

Technická zpráva číslo ZZ 287/2018

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

**ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA
PRO LOKALITU HRÁDEK**

Autoři: RNDr. Michal Černý,
Mgr. Kateřina Šedivá

„GEO“

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

Brno, 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 Hrádek

Závěrečná zpráva

Evidenční číslo smlouvy zadavatele: SO2016-112

Evidenční číslo smlouvy zhotovitele: 16 7331

Autoři: RNDr. Michal Černý, 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.....	2
1.1	Geografické vymezení území	2
1.2	Fyzicko-geografické poměry území	4
1.3	Hydrologické poměry území	5
1.4	Geologické poměry území.....	5
1.5	Hydrogeologické poměry území	6
1.6	Základní charakterizace obydlenosti území, využití půdy	7
2	Výsledky rešeršních prací.....	7
3	Výsledky rekognoskace	9
4	Výběr monitorovaných objektů	10
4.1	Kritéria výběru monitorovaných míst	10
4.2	Přehled monitorovaných objektů	11
5	Plán monitoringu.....	12
6	Monitorované ukazatele	13
7	Odběry vzorků vod.....	13
7.1	Zásady odběru vzorků povrchových vod (rybníky, vodoteče)	13
7.2	Zásady odběrů vzorků podzemních vod (vrty, studny, prameny, vývěry apod.).....	14
8	Výsledky terénních prací.....	14
8.1	Klimatologické zhodnocení období monitoringu.....	14
8.2	Měření hladiny vody a fyzikálních parametrů.....	18
8.2.1	Vyhodnocení úrovní hladin podzemních vod	18
8.2.2	Výsledky měření fyzikálních parametrů vod	19
8.3	Měření průtoků vodotečí a pramene	20
8.4	Výsledky analytických prací.....	24
8.4.1	Podzemní voda	24
8.4.2	Povrchová voda	33
9	Závěr	40
10	Seznam literatury	42

Seznam tabulek:

Tab. 1 PÚ ZZZK Hrádek – vymezení území.....	1
Tab. 2 Výměry katastrálních území dotčených obcí (dle Rozhodnutí MŽP ČR o PÚZZZK).....	1
Tab. 3 Obce informované o zahájení monitoringu v PÚ ZZZK Hrádek.....	7
Tab. 4 Přehled objektů vybraných k monitoringu.....	10
Tab. 5 Průměrné měsíční teploty vzduchu (°C) v období 9/2016 až 05/2018 ve srovnání s normálem (1981-2010).....	13
Tab. 6 Měsíční srážkové úhrny (mm) v období 11/2016 až 05/2018 ve srovnání s normálem (1981-2010) a Rethlyho vlhkostní klasifikace.....	14
Tab. 7 Rethlyho klasifikace vlhkosti měsíců, roků a období	14
Tab. 8 Úrovně hladiny podzemní vody od terénu.....	18
Tab. 9a Okamžité průtoky vodních toků v závislosti na srážkových úhrnech	23
Tab. 9b Specifické odtoky (l/s/km ²) v období 11/2016 – 05/2018.....	24
Tab. 10 Okamžité průtoky (vydatnosti) v období 11/2016 - 05/2018.....	25
Tab. 11 Souhrn vlastností podzemních vod (průměr za rok 2016- 2018).....	33
Tab. 12 Souhrn vlastností povrchových vod (průměr za rok 2016-2018).....	34

Seznam obrázků:

Obr. 1 PÚ ZZZK Hrádek – vymezení území	
Obr. 2 Teplotní charakteristika období 9/2016 až 05/2018 ve srovnání s normálem (1981-2010)	
Obr. 3 Graf průběhu srážek za sledované období	
Obr. 4 Vlhkostní klasifikace období 9/2016-05/2018 podle Retlyho	
Obr. 5 Úrovně hladiny podzemních vod v závislosti na srážkách	
Obr. 6 Okamžité průtoky vodních toků v závislosti na srážkových úhrnech	
Obr. 7 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-1 – vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 8 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-2 – vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 9 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-3 – vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 10 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-5 – vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 11 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-6 – vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 12 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-7 – vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 13 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-11 – vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 14 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-15 – vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 15 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-16 – vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 16 Piperův diagram chemického složení podzemních vod v jednotlivých odběrných místech	
Obr. 17 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-4 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 18 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-8 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 19 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-9 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 20 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-10 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 21 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-12 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 22 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-13 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 23 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-14 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 24 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-17 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 25 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-18 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 26 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-19 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 27 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-20 vybrané hlavní anionty a kationty	
Obr. 28 Piperův diagram chemického složení povrchových vod v jednotlivých odběrných místech	

Dlážděná 6 | 110 00 Praha 1 | ČR

tel.: +420 221 421 511 | fax: +420 221 421 544 | e-mail: info@sura0.cz | www.sura0.cz

IČ: 66000769 | Bankovní spojení: ČNB Praha 1, č. ú. 35-64726011/0710

Tato zpráva je výhradně majetkem SÚRAO a její šíření bez vědomí majitele je zakázáno.

Správa úložišť radioaktivních odpadů byla zřízena k 1. 6. 1997 Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR jako státní organizace na základě atomového zákona (§ 26 zákona č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření). Od roku 2000 je SÚRAO ve smyslu § 51 zákona č. 219/2000 Sb. organizační složkou státu.

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 Hrádek 1: 30 000

Příloha č. 2: Geologická mapa PÚ ZZZK Hrádek 1: 30 000

Příloha č. 3: Hydrogeologická mapa PÚ ZZZK Hrádek 1: 30 000

Příloha č. 4: Mapa vrtné prozkoumanosti dle ČGS – Geofond Praha 1: 30 000

Příloha č. 5: Vodohospodářská mapa PÚ ZZZK Hrádek 1: 30 000

Příloha č. 6: Hydrologická mapa PÚ ZZZK Hrádek 1: 30 000

Příloha č. 7: Mapa objektů vybraných k monitoringu 1: 30 000

Příloha č. 8: Fotodokumentace

Dlážděná 6 | 110 00 Praha 1 | ČR

tel.: +420 221 421 511 | fax: +420 221 421 544 | e-mail: info@sura0.cz | www.sura0.cz

IČ: 66000769 | Bankovní spojení: ČNB Praha 1, č. ú. 35-64726011/0710

Tato zpráva je výhradně majetkem SÚRAO a její šíření bez vědomí majitele je zakázáno.

Správa úložišť radioaktivních odpadů byla zřízena k 1. 6. 1997 Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR jako státní organizace na základě atomového zákona (§ 26 zákona č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření). Od roku 2000 je SÚRAO ve smyslu § 51 zákona č. 219/2000 Sb. organizační složkou státu.

Seznam použitých zkratek:

CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
KNK	Kyselinová neutralizační kapacita
PÚ	Průzkumné území
PÚ ZZZK	Průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
VJP	Vyhořelé jaderné palivo
RAO	Radioaktivní odpad
TDS	Total dissolved solids (celkové rozpuštěné látky)
ZD	Zemědělské družstvo
ZNK	Zásadová neutralizační kapacita
ZCHÚ	Zvláště chráněné území
PVP	Podzemní výzkumné pracoviště

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 Hrádek 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 9 podzemních vodních zdrojů (1 vrt, 8 studní), 4 vodní plochy, 6 vodotečí a 1 pramen. 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 Hrádek 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, 9 groundwater sources (1 borehole, 8 wells), 4 water bodies, 6 watercourses and 1 spring 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.

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 Hrádek, za účelem provedení kompletního monitoringu vodních zdrojů, vodních ploch a vodotečí v ploše průzkumného území.

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

1.1 Geografické vymezení území

Průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry – Hrádek (dále jen PÚ ZZZK Hrádek) je situováno mezi obcemi Milíčov, Nový Rychnov, Hutě a Dolní Cerekev. Nachází se v kraji Vysočina (CZ061), v okresech Jihlava (CZ0612) a Pelhřimov (CZ0613). Uvnitř PÚ ZZZK Hrádek se nacházejí tři obce: Milíčov, Hojkov a Rohozná. Průzkumné území má tvar nepravidelného pětiúhelníku o výměře 24,31 km² (Tab. 1, textová příloha. 1).

Tab. 1: PÚZZK Hrádek – vymezení území

bod	y	x
1.	1 135 400,00	682 460,00
2.	1 131 650,00	685 650,00
3.	1 127 950,00	684 910,00
4.	1 127 950,00	681 400,00
5.	1 135 400,00	681 400,00

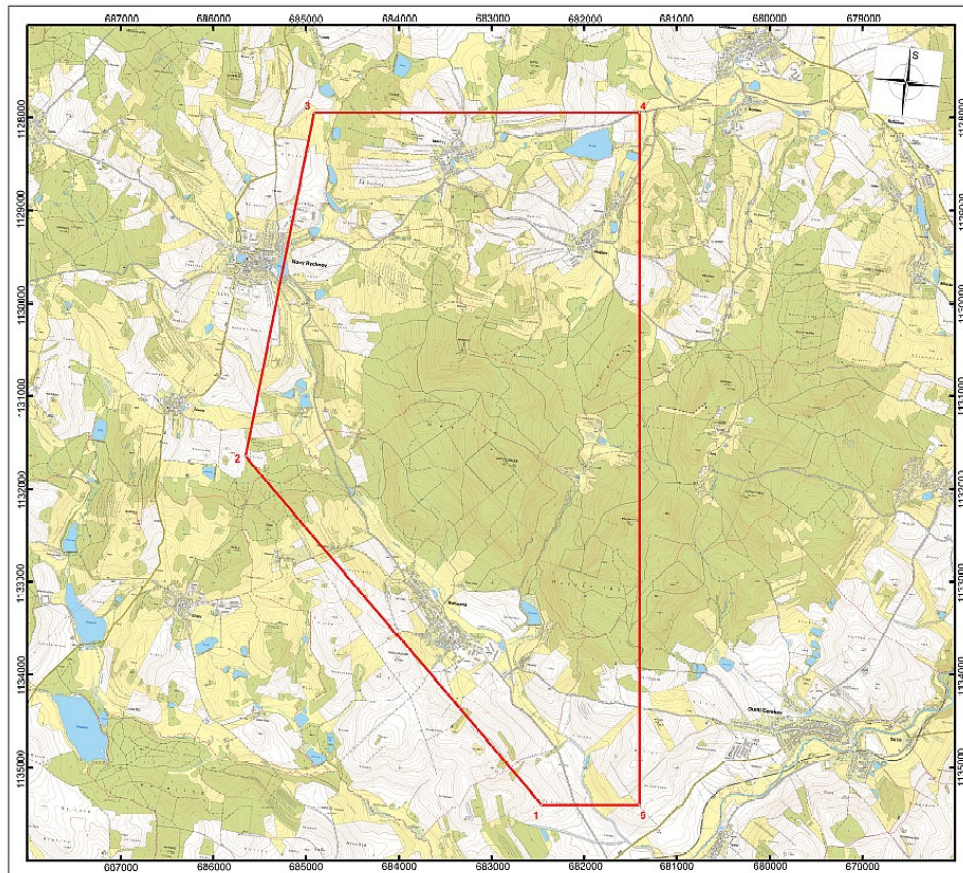
Průzkumná území zasahují do katastrálních území těchto obcí: Cejle, Dolní Cerekev, Hojkov, Milíčov, Nový Rychnov a Rohozná. Výměry katastrálních území dotčených obcí jsou uvedeny v Tab. 2.

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

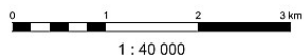
Obec	Kód obce IČZÚJ	% plochy PÚ ZZZK Hrádek	Katastrální území	plocha území obce [km ²]	Kód k. ú. (IČÚTJ)	plocha území obce [km ²]
Cejle	617407	8,31	Hutě	2,020374	617423	2,020374
Dolní Cerekev	628875	7,22	Dolní Cerekev	1,755480	628875	1,755480
Hojkov	640697	17,72	Hojkov	4,308423	640697	4,308423
Milíčov	694894	12,21	Milíčov u Jihlavy	2,968314	694894	2,968314
Nový Rychnov	707881	24,99	Nový Rychnov	6,074868	707881	6,074868
			Řeženčice		745430	
Rohozná	740497	29,55	Rohozná u Jihlavy	7,184791	740497	7,184791
celkem:		100,00		24,312250		24,312250



VYMEZENÍ PŮZZZK HRÁDEK 1 : 40 000

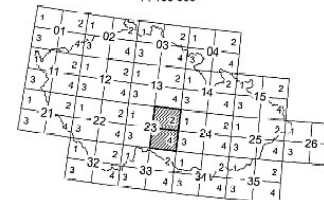


Autor: RNDr. Michal Černý
 Spoluprovozovatel: Mgr. Kateřina Šedivá
 Technické zpracování: L. Hulka
 Tematický obsah: SÚRAO
 Mapový podklad © Český úřad zeměměřičký a katastrální, 2016

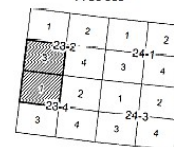


Seznam souřadnic vymezení průzkumného území (S-TSK)		
Číslo bodu	Y	X
1	682460,00	1135400,00
2	685650,00	1131650,00
3	684910,00	1127950,00
4	681100,00	1127950,00
5	601400,00	1135400,00

KLAD LISTŮ
1 : 100 000



1 : 50 000



Průzkumné území Horka, Krádek a Kraví Hora - Monitoring vod
 Číslo amplexy: DO 2016/112
 Příloha č. 1

Obr. 1 Situace PŮZZZK Hrádek v topografické mapě

Průzkumné území je zobrazeno na těchto listech základních map M 1 : 50 000: 23-23 (Jihlava) a 23-41 (Třešť), map M 1 : 25 000: 23-233 (Nový Rychnov) a 23-411 (Dolní Cerekev) a map 1 : 10 000: 23-23-16, 23-23-17, 23-23-21, 23-23-22, 23-41-01, 23-41-02. V Gauss-Krügerově zobrazení (souřadnicovém systému S-42) zasahuje PÚ ZZZK Hrádekna listy M 1: 50 000 M-33-91-D (Dolní Cerekev) a M-33-103-B (Třešť).

1.2 Fyzicko-geografické poměry území

Podle morfologického členění (Demek a kol. 1987) je PÚ ZZZK Hrádeksoučástí vyššího geomorfologického celku Českomoravská vrchovina, geomorfologického celku Křemešnická vrchovina, podcelku Humpolecká vrchovina, okrsku Čeřínek. Na jihovýchodě se dotýká mělce zařezaného údolí horního toku Jihlavy.

Z geomorfologického hlediska jde o pravidelnou kvádrovitou vyvýšeninu s plochým vrcholem, omezenou na všech stranách výraznými svahy, tvořenou žulami, na vrcholu žulové skalky a balvany s kryogenními tvary. Výrazné svahy jsou orientovány zejména k jihovýchodu a jihozápadu. Rozdíl výšek zde dosahuje 100 a více metrů. Nejvyšší kóty v PÚ ZZZK Hrádek jsou Čeřínek, 761 m n. m. (těsně mimo území), Mešnice (753 m n. m.), Čertův hrádek (714 m n. m.), Přední skála (712 m n. m.) a jiné. Nejnižší polohy PÚ ZZZK Hrádek se nacházejí na jižním okraji u Dolní Cerekve v údolí potoka Rohozná před vyústěním do Jihlavy (cca 525 m n. m.). Nad zbytky plochého reliéfu vrcholové plošiny vyčnívají vypreparované žulové skalky a balvany. Masív Čeříнку tvoří zcela dominantní – dómatickou strukturu, typickou pro mladá plutonická granitická tělesa. Dominantní systémy zlomů segmentují celou lokalitu na téměř symetrické severojižně orientované bloky.

V území granitoidů je vcelku málo údajů o způsobu zvětrávání masivů a hloubkovém dosahu povrchových zvětrávacích procesů. V okolí kamenolomu u Boršova byl ověřen blokový až balvanitý rozpad a místy dosti značná hloubka projevů navětrání. Jen odhadem lze stanovit průměrnou hloubku balvanitého rozpadu na 2 – 5 m a dosah účinků povrchového navětrání na 10 – 15 m.

V centrální oblasti Čeříнку i v oblasti vrchu Mešnice jsou temena dílčích návrší pokryta balvanitými rozpady jen slabě navětralých granitoidů, místy jsou i skalní výchozy. Na svazích jsou balvanitá deluvia s nevelkou mocností 1 – 2 m. V ložiskových průzkumech na návrších Čeřínek a Mešnice byl ověřen hloubkový dosah povrchového navětrání 9–11 m.

Horniny rulového pláště budují výrazně nižší polohy území s nízkou energií reliéfu, a to zejména v místech, kde se vyskytují na rozsáhlejších plochách. Morfologický kontrast oproti oblasti budované nejmladším intruzivním tělesem Čeříнку je zvláště nápadný v okolí obcí Dolní Cerekev a Cejle. Podél této hranice se odhadují mocnosti deluviálního pokryvu na více než

5 m. Na ostatním území budovaném rulovými horninami a migmatity budou zřejmě převládat hlinitopísčité eluvia a deluvia s mocností 2 – 5 m. Dosah povrchového navětrání bude rozdílný v závislosti na litologické povaze, místy může přesáhnout 25 m.

V centru širšího zájmového území je nejvystouplejší oblast s nejvyššími vrcholy, která je téměř souvisle zalesněná a téměř bez trvalého osídlení. Ostatní horninové typy budují okolní oblasti s méně výrazným reliéfem, převážně odlesněné a zemědělsky obhospodařované. Obdělávány jsou chudé písčité půdy na eluviálních zvětralinách a deluviích granitoidů, anebo poněkud mocnější hlinitopísčité eluvia a deluvia pararul a migmatitů. Z dostupných podkladů nebyly

v oblasti zjištěny žádné údaje o sledování průtoků na vodotečích, ani vydatnosti pramenů. Dlouhodobé sledování režimu podzemních vod ani účelová měření hladinových úrovní se v PÚ ZZZK Hrádek neprováděly.

Klimatické charakteristiky zájmového území (Quitt a kol. 1971) odpovídají mírně teplé oblasti MT 3. Léto je krátké (20 – 30 letních dnů), mírné až mírně chladné (průměrná teplota v červenci je 15 – 17°C) a suché až mírně suché. Srážkový úhrn ve vegetačním období dosahuje

350 – 450 mm. Zima je normálně dlouhá (40-50 ledových dnů), mírná až mírně chladná (průměrná teplota v lednu je –3° až -5° C), suchá až mírně suchá s normální až krátkou dobou trvání sněhové pokrývky (50-100 dnů). Srážky v zimním období se pohybují mezi 250 až 350 mm. Trvání přechodného období je normální až dlouhé s mírným jarem i podzimem.

V PÚ ZZZK Hrádek není umístěna žádná klimatologická stanice ČHMÚ. Srážkovou činnost dokumentují údaje srážkoměrných stanic sítě ČHMÚ Jihlava a Rohozná.

1.3 Hydrologické poměry území

PÚ ZZZK Hrádek patří do povodí řeky Jihlavy. Území je odvodňováno několika toky směrem k SV aj. SV část je odvodňována Hojkovským a Milíčovským potokem (hydr. poř. č. 4-16-01-025) směrem k SV do Jedlovského potoka, který se pak stáčí směrem k JV do řeky Jihlavy. Celá západní část je odvodňována potokem Rohozná a jeho delšími levostrannými a krátkými pravostrannými přítoky (hydr. poř. č. 4-16-01-014). Levostranným přítokem Rohozné je i Dolnohuťský potok (hydr. poř. č. 4-16-01-015), který odvodňuje převážnou část V a JV části území. Potok Rohozná se přibližně 1 km JV od jižní hranice PÚ ZZZK Hrádek vlévá zleva do řeky Jihlavy. Síť vodotečí je prezentovaná v příloze 6.

Největší vodní plochou je rybník Sviták (11,6 ha) na Milíčovském potoce severně od Hojkova, dále Klechtavec (4 ha) na Dolnohuťském potoce u Rohozné. Menší rybníky jsou též SZ od Dolní Cerekve. Území je významné vodohospodářsky, nachází se zde řada vodních zdrojů s ochrannými pásmy.

Podle hydrogeologické rajonizace ČR náleží lokalita do hlavního povodí Dunaj, oblasti povodí Dyje, skupiny rajonů Krystalinikum Českomoravské vrchoviny, rajonu Krystalinikum v povodí Jihlavy, 6550.

1.4 Geologické poměry území

PÚ ZZZK Hrádek se nachází v rozsahu základních geologických map v měřítku 1 : 200 000 na listu Jihlava (Beneš a kol. 1962), v edici map 1 : 50 000 na listech 23-23 Jihlava (Veselá a kol. 1991) a 23-41 Třešť (Veselá a kol. 1997).

Podle regionálně-geologického členění Českého masivu (Mísař et al. 1983) jsou horninové komplexy zájmového území součástí regionálního celku středočeského plutonického komplexu. V rámci PÚ ZZZK Hrádek jsou zastoupeny horniny dvou geologických jednotek:

- granitoidy středočeského plutonického komplexu (biotitické granodiority blatenského a červenského typu),
- kvartérní uloženiny (svahové a fluvialní sedimenty).

Z regionálně-geologického hlediska PÚ ZZZK Hrádek spočívá v rozsahu mohutného granitoidního pozdněvariského plutonu tvořícího páteřní část Českomoravské vysočiny, a to v jeho centrální resp. osově partii, v rozsahu jedné z jeho dílčích intruzí. Pluton spočívá uvnitř širší oblasti moldanubického krystalinika. Krystalinikum buduje postranní oblasti na obou stranách, ale vyskytuje se v podobě různě velkých ostrovů i v rozsahu centrálního plutonu kupř. v okolí Hojkova, Mirošova nebo Rohozné. Tvoří zde denudační zbytky pláště. Z této pozice lze usuzovat, že jde o výskyty vázané na povrchové partie plutonu a že do hlubších partií plutonu bude jejich výskyt klesat až do vymizení, anebo budou různě asimilovány.

V jihozápadní a východní části širšího zájmového území se granitoidní horniny plutonu střídají s většími celky rulového pláště, resp. sousedí s rulovými horninami pláště místy bez ostré geometricky zvýrazněné hranice, místy zřetelně tektonicky, kupř. u Dolní Cerekve a Cejle.

PÚ ZZZK Hrádek leží ve východní větvi plutonu označované jako centrální masív, a to v jeho severním úseku. V celé širší posuzované oblasti v granitoidním masivu převládají drobnozrnné až středně zrnité dvojslídne granity s porfyrickými vyrostlicemi mrákotínského typu, které se střídají s jemnozrnnějšími nebo hrubozrnnějšími typy stejného složení, pravděpodobně bez ostrého ohraničení, možná poněkud rozdílného stáří. Tyto kyselé granity velmi málo diferencované jak po mineralogické, chemické i zrnitostní. Granity mrákotínského typu se vyskytují se především u Rohozné, v JV části u Dolní Cerekve.

V území centrálního plutonu byly jen zcela ojediněle zastiženy výskyty horninových žil. V širším zájmovém území pouze ve dvou případech v sv. části u Mirošova. Žíly s hydrotermální výplní byly v zájmovém území zastiženy a v minulosti těženy na několika místech v okolí Rohozné, pro obsah polymetalických rud nebo křemene. Hydrotermální žíly historického rudního revíru jihlavského do zájmového území zřejmě nezasahují. V území je několik drobných dávno opuštěných kamenolomů a jeden větší kamenolom v provozu mezi Boršovem a Hojkovem. Na dalších dvou lokalitách na návrší Mešnice a na Černíku byl prováděn ložiskový vrtní průzkum.

V SV-části území v okolí Cejle a Mirošova a v SZ části území u Milíčova se vyskytuje málo odlišný, dvojslídny jemnozrnný typ Bílý Kámen, který postrádá porfyrické vyrostlice, zato však obsahuje žíly světlých, silně kyselých granitů. V centrální části území největší plochu budují světlé hrubozrnné dvojslídne porfyrické granity typu „Čeřínek“. Výskyty žil hydrotermálního křemene byly v minulosti zpracovávány jižně a jihozápadně od Čeřínu.

Rovněž tektonika signalizuje vysokou homogenitu skalního masívu. Homogenita granitoidů je jen podružně narušována xenolity a krami metamorfítů zjevně patřících moldanubickým krystalickým břidlicím. Převládá zlomový systém SSV – JJZ a S – J směru, paralelní s přibyslavskou mylonitovou zónou a jihlavskou brázdou.

Horniny pláště plutonu zachované v různě velkých ostrovech v rozsahu jeho hlavní plochy, i na souvislejších územích při východních a jihozápadních hranicích PÚ ZZZK Hrádek. Jsou zastoupeny cordierit-biotitickými pararulami v různém stupni migmatitizace, až migmatity různých typů. Místy v nich byly zastiženy polohy amfibolitů, serpentinitů, kvarcitů i krystalických vápenců.

V širším okolí PÚ ZZZK Hrádek se nenachází žádný mimořádně významný hlubinný zlom, ani se obdobná struktura nevyskytuje v jeho bezprostřední blízkosti. Mimořádně dlouhá a všeobecně známá tektonická zóna uznávaná a připomínaná v učebnicích jako „přibyslavská“, prochází ve vzdálenosti cca 7 – 8 km od V okraje území.

Kvartérní uloženiny mají jenom omezený vývoj. Vesměs se jedná o svahové (splachové) a fluviální sedimenty, převážně písčitého a štěrkovitého charakteru. Jejich mocnost nepřesahuje několik málo metrů.

V širším zájmovém území, tj. v oblasti centrálního moldanubického plutonu JJZ od Jihlavy, bylo identifikováno několik systémů diskontinuit, a to: SZ – JV, SV – JZ, SSV – JJZ, S – J, V – Z a SSZ – JJV. Zlomový systém SZ – JV je reprezentován především dlouhou přímou zónou, zřejmě hlubšího dosahu přes 1000 m, nadregionálního významu (kategorie 2), která predisponovala tok říčky Rohozné. Ostatní systémy jsou kategorie 3-5.

1.5 Hydrogeologické poměry území

Z hlediska hydrogeologie náleží území k základní hydrogeologické mapě 1: 200 000 list 23 Jihlava (Myslík a kol. 1986), k Oblasti povodí Moravy (č. h. p. 4-16-01 Jihlava po Oslavu;

hydrogeologický rajón 655 Krystalinikum v povodí Jihlavy). Hydrogeologické poměry reprezentuje mapa v příl. 3.

Hydrogeologická prozkoumanost je omezena pouze na svrchní část granitoidního masívu do hloubky prvních desítek metrů. Přípovrchovou zónu zvětrávání granitů lze celkově označit jako prostředí se slabou průlinovo-puklinovou propustností s lokálním, mělkým oběhem podzemní vody. Podle velikosti hydraulických parametrů a vzhledem k jeho plošnému vývoji nedochází ve svrchním kolektoru k významnějším akumulacím podzemní vody. Vydutnosti čerpaných objektů se pohybovaly v rozmezí 0,01-0,1 l.s⁻¹, pouze ojediněle 1 l.s⁻¹.

Hydrogeologická charakteristika hlubších zvodní (s oběhem podzemní vody vázaným na pukliny a tektonické zóny - proudění puklinové) z hloubek větších než 50 m v oblasti Rohozná je založena na izolovaných údajích bez vzájemných souvislostí. Nejhlubší vrt s použitelnými údaji je hluboký 90 m. Z hlediska hydrogeologických vlastností horninového prostředí lze lokalitu hodnotit pouze na základě informací mělké zvodně zvětralinového pásma. Z pohledu ochrany podzemních vod je tato oblast charakterizována jako území s malým zvodněním a nízkým využitelným množstvím podzemní vody, které vyžaduje individuální ochranu. Pro komplexní hydrogeologické hodnocení zcela chybí data o hlubších hydrogeologických strukturách (o strukturním vývoji masívu a charakteru puklinových systémů).

1.6 Základní charakterizace obydlivosti území, využití půdy

Oblast PÚ ZZZK Hrádek náleží do katastrů obcí Milíčov (694894), Nový Rychnov (707881), Rohozná (740497), Hojkov (640697), Cejle, resp. Hutě (617423) a Dolní Cerekev (628875). Uvnitř hranic území leží obce Milíčov (na severu), Hojkov (na severovýchodě a Rohozná (na jihu). Těsně za západní hranicí PÚ ZZZK Hrádek leží obce Nový Rychnov. Malými sídly, sestávajícími z několika domů či statků, případně chat, jsou U Tomanů (mezi Milíčovem a Novým Rychnovem), Šance a Hamr (mezi novým Rychnovem a Rohoznou), Sedlišťky (SZ od Rohozné) a Dolní Hutě (S od Rohozné – chatová osada).

Trvale žije v rámci území kolem 700 obyvatel. V letních měsících se obyvatelstvo rozrůstá o až několik set chalupářů a chatařů.

Zhruba polovina území, zvláště v jeho centrální a východní části, je porostlá lesem. Převládají jehličnany, hlavně smrky. Listnaté dřeviny se vyskytují spíše na okrajích lesů a kolem vodních toků a ploch. Na lokalitě Čertův hrádek (Přírodní památka Čertův hrádek) se vyskytují víceméně přirozené smíšené porosty jedle, buku a javoru.

Na zbytku území jsou luční a polní plochy. 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

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).

Základní materiály z lokality Hrádek jsou přehledně shrnuty v příloze č. 1.

Geologie

Mezi starší práce věnované charakteristice komplexů metamorfovaných hornin zájmové části moldanubika patří publikace Suesse (1926) a Dudka (1958). Syntetické práce věnované složení, klasifikaci a petrogenezi granitoidů moldanubického plutonického komplexu

publikovali například Breiter a Schabert (1998) nebo Breiter a Koller (1999). Klasifikaci granitoidních hornin na základě jejich gamaspektrometrických vlastností se zabýval Breiter et al. (1998). Geochemickými vlastnostmi dílčích intruzí se zabývali např. Matějka (1991) nebo René (2000). Geochronologický vývoj jednotlivých intruzivních členů popisuje Gerdes et al. (2003). O interpretaci strukturního a časového vývoje umístění dílčích intruzí moldanubického plutonického komplexu pojednávají práce Breiter et al. (1999) a Žák et al. (2011). Strukturním vývojem plutonu Čefínek se zabývá práce Zavřelové et al. (2009). Souhrn citací prací věnovaných centrálnímu plutonickému komplexu uvádí práce Klomínského et al. (2010).

V regionálním zpracování je zájmové území popisováno v geologických mapách 1: 200 000 list Jihlava (Beneš 1963) a 1:50 000 list Jihlava (Veselá et al. 1991), vydaný s příslušnými vysvětlivkami. Neogenním a kvartérním sedimentárním pokryvem v zájmovém území se vzhledem k jeho malému významu a omezenému rozsahu nikdo soustavně nezabýval. Dosavadní výzkumy popisují především geomorfologický vývoj a vývoj říční sítě širší oblasti. O geomorfologické charakteristice území pojednává Demek (1985).

Hydrogeologie

Hydrogeologická prozkoumanost je omezena pouze na svrchní část granitoidního masívu do hloubky prvních desítek metrů. Přípovrchovou zónu zvětrávání granitů lze celkově označit jako prostředí se slabou průlinovo-puklinovou propustností s lokálním, mělkým oběhem podzemní vody. Podle velikosti hydraulických parametrů a vzhledem k jeho plošnému vývoji nedochází ve svrchním kolektoru k významnějším akumulacím podzemní vody. Vydutnosti čerpaných objektů se pohybovaly v rozmezí 0,01-0,1 l.s⁻¹, pouze ojediněle 1 l.s⁻¹.

Hydrogeologická charakteristika hlubších zvodní (s oběhem podzemní vody vázaným na pukliny a tektonické zóny – proudění puklinové) z hloubek větších než 50 m v oblasti

Rohozná je založena na izolovaných údajích bez vzájemných souvislostí. Nejhlubší vrt s použitelnými údaji je hluboký 90 m.

Z hlediska hydrogeologických vlastností horninového prostředí lze lokalitu hodnotit pouze na základě informací mělké zvodně zvětralinového pásma (např. Hájek a kol. 1978, Tůma 1975 a 1990, Novotná a kol. 1995). Z pohledu ochrany podzemních vod je tato oblast charakterizována jako území s malým zvodněním a nízkým využitelným množstvím podzemní vody, které vyžaduje individuální ochranu.

Pro komplexní hydrogeologické hodnocení zcela chybí data o hlubších hydrogeologických strukturách, o strukturním vývoji masívu a o charakteru puklinových systémů.

Geofyzika

V širším okolí PÚ ZZZK Hrádek bylo realizováno poměrně hodně geofyzikálních průzkumů a studií. Geofyzikální práce v šedesátých až devadesátých letech 20. století (gravimetrie, magnetika, letecká geofyzika – magnetika, radiometrie, seismika, KP apod.) byly zaměřeny zejména na řešení hlubinné stavby (např. Beránek a kol. 1970, Čuta a kol. 1971, Dědáček a kol. 1990 a 1995), prognózní oceňování na ložiska nerostných a stavebních surovin (např. Pícha 1964, Krištiak J. a kol. 1985, Mátlová 1973 a Borodin a kol. 1973) a na vyhledávání podzemní vody (Sklenička J. 1990). Přehled geofyzikální prozkoumanosti PÚ ZZZK Hrádek a blízkého okolí 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. Data geochemického průzkumu realizovaného v PÚ ZZZK Hrádek, k nimž se řadí mineralogické a chemické analýzy šlichů a chemické analýzy řečištních sedimentů, mají jen dokumentační charakter a představují pouze vstupní informace pro vyhodnocování geologických a geochemických a jiných

charakteristik dané oblasti, přičemž charakterizují jenom snosovou oblast. Tyto analýzy jsou omezeně využitelné pro vymezení mineralogických a chemických nehomogenit horninových masivů, geochemických anomálií, zón alterací, metalogeneticky aktivních zlomů apod.

Inženýrská geologie

Inženýrskogeologické práce byly zaměřeny na posouzení základových půd pro běžné typy staveb (Smejkal 1972, 1977), čističky odpadních vod, průzkumů zdrojů znečištění a jeho monitoringu (Furychová 1994, Furych a kol. 1997), skládek odpadů, cestních komunikací apod. Vrtné průzkumy, případně kopané šachtice byly většinou lokalizovány do kvartérních sedimentů a mimo hranice PÚ ZZZK Hrádek. Hodnocení fyzikálních a technologických charakteristik granitoidních hornin bylo realizováno v rámci průzkumů kameniva u Boršova, Mešnice a Čeříňku (částečně mimo PÚ ZZZK Hrádek). Místní granity byly charakterizovány na dílčích lokalitách do hloubky až 100 m. Regionální nebo lokální studie o inženýrskogeologických poměrech v širším okolí průzkumného území chybí.

3 Výsledky rekognoskace

Rekognoskace byla provedena v průběhu listopadu 2016. Návštěvy území, při kterých byly provedeny jednak terénní pochůzky za účelem posouzení jednotlivých vytipovaných objektů, tak jednání se zastupiteli obcí, proběhly ve dnech 3. 11., 9. 11., 16. 11., 29. 11., 30. 11. a 1. 12. 2016.

Před započítáním rekognoskace byli o akci informováni starostové obcí, jejichž katastry zasahují do PÚ ZZZK Hrádek a byli požádáni o spolupráci. Ze strany zastupitelů obcí nebyly na lokalitě Hrádek shledány žádné problémy.

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

Obec	Starosta	Telefon	Email	Adresa
Cejle	Pavλίna Nováková	603 218 599	starostka@cejle.cz	Cejle 100, 588 51 Batelov
Dolní Cerekev	Zdeněk Jirsa	567315735, 567315014	jirsa.z@dolnicerekev.cz	Dolní Cerekev 107, 588 45 Dolní Cerekev
Hojkov	Milada Duchanová	567 272 180	ouhojkov@tiscali.cz	Hojkov 64, 588 05 Dušejov
Milíčov	Jaromír Šlechta	724 174 442	starosta@obec.cz	Milíčov 56, 588 05 Milíčov
Nový Rychnov	Iva Reichová	724 163 919	ourychnov@seznam.cz	Nový Rychnov 87, 394 04 Nový Rychnov
Rohozná	Štěpánka Šteřlová	724 167 732	rohozna@ji.cz	Rohozná 113, 588 44 Rohozná u Jihlavy

Do plánu rekognoskace byly zařazeny objekty vytipované na základě studia archivních materiálů, map a záznamů o vrtné prozkoumanosti. Při vytipování objektů byli nápomocni starostové (starostky) obcí, kteří (které) dali k dispozici své vodní zdroje a navrhli své priority pro odběry vzorků.

Celkem bylo do seznamu zařazeno 50 objektů potenciálně vhodných k rekognoskaci: 16 studní, 8 vrtů, 9 pramenů a studánek, 10 rybníků a 7 vodotečí.

Během rekognoskaci bylo provedeno zhodnocení objektů z hlediska vhodnosti k zařazení do monitorovacího plánu.

Někteří majitelé vodních zdrojů a zástupci obcí projevíli zájem o poskytnutí analýz ze svých zdrojů a dalších objektů nacházejících se v jejich katastru. Konkrétně to byli zástupci obcí Rohozná (objekty HR-1, HR-2, HR-3, HR-4), Nový Rychnov (HR-5) a Hojkov (HR-11, HR-12, HR-13, HR-14) a dále p. Krejzlík (HR-6).

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 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 objektů v rámci PÚ ZZZK. Celá plocha PÚ by měla být více méně pravidelně pokryta monitorovacími body, i když distribuce jednotlivých typů bude 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 reprezentativnost vrtu pro danou oblast a jeho přístupnost. Dalším kritériem 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. Hlavními kritérii jsou reprezentativnost, 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. Může však dojít k tomu, že v následující sezóně (2017) bude rybník, který je v současné době plný, vypuštěn. V tom případě bude objekt nahrazen (přítokem nebo odtokem).

Vodní toky. Výběr zahrnuje vodní toky tak, aby byly více méně rovnoměrně zastoupeny v ploše PÚ ZZZK. Kritériem je dostupnost a trvalost toku a pokud možno, aby odběrný profil reprezentoval celé povodí toku v PÚ ZZZK.

Během následujících 6 kol monitoringu, provedených do května 2018, nebyly provedeny žádné změny v seznamu monitorovaných objektů.

4.2 Přehled monitorovaných objektů

Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, byl proveden předběžný výběr objektů, které byly při následné rekognoskaci prověřeny a z nich vybrány ty, které budou dlouhodobě v rámci projektu sledovány.

Z 19 vrtů ve vrtné databázi bylo předběžně vybráno 8, které byly zařazeny do plánu rekognoskace. Z celkového počtu je 16 vrtů provedeno jako monitorovací, většina z nich kolem skládky průmyslového odpadu východně od osady Hamr. Tyto vrty byly nakonec z plánu monitoringu vyřazeny z důvodu možného ovlivnění chemismu vod monitorovaným objektem. Vrt RO-1 nebyl lokalizován a vrt DC3 nebyl zpřístupněn. Do monitoringu byl tedy zařazen pouze 1 vrt, a to vrt HVR-1, který zásobuje pitnou vodou obec Rohozná.

V prostoru PÚ ZZZK Hrádek je vybudováno velké množství kopaných studní, sloužící jako vodní zdroje. Soukromé studny nebyly až na jednu do monitoringu zařazeny. Ostatní studny jsou vesměs objekty určené pro zásobování vodou obce Nový Rychnov, Rohozná, Hojkov a Dolní Cerekev. Z 16 studní zvolených k rekognoskaci jich bylo do monitorovacího plánu zařazeno 8.

Na svazích místních vrchů Mešnice, Čertův hrádek a Přední skála se nachází poměrně velké množství pramenů. Z mapy a na základě místních informací jich bylo k prověření zařazeno 9. Některé z pramenů jsou obtížně dostupné a proto nevhodné k pravidelnému monitoringu. Další jsou pouze sezónní a v době rekognoskace byly bez vody. Nakonec byl zjištěn pouze 1 trvalý pramen jižně od Hojkova.

Rybníky jsou vzhledem ke kopcovitému reliéfu centrální části území umístěny více méně po jeho okraji. Nejvíce jich je na jihozápadě a severu PÚ ZZZK Hrádek. Z celkového počtu asi 25 rybníků různých velikostí (v seznamu k rekognoskaci jich je 10) jich bylo do monitorovacího plánu zařazeno 5. Některé malé rybníky byly bez vody a naopak plošně největší rybník Sviták byl vypuštěný.

Podobně jako rybníky, většina vodních toků se nachází v okrajových částech PÚ ZZZK Hrádek. Jde převážně o krátké toky, pramenící na svazích výše uvedených kopců. Často napájejí některý z rybníků. V J a JZ části území drobné krátké potoky vtékají do nejvodnatějšího potoka území Rohozné. Rekognoskováno bylo 7 toků, z nichž bylo do monitorovacího plánu zařazeno 6.

Tab. 4: Přehled objektů vybraných k monitoringu

poř. číslo	katastr	typ objektu	Souřadnice S-JSTK			poznámky
			X	Y	Z	
HR-1	Rohozná	Studna	1132519	684824	595	Studna SZ od osady Sedlíštky, v lese. ID GDO 400717
HR-2	Rohozná	Studna	1132559	684641	590	Studna V od osady Sedlíštky, na okraji obce. ID GDO 400715
HR-3	Rohozná	Vrt	1132610	684498	585	Vrt HVR 1 od osady Sedlíštky, u cesty v lukách. Hloubka 100 m. ID GDO 727091
HR-4	Rohozná	Rybník	1133461	682530	550	Rybník na okraji obce, kolem chaty.
HR-5	Milíčov	Studna, zářezy	1129213	683913	655	Jímací objekt pro zářezy v lesíku – vodní zdroj pro Nový Rychnov
HR-6	Nový Rychnov	Studna	1131338	684524	695	Studna v remízku mezi pastvinami.
HR-7	Nový Rychnov	Studna	1130960	683294	682	Studna ve smrkovém lese.
HR-8	Rohozná	Potok	1132110	683760	598	Malý potok ve smrkovém lese.
HR-9	Hutě	Rybník	1131865	682057	594	Rybníček na jižním okraji Dolních Hutí, kolem louky, les a chaty.
HR-10	Rohozná	Potok	1132706	682467	570	Potok v údolí v lese.
HR-11	Hojkov	Studna	1129970	681225	675	Studna na louce V od obce.
HR-12	Hojkov	Pramen	1129825	682482	670	Studánka na pastvině, využívaná jako napajedlo.
HR-13	Hojkov	Potok	1129351	681725	635	Potok v louce, V od obce
HR-14	Milíčov	Rybník	1128186	682907	643	Malý rybník mezi silnicí a lesíkem.
HR-15	Nový Rychnov	Studna	1131406	684380	594	Studna na okraji lesa, J od samoty Šance. ID GDO 400714
HR-16	Rohozná	Studna	1131659	684018	624	Studna ve smrkovém lese ID GDO 400723
HR-17	Hutě	Potok	1131465	681721	626	Potok v lese, V od chat, S od rybníka.
HR-18	Rohozná	Potok	1132100	684219	555	Potok v zalesněném údolí, V od samoty Hamr.
HR-19	Milíčov	Rybník	1128832	683711	669	Malý rybník mezi silnicí a lesem.
HR-20	Dolní Cerekev	Potok	1134208	682147	547	Potok na louce, J od lesa.

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 ZZZK Hrádek.

Do plánu monitoringu hydrogeologických objektů v rámci PÚ ZZZK Hrádek bylo zařazeno 20 bodů uvedených v tab. 4 a mapová příloha č. 7.

Terénní práce budou probíhat na základě schváleného monitorovacího plánu. Aby byl monitoring průkazný, je třeba co největší počet pozorování v určitém časovém úseku. Vzhledem k podmínkám stanoveným v zadávací dokumentaci bude optimálním řešením

provádět sledování monitorovaných objektů po dobu 1,5 roku v časovém intervalu 3 měsíce. Bude tedy provedeno úvodní měření a odběr vzorků, a poté 6 následných měření. Z tohoto předpokladu vyplývá předběžný návrh počtu vzorků: 20 objektů na každém území, tj. dohromady 60 objektů. Na každém objektu 7 opakovaných odběrů, tj. celkem 420 vzorků pro rozborů všech parametrů (viz níže) požadovaných projektem prací. Vzorky z prvního odběru budou také analyzovány na obsah Ra a U (tj. 20 vzorků v PÚ ZZZK Hrádek, celkem 60 vzorků).

Počet vzorků může být o něco zvýšen v případě, že řešitel po provedené rekognoskaci rozhodne o větším počtu monitorovaných objektů v některém z území. Také v případě, že bude identifikován zvýšený obsah Ra či U, bude tento odběr zopakován v závěru monitoringu.

První vzorkovací kampaň proběhla již v rámci rekognoskace a přípravy tohoto monitorovacího plánu. Z této úvodní etapy byly zpracovány pasportní listy – 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.).

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

6 Monitorované ukazatele

Rozsah provedených 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 – provedla hydrochemická laboratoř firmy GEOTest, a.s. akreditovaná ČIA jako zkušební laboratoř č. 1271.
- **U, Ra – 20 vz. × 1 cyklus** – jen v prvním kole monitoringu – rozborů provedla laboratoř firmy DIAMO státní podnik Stráž pod Ralskem, odštěpný závod GEAM Dolní Rožínka, akreditovaná ČIA jako zkušební laboratoř č. 1306.2.

Rozsah provedených 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 laboratoři. 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.

V rámci PÚ ZZZK Hrádek je ověřován pouze jeden pramen (HR-12). Ten je však potrubím veden do pevného napajedla, ze kterého je odebírán vzorek a nelze u něj změřit vydatnost.

Vzorky povrchových vod byly odebírány prostým náběrem ze břehu. 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 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, které byly reprezentovány především studnami, byly odebírány odběrným válcem na lanku. Voda z jediného monitorovaného vrtu v rámci PÚ ZZZK Hrádek je vedena přímo do vodárny, takže je nabírána z kohoutu.

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

8 Výsledky terénních prací

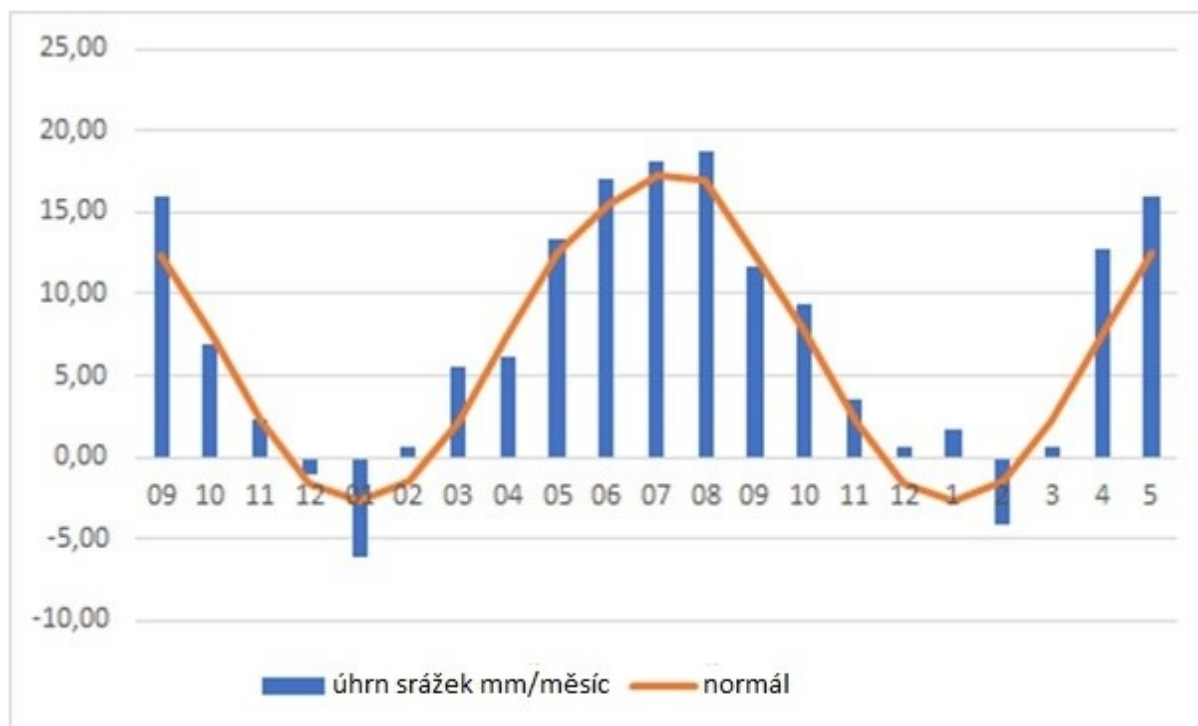
V této závěrečné zprávě jsou v pasportních listech – textová příloha č. 2, uvedeny výsledky z terénního měření podzemních, povrchových a důlních vod, fyzikálních parametrů vod, průtoků vodotečí v monitorovacích místech a vydatnosti pramenů. Jejich podrobné zhodnocení, v závislosti na klimatických a hydrologických 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. Klimatologické údaje z klimatologické stanice Přebyslav a průměrná data pro kraj Vysočina byly staženy z veřejně dostupných stránek portálu ČHMÚ. Viz tabulky č. 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								

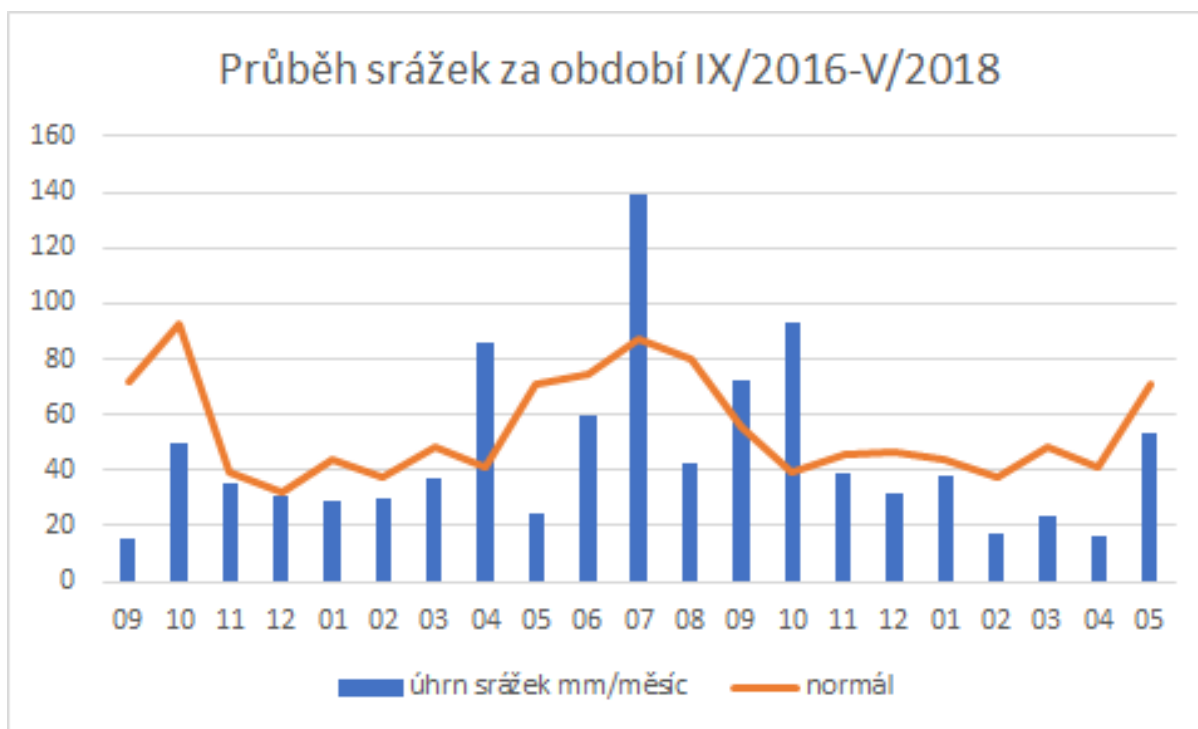


Obr. 2 Teplotní charakteristika období 9/2016 až 05/2018 ve srovnání s normálem (1981-2010)

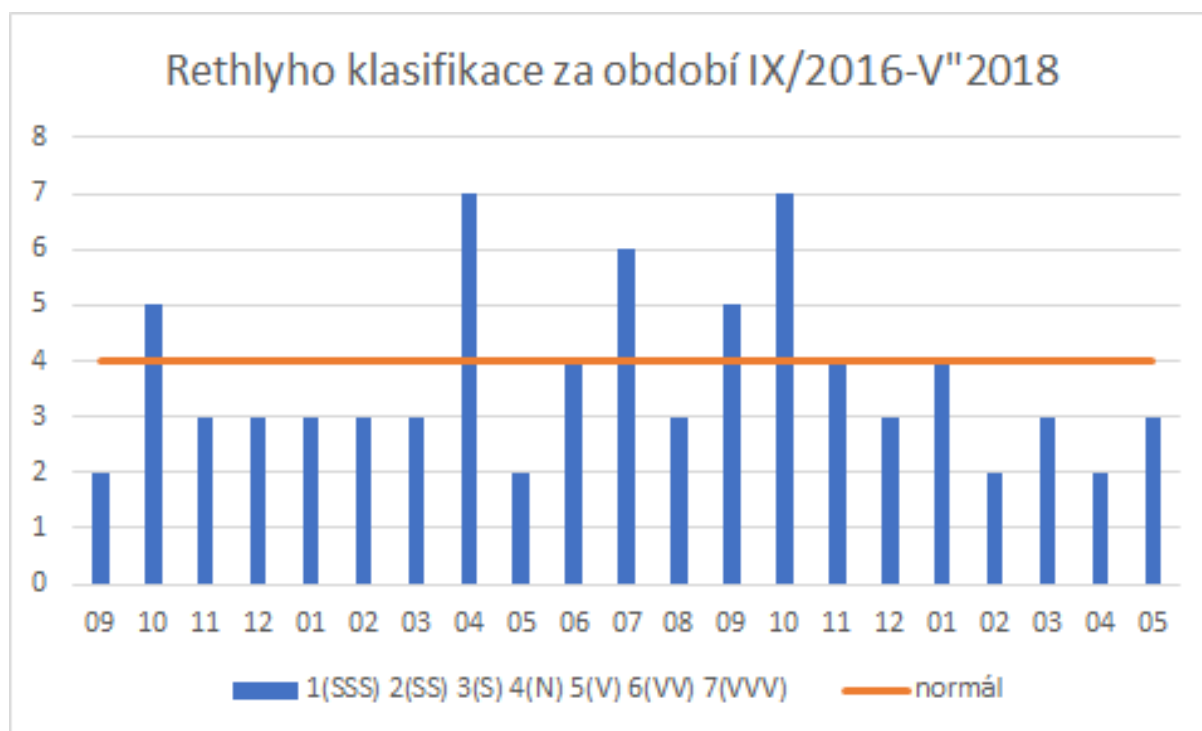
Průměrná měsíční teplota vzduchu ve sledovaném období byla 7,1 °C, což je o 1,0 °C více, než činí dlouhodobý normál 6,1 °C. Nejvyšší průměrná měsíční teplota byla zaznamenána v srpnu 2017 18,79 °C (odchylka od normálu +1,89 °C), naopak nejnižší průměrná teplota vzduchu byla v lednu 2017 -6,08 °C (odchylka 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 Rethyho									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 Rethyho	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 Rethyho	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. Uhřetínov, levelogery Solinst.
- **Měření fyzikálních parametrů:** AQUAREAD AP-2000 – AQUAMETER AM 2000 (Velká Británie), HANNA instruments (Rumunsko).

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

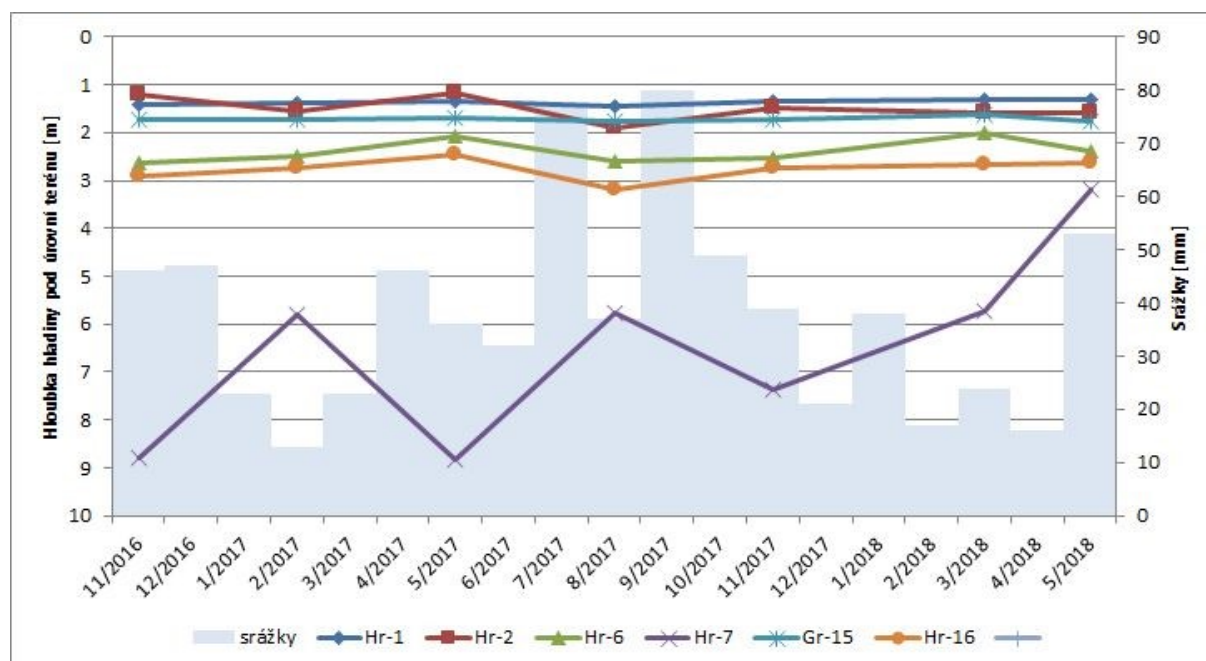
8.2.1 Vyhodnocení úrovní hladin podzemních vod

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

Tab. 8 Úrovně hladiny podzemní vody od terénu

	23.11.2016	14.2.2017	30.5.2017	31.8.2017	14.11.2017	7.3.2018	16.5.2018
Hr-1	1,4	1,37	1,35	1,46	1,36	1,32	1,32
Hr-2	1,22	1,54	1,16	1,9	1,48	1,59	1,59
Hr-6	2,64	2,5	2,08	2,6	2,53	2	2,39
Hr-7	8,8	5,81	8,82	5,77	7,36	5,74	3,18
Gr-15	1,72	1,74	1,71	1,78	1,73	1,62	1,75
Hr-16	2,92	2,75	2,46	3,2	2,73	2,68	2,62

Objekty Hr-1 – studna u Rohozné, Hr-2 – studna u Rohozné. Hr-6 – studna v Šancích, Hr-7 – studna v lese s. od Nového Rychnova, Hr-15 a Hr-16 – studny s. od Rohozné, zdroj pro Dolní Cerekev.



Obr. 5 Úrovně hladiny podzemních vod v závislosti na srážkách

Hladina vody ve většině studní využívaných jako zdroje pitné vody je poměrně stabilní s malými sezónními výkyvy. Na jaře 2017 byla hladina mírně zvýšená, naopak koncem léta

2017 byl zaznamenán menší pokles (vše u studní Hr-2, Hr-6 a Hr-16). Zvýšení hladiny je možné dát do souvislosti s jarním táním sněhu a současně relativně vysokými srážkami, snížení pak bylo zřejmě způsobeno vyšším sezónním odběrem v letních měsících. Srážkově bylo totiž léto 2017 průměrné a teplotně jen mírně nadprůměrné. V roce 2018 došlo k jarnímu vzestupu hladiny jen u studny Hr-6. Největší výkyvy vykazovala nevyužívaná studna (Hr-7) v lese severně od Nového Rychnova. Zde v roce 2017 došlo k výraznému sezónnímu ovlivnění v závislosti na srážkách a tání sněhu. V roce 2018 však bylo zaznamenáno zvýšení hladiny i v květnu, bez zřejmé korelace ke srážkám a teplotě.

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 (Hr-3)

Vody hlubšího oběhu byly zachyceny pouze vrtem HVR 1. Vrt hluboký 100 m je využíván jako zdroj pitné vody obcí Rohozná. Je posílen dvěma studnami a je možné mezi nimi přívod do vodojemu přepínat. Bohužel zde dochází poměrně často k technickým problémům a poruchám čerpadla. To se stalo v době vzorkování v srpnu 2017 a květnu 2018, takže kontinuita sledování byla přerušena. Teplota vody je podle očekávání stabilní a pohybuje se okolo 9°C. Hodnoty pH se pohybují ve zhruba neutrálním pásmu kolem 7, avšak v únoru 2018 byla naměřena hodnota 8,32. Důvod zvýšení je nejasný. Hodnoty redox potenciálu naznačují oxidační podmínky a pohybují se v poměrně úzkém rozmezí 124-187 mV. Také vodivost nevykazovala velké výkyvy s rozmezím 148-190 $\mu\text{S/cm}$ s výkyvem nahoru (333 $\mu\text{S/cm}$) v únoru 2018.

Vody mělkého oběhu (studny Hr-5, Hr-6, Hr-7, Hr-11, Hr-15, Hr-16 a pramen Hr-12)

Vody mělkého oběhu byly reprezentovány vzorky ze studní, zpravidla využívaných (kromě Hr-7) jako obecní a soukromé. Teplota vody byla v některých z nich ovlivněna klimatickými sezónními podmínkami, například ve studni Hr-1 byla v listopadu 2016 naměřena teplota 0,9°C a v srpnu 2017 teplota 11,2°C. Naopak v poblíž umístěné studni Hr-2 se teplota pohybovala pouze v rozmezí 6,8-96°C. Stejně tak v dalších sledovaných studních se teploty pohybovaly v rozmezí 6-9°C. Hodnoty pH ve studních byly většinou neutrální až slabě kyselé. Zajímavé je snížení pH v letních měsících zjištěné např. ve studních Hr-1 (až na 5,58), Hr-5 (na 5,6) Hr-6 (na 6,03), což může souviset s vyluhováním půdy ze zdrojového území ležícího v lesních porostech, jejichž půdy se vyznačují kyselým prostředím. Oxidačně-redukční potenciál ukazuje na oxidační podmínky s hodnotami od 140 do 220 mV s občasnými odchylkami. Také měrná vodivost je relativně stabilní v rozmezí 100-200 $\mu\text{S/cm}$ s menšími nepravidelnými výkyvy na obě strany.

Jediný monitorovaný pramen byl na lokalitě Hr-12. Vlastní pramen je však nepřístupný, svedený potrubím do vany na pastvině, ze které pije dobytek. Tento fakt ovlivňuje naměřené hodnoty. Teplota je mírně ovlivněná sezónními podmínkami a pohybuje se o 5 do 10°C, pH je nepravidelné, pohybuje se od 5,7 do 8,52, což může být ovlivněné splachy z okolních lesů a polí. Oxidačně-redukční potenciál se pohybuje od 124 do 283 mV, měrná vodivost v nižších hodnotách kolem 80 $\mu\text{S/cm}$.

Povrchové vody (rybníky Hr-4, Hr-9, Hr-14, Hr-19 a potoky Hr-8, Hr-10, Hr-13, Hr-17, Hr-18, Hr-20)

Monitorovány byly rybníky různých velikostí a objemů, od malých rybníčků s plochou kolem 1000 m³, po rybník Klechtavec s plochou kolem 30 000 m³. U malých rybníčků byl problém jejich zamrznutí v zimním období (únor 2018), takže nemohla být provedena měření. Zde se také projevovalo velké ovlivnění teploty během ročních období, od 0,9°C v zimě (Hr-19) po

20,4°C na počátku léta (Hr-14). U velkého rybníka se pohybovala teplota od 1,97°C (únor 2018) do 23,37°C (květen 2018). Hodnoty pH byly u všech rybníků neutrální až mírně kyselé s menšími výkyvy. Oxidačně-redukční se pohybovaly zhruba od 120 do 200 mV, měrná vodivost

od 80 do 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, oboje s občasnými nepravidelnými odchylkami na obě strany.

U potoků s jednalo většinou o krátké toky pramenící v zalesněném masívu vrchu Čeřínek. 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 se pohybuje zpravidla mezi 10-12°C. Hodnoty pH vykazují většinou mírně kyselou reakci s výjimečně kyselejšími hodnotami, např. 4,64 a 4,59 u Hr-8 v II. a V./2017 a 5,39 a 5,73 u Hr-17 ve stejném období. Měrná vodivost je spíše nižší, pohybující se v rozmezí 80-120 $\mu\text{S}/\text{cm}$, s výjimkou Hr-13 a Hr-20, kde dosahují hodnot až kolem 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

8.3 Měření průtoků vodotečí a pramene

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

- **Měření průtoků vodotečí a vydatnosti pramene:** hydrometrická vrtule Ott C2 (Ott, Německo), pásmo, nádoba, odhad.
- **Měření klimatických poměrů (atmosféra):** teploměr.

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.

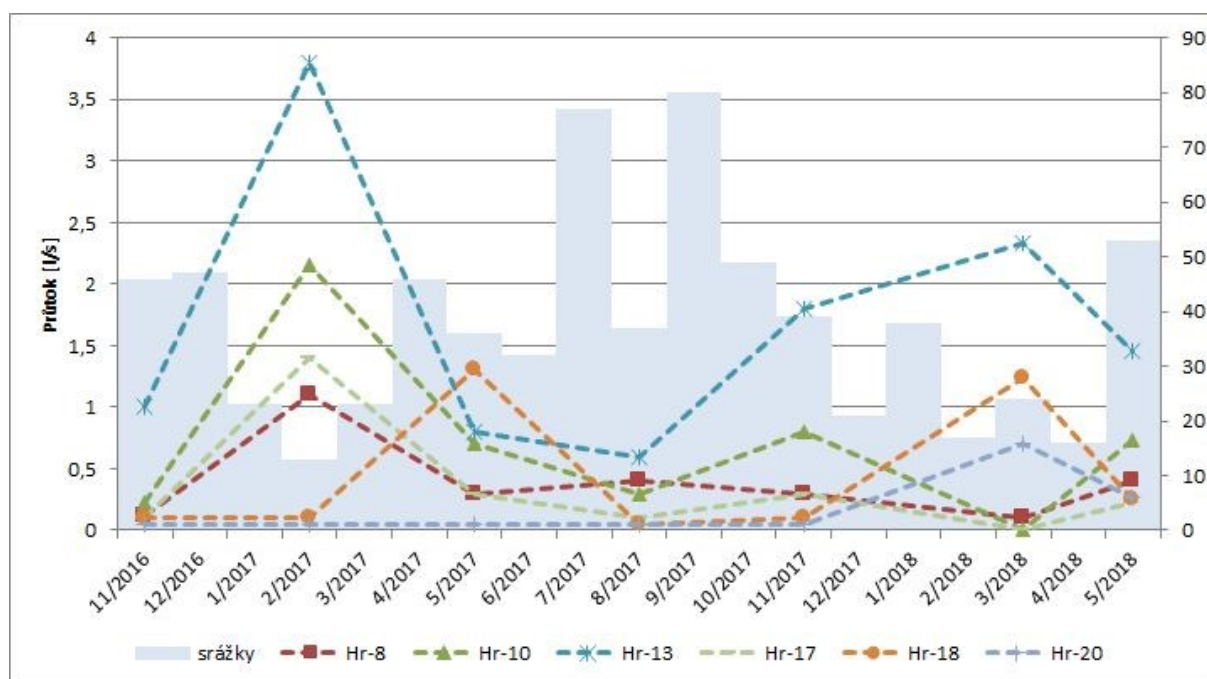
Výsledky měření okamžitých průtoků a vydatností jsou uvedeny v textové příloze č. 3.1. Souhrnné zpracování výsledků měření je uvedeno v tabulce č. 5. U některých drobných toků byl vzhledem k jejich nízké rychlosti toku a malé hloubce průtok hydrometrickou vrtulí neměřitelný, byl tedy použit paušální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

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

V prostoru jsou přítomny většinou malé krátké toky s nízkým průtokem, výrazně ovlivněné roční sezónou a průběhem počasí. Dobře je to vidět například u Hojkovského potoka (HR-13), kdy se průtok pohybuje v rozmezí 0,1 – 3,8 l/s. Nejvyšší průtok byl měřen v době zimní oblevy. Dalším takovým případem je Dolnohuťský potok (HR-10) s průtoky v rozmezí 0,21 – 2,15 l/s (ve stejném období). Oba potoky mají přítom rozdílnou pozici. Hojkovský potok je krátký, s mírným spádem, teče převážně v pastvinách. Dolnohuťský potok je delší,

poměrně strmý a peřejnatý. V období únor 2017 byly vůbec naměřeny nejvyšší průtoky u téměř všech toků. V období únor-březen 2017 bylo teplotně nadprůměrné (viz tab 5), po chladném lednu a první půlce února došlo k oblevě a velkému zvýšení průtoků většiny toků napájených ze sběrných území v oblasti vrchu Čeřínek. V zimě 2018 došlo k menšímu zvýšení průtoků u některých toků, ale tehdy bylo mnohem chladnější počasí, než v předchozím roce a únor byl srážkově výrazně podnormální (viz Tab. 6). Dva potoky (Hr-10 a Hr-17) byly zamrzlé a nebylo možné průtok měřit. 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 1 x/3 měsíce nelze tedy jednoznačně usuzovat na závislost průtoků 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 potoka Hr-18 bylo zjištěno zvýšení v květnu 2017 a únoru 2018, přičemž v ostatních obdobích byl průtok hydrometrickou vrtulí neměřitelný.

Jediným monitorovaným pramenem je pramen jz. od Hojkova. Ten je však sveden potrubím na pastvinu a zaveden do vaničky, která slouží jako napajedlo pro dobytek. Není možné zde změřit vydatnost.



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

V tabulce č. 9b uvádíme specifické odtoky pro dílčí povodí jednotlivých měřených profilů. 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. Průměrný specifický odtok území PÚ ZZZK Hrádek byl získaný z měření průtoků v 6 profilech.

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

Datum	Hr-8	Hr-10	Hr-13	Hr-17	Hr-18	Hr-20
23.11.2016	0,11	0,22	1	0,1	0,1	0,05
14.2.2017	1,1	2,15	3,8	1,4	0,1	0,05
30.5.2017	0,3	0,7	0,8	0,3	1,3	0,05
31.8.2017	0,4	0,3	0,6	0,1	0,05	0,05
14.11.2017	0,3	0,8	1,8	0,3	0,1	0,05
7.3.2018	0,1	-	2,33	-	1,24	0,7
16.5.2018	0,4	0,73	1,46	0,22	0,25	0,27
Minimum	0,1	0,22	0,6	0,1	0,05	0,05
Maximum	1,1	2,15	3,8	1,4	1,3	0,7
Průměr	0,39	0,82	1,68	0,40	0,45	0,17

Tab. 9b Specifické odtoky (l/s/km²) v období 11/2016 – 05/2018

Datum	Hr-8	Hr-10	Hr-13	Hr-17	Hr-18	Hr-20
Plocha povodí (km²)	0,6466	2,9157	0,4563	0,6762	0,7725	0,5229
23.11.2016	0,11	0,22	1	0,1	0,1	0,05
14.2.2017	1,1	2,15	3,8	1,4	0,1	0,05
30.5.2017	0,3	0,7	0,8	0,3	1,3	0,05
31.8.2017	0,4	0,3	0,6	0,1	0,05	0,05
14.11.2017	0,3	0,8	1,8	0,3	0,1	0,05
7.3.2018	0,1	-	2,33	-	1,24	0,7
16.5.2018	0,4	0,73	1,46	0,22	0,25	0,27
Minimum	0,100	0,220	0,600	0,100	0,050	0,050
Maximum	1,100	2,150	3,800	1,400	1,300	0,700
Průměr	0,387	0,817	1,684	0,403	0,449	0,174

Tab. 10 Okamžité průtoky (vydatnosti) v období 11/2016 – 05/2018

Číslo objektu	Typ objektu	Plocha hydrologického povodí [m ²]	Datum měření						
			9.11.–1.12. 2016	20.–23. 2. 2017	7.–12.6. 2017	7.–9.9. 2017	2.–10.11. 2017	22.2. 2018	31.5.-5.6 2018
			Průtok/vydatnost [l.s-1]						
HR-8	Malý potok ve smrkovém lese.	646 600	0,11	1,1	0,3	0,04	0,3	0,1	0,4
HR-10	Potok v údolí v lese.	2 915 700	0,21	2,15	0,7	0,3	0,8	Nezjištěno (zamrzlý)	0,73
HR-12	Studánka na pastvině, využívaná jako napajedlo.	82 000	nezjištěno	nezjištěno	nezjištěno	nezjištěno	nezjištěno	nezjištěno	nezjištěno
HR-13	Potok v louce, V od obce	456 300	do 0,1	3,8	1,6	0,6	1,8	2,33	1,46
HR-17	Potok v lese, V od chat, S od rybníka.	676 200	do 0,1	1,4	0,3	0,4	0,3	Nezjištěno (zamrzlý)	0,23
HR-18	Potok v zalesněném údolí, V od samoty Hamr.	772 500	do 0,1	do 0,1	1,3	do 0,1	do 0,1	1,24	0,25
HR-20	Potok na louce, J od lesa.	522 900	do 0,05	do 0,05	do 0,05	do 0,05	do 0,05	0,7	0,27

8.4 Výsledky analytických prací

Pro zjištění základních geochemických vlastností podzemní vody byly provedeny rozborů odebraných vzorků vod na stanovení základního fyzikálního a chemického rozboru vody, U a Ra. Analytické 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 ze všech sedmi kol vzorkování. Vzorky vod jsou rozděleny a hodnoceny dle typu – vody podzemní (vrty, studny, prameny, čerpané důlní vody) 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.

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 fonu 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 vyžití 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_{zi} , 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 %.

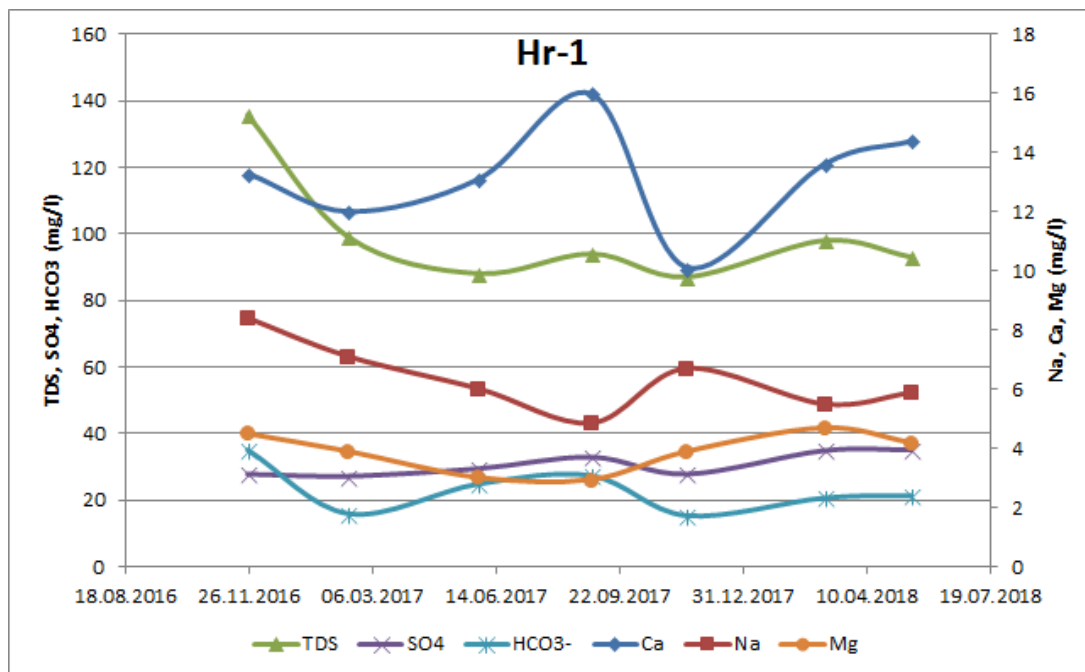
Analyzované vody reprezentují převážně mělké podzemní vody (HR-1, HR-2, HR-5, HR-6, HR-7, HR-11, HR-12, HR-15, HR-16)), tj. vody v eluviálním (deluviálním) pokryvu krystalinických hornin a jejich přípovrchového rozvolnění. Tyto vody jsou jímány soukromými a obecními studnami, v jednom případě se jedná o pramen (HR-12). Hlubší podzemní vody, tj. vody přípovrchového rozvolnění puklin krystalinických hornin, reprezentuje v daném prostoru jen jeden vrt (HR-3). Obě zvodně spolu více či méně komunikují.

Studny a vrty

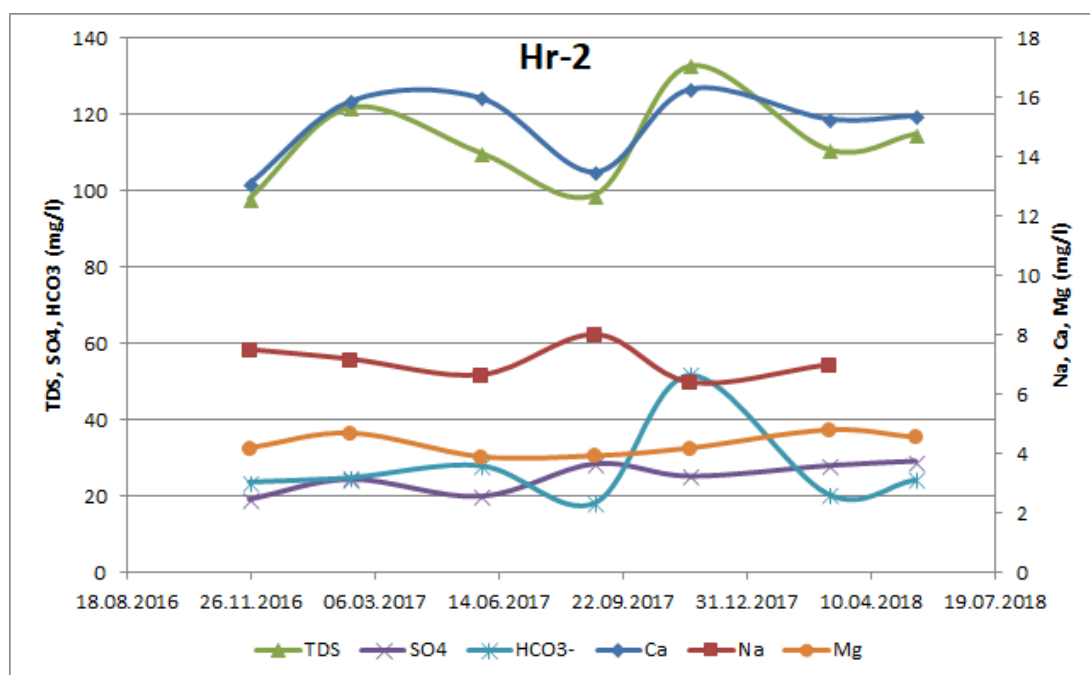
Podzemní vody ze studní a vrtů byly vesměs Ca-SO₄-HCO₃ (HR-1, HR-2, HR-5, HR-12), Ca-SO₄-NO₃ (HR-11, HR-15) dále Ca-HCO₃-SO₄ (HR-3), Ca-Mg-HCO₃ (HR-6), Ca-Na-SO₄ (HR-7) a Ca-SO₄-HCO₃ (HR-16) chemického typu. Podzemní vody jsou mírně kyselé až slabě zásadité reakce. Tvrdost vody byla velmi měkká až měkká.

Vyhlášku č. 252/2014 Sb. a vyhl. č. 5/2001 Sb. překračují obsahy Mn (a v jednom odběru i Fe a Ca) ve vodě z HR-3. HR-6, HR-15 a HR-16, amonných iontů v HR-12. V pouze jednom odběru bylo zaznamenáno zvýšení Fe u studny Hr-6 a Mn u studny Hr-15.

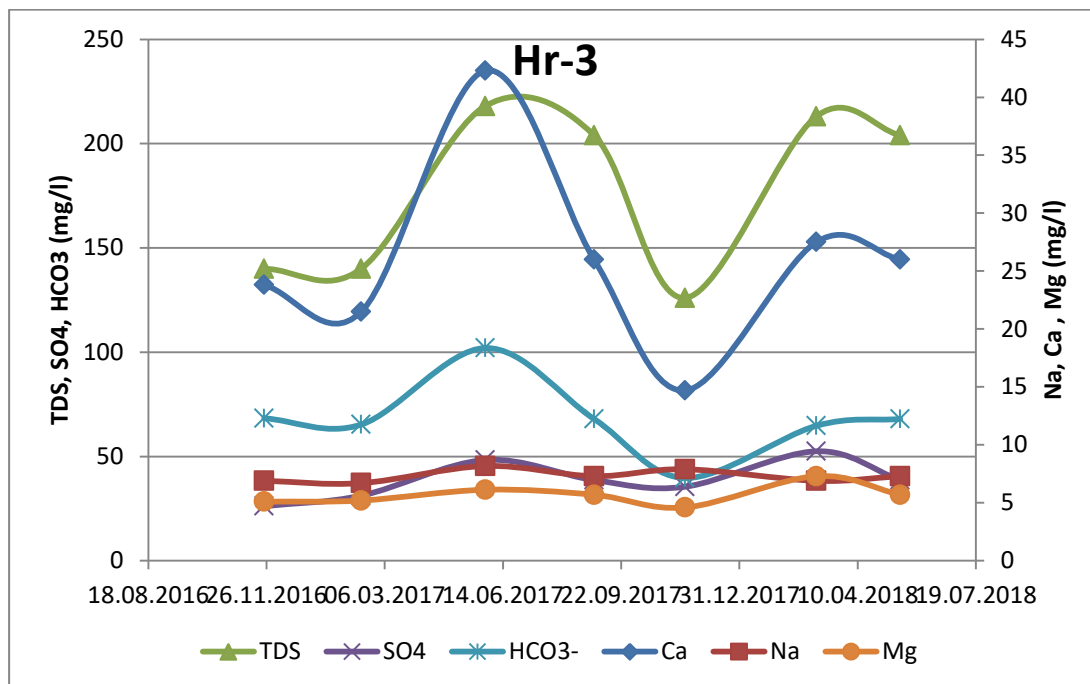
Vývoj chemického složení podzemních vod z vrtů a studní, tj. obsahy základních iontů (sírany, hydrogenuhličitan, sodík, vápník) a parametru TDS uvádíme na obrázcích č. 7-15.



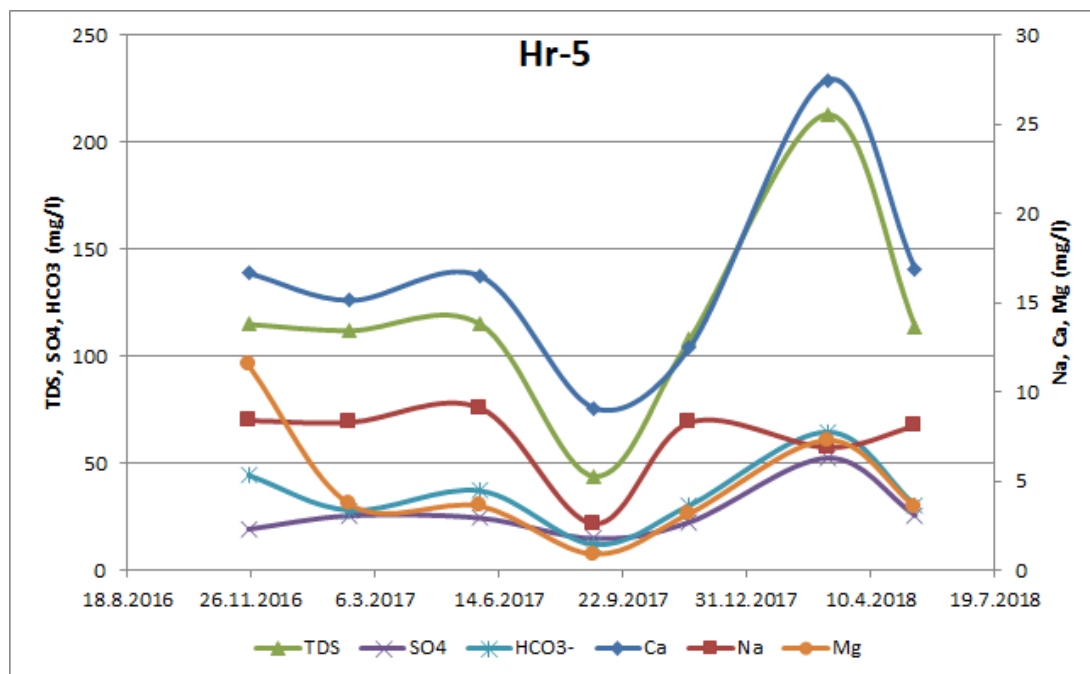
Obr. 7 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-1 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh hodnot je poměrně vyrovnaný, postupné snížení obsahu Na a Mg je zřejmě vyvoláno naředěním v letních měsících. Žádný z parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



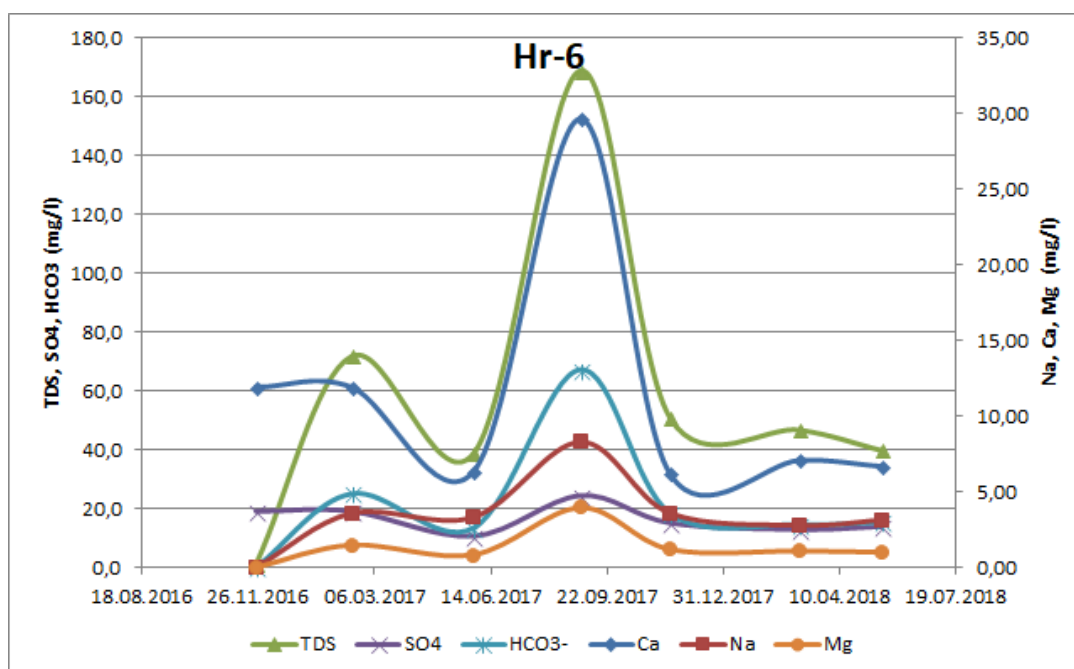
Obr. 8 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-2 – vybrané hlavní anionty a kationty. Celkem vyrovnaný průběh hodnot je narušen snížením a opětovným zvýšením TDS, HCO3 a Ca v období VII/2017-XI/2017. Může to být zaviněno průběhem srážek a naředěním v tomto období. Žádný z parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



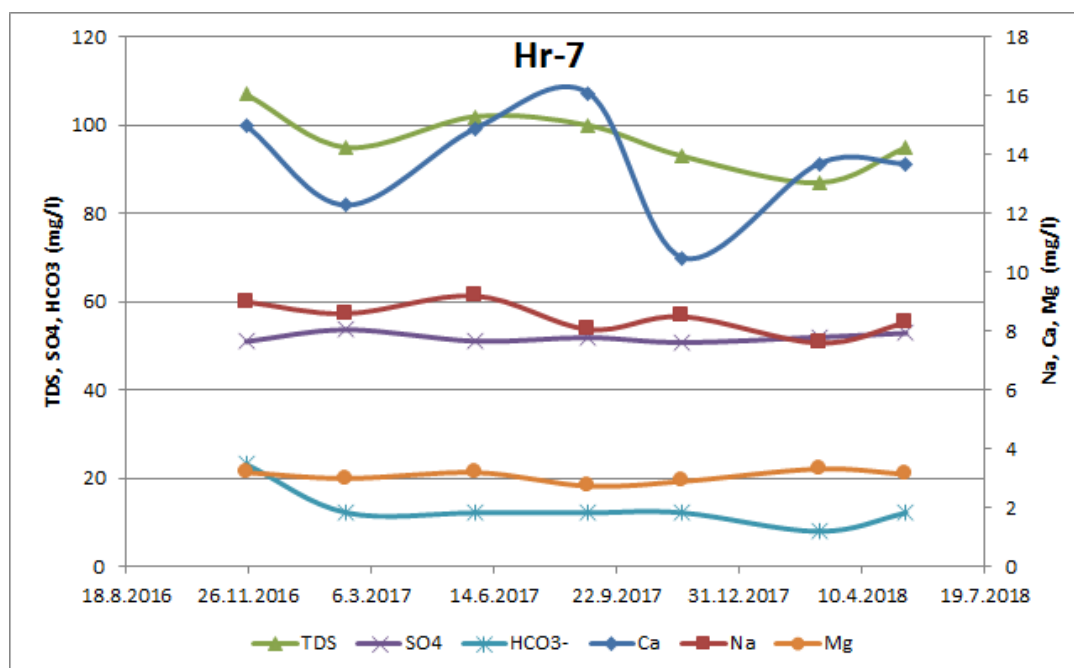
Obr. 9 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-3 – vybrané hlavní anionty a kationty. Bod Hr-3 je vrt hluboký 100 m, jde tedy o vodu z horninového prostředí, která je zřejmě ovlivněná sezónními přítoky. Ke zvýšení obsahů HCO_3^- , Ca a parametru TDS dochází pravidelně na jaře (vzorkování v květnu 2017, 2018). Naopak snížení těchto parametrů bylo zaznamenáno v zimních měsících. Hygienické limity byly zvýšeny při vzorkování v květnu 2017 u Ca a Fe. V období srpen 2017 a květen 2018 nebyl vrt vzorkován z důvodu dlouhodobé poruchy čerpadla. V grafu byly pro tyto termíny použity průměry z měřených měsíců.



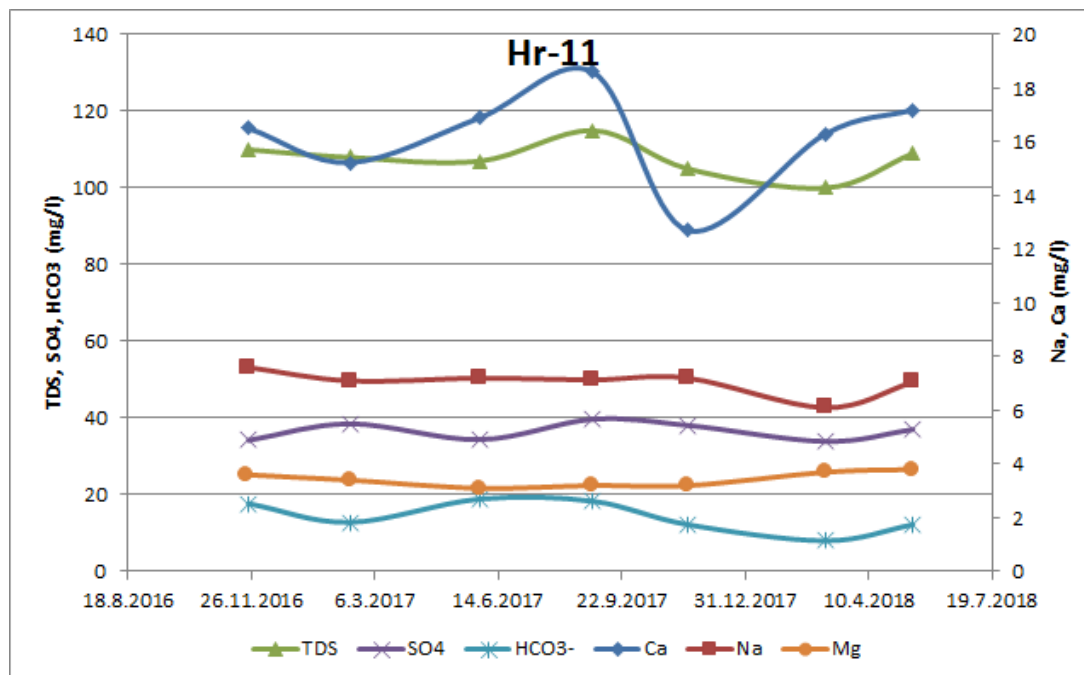
Obr. 10 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-5 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh sledovaných parametrů je poměrně vyrovnaný, se snížením většiny z nich v létě 2017 a zvýšení v následující zimě. Jde o sezónní změny projevující se zřejmě vyšší cirkulací v mělké zvodni, která je tímto zdrojem jímána. Žádný z parametrů nepřevyšil stanovené hygienické limity.



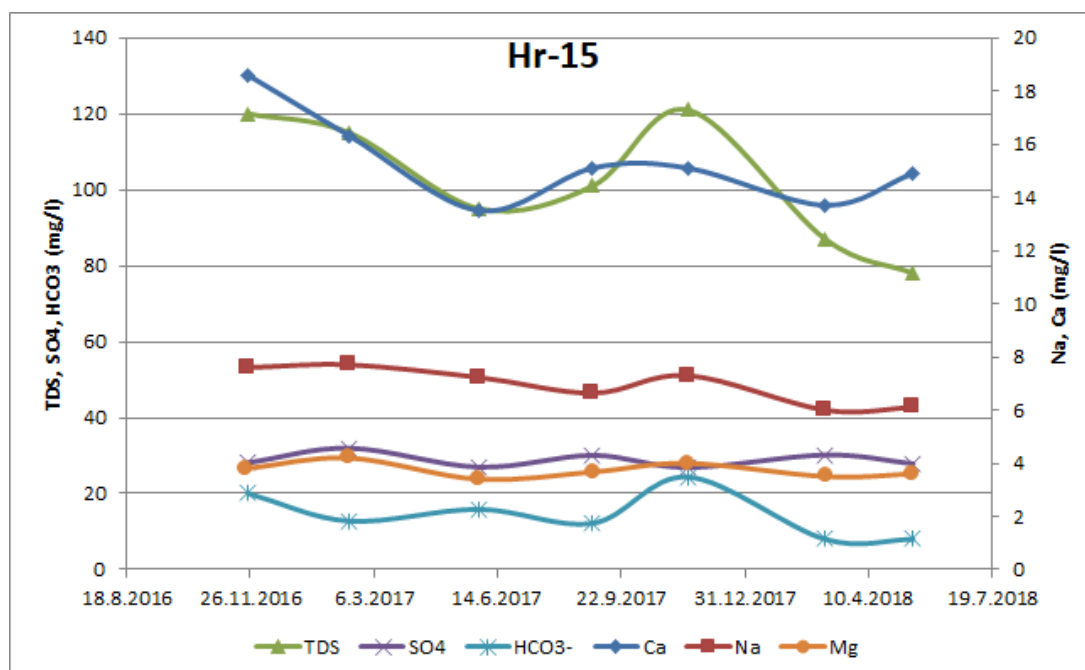
Obr. 11 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-6 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh hodnot je poměrně vyrovnaný, postupné snížení obsahu Na a Mg je zřejmě vyvoláno naředěním v letních měsících. Žádný z parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



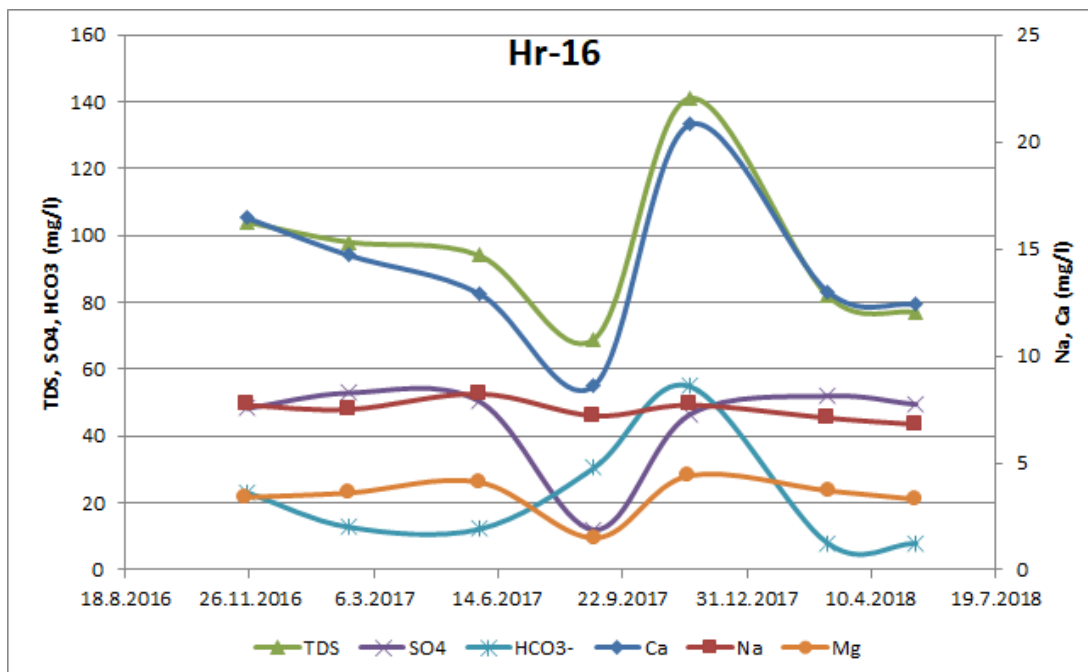
Obr. 12 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-7 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh hodnot je víceméně vyrovnaný, výkyvy se projevují jen u Ca, ale ani zde vzhledem k rozmezí 10 – 16 mg/l nejsou významné. Žádný z parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



Obr. 13 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-11 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh hodnot je víceméně vyrovnaný, výkyvy se projevují jen u Ca, ale ani zde vzhledem k rozmezí 12,7 – 18,6 mg/l nejsou významné. Žádný z parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



Obr. 14 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-15 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh hodnot je víceméně vyrovnaný. Výkyvy se projevují jen u Ca a TDS, které se vzájemně částečně kopírují. Zároveň dochází (ve vzorku z XI/2017 k mírnému zvýšení parametru HCO₃. Jde zřejmě o sezónní výkyvy dané poměry v mělké zvodni. Žádný z parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.

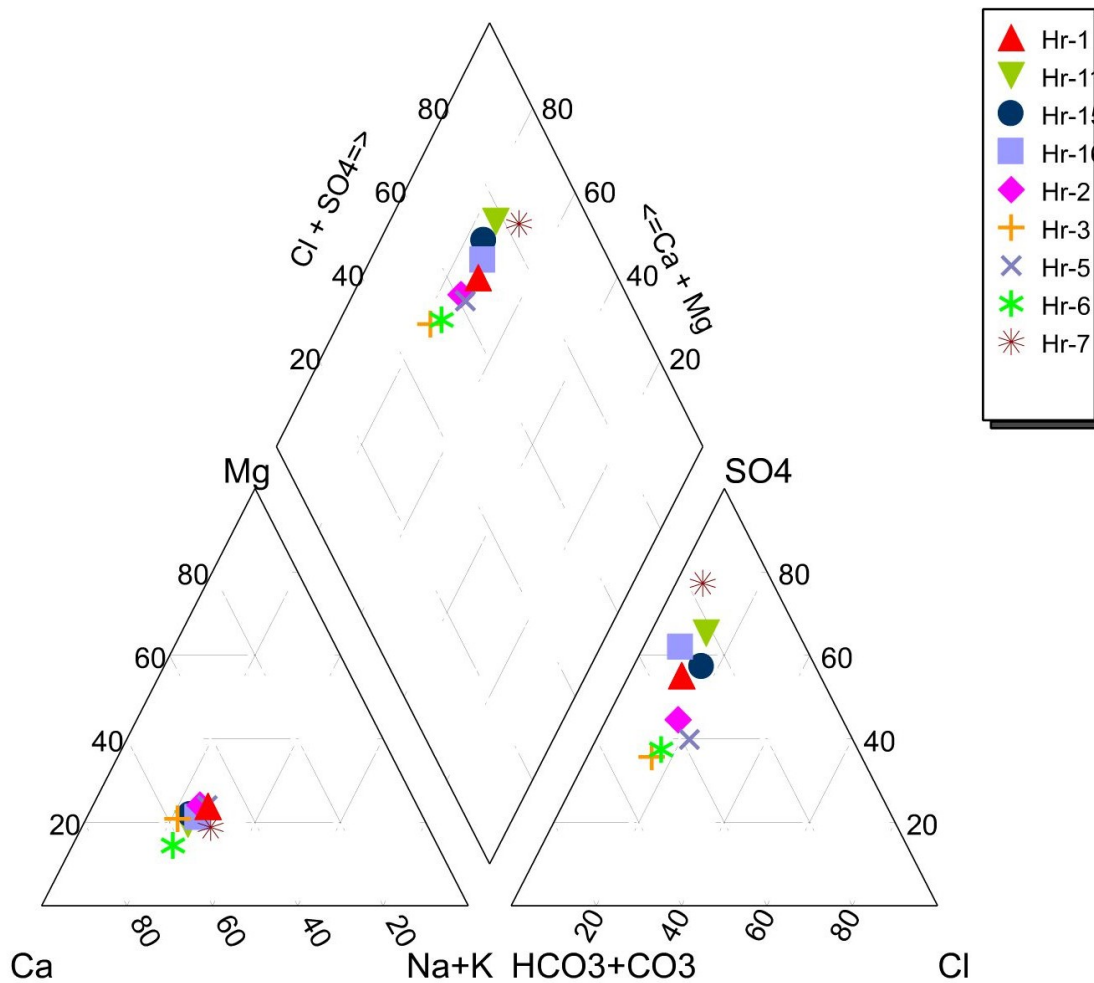


Obr. 15 Vývoj chemického složení podzemní vody v Hr-16 – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh hodnot je narušen výkyvy v letních a podzimních měsících 2017, kdy v VIII/2017 došlo k snížení obsahů Ca, SO₄ a Mg a parametru TDS. V následujícím období (XI/2017) došlo ke srovnání obsahů s hodnotami ve většině ostatních měsíců, doprovázené nárůstem Ca a TDS zároveň s HCO₃⁻. Jde zřejmě o sezónní výkyvy dané poměry v mělké zvodni (studna v lese), antropogenní příčiny je možné prakticky vyloučit. Žádný z parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.

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. č. 16

V diagramu je vidět poměrně malý rozptyl hodnot. Je zde dokumentováno, že nejrozšířenějším typem podzemních vod je Ca-HCO₃-SO₄ a Ca-SO₄-HCO₃. Změny jsou hlavně v poměru obsahů HCO₃⁻/SO₄²⁻. Jejich prostorové vztahy se však z malého počtu bodů nedají určit. Vyšší obsahy síranů, zvláště ve studnách (Hz-7, Hr-15, Hr-16) v západní části území, je možné vysvětlit geologickými podmínkami, kdy dochází k vyluhování pyritu, který je v této oblasti běžnou součástí metamorfovaných hornin a častých křemenných žil, které byly těženy jako stříbrná ruda v okolí Čertova hrádku.



Obr. 16 Chemické složení podzemních vod v jednotlivých odběrných místech

Tab. 11 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.
HR-1	Rohozná	Studna	Ca-SO ₄ -HCO ₃	6,11	99	128	0,49 (velmi měkká)			
HR-2	Rohozná	Studna	Ca-SO ₄ -HCO ₃	6,47	113	148	0,55 (velmi měkká)			
HR-3	Rohozná	Vrt	Ca-HCO ₃ -SO ₄	7,14	167	204	0,88 (měkká)	Mn, Fe	Mn	
HR-5	Milíčov	Studna, zářezy	Ca-SO ₄ -HCO ₃	6,14	118	149	0,55 (velmi měkká)			
HR-6	Nový Rychnov	Studna	Mg-HCO ₃ -Ca	5,49	67	85	0,34 (velmi měkká)	Fe		
HR-7	Nový Rychnov	Studna	SO ₄ -Ca-Na	5,6	95	135	0,47(velmi měkká)			
HR-11	Hojkov	Studna	Ca-SO ₄ -NO ₃	7,1	108	148	0,5 (velmi měkká)			
HR-15	Nový Rychnov	Studna	Ca-SO ₄ -NO ₃	6,9	102	145	0,54 (velmi měkká)	Mn	Mn	
HR-16	Rohozná	Studna	SO ₄ -Ca-HCO ₃	5,72	95	135	0,49 (velmi měkká)			

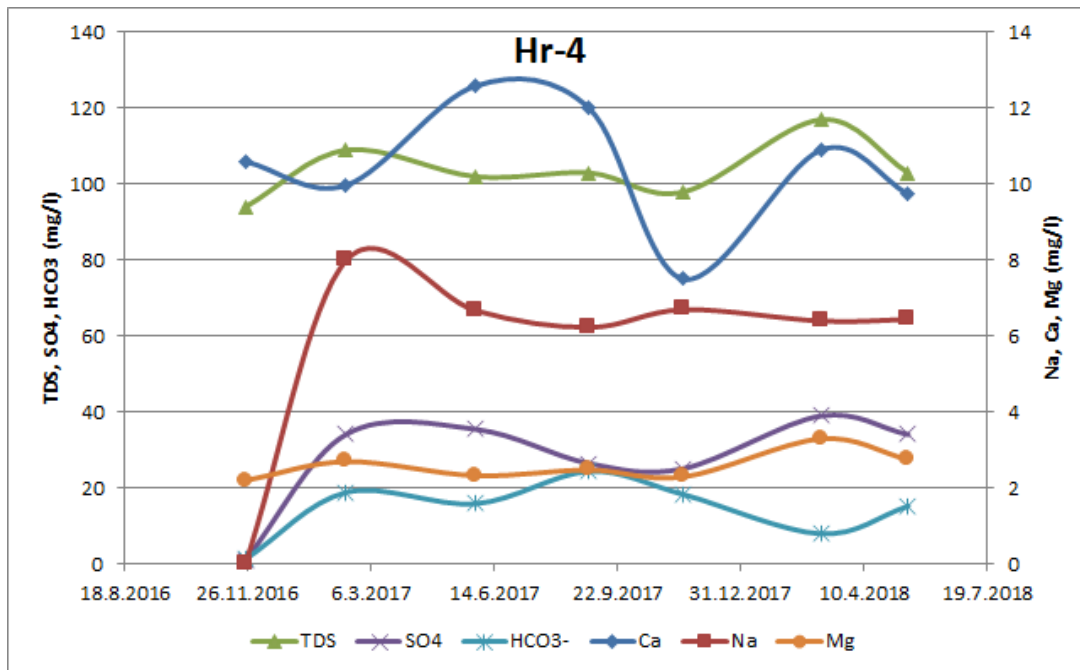
8.4.2 Povrchová voda

Výsledky chemických analýz jsou uvedeny v tabulce č. 3.3. Kvalita povrchové vody 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 č. 7.

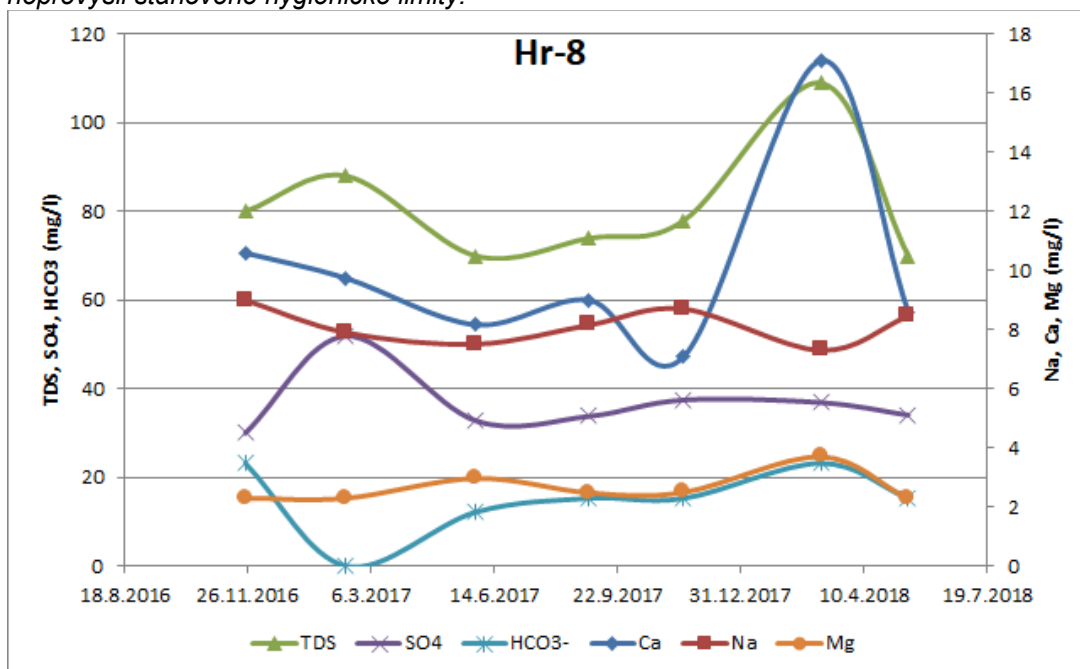
Tab. 12 Souhrn vlastností povrchových vod (průměr za rok 2016-2018)

Číslo objektu	Katastr	Typ objektu	Překročení
			NV č. 401/2013 Sb.
HR-4	Rohozná	Rybník	Amonné ionty
HR-8	Rohozná	Potok	pH
HR-9	Hutě	Rybník	
HR-10	Rohozná	Potok	
HR-12	Hojkov	Pramen	Amonné ionty
HR-13	Hojkov	Potok	
HR-14	Milíčov	Rybník	Dusičnany
HR-17	Hutě	Potok	pH
HR-18	Rohozná	Potok	
HR-19	Milíčov	Rybník	
HR-20	Dolní Cerekev	Potok	Mn

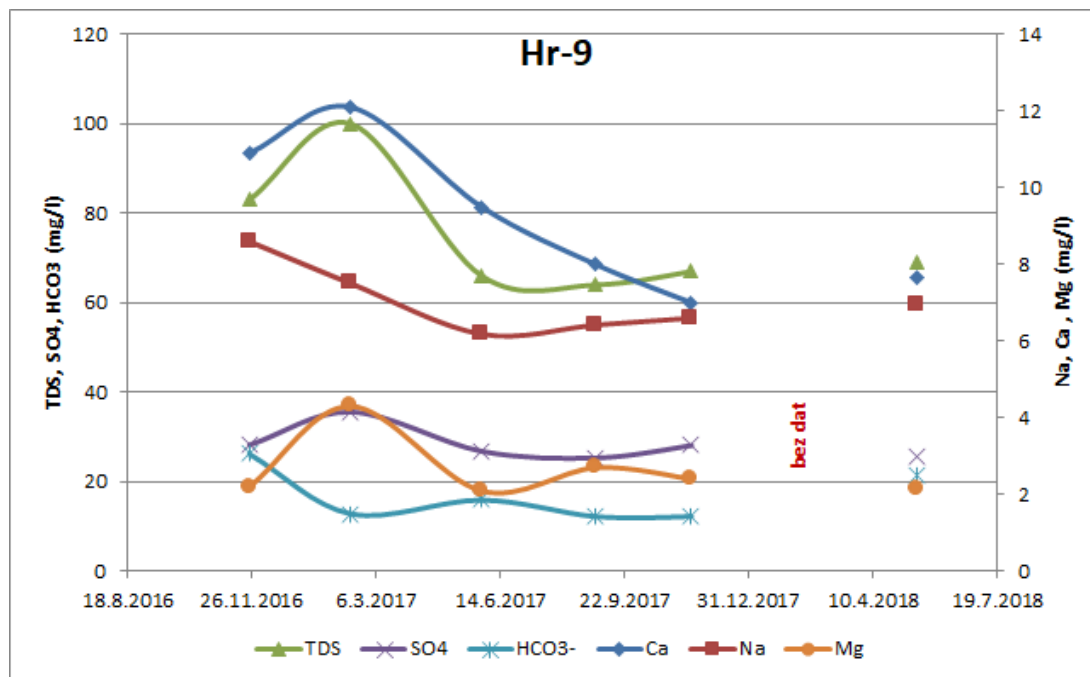
K překročení stanovených hodnot přípustného znečištění povrchových vod dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění dochází v případě amonných iontů v rybníku Hr-4 a pramenu Hr-12, dusičnanů v rybníku Hr-14 a manganu ve vodním toku HR-20. V potocích Hr-8 a Hr-17 bylo zjištěno nižší pH. Ve všech případech jde o 1 – 2 analýzy v průběhu vzorkování, není to tedy setrvalý stav.



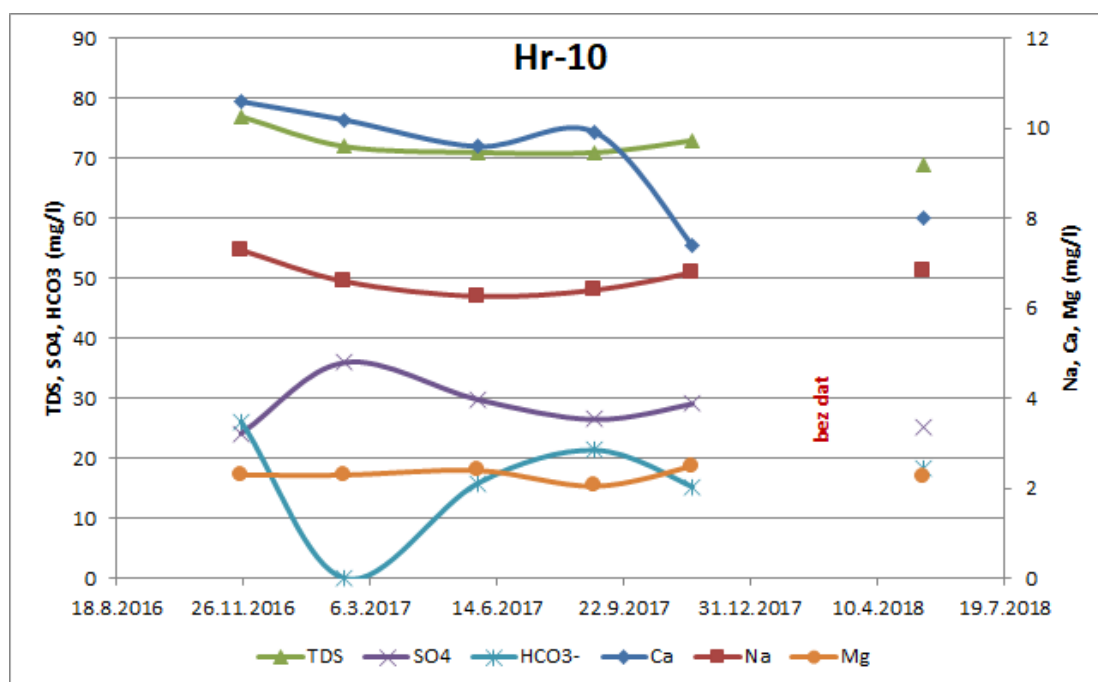
Obr. 17 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-4 (rybník) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je víceméně vyrovnaný. Extrémně nízké obsahy HCO₃, SO₄ a Na jsou pravděpodobně zaviněné analytickou chybou. Kolísání obsahu Ca může být přirozené, případně v důsledku vápnění polí. Rozsah 7,5 – 12,59 mg/l není významný. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



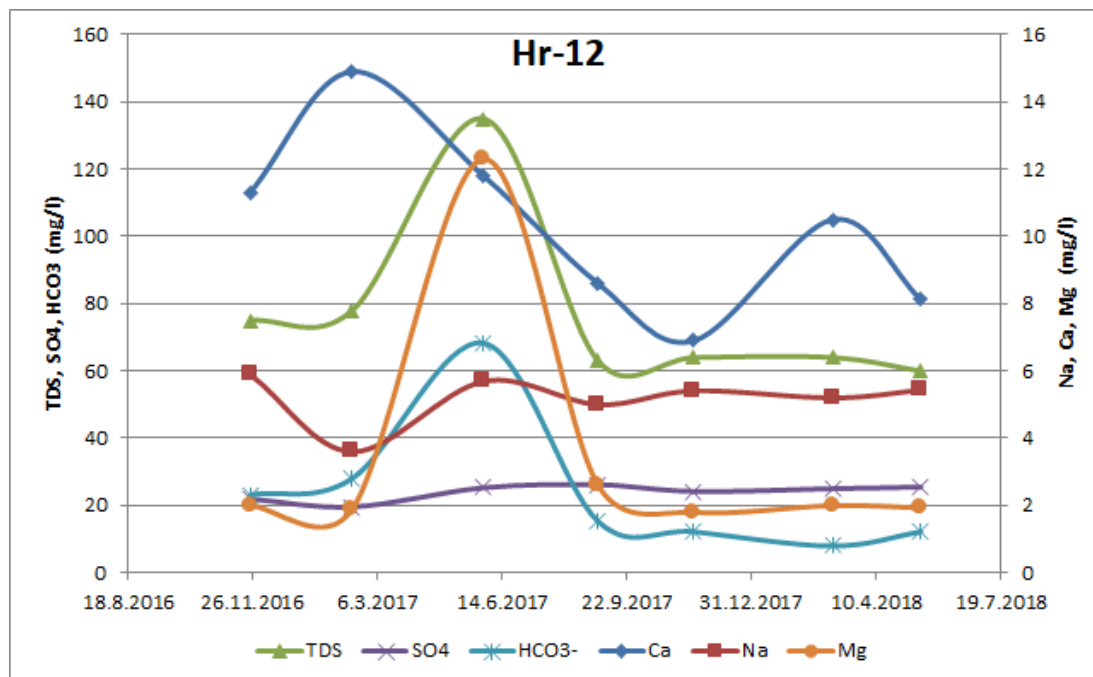
Obr. 18 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-8 (potok) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je víceméně vyrovnaný. Zvýšení obsahu Ca a hodnot TDS v zimním období 2018 je nejasný. Může jít o splach z polí v důsledku tání. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



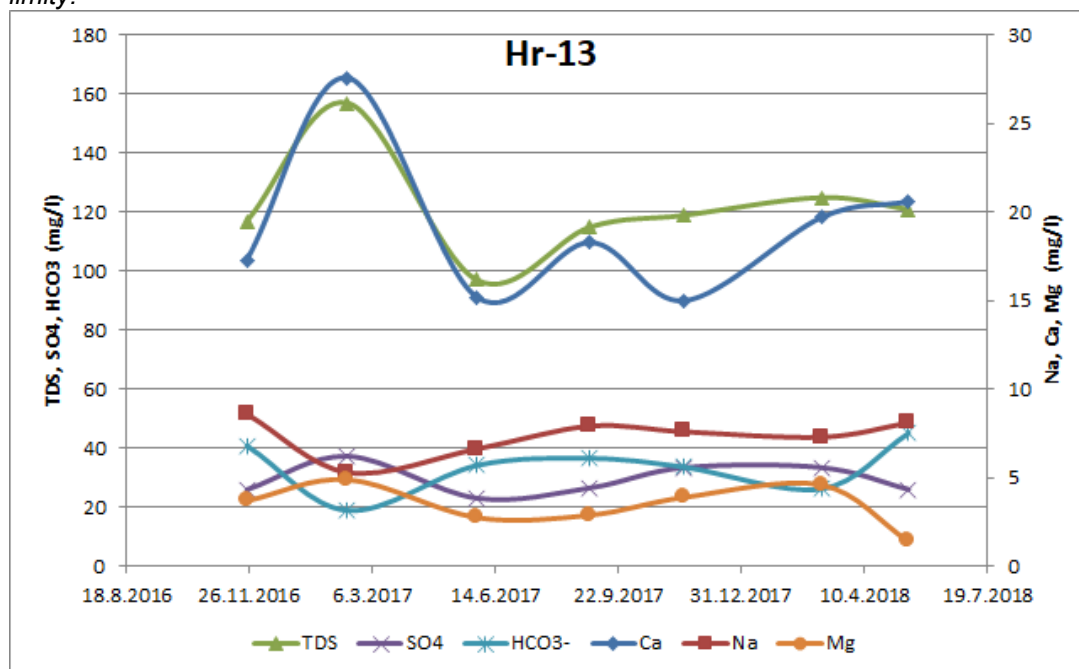
Obr. 19 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-9 (rybník) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je víceméně vyrovnaný. Zvýšení obsahu Ca, Mg a hodnot TDS v zimním období 2017 je nejasný. Může jít o splach z polí v důsledku tání. V zimě 2018 nemohlo proběhnout vzorkování z důvodu zamrznutí. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



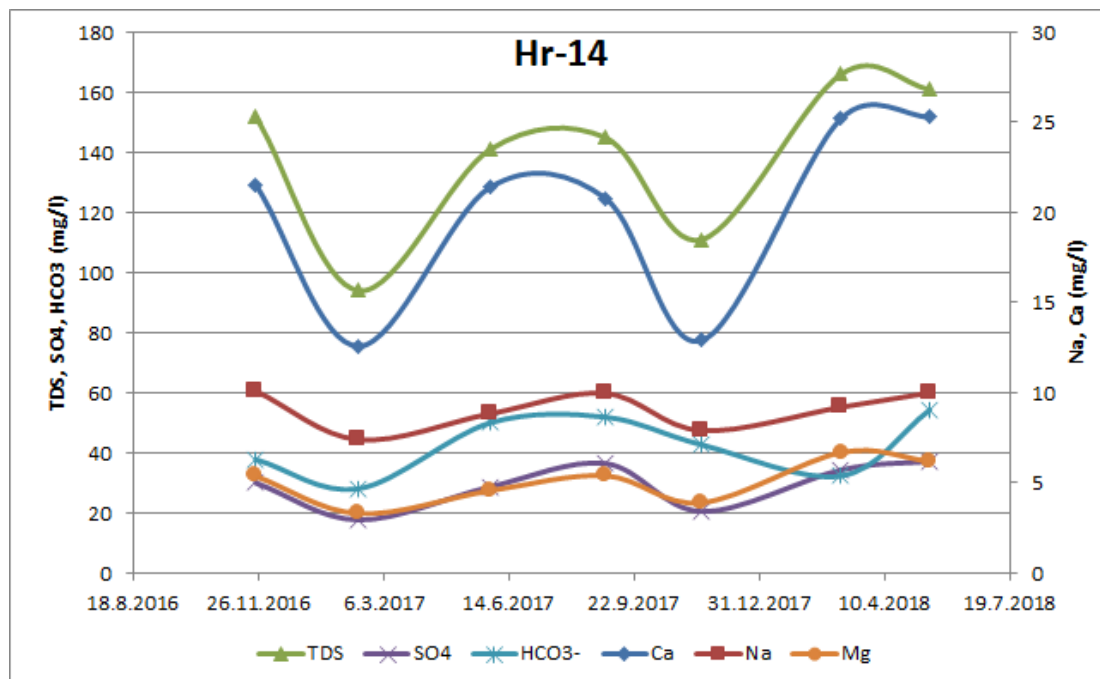
Obr. 20 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-10 (potok) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je velmi vyrovnaný, bez významných výkyvů. V zimě 2018 nemohlo proběhnout vzorkování z důvodu zamrznutí. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



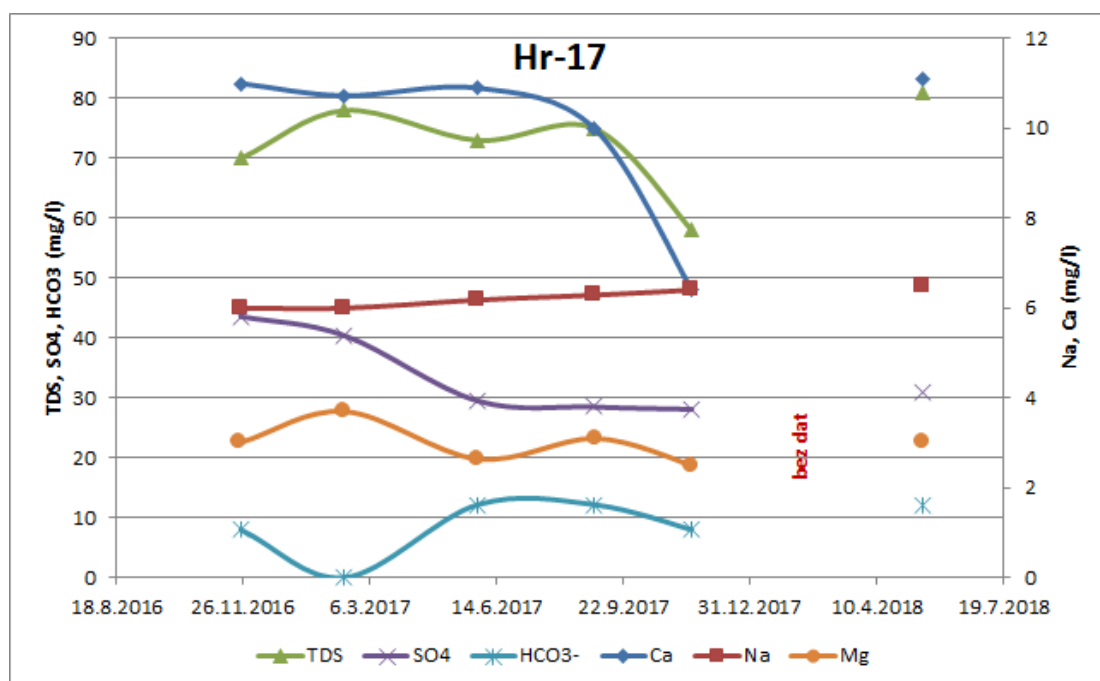
Obr. 21 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-12 (pramen) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je převážně vyrovnaný. Nápadné je zvýšení obsahů Ca v obou zimních sezónách. Může jít o splach z polí v důsledku tání. Důvod extrémního zvýšení obsahů HCO₃ a Mg spolu s parametrem TDS v jarním období 2017 je nejasný, ale vzhledem k tomu, že se jedná o prameniště v obdělávané oblasti a vodu svedenou na pastvinu jde pravděpodobně v antropogenní vliv v důsledku polních prací. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



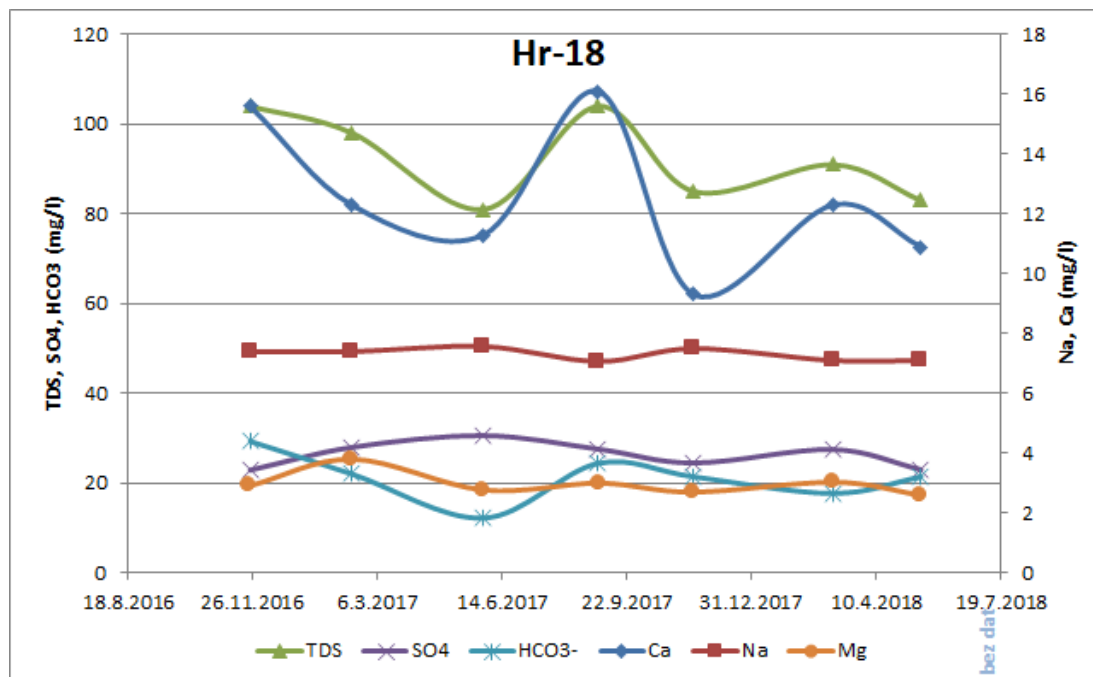
Obr. 22 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-13 (potok) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je velmi vyrovnaný, bez významných výkyvů. Rozkolísané jsou jen parametry Ca a TDS s výrazným zvýšením v zimě 2017. Může jít o splach z vápněných polí v důsledku tání. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



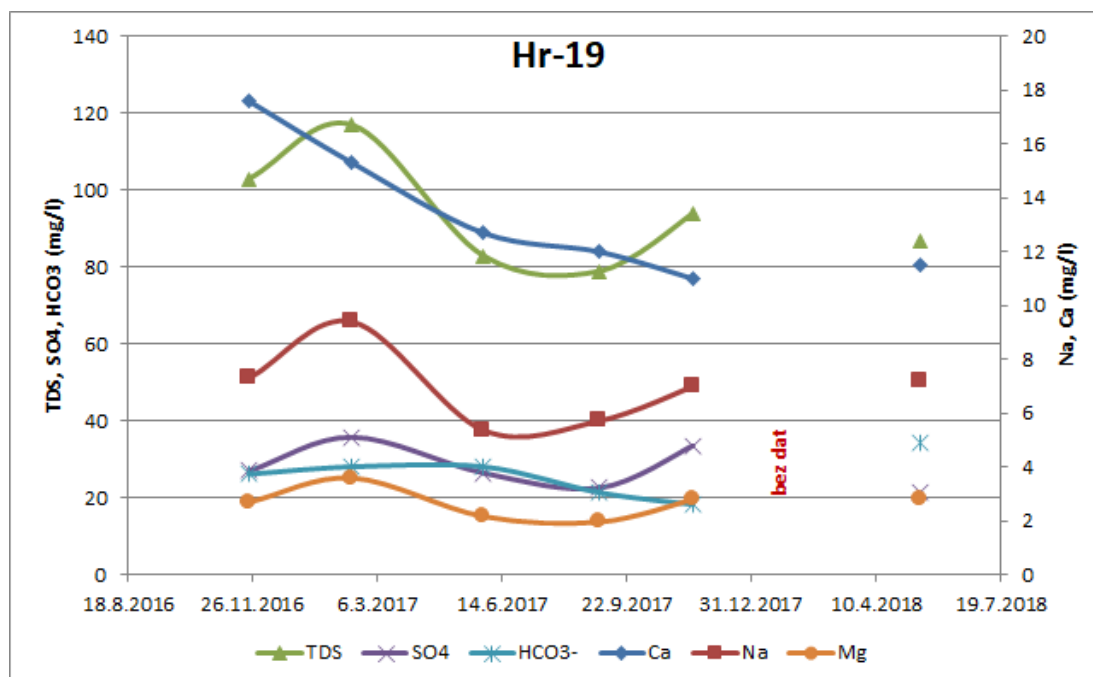
Obr. 23 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-14 (rybník) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je velmi vyrovnaný, bez významných výkyvů. Rozkolísané jsou jen parametry Ca a TDS se snížením v zimních měsících a zvýšením v létě 2017. Oba parametry se navzájem kopírují. Jde zřejmě o důsledek vápnění polí v okolí. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



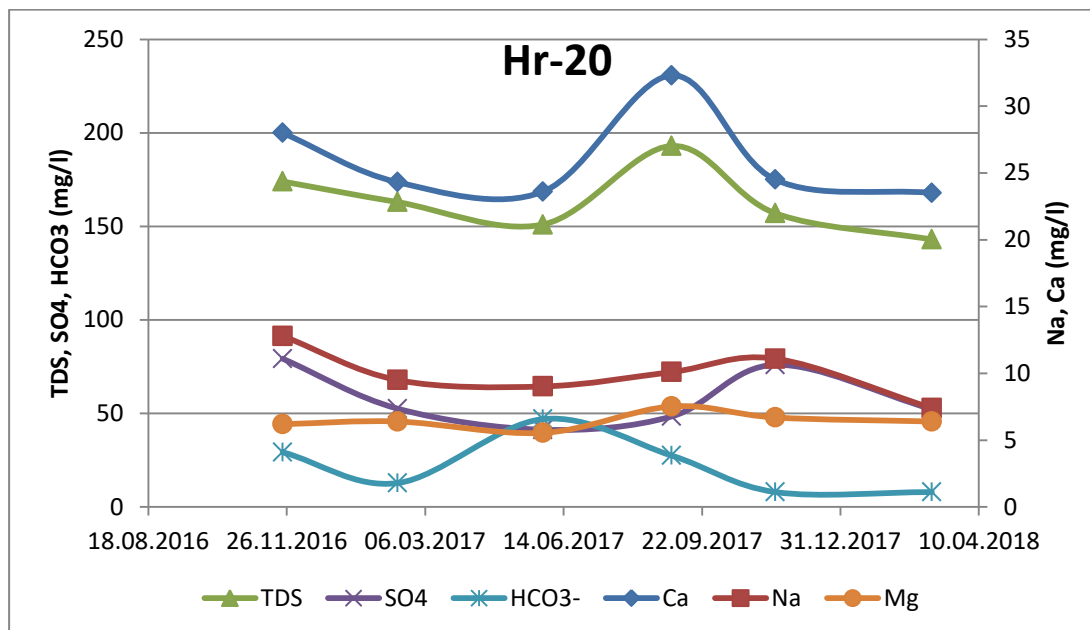
Obr. 24 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-17 (potok) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je velmi vyrovnaný, bez významných výkyvů. Více rozkolísané jsou jen parametry Ca a TDS. V zimě 2018 nemohlo proběhnout vzorkování z důvodu zamrznutí. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



Obr. 25 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-18 (potok) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je velmi vyrovnaný, bez významných výkyvů. Rozkolísané jsou jen parametry Ca a TDS se snížením v zimních měsících a zvýšením v létě 2017. Oba parametry se navzájem kopírují. Jde zřejmě o důsledek vápnění polí v okolí. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



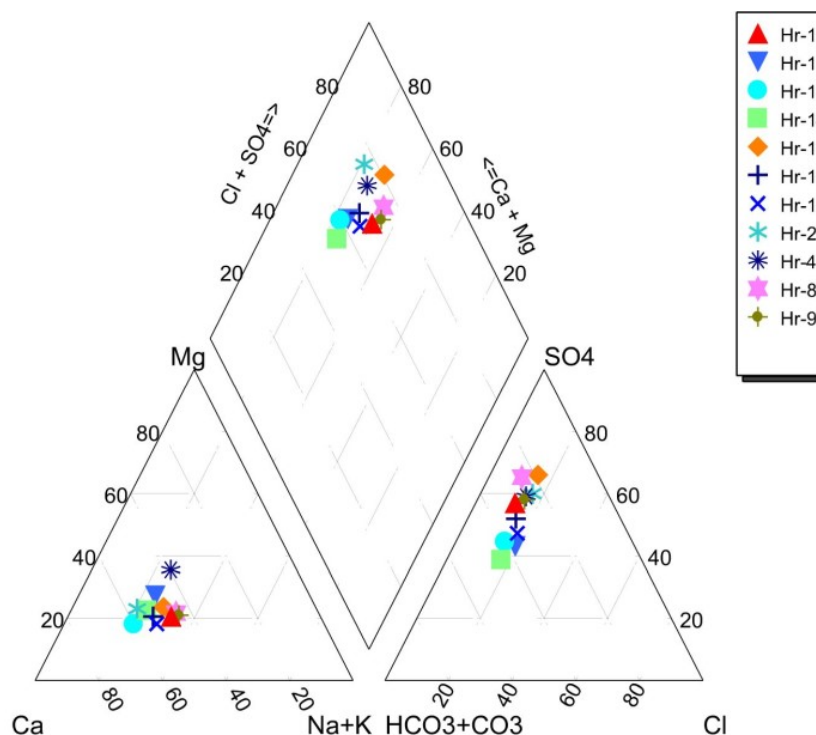
Obr. 26 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-19 (rybník) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny sleduje sinusoidu se zvýšením v zimě 2017 a snížením v létě 2017. Důvod tohoto kolísání je obtížné určit. V zimě 2018 nemohlo proběhnout vzorkování z důvodu zamrznutí. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.



Obr. 27 Vývoj chemického složení povrchové vody v Hr-20 (potok) – vybrané hlavní anionty a kationty. Průběh většiny hodnot je relativně vyrovnaný. Vzájemně se kopírující křivky Ca a TDS se zvýšením v létě 2017 mají zřejmě původ v ošetřování okolních polí vápněním. Antropogenní původ může mít i kolísání HCO₃ a SO₄. Žádný ze zobrazených parametrů nepřevýšil stanovené hygienické limity.

Průběh sledovaných hlavních parametrů prezentovaných grafy je u povrchových vod velmi podobný, jako u podzemních. Také zde je průběh většiny parametrů až na výjimky více méně vyrovnaný. Opět s výjimkou Ca a TDS. Zde je celkem vyrovnaný poměr objektů, kde ke zvýšení dochází v zimním a letním období. Závislost na lokalitě či klimatickým poměrům se nepodařilo zjistit. Jde však zřejmě opět o důsledek ošetřování polí. Také občasné kolísání dalších parametrů má zřejmě antropogenní původ, avšak nikde (kromě jednoho případu u Hr-12) není ono kolísání extrémně výrazné a nepřekračuje ukazatele dané Nařízením vlády č. 401/2015 Sb.

Názorně je chemické složení povrchových vod uvedeno v Piperově diagramu – obr. č. 28. Výsledky jsou podobné jako u vod podzemních (obr. 16). I zde převažuje typ Ca-SO₄-HCO₃ s různým poměrem SO₄ (většinou dominantní) a HCO₃. V kationtech je dominující Ca, doplněný různě významným obsahem Mg a Na. Nápadná je podobnost grafu povrchových vod s grafem vod pozemních (Obr. 16). Lze to vysvětlit tím, že vzorkované toky leží převážně blízko pramenných oblastí, kde je jejich původ ve sejném horninovém prostředí, jako u vod ze svrchní zvodně jímané kopanými studnami. Rozdíly mezi rybníky a potoky jsou nepodstatné a z malého počtu vzorkovaných objektů nelze dělat žádné závěry o rozdílech v jejich chemismu.



Obr. 28 Piperův diagram chemického 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 Hrádek 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 Hrádek“ – 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. Ze zpracování klimatických dat vyplývá, že období bylo celkově srážkově normální a teplotně mírně nadnormální. Střídaly se suché a vlhké měsíce. Největší množství srážek napadlo v měsících duben, červenec a říjen 2017, extrémně suché byly měsíce květen 2017 a únor, duben 2018. Bylo zjištěno, že hladina vody ve většině studní je poměrně stabilní jen s minimálními sezónními výkyvy. Malé snížení v letním období lze 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 2017. Nejnižší průtoky u většiny toků byly zaznamenány

v létě téhož roku. 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 z hlediska případné kontaminace v souladu s příslušnými vyhláškami pro kvalitu podzemních a povrchových vod.

Podzemní vody v PÚ ZZZK Hrádek jsou vesměs $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$ (3 objekty), $\text{Ca-SO}_4\text{-NO}_3$ (2 objekty) dále $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$, Ca-Mg-HCO_3 , Ca-Na-SO_4 a $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$ (po 1 objektu) chemického typu. Graficky byly vyhodnoceny hlavní chemické parametry. Na základě grafů lze konstatovat, že jejich průběh během sledovaného období je víceméně rovnoměrný s menšími odchylkami. Výjimkou jsou parametry Ca a TDS, které vykazují větší oscilaci závislou na sezóně. Ke zvýšení obou parametrů dochází většinou v létě. Jde zřejmě o reakci na úpravu okolí polí vápněním.

Podzemní vody jsou neutrální až mírně kyselé reakce. Tvrdost vody byla velmi měkká až měkká. Teplota u většiny objektů mírně kolísá v závislosti na ročním období. Z hlediska kvality bylo u některých objektů zjištěno překročení příslušných ukazatelů pro podzemní vody v obsahu Fe a Mn.

Povrchové vody jsou obdobného chemismu jako podzemní, převažuje $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$ typ. Také u povrchových vod byl zjištěn až na výjimky poměrně vyrovnaný průběh hlavních sledovaných parametrů a i zde byl rozkolísaný průběh Ca a TDS během roku.

Povrchové vody byly reprezentovány rybníky (5 objektů) a potoky (6 objektů). Teplota vody byla závislá na ročním období. Reakce byla většinou mírně kyselé až neutrální, výjimečně a v některých obdobích až kyselé. Povrchové vody překračují hodnoty znečištění dle příslušné vyhlášky nepravidelně zejména obsahem amonných iontů (2 objekty), dusičnanů a Mn (po jednom objektu).

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

Veškeré projektované práce, uvedené v Monitorovacím plánu, 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 fch parametrů v minimálně měsíčním intervalu.
- Hladiny vybraných objektů s odběrem pitné vody doporučujeme sledovat kontinuálně. Třebaže byly zjištěny minimální pohyby hladin, není vyloučené, že v blízké budoucnosti vzhledem ke klimatickým extrémům může k větším změnám dojít. Jde hlavně o objekty využívané jako zdroje pitné vody pro obecní účely (Hr-1, Hr-2, Hr-15, Hr-16)
- Stejně tak doporučujeme vhodné sledovat kontinuálně, případně pravidelně s vyšší frekvencí, průtoky vybraných toků. Kontinuální průtokoměr je vhodné instalovat na potocích s velkými změnami průtoku během roku, konkrétně lokality Hr-10 a Hr-13.
- Pro měření průběhu meteorologických parametrů doporučujeme v 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.

10 Seznam literatury

- BENEŠ, K. ET AL. (1962): Geologická mapa ČSSR 1:200 000 M-33-XXII- Jihlava. Ústř. Úst. Geol. Praha. Beránek a kol 1970, Beránek B., Červený V., Dudek A., Holub K. a Suk M. (1970): Zpráva o dokončení první etapy výzkumu zemské kůry seismickými metodami v rámci státního úkolu č. T-0-20-14, hlubinné seismické sondování. Geofyzika Brno.
- BORODIN, D. V. et al. (1973): Prognózní ocenění ČSSR na uran I. etapa. Česká větev moldanubika. ČSÚP Příbram.
- BREITER, K. et al.(1998): Latest intrusions of the Eisgarn Pluton (south Bohemia – Northern Waldviertel). – Jb. Geol. Bundesanst., 141, 1, 25–37. Wien.
- BREITER, K. et al. (1998). Radioactivity patterns – constraints for the magmatic evolution of the two-mica granites in the Central Moldanubian Pluton. – Věst. Čes. Geol. Úst., 73, 301–311. Praha.
- BREITER, K. – KOLLER, F. (1999): Geochemie peraluminických granitů centrálního moldanubického plutonu. – Zpr. geol. Výzk. v roce 1998, 86–88. Praha.
- ČERNÝ, M. V. (2016): Monitorovací plán pro lokalitu Hrádek, GEOMIN s.r.o.
- ČUTA, J., et al. (1971): Geofyzikální výzkum hlubinné stavby Českého masivu, část I. Profilová kvantitativní interpretace tíhového pole, odkrytá tíhová mapa severní části Českého masivu. Geofyzika Brno.
- DEMEK, J. (1985): Geomorfologie jižních Čech. In: Chábera, S., Demek, J., Hlaváč, V., Kříž, H.,
- DĚDÁČEK, K., et al. (1990): Letecký geofyzikální výzkum a geologická interpretace jihozápadní Moravy. Geofyzika Brno.
- DĚDÁČEK, K., et al. (1995): Letecký geofyzikální průzkum lokality Skalka (jižně od Bystřice n. P.) a Dolní Cerekev – Nový Dvůr. Geofyzika Brno.
- DUDEK, A. (1958): Přehled geologických a petrografických výzkumů Českomoravské vrchoviny a dolnorakouské Lesní čtvrti. Nakladatelství Československé akademie věd Praha.
- FÜRYCH, V., FÜRYCHOVÁ, R. (1997): Závěrečná zpráva - Nový Rychnov – kontaminace chlorovanými uhlovodíky. GEOMIN Jihlava.
- FÜRYCHOVÁ, R. (1994): Závěrečná zpráva - Rohozná – monitorovací systém. GMS a.s. Praha.
- GERDES, A. et al. (2003): Post-collisional granite generation and HT-LP metamorphism by radiogenic heating: the Variscan South Bohemian Batholith. – J. Geol. Soc. London 157, 577–587.
- HÁJEK, J. a TŮMA, W. (1978): Zhodnocení hydrogeologického průzkumu na lokalitě Čeřínek, okres Jihlava. Vodní zdroje Chrudim.
- KLOMÍNSKÝ, et al. (2010): Atlas of plutonic rocks and orthogneisses in the Bohemian Massif, ČGS Praha.
- KRIŠTIÁK, J. LITOCHEB J. (1985): Závěrečná zpráva o geologickém mapování a vyhledávacím průzkumu na úseku Pelhřimov - Humpolec. Uranový průzkum Liberec.
- MATĚJKA, D. (1991): Poznámky k chemismu granitů melechovského masivu. – Zpr. geol. výzk. v roce 1990, 116, ÚÚG Praha.

- MICHLÍČEK E. ET AL. (1986): Hydrogeologické rajóny ČSR. Svazek 2. Povodí Moravy a Odry. – Geotest, Brno.
- MÍSAŘ, Z., DUDEK, A., HAVLENA, V., WEISS, J. (1983): Regionální geologie ČSSR I. Český masiv. SPN. Praha.
- MYSLIL A KOL. (1986): Základní hydrogeologická mapa ČSSR. 1:200 000, list 23 Jihlava. Ústř. Úst. Geol. Praha.
- NOVOTNÁ, V., TŮMA, W. (1995): Rohozná okr. Jihlava – zpráva o provedení hydrogeologických prací. GEO-ING Jihlava spol. s r.o. a Hydrogeologie Chrudim s.r.o. Chrudim.
- PÍCHA, B. (1964): Zpráva o geofyzikálním průzkumu štěpné žuly, lokalita Boršov, okres Jihlava.
- QUITT, E. ET AL. (1971): Klimatické oblasti Československa. Academia, Studia Geographica 16, GÚ ČSAV Brno.
- RENÉ, M. (2000): Two mica granites of the southwestern part of the Bohemian batholith. – Mitt. Östterr. mineral. Gesell., 145, 21–28. Wien.
- SKLENIČKA, J. (1990): Zpráva o geofyzikálním měření na akci Dušejov – hydrogeologie. Geofyzika Brno.
- SKOŘEPA, et al. (2005): Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Správa o řešení a výsledcích projektu, svazek A: Souhrnná správa + mapové přílohy. Geobariéra.
- SMEJKAL, F. (1972): Závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém průzkumu Nový Rychnov. Geoindustria Jihlava.
- SEJKAL, F. (1977): Závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém průzkumu Dolní Cerekev, silnice I/39. Geoindustria Jihlava.
- SUESS, F. E. (1926): Intrusionstektonik und Wandertektonik im Variszischen Grundgebirge. Verlag Bornträger, Berlin.
- TŮMA, W. (1975): Zpráva o provedení hydrogeologických prací na lokalitě Nový Rychnov. Vodní zdroje Chrudim.
- TŮMA, W. (1990): Dolní Cerekev, okres Jihlava – hydrogeologický průzkum. Neptun Chrudim.
- VERNER, K., et al. (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. (1991): Geologická mapa ČSR 23-23 Jihlava. Ústř. Úst. Geol. Praha.
- VESELÁ M. et al. (1997): Geologická mapa ČSR 23-41 Třešť. Ústř. Úst. Geol. Praha.
- WOLLER, F. et al. (1998): Kritická rešerše archivovaných geologických informací. Číslo úkolu: 59 94 0001. Oblast č. 8 - Třebíčský masiv. - ÚJV Řež.
- ZAVŘELOVÁ, A. et al. (2009): Magnetické stavby a mechanismy umístění granitoidů pně Čeříнку (Moldanubický plutonický komplex). Geol. Výzk. Mor. Slez, Brno 2009.
- ŽÁK, et al. (2011): The generation of voluminous S-type granites in the Moldanubian unit, Bohemian Massif, by rapid isothermal exhumation of the metapelitic middle crust. Lithos 121



Mapové přílohy

Příloha 1

Vymezení PÚ ZZZK Hrádek

Příloha 2

Geologická mapa PÚ ZZZK Hrádek



Příloha 3

Hydrogeologická mapa PÚ ZZZK Hrádek

Příloha 4

Mapa vrtné prozkoumanosti dle ČGS – Geofond Praha

Příloha 5

Vodohospodářská mapa PÚ ZZZK Hrádek

Příloha 6

Hydrologická mapa PÚ ZZZK Hrádek

Příloha 7

Mapa vybraných monitorovacích objektů

Textové přílohy

Příloha 1

Tabulky řešerší

Příloha 2

Pasportní listy

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