

Závěrečná zpráva číslo ZZ 287/2018

**MONITORING VODNÍCH
ZDROJŮ, VODNÍCH PLOCH
A VODOTEČÍ V PLOŠE
PRŮZKUMNÉHO ÚZEMÍ
HORKA, HRÁDEK, KRAVÍ HORA**

**ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA
PRO LOKALITU HORKA**

Autoři: Mgr. Kateřina ŠEDIVÁ

„GEO“

(sdružení GEOTest, a. s. a GEOMIN s. r. o.)

Jihlava, červen 2018

Název projektu: Monitoring vodních zdrojů, vodních ploch a vodotečí v ploše průzkumného území Horka, Hrádek a Kraví hora

Název dílčí etapové zprávy: Závěrečná zpráva pro lokalitu Horka

Závěrečná zpráva

Evidenční číslo smlouvy zadavatele: SO2016-112

Evidenční číslo smlouvy zhotovitele: 16 7331

Autoři: Mgr. Kateřina ŠEDIVÁ

Schválil				
Funkce	Instituce	Jméno	Datum	Podpis
Osoba zhotovitele zodpovědná za technické řešení	GEOMIN s.r.o.	RNDr. Michal Černý		
Osoba zhotovitele zodpovědná za koordinaci projektu	GEOtest, a.s.	Mgr. Jan Bartoň		
Osoba zadavatele zodpovědná za koordinaci projektu	SÚRAO	Ing. Marek Vencel		

Obsah

1	Informace o území.....	8
1.1	Geografické vymezení území	8
1.2	Fyzicko-geografické poměry území	9
1.3	Hydrologické poměry území	10
1.4	Geologické poměry území.....	10
1.5	Hydrogeologické poměry území	11
1.6	Základní charakterizace obydlenosti území, využití půdy	12
2	Výsledky rešeršních prací.....	12
3	Výsledky rekognoskace	14
4	Výběr monitorovaných objektů	15
4.1	Kritéria výběru monitorovaných míst	15
4.2	Přehled monitorovaných objektů	16
5	Plán monitoringu.....	17
6	Monitorované ukazatele	17
7	Odběry vzorků vod.....	18
7.1	Zásady odběru vzorků povrchových vod (rybníky, vodoteče)	18
7.2	Zásady odběrů vzorků podzemních vod (vrty, studny, prameny, vývěry apod.).....	18
8	Výsledky terénních prací.....	19
8.1	Měření hladiny vody a fyzikálních parametrů.....	22
8.2	Měření průtoků vodotečí.....	24
8.3	Klimatologické zhodnocení období monitoringu... Chyba! Záložka není definována.	
8.4	Měření hladiny vody a fyzikálních parametrů..... Chyba! Záložka není definována.	
8.5	Výsledky analytických prací.....	28
8.5.1	Podzemní voda	28
8.5.2	Povrchová voda	36
9	Závěr	42
10	Seznam literatury	44

Seznam tabulek:

Tab. 1: PÚ ZZZK Horka – vymezení území (dle Rozhodnutí MŽP ČR o PÚ ZZZK).....	8
Tab. 2: Výměry katastrálních území dotčených obcí (dle Rozhodnutí MŽP ČR o PÚ ZZZK)..	8
Tab. 3: Obce informované o zahájení monitoringu v PÚ ZZZKHorka.....	14
Tab. 4: Přehled objektů vybraných k monitoringu	16
Tab. 5: Průměrné měsíční teploty vzduchu (°C) v období 11/2016 až 05/2018 ve srovnání s normálem (1981-2010).....	19
Tab. 6: Měsíční srážkové úhrny (mm) v období 9/2016 až 05/2018 ve srovnání s normálem (1981-2010) a Rethlyho vlhkostní klasifikace.....	20
Tab. 7: Rethlyho klasifikace vlhkosti měsíců, roků a období	21
Tab. 8: Úrovně hladiny podzemní vody od terénu.....	22
Tab. 9: Okamžité průtoky v období 11/2016 – 05/2018.....	27
Tab. 10: Souhrn vlastností podzemních vod (průměr za rok 2016-2018).....	35
Tab. 11: Souhrn vlastností povrchových vod (průměr za rok 2016-2018)	36

Seznam textových příloh:

Příloha č. 1: Tabulky rešerší

Příloha č. 2: Pasportní listy

Příloha č. 3: Tabulkový přehled terénních a analytických prací

 Příloha č. 3.1: Měření průtoků a vydatností

 Příloha č. 3.2: Podzemní voda

 Příloha č. 3.3: Povrchová voda

Příloha č. 4: Laboratorní protokoly

Seznam elektronických příloh:

Příloha č. 1: Vymezení PÚ ZZZK Horka	1 : 30 000
Příloha č. 2: Geologická mapa PÚ ZZZK Horka	1 : 30 000
Příloha č. 3: Hydrogeologická mapa PÚ ZZZK Horka	1 : 30 000
Příloha č. 4: Mapa vrtné prozkoumanosti dle ČGS – Geofond Praha	1 : 30 000
Příloha č. 5: Vodohospodářská mapa PÚ ZZZK Horka	1 : 30 000
Příloha č. 6: Hydrologická mapa PÚ ZZZK Horka	1 : 30 000
Příloha č. 7: Mapa objektů vybraných k monitoringu	1 : 30 000
Příloha č. 8: Fotodokumentace	

Seznam použitých zkratk:

CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
KNK	Kyselinová neutralizační kapacita
KOP	Kombinované odporové profilování
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PÚ ZZZK	Průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry
PVP	Podzemní výzkumné pracoviště
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
RAO	Radioaktivní odpad
TDS	Total dissolved solids (celkové rozpuštěné látky)
VDV	Velmi dlouhé vlny
VJP	Vyhořelé jaderné palivo
ZD	Zemědělské družstvo
ZNK	Zásadová neutralizační kapacita
ZCHÚ	Zvláště chráněné území

Abstrakt

Předmětem zakázky bylo splnění podmínky rozhodnutí Ministerstva životního prostředí, č.j. 2092/560/14/73273/ENV/14/GEO 4/2013, o stanovení průzkumného území pro zvláštní zásah do zemské kůry Kraví hora, za účelem provedení kompletního monitoringu vodních zdrojů, vodních ploch a vodotečí v ploše průzkumného území. Dílčí zpráva pro lokalitu Horka je součástí projektu „Monitoring vodních zdrojů, vodních ploch a vodotečí v ploše průzkumného území Horka, Hrádek a Kraví hora.“

Pro monitoring bylo vybráno celkem 20 objektů tak, aby plošně i typologicky reprezentovaly hydrogeologické a hydrologické poměry v daném území. Celkem bylo do programu zařazeno 8 podzemních vodních zdrojů (5 vrtů, 3 studny), 6 vodních ploch a 6 vodotečí. Monitoring se skládal z terénních měření fyzikálně-chemických parametrů a odběru vzorků na chemické analýzy. U Podzemních objektů, studní a přístupných vrtů, byla měřena jejich hloubka a hladina vody. U vodotečí byl měřen jejich aktuální průtok. Monitoring probíhal ve čtvrtletním intervalu s počátkem v listopadu 2016 a ukončením v květnu 2018, tedy v 7 monitorovacích cyklech.

Analytická data podzemních vod byla hodnocena jak z hlediska hydrogeochemického tak i z hlediska případné kontaminace v souladu s příslušnými vyhláškami pro kvalitu podzemních a povrchových vod. Data jsou prezentována v tabulkové formě v příloze a hlavní parametry formou grafů s komentářem ke změnám chemismu v průběhu monitoringu.

Ve zprávě je prezentován a komentován vývoj srážkových a teplotních poměrů v oblasti během sledovaného období. Průběh těchto parametrů je následně srovnán s průběhem pohybů hladin ve studních a vrtech, s naměřenými průtoky potoků a změnami v chemismu.

V závěrečném hodnocení byl proveden návrh dalšího postupu monitoringu.

Abstract

The subject of the contract was to comply with the condition of the Decision of the Ministry of the Environment, Ref. No. 2092/560/14/73273/ENV/14/GEO 4/2013, on the determination of a survey area for a special intervention into the Earth's crust, Kraví hora, for the purpose to carry out complete monitoring of water sources, water bodies and watercourses in the survey area. An interim report for the site of Horka is part of the project "Monitoring of Water Sources, Water Bodies and Watercourses in the Survey Areas of Horka, Hrádek and Kraví hora."

In all, 20 objects have been selected for monitoring so that they can represent hydrogeological and hydrological conditions in the given area across the surface and typologically. In all, 8 groundwater sources (5 boreholes, 3 wells), 6 water bodies and 6 watercourses have been included in the programme. Monitoring consisted of field measurements of physical-chemical parameters and sampling for chemical analyses. In the underground objects, wells and accessible boreholes, their depth was measured, as well as the depth to the groundwater table. In the watercourses, their current flow rate was measured. Monitoring took place on a quarterly basis, starting in November 2016 and ending in May 2018, i.e. in 7 monitoring cycles.

The analytical data of groundwater were evaluated both from the hydrogeochemical point of view and from the point of view of any potential contamination in compliance with the relevant regulations for the quality of groundwater and surface water. The data are presented in a tabular form in an annex and the main parameters in the form of graphs with a commentary on the changes in the chemistry during monitoring.

The report presents the development of precipitation and temperature conditions in the area during the monitored period of time and a commentary on it. The pattern of these parameters is subsequently compared with the pattern of groundwater level fluctuations in the wells and boreholes, with the measured flow rates of brooks and with the changes in the chemistry.

The final evaluation includes a proposal for the next steps in monitoring.

1 Informace o území

Předmětem zakázky bylo splnění podmínky rozhodnutí Ministerstva životního prostředí, č.j. 2092/560/14/73273/ENV/14/GEO 4/2013, o stanovení průzkumného území pro zvláštní zásah do zemské kůry Horka, za účelem provedení kompletního monitoringu vodních zdrojů, vodních ploch a vodotečí v ploše průzkumného území.

Základní informace o PÚ ZZZK Horka byly převzaty z projektu „Ověření vhodnosti horninového prostředí pro umístění hlubinného úložiště VJP a RAO v PÚ ZZZK Horka“, který vypracovala SÚRAO – Kováčik et al. (2015) a z „Monitorovacího plánu pro lokalitu Horka“, kterou vypracovala společnost GEOMIN s. r. o. – Černý, Šedivá (2016).

1.1 Geografické vymezení území

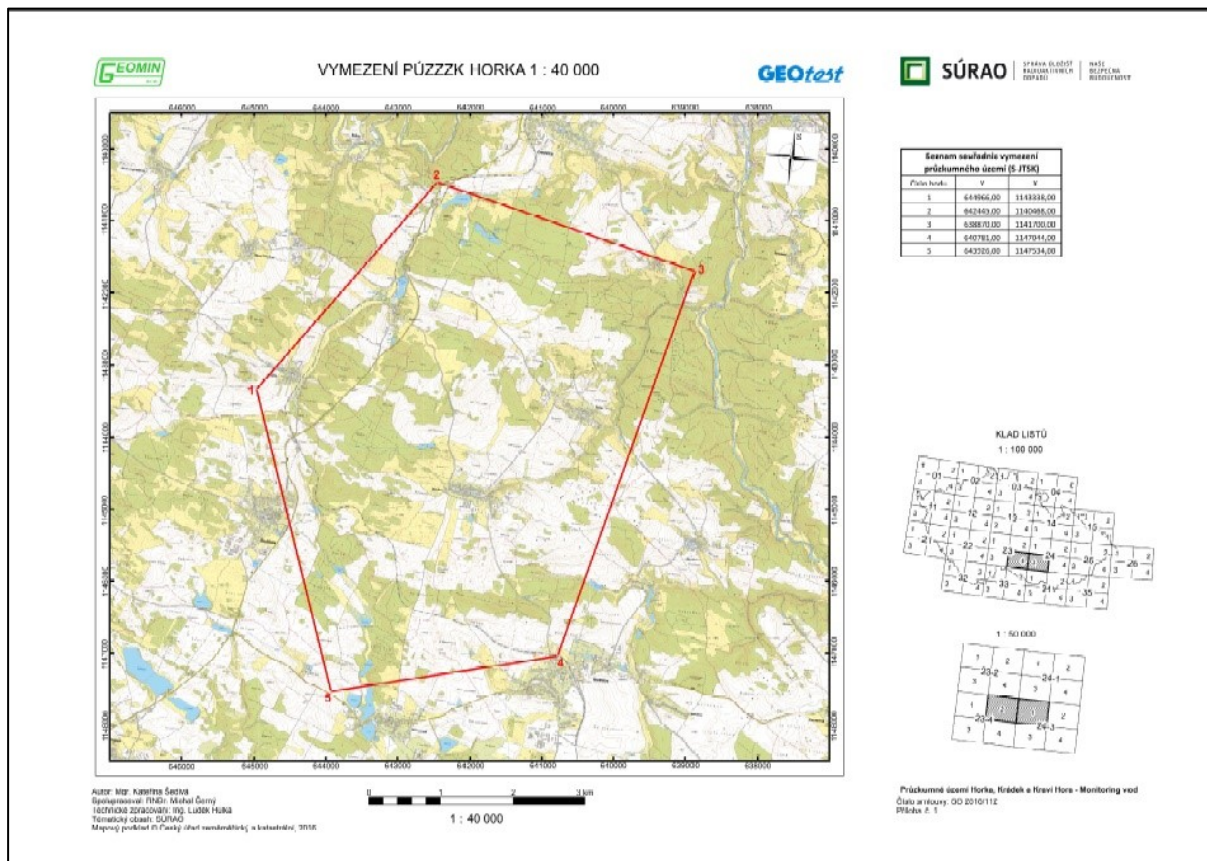
Průzkumné území Horka se nachází v území vymezeném pěti body o výměře 28,26 km² (tab. 1). Nachází se v kraji Vysočina (CZ063), v okrese Žďár nad Sázavou (CZ0635) a Třebíč (CZ0634) mezi obcemi Oslavice, Osové, Budišov, Nárameč, Rudíkov a Vlčatín v kraji Vysočina. Uvnitř PÚ ZZZK se nachází obce: Osové, Oslavička, Rohy, Vlčatín, Hodov a okrajově také Budišov. Katastrální území, která zasahují do PÚ ZZZK Horka, a jejich rozlohy jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 1: PÚ ZZZK Horka – vymezení území (dle Rozhodnutí MŽP ČR o PÚ ZZZK)

bod	Y	X
1.	644 966,00	1 143 338,00
2.	642 445,00	1 140 468,00
3.	638 870,00	1 141 700,00
4.	640 781,00	1 147 044,00
5.	643 926,00	1 147 534,00

Tab. 2: Výměry katastrálních území dotčených obcí (dle Rozhodnutí MŽP ČR o PÚ ZZZK)

Základní územní jednotka (obec)	kód obce IČZÚJ	% plochy PÚ	Územně technická jednotka (katastrální území)	kód k.ú. (IČÚTJ)	výměra km ²
Budišov	590401	10,36	Budišov	615463	2,93
Hodov	590622	33,97	Hodov	640611	9,60
Nárameč	591220	7,98	Nárameč	701599	2,25
Oslavice	596337	2,82	Oslavice	713198	0,80
Oslavička	511412	12,08	Oslavička	708011	3,41
Osové	596353	3,66	Osové	713368	1,03
Rohy	591602	19,01	Rohy	740535	5,37
Rudíkov	591637	3,51	Rudíkov	743267	0,99
Vlčatín	591912	6,60	Vlčatín	783617	1,87
celkem		100,00			28,26



Obr. 1: Vymezení PÚ ZZZK Horka v topografické mapě

Předmětné průzkumné území je zobrazeno na listech základních map ČR 1: 25 000: 23-422 (Rudíkov), 23-424 (Třebíč), 24-311 (Velké Meziříčí) a 24-313 (Náměšť nad Oslavou). V Gauss – Krügerově zobrazení (souřadnicový systém S-42) zasahuje plocha PÚ ZZZK na listy M-33-104B-b, M-33-104-B-b, M-33-105-A-a a M-33-105-A-c.

1.2 Fyzicko-geografické poměry území

Podle geomorfologického členění (Demek et al. 1987) je zájmové území součástí Velkomeziříčské pahorkatiny. Širší území má kupovitý reliéf s tvary zvětrávání a odnosu na podloží. Energie reliéfu je relativně nízká. Nejvyšší kótou je Hodovská horka (581 m n. m). Nejnížší místa v rámci území dosahují cca 460–470 m n. m.

Z geomorfologického hlediska je pro širší okolí lokality Horka charakteristické nepravidelné střídání sníženin a vyvýšenin. Území se vyznačuje relativně zarovnaným reliéfem. Současný povrch vytváří mírně vyvýšenou, zvlněnou krajinu s převahou odlesněných, zemědělsky obhospodařovaných pozemků na mělkých, chudých, písčítých půdách, s ojedinělými hlouběji zaříznutými údolími, drobnými remízky či s menšími až středně velkými lesními celky na terénních návrších nebo na svazích údolí. Na dílčích elevacích jsou časté balvanité rozpady horniny; jednotlivé balvany byly obvykle rozptýleny soliflukcí.

Pokryvné útvary mají na území malý rozsah a jsou zpravidla vázány na plošně omezené výskyty v podobě denudačních reliktů. Výskyt kvartérních sedimentů byl ovlivněn geomorfologickými jevy a antropogenní činností. Recentní tvorba vodních nádrží a s tím související změny spádových křivek toků měly za následek vyšší akumulaci fluvialních a splachových sedimentů. Na základě předchozích prací lze odhadnout mocnost

zvětralínového pláště většinou v rozmezí 0–2 m. V tektonicky predisponovaných oblastech a při patách svahů může dosahovat větších hloubek, maximálně však do 10 m.

Vrcholovou částí zájmového území prochází rozvodnice mezi povodími řek Oslavy a Jihlavy po linii: Rudíkov – Vlčatínský vrch (589,8 m) – Hodovská horka (581,0 m) – severně od obce Rohy. Jižní část polygonu je odvodňována řekou Jihlavou, severní část jejím levostranným přítokem – Oslavou. Z vodních toků v území pramení nebo jím protékají: Oslavička, Mařek, Kundelovský potok a Mlýnský potok. V území se nachází několik menších rybníků a vodních nádrží (Benetínský, Ambrožův, Oborný, Oslavičský, Hodovský, Perný a Podstránský). V oblasti nejsou žádné trvale využívané pozorovací objekty pro sledování vydatnosti pramenů, hladin a jakosti podzemních vod.

Klimatické charakteristiky zájmového území (Quitt et al. 1971) odpovídají mírně teplé oblasti MT 5. Léto je normálně dlouhé až krátké (30–40 dnů letních dnů), mírné až mírně chladné (průměrná teplota v červenci je 16–17°C) a suché až mírně suché. Srážkový úhrn ve vegetačním období dosahuje 350–450 mm. Zima je normálně dlouhá (40–50 ledových dnů), mírně chladná (průměrná teplota v lednu -4 °C až -5 °C), suchá až mírně suchá s normální dobou trvání sněhové pokrývky (60–100 dnů). Srážky v zimním období se pohybují mezi 250 mm až 300 mm. Trvání přechodného období je normální až dlouhé s mírným jarem i podzimem.

1.3 Hydrologické poměry území

PÚ ZZZK Horka je odvodňováno do Černého moře. Jižní část je tvořena povodím řeky Jihlavy (4-16-01) s levostranným přítokem Mlýnského potoka a severní část povodím řeky Oslavy (4-16-02) s pravostrannými přítoky Oslavičkou, Mařkem a Kundelovským potokem. Podle hydrogeologické rajonizace ČR náleží lokalita k rajonu 6550 – k oblasti krystalinika v povodí Jihlavy, přičemž se jedná o horniny krystalinika, proterozoika a paleozoika.

1.4 Geologické poměry území

Zájmové území je zobrazeno na základní geologické mapě listy Jihlava (Beneš et al. 1963) a Jindřichův Hradec (Dudek et al. 1963) v měřítku 1: 200 000, listy 23-42 Třebíč (Veselá et al. 1987) a 24-31 Velké Meziříčí (Mísař et al. 1993) v měřítku 1 : 50 000.

Podle regionálně-geologického členění Českého masivu (Mísař et al. 1983) jsou horninové komplexy zájmového území součástí regionálního celku moldanubika. V širším okolí průzkumného území se nachází horniny tří geologických jednotek, a to:

- horniny třebíčského plutonu (amfibol-biotitické melagranity až melasyenity - durbachity), které tvoří horninové podloží PÚ ZZZK,
- horniny strážeckého moldanubika (migmatity, migmatitizované pararuly, amfibolity),
- kvartérní uloženiny (svahové a říční sedimenty).

Třebíčský pluton variského stáří 340 Ma (Holub et al 1997) je mělce uložené tabulární těleso trojúhelníkovitého tvaru a svou rozlohou (cca 540 km²) patří k největším ultradraselným plutonům na světě. Intruze plutonu je spjata s moldanubickou zónou variského orogénu (Holub et al. 1997, Verner et al. 2006, 2008). Obecně nejvíce rozšířeným horninovým typem jsou amfibol-biotitické melasyenity (durbachity), křemenné melasyenity a melagranity (typ čertovo břemeno). Charakteristickým znakem jsou zvýšené obsahy MgO a K₂O a dalších

prvků zejména Cr, Ni, Cs, Th, U. Durbachitické horniny vznikly pravděpodobně míšením anomálních plášťových magmat se spodnokorovými taveninami granitického složení (Holub et al. 1997). Durbachitické horniny jsou metaluminické se zvýšenými obsahy K_2O (4,5–7 %), nižšími obsahy CaO a Na_2O . Obsah SiO_2 nabývá relativně vysokých hodnot a to až 66 % v nejvíce světlých členech. Charakteristické jsou zvýšené obsahy některých stopových prvků zejména Rb, Cs, Ba, Th a U. Kontakty hornin třebíčského plutonu s okolními horninami moldanubika jsou značně variabilního charakteru. Západní a východní okraj plutonu vykazuje souhlasnou orientaci intruzivních kontaktů plutonu a hornin moldanubika. Charakteristickým znakem je prstovité pronikání intruzivních hornin podél ploché metamorfní foliace a tavení okolních metamorfítů. V severní části plutonu (v oblasti styku třebíčského plutonu s horninami strážeckého moldanubika) jsou pak intruzivní kontakty strmé a diskordantní ve vztahu k regionální tektonometamorfní stavbě. Třebíčský pluton vykazuje silnou duktilní anizotropii minimálně dvou magmatických staveb (Bubeníček 1967): (i) relativně starší strmá stavba obvykle paralelní s kontakty plutonu, která je přetištěna (ii) relativně mladší plochou magmatickou foliací.

V širším okolí průzkumného území bylo identifikováno několik zlomových systémů, a to: SZ-JV, SSV-JJZ, V-Z, S-J průběhu (Bubeníček 1967, Mísař et al. 1993). Významný třebíčský zlom V-Z směru dělí pluton na menší jižní a větší severní část, v níž je lokalita Horka umístěna celou svou rozlohou. Při severním omezení plutonu probíhá tzv. sázavský zlom, který se mimo jiné projevuje i přípovrchovou hydrotermální a metalogenetickou aktivitou (Chmelař 1986 in Kučera et al. 2003). Většina lineárních rozhraní je málo výrazná, významnější morfologické projevy má jen několik struktur (Kučera et al. 2003). V průzkumném území a v jeho bezprostředním okolí se dle metodiky hodnocení tektonických poměrů (Slovák et al. 2005) nenacházejí hlubinné zlomy (1. kategorie) a ani tektonické zóny nadregionálního významu (2. kategorie). V celé ploše převládají kratší, málo výrazné zóny a pukliny kategorie 4 a 5.

1.5 Hydrogeologické poměry území

Hodnocené území je zobrazeno na základních hydrogeologických mapách 1: 200 000: list 23 Jihlava (Myslil et al. 1986) a list 24 Brno (Myslil et al. 1985). Náleží k oblasti povodí řeky Morava (č.h.p. 4-16-01 Jihlava po Oslavu a č.h.p. 4-16-02 Oslava a Jihlava od Oslavy po Rokytňou; hydrogeologický rajón 655 Krystalinikum v povodí Jihlavy).

Hydrogeologická vrtná prozkoumanost třebíčského masivu je nízká a nerovnoměrná. Většina hydrogeologických objektů postihuje pouze kvartérní pokryv nebo zvětralinový plášť s hloubkovým dosahem většinou nepřesahujícím 10 m. Průzkum hlubších partií dané geologické struktury prakticky nebyl prováděn. Dostupné hydrogeologické údaje jsou převážně orientačního charakteru. Hustota hydrogeologických vrtů je malá a nerovnoměrná. Existující hydrogeologické data jsou většinou jenom do hloubky 30 m. Systematické údaje o hydraulických vlastnostech hlubších částí horninového masivu v hloubkách pod 100 m chybí.

Transmisivita (T) skalního podkladu je celkově charakterizována jako velmi nízká hodnotou $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Vyšší transmisivita je předpokládána jenom v oblastech v tektonicky porušenějších částech horninových masivů. Podle výsledků čerpacích zkoušek se vydatnost plytkých zdrojů podzemních vod pohybuje mezi $0,17\text{--}3,20 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a specifická vydatnost v rozmezí $0,001\text{--}0,180 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Hladina podzemní vody v puklinovém prostředí je mírně napjatá. Relativně živější

oběh podzemní vody je vázán na pásmo připovrchového rozpojení granitodních hornin, zvětralinový plášť a kvartérní pokryv v zóně mělkého oběhu podzemní vody. Hloubka dosahu mělkého oběhu podzemních vod v pásmu rozpojení je dána především úrovní místní erozivní báze. Pod hloubkou 80–100 m se, s výjimkou tektonicky postižených zón, nepředpokládá aktivní oběh podzemní vody.

1.6 Základní charakterizace obydlivosti území, využití půdy

V katastrálních územích, která zasahují do PÚ ZZZK Horka, žije 3 680 obyvatel, z čehož na vymezené ploše jen zhruba 950 obyvatel.

Převážná část území je zalesněna, část je hospodářsky využívána – pole, louky, rybníky. Lesy jsou smíšené – smrkovo-bukové. Louky jsou využity jak k sečení, tak k pastvě. Z polních plodin se pěstují pro oblast Českomoravské vysočiny typické brambory, obilniny a řepka.

2 Výsledky rešeršních prací

Základními podklady pro splnění předmětu díla byly mapy a zprávy uložené v ČGS Geofond v Praze, dále v interním archivu firmy GEOMIN s. r. o., dostupné mapy geologické, hydrogeologické, hydrologické, vodohospodářské a turistické. Pro rešeršní část úkolu byla neméně důležitá i data od SÚRAO.

Hlavním zdrojem informací o předcházejících výzkumech hodnoceného území jsou archiv ČGS-Geofond Praha a dílčí registry, archiv DIAMO, s. p., odštěpný závod GEAM, Dolní Rožínka, archiv fy. GEOMIN, s.r.o. Jihlava, archiv Přírodovědecké fakulty Karlovy univerzity Praha a archiv SÚRAO Praha. Většina rešeršních prací je sumarizována v kritických rešerších z r. 1997 a r. 2005 (Woller et al. 1997, Skořepa et al. 2005).

Geologie

Mezi nejstarší publikované práce z širší oblasti zájmového území patří příspěvky věnované petrografické, tektonické a ložiskové charakteristice hornin třebíčského plutonu a to v úzké návaznosti na prováděné geologické mapování a možnosti jejich technického využití (např. Stejskal 1925; Zapletal 1933; Koutek 1947). Mezi starší práce charakterizující komplexy metamorfovaných hornin moldanubika patří také publikace Suesse (1926) a Dudka (1958).

V práci Bubeníčka (1967) byl vyčerpávajícím způsobem popsán strukturní a petrografický vývoj hornin třebíčského plutonu. Novější syntetické práce věnované popisu a petrogenезi hornin třebíčského plutonu publikoval Holub et al. (1997). Tíhové účinky granitoidů třebíčského plutonu a jeho okolních hornin řešil Sedlák et al. (2006). Souhrnné práce Svobody (1966) a Mísaře (1983) měly zejména význam pro regionálně-geologické členění studovaného území. Ucelenou charakteristiku geologické a tektonické stavby území shrnul v rámci projektu Geobariéra (Skořepa et al. 2003). Model tektonometamorfního vývoje východního okraje Českého masivu publikoval Schulmann (2005, 2008, 2009), a to na základě shrnutí doposud publikovaných poznatků a spektra nových geochronologických a petrologických dat. Nejnověji se horninami strážeckého moldanubika zabývali Tajčmanová et al. (2006) a Verner et al. (2009). Přehled geologické prozkoumanosti je uveden v Příloze 2, přehled vrtné prozkoumanosti v Příloze 4.

Hydrogeologie

Většina hydrogeologických prací v širším okolí PÚ ZZZK v minulosti měla jenom lokální charakter. Šlo především o hydrodynamické zkoušky v mělkých vrtech (cca 30 m), realizovaných pro potřeby lokálního zásobování pitnou nebo užitkovou vodou. Navíc tyto práce byly lokalizovány především do kvartérních sedimentů a zón přípovrchového rozvolnění hornin. Jedinou prací regionálního charakteru byl hydrogeologický průzkum třebíčského a jihlavského masivu, který realizoval Geotest Brno v devadesátých letech minulého století.

Geofyzika

V širším okolí zájmového území bylo realizováno poměrně hodně geofyzikálních průzkumů a studií. Geofyzikální zprávy (gravimetrie, magnetika, letecká geofyzika, VDV, KOP, karotáž apod.) byly většinou zaměřeny na prognózní oceňování na ložiskovou geologii (uran, podzemní voda) a na hodnocení fyzického stavu horninového prostředí (zlomy, puklinové systémy, kruhové struktury apod.). Neopominutelným zdrojem geofyzikálních dat je archiv DIAMO, s.p., který obsahuje v samotném průzkumném území a v jeho bezprostředním okolí cca 200 tisíc bodů geofyzikálních měření různými metodami (VDV, KOP, aj.). Získání a reinterpretace těchto dat bude předmětem samostatného projektu. Výsledky reinterpretace budou provedeny v přípravné etapě tak, aby bylo možné tyto výsledky vzít v úvahu při plánování detailního geofyzikálního měření. Přehled geofyzikální prozkoumanosti je uveden v Příloze 3.

Geochemie

Informace z geochemických průzkumů jsou dvojího charakteru – regionální a detailní. Regionální geochemické studie představují mineralogické a chemické analýzy šlichů a chemické analýzy řečištních sedimentů ze dna vodotečí. Tyto analýzy jsou využitelné pro vymezení mineralogických a chemických nehomogenit horninových masivů, geochemických anomálií, zón alterací, metalogeneticky aktivních zlomů apod. Práce detailního (lokálního) charakteru byly realizovány zejména pro potřeby uranové prospekce.

Inženýrská geologie

Inženýrskogeologické práce byly zaměřeny na posouzení základových půd pro běžné stavby, čističky odpadních vod, hrází a nádrží na lokálních vodních tocích, cestních komunikací, skládek odpadů apod. Vrtné průzkumy, případně kopané šachtice byly většinou lokalizovány do kvartérních sedimentů a mimo hranice PÚ ZZZK. Hodnocení přetvárných charakteristik granitoidních hornin bylo realizováno jenom na vzorkách z lokality Přeckov (mimo PÚ ZZZK). Regionální nebo lokální studie o inženýrsko-geologických poměrech v širším okolí průzkumného území chybí.

Detailnější hodnocení širšího okolí lokality Budišov (Horka) bylo zpracováno v projektu GeoBariéra v letech 2003-2008. V Tab. 3 a 4 jsou uvedeny přehledy důležitých archivních zpráv.

Seznam podkladů viz příloha 2 – Tabulka rešerší.

3 Výsledky rekognoskace

Terénní rekognoskace území, včetně prvotního odběru vzorků byla provedena při čtyřech výjezdech ve dnech 2.–25. 11. 2016.

Dle podkladů bylo vytipováno celkem 27 objektů, z čehož je 8 vrtů, 4 studny, 2 prameny a 7 vodních ploch. Dále bylo vytipováno 6 vodních toků. Přehledná mapa všech objektů vybraných pro průzkum je součástí přílohy, přiloženy jsou i souřadnice daných objektů.

O zahájení projektu „Monitoring vodních zdrojů, vodních ploch a vodotečí v ploše průzkumného území Horka, Hrádek a Kraví hora“ bylo dopisem i mailem požádáno všech devět obcí, resp. jejich zástupců, jejichž katastry zasahují do PÚ ZZZK Horka (viz Tab. 3).

Tab. 3: Obce informované o zahájení monitoringu v PÚ ZZZK Horka

Obec	Starosta	Telefon	Email	Adresa
Budišov	Petr PIŇOS	568 875 110	pinos@mestysbudisov.cz	Budišov 360, 675 03 Budišov
Hodov	Ing. Stanislav JAŠA	774 409 001	ou.hodov@horacko.cz	Hodov 54, 675 04 Hodov
Nárameč	Ing. Ludmila JELÍNKOVÁ	603 495 592	info@naramec.cz	Nárameč 7, 675 03 Nárameč
Osové	Bohuslav LUDVÍK	602 720 481	osove@osove.cz	Osové 14, 594 01 Velké Meziříčí
Oslavice	Ing. Pavel JANOUŠEK	605 749 927	oslavice@oslavice.cz	Oslavice 1, 594 01 Velké Meziříčí
Oslavička	Ing. Markéta ŠULOVÁ, Ph.D.	776 294 592	ou.oslavička@seznam.cz	Oslavička 39, 675 05 Rudíkov
Rohy	Olga VOBORNÁ	724 187 481	ou.rohy@email.cz	Rohy 52, 675 05 Rudíkov
Rudíkov	Zdeněk SOUČEK	604 266 642	ou.rudikov@rudikov.cz	Rudíkov 2, 675 05 Rudíkov
Vlčatín	Josef MEZLÍK	724 189 570	ou.vlcatin@seznam.cz	Vlčatín 1, 675 05 Rudíkov

V ploše PÚ ZZZK Horka bylo k rekognoskaci navrženo 27 objektů, konkrétně:

- 2 prameny
- 6 odběrných bodů na vodních tocích
- 7 vodních ploch
- 8 hydrogeologických vrtů
- 3 studny

Všechny navržené monitorovací objekty jsou dobře přístupné.

Přehledná mapa skutečně rekognoskovaných objektů je součástí mapové přílohy č. 7. Pasporní listy jsou uvedené v textové příloze č. 2.

4 Výběr monitorovaných objektů

4.1 Kritéria výběru monitorovaných míst

Definitivní výběr 20 objektů určených k monitoringu v rámci tohoto projektu byl proveden ve dnech 23. a 24. 11. 2016, které byly i prvním, úvodním kolem monitoringu. Výběr monitorovacích míst byl proveden podle následujících kritérií.

Všeobecná kritéria:

1. Zastoupení jednotlivých typů objektů. Zhruba polovina objektů by měla reprezentovat podzemní vody a druhá polovina vody povrchové. Počet objektů jednotlivých typů je však v rámci každého PÚ ZZZK jiný a jde také o dostupnost objektů zastupujících podzemní vody, takže tento poměr nemusí být vždy dodržen.
2. Distribuce v rámci PÚ ZZZK. Celá plocha PÚ ZZZK je více méně pravidelně pokryta monitorovacími body, i když distribuce jednotlivých typů je často značně nepravidelná (vodní zdroje vázané na osídlení, přítomnost toků a vodních ploch).
3. Dostupnost objektu. Vzhledem k časové náročnosti vzorkování a nutnosti využívat nástroje a přístroje jsou preferovány objekty dostupné po cestách sjízdných i v zimní sezóně.
4. Přístup k objektům. V případě objektů pro monitoring podzemních vod, kterými jsou hlavně využívané studny a vrty, je třeba sjednat s majitelem či provozovatelem jejich zpřístupnění.
5. Stav objektu. Objekt musí být v takovém stavu, aby bylo možné provádět monitoring po celou dobu projektu. Nevhodné jsou tedy např. studánky a toky, které jsou mimo jarní a letní sezónu suché, nebo sezónně vypuštěné rybníky.
6. Kladné stanovisko k odběru od majitele objektu/pozemku (starosta, vlastník).

Kritéria pro jednotlivé typy objektů:

1. Vrty: Hlavním kritériem je reprezentativnost vrtu. Jako další kritérium je zohledněn účel vrtu. Preferovány jsou vrty využívané jako vodní zdroj. Naopak monitorovací vrty pro sledování ekologických zátěží jsou nevhodné vzhledem k možné kontaminaci.
2. Studny: Hlavním kritériem je dostupnost a přístup. V případě přítomnosti několika studní na malé ploše může být vybrána jen jedna nebo dvě ze skupiny.
3. Vrty a studny jako vodní zdroje, s rozlišením mělké/hlubší zvodně: V případě výběru obecních vodních zdrojů může být respektován zájem obce na monitorování konkrétního objektu, pokud je v souladu se zaměřením projektu.
4. Prameny a studánky: U tohoto typu objektů je hlavní dostupnost a trvalost pramene a pokud možno neovlivnění sekundární kontaminací (např. ZD, průmyslové objekty atd.)
5. Vodní plochy, reprezentované především rybníky: Kritériem je hlavně dostupnost a aktuální stav.
6. Vodní toky: Výběr zahrnuje vodní toky tak, aby byly více méně rovnoměrně zastoupeny v ploše PÚ. Kritériem je dostupnost a trvalost toku a pokud možno, aby odběrný profil reprezentoval celé povodí toku v PÚ ZZZK.

4.2 Přehled monitorovaných objektů

Bylo vytipováno 8 vrtů, 4 studny, 2 prameny a 7 vodních ploch. Dále bylo vytipováno 6 vodních toků. Při následné rekognoskaci byly objekty prověřeny a z nich vybrány ty, které byly dále dlouhodobě v rámci projektu sledovány (tab. 4).

Tab. 4: Přehled objektů vybraných k monitoringu

poř. číslo	katastr	typ objektu	souřadnice S-JTSK			poznámky
			X	Y	Z	
Ho-1	Vlčatín	vodní tok	49.30606336	15.95189623	525	Oslavička, za obcí Vlčatín
Ho-2	Oslavička	vodní plocha	49.31930451	15.96682264	500	Oslavičský rybník, levá strana hráze
Ho-3	Oslavička	vodní plocha	49.33106046	15.97828615	480	Benetínský rybník, levá strana hráze
Ho-4	Hodov	vodní tok	49.29857430	15.97065417	515	Mašek, v tůňce pod propustkem, u vrtu HD-1
Ho-5	Hodov	vodní plocha	49.29051183	15.98611308	500	Bezejmenný rybník, jižně od Hodova, nedaleko vrt HV-1
Ho-6	Rohy	vodní tok	49.30548409	16.01165785	455	Mašek, v lese, za obcí Rohy
Ho-7	Osové	vrt	49.32381037	16.02075649	455	Vodárna č. 3, v údolí pod obcí Osové
Ho-8	Osové	vodní zdroj	49.32567081	16.01997974	465	Obecní studna pro Osové, na kraji lesa
Ho-9	Nárameč	vodní plocha	49.26956562	15.96870286	460	Podstránský rybník, hráz
Ho-10	Nárameč	vodní tok	49.27909576	15.95551226	485	Bezejmenný tok, vysoký smíšený les
Ho-11	Nárameč	vodní plocha	49.28128922	15.95889436	485	Bezejmenný rybník, vysoký smíšený les, pravá strana hráze, nad propustkem
Ho-12	Budišov	vodní tok	49.27290430	15.99089772	480	Bezejmenný tok, vytéká z rybníku Rybníčky, v blízkosti vrtů Mbud-1 a Mbud-2
Ho-13	Budišov	vodní plocha	49.28188015	15.99843540	485	Rybník Hastrmánek, u hráze, při větším stavu vody v místě přeřadu
Ho-14	Budišov	vodní tok	49.28427586	15.99319990	500	Kundelovský potok, vysoký les, v tůňce pod propustkem
Ho-15	Budišov	vrt	49.27371112	15.99101196	485	Vrt Mbud-2, pod mezí mezi poli
Ho-16	Budišov	vrt	49.27883100	15.99380100	505	Vrt BU-4, v poli u kraje jehličnatého lesa
Ho-17	Hodov	vrt	49.28950893	15.98373878	500	Vrt HV-1, v poli, jižně od obce Hodov

poř. číslo	katastr	typ objektu	souřadnice S-JTSK			poznámky
			X	Y	Z	
Ho-18	Hodov	vrt	49.29844373	15.97052456	515	Vtr HD-1, ve smíšeném lese, na pravém břehu Mařku
Ho-19	Vlčatín	vodní zdroj	49.3052039	15.9483525	520	Studna, na ulici mezi č.p. 59 a 20
Ho-20	Nárameč	vodní zdroj	49.2646683	15.9764139	460	Studna, ve dvoře u č.p. 1

5 Plán monitoringu

Vzhledem k tomu, že MŽP nestanovilo přesné podmínky monitoringu ve vztahu k PÚ ZZZK, je předložený plán monitoringu koncipován tak, aby získané výsledky o kvalitě a distribuci povrchových a podzemních vod byly maximálně využitelné před jakoukoliv činností SÚRAO v PÚ ZZZKHorka.

Do plánu monitoringu hydrogeologických objektů v rámci PÚ ZZZKHorka bylo, na základě rekognoskace území a rešeršních prací v přípravné fázi, zařazeno 20 objektů uvedených v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a mapové příloze č. 7.

Terénní práce probíhaly na základě schváleného monitorovacího plánu. Aby byl monitoring průkazný, je zapotřebí co největší počet pozorování v určitém časovém úseku. Vzhledem k charakteru úkolu bylo vybráno optimální řešení, spočívající ve sledování monitorovaných objektů po dobu 1,5 roku v časovém intervalu 3 měsíce. Bylo tedy provedeno úvodní měření a odběr vzorků, a poté 6 následných měření. Z tohoto předpokladu vyplývá počet vzorků: 20 objektů na každém území, tj. 60 objektů celkem. Na každém objektu 7 odběrů, tj. celkem 420 vzorků pro rozborů všech požadovaných parametrů. Vzorky z prvního odběru byly také analyzovány na obsah Ra a U (tj. 20 vzorků v PÚ ZZZKHorka, celkem 60 vzorků).

Z úvodní etapy, při které proběhla rekognoskace objektů a první kolo vzorkování, byly zpracovány pasportní listy – textová příloha č. 2, které shrnují základní charakteristiky vybraných monitorovacích objektů (např. typ objektu, lokalizace, u vrtů a studní hloubka, charakter výstroje a vydatnost, u povrchových objektů jejich hloubka, plocha, šířka toku příp. průtok atd.).

Vzorkování a sledování monitorovaných objektů proběhlo v měsících: listopad 2016, únor 2017, květen 2017, srpen 2017, listopad 2017, únor 2018 a květen 2018.

6 Monitorované ukazatele

Rozsah analýz:

- **základní fyzikální a chemický rozbor vody – 20 vzorků × 7 cyklů:** pH, vodivost, KNK, ZNK, volný CO₂, tvrdost, vápník, hořčík, sodík, draslík, železo, mangan, amonné ionty, amoniak volný, chloridy, dusičnany, dusitany, hydrogenuhličitan, sírany, fluoridy, orthofosforečnany, CHSK_{Mn}, celková mineralizace – provádí hydrochemická laboratoř firmy GEOtest, a. s. akreditovaná ČIA jako zkušební laboratoř č. 1271.

- **U, Ra – 20×** – jen v prvním a závěrečném kole monitoringu – provedla laboratoř firmy DIAMO státní podnik Stráž pod Ralskem, odštěpný závod GEAM Dolní Rožínka, akreditovaná ČIA jako zkušební laboratoř č. 1306.2.

Rozsah měření fyzikálních parametrů v terénu:

- **fyzikální parametry – 20 vzorků × 7 cyklů:** pH, Eh, konduktivita, rozpuštěný kyslík, teplota, barva, zákal, pach)

7 Odběry vzorků vod

7.1 Zásady odběru vzorků povrchových vod (rybníky, vodoteče)

Vzorky povrchových vod jsou odebírány do příslušných vzorkovnic dodaných laboratoří. Vzorky vyžadující stálou teplotu jsou po odběru uloženy do chladicího boxu. V den odběru jsou vzorky transportovány a protokolárně předány příslušné laboratoři.

Na vodotečích probíhaly během vzorkování následující úkony: měření šířky, hloubky, úrovně hladiny, měření průtoků, odběr vzorku přímým náběrem, fyzikální parametry.

Na vodních plochách (rybníky) probíhaly během vzorkování následující úkony: rozměr, hloubka, úroveň hladiny, fyzikální parametry (viz výše), odběr vzorku přímým náběrem do vzorkovnice. Rozměry a tvar vodních ploch jsou posuzovány na základě leteckých snímků. Jejich hloubka byla převzata z archivní dokumentace či stanovena odhadem.

Na pramenech a studánkách probíhaly během vzorkování následující úkony: charakter výtoku, plocha sběrného území, vydatnost (pokud je měřitelná), fyzikální parametry, odběr vzorku. Vydatnost pramenů je prověřována u vybraných objektů, a to zpravidla pomocí nádoby.

Vzorky povrchových vod byly odebírány prostým náběrem za použití odběrného válce a lanka. Během odběrů bylo prováděno měření fyzikálně-chemických parametrů v rozsahu uvedeném v kapitole 6.

Výsledky sledování jsou zapisovány do připravených záznamových listů – pasportů (pasportní listy jsou součástí textové přílohy č. 2), data jsou následně digitalizována (zapsána do xls. tabulek).

7.2 Zásady odběrů vzorků podzemních vod (vrty, studny, prameny, vývěry apod.)

Vzorky podzemních vod jsou odebírány do příslušných vzorkovnic dodaných laboratoří. Vzorky vyžadující stálou teplotu jsou po odběru uloženy do chladicího boxu. V den odběru jsou vzorky transportovány a protokolárně předány příslušné laboratoři.

Na vybraných vodních zdrojích (prameny, vrty, studny), vodních plochách a vodotečích probíhaly následující úkony: zjištění technických parametrů objektu, způsob vystrojení, hloubka, úroveň hladiny podzemní vody, odběr vzorku pomocí vzorkovacího čerpadla nebo odběrným válcem, stanovení fyzikálních parametrů vody na místě.

Vzorky podzemních vod byly odebírány ponorným čerpadlem ponorným čerpadlem Gigant (Ekotechnika). Během odběrů bylo prováděno měření fyzikálně-chemických parametrů v rozsahu uvedeném v kapitole 6.

Výsledky sledování jsou zapisovány do připravených záznamových listů – pasportů (pasportní listy jsou součástí textové přílohy č. 2), data jsou následně digitalizována (zapsána do xls. tabulek).

8 Výsledky terénních prací

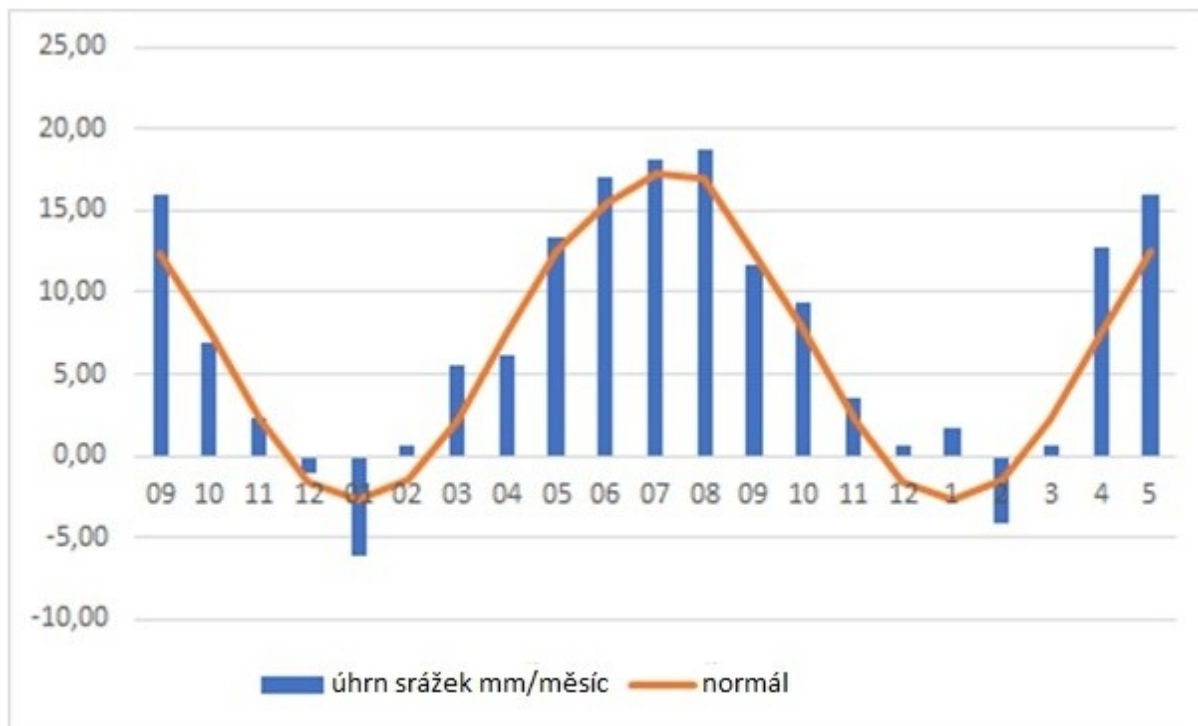
V této závěrečné zprávě jsou v pasportních listech – textová příloha č. 2, uvedeny výsledky z terénního měření podzemních, povrchových a důlních vod, fyzikálních parametrů vod, průtoků vodotečí v monitorovacích místech a vydatnosti pramenů. Jejich podrobné zhodnocení, v závislosti na klimatických a hydrologických datech, geologické a hydrogeologické pozici, je provedeno v této závěrečné zprávě.

8.1 Klimatologické zhodnocení období monitoringu

Monitoring probíhal od listopadu 2016 do května 2018 v čtvrtletních intervalech tak, aby byl pokryt jeden hydrologický rok (11/2016 – 10/2017) a dalších 7 měsíců, tj. celkem 19 měsíců. Protože se k lokalitě nikde bližší stanice nenachází, byly využity klimatologické údaje z klimatologické stanice Přebyslav a průměrná data pro kraj Vysočina z veřejně dostupných stránek portálu ČHMÚ. Viz tabulky 5 a 6 a grafy na obr. 2, 3, 4).

Tab. 5: Průměrné měsíční teploty vzduchu (°C) v období 11/2016 až 05/2018 ve srovnání s normálem (1981-2010)

Měsíc/rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
Normál (°C) 1981-2010	-2,6	-1,5	2,2	7,4	12,6	15,4	17,3	16,9	12,4	7,6	2,3	-1,6	7,4
Průměrná teplota (°C) 2016									15,97	6,93	2,35	-1,08	
Teplotní odchylka od normálu									3,57	-0,67	0,05	0,52	
Průměrná teplota (°C) 2017	-6,08	0,66	5,52	6,13	13,31	17,0	18,1	18,79	11,71	9,45	3,6	0,69	8,24
Teplotní odchylka od normálu	-3,48	2,16	3,32	-1,27	0,71	1,6	0,8	1,89	3,57	1,85	1,3	2,29	0,64
Průměrná teplota (°C) 2018	1,7	-4,1	0,6	12,7	16,0								
Teplotní odchylka od normálu	4,3	-2,6	-1,6	5,3	3,4								

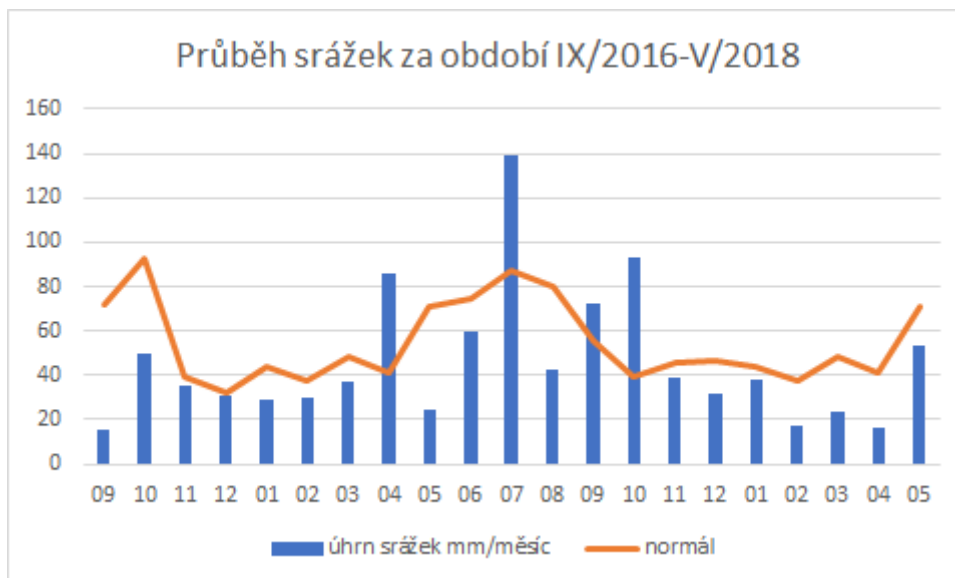


Obr. 2: Teplotní charakteristika období 9/2016 až 05/2018 ve srovnání s normálem (1981-2010)

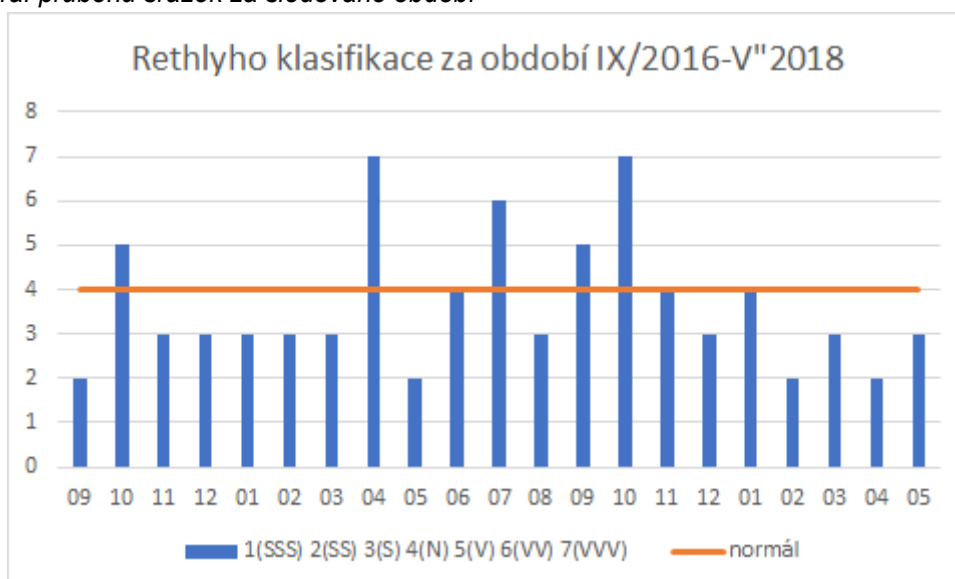
Průměrná měsíční teplota vzduchu ve sledovaném období byla 7,1 °C, což je o 1,0 °C více, než činí dlouhodobý normál 6,1 °C. Nejvyšší průměrná měsíční teplota byla zaznamenána v srpnu 2017 18,79 °C (odchylka od normálu +1,89 °C), naopak nejnižší průměrná teplota vzduchu byla v lednu 2017 -6,08 °C (odchylka od normálu -3,48 °C). Nejvyšší teplotní odchylka od průměrného měsíčního normálu se vyskytla v dubnu 2018 +5,3 °C.

Tab. 6: Měsíční srážkové úhrny (mm) v období 9/2016 až 05/2018 ve srovnání s normálem (1981-2010) a Rethlyho vlhkostní klasifikace

Srážky (mm) měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
Normál 1981-2010	44	38	48	41	71	75	87	80	56	39	46	47	673
Úhrny - 2016									15,3	49,6	35,7	30,4	
% měsíčního (ročního) úhrnu									27,3	127,2	77,6	64,7	
Vlhkostní klasifikace dle Rethlyho									SS	V	S	S	
Úhrny - 2017	29	29,9	36,8	85,7	24,8	60,1	139	42,4	72	92,9	39,3	31,8	684
% měsíčního (ročního) úhrnu	65,9	78,7	76,7	209	34,9	80,1	159,8	53	128,6	238,2	85,4	67,7	101,6
Vlhkostní klasifikace dle Rethlyho	S	S	S	VVV	SS	N	VV	S	V	VVV	N	S	N
Úhrny - 2018	38	17	24	16	53								
% měsíčního (ročního) úhrnu	86,4	44,7	50	39	74,6								
Vlhkostní klasifikace dle Rethlyho	N	SS	S	SS	S								



Obr. 3: Graf průběhu srážek za sledované období



Obr. 4: Vlhkostní klasifikace období 9/2016-05/2018 podle Rethlyho

Tab. 7: Rethlyho klasifikace vlhkosti měsíců, roků a období

% dlouhodobého normálu		Slovní označení	Symbol
měsíce	rok, období		
<10	<60	mimořádně suchý	SSS
10 – 49	60 – 79	velmi suchý	SS
50 – 79	80 – 89	suchý	S
80 – 120	90 – 110	normální	N
121 – 150	111 – 120	vlhký	V
151 – 190	121 – 140	velmi vlhký	VV
>190	>140	mimořádně vlhký	VVV

Za celé 19 měsíční období monitoringu spadlo 684 mm srážek, což je 101,6 % normálu. Nejvíce srážek spadlo v červenci 2017 – 139 mm, což je 159,8 % normálu, nejvyšší procentuální překročení srážkového normálu bylo zaznamenáno v říjnu 2017 – 238,2 % (92,9 mm). Naopak nejnižší měsíční úhrn srážek se vyskytl v září 2016 – 15,3 mm (27,3 % normálu) a což byla i nejnižší odchylka od normálu.

Z grafů je dobře vidět, že celé období se vyznačovalo střídáním suchých a vlhkých (až mimořádně) období. V období od září 2016 do ledna 2018 se vyskytly pouze 4 měsíce normálně vlhkých měsíců, 5 vlhkých až mimořádně vlhkých (2) měsíců a 13 suchých až velmi suchých měsíců. Celkově spíše suchý průběh počasí srovnaly do normálu vlhké měsíce, zejména duben, červenec a říjen 2017. Vliv průběhu srážek a teplot na hladinu sledovaných studní a průtoky potoků je diskutován níže.

Monitoring tak proběhl jak v suchých, tak normálních a vlhkých obdobích dle Rethlyho klasifikace.

8.2 Měření hladiny vody a fyzikálních parametrů

K měření hladiny vody a fyzikálních parametrů byly využity tyto přístroje:

- **Měření úrovně vody ve vrtech a studních:** hladinoměry G 30 a G 100, výrobce NPK EuropeMfg. s.r.o. Uhřetov, levelogery Solinst.
- **Měření fyzikálních parametrů:** AQUAREAD AP-2000 – AQUAMETER AM 2000 (Velká Británie), Multiparameter Waterproof Meter H198194/10 – Hanna instruments (Rumunsko).

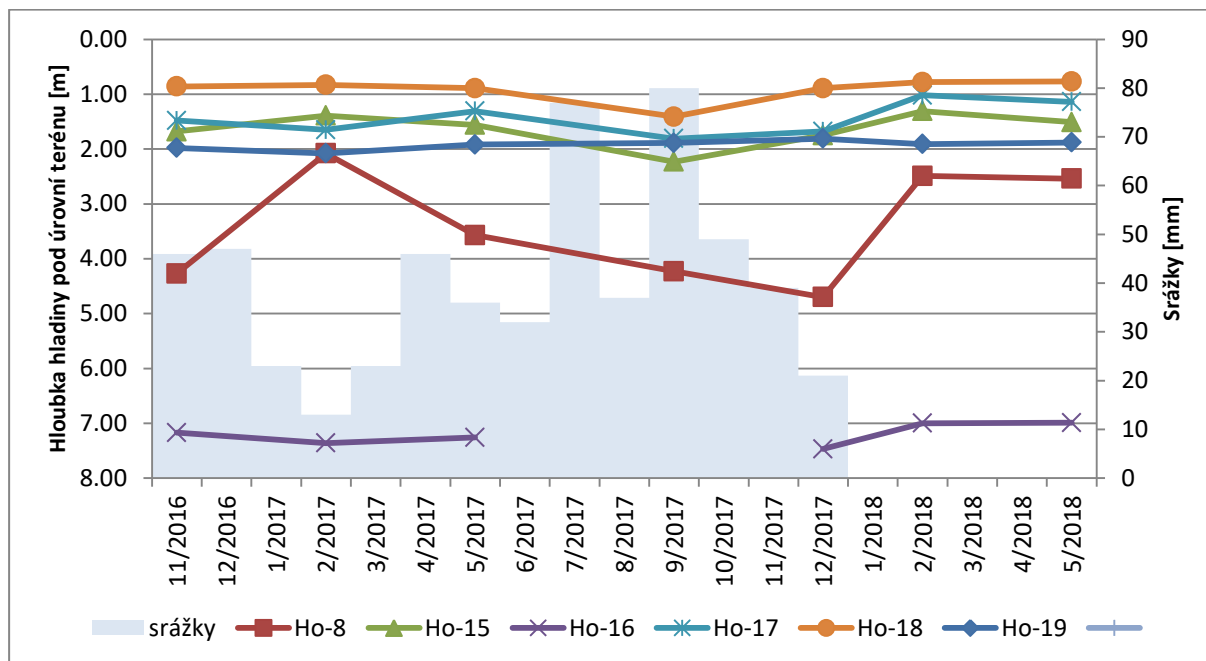
Veškerá terénní měření jsou uvedena v pasportních listech k dokumentačním bodům – textová příloha č. 2.

8.2.1 Vyhodnocení úrovní hladin podzemních vod

Hladiny podzemní vody přepočtené od úrovně terénu, jsou uvedené v tabulce č. 8.

Tab. 8: Úrovně hladiny podzemní vody od terénu

Objekt/Datum	2.11.2016	14.2.2017	24.5.2017	7.9.2017	19.12.2017	16.2.2018	3.5.2018
Ho-7	čerpáno z kohoutku						
Ho-8	4,27	2,08	3,57	4,23	4,70	2,49	2,54
Ho-15	1,68	1,39	1,56	2,23	1,75	1,31	1,51
Ho-16	7,17	7,36	7,26	-	7,47	7,00	6,99
Ho-17	1,48	1,65	1,31	1,81	1,68	1,02	1,14
Ho-18	0,86	0,83	0,89	1,41	0,89	0,78	0,77
Ho-19	1,98	2,08	1,92	1,89	1,81	1,91	1,88
Ho-20	čerpáno z kohoutku						



Obr. 5: Úrovně hladiny podzemních vod v závislosti na srážkách

Hladina vody ve většině vrtů a studní využívaných jako zdroje pitné vody je poměrně stabilní s malými sezónními výkyvy. U vrtu Ho-8 byla hladina v únoru 2017 i 2018 mírně zvýšená, což je možné dát do souvislosti s jarním táním sněhu. Srážkově bylo totiž léto 2017 průměrné a teplotně jen mírně nadprůměrné. Kontinuita měření u vrtu Ho-16 je přerušena z toho důvodu, že k vrtu byl v létě 2017 znemožněn přístup i příjezd skrz vzrostlé zemědělské plodiny.

Období měření (2 roky) je příliš krátké na to, aby bylo možné dělat jasné závěry v porovnání výkyvů hladin ve studních a vývoje počasí.

8.2.2 Výsledky měření fyzikálních parametrů vod

Terénním měřením fyzikálně-chemických parametrů se dopělo k těmto výsledkům.

Vody hlubšího oběhu (Ho-7, Ho-15, Ho-16, Ho-17 a Ho-18)

Vody hlubšího oběhu byly zachyceny ve vrtech Ho-7, Ho-15, Ho-16, Ho-17 a Ho-18. Vrt Ho-7 je odebírán ve vodárně z kohoutku a je využíván jako zdroj pitné vody obcí Osové. Je posílen dalšími dvěma vrty a studnou a je možné mezi nimi přívod do vodojemu přepínat. Bohužel zde dochází poměrně často k technickým problémům a vzhledem k nízké hladině nelze vodu vždy čerpat. Z toho důvodu byl v době monitoringu vyvrtán v blízkosti nový posilující zdroj vody. Co se týče ostatních vrtů, tak jejich hloubka se pohybuje v rozmezí od 40 do 29 m. Teplota vody je variabilní v závislosti na ročním období. Hodnoty pH se pohybují převážně ve zhruba neutrálním pásmu kolem 7. Hodnoty redox potenciálu naznačují oxidační podmínky a pohybují se v rozmezí od záporných -204,1 do kladných 274,4 mV.

Vody mělkého oběhu (studny Ho-8, Ho-19 a Ho-20)

Vody mělkého oběhu byly reprezentovány vzorky ze studní, využívaných jako obecní a soukromé. Teplota vody byla v nich ovlivněna klimatickými sezónními podmínkami. Hodnoty pH ve studních byly většinou neutrální až slabě zásadité. Oxidačně-redukční potenciál ukazuje na oxidační podmínky s hodnotami od 73,6 do 298,7 mV s občasnými

odchytkami. Měrná vodivost je relativně nestabilní. Pohybuje se v rozmezí 889-254 \square S/cm s nepravidelnými výkyvy na obě strany.

Povrchové vody (rybníky Ho-2, Ho-3, Ho-5, Ho-9, Ho-11 a Ho-13 a potoky Ho-1, Ho-4, Ho-6, Ho-10, Ho-12 a Ho-14)

Monitorovány byly rybníky různých velikostí a objemů, od malých rybníčků s plochou kolem 1000 m², po Benetínský rybník s plochou přes 30 000 m². U všech rybníků byl problém s jejich zamrznutím v zimním období (únor 2018). Pokud to šlo, byla voda odebírána na výtok, což může lehce zkreslovat některé parametry. Zde se také projevilo velké ovlivnění teploty během ročních období, od 0,2 °C v zimě (Ho-9) po 23,37 °C na počátku léta (Ho-3). Hodnoty pH byly u všech rybníků neutrální až mírně zásadité. Oxidačně-redukční potenciál se pohyboval zhruba od -158 do 240,3 mV, měrná vodivost od -52,7 do 646 \square S/cm, oboje s výraznými odchytkami.

U potoků se jednalo většinou o krátké toky pramenící v lesích v prostoru Horky či okolí. Jsou velmi závislé na lokálních klimatických podmínkách, především z hlediska průtoku, ale i změnám hodnot fyzikálně-chemických parametrů. Jejich voda je poměrně chladná, teplota (pokud nejsou zamrzlé) se v zimě blíží nule a v létě zpravidla nepřekračuje 17 °C. Hodnoty pH vykazují většinou neutrální až mírně zásadité hodnoty, např. 8,6 a 8,8 u Ho-1 v II a XI/2017 a 7,76 u Ho-14 v období XI/2017. Měrná vodivost se pohybuje v hodnotách kolem 350 μ S/cm, s výraznými odchytkami hodnot až k 748 μ S/cm u Ho-10 v období II/2017.

8.3 Měření průtoků vodotečí a pramenů

K měření průtoků vodotečí a zjištění základních klimatických poměrů byly využity tyto přístroje:

- **Měření průtoků vodotečí:** hydrometrická vrtule Ott C2 (Ott, Německo), pásmo.
- **Měření klimatických poměrů (atmosféra):** teploměr + klimatická data ČHMÚ.

Průtoky na tocích byly měřeny metodou hydrometrování za použití hydrometrické vrtule (křídla) C-2 firmy Ott Kempten. Koryto toku se rozdělí svislicemi na n úseků a v každé svislici se provede měření rychlosti v určených bodech svislice. Počet měřených bodů r na vybraných svislicích je možno alternativně zvolit $r = 1, 2, 3$ nebo 5 . Počet bodů ve svislici se volí podle možností daných hloubkou dna od hladiny v místě svislice. Výpočty průtoků zjištěných hydrometrováním v korytech toků z měření rychlostí v definovaných bodech jednotlivě zvolených svislic hydrometrickým křídlem jsou stanoveny dvěma výpočetními metodami. Princip výpočtů jednotlivých měření je následující:

- 1. metoda – stanovení Q_1 spočívá ve výpočtu z průměrných rychlostí v těžišti plochy elementu – řezu mezi dvěma svislicemi.
- 2. metoda – stanovení Q_2 spočívá ve výpočtu ze součtu průměrných rychlostí ploch elementů mezi svislicemi.
- Přesnost měření je velmi ovlivněna tvarem průtočného profilu, zejména členitostí dna, které má vliv na rychlostní pole v daném měřeném profilu a chyba v přesnosti měření může kolísat od 1 do 20 i více %, v přírodních profilech se pohybuje v průměru mezi 15–20 %. Proto se zjištěné výsledky měření v postupných profilech mohou lišit a při

jejich interpretaci je třeba přihlídnout k charakteru místa profilu. Při interpretaci výsledků je přihlíženo i ke klimatologickým a hydrologickým datům ČHMÚ.

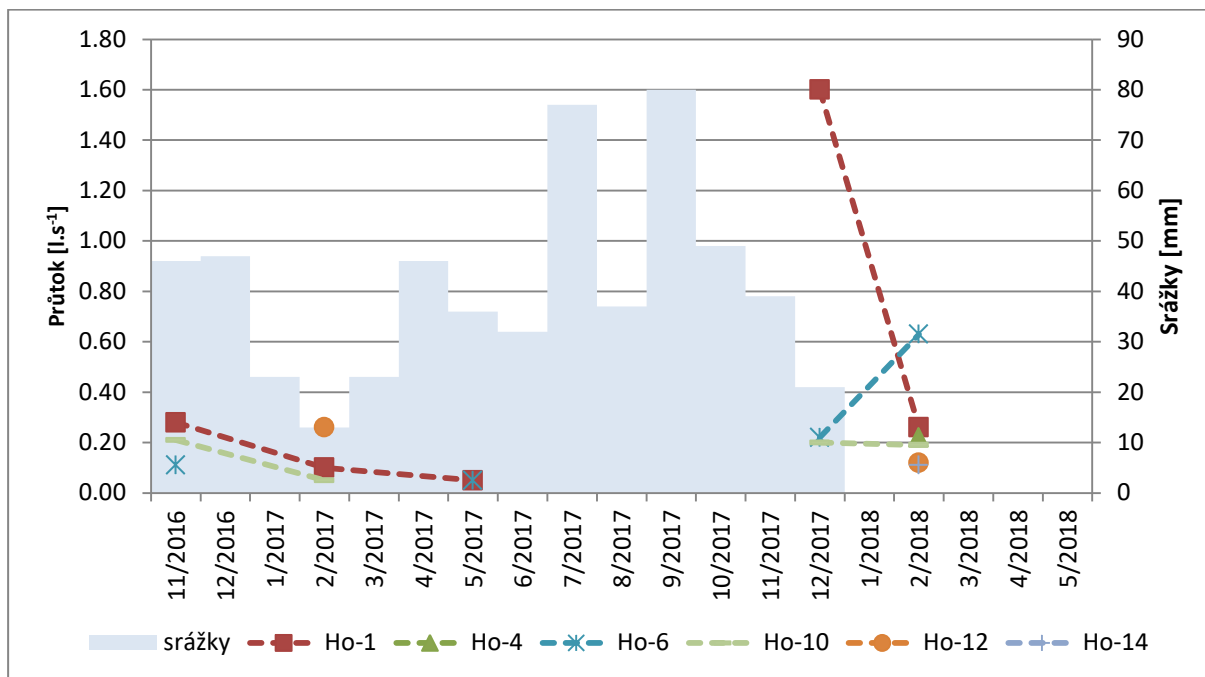
Výsledky měření okamžitých průtoků a vydatností jsou uvedeny v textové příloze č. 3.1. Souhrnné zpracování výsledků měření je uvedeno v tab. 5. U některých drobných toků byl vzhledem k jejich nízké rychlosti toku a malé hloubce průtok hydrometrickou vrtulí neměřitelný, byl tedy použit paušální odhad (do 0,1 l/s).

Výsledky měření klimatických parametrů – teploty a stav počasí během měření jsou uvedeny v pasportech.

V území jsou přítomny většinou malé krátké toky s nízkým průtokem, výrazně ovlivněné roční sezónou a průběhem počasí (obr. 6). Dobře patrné je to například u Mařku (Ho-6), kdy se průtok pohybuje v rozmezí od neměřitelného průtoky po 0,63 l/s. Nejvyšší průtok byl měřen v době zimní oblevy. Dalším takovým případem je např. Oslavička (Ho-1) s průtoky v rozmezí neměřitelné – 0,28 l/s (ve stejném období). V období únor 2018 byly vůbec naměřeny nejvyšší průtoky u téměř všech toků, jelikož došlo k nárůstu vodnosti při tání. Průtokově nejslabším obdobím je podle očekávání léto, kdy jsou také průtoky nejvíce náchylné k vývoji počasí a případným krátkodobým, ale silným srážkám. Z jednotlivých měření 1x/3 měsíce nelze tedy jednoznačně usuzovat na závislost průtoky na průběhu počasí v daném období. Toto je zřejmé u drobných toků, kdy zvýšení průtoků může být zapříčiněno lokálními srážkami v době měření. Například u potoků Ho-4, Ho-12 a Ho-14 bylo zjištěno zvýšení v únoru 2018, přičemž v ostatních obdobích byl průtok hydrometrickou vrtulí neměřitelný.

Specifický odtok odráží geologii, geomorfologii a vegetační pokryv daného území a je v průběhu hydrologického roku proměnlivý. Specifický odtok může být stanoven na základě měření vydatností pramenů, nebo na základě měření průtoků ve vodních tocích. Pokud je specifický odtok stanoven na základě měření průtoků v povrchových tocích, musí být splněn základní předpoklad, že v korytě dominuje složka základního (podzemního odtoku) a složka přímého povrchového odtoku je zanedbatelná. Proto je specifický odtok vhodné stanovovat v obdobích s nízkými průtoky. Avšak v lokalitě Horka byly průtoky ve většině termínů neměřitelné a stanovit specifický odtok dílčích povodí lokality tedy není možné.

Na lokalitě se nenachází žádný adekvátní pramen, který mohl být vybrán k monitoringu.



Obr. 6: Okamžité průtoky vodních toků v závislosti na srážkových úhrnech

Tab. 9: Okamžité průtoky v období 11/2016 – 05/2018

Číslo objektu	Typ objektu	Plocha hydrologického povodí [m ²]	Datum měření						
			16. a 25. 11. 2016	14., 16. a 27. 2. 2017	1. - 2. 6. 2017	4. a 7. 9. 2017	5. a 19. 12. 2017	19. a 16. 2. 2018	7. 6. 2018
			Průtok/vydatnost [l.s-1]						
Ho-1	Vodní tok Oslavička, na SV okraji obce Vlčatín	7 946 900	0,28	0,1	do 0,05	neměřitelný	0,3	0,26	neměřitelný
Ho-4	Vodní tok Mařek, v lese SZ od obce Hodov	969 400	neměřitelný	neměřitelný	neměřitelný	neměřitelný	neměřitelný	0,22	neměřitelný
Ho-6	Vodní tok Mařek, v lese V od obce Rohy	6 931 900	0,11	do 0,05	0,05	neměřitelný	0,2	0,63	0,05
Ho-10	Bezejmenný potok, v lese	795 000	0,21	0,26	neměřitelný	neměřitelný	0,17	0,19	neměřitelný
Ho-12	Bezejmenný potok, v polích	548 700	neměřitelný	neměřitelný	neměřitelný	neměřitelný	neměřitelný	0,12	neměřitelný
Ho-14	Kundelovský potok, u silnice mezi obcemi Budišov a Hodov	105 300	neměřitelný	neměřitelný	neměřitelný	neměřitelný	neměřitelný	0,11	neměřitelný

Tab.9a: Okamžité, maximální, minimální a průměrné průtoky (l/s) v období 11/2016 – 05/2018

Vzorek/Datum	Ho-1	Ho-4	Ho-6	Ho-10	Ho-12	Ho-14
2.11.2016	0,28		0,11	0,21		
14.2.2017	0,10			0,05	0,26	
24.5.2017	0,05		0,05			
7.9.2017						
19.12.2017	1,60		0,22	0,20		
16.2.2018	0,26	0,22	0,63	0,19	0,12	0,11
7.6.2018						
Minimum	0,05	0,22	0,05	0,05	0,12	0,11
Maximum	1,60	0,22	0,63	0,21	0,26	0,11
Průměr	0,46	0,22	0,25	0,16	0,19	0,11

8.4 Výsledky analytických prací

Rozsah analyzovaných kontaminantů vycházel ze schváleného monitorovacího plánu. Stanovení jednotlivých parametrů bylo prováděno standardními postupy, na něž mají akreditované hydrochemické laboratoře platná osvědčení.

Laboratorní protokoly analýz vod jsou součástí přílohy textové přílohy č. 4. Výsledky chemických analýz veškerých vzorků vod, odebraných v rámci monitorovacích prací, jsou uvedeny v souhrnných tabulkách v textové příloze č. 3.2 a 3.3. Pro jednotlivá odběrná místa jsou uvedeny i souhrnné průměrné hodnoty z pěti kol vzorkování. Vzorky vod jsou rozděleny a hodnoceny dle typu – vody podzemní (vrty, studny) a povrchové (vodní toky, rybníky).

8.4.1 Podzemní voda

Kvalitativní vlastnosti podzemní vody byly hodnoceny jak z hlediska hydrogeochemického, tak z hlediska jejich případného znečištění dle platné legislativy.

V tabulce č. 3.2 přílohy č. 3 jsou pro snadnou orientaci uvedeny hodnoty indikátorů znečištění Metodického pokynu MŽP z roku 2013, dále mezní hodnoty, nejvyšší mezní hodnoty a doporučené hodnoty ukazatelů vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. v platném znění vyhlášky č. 83/2014 Sb. a prahové a referenční hodnoty vyhlášky Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství č. 5/2011 Sb. (příloha č. 5), v platném znění vyhlášky č. 349/2016 Sb. Změna barvy v tabulce nebo písma indikuje překročení limitní hodnoty či indikačního kritéria. Souhrnné průměrné charakteristiky podzemních vod z pěti odběrů jsou uvedené v tabulce č. 10.

Metodický pokyn MŽP Indikátory znečištění z roku 2013 (dále jen MP IZ 2013) slouží k indikativnímu posuzování a hodnocení úrovně znečištění zemin, podzemní vody a půdního vzduchu, a to zejména při posuzování průzkumů a výsledků sanací kontaminovaných lokalit. Tento pokyn byl k indikaci vybrán z toho důvodu, že překročení indikátorů může signalizovat kontaminaci (např. dusíkaté látky ze zemědělství či chloridy ze solení silnic), případně upozornit na přirozeně zvýšené hodnoty geochemického fónu na předmětné lokalitě. Tento metodický pokyn ruší a plně nahrazuje metodický pokyn MŽP Indikátory znečištění z roku 2011. Indikátory znečištění představují specifické koncentrace jednotlivých chemických látek,

v našem případě v podzemní vodě. Překročení indikátorů se posuzuje jako indikace znečištění, které by mělo být dále zkoumáno a hodnoceno, a to především z hlediska rizik pro případné příjemce znečištění a ohrožené ekosystémy. Indikátory znečištění podzemní vody jsou stanoveny bez ohledu na způsob využití území. Jedná se o převzaté screeningové hodnoty znečištění užitkových a pitných vod RSL-tapwater, které vycházejí z expozičních scénářů kontaktu člověka s pitnou a užitkovou vodou, tj. v případech využívání podzemní vody. Přehled hodnot indikátorů znečištění podzemní vody je uveden v příloze č. 1 tohoto metodického pokynu.

Vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. se stanoví hygienické požadavky na pitnou a na teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Zde je nutno podotknout, že podzemní voda je prokazatelně využívána k pitným účelům pouze u objektu DB-8 (studna). Potencionálně je možné využití u DB-4 (funkční přístupná studna) a DB-7 (pramen).

Vyhláška Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství č. 5/2011 Sb. vešla v platnost 26. 1. 2011. Týká se vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod, v její příloze č. 5, část A: postup hodnocení jakosti podzemních vod. Součástí této přílohy jsou tabulky pro referenční hodnoty jednotlivých ukazatelů. Hodnocení jakosti podzemních vod spočívá v porovnání průměrné roční hodnoty (aritmetický průměr) na jednotlivých monitorovacích místech s příslušnou normou jakosti nebo prahovou hodnotou. V případech, kdy je k dispozici pouze jedna hodnota měření, se průměr nepoužije. Výsledkem hodnocení jakosti podzemních vod pro látky a ukazatele skupiny A (tab. 1 této přílohy) je vyhovující nebo nevyhovující jakost podzemních vod. Jakost podzemních vod se považuje za vyhovující, pokud žádná průměrná roční hodnota ukazatele nepřesáhne na monitorovacím místě normu jakosti nebo prahovou hodnotu stanovenou v tabulce č. 1 této přílohy. Výsledkem hodnocení jakosti podzemních vod pro ukazatele skupiny B (tab. 2 této přílohy) je přítomnost či absence možného vlivu lidské činnosti. Výsledkem hodnocení jakosti podzemních vod pro ukazatele skupiny C (tab. č. 3 této přílohy) je pouze stanovení jejich průměrné roční hodnoty.

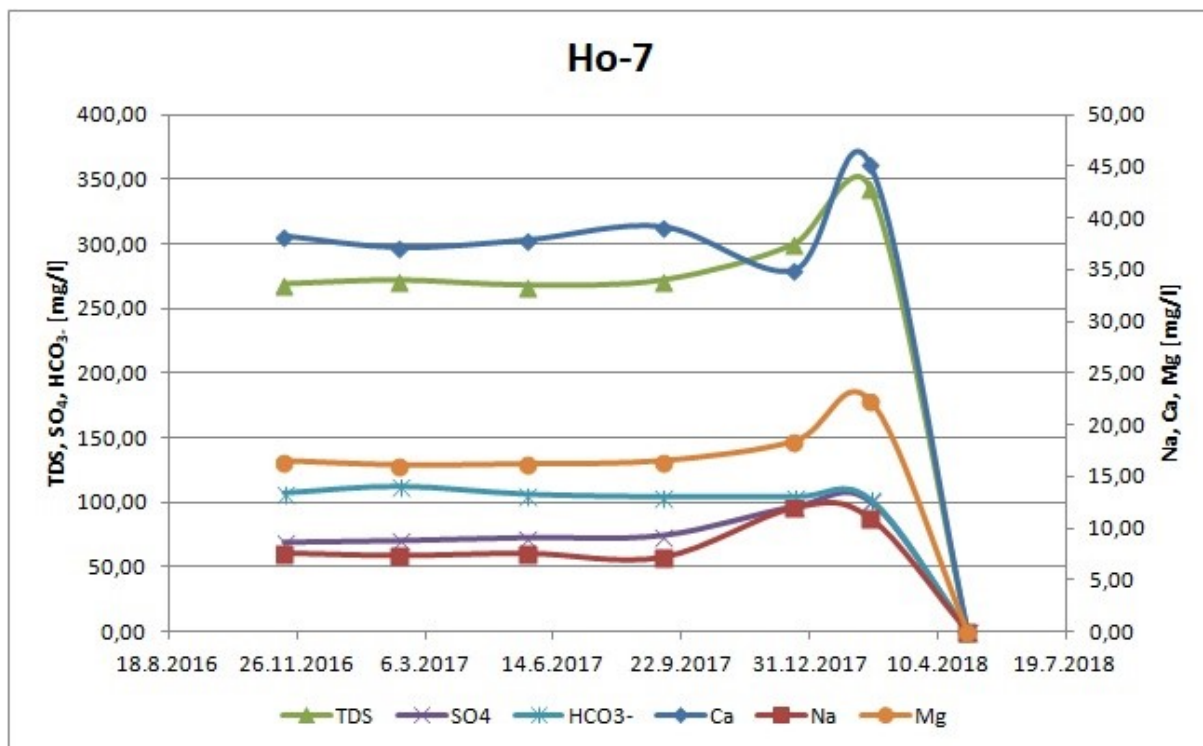
Jednorázově, v úvodním monitorovacím termínu, byly odebrány a analyzovány vzorky vody na stanovení obsahu radia - Ra a uranu - U. Vyhodnocení obsahu Ra v podzemní vodě je provedeno dle *Vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně* – příloha č. 10 Podklady k omezení ozáření z přírodních radionuklidů – Tabulka č. 5 – Mezní hodnoty aktivit, při jejichž překročení se nesmí voda dodávat.

Určení typu vody vychází z převládajících iontů vyjádřených jako součin molární koncentrace iontu a jeho náboje - $c_i z_i$, kde c je molární koncentrace iontu, z je jeho náboj a i je označení iontu. U jednomocných iontů je výpočet proveden z jeho molární koncentrace, u dvojmocných iontů je do výpočtu zahrnut součin jeho molární koncentrace a náboje ($2 \times$), shodně i u vícemocných iontů. Při výpočtu se uvažují kationty jako 100 % a anionty 100 %. Při klasifikaci prostých vod se do názvu (vzorce) v sestupném pořadí uvádí ionty do 25 c_{ze} %, 20 c_{ze} % nebo 10 c_{ze} % (teoreticky až čtyři ionty) pro kationty i anionty. Pro hodnocení podzemní vody z lokality jsme použili hranici 25 %.

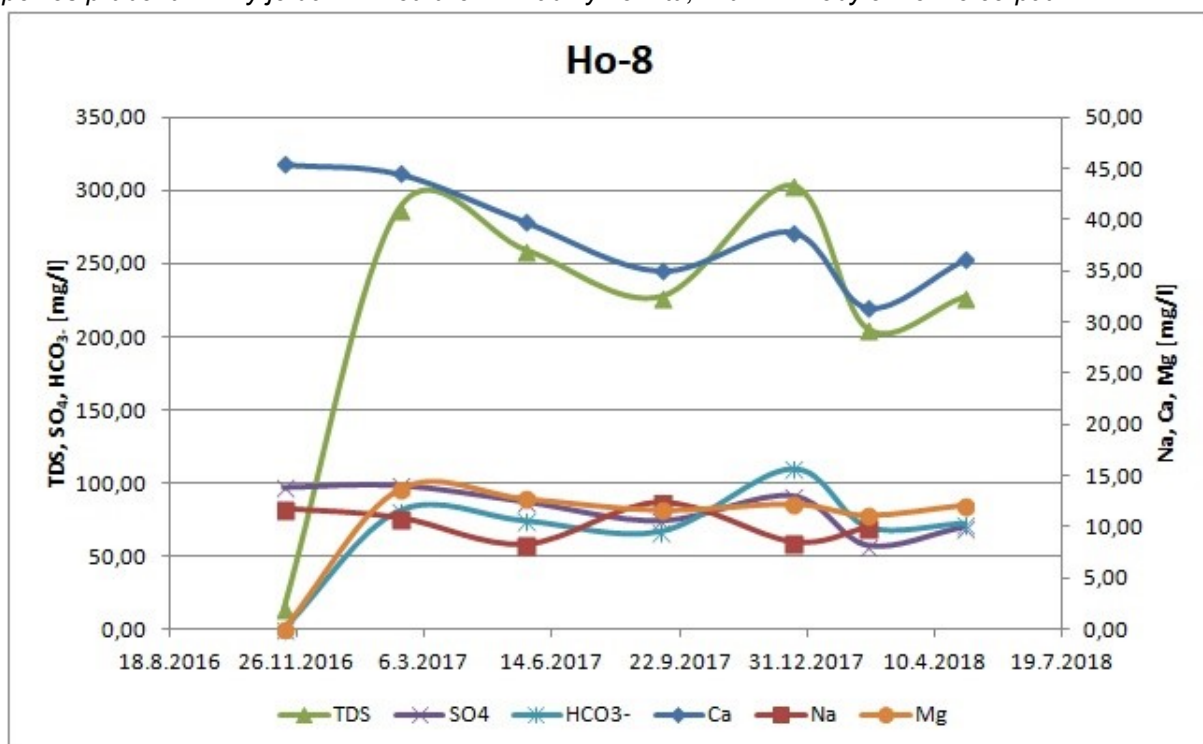
Podzemní vody ze studní a vrtů byly $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ (Ho-15, Ho-18), $\text{HCO}_3\text{-Mg-Ca}$ (Ho-16, Ho-17), dále $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$ (Ho-7), $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$ (Ho-8), $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ (Ho-19) a Mg-Ca-HCO_3 (Ho-20) chemického typu. Podzemní vody jsou mírně acidické až neutrální reakce, se střední až zvýšenou mineralizací. Tvrdost vody byla střední až tvrdá, s výjimkou vody z vrtu Ho-16,

kteřá měla v průměru nejnižší mineralizaci i konduktivitu a nejnižší tvrdost. Vyhlášku č. 252/2014 Sb. a vyhl. č. 5/2001 Sb. překračují obsahy dusičnanů ve vodě z Ho-20, manganu v Ho-17 a Ho-18.

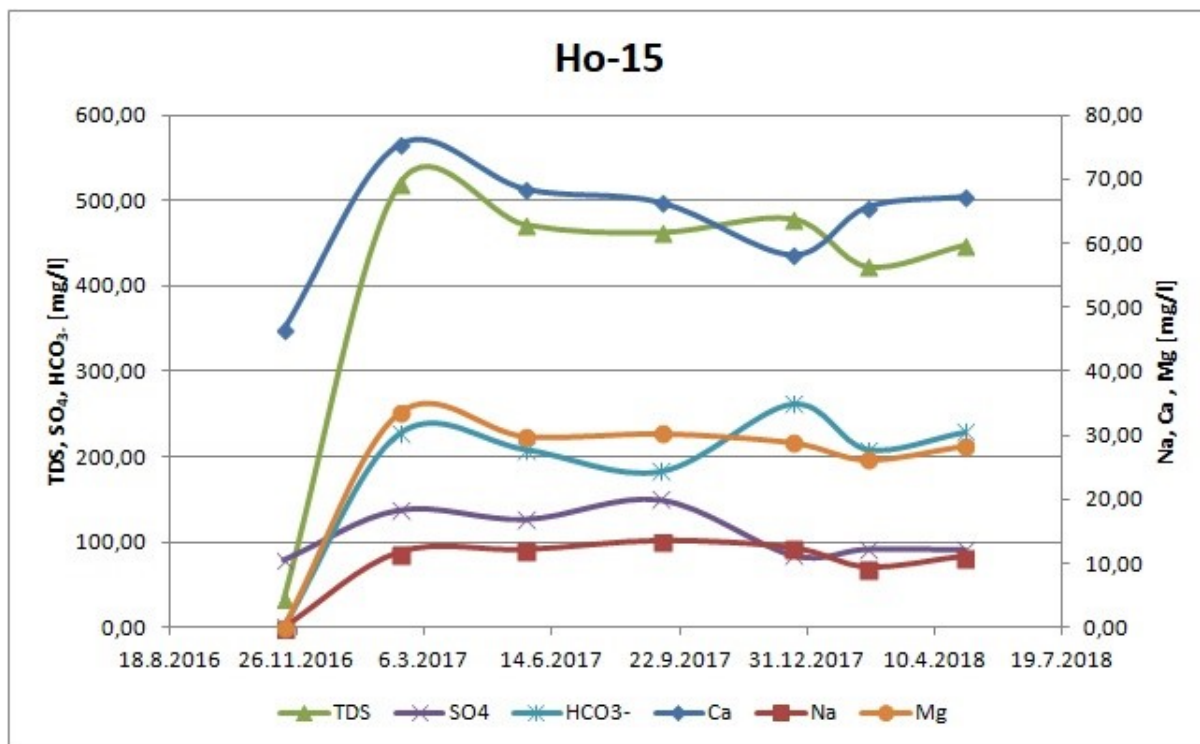
Zvýšené obsahy uvedených složek podzemní vody v jednotlivých odběrných místech byly většinou ověřeny ve všech termínech monitoringu.



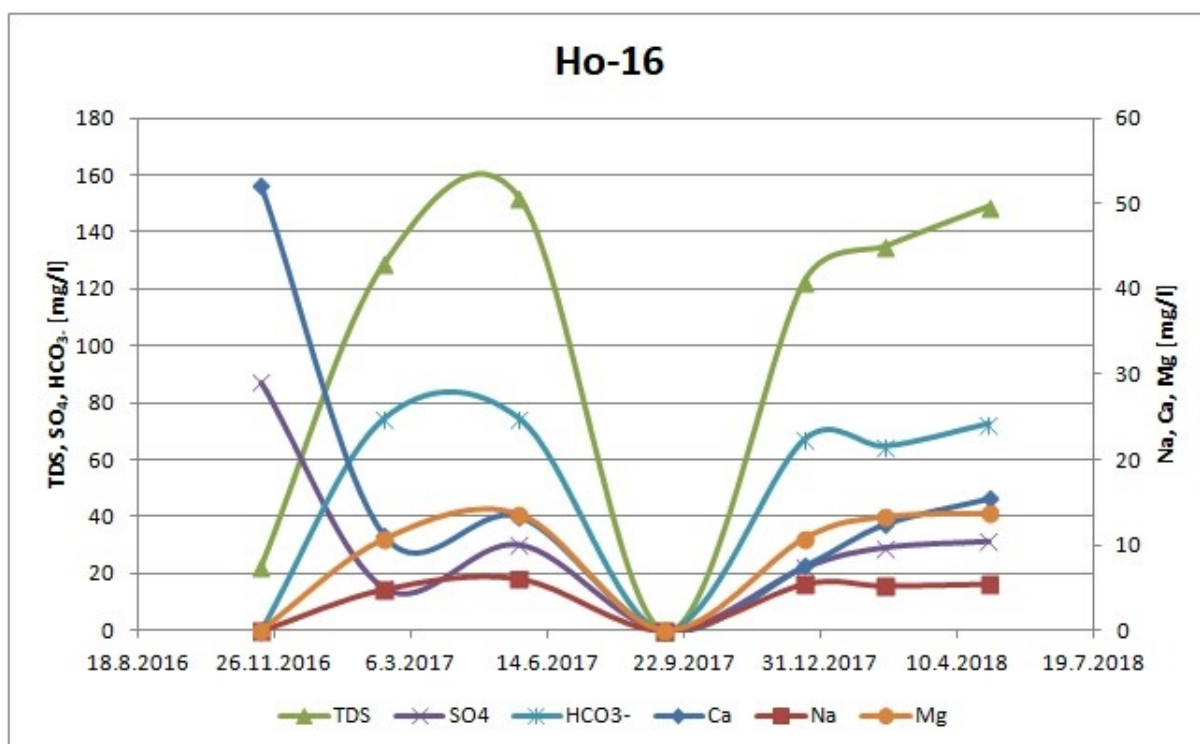
Obr. 7: Vývoj chemického složení podzemní vody v Ho-7 – vybrané hlavní anionty a kationty. Náhlý pokles průběhu křivky je dán nízkou úrovní hladiny ve vrtu, kvůli níž nebylo možné čerpat.



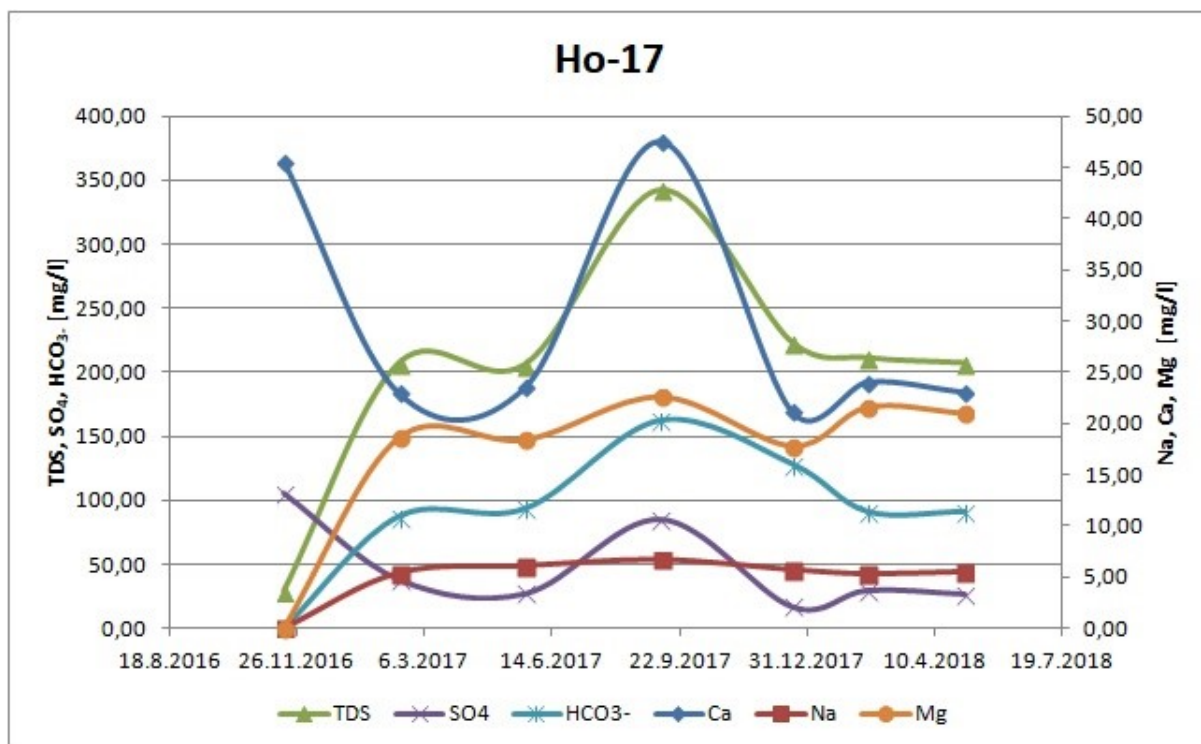
Obr. 8: Vývoj chemického složení podzemní vody v Ho-8 – vybrané hlavní anionty a kationty. Celkem vyrovnaný průběh hodnot je narušen snížením a opětovným zvýšením TDS, HCO₃ a Ca v období IX/2017-XI/2017. Může to být zaviněno průběhem srážek a naředěním v tom



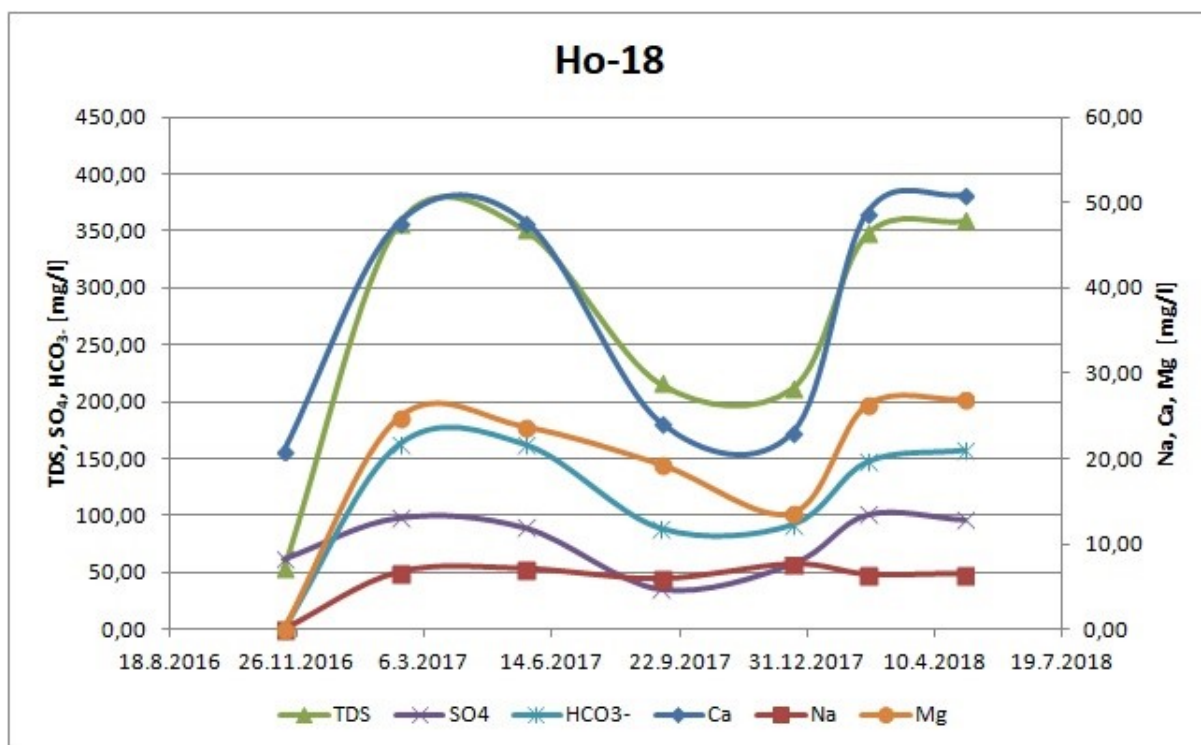
Obr. 9: Vývoj chemického složení podzemní vody v Ho-15 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh hodnot je poměrně vyrovnaný.



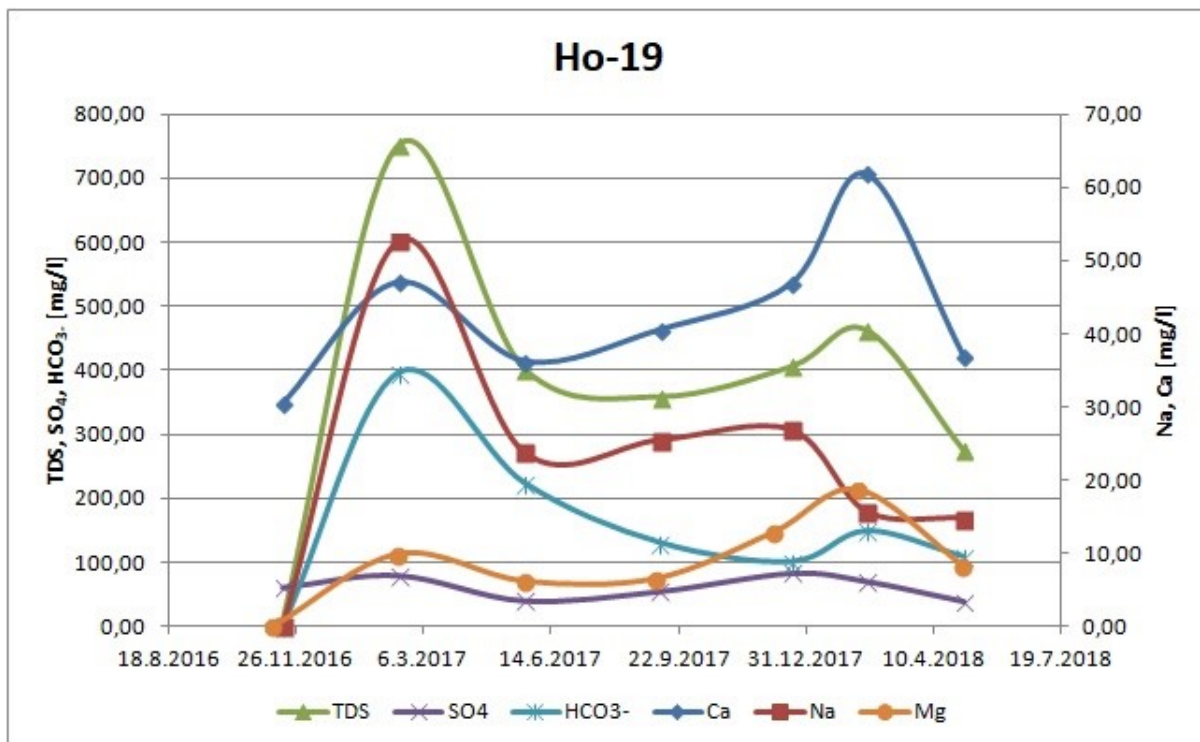
Obr. 10: Vývoj chemického složení podzemní vody v Ho-16 – vybrané hlavní anionty a kationty. Pokles všech hodnot je způsoben neodebráním vzorku z důvodu znemožněného přístupu k vrtu.



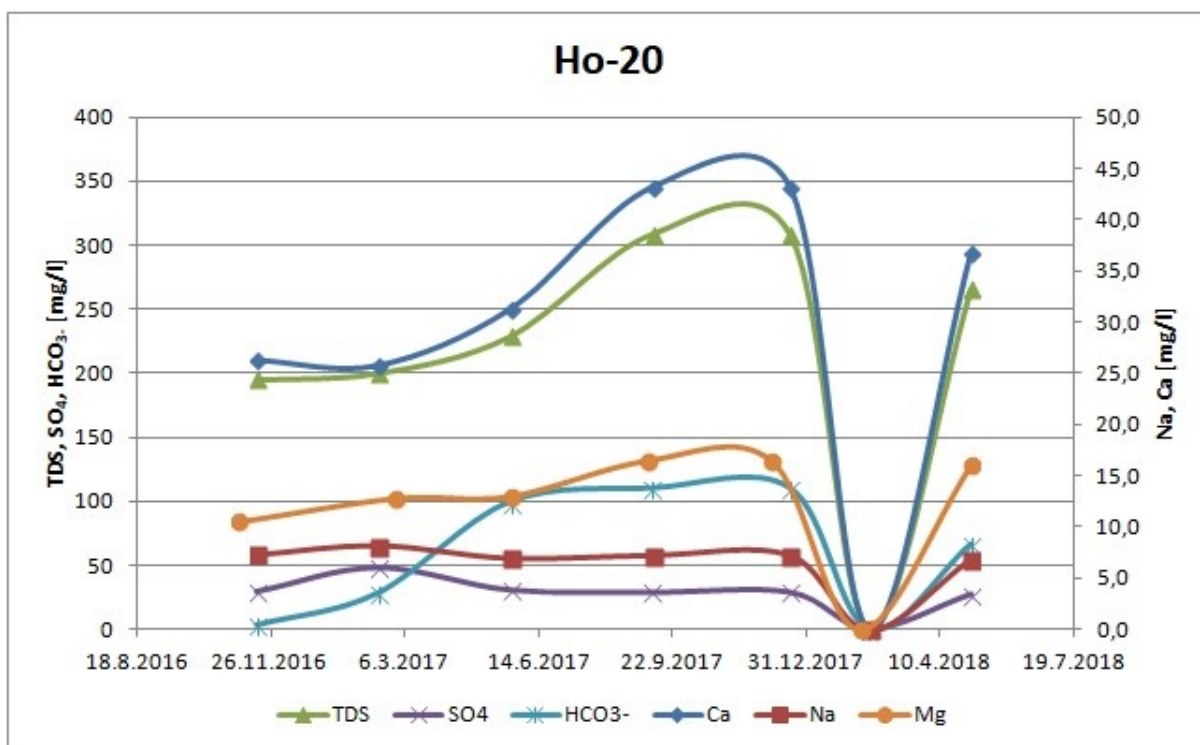
Obr. 11: Vývoj chemického složení podzemní vody v Ho-17 – vybrané hlavní anionty a kationty. K navýšení hodnot Ca a TDS došlo pravděpodobně z důvodu naředění během letních měsíců.



Obr. 12: Vývoj chemického složení podzemní vody v Ho-18 – vybrané hlavní anionty a kationty. K poklesu hodnot Ca a TDS došlo pravděpodobně kvůli sezónním výkyvům.



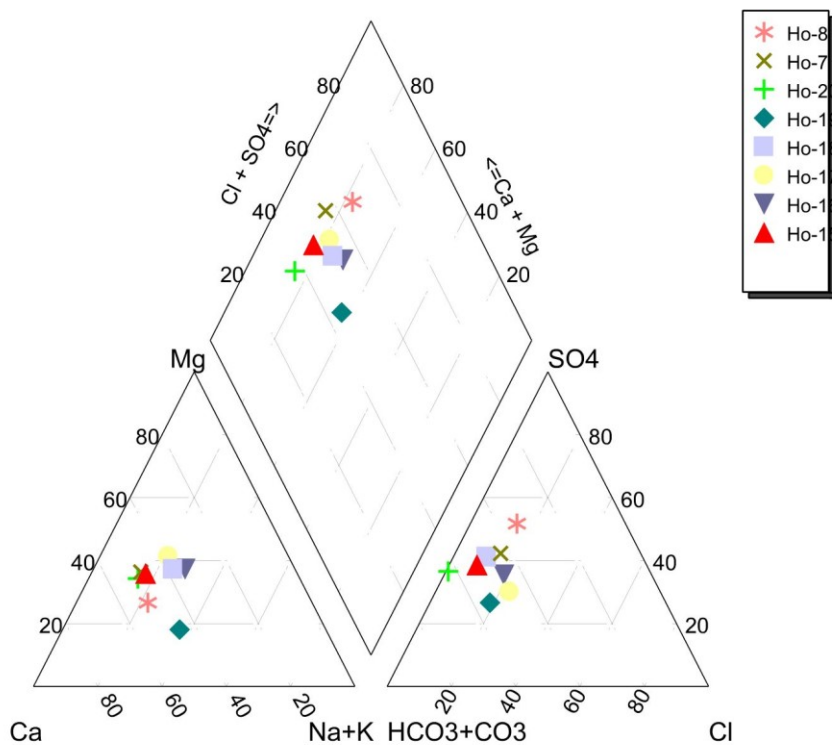
Obr. 13: Vývoj chemického složení podzemní vody v Ho-19 – vybrané hlavní anionty a kationty. Tato studna se nachází v obci a evidentně vykazuje přibližně roční chod přítomných prvků.



Obr. 14: Vývoj chemického složení podzemní vody v Ho-20 – vybrané hlavní anionty a kationty. Vzorek vody byl odebírán z kohoutku, který byl při vzorkování v II/2018 zamrzlý, což vysvětluje pokles hodnot v grafu.

Celkově se dá říci, že průběh všech hlavních parametrů zobrazených v grafech je poměrně vyrovnaný, jen s nevýrazným, zpravidla sezónním kolísáním. Největší změny vykazují parametry Ca a TDS, které se často navzájem více či méně kopírují. Ke zvýšení dochází většinou v létě, u některých lokalit naopak v zimě. Toto kolísání má zřejmě původ v ošetřování polí vápněním a splachu během letních srážek a zimního tání. Kolísání ostatních parametrů je nevýznamné a nepřesahuje limity dané vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb.

Názorně je chemické složení podzemních vod uvedeno v Piperově diagramu – obr. 15. V diagramu je vidět poměrně malý rozptyl hodnot. Chemické složení většiny vod je ve většině případů $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ chemického typu, což je poměrně typické pro mělké oběhy podzemních vod v zóně krystalinika. Pouze u vzorků Ho-7 a Ho-19 se chemický typ vymyká. V případě vrtu Ho-7 se jedná o $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$, v případě studny Ho-19 o $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ chemický typ a není jasné, zda se jedná o přirozený chemismus či antropogenní ovlivnění. Určitý rozptyl hodnot lze přičítat horninovému prostředí, kdy se v posuzovaném území střídá několik typů magmatitů, navíc s proniky žilných hornin. Pravidla vazeb jednotlivých typů vod na typy hornin lze z malého počtu monitorovaných objektů jen těžko posoudit.



Obr. 15: Piperův diagram – chemické složení podzemních vod v jednotlivých odběrných místech.

Tab. 10: Souhrn vlastností podzemních vod (průměr za rok 2016-2018)

Číslo objektu	Katastr	Typ objektu	Chemický typ	pH	Mineralizace [mg.l ⁻¹]	Vodivost [μS.cm ⁻¹ (20 °C)]	Tvrdost [mmol.l ⁻¹]	Překročení		
								v.č. 252/2014 Sb.	v.č. 5/2001 Sb.	v.č. 307/2002 Sb.
Ho-7	Osové	vert	Ca-HCO ₃ -SO ₄	7,0	276,2	346,0	1,6 (středně tvrdá)			
Ho-8	Osové	vodní zdroj	Ca-SO ₄ -HCO ₃	7,2	272,8	345,0	1,5 (středně tvrdá)			
Ho-15	Budišov	vert	HCO ₃ -Ca-Mg	6,9	482,3	543,3	2,9 (tvrdá)	Fe		
Ho-16	Budišov	vert	HCO ₃ -Mg-Ca	7,9	134,7	159,0	0,7 (měkká)		amonné ionty	
Ho-17	Hodov	vert	HCO ₃ -Mg-Ca	7,3	244,5	307,3	1,5 (středně tvrdá)	Mn, Fe	Mn	
Ho-18	Hodov	vert	HCO ₃ -Ca-Mg	7,4	284,0	346,8	1,7 (středně tvrdá)	Mn, Fe	Mn	
Ho-19	Vlčatín	vodní zdroj	HCO ₃ -Ca-Na	7,0	480,8	618,8	1,4 (středně tvrdá)	amonné ionty, dusitany, Mn	amonné ionty	
Ho-20	Nárameč	vodní zdroj	Mg-Ca-HCO ₃	7,1	240,0	299,0	1,4 (středně tvrdá)	dusičnany	dusičnany	

8.4.2 Povrchová voda

Výsledky chemických analýz jsou uvedeny v příloze v tabulce č. 3.3. Kvalita povrchové vody v roce 2017 byla hodnocena dle „Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. ze dne 14. prosince 2015 o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech“ v platném znění. V příloze č. 3 tohoto nařízení jsou uvedeny ukazatele vyjadřující stav povrchové, normy environmentální kvality a požadavky na užívání vod, tabulka A – Povrchové vody. K povrchovým vodám řadíme na posuzovaném území řeky, potoky a rybníky. Průměrné výsledky chemických analýz, které překročily imisní standardy ukazatelů a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod jsou pro snadnou orientaci souhrnně uvedeny v tabulce 7.

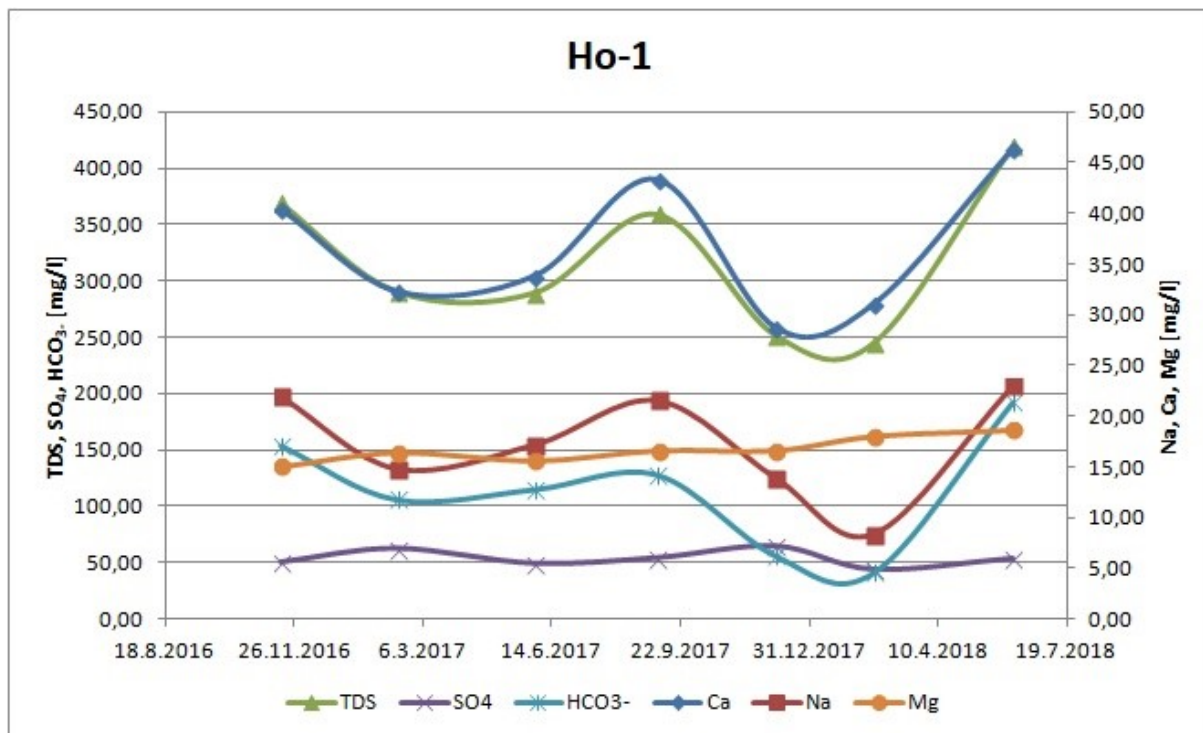
Tab. 11: Souhrn vlastností povrchových vod (průměr za rok 2016-2018)

Číslo objektu	Katastr	Typ objektu	Překročení
			NV č. 401/2013 Sb.
Ho-1	Vlčatín	vodní tok	Mn, Fe
Ho-2	Oslavička	vodní plocha	Mn
Ho-3	Oslavička	vodní plocha	
Ho-4	Hodov	vodní tok	
Ho-5	Hodov	vodní plocha	
Ho-6	Rohy	vodní tok	
Ho-9	Nárameč	vodní plocha	Mn
Ho-10	Nárameč	vodní tok	Mn, Fe
Ho-11	Nárameč	vodní plocha	
Ho-12	Budišov	vodní tok	
Ho-13	Budišov	vodní plocha	Mn, Fe
Ho-14	Budišov	vodní tok	Mn

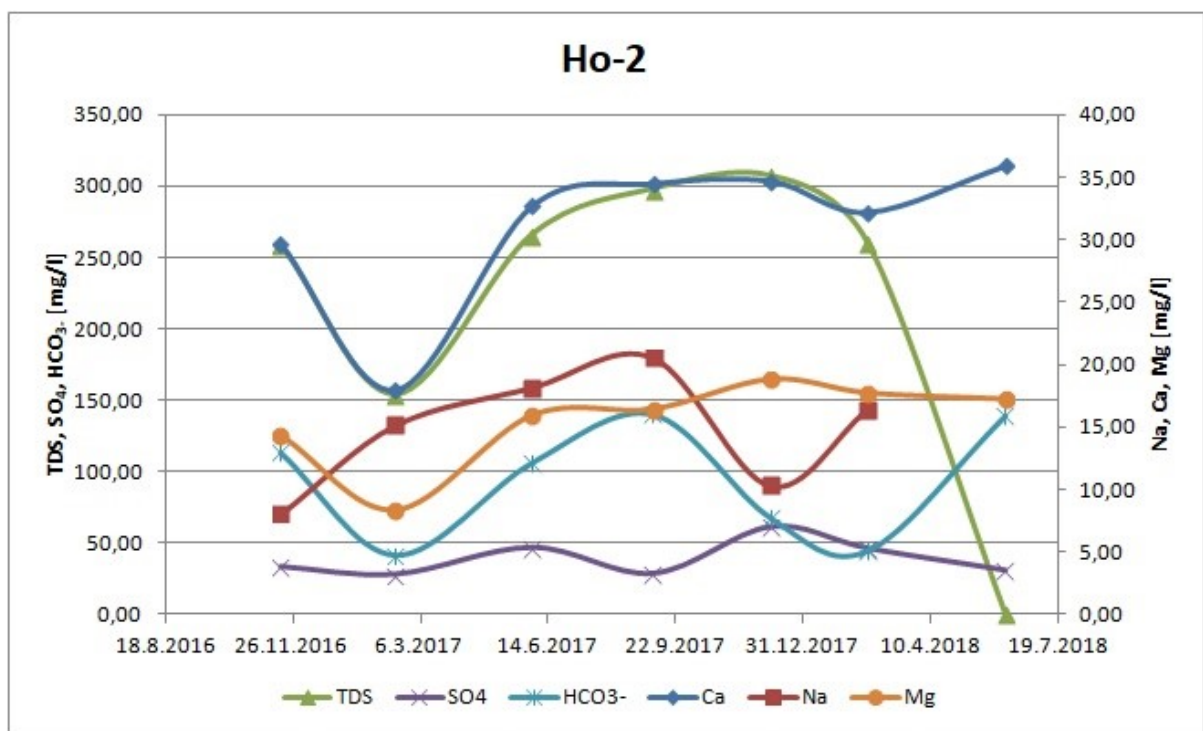
K překročení stanovených průměrných hodnot přípustného znečištění povrchových vod dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění dochází zejména v přítomnosti Mn a Fe ve vodních tocích Ho-1 a Ho-10 a v rybníku Ho-13. V rybnících Ho-2 a Ho-9 byl překročen průměrný obsah jen Mn, stejně tak ve vodním toku Ho-14.

Přítomnost Ra nebyla v povrchových vodách zjištěna.

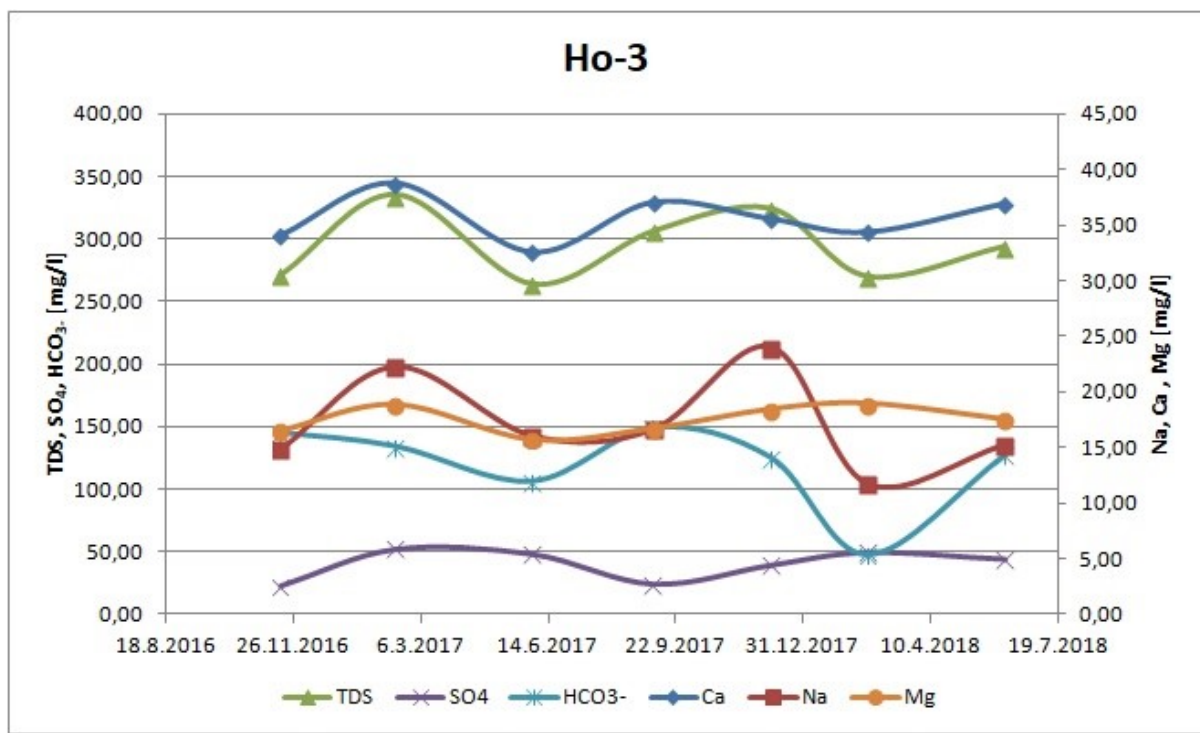
Vývoj chemického složení povrchových vod z vrtů a studní, tj. obsahy základních iontů (sírany, hydrogenuhličitaný, sodík, vápník) a parametru TDS uvádíme na obrázcích 16–23.



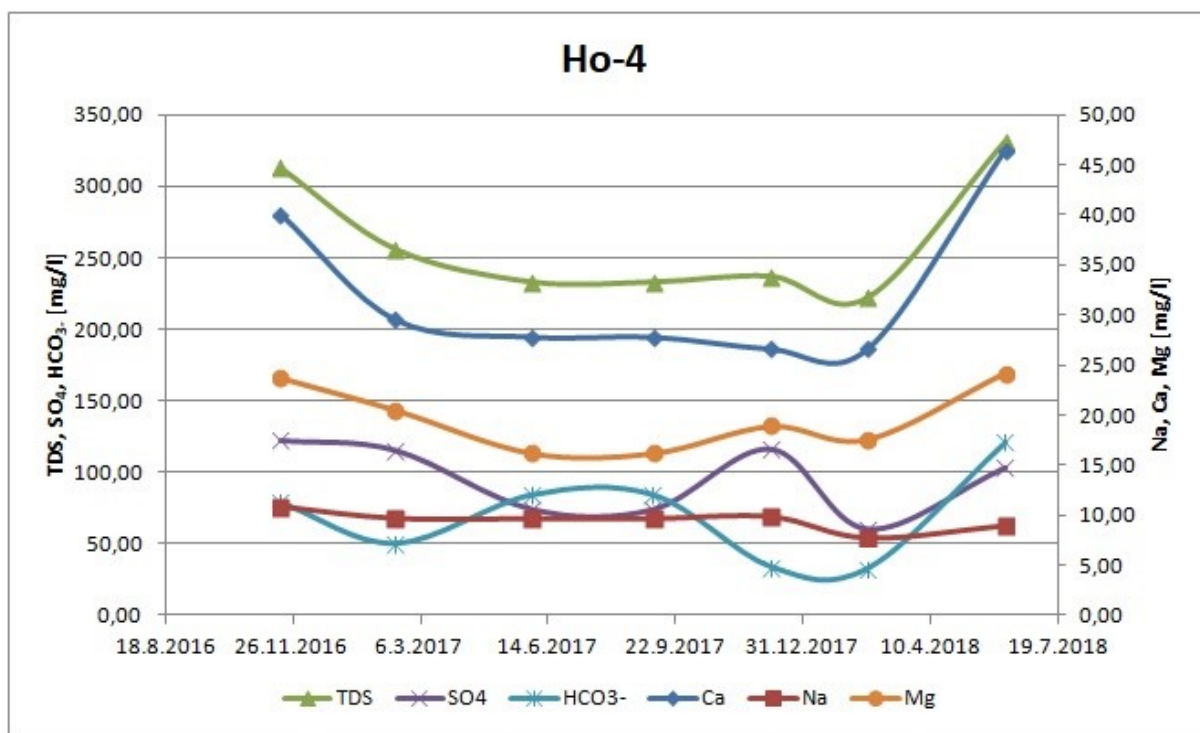
Obr. 16: Vývoj chemického složení povrchové vody v Ho-1 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je velmi vyrovnaný. Rozkolísané jsou parametry Ca, TDS, Na a HCO₃⁻ – se snížením v zimních měsících a zvýšením v létě 2017. Parametry se navzájem kopírují. Jde zřejmě o důsledek vápnění polí v okolí.



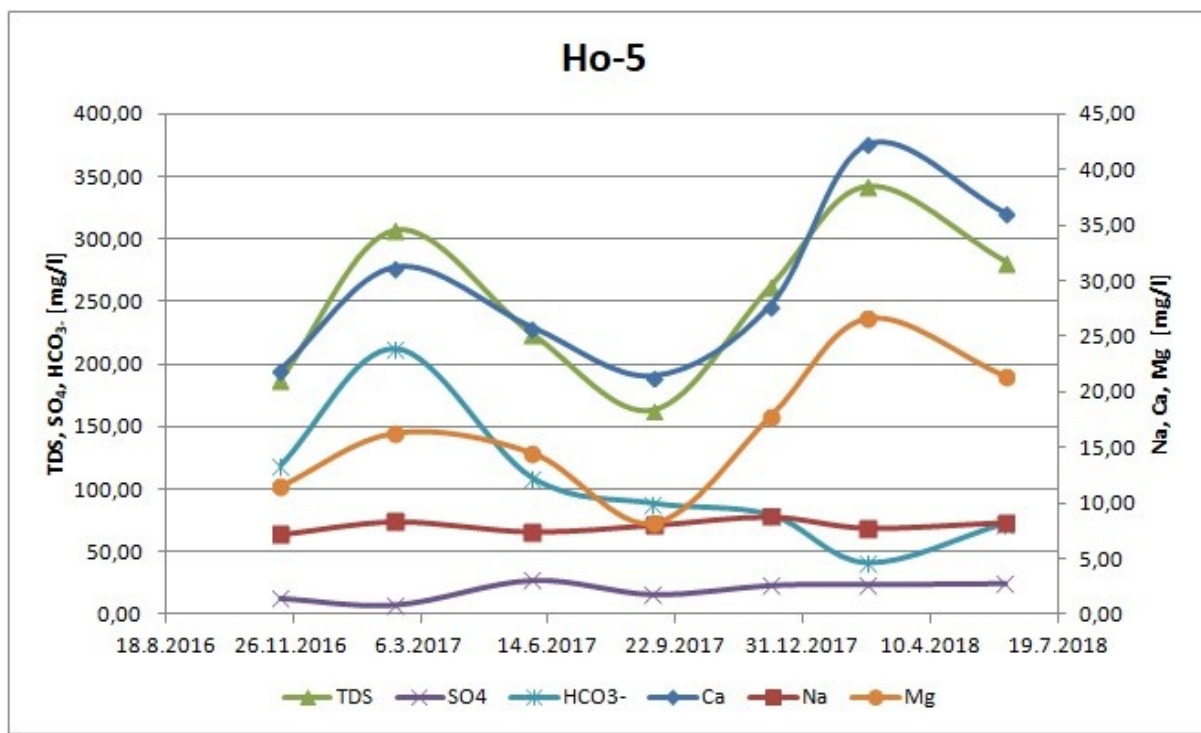
Obr. 177: Vývoj chemického složení povrchové vody v Ho-2 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh všech hodnot je značně rozkolísaný. Může jít o důsledky zemědělské činnosti.



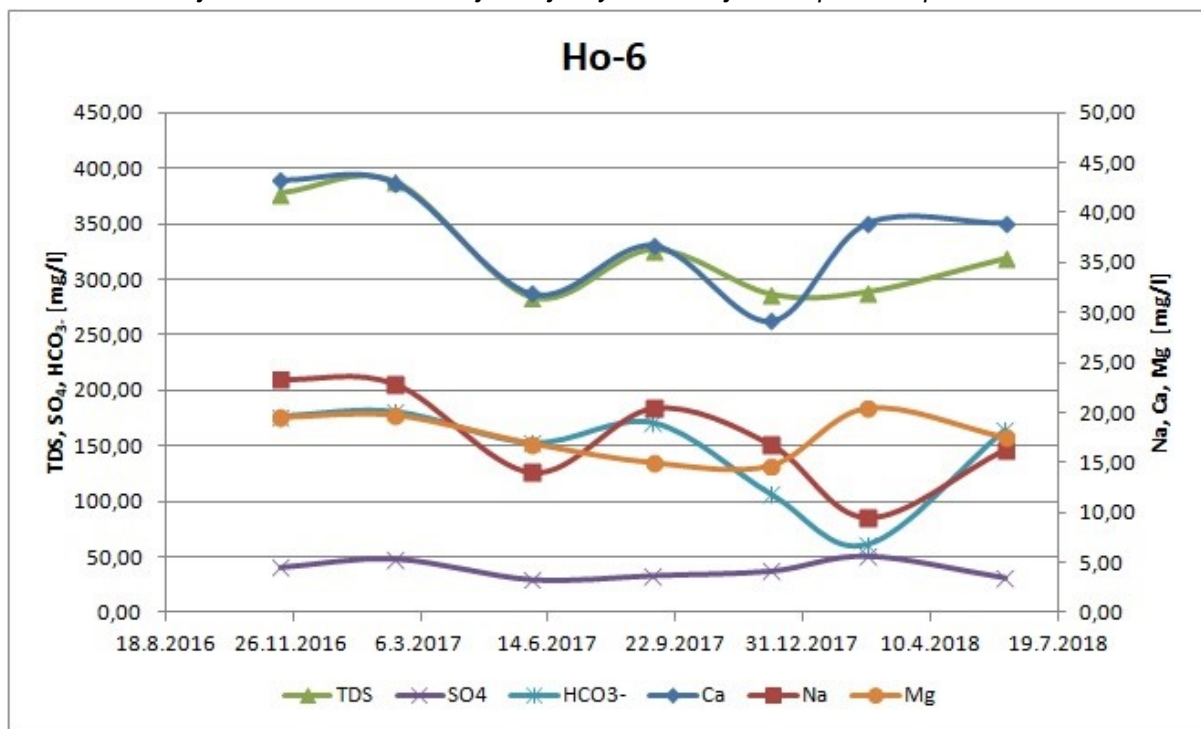
Obr. 188: Vývoj chemického složení povrchové vody v Ho-3 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh všech hodnot je velmi vyrovnaný. Je vidět korelace mezi prvky.



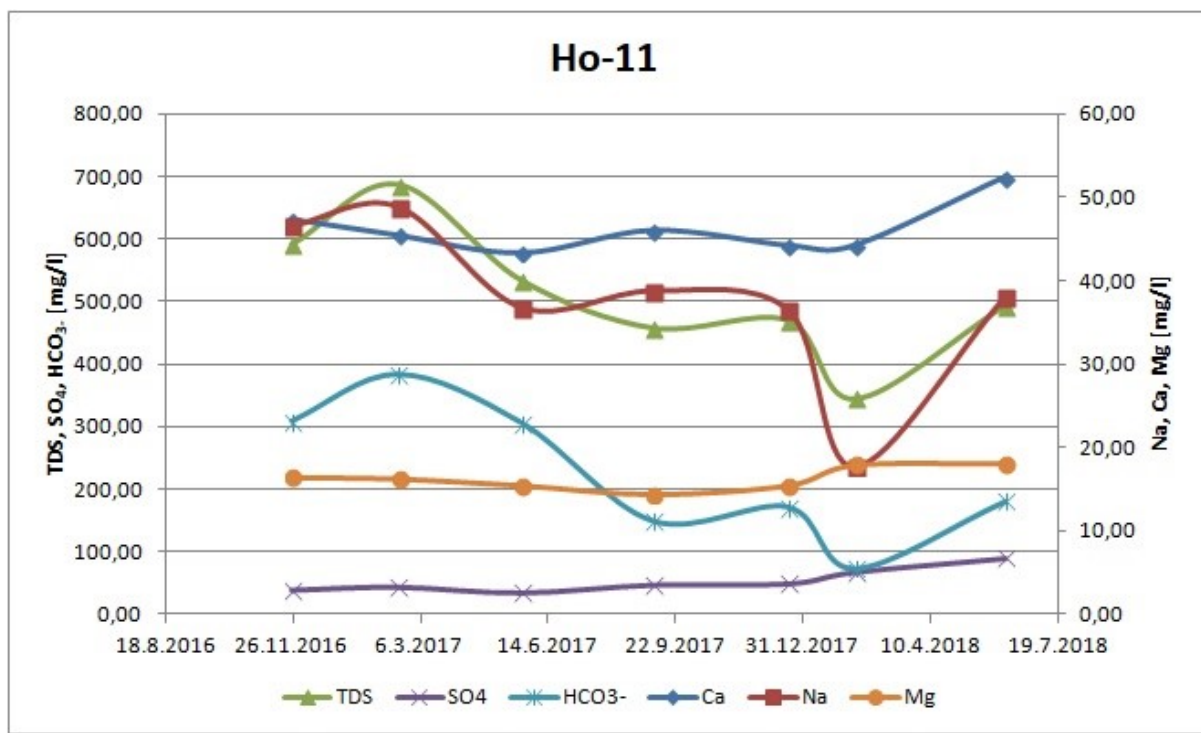
Obr. 199: Vývoj chemického složení povrchové vody v Ho-4 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh všech hodnot je velmi vyrovnaný. Je vidět korelace mezi prvky. Zvýšení obsahu Ca a hodnot TDS v zimním období 2018 je nejasný. Může jít o splach z polí v důsledku tání.



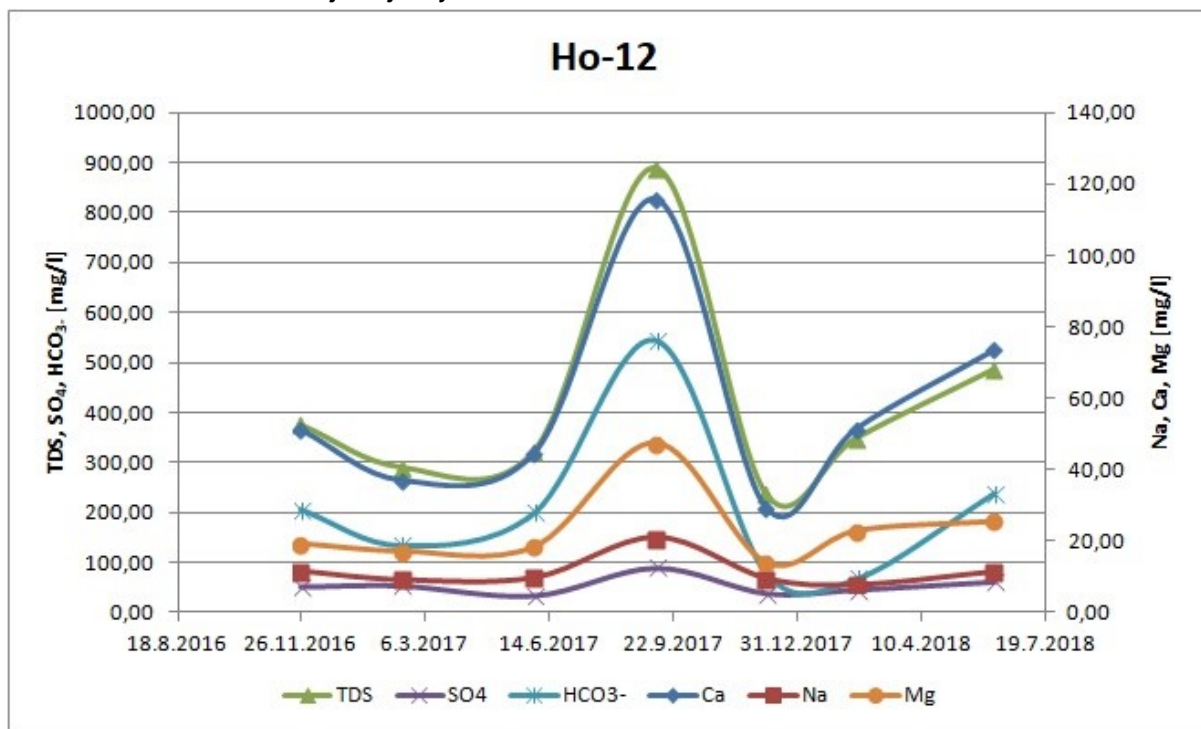
Obr. 20: Vývoj chemického složení povrchové vody v Ho-5 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh všech hodnot je velmi vyrovnaný. Je vidět korelace mezi prvky. Zvýšení obsahu Ca, Mg a hodnot TDS v jarním období 2018 je nejasný. Může jít o splach z polí v důsledku dešťů.



Obr. 220: Vývoj chemického složení povrchové vody v Ho-6 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh všech hodnot je velmi vyrovnaný. Je vidět korelace mezi prvky a relativně pravidelný roční chod.

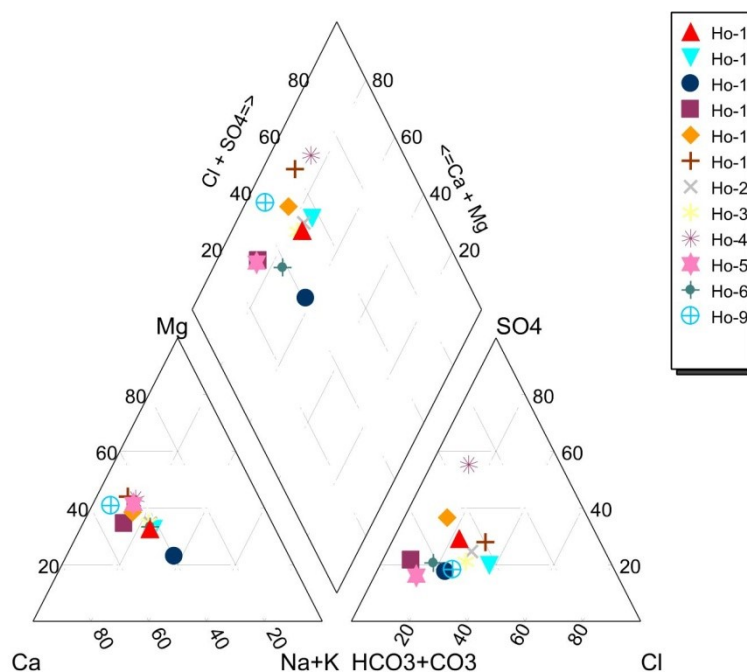


Obr. 22: Vývoj chemického složení povrchové vody v Ho-11 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh všech hodnot je velmi vyrovnaný. Je vidět korelace mezi prvky. Pokles obsahu Na a hodnot TDS v zimním období 2018 je nejasný.



Obr. 23: Vývoj chemického složení povrchové vody v Ho-12 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh všech hodnot je velmi vyrovnaný. Je vidět korelace mezi prvky. Zvýšení obsahu všech prvků na podzim 2017 je nejasný. Tento tok se nachází v blízkosti obce Budišov mezi poli, může jít o antropogenní vliv.

Piperův diagram chemického složení povrchových vod je uveden na obr. 24. V diagramu je vidět poměrně malý rozptyl hodnot. Chemické složení většiny vod je ve většině případů $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ chemického typu, což je poměrně typické pro mělké oběhy podzemních vod v zóně krystalinika. Částečně se vymyká pouze rybník Ho-11, v jehož chemickém typu je větší podíl Cl a SO_4 . Vzhledem k tomu, že se jedná o bezejmenný rybník mimo dosah větších antropogenních zásahů, tak se pravděpodobně jedná o přirozený chemismus a nikoliv o antropogenní ovlivnění. V grafu je vidět poměrně velký rozptyl hodnot oproti hodnotám z vod podzemních (Obr. 15). Lze to přičítat větší vazbě povrchových vod na mělký oběh v rozdílném horninovém prostředí a větší podíl antropogenních vlivů v poměrně silně zemědělsky využívané oblasti.



Obr. 2421: Piperův diagram – chemické složení povrchových vod v jednotlivých odběrných místech.

9 Závěr

Závěrečná zpráva obsahuje tabulkové a grafické shrnutí terénních a analytických dat, získaných v rámci monitoringu 20 vybraných vodních zdrojů, vodních ploch a vodotečí v ploše průzkumného území Horka za období 11/2016 až 05/2018. Výběr počtu objektů, rozsah a způsob monitoringu, byl odsouhlasen zadavatelem – SÚRAO v prosinci 2016, v projektu „Monitorovací plán pro lokalitu Horka“ – Technická zpráva č. 2016/78.

Ve zprávě je zhodnocen průběh srážek a teplot v období monitorovacích prací a provedeno srovnání s kolísáním hladiny v monitorovaných studních a změnách v průtoku potoků. Bylo zjištěno, že hladina vody ve většině vrtech i studních je poměrně stabilní jen s minimálními sezónními výkyvy. Malé snížení v letním období lze kromě sucha přičítat částečně i vyššímu odběru. Více jsou ovlivněné průtoky vodních toků, i když zde jde hlavně o závislost na lokálních a momentálních meteorologických podmínkách. Nejvyšší průtoky byly zaznamenány při oblevě v únoru 2018. Nejnižší průtoky u většiny toků byly zaznamenány na podzim roku 2017, kdy ani jeden z monitorovaných toků neměl dostatečný průtok na měření hydrometrickou vrtulí. Z bodového měření v dlouhém časovém intervalu se však nedá usuzovat na nějaké zákonitosti.

Analytická data podzemních vod byla hodnocena jak z hlediska hydrogeochemického tak i z hlediska případné kontaminace v souladu s příslušnými vyhláškami pro kvalitu podzemních a povrchových vod.

Podzemní vody za studní a vrtů v PÚ ZZZK Horka jsou $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ chemického typu (2 objekty) a $\text{HCO}_3\text{-Mg-Ca}$ (2 objekty), dále po jednom $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$, $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$, $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ a Mg-Ca-HCO_3 chemického typu, mírně acidické až neutrální reakce. Tvrdost vody je střední až tvrdá. Z hlediska kvality bylo u některých objektů zjištěno překročení příslušných ukazatelů pro podzemní vody v obsahu Mn a dusičnanů. Jde zřejmě o reakci na úpravu okolích polí vápněním.

Povrchové vody překračují hodnoty znečištění dle příslušné vyhlášky zejména v přítomnosti Mn a Fe ve dvou vodních tocích a v jednom rybníku. V dalších dvou rybnících byl překročen průměrný obsah jen Mn a stejně tak v jednom dalším vodním toku. Přítomnost Ra nebyla v povrchových vodách zjištěna.

Limity U a Ra nebyly u žádného objektu podzemních i povrchových vod překročeny.

Veškeré projektované práce, uvedené v Monitorovacím plánu pro uvedené období, byly splněny.

Doporučení

- V případě pokračování monitoringu doporučujeme zachovat rozsah analýz, který byl dostačující pro všechny typy hodnocení podzemních a povrchových vod.
- Monitoring podzemních a povrchových vod v ploše průzkumného území byl omezen na 20 předem vytipovaných odběrných míst. Pro další případný monitoring doporučujeme sledovat užší výběr podzemních i povrchových vod na lokalitách, kde docházelo ke změnám chemismu či fyzikálně-chemických parametrů. Především tyto parametry je obtížné sledovat a interpretovat z nízkého počtu měření v poměrně dlouhém časovém intervalu. Na vybraných objektech proto doporučujeme měření fyzikálně-chemických parametrů v minimálně měsíčním intervalu.



-
- Hladiny vybraných objektů s odběrem pitné vody je vhodné sledovat kontinuálně.
- Stejně tak je vhodné sledovat kontinuálně, případně pravidelně s vyšší frekvencí, průtoky vybraných toků. Naprostá většina toků v monitorovaném území má velmi malý průtok, který nelze běžným způsobem (hydrometrickou vrtulí) měřit. Úprava koryta a instalování kontinuálního průtokoměru umožní sledovat dlouhodobě průtok a jeho změny a následné hodnocení odtokových poměrů v oblasti.
- Z důvodu upřesnění hydrologických poměrů v daném území doporučujeme na vybraných vodních tocích vybudovat trvalou postupnou síť měřících stanic s kontinuálním záznamem průtoků, případně i chemických ukazatelů (pH, vodivost, teplota).
- Pro měření průběhu meteorologických parametrů doporučujeme na vhodném místě instalovat vlastní meteostanici. Síť oficiálních stanic ČHMÚ je řídká a data (která se navíc musí kupovat) nemusí být pro detailní studium dostatečně reprezentativní. Jedině tak bude možné srovnat změny v měřených parametrech s vývojem lokálních meteorologických podmínek.
- Pro kontinuální měření podzemních vod (hladiny, chemismu) v dosud sledovaných objektech doporučujeme osadit např. dataloggery a zabezpečit jejich volný přístup. Všechny vrty jsou nevyužívané a pouze zakryté.

10 Seznam literatury

BENEŠ K. et al. (1962): *Geologická mapa ČSSR 1 : 200 000 M-33-XXII- Jihlava*. Ústř. Úst. Geol. Praha.

BUBENÍČEK J. (1967): *Geologický a petrografický vývoj třebíčského masivu*. Sbor. geol. věd, Geol., 13, 133–164.

DEMEK J. (1985): *Geomorfologie jižních Čech*. In: Chábera, S., Demek, J., Hlaváč, V., Kříž, H., Malecha, A., Novák, V., Odehnal, L., Suk, M., Tomášek, M., Zuska, V.: *Jihočeská vlastivěda – Neživá příroda*, Jihočeské nakladatelství.

DUDEK A. (1958): *Přehled geologických a petrografických výzkumů Českomoravské vrchoviny a dolnorakouské Lesní čtvrti*. Nakladatelství Československé akademie věd Praha.

HOLUB F. V. (1997): *Ultrapotassic plutonic rocks of the durbachite series in the Bohemian Massif: petrology, geochemistry and petrogenetic interpretation*. Journal of Geological Sciences, Economic Geology, Mineralogy, 31: 5-26.

KUČERA L. et al. (2003): *Analýza družicových a leteckých snímků*. Morfotektonická analýza lokalit. Závěrečná zpráva, GISAT s.r.o. Praha – GeoBariéra.

MÍSAŘ Z., DUDEK A., HAVLENA V., WEISS J. (1983): *Geologie ČSSR I*. SPN Praha.

MÍSAŘ Z. et al. (1993): *Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů*. - List 24-31 Velké Meziříčí. ČGS Praha.

QUITT E. et al. (1971): *Klimatické oblasti Československa*. Academia, Studia Geographica 16, GÚ ČSAV Brno.

SLOVÁK J. et al. (2005): *Kritéria pro zúžení vybraných lokalit a kategorizace tektonických zón zjištěných v rámci projektu*. GeoBariéra.

VERNER K., BURIÁNEK D., VRÁNA S., VONDROVIC L., PERTOLDOVÁ J., HANŽL P., NAHODILOVÁ R. (2009): *Tectonometamorphic features of geological units along the northern periphery of the Moldanubian Zone (Bohemian Massif)*. Journal of Geosciences 54, 2, 87-100.

VESELÁ M. et al. (1987): *Geologická mapa ČSR 23-42 Třebíč*. Ústř. Úst. Geol. Praha.

Mapové přílohy

Příloha 1

Vymezení PÚ ZZZK Horka

Příloha 2

Geologická mapa PÚ ZZZK Horka



SÚRAO

Závěrečná zpráva pro lokalitu Horka

Evidenční označení:

ZZ 287/2018

Příloha 3

Hydrogeologická mapa PÚ ZZZK Horka

Příloha 4

Mapa vrtné prozkoumanosti dle ČGS – Geofond Praha



SÚRAO

Závěrečná zpráva pro lokalitu Horka

Evidenční označení:

ZZ 287/2018

Příloha 5

Vodohospodářská mapa PÚ ZZZK Horka

Příloha 6

Hydrologická mapa PÚ ZZZK Horka



SÚRAO

Závěrečná zpráva pro lokalitu Horka

Evidenční označení:

ZZ 287/2018

Příloha 7

Mapa vybraných monitorovacích objektů

Textové přílohy

Příloha 1

Tabulky rešerší

Příloha 2

Pasportní listy



SÚRAO

Závěrečná zpráva pro lokalitu Horka

Evidenční označení:

ZZ 287/2018

Příloha 3

Tabulkový přehled terénních a analytických prací

Příloha 3.1

Měření průtoků

Příloha 3.2

Podzemní voda

Příloha 3.3

povrchová voda

Příloha 4

laboratorní protokoly

NAŠE BEZPEČNÁ BUDOUCNOST



SÚRAO

Správa úložišť radioaktivních odpadů

Dlážděná 6, 110 00 Praha 1

Tel.: 221 421 511, E-mail: info@surao.cz

www.surao.cz