálních vod. 1143 str. Česká geologická služba, Praha.

Krejčí, J. (1870): Studie v oboru křídového útvaru v Čechách. I. Všeobecné a horopisné poměry, jakož i rozčlenění křídového útvaru v Čechách. – Archiv pro přírodovědecké proskoumání Čech, díl I, sekce II, 35–161. Praha.

Krutský, N. et al. (1977): Slínovce české křídy. Závěrečná zpráva. – Geoindustria Praha, závod Dubí. MS Archiv ČGS – Geofond.

Kučera, M. – Pešek, J. (1982) : Geologické poměry v českokamenické svrchnopaleozoické pánvi a jejím okolí. – Acta Univ. Carol., Geol., Pouba Vol., 3: 285–295. Praha.

Kučera, M. – Rutšek, J. (1995): Závěrečné zpracování prací Uranového průzkumu v české křídové pánvi za léta 1959–1990. – Diamo, s.p. MS Archiv Diamo, s.p. Stráž pod Ralskem.

Kurka, J. – Anton, J. (1973): Výsledky povrchového geofyzikálního průzkumu, uskutečněného ČSUP OZ GP v severočeské křídě v letech 1964 – 1972. – UP Liberec. MS Archiv Diamo Stráž p.R., MS Archiv ČGS – Geofond.

Kyncl, S. et al. (1986): Závěrečná zpráva o provedeném průzkumu na lokalitě tlustecký blok. – UP Liberec, záv. Rynoltice. MS Archiv Diamo Stráž p.R.

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.

Lustig P. - Guth J. (2014): Metodika aktualizace vrstvy mapování biotopů.- MS AOPK. Praha

Malkovský, M. (1956): Geologické poměry křídového útvaru severozápadní části Polomených hor. – Rozpr. Českosl. Akad. Věd, Ř. mat.-přír. Věd, 66, 6: 1–55, foto 1–14. Praha.

Mašín, J. et al. (1970): Geofyzikální výzkum podloží české křídy. Závěrečná zpráva. – Ústav užité geofyziky Brno, 144 s. MS Archiv Česká geologická služba – Geofond.

Müller, B. (1924a): Der geologische Aufbau des Auschaer Rotlandes. – Leitmeritzer heimatkundl. Arbeitsgemeinschaft, 37 s. K. Pickert. Litoměřice.

Müller, B. (1924b): Geologische Sektion Niemes – Roll des Topogr. Planes 3753/2 (Kartenbl. B. Leipa – Dauba). – Sbor. Stát. geol. Úst. Čes. republiky, 4: 231–288. Praha.

Navrátilová V., Fiedler J., Jankovský F., Najsrová M., Nol O., Procházka M., Šíma J. (2015b) : Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 4523_44 Úštěk, Aquatest a.s. – MS Čes. geol. služ. Praha.

Navrátilová V., Fiedler J., Jankovský F., Najsrová M., Nol O., Procházka M., Šíma J., (2015d) : Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 4523_48 Vrutice, Aquatest a.s. – MS Čes. geol. služ. Praha.

Navrátilová V., Fiedler J., Najsrová M., Nol O., Procházka M., Šíma J., (2015a) : Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 4523_43 Snědovice, Aquatest a.s. – MS Čes. geol. služ. Praha.

Navrátilová V., Fiedler J., Najsrová M., Nol O., Procházka M., Šíma J., (2015c) : Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 4523_45 Štětí, Aquatest a.s. – MS Čes. geol. služ. Praha.

Pačes, T., Corcho Alvarado, J.A., Herrmann, Z., Kodeš, V., Mužak, J., Novak, J.,Purtschert, R., Remenarova, D., Valečka, J. (2008): The Cenomanian and Turonian Aquifers of the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. In: Edmunds, W.M.,Shand, P. (Eds.), Natural Groundwater Quality. Blackwell Publishing Ltd., pp. 72–390 (Chapter 17).

Pešek, J., ed. (2001): Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky. – 243 s. Český geologický ústav Praha.

Pištora, Z. (1967): Základní hydrogeologické problémy oblasti pravostranných labských přítoků Košáteckého potoka, Pšovky, Liběchovky, Obrtky, Úštěckého potoka a území západního okolí Litoměřic u Velkých Žernosek. – Vodní zdroje Praha, 24 s. MS Česká geologická služba – Geofond Praha.

Pištora, Z. (1967a): Hydrogeologický průzkum podzemních vod svrchní křídy v povodí Obrtky a Úštěckého potoka. - MS Geofond. Praha.

Pištora, Z. (1967b): Základní hydrogeologické problémy oblasti pravostranných labských přítoků Košáteckého potoka, Pšovky, Liběchovky, Obrtky a Úštěckého potoka. - MS Geofond. Praha.

Pištora, Z. (1968b): Závěrečné zhodnocení hydrogeologických vrtů v Píšťanech. - MS Geofond. Praha.

Pištora, Z. (1969): Příspěvek k poznání zákonitosti oběhu svrchnokřídových podzemních vod střednoturonského obzoru v území hydrogeologických povodí Košáteckého potoka, Pšovky, Liběchovky, Obrtky, Úštěckého potoka a přilehlé části povodí Ploučnice. - Sbor. ref. konf. o hydrogeol. české křídy 1968, 123-136. Stavební geologie. Praha.

Pištora, Z. et al. (1978): Zákonitosti oběhu křídových podzemních vod v povodí Košáteckého potoka, Pšovky, Liběchovky, Obrtky, Úštěckého potoka, přilehlé části povodí Ploučnice a dolní Ohře II. - MS Geofond. Praha.

Pištora,Z. - Šťáva,M. (1970): Metodika hydrogeologického průzkumu Velké Žernoseky. - Sbor. geol. Věd, Ř. HIG, 7, 81-106. Praha.

Pitter P. (2009): Hydrochemie. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-701-9

Plešinger,V. (1964): Zhodnocení hydrogeologických vrtů Státní pozorovací sítě podzemních vod ČSR - povodí dolní Labe (úsek Mělník - Ústí nad Labem). - MS Geofond. Praha.

Poubová, M. (1963): Krystalinikum Opárenského údolí a České brány. – Sbor. geol. Věd, Geol., 2: 79–99.

Pražák, J. ed. (1991): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 02-44 Štětí. – Český geologický ústav Praha.

Prchalová, H. (2015): Kontaminace podzemních vod ve vybraných hydrogeologických rajonech. Rebilance zásob podzemních vod – ID EIS 10051606-SFŽP. – MS Čes geol. služ. Praha.

Prchalová H. – Durčák M. – Kozlová M. – Vizina A. – Rosendorf P. – Mrkvičková M. a kol. (2013): Metodiky hodnocení chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí v ČR. – Výz. Úst. Vodohosp. TGM, v. v. i. Praha.

Rada, J. (1980): Zpráva o hydrogeologickém průzkumu na lokalitě Litoměřice – pivovar. – Stavební geologie Praha. MS Archiv ČGS – Geofond.

Řeháčková, O. (1979): Velké Žernoseky – náhradní vrty. – Vodní zdroje Praha. MS Archiv ČGS – Geofond.

Řeháčková, O. (1983): Litoměřice. Zhodnocení technických prací na vrtu Li-1A. – Vodní zdroje Praha. MS Archiv ČGS – Geofond.

Shrbený, O. (1992): Chemistry of Tertiary alkaline volcanics in the central-western part of the Bohemian Cretaceous Basin and the adjacent area. – Čas. Miner. Geol., 37, 3: 203–217. Praha.

Shrbený, O. ed. (1990): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 02-41 Ústí nad Labem. – Český geologický ústav Praha.

Skoček, V. – Valečka, J. (1983): Paleogeography of the Late Cretaceous Quadersandstein of Central Europe. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 44: 71–92. Amsterdam.

Slepička, F. - Pačes, T. et al. (1978): Zákonitosti oběhu křídových podzemních vod v povodí Košáteckého potoka, Pšovky, Liběchovky a Obrtky. - MS Geofond. Praha.

Slepička, F. (1967): Výzkum hydrogeologického režimu v povodí Obrtky a Úštěckého potoka. - MS Geofond. Praha.

Slepička, F. (1971): Bilance přebytků podzemních vod. - MS Výzk. úst. vodohosp. Praha.

Stehlík O. (1987): Hydrogeologická mapa ČR 1:50 000 list 02-42 Česká Lípa.- Ústř. Úst. Geol. Praha.

Svoboda M (1961): Podzemní vody a prameny v okolí Litoměřic, na území listu speciální mapy Litoměřice - 3752.- Výzkumný ústav vodohospodářský. Praha.

Svododa, J. ed. (1964): Regionální geologie ČSSR. Díl I Český masiv. Svazek 2. Algonkium – kvartér. – Ústř. úst. geol. Praha.

Šalanský, K. (2004): Neovulkanity České republiky a jejich geofyzikální projevy. – Práce České geologické služby, 17: 1–176. Praha.

Šilar J. (1983): Kdy vznikly podzemní vody Českého masívu? Věstník Ústředního ústavu geologického 58(1): 39-47

Šilar J. (1989): Radiocarbon dating of ground water in Czechoslovakia and paleoclimatic problems of its origin in Central Europe. Zeszyty naukowe politechniki Slaskiej. Seria: Matematyka-Fizyka 61 (geochronometria), 6: 133-141

Štaffen, Z. (1999): Chemostratigrafické stanovení ekvivalence vrstev a souvrství České křídové pánve. Acta Musei Richnoviensis, Sect. Natur, vol. 6, no. 2 s. 1-153.

Šťáva,M. - Pištora,Z. (1966): Hydrogeologický průzkum Velké Žernoseky. Závěrečná zpráva. - MS Vodní zdroje. Praha.

Tykva R. a Berg D. (2004): Man-made and natural radioactivity in environmental pollution and radiochronology.

Uličný, D. – Laurin, J. – Čech, S. (2009a): Controls on clastic sequence geometries in a shallow marine, transtensional basin: the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. – Sedimentology, 56: 1077–1114.

Uličný, D. – Špičáková, L. – Cajz, V. – Hronec, L. (2015): Podklady pro prostorový model hydrogeologicky významných stratigrafických rozhraní ve vybraných hydrogeologických rajonech. Geofyzikální ústav AV ČR. Závěrečná zpráva. – MS Archiv Čes. geol. služba.

Uličný, D. – Špičáková, L. – Grygar, R. – Svobodová, M. – Čech, S. – Laurin, J. (2009b): Palaeodrainage systems at the basal unconformity of the Bohemian Cretaceous Basin: role of inherited fault systems and basement lithology during the onset of basin filling. – Bull. Geosci., 84: 577–610.

Uličný, D. (2001): Depositional systems and sequence stratigraphy of coarse-grained deltas in a shallow-marine, strike-slip setting: the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. - Sedimentology, 48, 3: 599-628.

Vachtl, J. (1965): Podloží střední části české křídy. – Sbor. geol. Věd, Geol., 9: 119–130. Praha.

Valečka, J. – Nádaskay, R. – Čech, S. – Pitrák, M. – Pintér, L. – Hroch, T. – Zelenková-Trubačová, A. (2015): Závěrečná zpráva průzkumného geologického vrtu 4523_A Sedlec u Litoměřic. – MS Archiv Česká geologická služba.

Valečka, J. (1989): Sedimentology, stratigraphy and cyclicity of the Jizera Formation (Middle–Upper Turonian) in the Děčín area (N Bohemia). – Věst. Ústř. Úst. geol., 64, 2: 77–90.

Vejlupek, M. – Kaas, A. (1986): Strukturně-tektonická stavba křídy Roudnicka. – Čas. Miner. Geol., 31, 3: 279–284. Praha.

Vejlupek, M. – Novák, J. (1986): Tektonika platformních uloženin na Úštěcku. – Věst. Ústř. Úst. geol., 61, 2: 103–107. Praha.

Vejlupek, M. (1984): Permokarbon v podloží křídy severovýchodně od Litoměřic. – Věst. Ústř. Úst. geol., 59, 3: 173–177. Praha.

Vilímek, M. (1959): Průzkum vápenců 1958. Litoměřice. – Geologický průzkum n.p. Praha. MS Archiv ČGS – Geofond.

Vrba, J. et al. (1965): Hydrogeologická rajonizace Československa, povodí Labe. - MS Geofond. Praha.

Yurtsever Y. (1983): Models for tracer data analysis. In Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology, Tech. Rep. Ser. 91. – International Atomic Energy Agency. Wien.

Zahálka, Č. (1897a): Pásmo IX. útvaru křidového mezi Chocebuzy a Vidími v Polomených horách. – Věst. Král. čes. Spol. Nauk, Tř. mat.-přír., 1896, 12: 1–23. Praha.

Zahálka, Č. (1897b): Stratigrafie křidového útvaru Řipské vysočiny a Polomených Hor. – Věst. Král. čes. Spol. Nauk, Tř. mat.-přír., 1896, 18: 1–40. Praha.

Zahálka, Č. (1916): Severočeský útvar křidový z Rudohoří až pod Ještěd. – vl. nákl. Roudnice n. L.

Zima, K. (1958): Hydrogeologické poměry Litoměřicka a Roudnicka. - MS Geofond. Praha.

Zima, K. (1960): Výsledky hydrogeologického průzkumu labského meandru mezi Píšťany a Velkými Žernoseky. - MS Geofond. Praha.

Zima, K. (1962a): Dílčí zpráva o hydrogeologickém průzkumu v povodí Obrtky. - MS Geofond. Praha.

Zima, K. (1962b): zhodnocení výzkumných vrtů na vodu v povodí dolní Obrtky na Litoměřicku. - MS Geofond. Praha.

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.

Jaroš P. (2008): Plán péče o zvláště chráněné území PP v kuksu na období 2010-2019, Krajský úřad Ústeckého kraje, Ústí n. L., 2008, http://www.usteckykraj-priroda.cz

Plán péče o přírodní památku Radouň na období 2009-2018, Krajský úřad Ústeckého kraje, Ústí n. L., 2008, http://www.usteckykraj-priroda.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://botany.cz

http://geoportal.gov.cz

http://heis.vuv.cz

http://kokorinsko.ochranaprirody.cz

http://lokality.geology.cz

http://portal.cenia.cz

http://voda.gov.cz

http://www.ceskestredohori.cz

http://www.cittadella.cz

http://www.krusnohorsky.cz

http://www.nature.cz

http://www.usteckykraj-priroda.cz