

# ***Využití energetického potenciálu rudných dolů a jejich infrastruktury pod městem Příbram***

## ***Hydrogeologický posudek***


***Objednatel:***

*Město Příbram  
Tyršova 108  
261 00 Příbram I.*

***Zhotovitel:***

*WATRAD, spol. s r.o.  
S.K. Neumanna 1316  
532 00 Pardubice*

Název	Využití energetického potenciálu rudných dolů a jejich infrastruktury pod městem Příbram Hydrogeologický posudek
Objednavatel	Město Příbram, Tyršova 108, 261 00 Příbram I.
Č.:	V13/2024
Název souboru	V13_24_WTR_Pribram_EP_HG_posudek_final.docx
Číslo zprávy	
Stav zpracování	Draft
Zhotovitel	WATRAD, spol. s r.o.      Tel.: 220 878 920 S.K. Neumanna 1316      Mobil: 723 107 821 532 00 Pardubice Korespondenční adresa: Osadní 799/26 170 00 Praha 7

	Jméno	Podpis	Datum
Zpracoval	Mgr. Michal Vaněček Mgr. Jarmila Skálová Mgr. Jana Michálková Mgr. Hana Semíková Petr Kadlec (Spolek Prokop) Ing. Jiří Bětík (Spolek Prokop)		20.9.2024

Schválil	Mgr. Jana Michálková		20.9.2024
----------	----------------------	--	-----------



**Rozdělovník:**

Výtisk č.	Držitel	Formát
1	Město Příbram	Digitální verze
2	WATRAD, spol. s r.o.	Dokument + digitální verze (firemní archiv)

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>3</b>
<b>ZKRATKY</b> .....	<b>6</b>
<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2. VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ</b> .....	<b>10</b>
<b>3. GEOMORFOLOGIE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ</b> .....	<b>12</b>
<b>4. HYDROGRAFIE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ</b> .....	<b>16</b>
<b>5. GEOLOGICKÉ POMĚRY</b> .....	<b>18</b>
<b>6. DŮLNÍ DÍLA BŘEZOHORSKÉHO LOŽISKA</b> .....	<b>22</b>
6.1 LOŽISKO BOHUTÍN .....	25
6.1.1 25. únor .....	25
6.1.2 Důl Štěpán .....	26
6.1.3 Důl Řimbaba .....	26
6.1.4 Slepá jáma Řimbaba .....	27
6.1.5 Slepá jáma Eduard .....	27
6.1.6 Jáma František .....	27
6.2 LOŽISKO BŘEZOVÉ HORY .....	27
6.2.1 Areál dolu Anna .....	28
6.2.1.1 Důl Anna .....	28
6.2.2 Důl Prokop .....	28
6.2.3 Důl Vojtěch .....	29
6.2.4 Důl Marie .....	29
6.2.5 Ševčinský důl .....	29
6.2.6 Důl Lill .....	29
6.2.7 Důl Jarošovka .....	30
6.2.8 Ferdinandka .....	30
6.2.9 Důl Drkolnov .....	30
6.2.10 Důl Wolfgang .....	30
<b>7. TECHNOLOGIE TĚŽBY</b> .....	<b>31</b>
7.1 PODMÍNKY DOBÝVACÍHO PROSTORU .....	31
7.2 VÝSTUPKOVÉ DOBÝVÁNÍ S VLASTNÍ ZÁKLADKOU .....	31
7.3 DOBÝVÁNÍ NA SKLÁDKU .....	32
7.4 SKLÁDKA ŠKRABÁKOVÁ .....	33
7.5 ZHODNOCENÍ .....	33
<b>8. HYDROLOGICKÉ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ</b> .....	<b>35</b>
8.1 HYDROLOGICKÉ POVODÍ .....	35
8.2 SRÁŽKY .....	35
8.3 VODNÍ REŽIM A ODVODŇOVÁNÍ DOLŮ PŘED LIKVIDACÍ .....	36
8.3.1 Dědičná štola .....	36
8.3.2 Květenská štola .....	37
8.3.3 Chemismus důlních vod .....	37
8.3.4 Vodní hospodářství dolů .....	40
<b>9. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY</b> .....	<b>42</b>
9.1 ZVODEŇ LOŽISKOVÝCH VOD .....	43
9.2 ZVODEŇ PŘÍPOVRCHOVÝCH KOLEKTORŮ .....	45

<b>10. PROZKOUMANOST ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>47</b>
10.1 VRTNÁ PROZKOUMANOST .....	47
10.2 HYDROGEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST .....	48
10.2.1 Zvodeň přípovrchových kolektorů .....	48
10.2.2 Jímání podzemních vod pro zásobování obyvatel .....	48
10.2.3 Hydrogeologický průzkum zatápění .....	50
<b>11. HYDROGEOLOGICKÉ POSOUZENÍ POTENCIÁLU DŮLNÍCH VOD .....</b>	<b>51</b>
11.1 NAKLÁDÁNÍ S DŮLNÍMI VODAMI .....	51
11.1.1 Květenská štola .....	51
11.1.2 Štola Karla Boromejského .....	52
11.1.3 Dědičná štola .....	52
11.1.4 Přítoky a čerpaní na ložisku Březové Hory .....	52
11.1.5 Přítoky a čerpaní vod na ložisku Bohutín .....	55
11.1.6 Historie vodní bilance Dědičné štoly .....	57
11.1.7 Vodní bilance Dědičné štoly v současnosti .....	57
11.2 CHEMIZMUS DŮLNÍCH VOD .....	59
11.3 ZATÁPĚNÍ DŮLNÍCH DĚL PO UKONČENÍ ČERPÁNÍ DŮLNÍCH VOD .....	62
11.3.1 Zatápění ložiska Bohutín .....	63
11.3.2 Zatápění ložiska Březové Hory .....	63
11.4 VÝZKUM VYUŽITÍ TEPELNÉHO POTENCIÁLU DŮLNÍCH VOD V BŘEZOHORSKÉM RUDNÍM REVÍRU .....	64
11.4.1 Výzkumný projekt ÚÚG .....	64
11.4.2 Technické údaje o projektu .....	64
11.4.3 Výsledky a závěry výzkumného projektu .....	67
11.5 POTENCIÁL DŮLNÍ VODY BŘEZOHORSKÉHO LOŽISKA .....	68
<b>12. TECHNOLOGIE A TECHNICKÉ ŘEŠENÍ VYUŽÍVÁNÍ POTENCIÁLU GEOTERMÁLNÍ ENERGIE .....</b>	<b>69</b>
12.1 TECHNOLOGIE PRO VYUŽÍVÁNÍ POTENCIÁLU DŮLNÍCH VOD .....	69
12.1.1 Přístup k důlním vodám .....	69
12.1.2 Tepelná čerpadla a jejich provozní varianty pro důlní vody .....	69
12.1.2.1 Otevřený okruh .....	71
• Otevřený okruh s vypouštěním ochlazených důlních vod mimo systém .....	72
• Otevřený okruh s reinjektáží ochlazených důlních vod zpět do systému .....	72
• Ustálený sloupec .....	73
12.1.2.2 Uzavřený okruh .....	74
12.2 ZAŘÍZENÍ A PROJEKTY VE SVĚTĚ .....	75
12.2.1 Česká republika .....	75
12.2.2 Čína .....	77
12.2.3 Holandsko .....	77
12.2.4 Kanada .....	78
12.2.5 Německo .....	78
12.2.6 Norsko .....	81
12.2.7 Polsko .....	81
12.2.8 Rusko .....	82
12.2.9 Španělsko .....	82
12.2.10 USA .....	82
12.2.11 Velká Británie .....	82
<b>13. DŮLNÍ VODY V LEGISLATIVĚ ČR .....</b>	<b>84</b>
13.1 LEGISLATIVNÍ OMEZENÍ .....	84
13.2 SYSTÉM S UZAVŘENÝM OKRUHEM .....	85
13.3 SYSTÉM S OTEVŘENÝM OKRUHEM S VYPOUŠTĚNÍM DO POVRCHOVÝCH VOD .....	86
13.4 SYSTÉM S OTEVŘENÝM OKRUHEM S VYPOUŠTĚNÍM DO PODZEMNÍCH VOD (REINJEKTÁŽÍ) .....	87
<b>14. VYUŽITELNOST POTENCIÁLU ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>88</b>
14.1 ZHODNOCENÍ KVALITATIVNÍCH VLASTNOSTÍ DŮLNÍCH VOD ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....	88
14.2 ZHODNOCENÍ VYUŽITELNOSTI STRUKTUR DŮLNÍCH DĚL ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....	88

14.2.1	Využití vrtů k zajištění komunikace s důlními vodami.....	88
14.2.2	Využití původních důlních děl ústících na povrch.....	88
14.2.3	Využití výtoků a čistíren důlních vod.....	89
14.2.3.1	Technologie využívání energetického potenciálu.....	89
	• Otevřený okruh s reinjektáží ochlazených důlních vod zpět do systému.....	89
	• Uzavřený okruh.....	90
14.3	NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ.....	90
<b>15.</b>	<b>ZÁVĚR A NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU PRACÍ.....</b>	<b>92</b>
<b>16.</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>94</b>

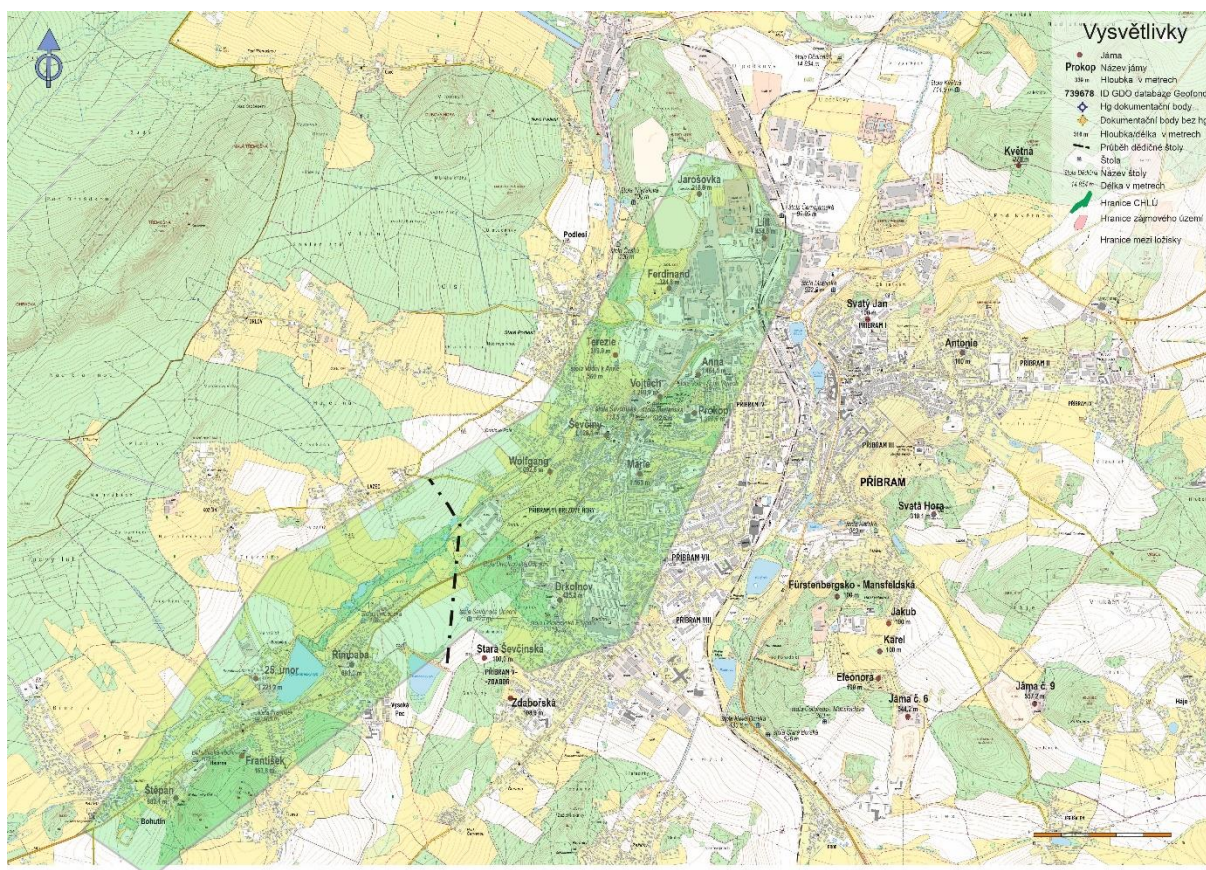
## Zkratky

atm.	atmosféra
Bpv	baltský po vyrovnání
ČBÚ	Český báňský úřad
ČGS	Česká geologická služba
ČGÚ	Český geologický ústav
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
č. p.	Číslo popisné/parcelní (dle kontextu)
ČR	Česká republika
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČZ	Čerpací zkouška
DP	dobývací prostor
HEIS VÚV	Hydroekologický informační systém Výzkumného ústavu vodohospodářského
HEMS	High Temperature Exchange Machinery System
HČS	hlavní čerpací stanice
HG	hydrogeologický
HKS	hlavní kladenská sloj
h. p. v.	hladina podzemní vody
ChLÚ	chráněné ložiskové území
CHOPAV	Chráněná oblast přirozené akumulace vod
IG	Inženýrsko-geologický
JJZ (jjz.)	jih-jihozápad (jih-jihozápadní)
JTSK	jednotná trigonometrická síť katastrální
JV (jv.)	jihovýchod (jihovýchodní)
JZ (jz.)	Jihozápad (jihozápadní)
k. ú.	katastrální území
MMR ČR	Ministerstvo pro místní rozvoj České republiky
m n. m.	metry nad mořem
m p. t.	metry pod terénem
MZd	Ministerstvo zemědělství
MŽP ČR	Ministerstvo životního prostředí České republiky
OBÚ	Obvodní báňský úřad
OVHS	Okresní vodohospodářská správa
SčV	Středočeské vodárny
SDD	staré důlní dílo
SV (sv.)	severovýchod (severovýchodní)
SZ (sz.)	severozápad (severozápadní)
SSV (ssv.)	severo-severovýchod (severo-severovýchodní)
StčVaK	Středočeské vodovody a kanalizace
SUL	Správa uranových ložisek
TČ	tepelné čerpadlo
TUV	teplá užitková voda
ÚÚG	Ústřední ústav geologický
VSV	východo-severovýchod
ZJZ	západo-jihozápad

ZKS	základní kladenská sloj
ZPGE	zařízení pro průmyslové využívání geotermální energie
ZÚ	zájmové území
ZZZK	zvláštní zásahy do zemské kůry
ZZ	závěrečná zpráva

# 1. Úvod

Předkládaná zpráva reflektuje záměry Objednatele, jehož cílem je vyhodnotit důlní vody coby potenciální zdroj energie ve vymezeném prostoru Příbramského rudního revíru, resp. v ploše chráněného ložiskového území (CHLÚ) Březové Hory – Vysoká Pec, v části označované jako březohorské ložisko. Nejen v okolí, ale i v samotném vymezeném území březohorského ložiska se nachází nespočet starých důlních děl (SDD) ať už v podobě šachet či štol.



Obr. 1: CHLÚ Březové Hory – Vysoká Pec: průběh hranice mezi březohorským a bohutínským ložiskem.

Platná legislativa (zákon č. 44/1988 Sb.) zná důlní díla tří kategorií:

- (a) důlní díla v provozu,
- (b) opuštěná důlní díla a
- (c) stará důlní díla.

V březohorském ložisku byla po více jak 650 letech ukončena těžba, a to 30.6.1978, v navazujícím bohutínském ložisku pak o rok později 31.12.1979.

V rámci každého z uvedených ložisek jsou de-facto téměř všechny doly, šachty, a i štolý vzájemně propojeny a vytvářejí jeden hydraulicky propojený hydrogeologický celek. Důlní díla jsou odvodňována dědičnou štolou. Aby bylo splněno zadání, bylo nutné prostudovat podstatně více informací, než pouze ty, které souvisejí s SDD v hranicích vymezeného zájmového území.

Hydrogeologický posudek je ze zákona nezbytným dokumentem pro záměr nakládání s vodami. Obsahem dokumentu jsou informace charakterizující geologickou stavbu, klimatické, hydrologické a hydrogeologické poměry a prozkoumanost vymezeného území. Nemalá pozornost je zde věnována popisu a vyhodnocení důlních prací a existenci důlních vod.



Zdrojem informací jsou dostupné archivy realizovaných průzkumných prací a důlních děl. Archivní informace byly konfrontovány, resp. konzultovány formou místního šetření se zástupci společnosti DIAMO, státní podnik.

Vedle textového dokumentu jsou nebytnou součástí výstupu mapové podklady a popřípadě i vizualizace vybraných informací.

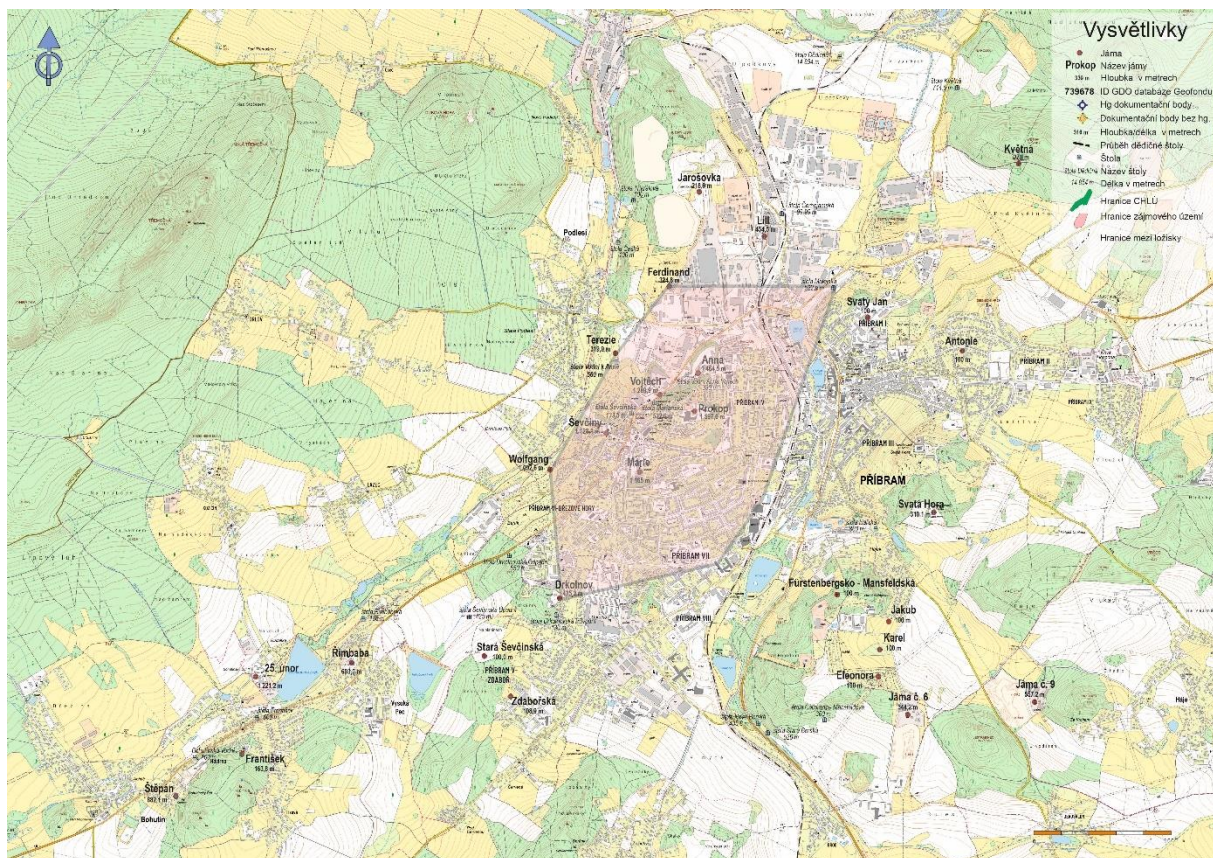
## 2. Vymezení zájmového území

Město Příbram se nachází na úpatí Brd, jejichž nejvyšší vrchol Tok (865 m) leží jen necelých 10 km západně od centra města. Střední nadmořská výška města je 502 m. Celková výměra města je 33,41 km<sup>2</sup>. Městem protéká říčka Litavka a Příbramský potok, na němž je přímo v centru města několik rybníků, celková rozloha vodních ploch ve městě je 37,7 ha, tedy 1,1 % rozlohy města.

Předmětem hydrogeologického posudku, tématicky zaměřeného na podkladový dokument studie proveditelnosti, je využití energetického potenciálu důlních vod březohorského ložiska odváděných Dědičnou štolou Císaře Josefa II. z vymezeného zájmového území (viz Obr. 2).

Zájmové území je ohraničené spojnici mezi body:

- 1) šachta Ferdinand,
- 2) šachta Terezie,
- 3) šachta Wolfgang,
- 4) šachta Drkolnov,
- 5) budova zdravotnického zařízení v ulici Seifertova,
- 6) plavecký bazén sportovního areálu v ulici Legionářů,
- 7) portál štoly Matějská.



Obr. 2: Vyznačení zájmového území (podkladová mapa ČÚZK) [1].

Záměrem Objednatele prací je zvážit možnost využití tepelného potenciálu důlních vod pro vytápění některých budov v majetku Města Příbram. Jedná se o budovy, jejichž lokalizace je vyznačena na Obr. 3:

- a) ZŠ Březové Hory – Prokopská 337,
- b) ZŠ Březové Hory – J. A. Alise 1,
- c) Dům s pečovatelskou službou – Msgr. Korejse 154,
- d) Dům seniorů – Msgr. Korejse 155,
- e) SDH Březové Hory – Msgr. Korejse 642.



Obr. 3: Umístění vybraných objektů Objednatele v zájmovém území (podkladová mapa ČÚZK) [1].

### 3. Geomorfologie zájmového území

Z geomorfologického hlediska spadá zájmové území do Hercynského systému, provincie České vysočiny (I), Poberounské soustavy, Brdské podsoustavy, podcelku Příbramská pahorkatina, okrsku Třebská pahorkatina, celku Brdská vrchovina (VA-5C).

Morfologie terénu je značně ovlivněna geologickou stavbou. Uplatňují se jak tektonické vlivy (především hlavní dislokace a patrně také reliktů paleoreliéfu), tak různý charakter hornin a jejich rozdílná odolnost vůči erozi. Výrazné elevace v zájmové oblasti představují haldy po těžbě nerostných surovin.

Na Příbramsku je značná morfologická odlišnost mezi oběma hlavními geologickými celky – Barrandienem a středočeským plutonem.

Středočeský pluton (J a JV Příbramska) představuje pahorkatinu s nadmořskými výškami 500 – 600 m n.m., která byla do současné podoby formována mladou erozí. Výrazným prvkem v této oblasti je hluboké údolí Vltavy a jejích přítoků, kde se zaříznutý terén snižuje až na úroveň 225 m n.m. na sv. okresu.

V sedimentárních sériích má krajina podhorský ráz. Hlavní směr elevací a depresí je v okolí březohorského rudního revíru ovlivněn směrem jednotlivých kambrických a proterozoických souvrství (s rozdílnou odolností proti zvětrávání) i směrem (SV-JZ) hlavní poruchy – tzv. jílové rozsedliny. Obecně platí, že hlavní elevace jsou budovány sedimenty kambria, především slepenci a křemičitými pískovci, které jsou proti zvětrávání odolnější.

V prostoru vymezeného zájmového území byly tyto elevace reprezentovány kótami Na Skále (633 m n. m), Hůrka (535 m n. m) a Svatá Hora (586 m n.m.).

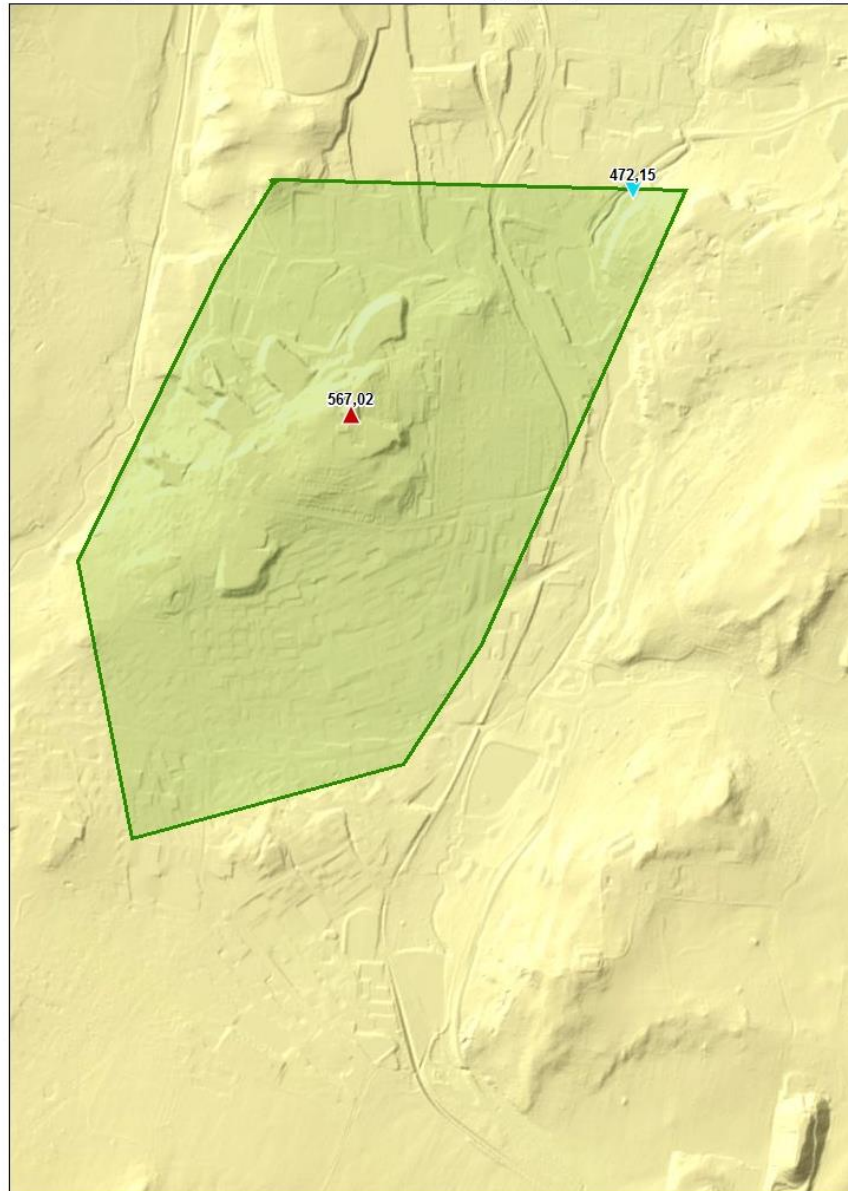
Proterozoické horniny 2. pásma břidličného, náchylnější k zvětrávání, nevytvářely v prostoru březohorského rudního revíru hlavní depresi, ale mírně svažité terén, který je překryt kambrickými sutěmi a eluviem. K JZ přecházel tento pruh v peneplenizovaný výchoz bohutínského křemenného dioritu, zvětralého do hloubek 10 – 20 m a pokrytého kvartérními usazeninami. Nejvýraznější terénní deprese mezi Bohutínem a Březovými Horami probíhá korytem Litavky. [2]

V zájmovém území je nejvýše položeným místem elevace v Příbrami VI - Březové Hory nad ulicí Vojtěšská o kótě 567 m n.m. Nejnižší pak leží zářez Příbramského potoka na severu území (472 m n.m.) viz Obr. 4.

Podle mapy Klimatické oblasti ČR 1901-2000 (Česká informační agentura životního prostředí), spadá zájmová lokalita do oblasti chladné (viz Obr. 5).

Reliéf zájmového území

1:15 120 0 850 m

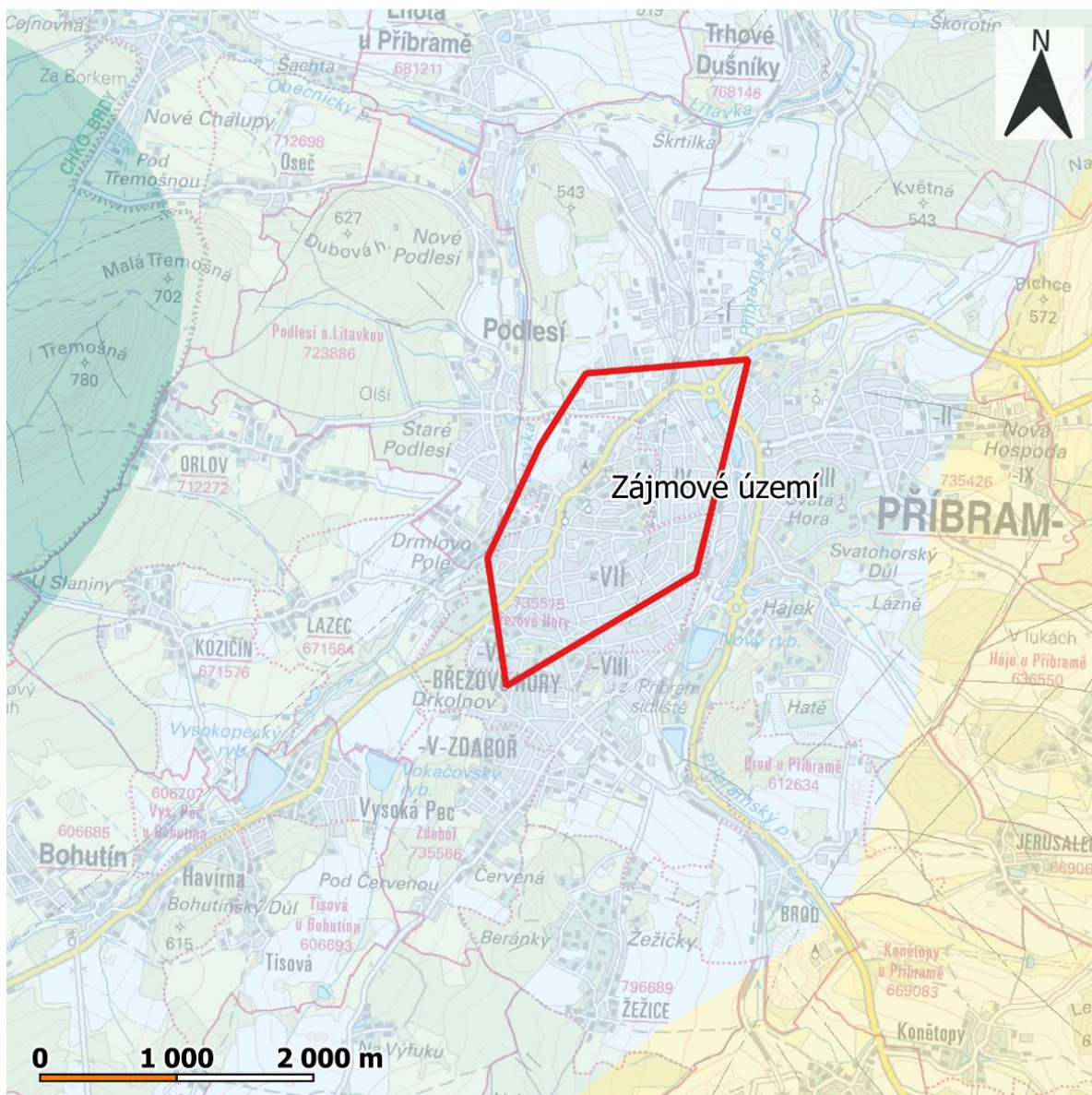


18. července 2024

© 2024 Český úřad zeměměřický a katastrální  
Pod sídlištěm 9/1800, 182 11 Praha 8

© ČÚZK  
JS

Obr. 4: Reliéf zájmového území (ČÚZK) [1].



Obr. 5: Mapa klimatických oblastí [3].

Dle E. Quitta (1971) je vymezené území řazeno do dvou klimatických oblastí. Severní část náleží do mírně teplé oblasti M17 a jižní část do MT5. [4]

Mírně teplá klimatická oblast M17 se vyznačuje krátkým a mírným jarem, léto je mírné, mírně suché a normálně dlouhé, podzim je krátký a mírně teplý, zima je mírně chladná, suchá až mírně suchá a normálně dlouhá. Mírně teplá klimatická oblast MT5 se vyznačuje mírným až dlouhým jarem, léto je mírné až mírně chladné, suché až mírně suché, až krátké, podzim je mírný až dlouhý, zima je mírně chladná, suchá až mírně suchá. [4]

Pro zhodnocení srážkových úhrnů a teploty vzduchu na zájmové lokalitě byla použita data ze stanice Příbram, kterou spravuje ČHMÚ [6], a je umístěna na Šibeničním vrchu (560 m n. m.).

Měsíční úhrn srážek v jednotlivých měsících roku za posledních 10 let a celkový roční úhrn uvádí Tab. 1. Z naměřených dat vyplývá, že v posledních deseti letech byl srážkově nejbohatší měsíc červen následovaný srpnem, dále květnem a červencem.

Tab. 1: Měsíční úhrn srážek [mm] v jednotlivých měsících roku v období 2013 – 2023 (ČHMÚ).

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Celkem
2013	42	47.7	18.8	43.2	105.1	143.3	42.3	127.7	30.4	48.1	30	8.1	686.7
2014	18.7	1.3	20.9	33.2	106.4	22.3	190.4	89.3	74.5	59.1	23.5	20.9	660.5
2015	24.5	1.1	39.4	26.6	42.4	58.5	25.4	31.8	21.8	54.1	56.7	15.3	397.6
2016	25.5	60.8	14.6	24.9	63	88.1	73.1	23.2	51.1	49.1	26.7	12.7	512.8
2017	16.2	18.8	32	68.7	21	85.2	50.4	74.2	29.7	50.9	35.3	23.1	505.5
2018	46.6	9.8	36	17.2	117.3	72.1	37.3	43.1	59.7	29.5	20.6	59.7	548.9
2019	37.5	31.1	34.1	15.7	64.4	87.3	61.7	60.9	32	30.2	30.4	15.8	501.1
2020	11.2	62.4	37.1	25.1	68.4	128.7	30.8	77.6	70	63.9	12.3	17.5	605
2021	49.5	37.2	24.3	27.5	114.5	139.7	137.5	76.9	10.2	12.4	41.7	36.3	707.7
2022	28.1	13.8	20.2	45.5	49.4	153.5	60.6	94.2	91.3	15.5	35.2	34.3	641.6
2023	18.6	15	50.1	47.9	16.7	59.2	49.9	119.1	7.9	34.4	53.7	66.4	538.9

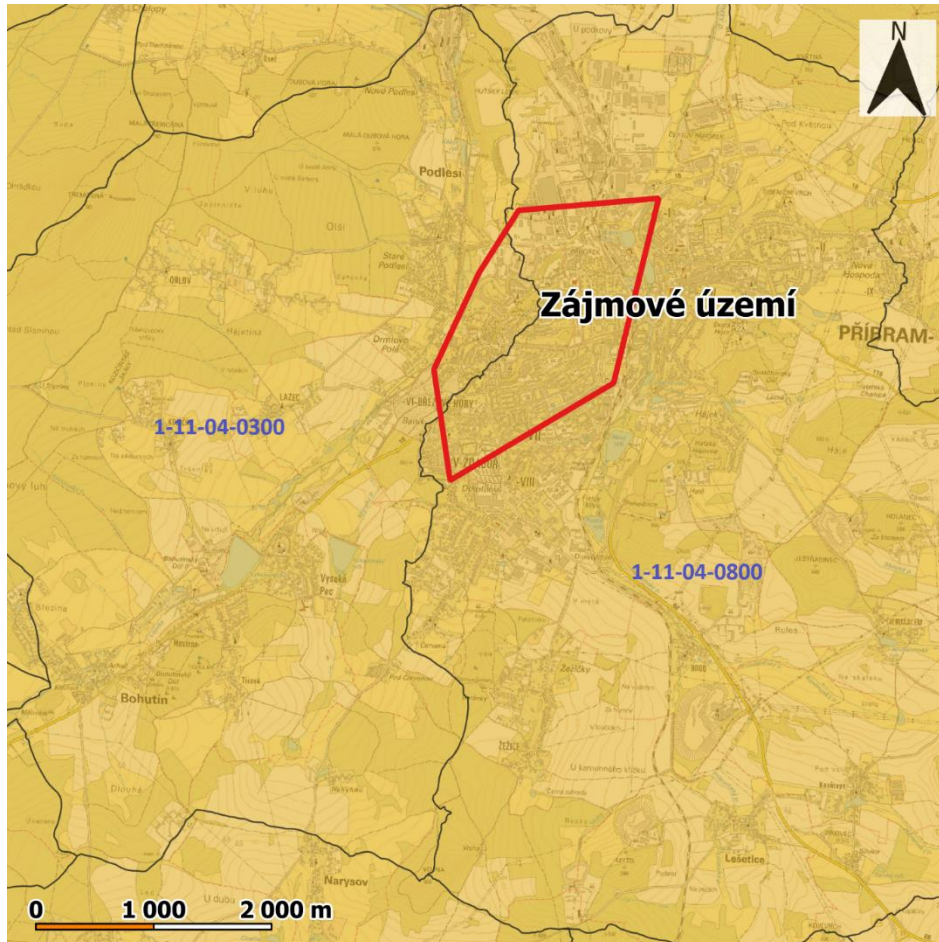
Měsíční průměrné teploty v jednotlivých měsících roku za posledních 10 let uvádí Tab. 2. Z naměřených dat vyplývá, že v posledních deseti letech byl průměrně nejteplejším měsícem červenec a nejchladnějším leden.

Tab. 2: Měsíční průměrné územní teploty na zájmové lokalitě v období 2013 – 2023 (ČHMÚ).

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2013	-1.7	-1.9	-0.9	8.2	11.5	16	20.4	18	12.2	9.2	3.5	1.1
2014	0.8	2.3	6.9	10.4	11.8	16.6	19.7	16.2	14.2	10.5	5.4	1.6
2015	1	-0.3	4.3	8.1	12.9	16.3	21	22.3	13.2	7.9	6.7	5.1
2016	-0.3	2.5	3.1	7.7	13.3	17.2	19	17.9	16.9	7.4	2.5	0.2
2017	-5.2	1.7	6.4	6.7	14.2	18.9	18.8	19.2	11.8	10.2	3.6	0.7
2018	1.9	-3.5	0.7	13.1	16.1	17.3	20.4	21	15.3	10.3	3.8	1.7
2019	-1.5	2.9	5.8	9.3	10.7	21.2	19.6	19.1	13.9	9.7	4.4	2.4
2020	1.4	3.6	3.9	10.3	11.3	16	18.5	19.2	14.8	8.6	3.7	1.2
2021	-1.1	0.8	3.5	5.5	10	19.2	18.1	16.1	14.9	8.5	3	1
2022	0.8	2.9	4	6.5	14.7	19.2	19.1	19.1	11.9	12	4.5	0.4
2023	1.9	1.5	4.9	6.1	12.7	17.5	20.3	18.8	17.4	11.6	3.9	2.8

## 4. Hydrografie zájmového území

Z hlediska hydrologického zařazení leží zájmové území v povodí prvního řádu Labe (1), v povodí 2. řádu Berounka od Úslavy po ústí (1-11), 3. řádu v povodí Litavka a Berounka od Litavky po Loděnici (1-11-04) a ve dvou povodí 4. řádu – Příbramský potok (1-11-04-0080) a Litavka (1-11-04-0030) (Obr. 6).



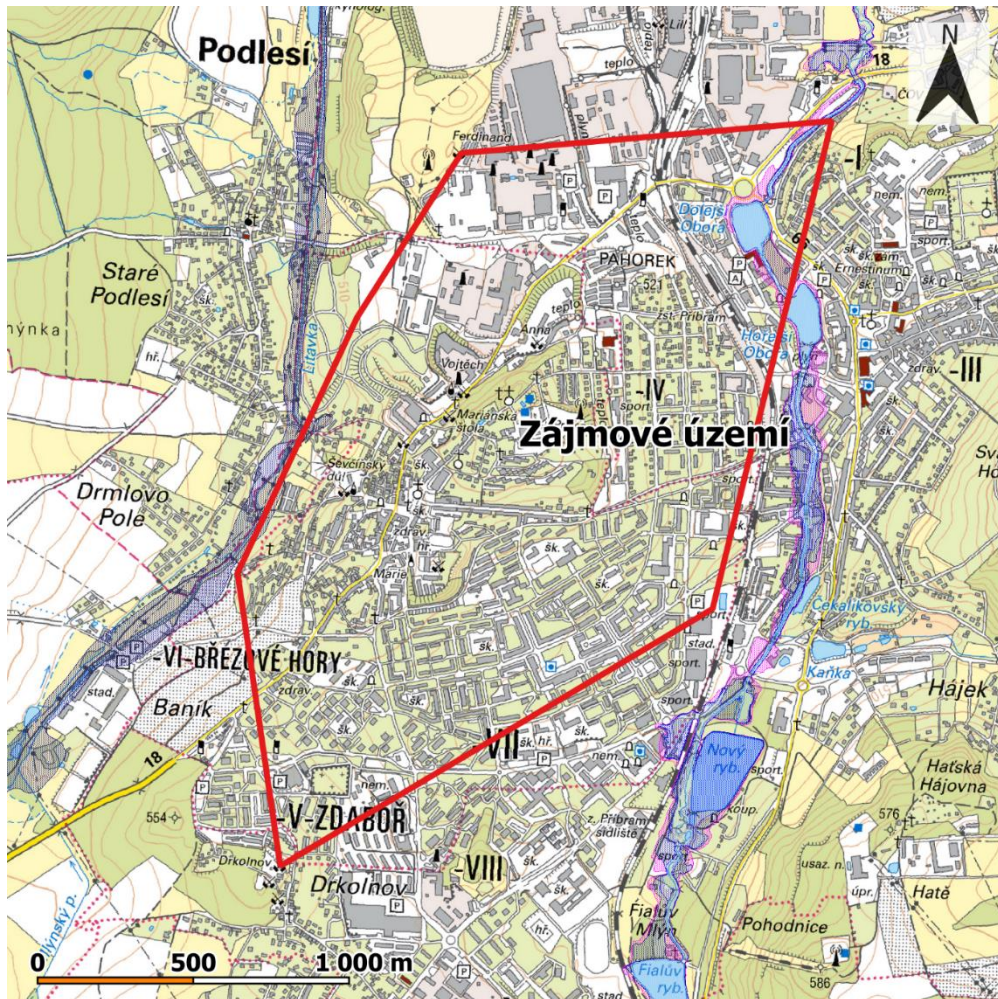
Obr. 6: Mapa hydrologických povodí 4. řádu (podkladová mapa ČÚZK [1]).

Severní částí zájmového území protéká Příbramský potok, který se v Trhových Dušníchách vlévá pravostranně do Litavky. Litavka lemují západní část zájmového území, protéká dále na sever, kde se v Berouně vlévá pravostranně do Berounky. U osady Škrtilka vytéká do Litavky důlní voda z Dědičné štoly císaře Josefa II. (dále jen Dědičná štola), která odvádí vodu z příbramského důlního revíru.

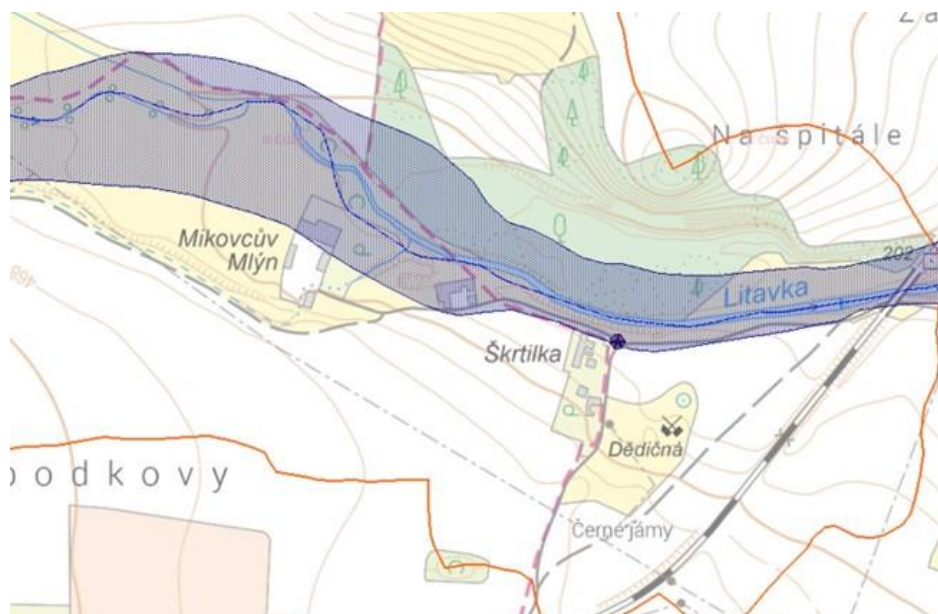
Místo vypouštění důlní vody z Dědičné štoly je evidováno pod ID 141302 a názvem DIAMO SUL Dědičná štola Trhové Dušníky. V referenčním roce 2022 bylo z Dědičné štoly vypouštěno  $504,576 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$  s průměrným množstvím vypouštěných vod  $16 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . [11]

V okolí Litavky protékající při z. hranici zájmového území a Příbramského potoka při v. hranice zájmového území jsou stanovena záplavová území pro Q5, Q20, Q100, Q500 (Obr. 7). Pro doplnění je uveden i detail záplavového území pro lokalitu, kde vyúsťuje Dědičná štola na povrch (Obr. 8). [11]





Obr. 7: Zájmové území s ohledem na vymezená záplavová území [12].



Obr. 8: Hranice záplavového území Q100 v území vyústění Dědičné štolý [12].

Severozápadní část zájmového území zasahuje do CHOPAV Brdy (108). Plocha chráněné oblasti je 447,33 km<sup>2</sup>. V zájmovém území se nevyskytují ochranná pásma vodních zdrojů a ani přírodních léčivých zdrojů a zdrojů přírodních minerálních vod. [11].

## 5. Geologické poměry

Březohorský rudní revír je součástí tzv. příbramské rudní oblasti a tvoří jej ložiska Březové Hory a Bohutín. SZ část oblasti patří k Barrandienu, který je na Příbramsku reprezentován především několika paralelními pruhy proterozoických a kambriických hornin směru SV-JZ.

Jihovýchodní část je tvořena středočeským plutonem s tzv. ostrovní zónou (vč. jílovského pásma). Kontakt plutonu s Barrandiensem má generální směr také SV-JZ. [2]

Soustavu paralelních těles svrchnoproterozoických a spodnokambriických hornin směru SV-JZ na Příbramsku tvoří od JV od kontaktu se středočeským plutonem směrem k SZ:

- I. pásmo břidličné (svrchní proterozoikum),
- I. pásmo drobové (spodní kambrium příbramské synklinály),
- II. pásmo břidličné (svrchní proterozoikum),
- II. pásmo drobové (část brdského kambria) [13].

Jihovýchodní část Příbramska buduje především komplex variských magmatitů, středočeský pluton, který vysílá směrem k SZ apofýzy a menší doprovodná tělesa. Další součástí geologické stavby jv. okraje Příbramska je jílovské pásmo, komplex vulkanických a vulkanosedimentárních a intruzivních hornin svrchnoproterozoického stáří.

Západní část Příbramska je budována především rožmitálskou tektonickou krou. Je to soubor staropaleozoických hornin, obklopený výběžkem středočeského plutonu. [13]

Polymetalická žilná ložiska Ag, Pb, Zn, (Sb, Cd, In) rud Březové hory a Bohutín ležela převážně v kambriu příbramské synklinály (v I. pásmu drobovém) a částečně zasahovala i na sever do svrchního proterozoika (II. pásma břidličného). Strukturně byla vázána na značně výraznou, strmou dislokaci – jílovou rozsedlinou, směru SV-JZ, která odděluje kambrium příbramské synklinály od svrchního proterozoika (II. břidličného pásma) (Obr. 9). [2]

Významnou součástí geologické stavby revíru jsou intruzivní migmatity. Jedná se o žilné horniny, především diabasové žíly v celém revíru, a těleso bohutínského tonalitu, které tvoří podstatnou část bohutínského ložiska. [13]

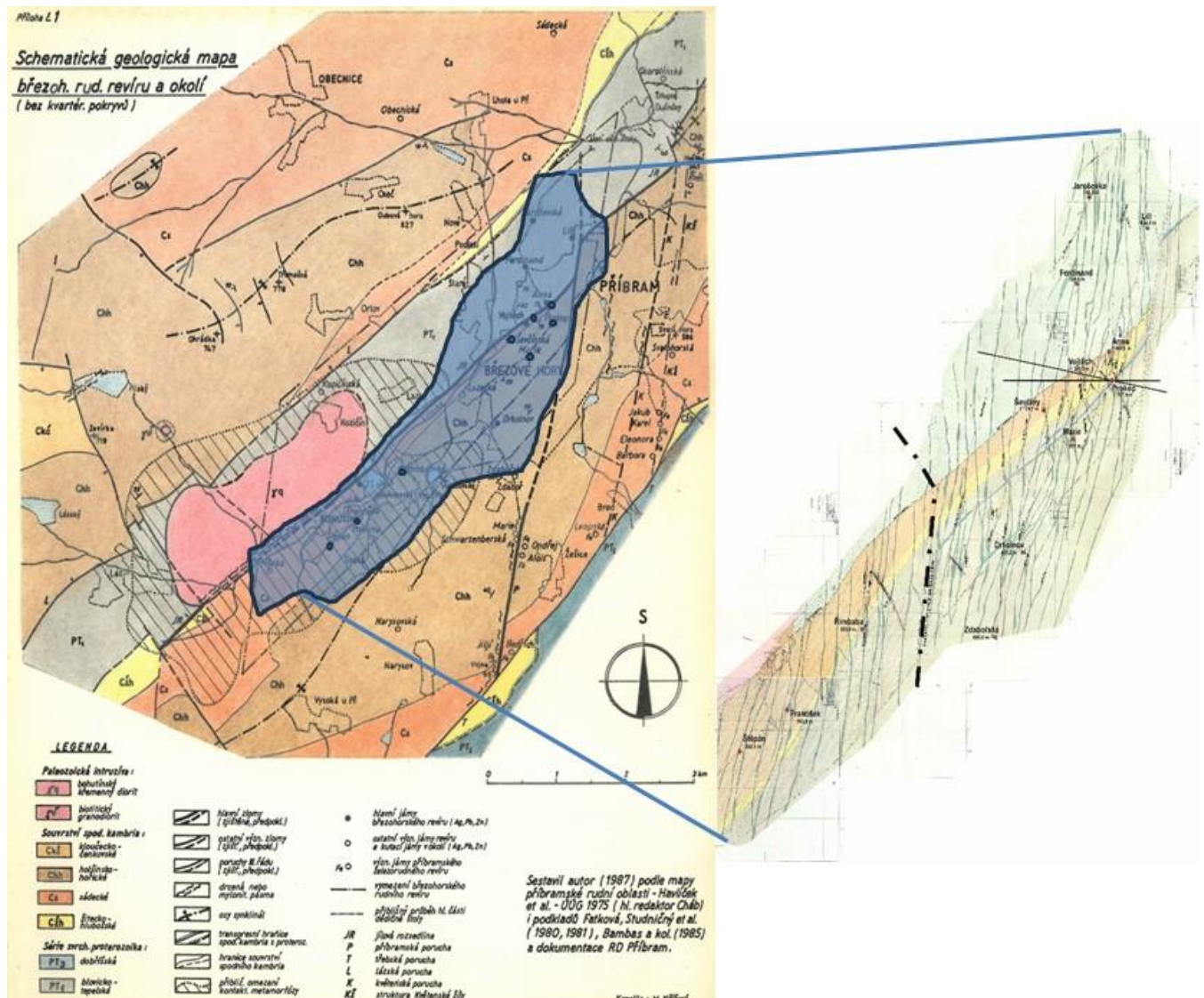
V geologické stavbě obou ložisek se významně uplatňuje tektonický směr SV-JZ, hlavně zlomem I. řádu, jílovou rozsedlinou, poruchou II. řádu na sz. okraji revíru, tzv. lázskou poruchou, i směrem vrásových struktur. [13]

Generální směr jílové rozsedliny je v prostoru březohorského revíru asi 50°, hlavní sklon je celkem pravidelný v průměru 72° k SZ. Mocnost vlastní poruchy vyplněné dislokačním mylonitem s převahou černé jílovité hmoty je 0,5 – 1,0 m. Jílová rozsedlina je provázána pásmem značně porušené horniny, a to až několik desítek metrů do proterozoika. Porušení kambriických hornin podél jílové rozsedliny je mnohem menší a nezasahuje od poruchy daleko. Jílová rozsedlina je považována za prvořadý tektogenetický faktor vzniku diabasových a zejména rudných žil spolu s příbramskou synklinálou a severojižní tektonikou. [2]

Při vzniku příbramské synklinály, ohybu a stlačování vrstev, a při dislokování po jílové rozsedlině, vznikaly zřejmě četné trhliny. Vznik trhlín diabasových i rudných žil je vysvětlován kombinací pohybů po jílové rozsedlině a po příčné, především sj. tektonice. Maximum diabasových a rudných polymetalických žil se vyskytuje podél jílové rozsedliny, které jsou převážně sj. směru omezeně i sz. směru. [2]

Horninové žíly jsou zastoupeny převážně amfibolicko-pyroxenickými diabasy mocnými 1-15 m se sklonem 80° k východu. Diabasové žíly jsou porušeny pozdější předmineralizační tektonikou (střížné pohyby 10 m a více), na kterých se opakovanými pohyby a otevíráním uplatnila tvorba rudných žil. Polymetalické rudní žíly sledují většinou znovu otevřené žíly diabasů menších mocností a cca z 15 % probíhají žíly v nově vzniklých trhlínách mimo diabasy. Při výrazných intermineralizačních pohybech došlo k podrcení polymetalické rudní výplně a vzniku brekciovitých struktur. [2]

V kambrické části březohorského ložiska tvoří základní žilnou výplň siderit, křemen a kalcit, méně ankerit, dolomit a baryt. Ve výplni se často objevoval hematit, který zbarvoval žilnou výplň i okolní horniny. Hlavní rudní složky žilné výplně tvořil galenit se sfaleritem, jenž tvořily hlavní zdroj stříbra Ag, olova Pb a zinku Zn. [2]



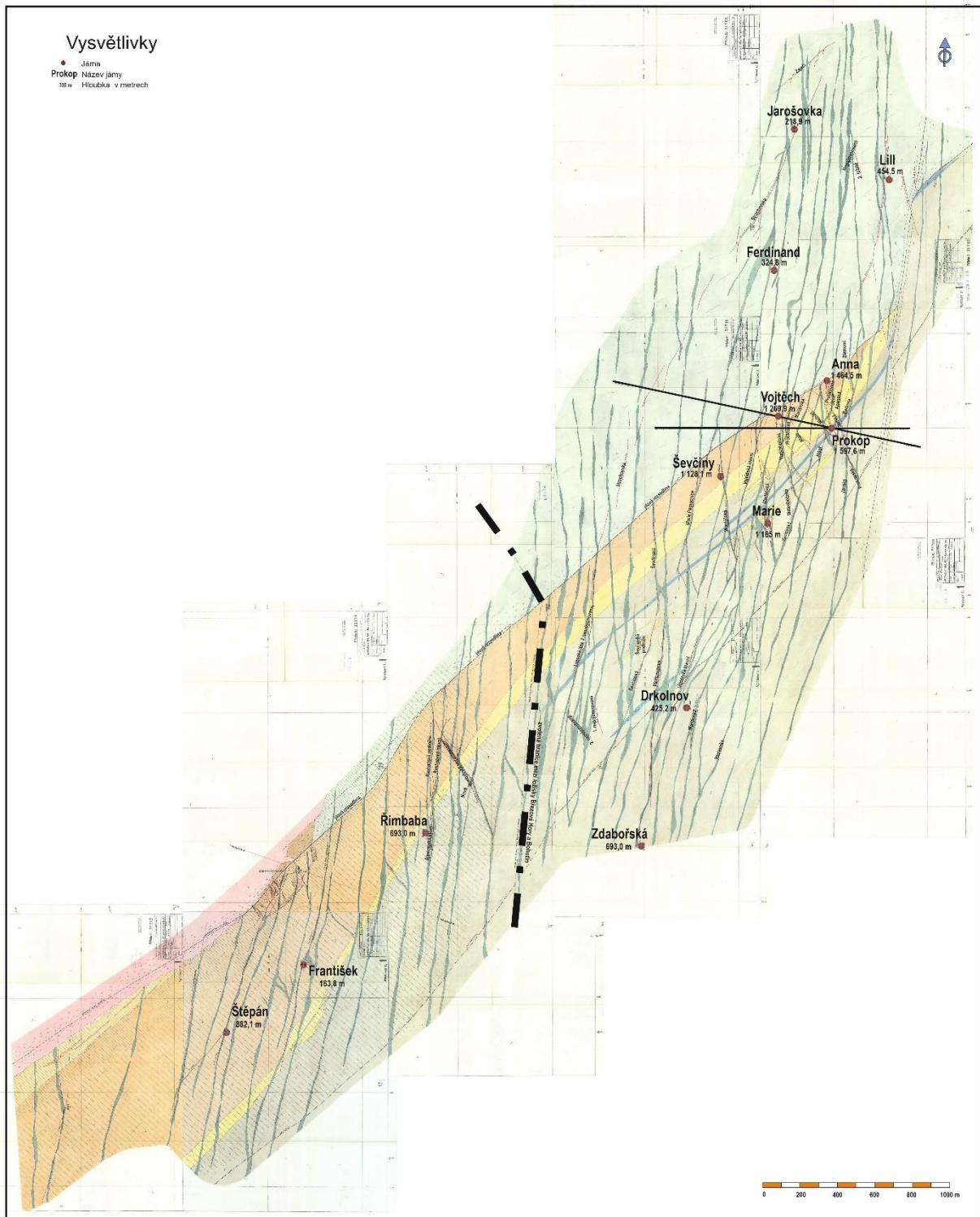
Obr. 9: Geologická mapa zájmové lokality dle Bambas J. 1990 [13].

Ložiska Březové Hory a Bohutín představovala geologicky jeden celek, tzv. březohorský rudní revír. Rozdělení revíru na dvě ložiska bylo přes určité geologické odlišnosti spíše historickou a technickou záležitostí. Východní hranice revíru vedla přibližně údolím Příbramského potoka mezi Fialovým rybníkem a elevací Čertův pahorek (kóta 502 m n. m.), která s Hušským lesíkem (kóta 541 m n. m.) představovala severní hranici. Severozápadní hranice byla tvořena spojnici Hušského lesíka a severním okrajem obce Kozíčín (tj. přibližně hranice svrchního proterozoika a brdského kambria). Západní spojnice vedla od Kozíčina po bohutínskou myslivnu u silnice 18 (dnes č. p. 81). Východní spojnice vedla od myslivny přes osadu Tisová po Fialový rybník. Toto vymezení revíru nebylo geologicky přesné, některé struktury pokračovaly i mimo uvedené hranice. [2]

Sedimentární série Příbramska jsou budovány horninami svrchního proterozoika a staršího paleozoika (viz Obr. 11).

Na geologické stavbě revíru se značnou měrou podílí Sádecké souvrství. To vychází na povrch v prostoru obou ložisek a v Březových Horách bylo zastiženo důlními díly až do hloubky

1 580 m (41. p. dolu Prokop) a také nejhlubším známým vrtem z 39. p. u Vojtěšské žíly až do hloubky 1 718 m pod povrchem. [13]



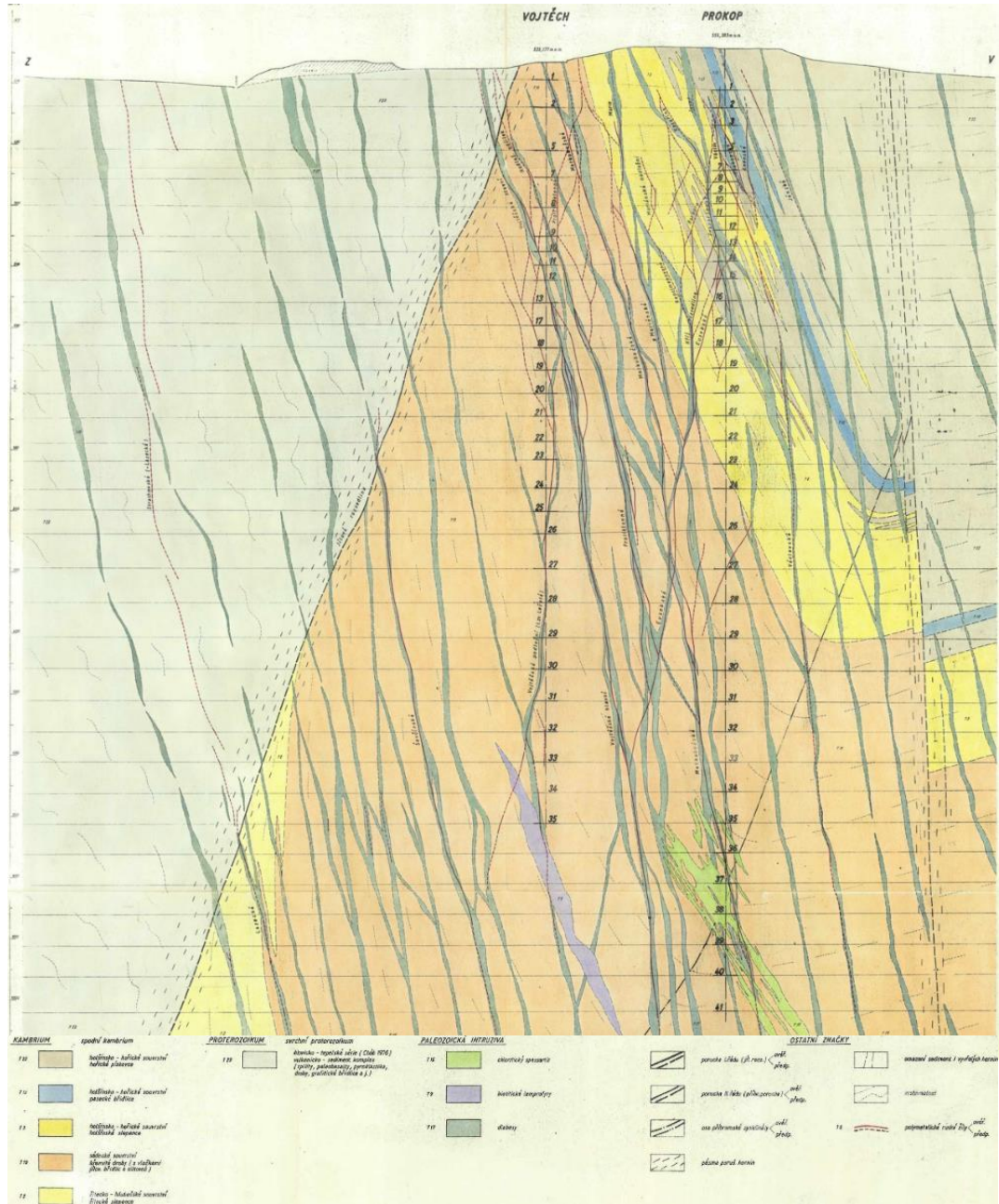
Obr. 10: Geologická mapa březohorského rudního revíru na úrovni 2. patra s vyznačením stanovené hranice mezi ložisky Brezové Hory a Bohutín.

Sádecké souvrství je v březohorském revíru zastoupeno převážně různými typy zelenošedých až hnědočervených pískovců, přičemž převažují arkóзовé, drobové pískovce a droby nad křemennými pískovci. V pískovcích se objevují hojné vločky, laminy nebo čočky červenohnědých až fialových prachovců o mocnosti do 0,3 m, které do podloží i nadloží přecházejí v pískovce. Méně časté jsou podobné vločky jílovitých břidelic a slepenců. Omezeně

se zde vyskytují lavicovitě vložky pyroklastik (tufy a tufity) tzv. adinoly. Jedná se o jemnozrnné celistvé horniny rohovcovitého vzhledu s lasturnatým lomem max. 1 m mocné. [20]

V březohorských dolech je holšinsko-hořické souvrství zachyceno v obou křídlech synklinály. Celková mocnost holšinských slepenců se v březohorských dolech pohybuje v rozmezí 100 – 200 m. [13]

Holšinsko-hořické souvrství je na bázi tvořeno holšinskými křemennými slepenci, které přecházejí z podložních sádeckých pískovců. Uvnitř slepencového komplexu se vyskytují vložky hořických pískovců, které směrem do nadloží přibývají až souvrství přechází plně do pískovců. Jedná se o šedo zelené a hnědočervené arkóзовé a křemenné pískovce s občasnými vložkami prachovců a prachovitých břidlic a pyroklastik. [20]



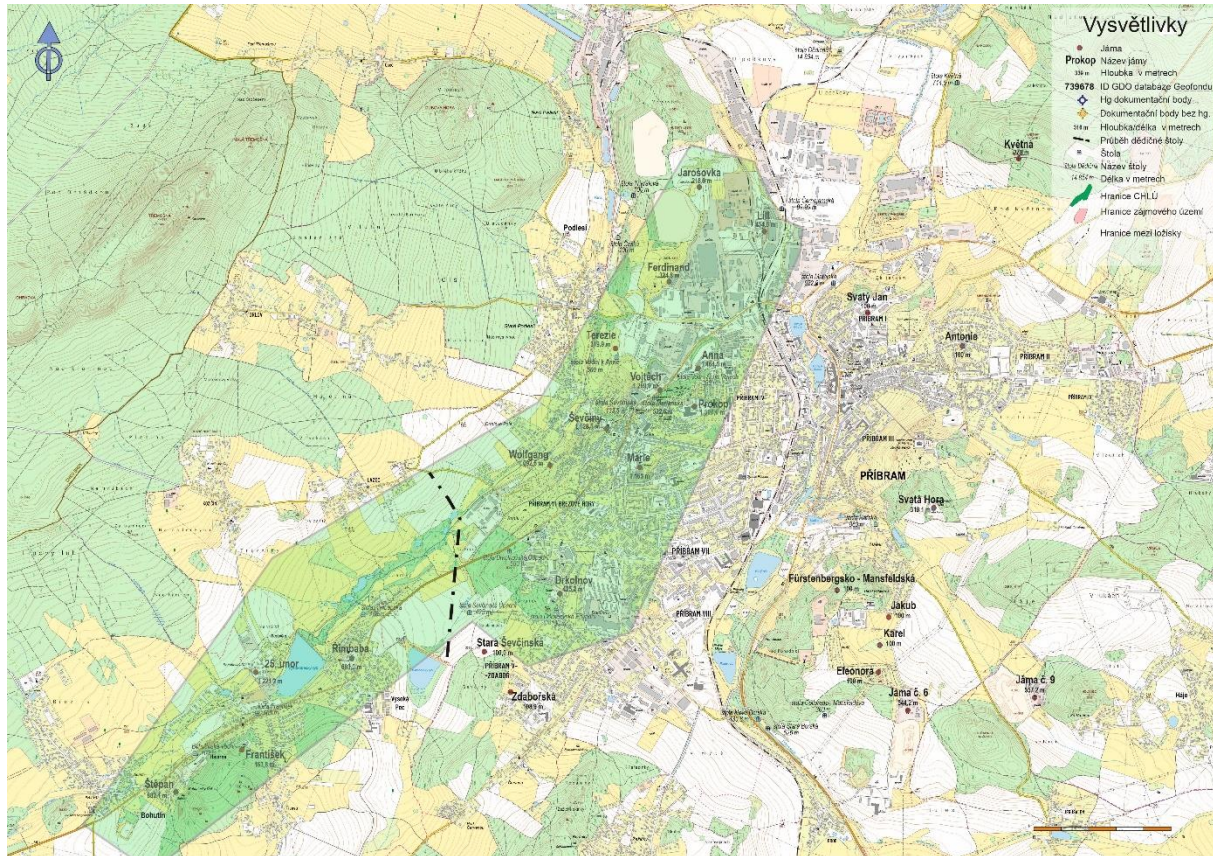
Obr. 11: Vertikální geologický řez ložiskem Březové Hory (Křížová M., Bambas J., Gaier K. 1984) [2].

Západní část vymezené zájmové oblasti zasahuje do ChLÚ Březové Hory - Vysoká Pec pro těžbu polymetalických rud (zinek, stříbro, indium, olovo, antimon). [14]

## 6. Důlní díla březohorského ložiska

Písemné zmínky o těžbě na Příbramsku sahají do počátku 14. století dokladem o předání hutě v Příbrami z roku 1311. Březohorské a bohutínské ložisko bylo otvíráno štolami z údolí Litavky a březohorské i z údolí Příbramského potoka. Na štoly navazovaly jámy. Do poloviny 16. století se datuje postupný rozmach dolování s následnou stagnací až do konce 17. století. Začátkem 18. století dochází k obnovení těžby Ag-Pb rud a vybudování nové Dědičné štoly. Těžba pak pokračovala až do 80. let 20. století, kdy byla postupně utlumena.

Přehledná situace důlních děl v zájmové oblasti a jejím okolí je znázorněna na Obr. 12.



Obr. 12: Přehled důlních děl v CHLÚ a okolí.

Technický pokrok v druhé polovině 19. století se příznivě projevil i na příbramských dolech. Bylo to především zavedení strojního vrtání a nahrazení střílného prachu dynamitem (1874). Také doprava, dříve výhradně ruční, pomocí uherských vozíků, byla nahrazena dopravou po kolejích a postupně ruční doprava byla nahrazována koňským potahem. U vertikální dopravy byly postupně vodotěžné stroje nahrazovány parními těžními stroji a ty se na březohorských dolech používaly až do skončení těžby. Parní těžní stroj na dole Vojtěch byl v provozu již od roku 1884 a na dole Anna od roku 1913. Na ekonomiku příbramského dobývání měla vliv i železniční doprava, která byla do Příbrami zavedena v roce 1875. Postupně byla s železnicí spojena stříbrná huť (1886), důl Vojtěch i důl Anna. [41]

Prosperita příbramského dobývání trvala až do 90. let 19. století. Toto poslední desetiletí se stalo pro příbramské dobývání osudným. Jak to u všech velkých hornických revírů bývá, postihla i příbramské dobývání hornická katastrofa. Byla tehdy jednou z největších na světě a vyžádala si 319 lidských životů. Stala se na dole Marii na Březových Horách 31. května 1892.

V roce 1892 postihla Příbram i katastrofa finanční. Průmyslové využití alumina a nález velkých stříbrných ložisek v Mexiku způsobily prudký pokles ceny stříbra. Tento pokles trval nepřetržitě až do začátku 2. světové války.

Jeden z nejproduktivnějších podniků rakouské monarchie se stal podnikem ztrátovým. Ztrátovost příbramského podniku nejdříve pocítili příbramští havíři. Mzdy horníků byly postupně snižovány, snižoval se i stav zaměstnanců na dolech. Proti 5 931 dělníkům v roce 1885 byl stav v roce 1900 již jen 4 089 a v roce 1929 stav poklesl na 1 505 dělníků.

Pokles světových cen stříbra a olova se projevil i na rozsahu průzkumných prací. Většina průzkumných dolů byla postupně uzavřena a prováděly se jen sledné práce na hlavních žilách. Nakonec došlo i k zastavování těžebních dolů. V roce 1900 byla zastavena těžba na dole Řimbaba, o dva roky později na dole Lill, v roce 1910 na dole Ševčiny, v roce 1912 na dole Štěpánka v Bohutíně. Po 1. světové válce se přestalo také těžit na dole Prokopském a na dole Mariánském. Těžba stříbrných a olověných rud byla koncentrována na dole Anenském, Vojtěšském a na dole Štefánik v Bohutíně.

Stagnace a příprava na likvidaci březohorského i bohutínského ložiska trvala do roku 1945. Skončením 2. světové války se plánovitě přistupuje k obnově březohorských dolů. Obnovuje se provoz na dole Prokop, Marie a Ševčiny. U těchto jam se provedla rekonstrukce výdřevy a na dole Prokop a Ševčiny se zabudovaly nově těžní stroje. Také na dole 25. únor v Bohutíně byla provedena výměna těžního stroje. Těžkou namáhavou práci příbramských horníků postupně nahradily mechanismy při ražbě sledných chodeb a i při dobývání rudných žil.

Postupně však dochází k vyčerpání klasického březohorského ložiska. Dosud nevydobyté zásoby postupně ovlivnilo vládní usnesení č. 175 Sb. z roku 1965 o stanovení limitních nákladů na výrobu jednotlivých koncentrátů kovů. Protože březohorské doly, ani důl 25. únor v Bohutíně nedokázaly vyrábět v limitních cenách, přistoupilo se k postupné likvidaci březohorských a bohutínského dolu. Pronikavý růst světových cen od roku 1973 dal naději na další zachování dolů. Přehodnotily se dříve odepsané rudní zásoby, které předtím byly nebilanční a tím i netěžené. Tato situace však byla udržitelná jen po dobu pěti let a 30. června 1978 byl vytěžen poslední vozík rudy. Tímto datem začala také konečná likvidace celého březohorského a bohutínského ložiska.

### Otvírkové práce

Otvírka ložisek na Březových Horách i v Bohutíně zůstala i v období po 2. světové válce v zásadě zachována v předválečném rozsahu. Práce spojené s otvírkou byly zejména na jámě Marie, Ševčiny, Prokop a Štěpánka (Štěpán) pracné a nákladné. Musela být provedena rekonstrukce výstroje a výztuže, neboť jámy nebyly v době okupace, jakožto jámy pomocné, udržovány a byly doslova v dezolátním stavu a místy i z části nebo zcela zavalené, takže nesloužily plně ani přirozenému větrání.

Ložisko Březové Hory bylo v roce 1945 otevřeno pěti jamami (Obr. 13):

- jámou Prokop, založenou v r. 1832, prohloubenou na 35. patro na hloubku 1 269 m,
- jámou Anna, založenou v r. 1789, prohloubenou na 39. patro na hloubku 1 450 m,
- jámou Vojtěch, založenou v r. 1779, prohloubenou na 35. patro na hloubku 1 250 m,
- jámou Marie, založenou v r. 1822, prohloubenou na 33. patro na hloubku 1 160 m,
- jámou Ševčiny, založenou v r. 1813, prohloubenou na 32. patro na hloubku 1 090 m.

Další otvírková díla jako:

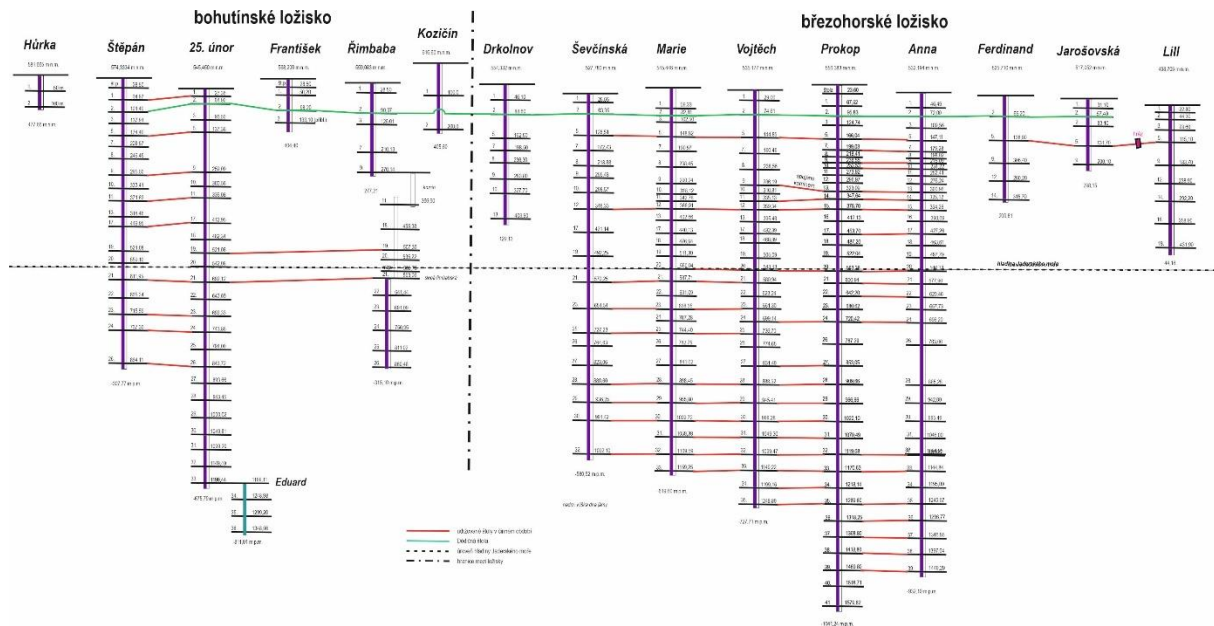
- jáma Drkolnov s hloubkou 425 m,
- jáma Lill s hloubkou 454 m,
- jáma Ferdinand s hloubkou 325 m,
- jáma Jarošovka s hloubkou 219 m,

byla v té době (1945) mimo provoz.

Ložisko Bohutín bylo v roce 1945 otevřeno čtyřmi jamami:

- jámou Generál Štefánik, založenou v r. 1878, prohloubenou pod 31. patro na hloubku 1 117 m,
- jámou Řimbaba, založenou v r. 1843, prohloubenou na 9. patro na hloubku 270 m,
- jámou Štěpánka (Štěpán), založenou v r. 1827, prohloubenou na 17. patro na hloubku 450 m,

- jamou Hůrka, založenou v r. 1942, prohloubenou na hloubku 104 m.



Obr. 13: Profily šachet Příbramského rudního revíru – upraveno dle [2].

V rámci otvírky došlo k prohloubení některých níže uvedených otvirkových děl spojené s výstavbou několika nových těžních zařízení.

- na jámě Prokop bylo hloubení zahájeno v r. 1947 a postupně byla prohloubena na 41. patro s hloubkou 1 602 m;
- štola Prokopka od dolu Prokop na nádvoří dolu Anna byla z těžebních důvodů rekonstruována, místy upravena na dvoukolejný profil, opatřena betonovou výztuží a propojena s odbočkou na sociální zařízení dolu Anna;
- jáma Marie byla nově vystrojena a následně měla být osazena novým těžním strojem, k čemuž díky administrativním průtahům nedošlo a stroj byl de-facto znehodnocen dlouhým skladováním na otevřeném prostoru;
- jáma Ševčiny byla po rekonstrukci vybavena novým těžním elektrickým vrátkem;
- jáma Anna byla předřevena, ale postupně a za provozu;
- jáma Vojtěch byla předřevena, ale postupně a za provozu;
- jáma Generál Štěfáník byla po instalaci nového těžního stroje dohloubena pod 33. patro na hloubku 1 217 m,
  - o na 33. patře byla v r. 1956 zaražena nová slepá jáma Eduard, hloubená ze 33. patra na 36. patro na hloubku 1 348, 6 m;
- jáma Štěpánka byla postupně prohloubena ze 17. patra na 26. patro s konečnou hloubkou 864,1 m
  - o na 21. patře byla v r. 1956 zaražena nová slepá jáma Řimbaba, hloubená z 21. patra na 26. patro – propojení slepé jámy se stávajícím dolem Řimbaba pouze systémem komínů;
- jáma Hůrka, resp. důl Hůrka byl pro negativní výsledek průzkumných prací v r. 1948 uzavřen.

Všechna tato otvirková díla s výjimkou jámy Lill a Hůrka, jsou propojena na Dědičnou štolu jako hlavní odvodňovací dílo celého revíru, které začíná západně od jámy Štěpánka a končí u Litavky poblíž obce Trhové Dušníky. Vede celým revírem na úrovni 2. patra jednotlivých jam v hloubce 40-100 m pod povrchem.

Pro využívání energetického potenciálu důlní vody jsou zajímavé spíše dobývky v horních partiích ložiska, tedy blíže k povrchu. V menších hloubkách se v minulosti pracovalo na mnohem větším počtu žil, které měly i své vlastní jámové otvírky. Z tohoto období však nejsou



dochovány žádné ucelené informace, které by umožnily cílené využití obsažených důlních vod k energetickému využití.

## 6.1 Ložisko Bohutín

Důlní pole provozu Bohutín je otevřeno 3 jámami, a to: jámou 25. únor, Štěpán, Řimbaba.

Tab. 3: Jména důlních děl zájmového území v ložisku Bohutín.

Jméno důlního díla	Další dohledaná pojmenování
25. únor	Vysokopecký důl, Důl Rudolf, Důl Gen. Štefánika, Důl Bohutín I, Vítězný únor
Štěpán	Arcivévody Štěpána, Štěpánka, Bohutín II
Řimbaba	Boží požehnání

Kromě toho byla prodloužením jámy 25. únor vyhloubena na 33. p. na 36. p. slepá jáma Eduard a v řimbabském důlním poli Slepá řimbabská jáma z 21. p. na 26. p.

Ostatními spoji dolu s povrchem jsou jáma František, komín u jámy Štěpán, větrací komín u jámy 25. únor.

Likvidace bohutínských dolů byla definitivně schválena Federálním ministerstvem hutnictví a těžkého strojírenství 29.3.1973. Český geologický úřad vydal souhlasné stanovisko k likvidaci části ložiska Bohutín pod 25. p. a k ukončení těžební činnosti na ložisku 3.6.1980. Souhlasné stanovisko k likvidaci zbývajících báňských děl bohutínského ložiska vydal ČGÚ po ukončení výzkumných prací na podzemním skladování plynu a přezkoušení zbytkových zásob z hlediska nových nákladových limitů 30.6.1983. Pro likvidaci revíru byl vypracován etapový plán likvidace.

Likvidační práce na ložisku Bohutín (25. únor) byly rozvrženy do 3 etap. První etapa, odhození části dolu pod 26. p., byla zahájena v dubnu 1972 a ukončena v témže roce. Předcházely jí částečné, samostatně schvalované likvidace nejhlubších částí dolu 25. únor a řimbabského úseku od roku 1967 (slepá jáma Eduard aj.). Druhá etapa, likvidace částí dolu 25. únor pod 22. p. (s výjimkou částí 23. p.) a likvidace jámy Štěpán byla provedena v roce 1974. V rámci třetí etapy proběhla v roce 1978 likvidace slepé jámy Řimbaba a po ukončení těžby 31.12.1979 (s dotěžením zbytků zásob v roce 1980) byla provedena likvidace kolem jámy 25. únor nad 20. p. (s výjimkou přístupu do řimbabské oblasti na 19. p.). Další likvidační práce báňské části provozu byly odloženy.

V letech 1979 – 1983 byl prováděn výzkum podmínek podzemního vysokotlakého skladování zemního plynu na 22., 23. p. a částečně i na 24. p.

V průběhu projednávání závěrečné etapy likvidace báňské části provozu 25. únor byl vznesen ze strany Středočeských vodovodů a kanalizací, závod Příbram požadavek na zabezpečení a úpravu jámy 25.únor pro čerpání důlních vod pro vodohospodářské účely – zásobování pitnou vodou. V roce 1984 proto byly zahájeny práce na úpravě a opravě důlních děl, objektů a zařízení pro čerpání důlních vod jamou 25. únor na úroveň Dědičné štoly. Objekty na povrchu provozu, jáma 25. únor po úroveň 19. p., čerpací stanice na 9. a 17. p. a komíny v řimbabské oblasti spolu s jámou Řimbaba a povrchovými objekty této jámy byly vyjmuty z plánu likvidace a zajištění.

Způsob a metodika likvidace nebo zajištění povrchových i důlních objektů byly stanoveny v plánu likvidace. Metoda zajištění jam zásypem na betonovou desku v hloubce 30 – 70 m pod povrchem a betonovou zakrývkou byla zvolena na pokyn OBÚ.

### 6.1.1 25. únor

Nejmladším dolem na Příbramsku na těžbu olověných a zinkových rud kromě dolu Vrančice ve Středočeském plutonu a průzkumného dolu Radětice, je důl 25. únor v Bohutíně. Důl byl

zaražen v roce 1878 v těsné blízkosti výchozu nejsevernějšího průběhu Klementske žíly. Ta byla před tím sledována a dobývána od roku 1827 z dolu Štěpán (Štěpánka). Na Klementske žíle bylo také několik malých jam podružného významu. Byly to Bambasova jáma (1858), Litavská jáma (1858) a Hamerská jáma. Malé jámy byly v provozu jen několik let, pouze Hamerská jáma byla i v osmdesátých letech 19. století používána pro ovětrávání Klementske žíly.

Nově zaražené jámě se nejdříve říkalo "Vysokopecká", od roku 1881 šachta korunního prince Rudolfa, od roku 1918 důl Bohutín II, po smrti generála Štefánika důl Štefánik, od roku 1950 důl 25. únor v Bohutíně. Důl je hluboký 1.199 m, přičemž od 26. patra na 33. patro byl důl již dříve zatopen. Z 33. patra tohoto dolu byla od roku 1956 ražena slepá jáma Eduard, která má 3 patra (36 p.) a nejnižší patro je 1.348,5 m pod ohlubní dolu 25. únor v Bohutíně.

Od 26. patra na 33. patro byl důl již dříve zatopen. Úsek mezi 24. a 26. patrem lze považovat za havarijní část, kde v délce cca 50 m docházelo ke stlačení profilu jámy až o 1/3. Jáma je pod úrovní 24. patra zatopena. V roce 1971 následkem důlního otřesu, se v dole Štěpánka zřítily výdřeva za délku 600 m a o tři roky později, v roce 1974 – byl tento důl definitivně uzavřen. Výztuž a výstroj zůstala v původním stavu.

Po uzavření bylo projektováno několik nezrealizovaných záměrů. Jeden z projektů se zaměřil na možnost využít opuštěné důlní prostory pro skladování plynu (1982), koncem 70. let pak byla vyhodnocována důlní voda z pohledu možného zásobování města Příbrami pitnou vodou.

Důl 25. únor není napojen na Dědičnou štolu, protože byl zaražen až dvacet let po ukončení prací na odvodňovací štole.

### **6.1.2 Důl Štěpán**

Zaražení dolu bylo provedeno v roce 1821. Jáma byla hlavní výdušnou dolového pole. Její hloubka je na 26. patře 864,1 m a volná hloubka 18 m. V roce 1971 došlo ke zřícení výztuže od 1. k 22. patru, které bylo způsobeno silným důlním otřesem v blízkém okolí. Otřes způsobil uvolnění bloků horniny, které padaly do hlubiny důlní jámy. Pod 11. patrem došlo ke vzpříčení padajícího horninového bloku, který tak vytvořil v celém profilu jámy nepropustnou zátku. Poté byl celý důl vyřazen z provozu a bylo rozhodnuto o jeho likvidaci.

Likvidace proběhla v roce 1971, kdy na úrovni 1. patra byla zbudována železobetonová deska na celý profil jámy. V úseku 30-65 m se provedlo vyplnění podlah lezného oddělení, pažení mezi lezným a těžebním oddělením a žebříků. Zásyp byl proveden úpravárenskými odpady úpravárenského odvalu jámy Štěpán. Zásypový materiál byl nad deskou zpevněn cementovým mlékem. Od 30 m po ohlubeň byla provedena demontáž výztuže a výstroje a jáma byla zasypána. Ohlubeň jámy byla zakryta monolitickou železobetonovou deskou.

### **6.1.3 Důl Řimbaba**

Také označován: Boží požehnání

Zaražení dolu bylo provedeno v roce 1843. Dobývka byla ukončena roku 1900. Její hloubka na 9. patře je 270,1 m a volná hloubka 11,8 m.

Část bohutínského ložiska, otevřená jamou Řimbaba, byla po obnovení provozu na tomto dole ve 40. letech 20. století odvodňována čerpadly na 9. patře do Dědičné štoly, obdobně jako tomu bylo před uzavřením v r. 1900. Na Řimbabské sv. žíle byla realizována soustava vertikálního propojení a komínem mezi 9. patrem dolu Řimbaba a 21. patrem dolu 25. únor. Po propojení sloužila jako výdušná jáma bohutínských dolů.

V období 1954–1969 byla využívána také jako školní důl pro studenty SPŠH v Příbrami. Po ukončení hornické činnosti v oblasti je tato šachta používána jako přístupový bod do dědičné štoly.

Dle Závěrečné zprávy z roku 1985 [2] byla jáma využívána jako zdroj pitné vody pro město Příbram a likvidace jámy bude provedena po ukončení čerpání.

Celkový přítok do tohoto úseku ložiska pod úrovní Dědičné štolý činil v posledních letech dobývání cca 2,8 l.s<sup>-1</sup>.

#### 6.1.4 Slepá jáma Řimbaba

Je umístěna sv. od jámy 25. únor ve vzdálenosti 1 000 m na 21. patře. Otevírá dolové pole na 5 horizontech, a to na 22., 23., 24., 25. a 26. patře. Hloubka jámy je na 26. patře 267,4 m, volná hloubka je 13,7 m. Jáma je po demontáži základních prostředků na patrech zakryta ocelovým roštem, výztuž a výstroj zůstala v původním stavu, jáma je zatopená.

#### 6.1.5 Slepá jáma Eduard

Jáma byla zaražena v roce 1956 na 33. patře jámy 25. únor, tj. v hloubce 1 199,4 m. Postupně byla hloubena na 36. patro, tj. o dalších 149,5 m (hloubka 1 348,6 m pod ohlubní jámy 25. únor) s volnou hloubkou 8,8 m. Jáma byla v roce 1967 dána do mokré konzervace, bez likvidace výztuže a výstroje.

#### 6.1.6 Jáma František

Jáma byla zaražena v roce 1843 a uzavřena v roce 1862. Hloubka jámy na 3. patře je 133,1 m, volná hloubka 30,7 m. Ohlubeň jámy byla uzavřena a v minulosti pod úrovní Dědičné štolý zatopena. Od 2. patra je jáma bez výstroje, uzavřená na povrchu železobetonovou deskou.

## 6.2 Ložisko Březové Hory

Důlní pole provozu Březové Hory je otevřeno 10 jámami, a to: Jáma Anna, Prokop, Vojtěch, Marie, Ševčinská, Lill, Jarošovka, Ferdinandka, Drkolnov a Wolfgang.

Tab. 4: Jména důlních děl zájmového území v ložisku Březové hory.

Jméno důlního díla	Další dohledaná pojmenování
Anna	-
Prokop	-
Vojtěch	-
Marie	Mariánský důl
Ševčinská	Císaře Františka, Ševčiny, Ševčin, Ševcovský důl
Důl Lill	Lillův důl
Jarošovka	Strachovská jáma
Ferdinandka	Důl Arcivévodý Ferdinanda
Drkolnov	Důl August
Wolfgang	Důl Wolfgang, Vápenice

V okolí Březových hor se nacházejí na březohorském ložisku další jámy, které nebyly závodem Rudné doly, n. p. využívány, a to: Jáma Lill, Jarošovka, Ferdinand, Drkolnov a Wolfgang.

Likvidace březohorských dolů byla definitivně schválena Federálním ministerstvem hutnictví a těžkého strojírenství 29.3.1973. Český geologický úřad vydal souhlasné stanovisko k likvidaci Ložiska Březové Hory 27.10.1978. Pro likvidaci revíru byl vypracován etapový plán likvidace.

Celková likvidace báňské činnosti včetně rekultivace a asanace byla rozdělena do 3 etap. Do první etapy byla zahrnuta likvidace dolu Vojtěch a rekultivační práce na odvalech, které nesloužily pro potřeby provozu. Likvidační práce byly zahájeny v roce 1972 a ukončeny v roce

1974. Druhá etapa byla zahájena po zastavení těžební činnosti 30.6.1978. Byla provedena postupná likvidace všech zařízení v důlním poli Anna, Prokop. Druhá etapa byla zakončena v roce 1979. V třetí etapě se provádějí uzávěry spojů dolu s povrchem a konečná likvidace povrchových objektů a zařízení. Souběžně probíhaly i rekultivační a asanační práce. S pracemi této etapy bylo započato v roce 1980 a pravděpodobné zakončení se předpokládalo v letech 1988–90.

Způsob a metodika likvidace nebo zajištění povrchových i důlních objektů byly stanoveny v plánu likvidace. Metoda zajištění jam zásypem na betonovou desku v hloubce 30–70 m pod povrchem a betonovou zakrývkou byla zvolena na pokyn OBÚ.

### **6.2.1 Areál dolu Anna**

V areálu dolu se nachází jáma Anna, jáma Prokop a Prokopská štola spojující jámu Prokop s povrchem. Jáma Anna je zasypaná až ke 2. patru, jáma Prokop do úrovně Prokopské štoly. Jáma Anna je hluboká 1464,3 m, jáma Prokop 1597,6 m.

V areálu šachty je několik potenciálních odběratelů tepla - několik soukromých firem, Hornické muzeum, garáže a archiv firmy DIAMO.

Areál byl v 90. letech 20. století využit pro zbudování zázemí výzkumného projektu ÚÚG, v rámci kterého bylo instalováno a zprovozněno tepelné čerpadlo.

#### **6.2.1.1 Důl Anna**

Šachta Anna se nachází v západní části Příbrami mezi Husovou ulicí a ulicí U Dolu Anna.

Zaražení dolu bylo provedeno v roce 1789. Ohlubeň jámy se nachází v nadmořské výšce 532,2 m. Je hlavní výdušnou jámou dolového pole úseku Anna. Má 39 pater a její celková hloubka na nejhlubším 39. p. je 1449,3 m. Volná hloubka pod úrovní 41. p. asi 15 m sloužila jako vodní jímka.

Při likvidaci jámy se neprovedla likvidace výztuže, výstroje ani jiné demontáže úpravy jámy pod úrovní 2. patra, tj. pod hloubkou 72 m pod ohlubi. V hloubce 68,2 m je zabudovaná monolitická železobetonová deska o síle 35 cm, zapuštěná na dlouhých stranách do hloubky 50 cm. V desce jsou dva otvory pro odtok vody. Jámový komín se postupně zasypal pomocí luten  $\varnothing$  400 mm hlušinovým materiálem o zrnitosti 2–10 cm po ohlubeň. Nástupiště mužstva, které je pod ohlubi v hloubce cca 8-12 m, je zcela zasypáno a chodba zazděna těsně u nástupiště. Konečný způsob zajištění ohlubi jámy je tvořen deskou z betonových panelů a betonové mazaniny. U ohlubi není zasypáno 3 m lezného oddělení jámy, jelikož touto částí vede kanál pro potrubí do kotelny. Jáma je v této části od lezného oddělení oddělena železobetonovou zdí.

### **6.2.2 Důl Prokop**

Zaražení dolu bylo provedeno v roce 1832. Jáma byla hlavní vtažnou jámou s 41 patry o celkové hloubce 1 579,2 m. Volná hloubka pod 41. p. asi 18 m sloužila jako vodní jímka. Profil jámy je 5 x 1,9 m. Ohlubeň jámy se nachází v nadmořské výšce 556,7 m a je umístěna v katastru obce Březové Hory.

Jáma je od těžní štoly na 2. patro využita jako přístupná vertikální cesta k zjišťování stavu průtočnosti Dědičné štoly. Rekonstrukce této části je provedena pečlivě, aby v budoucnu byla údržba co nejmenší. Likvidace výztuže a výstroje, případně jiné úpravy v jámě (vyjma úseku štola - 2 patro) nebyly prováděny, jáma zůstala v původním stavu.

### 6.2.3 *Důl Vojtěch*

Prvně založená hluboká jáma revíru (rok 1779), po které dochází k postupně k velmi intenzivnímu rozvoji revíru. Jáma má 35 pater a celková hloubka je 1 248,9 m. Pod 35. patrem je volná hloubka 14 m.

V hloubce 40,4 m byla vybudována monolitická železobetonová deska, zapuštěná do dlouhých stran jámy 50 cm. Těsně pod deskou byla po obvodu jámy za délku 1 m provedena svorníková výztuž a zhotoven betonový věnec a síle 20 cm (armovaný beton) rovněž za délku 1 m. Svorníky a věnec zajišťují okolní horninu proti vyjetí pod povalem. V desce jsou otvory pro odtok vody.

Zásyp jámy je proveden pomocí luten  $\varnothing$  400 mm postupně. S postupem zásypu se prováděla demontáž lezných povalů, průvodnic a potrubí. Zrnitost zásypu – haldoviny je 2-30 cm s převahou drobného materiálu. Uzavření jámy na ohlubni se provedlo po slehnutí materiálu železobetonovými panely. Proti posunu byly zajištěny betonovou mazaninou. Chodba těsně u nástupiště mužstva byla zazděna.

Jáma pod deskou zůstala v původním stavu, nebyly prováděny demontáže výstroje a výztuže.

### 6.2.4 *Důl Marie*

Jáma Marie se nachází v Březohorském rudním revíru v západní části Příbrami mezi Majerovou ulicí a Nádvořím MSGR. Korejse – viz příloha 1.

Jáma byla založena v roce 1822. Její hloubka na 33. patro je 1 159,2 m, volná hloubka pod úrovní patra je 5,8 m. V roce 1979 byly zahájeny práce na uzavření jámy. V hloubce 33,8 m (od ohlubně po poval) je zabudován železobetonový poval o síle 35 cm zapuštěný 50 cm do bočního zdiva na dlouhých stranách jámy. V povalu jsou dva otvory pro odtok vody. Byla provedena demontáž lezného oddělení a zásyp jámy hlušinovým materiálem o zrnitosti 1-30 cm.

Po dostatečném slehnutí zásypového materiálu měla být ohlubeň jámy zakryta betonovými panely a betonovou mazaninou. O realizaci tohoto kroku nejsou dostupné žádné informace.

Jáma pod úrovní betonové desky zůstala v původním stavu bez jakýchkoliv úprav (?).

### 6.2.5 *Ševčinský důl*

Zaražení dolu bylo provedeno v roce 1813. Hloubka jámy na úroveň 32. patra je 1092,1 m a volná hloubka pod úrovní patra činí 16,1 m. V 50. letech minulého století byla provedena kompletní obnova výztuže a jáma se používala pouze k výjimečné jízdě mužstva, spouštění dřeva, těžba se neprováděla. Z důvodu záměru využití tepla důlních vod bylo přistoupeno k provedení oprav výztuže a výstroje jámy, aby byl udržen přístup do nižších pater jámy. Případný způsob likvidace měl být řešen až posléze.

V souvislosti s uzavřením březohorského revíru v ložisku Březové Hory roku 1978 byla o jedenáct let později ukončena likvidace dolu zásypem na zátku v hloubce 47 m a zakrytím ohlubně jámy betonovou deskou. [5]

### 6.2.6 *Důl Lill*

Hloubka jámy na 18. patro je 431,9 m, volná hloubka pod 18. patrem je 22,6 m. Jáma byla v roce 1902 opuštěna, zatopena a ohlubeň zajištěna betonovým poklopem. V roce 1948 byla jáma pokusně otevřena. V roce 1961 bylo provedeno vyčerpání vody a obnova výztuže a výstroje. V roce 1964 byl pro Uranové doly stanoven zvláštní dobývací prostor. Těžba byla ukončena v roce 1965 a bylo přikročeno k likvidaci. Jáma je na ohlubni zakryta železobetonovým poklopem. Výztuž nebyla zlikvidována.

### **6.2.7 Důl Jarošovka**

Hloubka jámy je 200,1 m na 9. p., volná hloubka 18,8 m. Těžba na jámě Jarošovka skončila v roce 1892. Jáma byla směrem do hloubky vyzděna kamenným zdivem. Jáma byla po 2. p., úroveň Dědičné štoly, zatopena. Od ohlubně po 2. patro byla před zásypem bez výztuže. V roce 1973 byl proveden plný zásyp jámy hlušínovým materiálem z odvalu této jámy. V průběhu roku 1976 byl zásyp po slehnutí doplněn. Od té doby nedošlo k žádným poklesům.

### **6.2.8 Ferdinandka**

Zaražení bylo provedeno v roce 1820. Hloubka jámy po 14. p. je 315,7, volná hloubka je 9,2 m. Těžba byla ukončena v roce 1892. Po úroveň 2. patra – Dědičnou štolu, je zatopena. V roce 1977 byla provedena revize zakrývky na ohlubní a původní zakrytí bylo odstraněno. Byla zhotovena nová monolitická železobetonová zakrývka ohlubně jámy o síle 30 cm a provedeno oplocení ohlubně. U ohlubně byla jáma vyzděna kamenivem, bez jakékoliv výztuže.

### **6.2.9 Důl Drkolnov**

Jáma byla založena v roce 1836 a důl byl definitivně zastaven v roce 1896 pro špatné výsledky průzkumných prací. Hloubka jámy na nejhlubší 13. p. 403,5 m, volná hloubka je 11,7 m. Jáma je pod 2. patrem, tj. na 88,6 m pod ohlubní zatopena a tvoří přirozenou vodní nádrž. V době zpracování Zprávy, ze které je čerpáno, byla jáma využívána jako zdroj pitné vody pro město Příbram.

Jáma by měla sloužit po ukončení likvidace revíru jako jedno z míst pro kontrolu Dědičné štoly.

### **6.2.10 Důl Wolfgang**

Jedná se o velmi staré důlní dílo, rok založení se datuje asi 1771. Rok zastavení činnosti se udává 1838. Důl byl po zastavení činnosti zatopen.

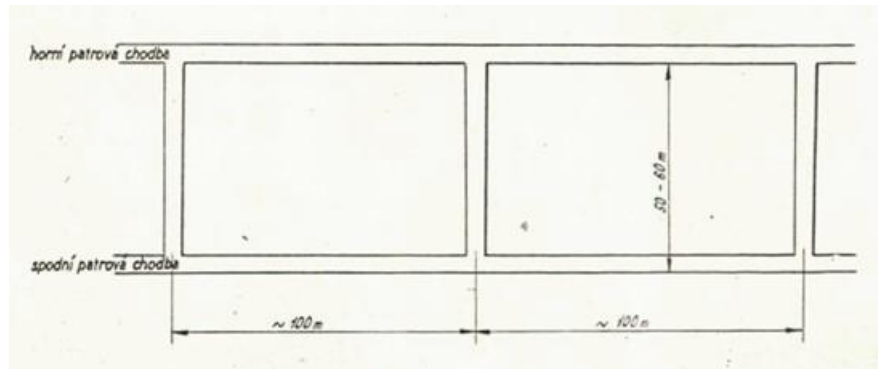
## 7. Technologie těžby

### 7.1 Podmínky dobývacího prostoru

Pro potřebu další diskuze o pronikání důlních vod pásmem vydobytého ložiska je účelné zmínit technologii těžby a způsob likvidace vydobytých prostor. [2], str 22

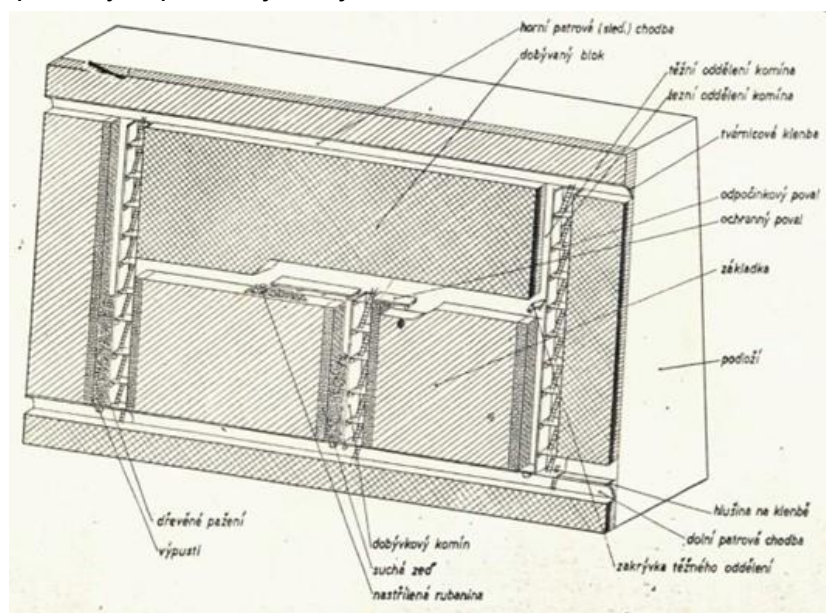
### 7.2 Výstupkové dobývání s vlastní základkou

V letech 1945-1952 zůstává v revíru jedinou dobývací metodou výstupkové dobývání se základkou. Přípravné práce, které tato metoda vyžaduje, jsou patrové chodby ražené po žíle ve vertikální vzdálenosti 50 m. Jsou spolu propojovány komíny, které se razí s postupem spodní patrové chodby nejprve ve vzdálenosti cca 50 m, později se zavedením účinného separátního větrání dovoluje tuto vzdálenost prodloužit na cca 100 m.



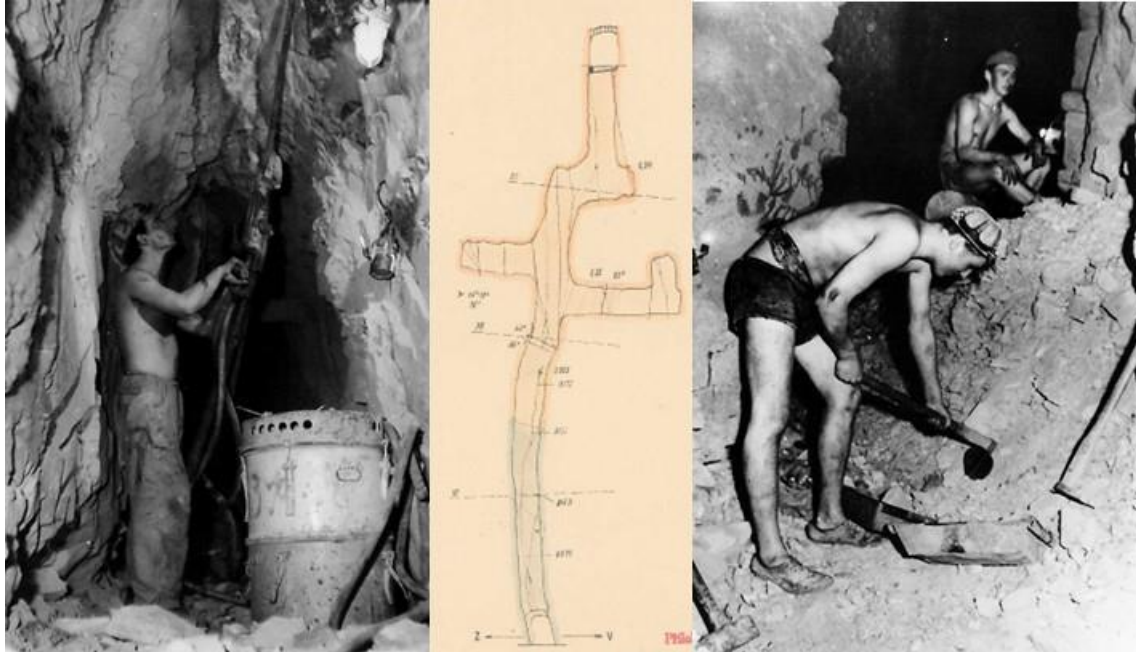
Obr. 14: Schéma rozdělení bloků [2].

Tato metoda byla určena pro dobývku se střední a vysokou obsahovostí zrudnění. Její podstata spočívá v dobývání žilné plochy pomocí vrtacích a trhacích prací, a to zdola nahoru – od spodní sledné chodby k hornímu patru. Dobývání postupuje ve výstupcích, jejichž výška je odvislá od způsobu vrtání a provozně geologické situace. Pojem výstupek byl nahrazován i slovy plást, lávka, pruh, výstup ale nejčastěji označován slovem lenta.



Obr. 15: Schéma výstupkového dobývání se základkou [2].

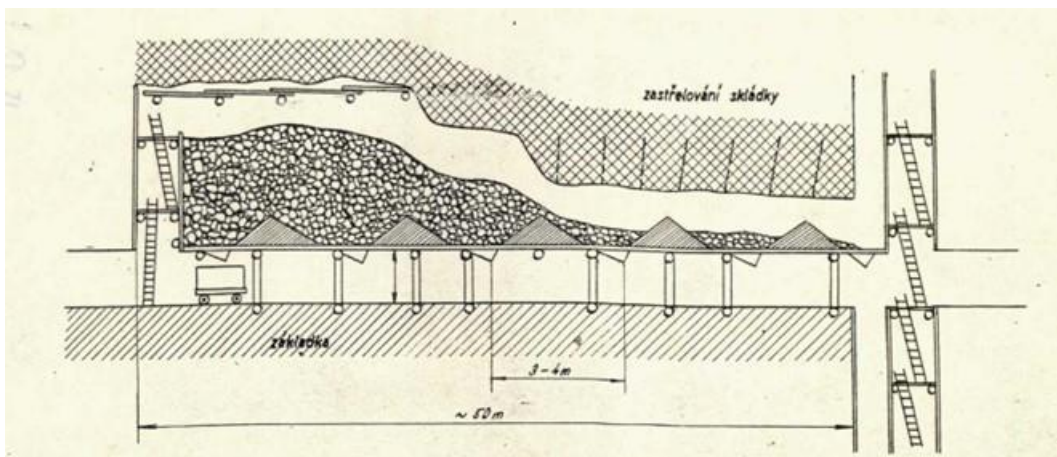
Mezi stropem dolní chodby a počvou, resp. základkou je prostor na výšku 2,5 m. Ražba 1. výstupu představuje odrubání horniny 2,5 m nad strop dolní chodby vysoké 2,5 m a vytváří se tak prostor pro další dobývání. Výška vyrubaného volného prostoru činí tedy v součtu 5 m a je omezený stropní vřdřevou a základkou. Jako základkový materiál se používá z části hlušina vybraná při odkluzu rubaniny, zčásti cizí základka přesouvaná přes komíny po svrchním patře.



Obr. 16: Průběh výstupkové dobývky s dokumentací vyrubaného prostoru [2].

### 7.3 Dobývání na skládku

V r. 1952 je na dole Anna na 35. patře v severní části Matkobožské žíly poprvé uplatněno dobývání na skládku. Příprava bloku je v podstatě stejná jako u výstupkového dobývání, jen s tím rozdílem, že se ve výztuži spodní patrové chodby zřizují výpustě ve vzdálenosti 3,5 – 5,0 m. Odrubává se v pásech o výšce 2,5 m. Po odpalu se s ohledem na nakypření (koeficient nakypření 1,8-2,0) odpouští bezprostředně jen cca 30-40 % rubaniny, aby vzniknul potřebný pracovní prostor. Po ukončení dobývky je rubanina z mezipatra zcela vypuštěna. Prostor se po vypuštění bud založí nebo se ponechá prázdný.



Obr. 17: Schéma mezipatrové skládky [2].

I když se jedná o metodu s podstatně vyšší produktivitou, s podstatně menším objemem tesařských prací a pracností vůbec než výstupkování, nestalo se skládkování hned metodou výlučnou. Zpočátku bylo používáno pouze v místech s příznivými dobývacími podmínkami



s ohledem na bezpečnost a stabilitu. S postupem doby se však skládkování rozšířilo v celém revíru a bylo dokonce uplatňováno i tam, kde s ohledem na báňsko-geologické poměry mělo být používáno výstupkové dobývání.

## 7.4 Skládka škrabáková

Zcela zvláštní variantou použitou k odrubání zbytkových pilířů, je tzv. skládka škrabáková, která je založena na sestřelování rubaniny přímo na počvu mezipatra či na počvu tvořenou základkou. Přebytek je odtěžován škrabákovým vrátkem umístěným v lezném oddělení přístupového a odtěžovacího komína. Škrabákový vrátek se s postupem rubání přemísťuje v lezném oddělení směrem nahoru. Po dobu rubání se tedy rubanina ve vydobytém prostoru nepohybuje a tím se zmenšuje možnost uvolňování bočních hornin.

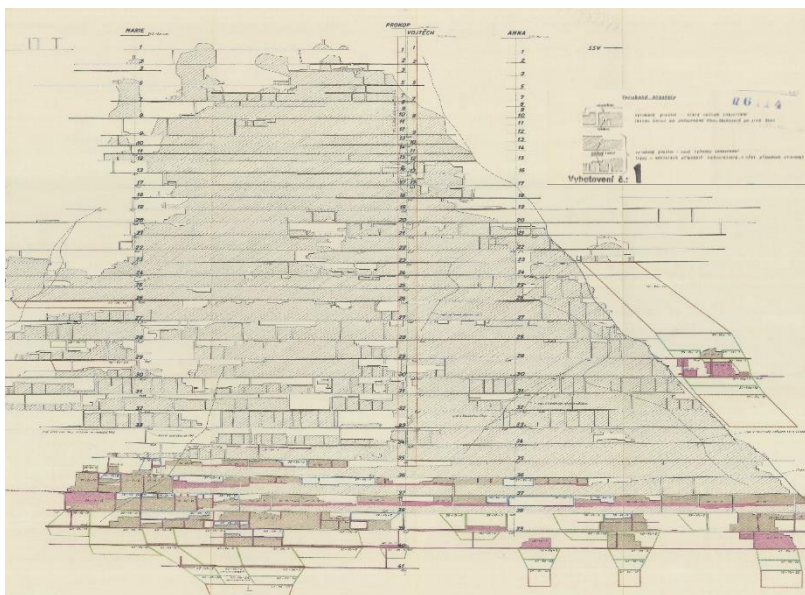
Postupně obnažené boční horniny se zajišťují rozpěrami.

Pro úplnost přehledu o vývoji dobývacích prací uvádí autor, že na dole 25. únor bylo v roce 1964 zkoušeno dobývání vertikálními plásty. Blok byl dobýván od hraničního komína ve vertikálních pásech o šířce 3-4 m. Výška zabírky činila 1,5 m. Rubanina byla odtěžována na spodní vypouštěcí základnu samospádem. Ačkoliv byla tato metoda po zkušebním provozu obvodním báňským úřadem povolena, nedoznala širšího uplatnění.

## 7.5 Zhodnocení

Obě používané hlavní metody – výstupkování & skládkování – mají několik společných znaků:

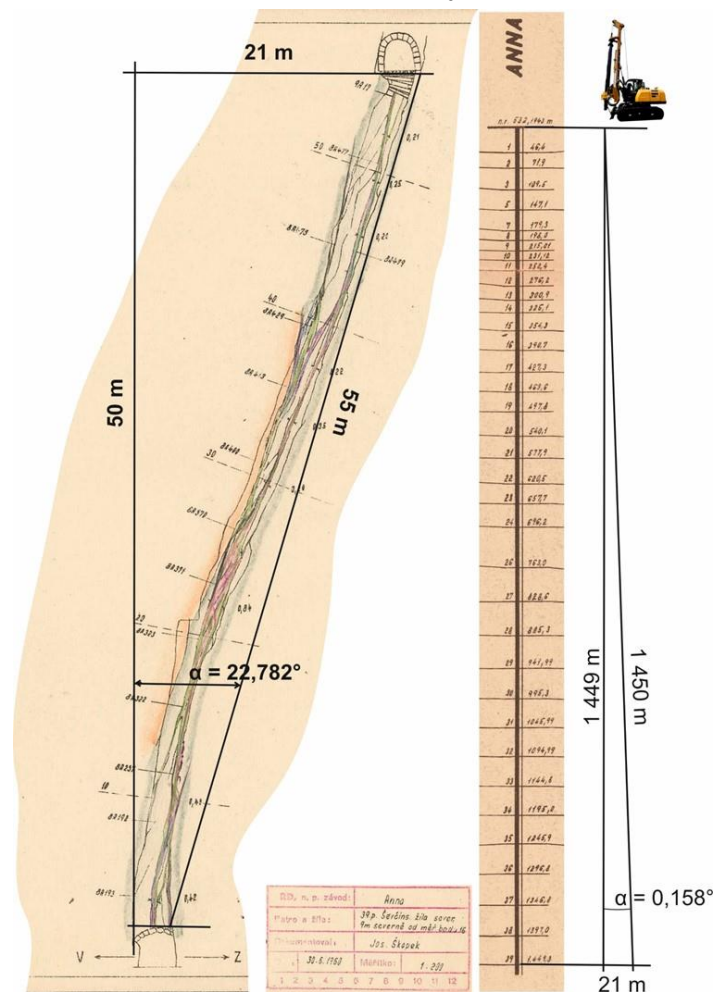
- dovrchní postup porubní fronty, při němž mezi stropem porubu a vrchním odrubaným patrem vzniká pilíř (tyto pilíře byly jednou z hlavních příčin březohorských otřesů),
- ponechání maximálního množství hlušiny v prostoru dobývky,
- výška dobývacího a pracovního prostoru bývá násobek 2,5 m,
- délka bloků má být nejvýše 50 m, výška bloků 25 m (Výnos OBÚ č. 3850/1956),
- na hlavních žilách nelze klesat se šířkou pod hranici 1,0 m,
- s postupem rubání je třeba odpouštět ze skládky jen to množství rubaniny, které odpovídá zkyprění narubané a rozdrčené žíly.



Obr. 18: Řez dobývkou znázorňující míru zaplnění jednotlivých pater skládkováním [2].

Jedna z hypotéz diskutující možné jímání důlních vod pracuje s předpokladem, že lze důlní vodu zastihnout pomocí hlubokých jímacích vrtů. Aby bylo možné na tuto hypotézu odpovědět kladně, je nutné, aby se vydobytý prostor plošně zvětšoval v závislosti na hloubce, resp. na

vzdálenosti mezi vrtnou soupravou a využitelným vydobytým prostorem. I když existují vrtné technologie umožňující dodržet požadovaný vrtný úhel, je nutné vzít v potaz nejen technické možnosti, ale taky schopnosti a zkušenosti vrtné osádky.



Obr. 19: Příklad vydobývky na 39. patře dolu Anna [2].

Pro doložení výše uvedeného textu přikládáme názorný příklad (viz Obr. 19), kdy na dole Anna je na hloubce 39. patra (1 449 m) vydobytá Ševčínská žíla, po které zbyl prostor 1 m mocný. Na to, aby se vrtná souprava trefila do vydobytého prostoru vzdáleném 1 449 m, musí dodržet max. úklon od svislice 0,158°.

## 8. Hydrologické poměry zájmového území

### 8.1 Hydrologické povodí

Zájmové území spadá z hydrologického hlediska do dvou povodí 4. řádu s pořadovým číslem:

- 1-11-04-0030-0-00 Litavka; plocha dílčího povodí je 23,972 km<sup>2</sup>
- 1-11-04-0080-0-00 Příbramský potok; plocha dílčího povodí je 32,838 km<sup>2</sup>

Územím protéká tok Litavka, která ho lemuje ze západního směru a Příbramský potok, který je východním směrem. Zájmová oblast se nachází mimo zátopové území.

Zájmová oblast je směrem k severu odvodňována vodotečí Litavka, která pramení na východním svahu vrchu Malý Tok v CHKO Brdy. Protéká od JV obcí Láz, před Bohutínem se stáčí k SV až S a dále teče přes Vysokou pec do Příbrami. V obci Lhota u Příbramě se stáčí k východu a před obcí Trhové Dušníky se do ní vlévá Příbramský potok. Dlouhodobý průměrný průtok od pramene po Obecnický potok za období 1981-2010 v závěrovém profilu byl 0,462 m<sup>3</sup>/s. Dlouhodobý průměrný průtok od toku Obecnický potok po tok Chumava za období 1981-2010 v závěrovém profilu pak byl 1,29 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

Příbramský potok pramení jv. od Příbrami za obcí Konětopy. U Lešetec se stáčí na východ, kde se do něj vlévá Lešetický potok a potok Vojna. Zde do něj DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Správa uranových ložisek vypouští vyčištěnou důlní vodu ze šachty č. 15. Voda z bývalého uranového ložiska pak tvoří podstatnou část potoka. Odtud pokračuje severně do Příbrami. U Trhových Dušníků se Příbramský potok vlévá do říčky Litavka.

### 8.2 Srážky

Pro hodnocení klimatických podmínek, a to zejména srážkových úhrnů v zájmové oblasti jsou použita data měřená pro lokalitu Příbram. Provozovatelem meteostanice Příbram (Středočeský kraj, nadmořská výška 550 m) je ČHMÚ a pro potřeby tohoto dokumentu byla použita data v rozmezí let 2004-2023.

Informace o datech jsou dostupné na stránce ČHMÚ. [6]

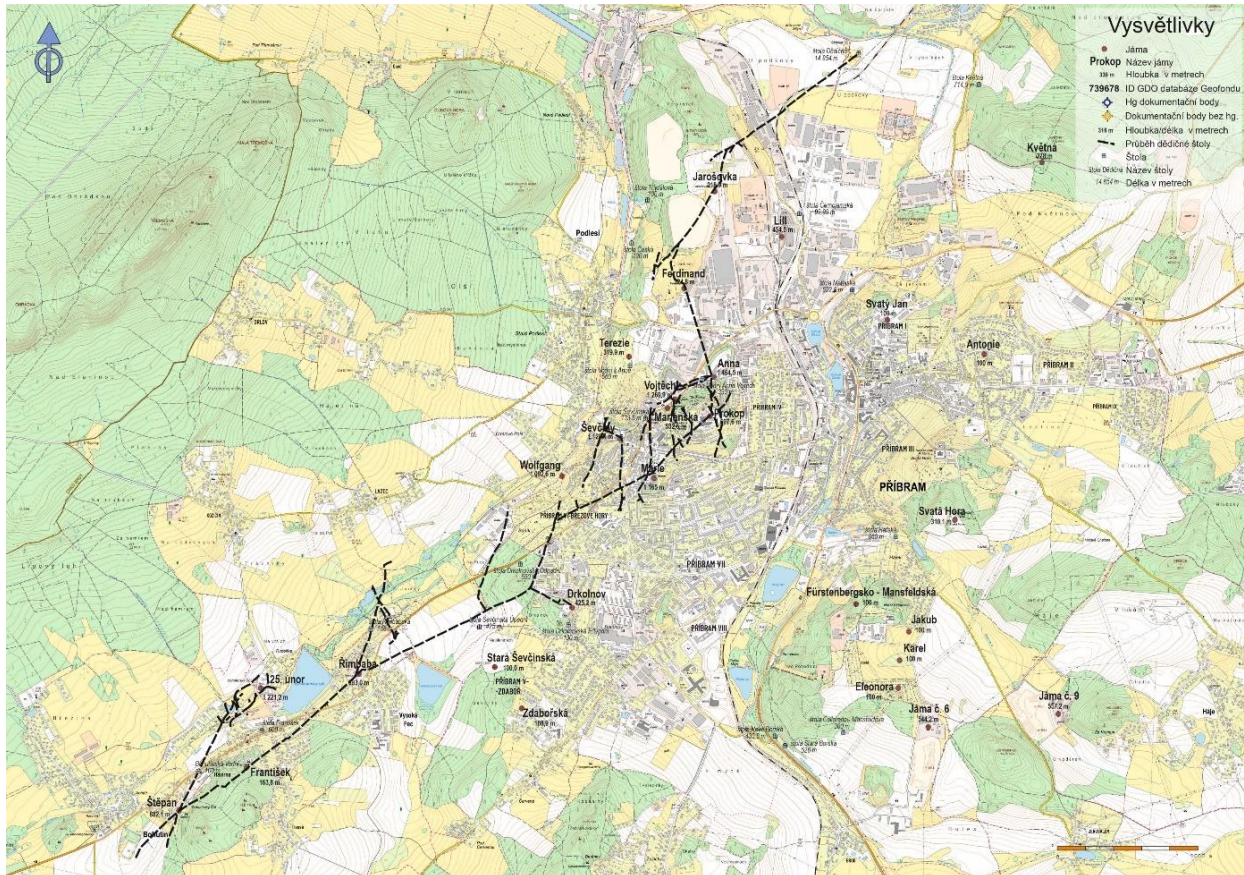


Obr. 20: Grafické znázornění ročních srážkových úhrnů v období 2004-2023.

## 8.3 Vodní režim a odvodňování dolů před likvidací

### 8.3.1 Dědičná štola

Veškeré důlní vody z oblasti bohatínského a březohorského ložiska (s výjimkou jámy Lill) jsou odváděny Dědičnou štolou vyraženou na úrovni 2. patra do Litavky. Průběh štoly je znázorněn na Obr. 21.



Obr. 21: Průběh Dědičné štoly odvodňující březohorského rudního revíru.

Dědičná štola byla ražena v letech 1789-1859 a celková délka všech ražeb na 2. patře je 27 975 m. Délka vlastní Dědičné štoly, kterou jsou odváděny vody od jámy Štěpán (nejjižnější důl celého revíru) až k ústí štoly u Litavky je 8 944 m (včetně propojení na důl 25. únor). Postupně jsou na ni napojeny všechny šachty z obou revírů, včetně starých zatopených šachet v sz. části oblasti (Drkolnov, Ferdinand, Jarošovka). Štola má pravidelný spád (1-6 ‰) a je vedena většinou důsledně v úsecích mimo dobývkové práce. Štola byla vyražena v hloubkách od cca 101 m do 71 m pod povrchem a jedná se o perfektní dílo starých havířů.

Na úrovni 2. patra byly důlní vody zachycovány a prostřednictvím starého, udržovaného systému dřevěných žlabů a korýtek sváděny do štoly jako i přítoky z dobývek a jiných starých děl nad 2. patrem. Kromě toho má štola i své vlastní přítoky, většinou z puklin směru S-J. Tyto přítoky nejsou příliš výrazné a jejich četnost je vyšší v úseku mezi jámou Anna a ústím do Litavky. Tento údaj je v rozporu s prokázanou menší propustností proterozoických hornin a lze jej částečně vysvětlit nižším stupněm rozfárání této části ložiska v mělku oproti partiím vyvinutým v kambrických horninách. V místech vlastních přítoků do štoly se vyskytují sraženiny obsahující mangan a železo (rezavohnědá barva) a olovo a zinek (bílá až krémově žlutá barva).

Převážná část vody z Dědičné štoly byla dle Závěrečné zprávy (1985) [2] v minulosti využívána pro vodovodní zásobování Příbrami a okolí.

### 8.3.2 Květenská štola

Štola byla vyražena údajně roku 1874 a sloužila k odvodnění dolů. Její celková délka je 714 m. Květenská štola vyúsťuje na povrch ve vzdálenosti asi 0,3 km jv. směrem od okraje obce Trhové Dušnice v mírném svahu při okraji lesa cca 60 m východně od hlavní silnice Příbram – Jince. Ve štole se nevyskytují žádné rudné žíly a minerály. Protože se nepotvrdily předpoklady pro dobývku požadovaných rud v oblasti, byl v roce 1885 ukončen průzkum. Štola je neprůchodná asi po 100 m; je zde zabudována silná mříž a štola je za ní zavalená a zatopená. Stěny štoly jsou roubeny lomovým kamenem. Z ústí štoly vytéká malý výron důlní vody do bezejmenné vodoteče, která ústí do Litavky. [8], [10].



Obr. 22: Portál Květenské štoly.

### 8.3.3 Chemizmus důlních vod

Chemizmus důlní vody revíru Bohutín byl určen ze vzorků, které byly odebrány ze soustředěných pramenů, z průsaků dobývkami a ze stružek na sledných chodbách v ložisku v úrovni 2. patra a 5. patra. Z údajů uvedených v Tab. 5 lze pozorovat vzestup celkové mineralizace vody a její alkalizaci s hloubkou a s prodloužením kontaktu s infiltrujícími vodami s horninovým prostředím. Na 1. a 2. patře lze konstatovat, že převažují vody typu Ca-Mg-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> a na 5. patře už jasně dominují natrium-bikarbonátové vody.

Chemizmus důlní vody revíru Březové Hory je charakteristický nižší mineralizací, než je tomu u Bohutínského ložiska. Dochází zde k průsaku vod z povrchu dobývkami nad vlastními puklinovými přítoky. Z údajů uvedených v Tab. 6 lze pozorovat nápadný rozdíl ve složení vod z 2. patra a pater nižších. S hloubkou dochází ke vzestupu celkové mineralizace vody (z 0,4 na 1,8 g.l<sup>-1</sup>). Zvyšuje se podíl sodíku (Na), a naopak ubývá vápník (Ca) a hořčík (Mg); dominantním aniontem jsou sírany (SO<sub>4</sub><sup>II-</sup>). Vysoký obsah síranů a zinku (Zn) pocházejí z kontaktu se sulfidy obsaženými v protékaném horninovém prostředí.

Tab. 5: Chemizmus důlních vod ložiska Bohutín před likvidací dolů (1985) [2].

Charakteristické komponenty chemismu důlních vod v Bohutíně										
Vzorek č. stanovení	Pp 1	Pp 2	Pp 3	Pp 4	Pp 5	Pp 6	Pp 7	Pp 8	Pp 9	Pp 10
1. Typ vody (složky nad 25 mval%)	Na-HCO <sub>3</sub>	Na-HCO <sub>3</sub>	Na-Ca-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-SO <sub>4</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Ca-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
2. Celková mineralizace g/l	0,427	0,550	0,282	0,611	0,218	0,280	0,295	0,191	0,343	0,175
3. Tvrdost celková °N	3,03	6,03	5,47	24,00	7,49	10,37	10,70	5,94	12,50	5,19
4. Tvrdost stálá °N	0,0	0,0	0,0	18,53	3,99	5,88	6,49	0,33	7,03	0,0
5. Sulfáty mg/l	5,7	6,17	6,17	304,9	49,0	87,2	97,1	7,0	75,3	7,8
6. rSO <sub>4</sub> /r Cl	0,46	0,33	0,29	13,80	4,43	7,00	7,21	0,93	3,08	1,07
7. Agresivní H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> na Fe mg/l	6,2	0,0	15,4	24,3	15,7	6,3	16,4	24,2	27,6	14,5
8. Oxidovatelčnost mg O <sub>2</sub> /l	4,2	1,8	2,6	2,2	2,6	2,8	1,3	1,8	1,4	2,9
9. Kyselina křemičitá mg/l	14,4	11,2	32,6	32,0	46,4	40,0	30,1	53,4	42,6	47,0
10. pH stanovení na místě	7,0	7,1	6,8	7,2	6,6	6,5	6,5	6,6	6,7	6,2
11. Teplota vody °C	10,8	10,3	10,2	10,3	8,0	7,8	7,4	7,6	8,6	8,0
12. Teplota vzduchu °C	12,6	13,4	13,0	13,0	10,5	10,5	10,5	10,5	10,0	10,0
13. Fe	0,07	0,07	0,14	0,07	0,07	0,07	0,14	0,07	0,14	0,14
14. Mn v mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
15. Fe	1,67	2,36	0,48	0,11	0,09	0,09	0,07	0,09	0,07	0,09
16. Zn	16	13	6	55	482	269	435	116	12	8
17. Pb	13	3	11	4	18	53	82	180	12	6
18. Cu v µg/l	11	3	2	2	4	2	2	2	2	1
19. As	30	70	90	0	30	10	0	0	30	10
20. Co	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21. Mo	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
22. Q l/s	0,005	0,02	0,03	0,2	cca 4,0	1,1	0,2	0,5	0,2	
23. Lokalizace	5.p.překop 636 m záp. od Štěpán. Průsak z pukliny při jíř.poruše	5.p.překop 497 m záp. od Štěpán. Struška na Štěpán.	5.p.pře- kop 435m kop k 25.únoru, la nad Štěpánky. z 2.p. při poč- Průsak vř.přek. z dobýv.	5.p.pře- kop k dič.što- celk. z 2.p. Průsak vř.přek. z dobýv.	2.p.dě- 2.p. dič.što- celk. z 2.p. Průsak vř.přek. z dobýv.	2.p., 330 m od vřtok před vto- kem do dě- dič.štolý ré dobýv. nad 2.p. (dobýv.)	2.p., 330 m od vřtok před vto- kem do dě- ze sta- "Na Pá- dič.štolý ré dobýv. nad 2.p. (dobýv.)	2.p.- vřtok nora pře- "Grani- kop sou- středný při jíř. přítok poruše	1.p. 80m od 8.2.ú- nora pře- kop sou- středný při jíř. přítok poruše	1.p.- překop "Grani- kop sou- středný při jíř. přítok poruše

Tab. 6: Chemizmus důlních vod ložiska Březové Hory před likvidací dolů (1985) [2].

Charakteristické komponenty chemismu důlních vod v Březových Horách								
Vzorek č.	Pp 12	Pp 13	Pp 14	Pp 15	Pp 16	Pp 17	Pp 18	Pp 19
Typ vody (složky nad 25 mval%)	Mg-Na-Ca-SO <sub>4</sub>	Mg-Ca-Na-SO <sub>4</sub>	Na-Mg-Ca-SO <sub>4</sub>	Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Ca-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
Celková mineralizace g/l	1,832	1,832	1,846	0,422	0,368	0,409	0,116	0,346
Tvrdost celková °N	50,61	50,47	43,74	14,15	12,90	14,30	3,78	12,05
Tvrdost stálá °N	38,55	35,61	30,56	8,54	7,29	9,53	2,10	5,32
Sulfáty mg/l	1 006,1	995,8	1 000,7	129,6	94,2	141,1	38,6	72,4
r SO <sub>4</sub> /r Cl	13,0	28,8	15,6	4,9	3,6	5,7	4,2	3,1
Agresivní H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> na Fe mg/l	0	0	0	9,90	9,90	12,70	13,0	14,10
Oxidovatelčnost mg O <sub>2</sub> /l	1,6	1,6	5,2	3,4	2,1	1,3	2,5	2,2
Kyselina křemičitá mg/l	11,2	11,2	16,0	43,5	52,2	62,4	21,4	18,2
pH stan. na místě	7,0	7,3	7,5	6,9	6,9	6,7	6,2	7,4
Teplota vody °C	20,0	24,6	20,0	8,4	9,4	8,8	9,4	
Teplota vzduchu °C	18,0	26,0	21,0	10,0	10,0	10,0	10,5	
Fe	0,19	0,19	0,22	0,14	0,14	0,14	0,14	0,28
Mn v mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
F								
Zn	1 600	3 650	355	110	20	150	880	960
Pb v µg/l	26	14	26	10	10	79	27	19
Cu	54	2	3	3	3	2	18	3
Q l/s		0,02	1,5	0,5	0,3	0,35	0,1	
Lokalizace	33.p.- žumpa u jámy Marie	33.p.-100m J od Vojtěcha. Přítok z puk- Vojt.hl.žíly	30.p.-Pře- kop 140 m záp. od žum- py pod pře- kopem	2.p.-Přítok ze směrné na Mordýř. žíle	2.p.-Odtok ze sledné na Vojt. nadlož. odžilku	2.p.-Odtok z Matkobož. odžilku do dědičné štoly	2.p.-Odtok slednou Vojt. nadl. a hlavní žíly	2.p.-Voda čerpána z dolu pod 2. patrem

V rámci projektu instalace tepelného čerpadla byl proveden v dubnu 1984 odběr vody z Ševčínského dolu, který je uveden v Tab. 7. Jedná se o vzorek odebraný z šachty, ale lze předpokládat, že voda, která zatápěla důlní prostory byla charakteristická podobnými

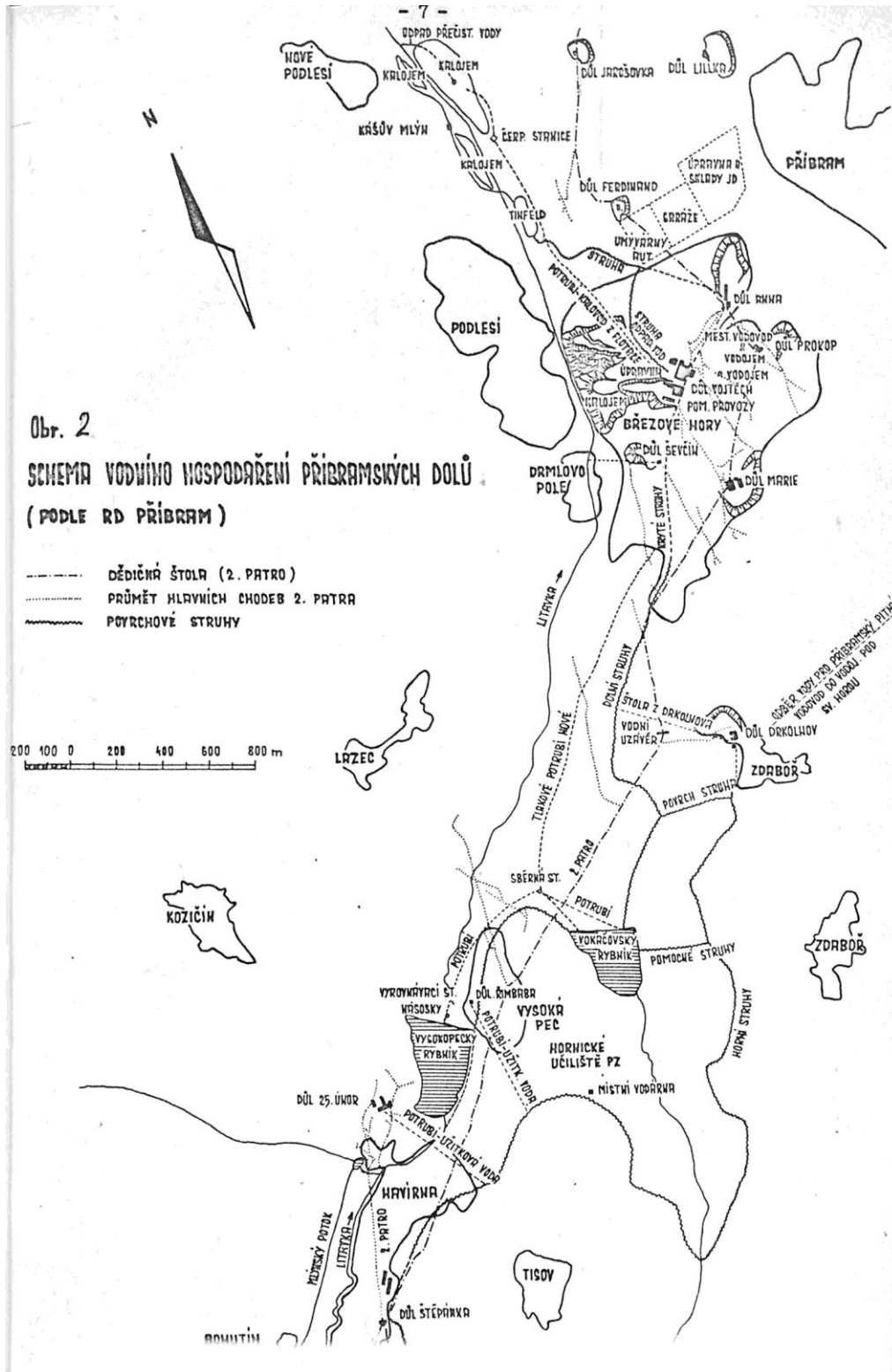
fyzikálními a chemickými parametry. Jedná se o vodu kalcium-hydrogenuhličitanového typu s nízkou mineralizací. Tato voda je vhodná pro tepelné čerpadlo, kde předává teplo jinému médiu a není tudíž nebezpečí inkrustací v potrubí. [9]

Tab. 7: Chemizmus důlní vody z Ševčinského dolu (1984) [9].

Ukazatel	Jednotka	Ševčiny
pH		
Barva	mg Pt/l	45,0
Vzhled		
Alkalita	mval l/l	6,65
Organické látky	mg O <sub>2</sub> /l	7,76
Železo (Fe <sup>3+</sup> )	mg/l	1,7
Tvrdost celk.	°něm	97,5
Tvrdost váp.	°něm	71,0
Tvrdost hořeč.	°něm	26,5
Tvrdost uhlič.	°něm	18,6
Tvrdost neuhlič.	°něm	78,9
Vápník	mg/l	507,6
Hořčík	mg/l	114,0
Kys. uhl. vázaná (CO <sub>2</sub> )	mg/l	146,3

### 8.3.4 Vodní hospodářství dolů

Všechny příbramské štolý jsou odvodňovány od nejnižší situovaných v Bohutíně až po staré doly v sz. okolí Příbrami Dědičnou štolou. Jej průběh je znázorněn na Obr. 21 a Obr. 23 a bližší popis je uveden v kapitole 8.3.1. Schéma vodního hospodářství závodů je uvedeno na Obr. 23.



Obr. 23: Schéma vodního hospodářství dolů (1985) [2].

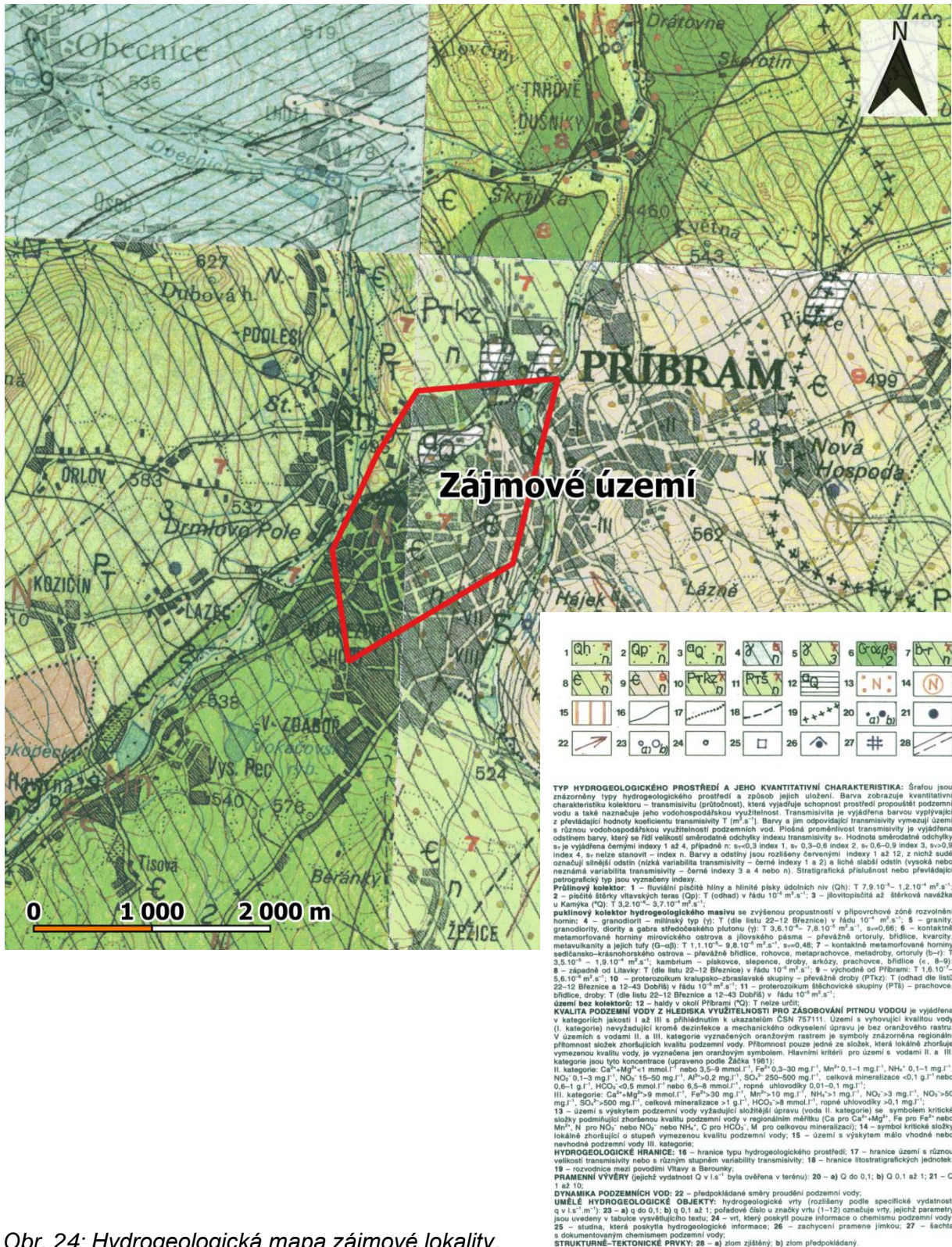


Současně známý vodní systém vznikal postupně od r. 1768 do druhé poloviny 19. století. Sestává z pěti velkých báňských rybníků o úhrnné kapacitě cca 3 mil. m<sup>3</sup> s roční dodávkou vody pro potřeby báňského průmyslu více než 15 mil. m<sup>3</sup>. Délka všech náhonových a sběrných struh činila téměř 90 km. V současné době jsou struhy na rozdíl od rybníků z velké části poničené a nefunkční a mnohde byly zlikvidovány necitlivými zásahy člověka.

Nejstarším z příbramských báňských rybníků je Vysokopecký rybník (Pecovák). Se stavbou se začalo v roce 1768, dokončena byla v červnu 1770. Práce prováděl rybníkář Matěj Blažek. Během svého trvání byl několikrát opravován zejména v úseku hráze a výpustného systému, a to v letech 1847, 1873, 1969 a 1995. Druhým v pořadí byl Vokáčovský rybník (Drozdák), vybudovaný v letech 1780 až 1782. Jelikož množství vody poskytované těmito rybníky nestačilo stále se zvyšujícím požadavkům rostoucího provozu příbramských dolů, bylo v roce 1818 započato se stavbou hráze dalšího rybníku, tzv. Lázkého (původním jménem arcivévodny Františka Karla). Jeho výstavba byla dokončena v roce 1822. Délka sběrných struh byla asi 23,1 km, délka náhonových struh 12,9 km. Nejvyšší stav vody nad výpustným potrubím byl 15,2 m, obsahová kapacita 670 tis. m<sup>3</sup>. Stále stoupající potřeba vodní pohonné síly si vynutila další stavbu báňského rybníku, tzv. Pílského (původním jménem arcikněžny Žofie, Žofínský). Stavba hráze vysoké 20 m trvala od r. 1851 do r. 1853. Tento rybník však nikdy nedosáhl plánované kapacity 2 mil. m<sup>3</sup>. V r. 1854 došlo po vydatných deštích k protržení hráze. Protržená část hráze byla r. 1856 opravena. Po důkladných prověrkách bylo zjištěno, že pod hrází je nežádoucí vrstva písčitého jílu, který vodu propouští. Rybník byl proto několikrát opravován, hráz zpevněna a opatřena korytovým odpadem ve výši 10,9 m od paty hráze. Tím se kapacita snížila na cca 700 tis. m<sup>3</sup>. Dnes rybník slouží spolu s Lázkým a Obecnickým rybníkem jako jeden ze zdrojů pitné vody pro město Příbram. Posledním z báňských rybníků byl tzv. Hutnický rybník pro potřebu hutnického procesu. Systematickým budováním báňských rybníků a jejich upravováním docílil již roku 1855 březohorský revír celkové zásoby 2 938 000 m<sup>3</sup> vody. [16], [17]

## 9. Hydrogeologické poměry

Zájmové území spadá do hydrogeologického rajónu základní vrstvy Krystalinikum, proterozoikum a paleozoikum v povodí Berounky č. 6230. Vymezení zájmové lokality v hydrogeologické mapě je znázorněno na Obr. 24.



Obr. 24: Hydrogeologická mapa zájmové lokality.

Převážná část informací o březohorském revíru je přehledně a uceleně zpracována v Závěrečné zprávě o ložiskách Březové hory a Bohutín (likvidační zpráva s výpočtem zbývajících zásob k 31.12.1979) z roku 1985 [2], kde hydrogeologickou problematiku březohorského revíru řešil J. Štekl, který vycházel z informací V. Valeše z období spolupráce na úkolu celkového ložisko-geologického výzkumu ÚÚG v příbramské rudní oblasti (M. Píša et al. 1976). Jejich poznatky a shrnutí jsou uváděny níže (především kap. 9.1).

Podle výsledků hydrogeologického a hydrogeochemického mapování byl vyvinut v okolí bohutínských a březohorských dolů pouze omezený asymetrický depresní kužel a odvodněný prostor nesahal příliš daleko za hranice rozfárání. Hlavními drenážními strukturami byly žíly směru S-J a některé žíly směru SZ-JV (např. Řimbabská sz. žíla). Kromě těchto přirozených drenáží měla svůj význam při vzniku depresního kužele v této oblasti Dědičná štola. Drenážní účinky žil byly umožněny propustností žilné výplně v přípovrchových partiích a paralelními trhlinami v jejich okolí. Nejdůležitějšími přívodními cestami do dolů byly však staré báňské práce dosahující až na povrch. Ty také způsobovaly odvodnění Březových Hor.

Spojitéjší depresní kotlina v okolí březohorského revíru nezasahovala za hranice údolní nivy Litavky, což vyplynulo z nepřerušené funkce pramenů v levobřežním brdském svahu. Pravobřežní svah Litavky, již primárně chudší na prameny (malá infiltrační oblast, převažující suťové vody stékaly přímo do Litavky), byl částečně odvodněn do vzdálenosti cca 500 m od Dědičné štoly.

Kromě již uvedených hlavních drenážních struktur sloužily jako komunikace pro menší přítoky vod do dolů i pukliny a poruchová pásma v horninové mase prostorově nesouvisející s hlavními žilami.

Propustnost žilné výplně v netěžených úsecích žil sahala max. po úroveň 5. patra (cca 150 m pod povrch), ojediněle slabší přítoky (odkapávání  $0, X - 1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) po trhlínách v horninovém masívu byly známy i ze středních a hlubších pater. To ukazuje na existenci otevřených puklin mimo hlavní struktury jak v dioritu, tak i v kambrických sedimentech.

Významnější přítoky na hlubších horizontech se vyskytovaly pod vytěženými partiemi ložisek a byly zprostředkovány dobývkami a komíny. Jejich zdrojem byly důlní vody, které se nepodařilo zachytit na vyšších patrech.

## 9.1 Zvodeň ložiskových vod

Hydrogeologické a hydrologické poměry březohorského revíru byly v minulosti (s výjimkou ložiska Bohutín) hodnoceny jako jednoduché a nepůsobily v průběhu exploatace větší potíže.

Hydrogeologickou situaci na ložisku Bohutín komplikoval tok Litavky, který protéká napříč ložiskem. Důlními pracemi na Klementske žíle byl tok Litavky podfárán v osadě Havírna, kde bylo dno koryta říčky v délce cca 30 m zakryto dřevěnou podlahou. Tato ochrana proti přímému průsaku vody z řeky do báňských děl byla však nedostatečná. Kromě toho nešlo zabránit intenzivnímu vsaku ze svahovin a údolních sedimentů mimo úsek řečiště do důlních děl sahajících k povrchu prakticky do blízkosti báze fluvialních sedimentů Litavky. Zvláště dioritové eluvium zasahující prakticky až k jámě 25. únor je významným kolektorem vody, čehož je důkazem nafáraný přítok vody na překopu do dioritu na 1. patře (tzv. Granitschlag), jehož vydatnost je cca  $2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . Tento zdroj byl po celá léta dostačující pro zásobování povrchových zařízení na tomto dole. Z uvedených důvodů jsou přítoky do bohutínských dolů značně vysoké ve srovnání se značně rozfáraným ložiskem Březové Hory, které je situováno v návrší na pravém břehu řeky.

Příbramský potok, vzhledem ke své vzdálenosti od báňských prací, prakticky neovlivňuje hydrogeologický režim na ložiscích v březohorském rudním revíru. Pravděpodobně jediným projevem tohoto vodního systému je tlaková voda zadržovaná betonovou hrází na překopu ve 13. patře, raženém od jámy Prokop východně k jámě na Svaté Hoře.

Vlastní ložisko Bohutín lze rozdělit z hlediska hydrogeologického do dvou částí podle struktur Klementske žíly a řimbabských žil. Obě části byly, kromě Dědičné štoly na 2. patře, propojeny i překopy na úrovni 19. a 21. patra jámy 25. únor. Zatímco vrchní část řimbabské části ložiska byla odvodňována samostatně, ze spodních pater (9. – 26. p.) byly vody odváděny k jámě 25. únor. Do řimbabské části byl vyražen překop na 30. patře od jámy 25. únor. K báňskému propojení, a soudě dle velikosti přítoků na 30. patře před jeho zatopením, nedošlo ani k hydrogeologickému propojení obou částí ložiska po tomto horizontu.

K revíru patřily i jáma Drkolnov a hydrogeologicky i Zdabořská jáma (železnorudní revír), které měly rovněž napojení na Dědičnou štolu, avšak vody z této oblasti byly odčerpávány jámou Drkolnov do městské vodovodní sítě.

Na úrovni Dědičné štoly bylo tzv. Žežickým překopem od dolu Drkolnov překříženo severní pokračování žil žežické části historického příbramského železnorudného revíru, který s březohorským revírem sousedí na JV. I když však nedošlo k báňskému propojení revírů, část vod, která proniká po geologických strukturách, byla patrně odváděna do dolu Drkolnov.

Část báňských prací od březohorských dolů do jižního křídla ložiska zasahovala do blízkosti zatopených báňských prací od dolu Drkolnov. Nejbližší bylo 10. p. Ševčinské jámy (= 13. p. dolů Anna a Prokop), a to na sledné po Ševčinské žíle, kde chybělo k protičelbě od dolu Drkolnov na 10. p. pouze 160 m. Báňské práce pod překopy a sledné dolu Drkolnov nebo do blízkosti jejich vertikálního průmětu byly na hlubších horizontech, a sice na 22. (Vhž), 24. (Vhž.), 26. (Vhž, Šž), 28. (Vhž), 30 (Vhž, část i Mhž) a 37. patře (Vhž). Přestože byla jáma Drkolnov trvale zatopena, neprojevovaly se na žádném z uvedených děl zvýšené přítoky, které by nasvědčovaly výraznější hydrogeologické komunikaci s dolem Drkolnov.

Ložisko Břehové Hory bylo možné členit dle stáří hornin na kambrickou a proterozoickou část. Spojení obou částí bylo však velmi časté, jelikož na řadě pater pokračovaly sledné a překopové práce, plynule z části kambrické přes jílovou rozsedinu, která obě části odděluje do části proterozoické.

Celá rozfáraná oblast od březohorských dolů byla odvodňována k jámě Prokop, kterou byly vody čerpány na úroveň Dědičné štoly.

Do větších vzdáleností za jílovou rozsedinu do proterozoika dosahují báňské práce na 14., 25., 29., 30., p. od březohorských dolů. Čelby těchto ražeb dosahují 400 – 800 m kolmé vzdálenosti od jílové rozsedinu. Jde především o práce na Vojtěšské hlavní žíle, Strachovské žíle a o hlavní překopy. Na těchto chodbách nebyly zjištěny přítoky ze zatopených děl kolem jam Lill, Ferdinand a Jarošovka.

Jámy v proterozoiku dosahovaly nejvíce hloubky -431,9 m, což bylo 13. patro jámy Lill. Jáma Ferdinand byla hluboká 315,7 m (14. p.) a jáma Jarošovka 200,1 m (9. p.); tyto jámy byly napojeny na Dědičnou štolu.

Jáma Ferdinand a Jarošovka jsou s kambrickou částí ložiska propojeny Dědičnou štolou. Jáma Lill je propojena s Jarošovkou, a tím i Ferdinand, pouze po 5. patro. Všechny 3 jámy jsou zatopené, přičemž přebytečné důlní vody z propojených jam Ferdinand a Jarošovka jsou odváděny Dědičnou štolou. Voda z oblasti Lill není na tento systém napojena, její oddělení je zajištěno hrází na hlavním překopu mezi jámami Lill a Jarošovka na 5. patře asi 175 m sv. od osy jámy Lill.

Vertikální hydrogeologické propojení v proterozoiku mezi pracemi raženými od dolu Lill, Ferdinand a Jarošovka a pracemi raženými od březohorských dolů na 14., 25., 29., 30., 35. p. a v menším rozsahu i na jiných patrech, nebylo zajištěno. Důvodem byla pravděpodobně horší propustnost hornin a uzavření tektonických struktur, do jisté míry i poměrně značný výškový rozdíl (cca 450 m mezi 29. p. podfáraného úseku Lill a pracemi pod 18. p. dolu Lill). Na žádném z děl na 25., 30. a 35. p. nebyly pozorovány měřitelné přítoky. Ani v záznamech o ražbě chodby na 29. p. pod důl Lill v roce 1927 – 33, nejsou přítoky uváděny. Tato chodba není přístupná od nafárání jílové rozsedinu. K průniku vody po rudních žilách a jiných strukturách tedy v této oblasti nedocházelo. Přesto však nešlo vyloučit, že působením většího tlaku vody

při zatápění březohorských dolů nedocházelo k proniknutí vody po trhlinách do větší vzdálenosti od báňských děl. Nebylo přistoupeno k oddělení chodeb v proterozoiku na 14., 25., 29., 30. a 35. patře hrázemi.

Přítoky vody do jámy Lill jsou odváděny Černojamskou štolou. Strop začátku je 21,7 m pod ohlubní Lill a její výška je cca 2,2 m. Vydatnost přítoku, který byl štolou ještě v roce 1982 odváděn činila  $3 \text{ l.s}^{-1}$ . Štola vedla pod tratí východním směrem ke kasárnám Balonka. Odtud byla ze sběrné šachtice vedena potrubím do Příbramského potoka. V kasárnách byla část vody využívána k mytí aut. Uvedený přítok vody byl značně nižší, než byl celkový přítok do jámy Lill v době její otvírky v roce 1961 – 1965, což bylo průměrně  $11,95 \text{ l.s}^{-1}$ . To ukazovalo na značný přítok do Jarošovského dolu, kdy byla hráz na 5. p otevřena. Ukazuje to také určitý pokles přítoků do celého systému po novém zatopení jámy Lill.

Propustnost je závislá na horninovém typu prostředí. Výrazný pokles průtočnosti byl ověřen v horninách svrchního proterozoika, kde jsou pukliny více sevřené než trhliny v kambrických sedimentech a dioritu.

Ražba překopu jámy Prokop (13. p.) ke Svaté Hoře musela být ve vzdálenosti 257 m zastavena pro silný přítok vody o vydatnosti  $2 \text{ l.s}^{-1}$  a na překopu byla vybudována hráz. V roce 1948 byla hráz otevřena a bylo pokračováno v ražbě překopu, ale neúspěšně. V roce 1950 byla postavena nová hráz z armovaného betonu cca 160 m od dolu Prokop. V hrázi byla umístěna roura s manometrem, který v roce 1960 ukazoval 14 atm. Asi 24 m od této hráze pravděpodobně existuje druhá hráz.

I u překopu ze svatohorské jámy směrem na jámu Prokop ve 3. p. koncem 19. stol. došlo k problémům se silnými přítoky vody. Překop dosáhl délky 825 m západně od jámy Svatá Hora. Ražba byla dvakrát zastavena z důvodů velkých přítoků vody a bořivosti hornin. Ve vzdálenosti cca 900 m od Svaté Hory, kde se překop dostal do zvodnělých partií, protéká na povrchu (směrem J-S) Příbramský potok. Překopem naražený silný přítok byl přibližně v oblasti extrapolovaného průběhu příbramské severojižní poruchy. Z těchto údajů byla odvozena existence cca 700 m širokého, tektonicky značně porušeného zvodnělého pásma sj. směru v horninách příbramského kambria, který spolu s příbramskou poruchou patrně představoval mladšího reprezentanta hluboce založeného sj. poruchového pásma.

To vysvětluje i přítomnost vody v obou překozech. Rezervoárem vody, která napájí přítoky nafárané na překozech, je údolní niva Příbramského potoka, přičemž i její lokalizace je predisponována tektonicky.

Jílová porucha, která je hlavním tektonickým elementem oddělujícím po celé délce březohorského revíru příbramskou synklinálu a horniny svrchního proterozoika II. pásma břidličného, je z větší části zajílovaná a nezvodnělá. Tato charakteristika však neplatí v místech, kde vystupuje diorit a v oblastech porušenými báňskými díly. [2]

Homola V. a Klír S. ve své publikaci z roku 1975 hodnotí zvodnění příbramských dolů jako nepříliš silné, vázané na pukliny a poruchy v kambrických horninách a diabasech. V době dolování přitékala voda hlavně ze stařin na vyšších patrech a spodnější patra byla spíše suchá. [18]

## 9.2 Zvodeň přípovrchových kolektorů

Vodoteč Litavka vytváří souvislou nivu, vyplněnou písčito-hlinitými až kamenito-hlinitými fluviálními sedimenty. Kromě těchto sedimentů je do značné míry zvodnělý i suťový a eluviální pokryv z. od Litavky a na jv. úbočí Brd. Pravý břeh Litavky je v prostoru březohorského revíru celkově strmější s menším pokryvem a je tedy méně zvodnělý. Částečně je to ovlivněno i důlními díly, které strhávají vodu puklinami. [20]

Hlavní zvodnění je v zájmové oblasti vázáno na přípovrchové pásmo rozpojení hornin, ve kterém se vytváří mělká nejednotná zvodeň s volnou hladinou konformní s morfologií terénu. K drenáži dochází pramenními vývěry do údolních náplavů a povrchových toků. Jen část

podzemní vody sestupuje hlouběji po puklinových zónách a tektonických liniích. Horniny kambrické a intruzivní vykazují pouze puklinovou propustnost. V horninách svrchního proterozoika existují otevřené propustné pukliny jen velmi omezeně. Zvětralinový plášť kambrických a proterozoických hornin vykazuje průlinovou propustnost. Podzemní voda proudí směrem k místním erozním bázím. [20]

Prameny podzemních vod mezi Bohutínem a dolem 25. únor, které byly dříve využívány k zásobování obyvatel Bohutína pitnou vodou, jsou lokalizovány především na levobřežním svahu Litavky, ve zvětralinových sedimentech tvořených kambrickými sutěmi a písčitém dioritovým eluviem. Prameniště přestalo být využíváno v roce 1970 pro zvýšený obsah dusičnanů, který zapříčinila agrotechnická kontaminace. Eluviální písky na výchozu bohutínského křemenného dioritu představují značnou zásobárnu vody. [2]

Z vrtných průzkumů na východě zájmového území vyplývá, že kvartérní sedimenty jsou reprezentovány převážně jílovitými hlínami a jíly o mocnosti kolem 3 – 7 m. Tato vrstva tvoří kvalitní krycí vrstvu, která chrání níže ležící zvodnělý kolektor od přímých průsaků z povrchu. Výrazně zvodnělé kolektory jsou vázány na puklinový systém skalního podloží. [21]

V mělkých vrtech okolo Ševčinské šachty je hlavní zvodnění vázáno na přípovrchové pásmo rozpojení hornin, v němž se vytváří mělká nejednotná zvodeň s volnou hladinou. K drenáži dochází pramenními vývěry do údolních náplavů povrchového toku Litavky. Jen část podzemní vody sestupuje hlouběji po puklinových zónách a tektonických liniích. [20]

Ve vrtu č. 7 z roku 1996 u Ševčinské šachty v intervalu 9,5-14,5 m byla zastižena diabasová žíla, na kterou je vázán poměrně velký přítok puklinové vody. Tato žíla byla zastižena v hloubce 27,9 m ve vrtu č. 9. Přítok vody vázaný na puklinový systém zastihuje vrt č. 8 v hloubce 18,5 m. Ustálená hladina byla zaznamenána ve vrtech č. 1 (14,43 m), č. 6 (18,38 m), č. 7 (17,67 m) a č. 8. Ve vrtu č. 8 došlo k nástupu h. p. v. 14,7 m dne 27.6., 12,5 m dne 1.7. a 10,6 m dne 6.7.1996. [20]

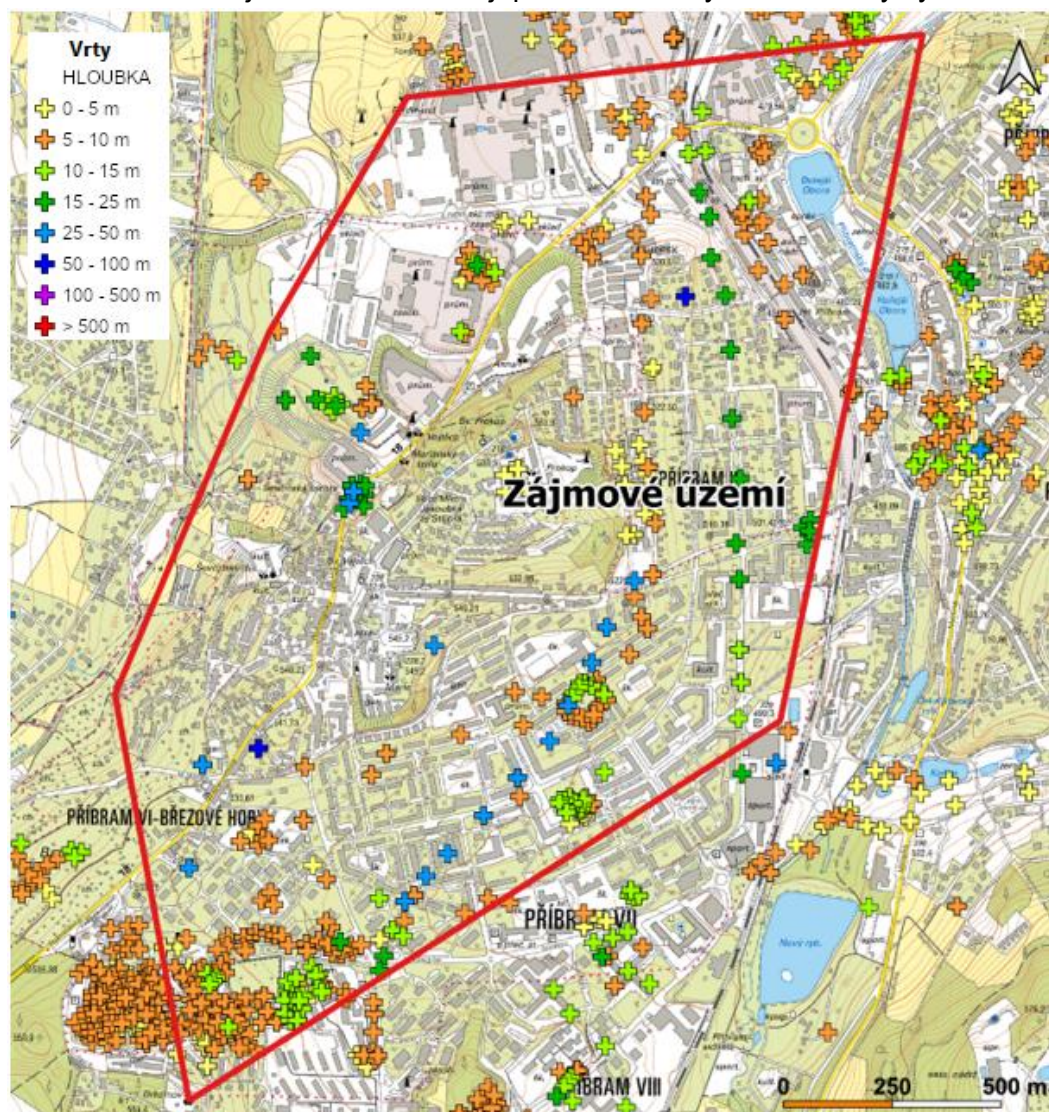
V severní části zájmového území jsou na lokalitě Autometal Příbram hydrogeologické poměry charakteristické několika úrovněmi naražených horizontů podzemní vody v navážkách. Skalní podloží, které je tvořeno drobami, má nízké hydraulické parametry, jež jsou podmíněny tříštivou tektonikou zvětralinové partie skalní horniny. Pukliny jsou sevřené a mají limonitový povlak, koeficient propustnosti se řádově pohybuje v  $n \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Zpravidla mají droby značně mocný zvětralinový plášť, který je charakteru eluvia. Eluvium je zde tvořeno jíly, páskovanými jíly s písčitymi polohami a kolísajícím obsahem úlomků. Tyto vrstvy mají velmi proměnlivou průlinovou propustnost. [22]

## 10. Prozkoumanost zájmového území

### 10.1 Vrtná prozkoumanost

Dle evidence vrtné prozkoumanosti ČGS [23] bylo na zájmovém území realizováno značné množství vrtů (Obr. 25).

V jižní části zájmového území se jedná o vrty mělké do hloubek 15 m, které byly realizovány v rámci inženýrskogeologických průzkumů. Převládají vrty řady P, které byly odvrtny kolem roku 1975 do hloubky až do 12 m, kde pod kvartérem zastihují diabas, HG data neobsahují. Dále zde byl realizován kolem roku 1986 velký počet IG vrtů. jednalo se o vrty mělké i hlubší do 13 m, inženýrsko-geologické bez hydrogeologických dat. Vrty byla zastižena pod kvartérem droba a břidlice. Informace jimi zatížené nemají pro diskutovaný záměr žádný význam.



Obr. 25: Mapa vrtné prozkoumanosti zájmového území (upraveno dle ČGS).

Při hydrogeologickém průzkumu v Autometal Příbram v roce 1994 byla lokalita posuzována z hlediska znečištění, monitoringu a sanace lokality. Hydrogeologický průzkum se týkal vrtů HV101, HV129, HV2 a HV3. Horninové zastoupení je zde tvořeno převážně drobnými a jejich přechodů do drobových pískovců a arkóz. Tyto horniny mají poměrně mocnou zvětralinovou zónu díky snadnému jílovitému zvětrávání nestabilních součástí. [22]

Hlubší vrty řady JT (27,0 m), které se liniově táhnou od ulice Gen. Kholla až po Mariánskou ulici, pocházejí z IG průzkumu na stavbu horkovodu (tunelové trasy) z roku 1988, pod kvartérem byla zastižena droba.

Hlubší vrty okolo 25,0 m z roku 1996 u Ševčinské šachty (vrty č. 1 - 9) byly realizovány z důvodu průzkumu okolí propadu silnice I/18 a realizace seismické tomografie. Při hloubení průzkumných vrtů byly zastiženy šedo zelené až hnědočervené pískovce sádeckého souvrství, které se střídají v různých mocnostech. Převážně se jedná o arkózové a drobové pískovce, ve kterých byly zastiženy šedomodré jílovité břidlice mocné max. 0,5 m (vrt č. 1, 2, 9). Vrt č. 3 zastihuje vložky fialových prachovců nepravé mocnosti do 3,0 m a 4,5 m mocné křemičité pískovce. V přípovrchové zóně byla zastižena kamenitá a hlinito-kamenitá navážka mocná 1,0 – 12,0 m. Pod navážkou vrtů č. 2, 6, 9 se nacházelo pevné skalní podloží zvětralé v písčité štěrky v mocnosti do 3,0 m. Ve vrtu č. 10, který byl situován v samotném propadu, byla v hloubce 25,5 m detekována, dle průběhu vrtání, přítomnost rozvolněné zóny nebo založené vyrubané prostory, vrt byl bez přítoku podzemní vody. [20]

## 10.2 Hydrogeologická prozkoumanost

### 10.2.1 Zvodeň přípovrchových kolektorů

Dle vrtné prozkoumanosti ČGS (Obr. 25) byly hydrogeologické vrty v zájmovém území realizovány do max. hloubky 61 m.

HG vrt HVBH-2 byl odvrtán v roce 2006 do hloubky 30 m a pod kvartérem zastihl eluvium.

HG vrt na pozemku p. č. 405/25 byl odvrtán do hloubky 49 m v roce 2016 pro zajištění zdroje podzemní vody pro rodinnou rekreaci - letní chatu. H.p.v. byla naražena i ustálena v hloubce 30 m. Odhad vydatnosti činil pouze  $0,025 \text{ l.s}^{-1}$  a byl doporučen odběr  $0,003 \text{ l.s}^{-1}$ .

HG vrt HV-4 byl odvrtán pro potřeby analýzy rizik území ve správě s. p. DIAMO - o.z. SUL Příbram, bývalého důlně - úpravárenského závodu Březové Hory – Příbram do hloubky 30 m a pod kvartérem zastihl eluvium.

Vrt PS-1 byl odvrtán do hloubky 50 m v roce 2008 u plaveckého stadionu v Příbrami (p. č. 715/109), leží tedy u východní hranice zájmového území. Hladina vody byla naražena v 9 m pod terénem a ustálena v 6 m pod terénem. Přitoky do vrtu byly zaznamenány v 18 m, 23 m a 42 m. Pod kvartérem v 7 m – 16 m byly zaznamenány droby, pískovce, vložky silně zvětralých slepenců. V intervalu 16,0 m a 17,5 m byl zachycen diabas a pod ním do 35,0 m černé břidlice. Do konečné hloubky pokračují droby a pískovce s polohami šedých kompaktních porfyrů s puklinami (spodní paleozoikum - kambrium - holšinsko-hořícké souvrství). Ve vrtu byla provedena 7 denní ČZ s vydatností  $2,78 \text{ l.s}^{-1}$ , kdy se hladina ustálila na 11,69 m a v průběhu ČZ poklesla pouze o 1,71 m. Při vrtných pracích byla vydatnost vrtu odhadnuta až na  $12 \text{ l.s}^{-1}$ . Zde se však jednalo pravděpodobně o statickou zásobu podzemní vody. Byly provedeny analýzy dle vyhlášky MZd č. 259/2004 Sb. a stanovení radiologických ukazatelů. Dle výsledků analýz se jednalo o vodu typu Ca (Mg) –  $\text{HCO}_3$  ( $\text{SO}_4$ ) o pH 6,5 -6,7. Byla zjištěna pouze nadlimitní hodnota manganu Mn a mírně překročena nadlimitní hodnota radonu. [21]

V hydrogeologických vrtech v lokalitě Autometal Příbram, která leží v severní části zájmového území, byl při HDZ stanoven koeficient propustnosti řádově  $5 \cdot 10^{-5}$  až  $3,5 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ . Tyto charakteristiky jsou hodnoceny jako nízké. [22]

### 10.2.2 Jímání podzemních vod pro zásobování obyvatel

V zájmovém území nebyly v období 2006–2022 hlášeny zdroje jímání podzemní vody. V blízkosti zájmového území se nacházejí 4 zdroje podzemní vody (viz Obr. 26) [11].



Jako jímací zdroj pro Sportovní zařízení Příbram Březové Hory slouží 61 m vrt VS-2733/2 z roku 2017. Vrt se nachází těsně u východní hranice zájmového území u plaveckého stadiónu na ulici Legionářů. V roce 2022 z něj bylo odčerpáno 33,442 tis m<sup>3</sup> a průměrně bylo čerpáno s vydatností 1,1 l.s<sup>-1</sup>. Rozhodnutí (č. j. MěÚPB 43400/2010/05/OŽP/Pr) o jímání vod platí do 21.12.2024 a je povoleno čerpat max. 1,66 l.s<sup>-1</sup>. Vodní zdroj nemá stanovené ochranné pásmo.

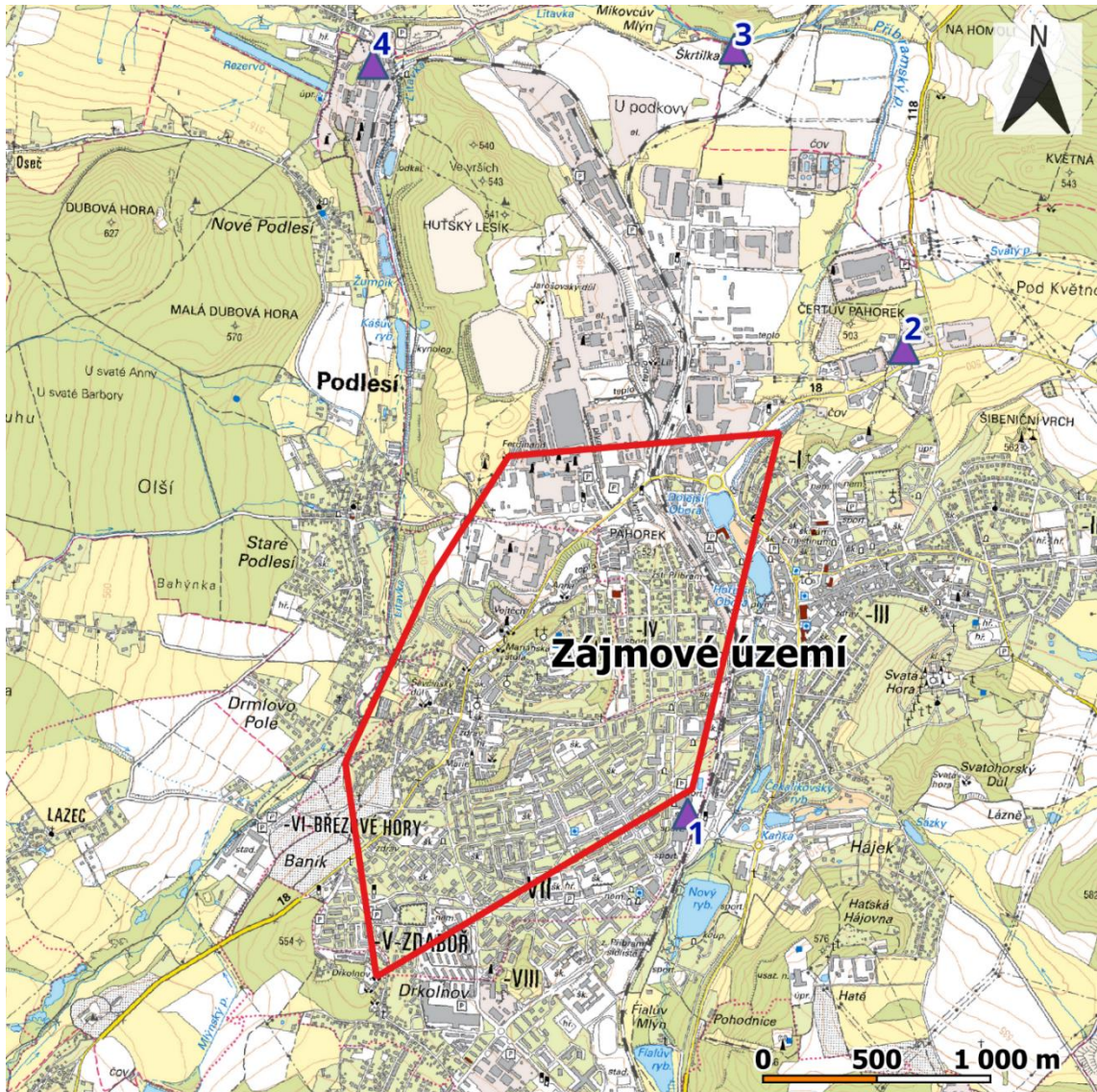
Východně od zájmového území se v průmyslové oblasti na ulici Evropská nachází jímací zdroj ZEMAN maso-uzeniny, kde je voda čerpána ze 7 vrtů. V roce 2022 z něj bylo odčerpáno 75,57 tis. m<sup>3</sup> při průměrném množství 2,4 l.s<sup>-1</sup>. Rozhodnutím č. j. 21054/2007/KUSK OŽP/Dv je stanoveno maximální čerpané množství na 7,6 l.s<sup>-1</sup>. Vodní zdroj nemá stanovené ochranné pásmo.

Jímací zdroj 1.SčV Příbram Dědičná štola se nachází sv. od zájmového území v Trhových Dušnicích u osady Škrtilka. V roce 2022 z něj bylo odebráno 20,872 tis. m<sup>3</sup>, při průměrném množství 0,7 l.s<sup>-1</sup>. Dle rozhodnutí č. j. MěÚPB/12995/2009 platného do 31.12.2030 je povoleno odebírat max. množství 10 l.s<sup>-1</sup> a sice 150 tis. m<sup>3</sup>.rok<sup>-1</sup>. Přehled průměrného čerpaného množství za období let 2006 – 2022 je uveden v Tab. 8.

Tab. 8: Roční hodnoty odebraného množství ze zdroje 1.SčV Příbram Dědičná štola (HEIS VÚV TGM). [11]

Rok	Množství odebraných vod [tis. m <sup>3</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Průměrné množství odebraných vod [l.s <sup>-1</sup> ]
2022	20,872	0,7
2021	41,232	1,3
2020	61,101	1,9
2019	75,726	2,4
2018	93,995	3
2017	99,183	3,1
2016	73,175	2,3
2015	55,108	1,7
2014	81,903	2,6
2013	59,6	1,9
2012	57,1	1,8
2011	122,8	3,9
2010	99,6	3,2
2009	106,4	3,4
2008	117	3,7
2007	130,9	4,1
2006	140	4,4

Jímací zdroj Kovohutě Příbram se nachází sz. od zájmového území v průmyslové oblasti kovohutí. V roce 2022 z něj bylo odebráno 40,26 tis. m<sup>3</sup> o průměrném množství 0,5 l.s<sup>-1</sup>. Dle rozhodnutí č. j. 138398/KUSK/2017 OŽP/Vk (vrt) platného do roku 2028 lze čerpat max. množství 2 l.s<sup>-1</sup>.



Obr. 26: Odběry podzemních vod v období 2002–2022 upraveno podle HEIS VÚV TGM (čísla objektů odpovídají číslováním položkám odstavce výše).

### 10.2.3 Hydrogeologický průzkum zatápění

Zatápění ložiska Březové Hory započalo v únoru 1979 a k zatápění ložiska Bohutín bylo přistupováno postupně a přerušované od roku 1967. V současnosti jsou obě ložiska zatopena na úroveň Dědičné štoly (2. patra), která odvádí důlní vody do vodoteče Litavka v množství průměrně 30 l.s<sup>-1</sup>. Výzkumy a vývoj zatápění jsou podrobněji popsány v kap. 0.

Při kontrole podzemních objektů v roce 2013 byla Dědičná štola v dobrém stavu, průchodná, jen na jednom místě se projevovaly horské tlaky. Tato část byla zajištěna a dlouhodobě drží. Zpevněné části důlních děl, vybudované roubení z kamene bez vymazávek, drží do dnešní doby. Převážná část kontrolované trasy je bez výztuže, vyražena jen v hornině. Klenbovitý tvar zachovávají dodnes. Neprojevují se zde známky zvětrávání ani projevy tlaků a deformací. Pro chůzi je dílo vybaveno chodnicemi, které jsou z oceli. Přístup do podzemí je možný z pěti míst. Na Dole Řimbaba a na Dole Prokop přes lezná oddělení těchto jam. Kontrolovaná trasa vede od Dolu Štěpánka přes zmíněnou jámu Řimbaba k dolům Marie a Prokop, dále přes doly Anna, Ferdinand a Jarošova až k vyústění na po vrch v obci Trhové Dušníky. Kdyby se kontrolovala Všechna přístupná důlní díla Dědičné štoly zahrnují cca 22 kilometrů. [19]

# 11. Hydrogeologické posouzení potenciálu důlních vod

## 11.1 Nakládání s důlními vodami

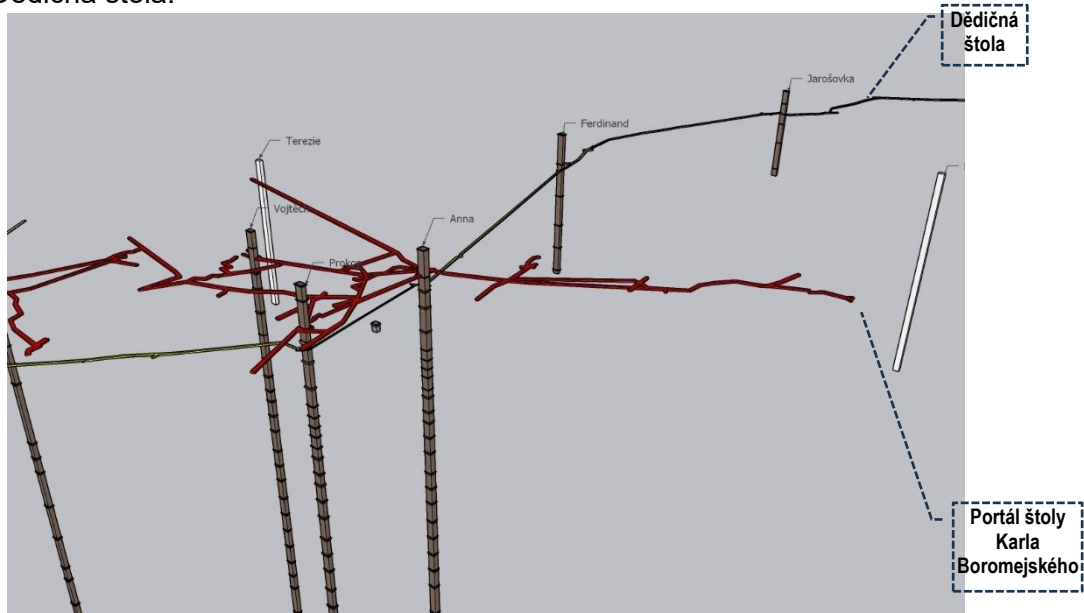
Bohutínské a březohorské ložisko jsou hydraulicky propojeny pouze Dědičnou štolou. Při rozsáhlém zhodnocení přítoků bylo zjištěno, že na ložisku Bohutín jsou přítoky vyšší, ačkoliv by tomu mělo být naopak s ohledem na množství rozfárání (počet žil) v obou ložiscích. [2]

Tento rozpor byl vysvětlován pozicí obou ložisek vzhledem k hlavní vodoteči revíru, Litavce. Bohutínské ložisko Litavka křížuje (Klementska i řimbabské žíly). V prostoru březohorského ložiska teče Litavka podél něj. Také morfologie terénu je příznivější z hlediska přirozeného odvodnění pro Březové Hory, které leží na poměrně příkrém svahu, oproti tomu je terén v bohutínské oblasti nepoměrně rovinnatější. [2]

Ke změně režimu podzemních vod v oblasti obou hodnocených ložisek docházelo v době, kdy byla ložiska otevírána z povrchu a prováděna exploatace na mělkých patrech. Ve 20. století byly hornické práce prováděny ve značných hloubkách pod povrchem, kde byly vlastní přítoky z těchto děl velmi nízké a vody, které se zde čerpaly pronikaly z mělkých partií prostřednictvím výše uložených starších báňských prací. Převážná většina důlních vod v obou revírech pochází z údolních sedimentů hlavní vodoteče Litavky. [2]

Důlní vody bohutínské a březohorského ložiska nejsou hydraulicky propojeny s důlními vodami dobývky uranové rudy, jak je mylně uváděno některými autory. S cílem odvést z prostoru několika dolů důlní vodu byly raženy tzv. dědičné štoly. V Příbramském rudním revíru jsou v literatuře a historických záznamech zmiňovány dvě, resp. tři dědičné štoly:

- Květenská štola,
- štola Karla Boromejského,
- Dědičná štola.



Obr. 27: Pozice štoly Karla Boromejského vůči Dědičné štolě.

### 11.1.1 Květenská štola

Pro potřebu jámy Květná byla vyhloubena na úroveň 12. patra na hloubku 270 m pod ohlubení dolu na jižním svahu vrchu Květná odvodňovací štola Květenská. Ražba byla zahájena v roce

1868 a ukončena 1874 z rozhodnutí horního úřadu v Příbrami, který v roce 1885 ukončil průzkum této oblasti pro neperspektivnost.

Vstupní portál se nachází na zsz. svahu kopce Květná nedaleko silnice II/118 Příbram–Jince. Důlní voda by měla být využívána obcí Trhové Dušníky k pitným účelům. Z ústí štol vytéká malý potůček ústící do Litavky.

Toto důlní dílo je zcela mimo vytyčenou zájmovou oblast.

### **11.1.2 Štola Karla Boromejského**

Slavkovský horní mistr doporučil, aby nad městským rybníkem v Příbrami byla založena dědičná štola, která by odvodňovala přítoky důlních vod do březohorských dolů. S ražbou dědičné štol se započalo v roce 1708, zároveň s ní byla ražena Novoroční štola, později nazývána štolou Zikmundovou. Tato štola byla ražena poněkud výše a severněji než dědičná štola od městského rybníka.

Dědičná štola, která od r. 1730 byla nazývána štolou Karla Boromejského, ústí severně pod příbramským nádražím a vody z ní vytékající jsou vedeny kanalizací do Dolní Obory. Štola je do vzdálenosti 81 m od ústí klenutá, ve 311 m od ústí se člení do dvou chodeb až na křížení se žílou Zikmund ve vzdálenosti 531 m od ústí, kde se chodby opět sbíhají. [37]

Od křížení se žílou Zikmund pokračuje štola Karla Boromejského směrem k Anenskému dolu. Na něj byla štola napojena až v roce 1793 a protože štola od žíly Zikmund až k Anenskému dolu je ražena v jílové rozsedlině, je v tomto úseku vyzděna.

### **11.1.3 Dědičná štola**

Pro odvodnění hlubinných rudných dolů v Březových Horách, Příbrami a Bohutíně byla kolem roku 1789 započata ražba dědičné štol, která propojila doly v březohorsko-bohutínském ložisku mimo důl Lill, jam Hůrka a Kozičín. Ražba dědičné štol byla ukončena poslední prorážkou v roce 1859 mezi doly František a Řimbaba. Její délka se všemi odbočkami činí 21 906 m. Hlavní štola od jámy Štěpán po portál u Litavky je dlouhá 14 854 m [2]. Část hlavní štol sledující rudní žíly a plnící zde funkci překopu měří 8 944 m. Důlní voda je odváděna portálem samospádem do řeky Litavky jihozápadně od obce Trhové Dušníky. [40]

Dle Valeš V. (1982) [40] byla voda protékající Dědičnou štolou odčerpávána na dvou místech (Obr. 23) jednak z šachty v Drkolnově, jednak před vyústěním na povrch u Trhových Dušníků.

- Voda odčerpávaná ze staré šachty v Drkolnově měla pocházet z úseku štol mezi Bohutínem, Řimbabou a Drkolnovem. Dědičná štola zde měla být přehrazena a měl být odebírán celý její průtok.
- Druhý odběr u Trhových Dušníků je situován cca 100 m nad vyústěním štol do Litavky. Jímaná voda zde měla být svedena do širokoprofilové studny a odčerpávána ponornými čerpadly. Čerpání mělo být regulováno plovákovou signalizací. Voda měla být využívána pro zásobování obyvatel Příbrami. V současné době je s velkou pravděpodobností tento zdroj využíván firmou 1. SčV, a.s. (Veolia a.s.) v době odběrových špiček pro zásobování obyvatel Příbrami.

### **11.1.4 Přítoky a čerpaní na ložisku Březové Hory**

Průzkumné práce uvádějí, že prakticky veškerá voda březohorského ložiska je voda povrchová, která nebyla v důsledku řady netěsností a únikových cest vytvořených hornickou činností zachycena na 2. patře Dědičnou štolou coby hlavním odvodňovacím dílem revíru. Odvodňovací systém dolu je kaskádovitý, zbudovaný tak, aby co nejdříve zachytával a odčerpával infiltrované vody.

Odvodňování březohorského ložiska bylo v roce 1978 prováděno pomocí hlavních čerpacích stanic umístěných u jámy Prokop na patrech 40, 33, 28, 22 a 17. Součástí odvodňovacího

systému na ložisku Březové Hory byla čerpací stanice na 5. patře dolu Anna. Tento systém byl později doplněn o čerpací stanici na 39. patře dolu Anna, která podává vody do čerpací stanice na 33. patře dolu Prokop a čerpací stanici na 12. patře dolu Marie čerpající vody přitékající z oblasti Ševčínské jámy přímo na Dědičnou štolu.

U čerpacích stanic se nacházely jímky, které svým obsahem zajišťovaly dostatečnou kapacitu pro množství čerpaných vod z jednotlivých pater. Do těchto jímek byly čerpány vody jednak z volných hloubek jam, případně z pomocných jímek, nebo volně svedené vody z pater. Také byly do jímek svedeny vody potrubím zachycené vodními žlábkami a vodními nálevkami. [34]

Sledování přítoků vod do březohorských dolů nebylo prováděno soustavně a autoři Závěrečné zprávy z roku 1985 [2] v kapitole 6 Hydrogeologie březohorského rudního revíru (J Štekl) jejich hodnoty odvozují z výkazů o době čerpání jednotlivých čerpadel z odvodňovacího systému. Tyto údaje byly dohledány z let 1940-1941 (V. Mayer 1942, pro účely zhodnocení stavu odvodňovacího systému) a 1974-1978 (sumář čerpaných vod).

Za období z let 1940-1941 (V. Mayer pro zhodnocení stavu odvodňovacího systému) byly vypočteny hodnoty přítoků do dolového pole březohorského ložiska (viz Tab. 9).

Tab. 9: Přítoky do dolového pole Březové Hory v roce 1940 a 1941.

Období	Přítok [l.min <sup>-1</sup> ]	Přítok [l.s <sup>-1</sup> ]
Max. přítok duben 1940	554,6	9,24
Max. přítok duben 1941	699,1	11,65
Min. přítok únor 1940	431,4	7,19
Min. přítok leden 1941	438,3	7,31
Průměrný přítok 1940	484,5	8,08
Průměrný přítok 1941	528,8	8,81

Tab. 10: Údaje o čerpaném množství v březohorském ložisku za období 1974 – 1978.

Období	Vyčerpáno celkem m <sup>3</sup>	Přítok [l.min <sup>-1</sup> ]	Přítok [l.s <sup>-1</sup> ]
1974	167 960	319,6	5,32
1975	167 830	319,3	5,32
1976	167 940	319,5	5,32
1977	167 860	319,4	5,32
1978	167 750	319,2	5,32

Z údajů o uváděném čerpaném množství za rok v období 1974 – 1978 byly vypočteny přítoky uvedené v Tab. 10.

Autoři zprávy (1985) [2] však zpochybňují věrohodnost těchto údajů z důvodu přesné shody i malého čerpaného množství. Tyto výsledky jsou následkem malé potřeby sledování přítoků do dolů na ložisku Březové Hory. Bylo to pravděpodobně v důsledku toho, že po vyrazení Dědičné štoly prakticky neexistovaly problémy s důlními vodami. U výše popsaných údajů se jedná o čerpání důlních vod na úroveň Dědičné štoly. Sledování přítoků vod mezi povrchem a Dědičnou štolou nebylo v březohorském ložisku prováděno, proto nelze uvést údaj o celkovém množství vod přitékajících do ložiska v tomto období.

Autoři Závěrečné zprávy z roku 1985 [2] uvažují průměrné přítoky do březohorských dolů (Marie, Ševčiny, Vojtěch, Prokop a Anna) pod 2. patro, po zvýšení o část vody dříve zachycené na 2. patře, v množství 550 – 700 l.min<sup>-1</sup>. Tato hodnota nezahrnuje přítok z okolí otevřených a nyní zatopených horizontů jámy Lill, který byl za období 1962 až 1964 uváděn v průměru 717 l.min<sup>-1</sup>. V roce 1979 vytékalo z Černojské štoly údajně 180 l.min<sup>-1</sup>. Kromě toho výše uvedená hodnota nezahrnuje přítoky do žil otevřených jámou Ferdinand a jámou Jarošovka.

Tato část ložiska v proterozoiku byla již také zatopena a voda přepadá na 2. p. do Dědičné štoly. [2]

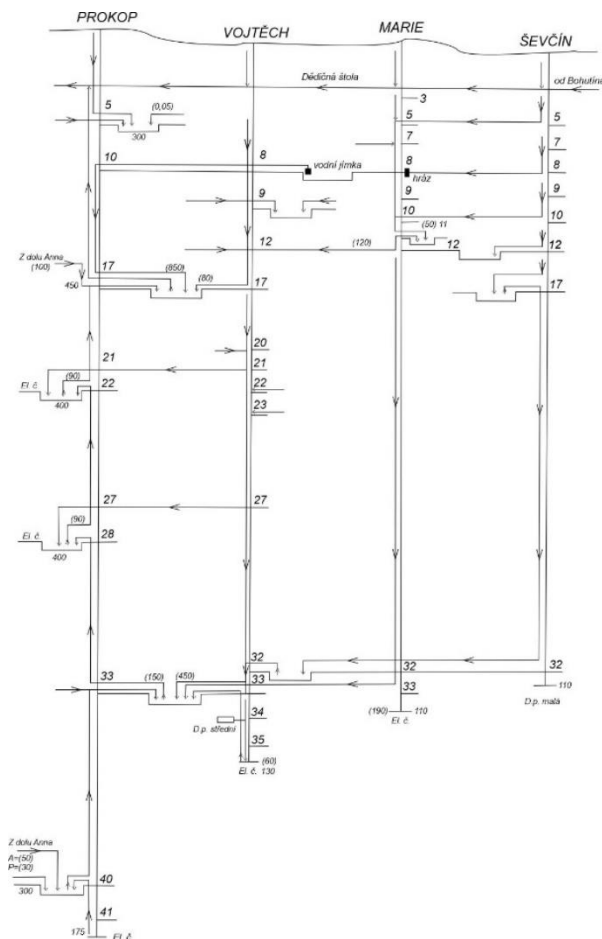
Schéma čerpání důlních vod v roce 1974 je znázorněno na Obr. 28. Čísla uvedená v závorkách představují čerpané množství v l.min<sup>-1</sup>. [2]

Čerpání důlních vod z dolů Vojtěch, Marie, Ševčiny a Anna bylo v roce 1978 soustředěno do hlavních jímek dolu Prokop. [34]

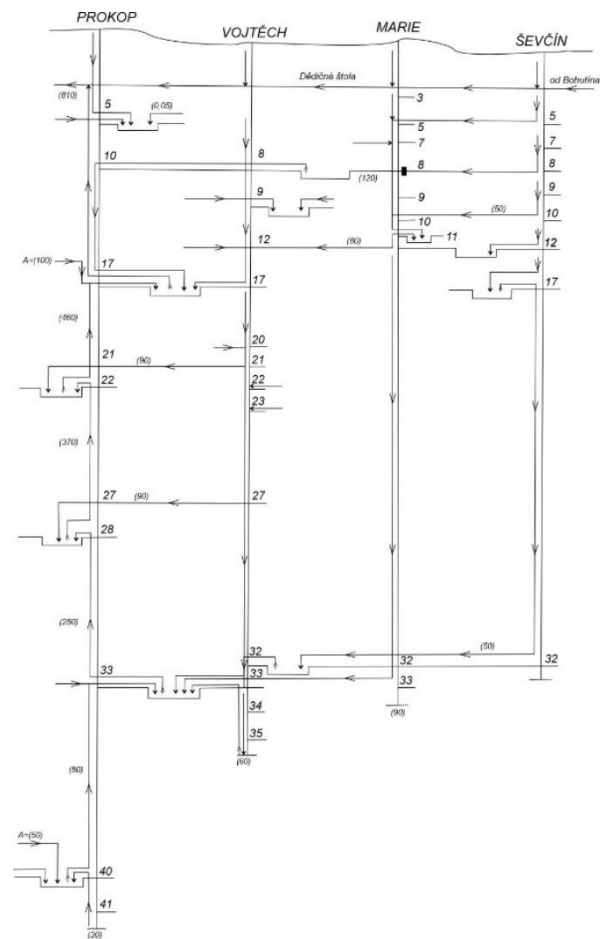
Měřením v Dědičné štolě byly zjištěny přítoky všech důlních vod následovně:

- Anna 170 l.min<sup>-1</sup>
- Vojtěch 150 l.min<sup>-1</sup>
- Prokop 90 l.min<sup>-1</sup>
- Marie 290 l.min<sup>-1</sup>
- Ševčiny 120 l.min<sup>-1</sup>

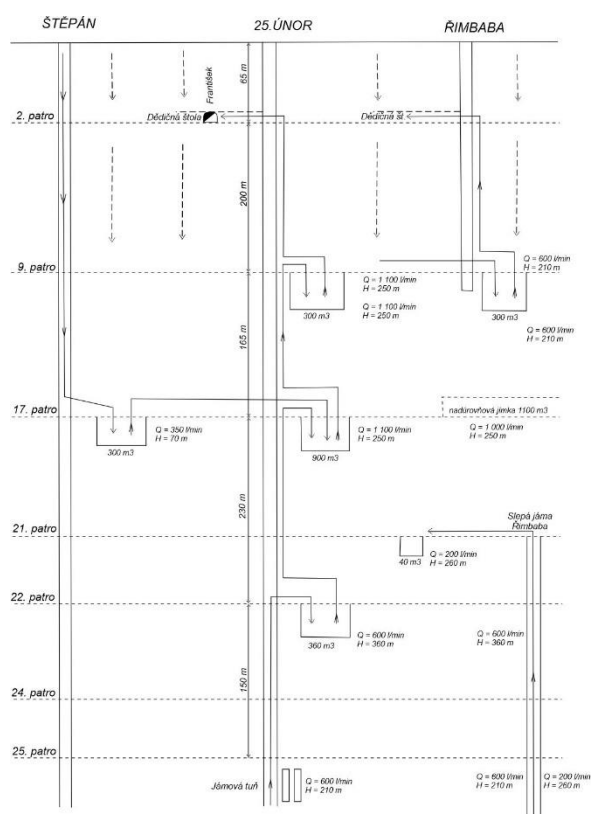
Schéma čerpání důlních vod v roce 1978 je znázorněno na Obr. 29. Čísla uvedená v závorkách představují čerpané množství v l.min<sup>-1</sup>. Ze schématu je patrné, že odvodňování březohorského ložiska bylo kaskádovitě. Čerpané vody byly odváděny Dědičnou štolou a volně vypouštěny do Litavky. [34]



Obr. 28: Čerpání důlních vod  
březohorského ložiska (1974).



Obr. 29: Čerpání důlních vod  
březohorského ložiska (1978).



Obr. 30: Odvodňování bohutínského ložiska (1981).

### 11.1.5 Přítoky a čerpaní vod na ložisku Bohutín

Odvodňování bohutínského ložiska bylo prováděno dvěma samostatnými systémy viz Obr. 30 a je podrobně popsáno též v závěrečné zprávě z roku 1985 [2]. Do června roku 1971 byly důlní vody z bohutínské oblasti odčerpávány jámou Štěpánka. V tomto období však došlo k havárii a od té doby bylo čerpání prováděno kaskádou v jámě 25. únor. Druhý systém odvodňování v revíru odváděl důlní vody z oblasti řimbabských žil nad 9. patrem jámou Řimbaba.

Přítoky důlních vod v řimbabském poli pod 9. patrem rozdělily autoři zprávy na dvě části. Jsou to přítoky z oblasti mezi 9. patrem a 21. patrem, kde existovalo propojení pomocí komínů, a přítoky svedené do slepé jámy Řimbaba, která byla vyhloubena z 21. patra na 26. patro. Vydatnost obou přítoků byla značně nízká, pouze  $0,0x \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , a jejich odčerpávání bylo prováděno pouze 1x za týden. Odčerpané vody byly odváděny 21. patrem k jámě 25. únor. V roce 1979 nebyly již vody z řimbabské části pod 9. patrem čerpány a docházelo k zatápní slepé řimbabské jámy a z ní vyražených horizontů.

Údaje o přítocích vod na bohutínské ložisko za období 1963 – 1971, tedy do vyražení Štěpánky z provozu, ukazuje Tab. 11.

Tab. 11: Přítoky na bohutínském ložisku (1963-1971).

	Štěpánka	Řimbaba
Vody schytané na 2. patře	387,4 [l.min <sup>-1</sup> ]	77,3 [l.min <sup>-1</sup> ]
Vody čerpané z dolu na 2. patro	477,3 [l.min <sup>-1</sup> ]	158,2 [l.min <sup>-1</sup> ]
Celkem do Dědičné štoly	864,7 [l.min <sup>-1</sup> ]	235,5 [l.min <sup>-1</sup> ]

Po havárii Štěpánky 10.6.1971 bylo zároveň započato s odhozením horizontů pod 26. p. jámy 25. únor a zatápní této části dolu. Nejhlubší části dolu, slepá jáma Eduard a horizonty 33. – 36. byly opuštěny již v roce 1967.

V období 1972 – 1976, byly odčerpány pouze vody přisedající nad 26. patrem jámou 25. únor. Řimbabský systém zůstal nezměněn a hodnoty (Tab. 12) z této oblasti platily ještě v roce 1983.

Tab. 12: Přítoky na bohutínském ložisku (1972-1976).

	25. únor	Řimbaba
Vody schytané na 2. patře	244,4 [l.min <sup>-1</sup> ]	19,0 [l.min <sup>-1</sup> ]
Vody čerpané z dolu na 2. patro	463,1 [l.min <sup>-1</sup> ]	162,6 [l.min <sup>-1</sup> ]
Celkem do Dědičné štoly	707,5 [l.min <sup>-1</sup> ]	181,6 [l.min <sup>-1</sup> ]

Z těchto údajů je patrný pokles účinnosti sběrného systému na 2. patře, způsobený omezováním údržby. Absolutní pokles přítoku v bohutínské oblasti (25. únor) byl způsoben tím, že bylo části důlních vod využito k zatápění spodních pater (33. – 27. p.).

Průměrné přítoky do bohutínského ložiska po ukončení zatápění (1976) do doby, kdy došlo k téměř úplné likvidaci sběrného systému na druhém patře Klementske struktury s odžilkou (zával 1979) jsou uvedeny v Tab. 13.

Tab. 13: Přítoky na bohutínském ložisku (1976-1979).

	25. únor	Řimbaba
Vody schytané na 2. patře	233,5 [l.min <sup>-1</sup> ]	19,0 [l.min <sup>-1</sup> ]
Vody čerpané z dolu na 2. patro	750,2 [l.min <sup>-1</sup> ]	162,6 [l.min <sup>-1</sup> ]
Celkem do Dědičné štoly	983,7 [l.min <sup>-1</sup> ]	181,6 [l.min <sup>-1</sup> ]

Údaje o přítocích za období 1979 - 1983 jsou uvedeny v Tab. 14, hodnoty ukazují, že na 2. patře je zachyceno pouze minimum vsakujících se vod.

Tab. 14: Přítoky na bohutínském ložisku (1979-1983).

	25. únor	Řimbaba
Vody schytané na 2. patře	19,0 [l.min <sup>-1</sup> ]	19,0 [l.min <sup>-1</sup> ]
Vody čerpané z dolu na 2. patro	900,0 [l.min <sup>-1</sup> ]	162,6 [l.min <sup>-1</sup> ]
Celkem do Dědičné štoly	919,0 [l.min <sup>-1</sup> ]	181,6 [l.min <sup>-1</sup> ]

Autoři Závěrečné zprávy z roku 1985 [2] ze získaných hodnot pak vypočetli vážené průměrné přítoky do bohutínského ložiska v období 1963 – 1983 mimo dobu, kdy byla část důlních vod využívána k zatápění spodních pater. Tím pádem činily přítoky v daném období 903 l.min<sup>-1</sup> na jámě 25. únor a 203,2 l.min<sup>-1</sup> na dole Řimbaba. Z hodnot lze také odvodit přibližné množství vod využívaných k zatápění 195,5 l.min<sup>-1</sup>.

Autoři závěrečné zprávy však zjistily, že většina měření byla prováděna v době zvýšených přítoků. Proto při stanovení průměrného přítoku do bohutínského dolu provedli redukci na 800 l.min<sup>-1</sup>. Příklad nerovnoměrných přítoků je uveden v Tab. 15.

Tab. 15: Maximální a minimální naměřené hodnoty v období (1963 – 1983).

	25. únor	Řimbaba
Max. přítoky březen 1965	1 392,0 [l.min <sup>-1</sup> ]	480,0 [l.min <sup>-1</sup> ]
Min. přítoky září 1969	517,3 [l.min <sup>-1</sup> ]	153,9 [l.min <sup>-1</sup> ]

Ještě v roce 1990 byly čerpány přítoky vod z jámy Štěpánka o průtoku 10 l.s<sup>-1</sup> ze 17. patra jámy 25. únor do Dědičné štoly. Z jámy Řimbaba byla voda čerpána do Dědičné štoly z 9. patra v množství 5 l.s<sup>-1</sup>. V jámě 25. únor byla hladina vody v té době ustálena pod 20. patrem. [35]



### 11.1.6 Historie vodní bilance Dědičné štoly

Důlní voda z Dědičné štoly byla v době zpracování Závěrečné zprávy (1985) [2] využívána pro vodovodní zásobování pitnou vodou po smísení s vodou z Pílské nádrže. Voda byla odčerpávána na dvou místech – z šachty v Drkolnově a před vyústěním na povrch u Trhových Dušníků. V roce 1975 (podle dat OVHS Příbram) bylo do vodovodní sítě ze štoly odebráno celkem 925 543 m<sup>3</sup> vody, tj. 29,35 l.s<sup>-1</sup>. Celkový přítok do Dědičné štoly se pohyboval kolem 45 l.s<sup>-1</sup>. Množství odebírané vody StčVaK v letech 1978 - 1983 je uvedeno v Tab. 16.

Výtok z Dědičné štoly byl měřen jednorázově v listopadu 1983 (avšak po celoročním srážkovém deficitu). Celkové množství vody odváděné Dědičnou štolou bylo dáno součtem konstantního odtoku do jámy Drkolnov (6 l.s<sup>-1</sup>) a odběru StčVaK u Trhových Dušníků (21 l.s<sup>-1</sup>). Avšak při měření průtoku za odbočkou Dědičné štoly k jámě Drkolnov byl nepřímo zjištěn únik vody ze štoly do zavalených stařin o hodnotě 2,6 l.s<sup>-1</sup>. Jednalo se zřejmě o hloubení po Ševčinské žíle k mezipatru na úrovni 3. patra, které však nebylo přímo spojeno s jámou Drkolnov (na této jámě nebylo 3. patro v dokumentaci zaznamenáno). Mezipatro na úrovni 3. patra je propojeno na 5. patro na Ševčinské žíle. Další úniky z Dědičné štoly v takovém rozsahu byly na základě pochůzky Dědičnou štolou vyloučeny. [2]

Tab. 16: Průměrné množství odebraných vod z Dědičné štoly pro zásobování města Příbram v období (1978 – 1983).

Rok	Jímané množství důl Drkolnov [l.s <sup>-1</sup> ]	Jímané množství ústí Dědičné štoly [l.s <sup>-1</sup> ]
1978	18,9	22,6
1979	12,6	18,4
1980	10,7	17,5
1981	10,1	21,0
1982	9,1	19,9
1983	8,4 (11 měsíců)	15,7 (10 měsíců)

Z výše uvedeného vyplývá, že Dědičnou štolou bylo v době, kdy byly buhutínské doly odvodňovány na úrovni 25. p. a březohorské doly byly zatápěny (1983), odváděno 29,6 l.s<sup>-1</sup>. Tento údaj však byl získán ve značně suchém období. Z tohoto důvodu byla autory Závěrečné zprávy z roku 1985 [2] odvozena hodnota 35,8 l. s<sup>-1</sup>, která lépe odpovídá průměrnému množství vody sváděnému Dědičnou štolou z obou revírů z hlediska dlouhodobých úvah.

Od roku 1984 je část vytékající důlní vody z Dědičné štoly odebírána do úpravní vod Hvězdička vodárenské nádrže Obecnice (4 l.s<sup>-1</sup>). Po úpravě mechanickou filtrací (automatický pískový filtr) je voda míchána s vodou z vodárenské nádrže a dodávána do vodovodní sítě [24].

### 11.1.7 Vodní bilance Dědičné štoly v současnosti

Místo vypouštění důlních vod z Dědičné štoly do vodoteče Litavka je evidováno pod názvem DIAMO SUL Dědičná štola Trhové Dušníky. Vypuštěné množství je pravidelně evidováno. Roční hodnoty vypouštěného množství jsou ukazuje Tab. 17 a graficky Obr. 31.

V Příbrami je pod ID 141311 evidováno místo vypouštění důlní vody do Příbramského potoka, pod názvem DIAMO SUL Květenká štola Trhové Dušníky. V roce 2022 bylo vypuštěno 3 312 m<sup>3</sup> při průměrném množství vypouštěných vod 0,1 l.s<sup>-1</sup>.

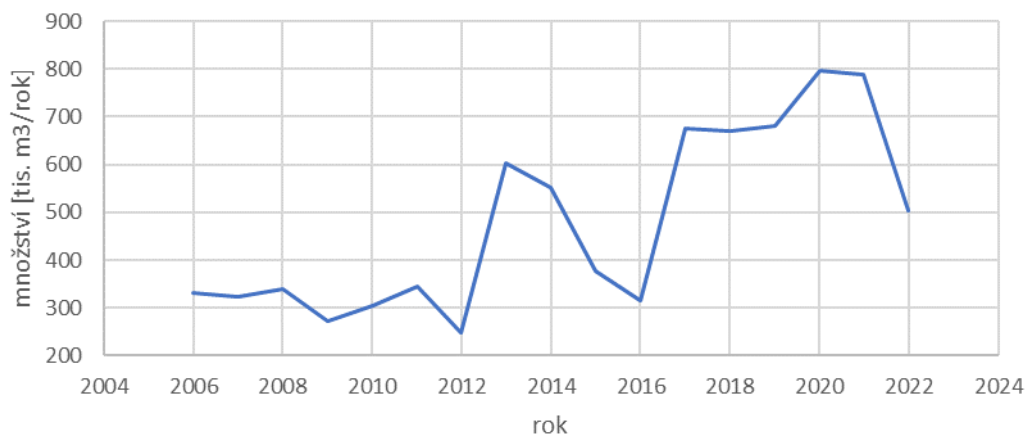
Cca 2,5 km od jižní hranice zájmového území jsou do vodoteče Příbramský potok pod ID 141320 vypuštěny důlní vody ze šachty č. 15 po těžbě a úpravě uranových a thoriových rud pod názvem DIAMO SUL šachta č. 15 Příbram. V roce 2022 bylo vypuštěno 348,962 tis. m<sup>3</sup> při průměrném množství vypouštěných vod 11,1 l.s<sup>-1</sup>.

K vodnímu systému, který byl v minulosti v revíru vybudován za účelem zásobování dolů a zvláště úpraven vodou, patřily rybníky Pilský, Lázenský, Vysokopecký a Vokačovský. [2]

Tab. 17: Roční množství vypouštěného množství DIAMO SUL Dědičná štola Trhové Dušníky.

Rok	Množství vypouštěných vod [tis.m <sup>3</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Průměrné množství vypouštěných vod [l.s <sup>-1</sup> ]
2022	504,576	16
2021	789,661	25
2020	795,338	25,2
2019	681,808	21,6
2018	670,771	21,3
2017	674,24	21,4
2016	315,36	10
2015	378,4	12
2014	551,9	17,5
2013	604,195	19,1
2012	247,6	7,8
2011	345	10,9
2010	304,5	9,6
2009	273	8,7
2008	338,5	10,7
2007	322,1	10,2
2006	331,2	10,5

### Vypouštěné množství důlních vod z Dědičné štoly císaře Josefa II.



Obr. 31: Grafické znázornění vypouštěného množství důlních vod z Dědičné štoly císaře Josefa II od roku 2006 do roku 2022.

Co se týče čerpací techniky, byl příbramský revír spíše konzervativnější. Bylo to dáno skutečností, že vodonosná byla především horní patra, zatím co spodní obzory byly suché. K čerpání proto stačily čerpací stroje o nepříliš vysokém výkonu. [2]

Tento profil, který spravuje DIAMO s. p. [26], odvádí důlní vody z bývalého březohorského a bohutínského ložiska. Podmínky pro vypouštění důlní vody byly stanoveny v rozhodnutí KÚ Středočeského kraje, odboru životního prostředí a zemědělství čj. 145482/2016/KUSK ze dne 15. 2. 2017, kterým se zároveň zrušilo rozhodnutí Okresního národního výboru v Příbrami,

odboru ZVLH, pod čj. 196/1984 K 2001 ze dne 15. 2. 1984. Platnost rozhodnutí byla do 31. 12. 2020. Nové rozhodnutí Krajského úřadu Středočeského kraje čj. 148548/2020/KUSK ze dne 15. 1. 2021 opětovně stanovuje způsob a podmínky vypouštění důlních vod do vod povrchových na základě žádosti podané v roce 2020. Platnost tohoto povolení je do 31. 12. 2024. [26]

V druhém pololetí roku 2017 byl osazen nový měrný profil, který zpřesňuje měření množství vytékajících důlních vod. Vzhledem k počtu měření a rozložení měření množství vod během roku 2020 došlo k překročení průměrného ( $Q_{\text{prům.}}$ ) a max. ročního množství vytékajících důlních vod. Jedná se o trvalý stav, který byl zohledněn v žádosti o nové rozhodnutí. Na základě této skutečnosti KÚ Středočeského kraje v novém rozhodnutí čj. 148548/2020KUSK ze dne 15. 1. 2021 stanovil nové hodnoty pro množství vypouštěných důlních vod ( $Q_{\text{prům.}} = 30 \text{ l.s}^{-1}$ ,  $Q_{\text{max.}} = 40 \text{ l.s}^{-1}$ ,  $Q_{\text{rok}} = 950\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ ). Platnost nového rozhodnutí byla stanovena do 31. 12. 2024. Množství odvedených důlních vod za rok 2023 činilo  $362\,664 \text{ m}^3$  (tj.  $11 \text{ l.s}^{-1}$ ). [26]

V roce 2023 nebylo u sledovaných ukazatelů zaznamenáno žádné překročení hodnot „p“ a „m“. Nebylo překročeno ani bilanční zatížení toku. [26]

## 11.2 Chemismus důlních vod

Jedním z příkladů složení důlní vody po likvidaci je analýza vody z jámy Anna z roku 2003, která je uvedena v Tab. 18. Vzhledem ke skutečnosti, že jsou jámy několika patry propojeny, nelze hovořit o chemickém složení konkrétního důlního díla. Z uvedeného vyplývá, že se jedná o vody typu Ca-Na/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Chemismus důlní vody vytékající z Dědičné štoly u Trhových Dušníků je charakteristický vysokou mineralizací, s vysokým obsahem vápníku Ca a hořčíku Mg a zvýšenými obsahy síranů SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> až  $600 \text{ mg.l}^{-1}$  [24].

Tab. 18: Analýza důlní vody z jámy Anna (Stískal, 2003) [25].

Č.	Stanovení	Jednotka	Vzorek
			Jáma Anna
1	Sodík Na	mg.l <sup>-1</sup>	120
2	Draslík K	mg.l <sup>-1</sup>	13
3	Hořčík Mg	mg.l <sup>-1</sup>	65
4	Vápník Ca	mg.l <sup>-1</sup>	170
5	Mangan Mn	mg.l <sup>-1</sup>	0,17
6	Železo Fe	mg.l <sup>-1</sup>	0,012
7	Chloridy Cl <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	39
8	Sírany SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	710
9	Fluoridy F <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	< 0,20
10	Hydrogenuhlíčitany HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	214
11	CO <sub>2</sub> volný	mg.l <sup>-1</sup>	94,6
12	Amonný kationt NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	< 0,050
13	Fosforečnany PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,090
14	Dusičnany NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	19
15	Dusitany NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	< 0,0050
16	Rozpuštěné látky RL	mg.l <sup>-1</sup>	1380
17	CHSK <sub>Mn</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	0,90
18	pH		6,55
19	Vodivost	mS.m <sup>-1</sup>	168

V místě vypouštění důlních vod z Dědičné štoly do Litavky je pravidelně kontrolována jakost vypouštěných důlních vod (HEIS VÚV). Přehled kontrolovaného chemizmu a množství vypouštěných důlních vod za období 2006 – 2022 ukazuje Tab. 19.

**Tab. 19: Jakost a množství vypouštěných vod z Dědičné štolý do Litavky v letech 2006 - 2022.**

Rok	Množství vypouštěných vod, tis. m <sup>3</sup>	Ukazatel jakosti (zkratka)	Množství vypouštěného znečištění za rok [t]	Průměrná koncentrace vypouštěného znečištění [mg.l <sup>-1</sup> ]
2022	504,576	BSK <sub>5</sub>	0,722	1,43
2022	504,576	NL <sub>105</sub>	2,826	5,6
2021	789,661	BSK <sub>5</sub>	0,206	0,261
2021	789,661	NL <sub>105</sub>	4,264	5,4
2020	795,338	NL <sub>105</sub>	3,181	4
2020	795,338	BSK <sub>5</sub>	0,655	0,823
2019	681,808	BSK <sub>5</sub>	0,109	0,16
2019	681,808	NL <sub>105</sub>	2,727	4
2018	670,771	BSK <sub>5</sub>	0,352	0,525
2018	670,771	NL <sub>105</sub>	2,683	4
2017	674,24	BSK <sub>5</sub>	0,551	0,817
2017	674,24	NL <sub>105</sub>	2,697	4
2016	315,36	BSK <sub>5</sub>	0,188	0,595
2015	378,4	BSK <sub>5</sub>	0,224	0,591
2014	551,9	BSK <sub>5</sub>	0,19	0,344
2012	247,6	BSK <sub>5</sub>	0,247	0,996
2011	345	ChSK <sub>Cr</sub>	0	0
2011	345	TIN	0	0
2011	345	P-V	0	0
2011	345	N-NH <sub>4</sub>	0	0
2011	345	BSK <sub>5</sub>	0,138	0,4
2011	345	RAS	0	0
2011	345	NL <sub>105</sub>	0	0
2010	304,5	ChSK <sub>Cr</sub>	0	0
2010	304,5	BSK <sub>5</sub>	0,03	0,1
2010	304,5	TIN	0	0
2010	304,5	N-NH <sub>4</sub>	0	0
2010	304,5	NL <sub>105</sub>	0	0
2010	304,5	P-V	0	0
2010	304,5	RAS	0	0
2009	273	TIN	0	0
2009	273	RAS	0	0
2009	273	ChSK <sub>Cr</sub>	0	0
2009	273	P-V	0	0
2009	273	N-NH <sub>4</sub>	0	0
2009	273	NL <sub>105</sub>	0	0
2009	273	BSK <sub>5</sub>	0,027	0,1
2008	338,5	BSK <sub>5</sub>	0,203	0,6
2008	338,5	NL <sub>105</sub>	0	0
2008	338,5	RAS	0	0
2008	338,5	ChSK <sub>Cr</sub>	0	0
2008	338,5	P-V	0	0

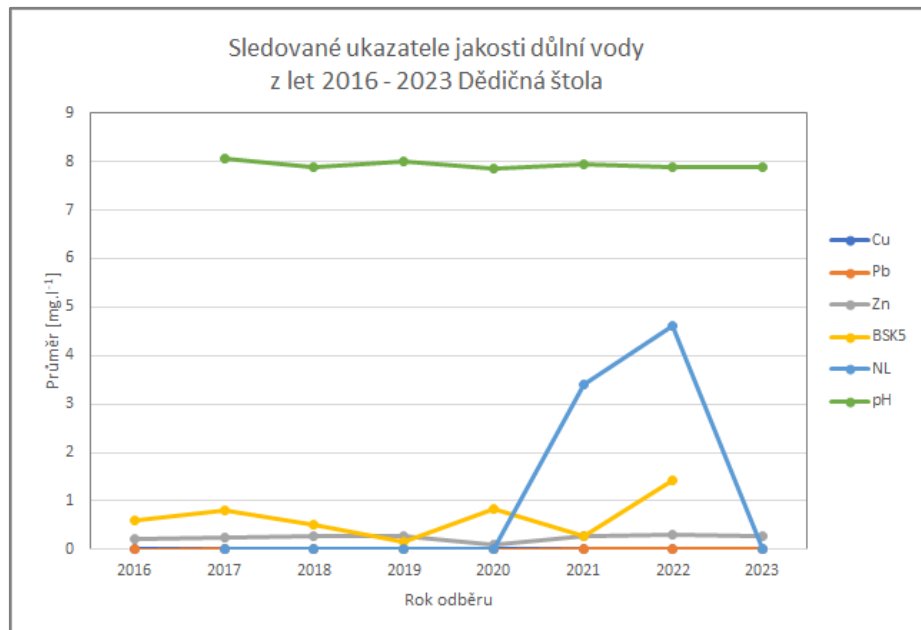
Pozn.: BSK<sub>5</sub> (biochemická spotřeba kyslíku 5-ti denní), NL<sub>105</sub> (nerozpuštěné látky při 105°C), ChSK<sub>Cr</sub> (chemická spotřeba kyslíku dichromanem), TIN (dusík anorganický), P-V (fosfor celkový), N-NH<sub>4</sub> (dusík amoniakální), RAS (rozpuštěné anorganické soli).

Pro důlní vody vypouštěné z Květenké štolý byl ukazatel NL<sub>105</sub> v roce 2022 15,65 mg.l<sup>-1</sup> a v roce 2017 6,0 mg.l<sup>-1</sup>.

V rámci monitoringu dopadů důlní činnosti na jednotlivé složky životního prostředí provádí správce rudního ložiska DIAMO, s. p., o. z. SUL (od 1.9.2024 o. z. Příbram) sledování, které každoročně zveřejňuje ve zprávě o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za daný rok. Tab. 20 uvádí průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů chemizmu důlní vody a jejího průtoku Dědičnou štolou na měrném profilu.

**Tab. 20: Sledované ukazatele důlní vody z let 2016 – 2023 [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33].**

Ukazatel	Rok															
	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023	
	Průměr	Bilanční hodnota	Průměr	Bilanční hodnota	Průměr	Bilanční hodnota	Průměr	Bilanční hodnota	Průměr	Bilanční hodnota	Průměr	Bilanční hodnota	Průměr	Bilanční hodnota	Průměr	Bilanční hodnota
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
Pb	0	0	0,006	0,004	0,005	0,003	0,008	0,005	0	0	0,004	0,003	0,005	0,003	0,003	0,001
Zn	0,210	0,662	0,247	0,167	0,275	0,184	0,283	0,193	0,088	0,070	0,273	0,216	0,301	0,152	0,279	0,101
BSK <sub>5</sub>	0,595	-	0,817	0,551	0,525	0,352	0,160	0,109	0,823	0,655	0,261	0,206	1,430	0,722	-	-
NL	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	3,4	2,685	4,6	2,321	0	0
pH	-	-	8,05	-	7,9	-	8,0	-	7,85	-	7,95	-	7,9	-	7,9	-
Q <sub>max</sub>	10	315360	21,38	674240	21,27	670771	21,62	681808	25,22	795338	25,04	789661	16,00	504576	11,5	362664



Obr. 32: Grafické vyjádření sledovaných ukazatelů důlní vody z let 2016 – 2023.

Pozn. k Tab. 20: Jednotka pro průměrné množství je mg.l-1 a pro bilanční hodnotu t.rok-1, resp. m3.rok-1.

V letech 2017-2019 byly mírně překračovány  $Q_{max}$  a maximální roční množství vytékajících důlních vod. Ostatní ukazatele byly v limitu. Na základě toho byla provedena změna rozhodnutí (viz výše) a sledované ukazatele nyní vyhovují platnému rozhodnutí.

Všechny sledované ukazatele v průběhu let vykazují ustálenou úroveň průměrného množství kromě ukazatele nerozpuštěné látky, který v letech 2021 a 2022 vykazoval stoupající tendenci. Příčinu tohoto trendu se nepodařilo z dostupných materiálů vysvětlit.

V rámci zpracování tohoto vyjádření byl odebrán 9.9.2024 vzorek důlní vody z jámy Prokop. Analýzu odebrané důlní vody uvádí Tab. 21.

Z uvedeného rozboru vyplývá, že se jedná o vodu středně tvrdou až tvrdou. V případě instalace zařízení tepelného čerpadla je třeba vzít v úvahu, že při zahřátí této důlní vody dojde k tvorbě vodního kamene. Odebraná důlní voda vykazuje také vyšší množství síranů a vyšší elektrickou vodivost, což značí vyšší mineralizaci a možné technické potíže např. v podobě koroze, zanášení potrubí a tepelných výměníků. V současné době však existují osvědčené postupy ke snížení jak tvrdosti vody, tak vodivosti.

Tab. 21: Analýza důlní vody z jámy Prokop odebrané dne 9.9.2024.

Parametr	Jednotka	Výsledek
<i>Fyzikální parametry</i>		
Elektrická vodivost (25 °C)	mS.m <sup>-1</sup>	124
Hodnota pH	-	7,54
<i>Souhrnné parametry</i>		
Suma kationtů	mg.l <sup>-1</sup>	250
Suma kationtů	mval.l <sup>-1</sup>	13,3
Suma aniontů	mg.l <sup>-1</sup>	672
Suma aniontů	mval.l <sup>-1</sup>	13,4
Tvrdost	mmol.l <sup>-1</sup>	4,86
Tvrdost vápenatá	mmol.l <sup>-1</sup>	2,99
Tvrdost hořečnatá	mmol.l <sup>-1</sup>	1,87
<i>Anorganické parametry</i>		
Amoniak a amonné ionty jako NH <sub>3</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	<0,050
Amoniakální dusík	mg.l <sup>-1</sup>	<0,040
Chloridy	mg.l <sup>-1</sup>	63,2
CHSK <sub>Mn</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	0,86
Dusičnany	mg.l <sup>-1</sup>	19,3
Dusitany	mg.l <sup>-1</sup>	<0,0050
Fluoridy	mg.l <sup>-1</sup>	<0,200
Orthofosforečnany	mg.l <sup>-1</sup>	<0,040
Rozpuštěné křemičitany jako SiO <sub>2</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	18,6
Sířany jako SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	369
Uhlíčitany (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	mg.l <sup>-1</sup>	0
Dusičnanový dusík jako N-NO <sub>3</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	4,37
Dusitanový dusík	mg.l <sup>-1</sup>	<0,0020
Hydrogenuličitany (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg.l <sup>-1</sup>	220
Rozpuštěné křemičitany jako SiO <sub>3</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	23,5
Zásadová neutralizační kapacita (acidita) pH 8,3	mmol.l <sup>-1</sup>	0,219
CO <sub>2</sub> celkový	mg.l <sup>-1</sup>	169
Rozpuštěné křemičitany jako H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	24,2
CO <sub>2</sub> volný	mg.l <sup>-1</sup>	9,64
RL sušené (105°C)	mg.l <sup>-1</sup>	878
Zásadová neutralizační kapacita (acidita) pH 4,5	mmol.l <sup>-1</sup>	<0,150
CO <sub>2</sub> agresivní	mg.l <sup>-1</sup>	0
Kyselinová neutralizační kapacita (alkalita) pH 4,5	mmol.l <sup>-1</sup>	3,61
Kyselinová neutralizační kapacita (alkalita) pH 8,3	mmol.l <sup>-1</sup>	<0,150
<i>Rozpuštěné kovy/hlavní kationty</i>		
Ca	mg.l <sup>-1</sup>	120
Cu	mg.l <sup>-1</sup>	<0,0010
Fe	mg.l <sup>-1</sup>	<0,0020
K	mg.l <sup>-1</sup>	5,54
Mg	mg.l <sup>-1</sup>	45,4
Mn	mg.l <sup>-1</sup>	0,00296
Na	mg.l <sup>-1</sup>	79,1
Pb	mg.l <sup>-1</sup>	<0,0050
Zn	mg.l <sup>-1</sup>	0,488

### 11.3 Zatápění důlních děl po ukončení čerpání důlních vod

Po likvidaci dolů se předpokládalo, že bude zachován a udržován odvodňovací systém Dědičné štoly včetně přístupových komunikací. Po ukončení čerpání a likvidaci čerpacích stanic mělo docházet k postupnému zatopení vyrubaných prostor pod 2. patrem a vzniku přirozených přelivů z dolů do Dědičné štoly.

Likvidace nezahrnovala zavalení vyrubaných prostor, a proto se předpokládal vznik spojitého systému vodních kapes v úrovni od 2. patra na nejnižší patra dolů.

Otázkou byla rychlost zatápění a změny v celkových přítocích do Dědičné štoly po zaplnění důlních prostor vodou, změny v dosahu odvodněného prostoru a změny kvality vody v Dědičné štolě. S tou se počítalo pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou.

Po zatopení dolů se nepředpokládaly výraznější změny v režimu podzemních vod kvůli zachování funkce Dědičné štoly a s ohledem na spojitost systému báňských děl. Pod povrchem by nemělo dojít k redukci odvodněného prostoru a ke změně kvality vody. Předpokládala se pouze změna spádových poměrů podzemní vody na propustných puklinách, což mělo mít za důsledek oživení přítoků do Dědičné štoly, které dříve pronikaly pod úroveň 2. patra. Předpokládalo se navýšení průtoku v Dědičné štolě o množství vody, kterým byla ložiska zatápěna. Dle odhadů z roku 1984 mělo Dědičnou štolou po zatopení březohorského ložiska tedy protékat 47,5 l.s<sup>-1</sup>. Současný průtok je shodný s odhadem z roku 1984.

### **11.3.1 Zatápění ložiska Bohutín**

Zatápění ložiska Bohutín probíhalo postupně od r. 1967 (nejhlubší část), od roku 1972 (část pod 26. patro), s přestávkami a využitím jen části vod přítékajících do revíru. V únoru roku 1984 byly hladina vody udržována těsně pod úrovní 25. patra jámy 25. únor. V té době se předpokládalo, že nedojde k zatopení ložiska a bohutínské vody budou využívány vodohospodářii jako zdroj vody. O konečné úrovni hladiny v té době ještě nebylo rozhodnuto. Předpokládala se úroveň 17. patra s čerpáním do Dědičné štoly i přes vysoké náklady v důsledku nedostatku vody na Příbramsku. [2]

Ještě v roce 1990 byly čerpány přítoky vod z jámy Štěpánka o průtoku 10 l.s<sup>-1</sup> ze 17. patra jámy 25. únor do Dědičné štoly. Z jámy Řimbaba byla voda čerpána do Dědičné štoly z 9. patra v množství 5 l.s<sup>-1</sup>. V jámě 25. únor byla hladina vody v té době ustálena pod 20. patrem. [35]

### **11.3.2 Zatápění ložiska Březové Hory**

Likvidace ložiska Březové Hory byla započata jeho zatápěním v únoru 1979, kdy byla zrušena funkce čerpacího systému (v posledním období byl celý revír odvodňován jámou Prokop). Ložisko bylo zatápěno přítokem cca 500 – 700 l.min<sup>-1</sup>, což bylo množství, které bylo čerpáno na úroveň 2. patra před začátkem zatápění. Přítoky vod nad úrovní 2. patra, které na 2. patře byly zachycovány, byly i v době zatápění většinou odváděny Dědičnou štolou a nebylo s jejich účastí při zatápění počítáno. [2]

Postup zatápění ložiska do konce roku 1982 byl sledován v jámě Prokop. Dne 13.11.1979 dosahovala hladina podzemní vody úrovně 20 m pod 37. patro. a 13.12.1982 byla 30-33 m nad 33. patrem. Hladina stoupla za 9 měsíců o 71 m.

Dále bylo měření h. p. v. prováděno na jámě Ševčinské. Dne 22.8.1983 dosahovala hladina úrovně 10 m nad 31. patro a 13.5.1985 se nacházela na úrovni 25 m nad 29. patrem. Za 8 měsíců stoupla hladina o 77 m.

Na základě nárůstu h. p. v, vypočítáním vyrubané a odhadem zavalené kubatury vyrubaných prostor, provedli autoři Závěrečné zprávy [2] výpočet velikosti přítoku a odhadované doby zatápění.

Pro více variant se přítok pohyboval v rozmezí 400 – 650 l.min<sup>-1</sup>. Zatopení ložiska na úroveň Dědičné štoly bylo odhadnuto, na základě využití hodnot max. (3 670 060 m<sup>3</sup>) a min. (2 447 860 m<sup>3</sup>) vyrubaných prostor včetně pórovitosti zavalených prostor a max. a min. přítoků, nejdříve na rok 1989 a nejpozději 1992. [2]

V roce 1989 dosahovala hladina v Ševčinské jámě úrovně 435 m od ohlubně jámy a na ložisku Bohutín 10 m nad úroveň 21 p. [36]

## 11.4 Výzkum využití tepelného potenciálu důlních vod v Březohorském rudním revíru

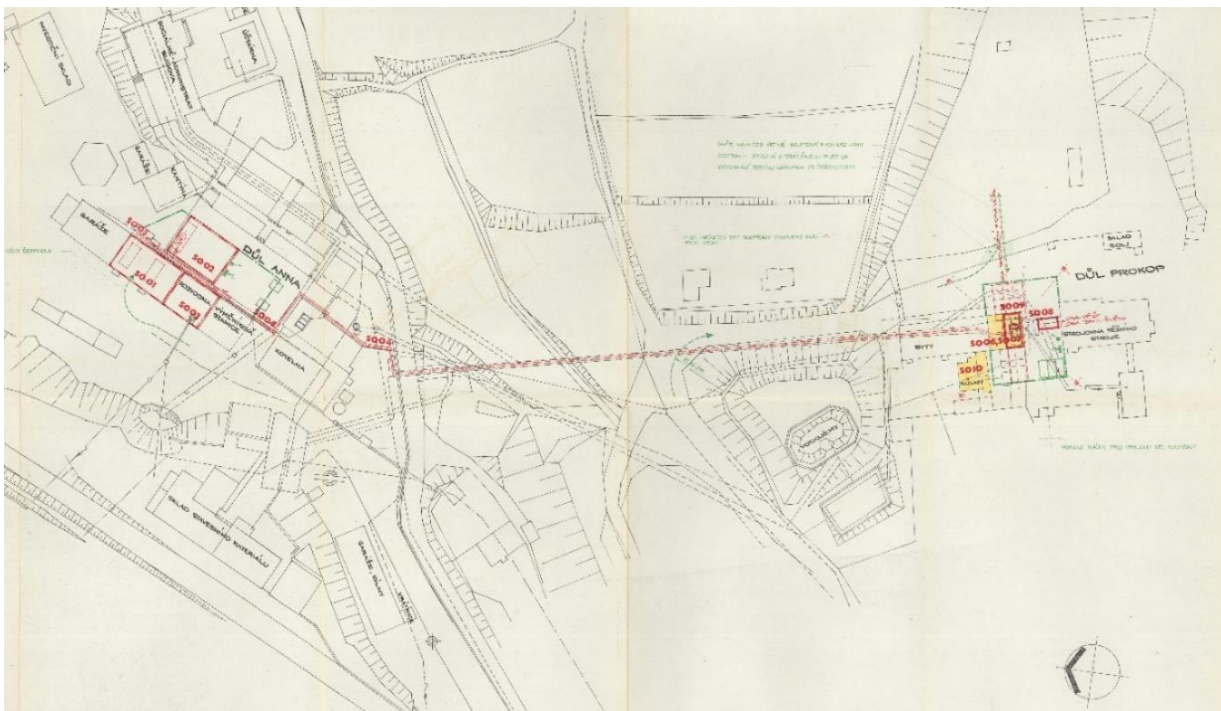
Již v roce 1985 se objevovaly úvahy o využití tepelné energie vznikající v důsledku existence zemského teplotního gradientu. [2] Její množství je přímo úměrné velikosti gradientu. I přes to, že teplotní gradient na ložisku Březové Hory je poměrně nízký  $G=0,0184 \pm 0,0005 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$ , je při přepočtu na hloubku 1579,6 m (41. p.) rozdíl teplot mezi povrchem a 41. patrem jámy Prokop cca  $29 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### 11.4.1 Výzkumný projekt ÚÚG

V rámci výzkumného projektu Ústředního ústavu geologického (ÚÚG) (dnešní České geologické služby (ČGS)) s názvem C-02-0347-808 Výzkum využití tepla podzemních vod byla instalována technologie k využívání energetického potenciálu důlní vody zatápěného březohorského ložiska v areálu šachty Anna. Technologie tepelného čerpadla byla napojena na síť teplé užitkové vody a síť otopné vody v areálu dolu Anna (viz Obr. 33). K jímání důlní vody byla zvolena šachta Prokop, k zapouštění využití důlní vody byla určena štola Marie. Výzkumný projekt byl realizován v období 1987 až 1990 s konečným rozpočtem 8,395 mil. Kč(s) oproti schválenému 11,500 mil. Kč(s), tedy s úsporou cca 3,0 mil. Kč(s). Provozní náklady pro výkon 1 MW tepelného čerpadla byly odhadnuty na 2,5 mil. Kč(s) ročně po dobu životnosti investice stanovené na 15 let. [9], [42], [42]

### 11.4.2 Technické údaje o projektu

Technickou dokumentaci pro instalaci technologie tepelného čerpadla zpracoval 12/1987 Rudný projekt, n.p. Brno B-2529.30-9022-JP.100/04, a ta je uložena v archivu DIAMO, s.p. pod archivním číslem St 378. Projekt předpokládal 3 změny v čerpání v závislosti na vzestupu hladiny důlní vody v průběhu zatápění. V průběhu I. a II. etapy čerpání mělo být čerpáno o vydatnosti  $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  a ve III. etapě mělo být čerpáno o vydatnosti  $26 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Po absolvování I. a II. etapy mělo být hlubinné čerpadlo vytěženo a pro III. etapu mělo být čerpadlo zapuštěno do minimální hloubky pod úroveň ustálené hladiny důlní vody v dědičné štoli.



Obr. 33: Plán instalace technologie tepelného čerpadla [42].



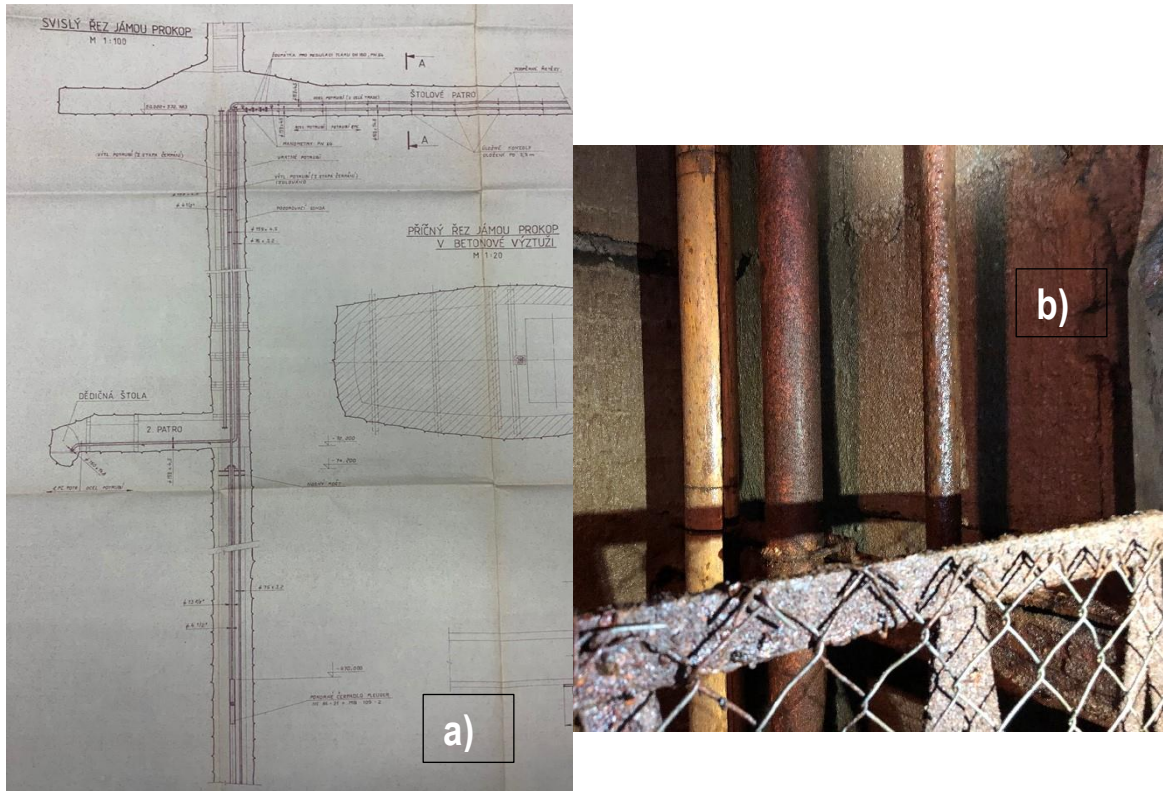
Z projektové dokumentace vyplývá, že do stvolu jámy Prokop byly instalovány čtyři kolony potrubí s označením:

- |                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| - výtlačné potrubí pro I. etapu  | délka potrubí cca 470 m  |
| - výtlačné potrubí pro II. etapu | cca 72 m                 |
| - vratné potrubí                 | svislá délka cca 72 m    |
| - pozorovací sonda               | délka potrubí neuvedena. |

V současné době je tato technologie z prostoru přístupové Prokopské štoly zcela odstraněna a pouze její vertikální torzo v podobě 3 kolon potrubí (jedná se pravděpodobně o výtlačné potrubí pro II. etapu čerpání ( $\varnothing$  159 mm), vratné potrubí ( $\varnothing$  4 1/2") a potrubí plnicí funkci pozorovací sondy ( $\varnothing$  76 mm)) vystupuje na úrovni štolového patra z jámy Prokop (viz Obr. 34).

Rozbory hydrogeologických faktorů zatápěného březohorského ložiska byly zpracovány ve dvou zprávách v různých časových intervalech, kde je hodnocen postup zatápění. Ve zprávách [39], [40] jsou uváděna některá tvrzení, která bylo nutné upřesnit v dalším časovém hodnocení. Postup zatápění upřeshňoval znalosti jak o časových relacích plnění vyrubaných prostor, tak i o teplotě, na základě čehož bylo konstatováno, že:

- přítok (=průtok) je plně závislý na srážkách,
- postup zatápění byl ve svrchních patrech rychlejší, což znamená, že původní odhady objemu výtlačky svrchních pater byly nadhodnocené,
- teplota vody svrchních partií zatápěného důlního pole má hodnoty vyšší, než odpovídá obecnému geotermálnímu stupni,
- hloubkové měření změn teploty v jámě Prokop naopak nevykazuje výrazné změny až do hloubky 600 m pod hladinou,
- chemismus vody vykazuje výrazné zvýšení obsahu iontu  $\text{SO}_4^{2-}$ ,
- dosavadní krátkodobé čerpání 10 l.s-1 na jámě Prokop z hloubky 900 m má dosud neměnnou teplotu 22,5°C.



Obr. 34: a) Svislý řez jámou Prokop – výkresová část projektové dokumentace [42], b) Současný stav (09/2024).

Výzkumný projekt s názvem C-02-0347-808 Výzkum využití tepla podzemních vod byl definitivně ukončen v závěru roku 1990, kdy byly vyčerpány rozpočtované finance. K plnému

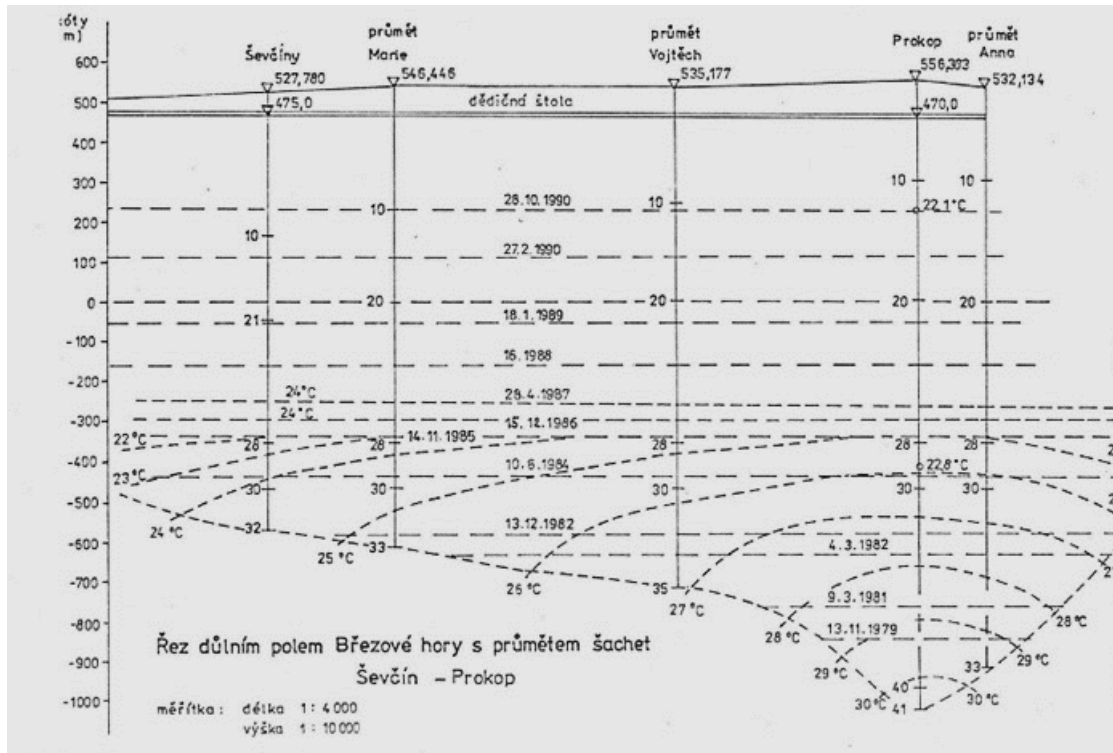
zatopení březohorského ložiska došlo až v roce 1994, kdy hladina důlní vody na jámě Prokop dostoupila úroveň Dědičné štoly a jedná se tedy z hydrogeologického hlediska hladinu ustálenou.

Výzkumný projekt byl tedy uzavřen v době, kdy:

- i) nebylo ukončeno zatápění březohorského ložiska a hladina důlní vody se nacházela cca 200 m pod úrovní Dědičné štoly,
- ii) technologie tepelného čerpadla byla v provozu pouze několik týdnů,
- iii) měřená data neměla reprezentativní hodnotu a hodnota učiněných závěrů byla diskutabilní.

Nicméně závěry hodnocení byly autory formulovány následovně:

- A) Zatápění důlního revíru se s časem zrychlovalo a blížilo se více předpokladu optimistickému, které předpokládá zatopení na úroveň 2. patra v roce 1992. Zrychlení zatápění bylo způsobeno menšími objemy vyrubanými mezi 15. a 10. patrem a také většími objemy základek ve stařinách. Z výpočtu objemů vychází průměrný přítok  $6,2 \text{ l.s}^{-1}$  až  $4,76 \text{ l.s}^{-1}$ , což opět koresponduje s předchozími výpočty a hodnotami čerpaných důlních vod v době těžby  $4,0 \text{ l.s}^{-1}$  (Bambas et al., 1986) a odpovídá vztahu ke srážkám.
- B) Zcela nové poznatky přineslo měření teploty vody v zatopených prostorách březohorského ložiska. Poslední měření na jámě Prokop v říjnu 1990 ověřilo teplotu  $22,6^\circ\text{C}$  na hladině, která v době měření byla na kótě  $+231 \text{ m n.m.}$  a teplotu vody  $22,8^\circ\text{C}$  v hloubce 600 m, tj. na kótě  $-370 \text{ m n.m.}$  V této hloubce byla v roce 1985 naměřena teplota  $25^\circ\text{C}$ . Tento nový prvek byl analyzován a autoři dospěli k závěru, že jámy představují téměř 80 +% celkového objemu zatápěných prostor a jako svislé volné objemy vody umožňují rychlý sestup chladnější infiltrované vody, která zatlačuje oteplenou vodu do chodeb a puklin v horninovém masivu a teprve po určité době dochází k vyrovnání teplot. Tento časový faktor nebylo možné z jednobodového měření vyčíslit. Na druhé straně je zajímavé zjištění, že teplota vody v jámách je vyšší, než by odpovídala normálnímu geotermálnímu gradientu (Obr. 35), což dokumentuje teplotní nesrovnalost zatápěných objemů. I když není dosud k dispozici dlouhodobé měření teplot čerpané vody, je možné konstatovat, že téměř celý podzemní výměník má minimální teplotu  $23^\circ\text{C}$ . Není znám časový proces vyrovnání teplot.
- C) Provedení krátkodobého čerpání vody ze zatopených důlních prostor ze zapuštěné ochranné kolony potvrzuje správnost původních předpokladů. Je možné čerpat bez projevu měřitelného snížení hladiny  $10 \text{ l.s}^{-1}$  a ponorné čerpadlo Pleuger bude moci dodávat až  $26 \text{ l.s}^{-1}$  po stoupnutí hladiny k úrovni Dědičné štoly. Při čerpání  $10 \text{ l.s}^{-1}$  byla voda po patřičném ochlazení průchodem tepelným čerpadlem pouštěna odpadním potrubím do jámy Marie.



Obr. 35: Naměřená teplotní zonálnost v průběhu zatápění březohorského ložiska (Myslík et al 1990).

- D) Není možné provést detailní analýzu všech sledovaných ukazatelů, protože před sestavením této zprávy bylo čerpáno jen několik dní. Není proto možné hodnotit změny teplotních poměrů, ani případné změny chemizmu vody. S ohledem na termín této zprávy nebyl dostatek podkladů pro hydrogeologické hodnocení režimu březohorského ložiska za provozu tepelného čerpadla.
- E) Vzhledem k těmto skutečnostem bylo realizováno matematické modelování systému podzemního výměníku březohorského ložiska, které mělo být uvedeno v příloze této zprávy.

Matematickým modelem měly být řešeny tyto základní otázky:

- Jak ovlivní čerpání  $10 \text{ l.s}^{-1}$  teplotní režim podzemního výměníku o teplotě  $23^\circ\text{C}$  a vracení ochlazené vody o  $16^\circ\text{C}$  do výměníku jamou Marie,
- Jak se projeví čerpání  $26 \text{ l.s}^{-1}$  při stejné dispozici,
- V jakých časových intervalech dojde ke změnám teploty v podzemním výměníku.

Tyto úlohy byly řešeny s ohledem na typ matematického modelu pro naplněné březohorské ložisko až k Dědičné štole, tedy pro stav, který měl být dosažen do r. 1992, resp. 1994.

### 11.4.3 Výsledky a závěry výzkumného projektu

Modelové řešení proudění důlní vody a vedení tepla v důlní oblasti Březových hor ověřilo možnost dlouhodobého odběru cca  $24 - 26^\circ\text{C}$  při odběru a vtláčení  $10 \text{ l.s}^{-1}$  a  $23 - 25^\circ\text{C}$  teplé vody při odběru a vtláčení  $20 \text{ l.s}^{-1}$ . Vzhledem k použité podmínce konstantní teploty na okrajích a ve dně modelovaného prostoru nemusí být řešení na straně bezpečnosti; aplikace této okrajové podmínky vede ke zvýšenému přítoku tepla při zvyšujícím se tepelném gradientu. Tento vliv okrajové podmínky může oproti skutečnosti zvyšovat teploty při větších odběrech.

Rovněž z hlediska použitých schematizací a přesnosti vstupních údajů lze očekávat, že výsledky modelového řešení mohou být zatíženy určitou chybou. Z tohoto důvodu je třeba úzce konfrontovat výsledky modelu s měřeními reálnými údaji a v případě upřesnění

vstupních informací modelové řešení inovovat. Je zřejmé, že i při neúplnosti vstupních údajů a značných schematizací je modelové řešení proudění důlní vody a vedení tepla přínosem nejen v oblasti teorie, ale i při řešení reálných praktických problémů.

## 11.5 Potenciál důlní vody březohorského ložiska

Z hydrogeologického pohledu byly zhodnoceny následující informace:

- Nakládání s důlními vodami, kde bylo konstatováno, že:
  - o celkově bylo do Dědičné štoly v průměru čerpáno v období 1963 - 1978 z:
    - bohutínského ložiska cca 3 l.s<sup>-1</sup>.
    - březohorského ložiska cca 5 l.s<sup>-1</sup>.
  - o Dědičnou štolou bylo v době, kdy byly buhutínské doly odvodňovány na úrovni 25. p. a březohorské doly byly zatápěny (1983), odváděno 29,6 l.s<sup>-1</sup>. Tento údaj však byl získán ve značně suchém období. Z tohoto důvodu byla odvozena hodnota 35,8 l. s<sup>-1</sup>, která lépe odpovídá průměrnému množství vody sváděnému Dědičnou štolou z obou revírů z hlediska dlouhodobých úvah.
  - o v současnosti je průměrný odtok z Dědičné štoly v místě portálu cca 11 l.s<sup>-1</sup>.
- Chemismus důlní vody vytékající z Dědičné štoly u Trhových Dušníků je charakteristický vysokou mineralizací, s vysokým obsahem vápníku Ca a hořčíku Mg a zvýšenými obsahy síranů SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> až 600 mg.l<sup>-1</sup>. Vzhledem ke skutečnosti, že jsou jámy několika patry propojeny, nelze hovořit o chemickém složení konkrétního důlního díla. Z uvedeného vyplývá, že se jedná o vody typu Ca-Na/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.
- Výsledky hydrogeologického průzkumu spojeného s výzkumem využití tepelného potenciálu důlní vody v Příbrami. S odstupem času lze tento projekt hodnotit jako poloprovaz. I když o jeho ukončení neexistují podrobné informace jiné, než ve formě ústního sdělení pamětníků. Tento projekt cca 2 roky byl zcela funkční, až do doby, kdy bylo rozhodnuto o připojení prostor vytápěných tepelným čerpadlem na nově zbudovanou teplárnu. Pamětníci tvrdí, že k této změně došlo čistě na základě politického rozhodnutí tehdejšího majitele, který celý areál získal v privatizačním procesu. Důležitou informací interpretovanou ve zprávách o průběhu projektu je konstatování, že důlní voda má s postupem do hlubších partií vyšší teplotu. Teplotní zonálnost by se měla pohybovat v rozmezí od 11°C v Dědičné štolě až po 29°C v nejnižších patrech jámy Prokop.

Odmyslíme-li nepříznivé množství vytékající důlní vody z portálu Dědičné štoly, pak hydrogeologické poměry hodnoceného území se zdají být velice vhodné pro umístění tepelného čerpadla, za těchto podmínek:

- důlní voda bude čerpána pokud možno z co největší hloubky, optimálně z místa, kde dlouhodobě dosahuje hodnoty min. 21°C,
- důlní voda bude utrácena formou zpětné infiltrace v místě proti toku důlní vody v Dědičné štolě,
- pro infiltraci bude zvolena jáma, která je s největší pravděpodobností hydraulicky propojená s jámou, ve které je umístěno čerpadlo,
- kvůli vysoké mineralizaci bude vhodné využít technologii s výměníkem.

Při splnění výše uvedených podmínek bude možné:

1. čerpat jakékoliv množství důlní vody, aniž by díky zpětné infiltraci došlo ke snížení průtoku důlní vody Dědičnou štolou,
2. ochladit důlní vodu na hodnotu 6°C, tj. o 15°C.

Výpočet energetického potenciálu (EP) pak vychází z odvozené rovnice:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \cdot (1 + 1 / (t_{\text{topf}} - 1)) / 1000 \text{ [kW]}$$

a v případě, že topný faktor bude cca 4, pak výsledná hodnota EP je 350 kW na každých 5 l.s<sup>-1</sup> čerpané důlní vody.

## 12. Technologie a technické řešení využívání potenciálu geotermální energie

### 12.1 Technologie pro využívání potenciálu důlních vod

Pro využití důlních vod je nezbytné:

1. zabezpečit přístup k důlním vodám (jako zdroji tepla),
2. převést energii důlních vod na tepelnou energii topného média,
3. přivést teplo ke spotřebiteli.

#### 12.1.1 Přístup k důlním vodám

Prvním předpokladem využití geotermálního potenciálu důlních vod je zabezpečení přístupu k důlní vodě, jako teplonosnému médiu v odpovídajícím množství a teplotě. Přístup k důlní vodě lze realizovat třemi hlavními cestami:

- vrtáním do důlních děl,
- původními důlními šachtami a
- z výtoků a čišťren důlních vod.

Výhody a nevýhody jednotlivých variant přístupu k důlním vodám shrnuje Tab. 22.

Tab. 22: Výhody a nevýhody jednotlivých variant přístupu k důlním vodám. [64]

Způsob přístupu	Popis	Výhody a nevýhody
Navrtání důlních děl	Přístup k důlním vodám obvykle zahrnuje vyvrtání 2–3 vrtů. Proces začíná buď pilotními nebo průzkumnými vrty. Pokud se podaří cílový rezervoár důlní vody zastihnout, je možné na základě stanovení hydraulických parametrů systému a teploty prostředí, kalkulovat technickou i ekonomickou udržitelnost projektu.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Umožňuje přístup ke zdroji v blízkosti místa odběru.</li> <li>•Vyšší cena instalace (v závislosti na hloubce).</li> <li>•Vyšší riziko, posouzení ekonomické udržitelnosti projektu vyžaduje realizaci vrtu.</li> <li>Riziko, že nedojde k navrtání liniových prvků důlního díla (štoly, překopy ...)</li> </ul>
Jáma nebo šachta	Přístup k důlním vodám je realizován přes jámy nebo šachty. Lze s výhodou provést pouze do likvidace důlních děl. Po provedení likvidace lze teoreticky některé znovu otevřít, takový postup ale bude pravděpodobně velmi nákladný.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pokud jsou poloha i stav jámy nebo šachet vhodné, lze očekávat nižší náklady (snazší přístup) a nižší riziko než schémata založená na vrtech.</li> <li>•Jámy a šachty nebývají umístěny v blízkosti spotřebitele.</li> <li>•Po likvidaci jámy v podstatě nepoužitelné.</li> </ul>
Výtoky a čišťrny důlních vod	Výtoky z důlních děl (čištěné i nečištěné) představují stabilní zdroj vody o konstantní teplotě. Teplo, které je možné využít je v současnosti bez využití vypouštěno do okolního prostředí.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Varianta s nejnižšími náklady, protože teplo je dostupné přímo na výtoku.</li> <li>•Omezený počet lokalit.</li> <li>•Výtoky nebývají umístěny v blízkosti spotřebitele.</li> </ul>

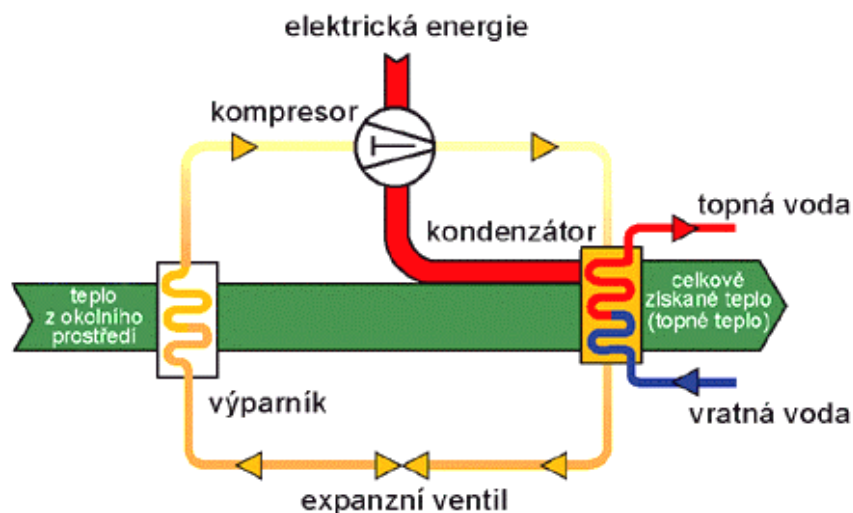
#### 12.1.2 Tepelná čerpadla a jejich provozní varianty pro důlní vody

Tepelná čerpadla využívají tepelnou stránku přeměny skupenství tekutiny na plyn pro převod tepla odebraného relativně chladnému zdroji (nízko-potenciální tepelná energie) pro ohřátí relativně teplejšího objektu (tj. přečerpání na energii s vyšším tepelným potenciálem).

Základem celého procesu je kapalina (chladiivo), která při přechodu na plynné skupenství (odpařování) odebírá svému okolí teplo a při přechodu z plynného do kapalného stavu (kondenzace) naopak teplo do prostředí dodává. Odpařování a kondenzace jsou přitom řízeny změnami tlaku chladiva. Nutným předpokladem provozu tepelného čerpadla je samozřejmě zdroj, ze kterého může být dlouhodobě teplo odebíráno. [91]

Tepelné čerpadlo se skládá ze čtyř základních částí: kompresoru, kondenzátoru, expanzního ventilu a výparníku (Obr. 36). Ve výparníku tepelného čerpadla dochází k odpaření chladiva (tj. přeměně látkového skupenství z kapaliny na plyn) doprovázené odběrem tepla z okolního prostředí (zdroje). Plyn je následně stlačen kompresorem, ve kterém dochází v důsledku nárůstu tlaku ke kondenzaci. Proces je doprovázen uvolňováním tepla do okolí (zahřívání topného média, které je možné dále využívat). Následuje expanzní ventil, který tlak chladiva snižuje na původní úroveň a tím umožňuje chladivo vést zpět do výparníku, kde cyklus znovu začíná. [91]

Účinnost tepelného čerpadla popisuje topný faktor, poměr topného výkonu (množství získaného tepla) a příkonu (energie potřebná k provozu) tepelného čerpadla. Topný faktor obecně závisí na teplotním gradientu procesu, tj. rozdílu teplot na vstupu (teplota zdroje) a výstupu z tepelného čerpadla (teplota topného média) [91]. Topný faktor téhož tepelného čerpadla se tedy může v závislosti na provozních podmínkách značně měnit, je tedy vhodné provozní podmínky tepelných čerpadel sledovat a průběžně optimalizovat.



Obr. 36: Schéma tepelného čerpadla. [91]

V případě důlních vod lze uvažovat čtyři základní provozní varianty tepelného čerpadla:

- otevřený okruh
  - o s vypouštěním ochlazených důlních vod mimo systém,
  - o s reinjektáží ochlazených důlních vod zpět do systému,
  - o „ustálený sloupec“,
- uzavřený okruh [71].

Účinnost tepelného čerpadla se měří jeho koeficientem výkonu (topný faktor TČ). Ten představuje poměr mezi energií (elektrickou) spotřebovanou tepelným čerpadlem a dodanou energií (jako teplo). Například tepelné čerpadlo s hodnotou Topný faktor TČ 4 znamená, že při použití 1 kW elektrické energie dodá 4 kW tepla. Topný faktor TČ je určen teplotním rozdílem mezi zdrojem tepla a teplotou požadovanou koncovým uživatelem. Čím nižší je rozdíl mezi teplotou zdroje a výstupem, tím vyšší je Topný faktor TČ. Zvýšená teplota důlních vod umožňuje dosažení Topný faktor TČ 4 i více. Například tepelné čerpadlo na lokalitě Lanchester Wines dosahuje Topný faktor TČ 6 [64].

Následující text popisuje jednotlivé varianty využití energie důlních vod a prostředí. Základní charakteristiku variant, jejich výhody a nevýhody shrnuje Tab. 23.

Tab. 23: Shrnutí základních vlastností jednotlivých provozních variant při využívání tepla důlních vod (upraveno podle [71], [72])

Konfigurace	Otevřený okruh			Uzavřený okruh
	Otevřený okruh s vypouštěním	Otevřený okruh s opakovanou injektáží	Ustálený sloupec	
Riziko zanášení technologie sraženinami	Vysoké, zejména pokud je přítomen atmosférický kyslík	Vysoké, zejména pokud je přítomen atmosférický kyslík	Vysoké, zejména pokud je přítomen atmosférický kyslík	Ne
Legislativní obtíže	Vysoké	Vysoké	Střední (závisí na provozním režimu)	Malé
Energetická účinnost	Vysoká	Vysoká	Různá v závislosti na tepelné výměně s okolím jámy	Nižší
Energetická náročnost	Může být vysoká (při velké hloubce čerpání)	Může být vysoká (při velké hloubce čerpání)	Může být vysoká (při velké hloubce čerpání)	Malá (pouze cirkulační pumpy)
Energetický potenciál	Velký	Velký	Střední, pokud není výrazný přítok do zdrojové oblasti	Střední
Výhody	Zajímavé řešení pro již čerpané a čištěné důlní vody	Lze realizovat bez čištění důlních vod	Prostorově omezeno na jedinou lokalitu, není nutné důlní vodu odvádět nebo čistit	Neovlivňováno chemismem
Nevýhody	Náklady na čištění důlních vod, potenciálně negativní vliv změn teploty na čistící proces	Riziko zanášení reinjektážních vrtů, riziko tepelného zkratu, náklady na vrtné práce	Omezená škálovatelnost	Nižší tepelný výnos, omezená škálovatelnost

### 12.1.2.1 Otevřený okruh

Systémy, které využívají otevřený okruh odebírají teplou důlní vodu z prostředí a po ochlazení ji vrací zpět do systému nebo mimo něj. Otevřený okruh využívají největší instalované nebo projektované instalace tepelných čerpadel na důlní vodu (např. Mieres ve Španělsku [73], [74], [75], [76], a Heerlen v Nizozemí [77], [78], [79], [80]).

Výhodou otevřených systémů je jejich relativně snadná škálovatelnost. Navýšení výkonu může být relativně snadno provedeno přidáním dodatečné kapacity pro tepelnou výměnu (navýšení čerpaného množství důlních vod). Množství tepla, které lze odebírat, je limitováno objemem odebírané důlní vody a rozdílem teplot na vstupu a výstupu z výměníku.

Nevýhodou je riziko zanášení technologie sraženinami [81], [82], [83]. Z provzdušňovaných, železem bohatých důlních vod „vypadávají“ při průchodu přes tepelný výměník oxidy železa, které mohou velmi rychle a efektivně omezit průtok a tím výkon či dokonce i funkčnost celé technologie. Výzkumné práce [84], [85] ukazují, že v některých případech může být řešením zamezení okysličování důlních vod v rámci technologie. Projekt LoCAL [83] naopak ukázal, že v některých uhelných dolech představují důlní vody i bez vzdušného kyslíku dostatečné oxidační prostředí ke srážení oxidů železa. Zdá se, že je možné tento proces i v průmyslovém měřítku omezit aplikací vhodných environmentálně přijatelných redukčních činidel [86]. Se vznikem sraženin souvisí technické potíže jako zanášení čerpadel, potrubí, výměníků a reinjektážních vrtů a z nich vyplývající servisní potřeby a náklady.

Další komplikací systémů s otevřeným okruhem je nutnost likvidace využití důlní vody. V případě vypouštění vod mimo systém je třeba dostát požadavkům na kvalitu a množství vypouštěných vod. V případě reinjektáže je potom nutné řešit problematiku chemismu důlních

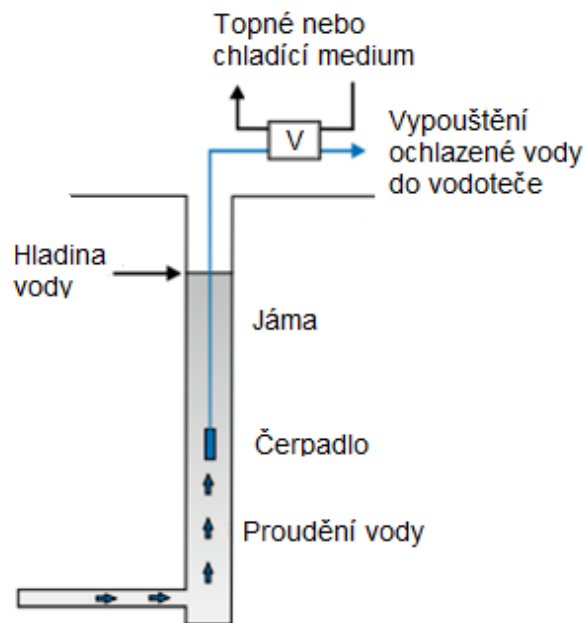
vod právě s ohledem na výše zmíněnou problematiku vzniku sraženin. Teoreticky je reinjektáž důlní vody bohaté na železo řešitelná pochopením chemismu důlních vod a přizpůsobením technologie. Příkladem takového úspěšného řešení může být pilotní nizozemský projekt v Heerlenu [80]. Jinde, ale mohou i přes snahy o pochopení probíhajících chemických procesů, potíže přetrvávat [85].

Nejvhodnější se proto jeví implementace otevřených systémů v lokalitách, kde důlní vody:

- jsou již čerpány (např. z důvodu udržování stanovené hladiny podzemní vody) a před vypuštěním do životního prostředí čištěny (tj. nevznikají žádné dodatečné náklady na čerpání nebo čištění) nebo
- mají dostatečnou kvalitu, aby mohly být přímo vypouštěny do povrchových vod nebo
- mají redukční charakter a nejsou v nich přítomné oxidované okrové a jiné částice, které komplikují reinjektáž [81].

- Otevřený okruh s vypouštěním ochlazených důlních vod mimo systém

V případě otevřeného okruhu (Obr. 37) s vypouštěním ochlazených vod mimo systém se důlní voda odebírá ze zatopeného dolu šachtou nebo vrtu a prochází přímo tepelným čerpadlem nebo výměníkem tepla spojeným s tepelným čerpadlem. Po tepelné výměně jsou důlní vody odváděny do povrchových vod. Tento typ instalace je používán, pokud je kvalita vody relativně dobrá a nevyžaduje úpravu (např. lokalita Mieres v severním Španělsku) nebo na vstupu do čistírny důlních vod (např. lokalita Caphouse ve Velké Británii [87]).

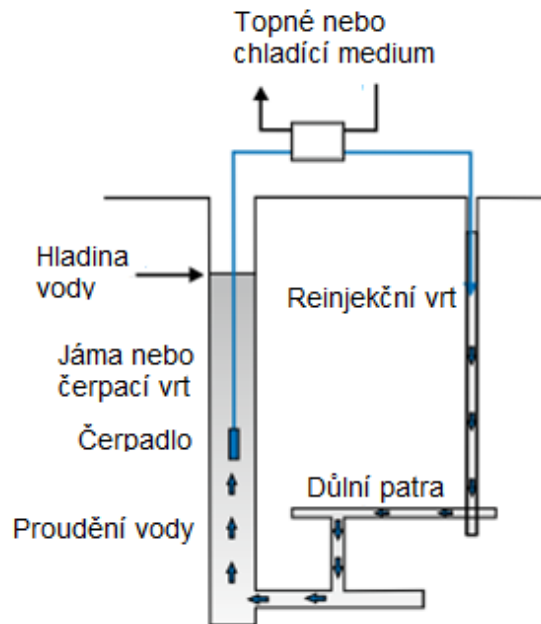


Obr. 37: Geotermální systém s otevřeným okruhem a vypouštěním mimo systém (do vodoteče), V – výměník nebo tepelné čerpadlo, upraveno podle [81]

- Otevřený okruh s reinjektáží ochlazených důlních vod zpět do systému

Není-li možné nebo vhodné důlní vody vypouštět nebo čistit, lze vodu po tepelné výměně reinjektovat zpět do důlního díla (Obr. 38), popřípadě jiné zvodně. Výhodou tohoto přístupu je omezení poklesu hladiny podzemní vody a tím i minimalizace vlivu provozu na zdroje podzemní vody, lázeňské zdroje apod. Současně nevznikají náklady na čištění důlních vod. Náklady na likvidaci sraženin z důlních vod budou také výrazně nižší, než v případě čištění důlních vod a jejich vypouštění do povrchových vod. Zvýšené náklady naopak často představují injektážní vrtu.





Obr. 38: Geotermální systém s otevřeným okruhem a reinjektáží do důlního díla, V – výměník nebo tepelné čerpadlo. Upraveno podle [81]

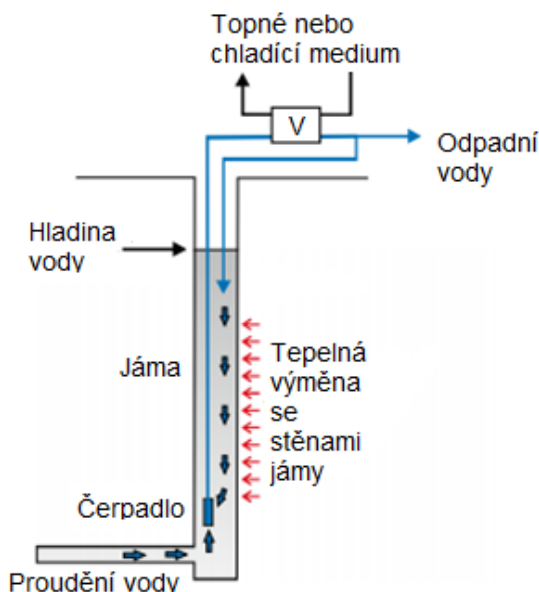
Největším rizikem této koncepce je možnost hydraulického zkratu mezi odběrovým místem a místem reinjektáže. V případě příliš rychlého pohybu vod mezi těmito místy (např. v důsledku existence preferenčních cest nebo příliš velkého hydraulického spádu) může docházet k ochlazování důlních vod ve zdrojové oblasti a tím poklesu výkonu zdroje [81].

Příkladem otevřeného okruhu s reinjektáží je pilotní projekt v Nizozemském Heerlenu [73], [74], [75], [76] nebo skotské projekty Shettleston, Glasgow a Lumphinnans [85]. Nejnovější aplikace přitom uvažují využití reinjektované důlní vody jako zdroje „chladu“ pro letní klimatizaci [78], [81].

- Ustálený sloupec

Ustálený sloupec (Obr. 39) je v podstatě variantou systémů s otevřeným okruhem, kde je k odběru i vypuštění důlních vod používáno totéž vertikální důlní dílo (jáma). K čerpání důlních vod přitom dochází v hlubších a teplejších partiích a vypouštění je realizováno v mělčích partiích. Část důlních vod může být likvidována i na povrchu. Vracená důlní voda obvykle proudí (klesá) jámou směrem k čerpadlu, přičemž se cestou ohřívá teplem horninového prostředí, které reprezentují stěny jámy. Pokud nedochází k přirozenému proudění vody v okolí jámy je udržitelný tepelný výnos spíše omezený. V opačném případě dochází k tepelnému doplňování systému, které tepelný zisk navyšuje. Příkladem ustáleného sloupce jsou instalace v Markhamu [81] a pilotní program v Egremontu [88] ve Velké Británii.

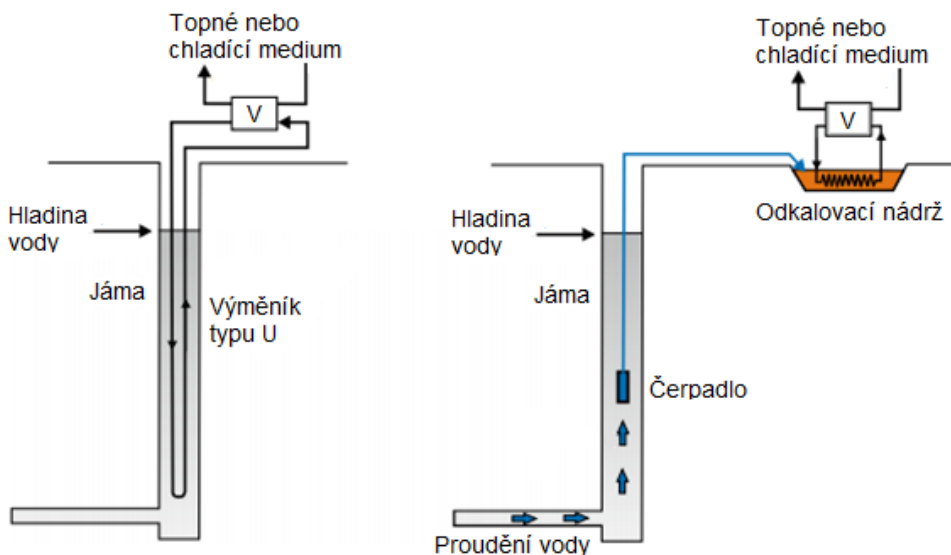
Výhodou tohoto systému je zjednodušení likvidace použitých důlních vod a minimalistické požadavky na technologii. Nevýhodou naopak představuje omezený výkon takových instalací, který pro systémy bez dotace teplé vody z okolí přestavuje maximum cca 100 W/m [25].



Obr. 39: Systém s otevřeným okruhem, varianta vodní sloupec, V – výměník nebo tepelné čerpadlo. Upraveno podle [81]

### 12.1.2.2 Uzavřený okruh

V systémech s uzavřeným okruhem (Obr. 40) neprochází teplá důlní voda výměníkem, ale kovový nebo plastový výměník je umístěn do ní. Důlní voda proto není obvykle čerpána ani jinak odváděna. Tepelná výměna může probíhat v zatopeném důlním díle (např. důl Follidal v Norsku [71], [89]), ale i v laguně na úpravu důlních vod (např. lokalita Caphouse ve Velké Británii [87]).



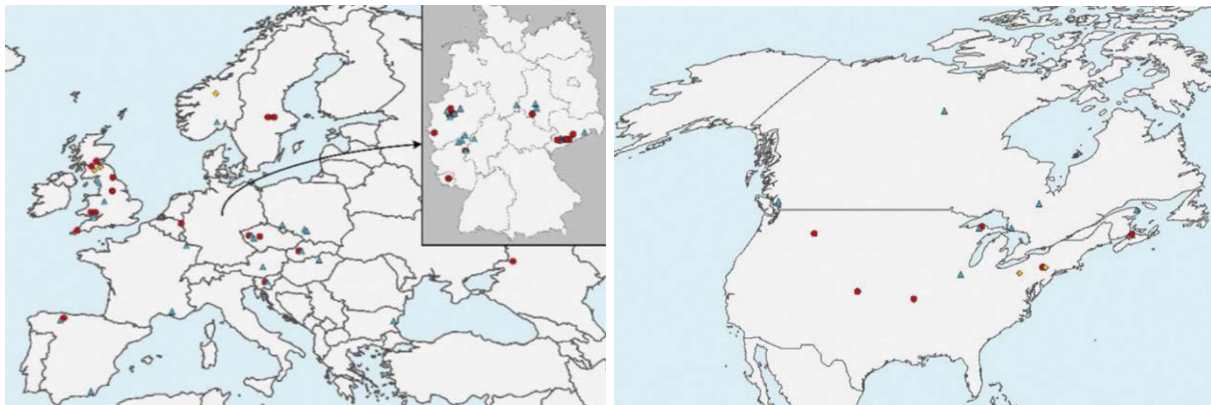
Obr. 40: Systémy s uzavřeným okruhem, vlevo výměník umístěný v jámě, vpravo výměník umístěný v odkalovací nádrži na povrchu, V – výměník nebo tepelné čerpadlo. Upraveno podle [81]

Hlavní výhodou tohoto uzavřeného systému je, že nepracuje přímo s důlní vodou, což eliminuje problémy spojené s chemismem a čištěním. Na druhou stranu nejsou ze stejného důvodu důlní vody v rámci systému obvykle mobilizovány čerpáním a k jejich ohřívání okolním horninovým prostředím dochází pomaleji kondukcí a přirozenou tepelnou konvekcí vody v důlním prostoru. Tepelný výnos systémů s uzavřenou smyčkou je tak často omezenější než u systémů s otevřenou smyčkou. Současně mají uzavřené systémy pouze omezenou

škálovatelnost, která sice může být teoreticky navyšována přidáním dalších výměníků, ty však musí být umístěny tak, aby neovlivňovaly funkci stávajících.

## 12.2 Zařízení a projekty ve světě

Soupis projektů a provozovaných zařízení využívajících geotermální potenciál důlních vod uvádějí např. [89], [66] a [90]. Zdá se, že dosud byly teplárny využívající důlní vody instalovány především v Německu a Velké Británii. Podle [66] představuje 42 v současnosti (2021) provozovaných geotermálních tepláren využívajících důlní vody celkový topný výkon přibližně 195 MW a chladicí výkon 2,5 MW. Tab. 24 shrnuje největší projekty, které využívají teplo důlních vod. I přes trend realizace velkých projektů, má většina stávajících projektů kapacitu nižší než 200 kW. Dominantním zdrojem důlních vod jsou přitom opuštěné uhelné doly.



Obr. 41: Přehled geotermálního využití důlních vod v Evropě a Severní Americe - v provozu  $\circ$ , vyřazené z provozu  $\diamond$ , ve výstavbě/plánování/studie  $\Delta$ . [66]

Tab. 24: Největší teplárenské projekty využívající teplo důlních vod (upraveno podle [66]).

Důl	Lokalita	Země	Uživatel	Surovina	Topný výkon
Doly HUNOSA, Mieres	Asturie	Španělsko	Universita	uhlí	160,7 MW
Novošachtinsk	Rostovská oblast	Rusko	Několik domů	uhlí	10,9 MW
Uhelný důl Zhang-shuanglou	Xuzhou City	Čína	Několik domů	uhlí	4,75 MW
Doly Orange Nassau	Heerlen	Holandsko	Veřejné a obytné budovy	uhlí	1,7 MW
Wismut-Schacht 302	Marienberg	Německo	Plavecký bazén	uran	1,7 MW
Rothschönberger Stollen	Freiberg	Německo	nemocnice	stříbro	860 kW
Zeche Robert Müser	Bochum	Německo	škola	uhlí	690 kW
Tagebau Hambach	Bergheim	Německo	Několik domů	uhlí	620 kW
Steinkohlerevier	Zwickau	Německo	univerzita	uhlí	600 kW
Hachov-Planá	Mariánské Lázně	ČR	škola	uran	550 kW

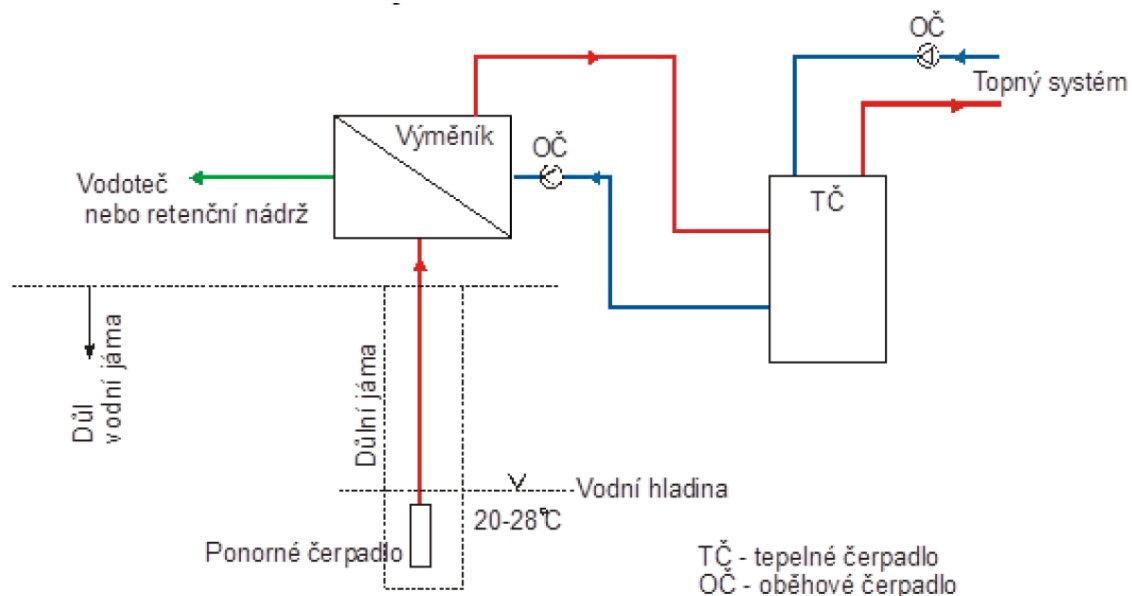
### 12.2.1 Česká republika

Tepelné čerpadlo bylo v roce 2006 instalováno na Vodní jámě Jeremenko v Ostravě (Obr. 42), která slouží jako centrální čerpací stanice důlních vod v ostravské uhelné pánvi. Teplota důlní vody se zde uvádí 26–29 °C. Přibližně od roku 2006 se tepelná čerpadla používají k vytápění administrativních budov a koupelen zaměstnanců na teplotu kolem 55 °C. Celkový instalovaný výkon uvádí Jiráková et al. kolem 91 kW.

Při útlumu hornické činnosti a likvidaci dolů v západní části Hornoslezské pánve, v tzv. ostravské dílčí pánvi Ostravsko-karvinského revíru bylo nutno řešit mj. i dočasné čerpání důlních vod a udržování hladiny v zatopených důlních prostorech na úrovni, která vyloučí

přetok důlních vod z ostravské do sousedních dílčích pánví uhelného revíru. Byla vypracována koncepce odvedení důlních vod ze všech dolů ostravské dílčí pánve na centrální jámu – Důl Jeremenko. Zde byla vybudována jediná čerpací stanice – Vodní jáma Jeremenko. Samotná existence čerpacího systému umístěného ve vodní jámě nabízí možnost využití geotermální energie z důlních vod akumulovaných v hlubších částech vydobytých a likvidovaných dolů. V závěru roku 2005 bylo přistoupeno k realizaci projektu „Využití odpadního tepla pro ohřev teplé užitkové vody“, který měl výrazně ekologický akcent [94]. V roce 2007 bylo již zařízení v rutinním provozu.

Systém ohřevu teplé užitkové vody (TUV) pomocí tepelného čerpadla je vzhledem k mimořádné agresivitě důlní vody navržen jako dvouvýměňíkový. Primární výměňík voda-voda umístěný ve směšovací stanici poblíž ohlubeně těžňní jámy Jeremenko předává tepelnou energii čerpané důlní vody „transportnímu“ médiu, které ji dopraví k tepelnému čerpadlu. Voda ohřátá v tepelném čerpadle na cca 55 °C pak následně předává tepelnou energii v sekundárním výměňíku, instalovaném uvnitř taktovací nádoby, cirkulující užitkové vodě. Ohřátá voda je poté vedena do stávajících zásobňíkových ohříváčů. Tyto zásobňíky slouží při normálním provozu pouze jako akumuláčňní nádrže. V případě poruchy na systému tepelného čerpadla nebo při odstávce čerpání důlních vod může být pro ohřev TUV opět použito původňích plynových hořáků. Celý systém tepelného čerpadla je v podstatě bezobslužňý s nejmodernějšími diagnostickými prvky. [94]



Obr. 42: Schéma tepelného čerpadla instalovaného na vodňí jámě Jeremenko. [29]

Celkový energetický potenciál čerpané důlní vody je značný (v současnosti cca 170 l.s<sup>-1</sup>). Pro výrobu TUV byl v roce 2006 využíván pouze zlomek:

- celkové množství čerpaných důlních vod (07/2006) 415 849 m<sup>3</sup>,
- množství důlních vod využitých v primárním výměňíku (07/2006) 12 167 m<sup>3</sup>,
- procento využití čerpaných vod 2,93 %.

Průchodem přes primární výměňík dochází k ochlazení důlní vody o méně než 1 °C, což zakládá možnost dalšího tandemového využití.

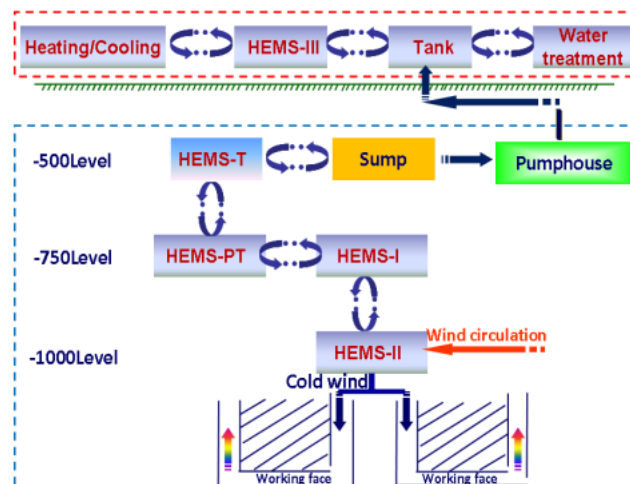
Zprávy [68] a [96] uvádí malou instalaci tepelného čerpadla založené na dole Svornost Ag-Co-As-U (L) v Jáchymově v Krušňých Horách, který má historii balneologického využití. Uvádějí se teploty důlních vod 29–36 °C.

Studie provedená v rámci projektu VODAMIN II [69] dále zmiňuje instalace tepelných čerpadel provozované na přelomu osmdesátých a devadesátých let minulého století v Příbrami (šachta Prokop) s topňým výkonem 500 kW zajišťujícím vytápění školy (viz kapitola 11.4) a

Mariánských lázních (Hachov – Planá) s topným výkonem dokonce 550 kW pro vytápění povrchových provozů dolů. [66], [97].

### 12.2.2 Čína

Teplota horniny v hlubinných uhelných dolech je vysoká, což vážně ovlivňuje bezpečnost dolů a omezuje těžbu uhelných zdrojů. Chladicí systém HEMS (High Temperature Exchange Machinery System) byl vyvinut s využitím přítoku důlní vody jako studené energie. Systém byl úspěšně aplikován v mnoha uhelných dolech v Xuzhou Mining Group, jako je uhelný důl Jia he, San he jian a Zhang shuang lou. Tato technologie má značný význam pro úsporu energie a snížení znečištění. [98], [99]



Obr. 43: Technologie a princip chlazení důlních vod. [34]

Jako příklad slouží uhelný důl JiaHe, kde je tato technologie kontroly tepelných škod zaváděna systematicky. Svou činnost plní tím, že disponuje třemi hlavními pracovními stanicemi, které mají odpovídající funkce na různé úrovni využití. Výsledky projektu ukazují, že technologie HEMS pro kontrolu poškození teplem je účinná. Teplota na pracovišti je snížena na 26–29 °C, což je o 4–6 °C méně než původní, a relativní vlhkost je o 5–15 % nižší než dříve. Na druhé straně získává technologie hlubinnou geotermální energii, která úspěšně nahrazuje zemní kotel pro vytápění a snižuje znečištění životního prostředí. [98], [99]

Systém HEMS využívá důlní vodu jako médium, těží hlubinnou geotermální energii, která nahrazuje vytápění kotlem na zemi a současně plní funkci kontroly podzemních tepelných škod. Schématické znázornění principu technologie viz. Obr. 43. Systém se skládá ze dvou částí - podzemní a pozemní. Podzemní část zahrnuje chladicí stanici HEMS-II, chladicí stanici HEMS-I, tlakovou konverzní stanici HEMS-PT, výměňkovou stanici HEMS-T a odvodňovací systém čerpací stanice. Pozemní část obsahuje regulační jezírko, výtopnu HEMS-III a systém úpravy vody. [100], [101]

### 12.2.3 Holandsko

Otevřený systém s reinjektáží je od roku 2005 postupně instalován v Heerlenu. Cílem projektu je dálkové vytápění a chlazení na předměstí Heerlerheide, kde mezi odběratele patří více než 300 bytů, vysoká škola, hotel, sportovní centrum a několik kancelářských budov. V první fázi byly vybudovány čerpací vrty hluboké 700 m pro čerpání teplé vody (28 °C), další dva čerpací vrty do hloubky 250 m pro čerpání studené důlní vody (16 °C) a jeden 350 m hluboký reinjektážní vrt. Důlní voda, zejména z horkých vrtů, je potenciálně korozivní díky vysoké salinitě (elektrická vodivost cca 7300 μS/cm) a redukčnímu charakteru (Eh 45–65 mV). Současně obsahuje také rozpuštěné železo. Problémy s kvalitou vody byly vyřešeny vyloučením kontaktu s kyslíkem, pečlivým výběrem materiálů a instalací zařízení pro

odstraňování vodního kamene [102]. Modelování proudění a výměny tepla v důlním systému poukázalo na možnou existenci hydraulického zkratu [103], do systému byl proto zaveden větší důraz na akumulaci tepla. [96]

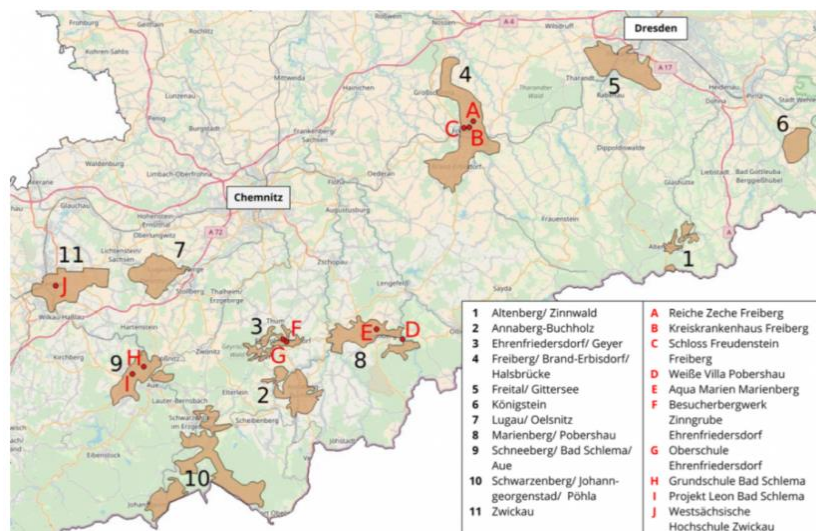
### 12.2.4 Kanada

Hornické město Springhill v Novém Skotsku provedlo již v polovině 80. let minulého století studie využitelnosti tepelného potenciálu důlních vod a na jejich základě do poloviny 90. let minulého století bylo instalováno osm nezávislých systémů, které dodávaly chlad a teplo především výrobním podnikům, ale v menším míře i poskytovatelům služeb (lékař, restaurace, kluziště) a malé soustavě městského dálkového vytápění. Většinu systémů tvoří otevřené soustavy s reinjektáží, přičemž typicky dominuje letní chlazení nad zimním vytápěním [104]. Stav jednotlivých projektů se v průběhu času měnil, nové byly spouštěny a starší odstavovány. Přestože systémy fungovaly efektivně, bylo zaznamenáno zanášení technologie sraženinami, které mohou souviset s okysličením důlních vod, ale také s rostoucími požadavky na odběr tepla. [105], [90]

Další projekt využívá důlní vody z lomu Goyer, který se nachází v Quebecu. Lom Goyer, který disponuje 8 mil. m<sup>3</sup> důlních vod, slouží jako zdroj vytápění a chlazení 36 bytů. Projekt je koncipován jako decentralizovaný systém s tepelnými čerpadly o výkonu v rozmezí 3,6 - 5,3 kW umístěnými u jednotlivých zákazníků. [106]

### 12.2.5 Německo

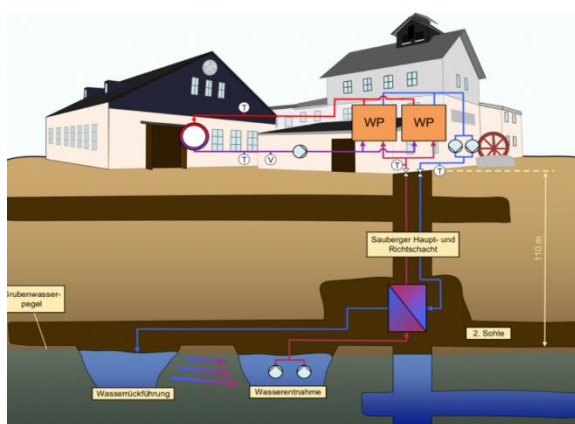
V Německu byla jedna z prvních elektráren uvedena do provozu v Essenu v roce 1984, kde sloužila k vytápění domova pro seniory. Důlní voda o teplotě 22 °C byla zdrojem tepla pro tepelné čerpadlo o výkonu 190 kW [107]. Z aktuálně 18 provozovaných tepláren používajících důlní vodu v Německu se 10 nachází v Krušných horách ve spolkové zemi Sasko (východní Německo) [89]. Následující obrázek ukazuje rozložení významných těžebních oblastí v Sasku a současné projekty využívající teplo důlních vod.



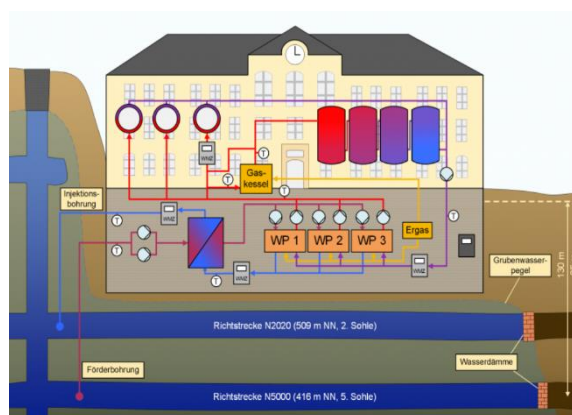
Obr. 44: Významné těžební oblasti a instalace využívající teplo důlních vod v Sasku [108].

Ve starém hornickém městě Ehrenfriedersdorf v Sasku, byly realizovány dva různé geotermální projekty. Tyto projekty využívají důlní vodu z různých částí opuštěného dolu. V důlních oblastech Sauberger Haupt a Richtschacht je v provozu dvoustupňový systém tepelného čerpadla. Systém tvoří deskový výměník tepla v šachtě v hloubce 110 m, který odebírá teplo důlní vodě, ohřívá čistou vodu v sekundární smyčce a dopravuje ji do tepelného čerpadla na povrch. Teplo je předáváno z druhé topné smyčky a voda sekundární smyčky, nyní ochlazená o 5 °C, je transportována zpět do výměníku tepla. [107]

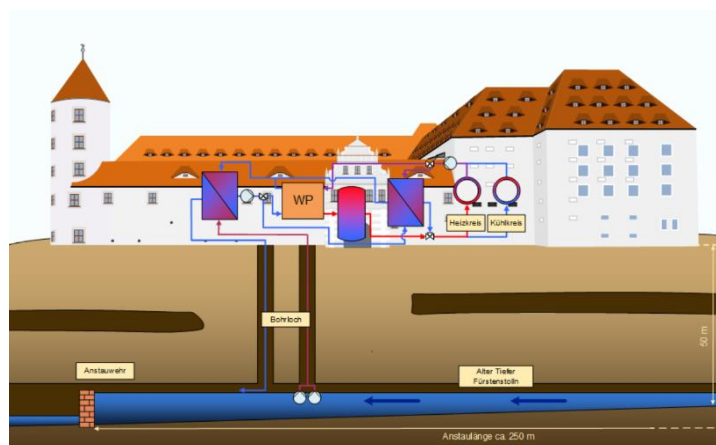
Tři projekty jsou ve Freibergu (Sasko). Geotermální systém instalovaný na zámku Freudenstein zajišťuje základní požadavky infrastruktury a je doplněn konvenčním systémem pro pokrytí špičkového zatížení a speciálních požadavků na klimatizaci. Zdrojem tepla jsou důlní vody protékající štolou Alter Tiefer Fürstenstollen v hloubce 60 m. Důlní voda o konstantní teplotě 10,2°C je nadržována ve štole pomocí přehrady [110]. Dvě ponorná rotační čerpadla o kombinovaném výkonu 21,6 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> čerpají vodu do výšky 50 m do zhlaví šachty, kde je umístěn výměník tepla a následně se voda vrací zpět do štol. Výměník odebírá teplo a předává ho sekundární smyčce ( $\Delta T$  5 °C), která jej dále postupuje dvoustupňovému tepelnému čerpadlu umístěnému 230 m od šachty. Tepelné čerpadlo má maximální tepelný výkon 130 kW při čisté spotřebě 29,24 kW. Hodnoty Topný faktor TČ jsou dle výrobce v provozním režimu 2,4–4,3. V režimu vytápění dosahuje tepelné čerpadlo teploty na výstupu až 42 °C. Horká voda je uchovávána v akumulční nádrži, odkud je distribuována do topného systému zámku. V některých částech budovy zámku je přitom použito podlahové vytápění [111]



Obr. 45: Schéma instalace geotermálního systému pro vytápění muzea "Zinngrube" (Ehrenfriedersdorf) [109].



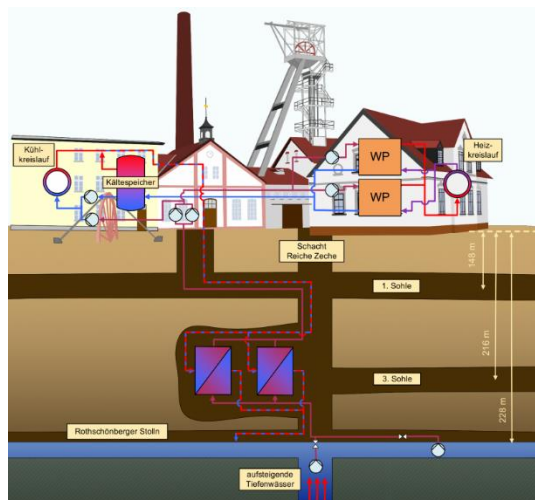
Obr. 46: Schéma instalace geotermálního systému pro vytápění budovy školy v Ehrenfriedersdorfu [109].



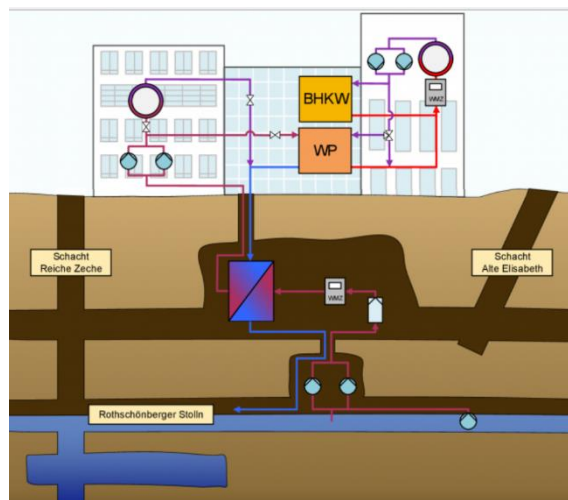
Obr. 47: Schéma instalace geotermálního systému pro vytápění zámku Freudenstein (Freiberg) [109].

Další instalace využívá důlní vody opuštěného dolu Reiche Zeche, kde TU Bergakademie Freiberg provozuje různé výzkumné projekty a od roku 1992 také hornické muzeum [46]. Systém s otevřeným okruhem v závislosti na režimu (vytápění nebo chlazení) ze štolý Rothschnberger nebo ze zatopené šachty Reiche Zeche. V první fázi je instalován topný výkon 260 kW (cca 155 kW pro chlazení), který pokrývá potřeby nově postavené budovy Ústavu univerzity. V konečné fázi je plánován odběr až 670 kW (500 kW chlazení). V režimu vytápění je ze systému zatopené šachty do výměníku čerpána důlní voda o teplotě 18 °C.

Pomocí dvou tepelných čerpadel se teplota zvýší na cca 55 °C. Pro tepelná čerpadla je plánován elektrický výkon 50 kW s Topný faktor TČ 4. [112]



Obr. 48: Schéma instalace geotermálního systému v dole Reiche Zeche (Freiberg) [109].



Obr. 49: Schéma instalace geotermálního systému pro vytápění nemocnice ve Freibergu [109].

Tab. 25: Základní parametry vybraných saských instalací

Instalace	V provozu od	Teplota odebírané vody [°C]	Tepelný výkon pro ohřev [kW]	Tepelný výkon pro chlazení [kW]
Besucherbergwerk Ehrenfriedersdorf	1998	10	120	
Oberschule Ehrenfriedersdorf	1994	11	95	
Schloss Freudenstein Freiberg	2009	10	130	120
Kreiskrankenhaus Freiberg	2014	14	860	
Reiche Zeche Freiberg	2013	18 /15	200	15

V roce 2006 byl v saském městě Marienberg realizován projekt ve 107 m hlubokém dole Weibtaubener [113]. Systém s otevřeným okruhem využívá konstantní teplotu důlní vody 12,4 °C čerpáním vody pomocí tří ponorných čerpadel o maximálním kombinovaném průtoku 120 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> a celkové spotřebě 120 kW. Na plošině v hloubce 105 m je instalován nerezový deskový výměník tepla. Mezi čerpadly a výměníkem jsou použity plastové trubky. V posledně jmenovaném je důlní voda ochlazována o 5 °C k ohřevu čisté vody v sekundárním uzavřeném okruhu, která proudí maximálním průtokem 120 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Ochlazená důlní voda je následně odváděna do odvodňovací štoly. V uzavřené smyčce lze rozlišit dvě sekce - vertikální a horizontální; smyčky jsou vyrobeny z různých materiálů podle jejich užití. Trubky ve svislé části jsou vyrobeny z pozinkované oceli. Voda proudí těmito trubkami z čerpací stanice na povrchu do podzemního výměníku tepla a zpět. Horizontální sekce dopravuje vodu z čerpací stanice do koncových tepelných čerpadel pomocí uložených plastových trubek. Teplotní rozdíl mezi přiváděnou a vracenou vodou se pohybuje od 4 do 5°C. Horizontální ani vertikální řez není izolovaný [26]. Potenciální topný výkon systému se odhaduje na 690 kW [113]. Geotermální systém byl uveden do provozu na konci roku 2007 a zásobuje teplem bazén, tenisovou halu a některé supermarkety. [89]

V obci Bad Schlema (Sasko) byla naplánována instalace geotermálního systému důlních vod pro budovu staré školy, která byla postavena v roce 1907. V červenci 2009 byly zahájeny práce



na rekonstrukci 5 685 m<sup>2</sup> školní budovy. Roční potřeba energie před instalací geotermálního systému byla 504,7 kWh.m<sup>-2</sup> a po realizaci mohla být snížena na 175,3 kWh. m<sup>-2</sup> při uváděných nákladech na renovaci cca 2 693 163 €. [89]

Pilotní projekt pro vytápění důlního muzea Röhrigschacht ve Wettelrode (Sasko-Anhaltsko) zahájil úspěšný provoz v září 2013. V šachtě Röhrig byl instalován otevřený systém, který odebírá důlní vody z hloubky 283 m. Teplo je odebíráno deskovým výměníkem umístěným v sousední štole Segen-Gottes. Důlní voda přichází do výměníku o konstantní teplotě 13 °C a je redukována o 5 °C. Důlní voda je pak vypouštěna ve štole Segen-Gottes. Ohřátá čistá voda cirkuluje v uzavřené smyčce spojené s tepelným čerpadlem, které se nachází 45 m od šachty v ohřívárně. Pro obě smyčky byla použita ocel; avšak pouze horizontální část byla izolována a uložena 1 m pod povrchem s ohledem na snížení tepelných ztrát. Tepelné čerpadlo následně dodává vodu o teplotě 50 °C do topného systému budovy. Současně s instalací zařízení proběhla také rekonstrukce budovy muzea. Budova byla zateplena a bylo instalováno podlahové vytápění. Stávající spotřeba na vytápění celého objektu je 47 kW včetně dodávky teplé vody. [89]

Projekt GrEEEn v obci Alsdorf ve spolkové zemi Severní Porýní-Vestfálsko si klade za cíl zavést udržitelný geotermální systém pro vytápění budov patřících společnosti Energeticon. Tepelná energie důlních vod (26 °C), která zaplavuje opuštěný uhelný důl Anna má být odebírána pomocí uzavřeného systému v 890 m hluboké šachtě Eduard.

Velice ambiciózní projekt, který je ve fázi realizace a má být ukončen v roce 2027, vzniká v německém Porýní, kde se staví tzv. Vodní město Aden (Wasserstadt Aden) na kanálu Datteln-Hamm na místě bývalého dolu Haus Aden v Bergkamen-Oberaden. Projekt je největším projektem politiky rozvoje města Bergkamen na ploše cca 55 hektarů. Areál bude v budoucnu využíván jako obchodní, servisní a rezidenční lokalita a bude napojen na kanál Datteln-Hamm prostřednictvím vodní plochy (Adensee). Bude vybudováno 300 obytných jednotek, komerční, sportovní a kulturní prostory, přečerpávací stanice důlních vod atd. V budoucnu bude možné z vodního města Aden přes kanál Datteln-Hamm dosáhnout Severního a Baltského moře a dokonce i Černého moře. V bývalém uhelném revíru je nutné odvádět miliony metrů krychlových důlních vod ročně. Předpokládá se, že Wasserstadt Aden bude vytápěno prostřednictvím tepelných čerpadel, využívajících čerpané důlní vody. V místě důlní věže na Haus Aden 2 má být vystavěna přečerpávací stanice důlních vod.

### **12.2.6 Norsko**

V 600 m hluboké šachtě historického dolu Follidal (Cu-Zn-S) ve středním Norsku byl instalován uzavřený systém s tepelným čerpadlem o výkonu 18 kW pro vytápění podzemních prostor používaných pro koncerty a bankety. Systém má být nahrazen standardním systémem vytápění vzduch-vzduch. [90]

Podobný uzavřený systém byl instalován i ve stříbrném dole Kongsberg v jižním Norsku pro vytápění podzemních společenských prostor [71]. Zde je využívána 130-250 m dlouhá smyčka ponořená v hlavní šachtě dolu, která je zdrojem tepla pro 12 kW tepelné čerpadlo. Uzavřený okruh byl zvolen z důvodu nepříznivého chemismu důlních vod a funguje bez problémů. [90]

### **12.2.7 Polsko**

Pilotní instalace na sídlišti ARMADA v polské Bytomi využívá důlní vodu čerpanou z důvodu ochrany okolních dolů (50 l.s<sup>-1</sup>, 24–25 °C). Malá část této vody je vedena přes deskový výměník tepla napojený na tepelné čerpadlo o výkonu 9 kW, které vyhřívá kanceláře developerské společnosti. Zchlazená důlní voda je odváděna zpět do hlavní výpusti a dále do řeky Bytomky. Jedná se tedy o otevřený okruh s vypouštěním mimo systém. Kvalita vody je relativně dobrá a nevyžaduje žádnou úpravu. [115]

V letech 2011–2013 byl instalován demonstrační projekt v Czeladzi využívající dvě tepelná čerpadla o výkonu 59 kW. Otevřený okruh s vypouštěním mimo systém využívá malou část důlních vod čerpaných z důvodu ochrany okolních důlních děl ( $5\text{--}6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  z  $416 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $13\text{--}15 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Voda čerpaná z hloubky cca 210 m má pH 7,3, celkovou mineralizaci  $1\,186 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a obsahuje zvýšené množství železa a manganu ( $6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  Fe a  $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  Mn), což způsobuje srážení jejich oxidů v technologii. Proto jsou důlní vody před vstupem do výměníku upravovány provzdušňováním a filtrací. Ochlazená voda je vypouštěna mimo systém do řeky Brynica. [116]

Otevřený okruh s vypouštěním mimo systém je instalován i v Jaworznu a zajišťuje ohřev užitkové vody pro umývárny dolu Sobieski. Důlní vody jsou čerpány z hloubky 500 m ( $350 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Část čerpaných důlních vod ( $18 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) poskytuje teplo pro dvě tepelná čerpadla

o celkovém topném výkonu 420 kW. K ochraně tepelných čerpadel před hydrochemickými riziky, které představuje vysoký obsah minerálních látek (mineralizace  $4,99 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ,  $\text{Cl}^-$   $2,27 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$   $0,38 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ), jsou instalovány mezivýměníky tepla. Od instalace nebyly zaznamenány žádné větší potíže.

### **12.2.8 Rusko**

Důlní voda byla údajně poprvé použita v Rusku pro výrobu tepla v dole Osinnikovskaja poblíž sibiřského města Novokuzněck. Tepelné čerpadlo o výkonu 130 kW bylo použito pro vytápění administrativních budov dolu.

Pilotní schéma otevřeného systému s reinjektáží pro tepelné čerpadlo o výkonu 384 kW bylo instalováno v Novošachtinsku v Rostovské oblasti pro zásobování dvou nemocnic, dvou škol a školky. Důlní voda ( $28 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $18\text{--}23 \text{ }^\circ\text{C}$ ) je čerpána vrtem z hloubky 390 m a po ochlazení o  $5\text{--}8 \text{ }^\circ\text{C}$  navracena do důlního díla v hloubce 50 m.

### **12.2.9 Španělsko**

Ve španělském Mieres je instalovaný otevřený systém s odvodem ochlazené vody mimo soustavu. Systém je zdrojem tepla pro skupinu tepelných čerpadel o celkovém výkonu 3,9 MW, které zásobují teplem budovy university a nemocnice. Důlní vodu ( $100 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ) čerpají z hloubky 362 m čtyři čerpadla umístěná do šachty uhelného dolu Barredo, které udržují ustálenou hladinu důlních vod v regionálně propojeném komplexu důlních děl. Ochlazená voda je vypouštěna do vodoteče. I přes poměrně nízké obsahy železa ( $1,1$  až  $1,6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , celková mineralizace  $1200\text{--}1400 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) bylo při provozu zaznamenáno srážení oxidů ve výměníku, které bylo řešeno vyčistěním.

### **12.2.10 USA**

Spojené státy americké jsou uváděny jako země s řadou instalovaných projektů využití tepla z důlních vod. Informace o konkrétních projektech jsou nicméně kusé. V roce 2012 byly v Pensylvánii v provozu 2 instalace založené na tepelném potenciálu důlních vod - v lokalitách Scranton a Kingston Recreation Center u Wilkes-Barre. V současnosti je v provozu pouze první z obou projektů, druhý byl po více než 30 letech provozu ukončen z důvodu zanesení technologie sraženinami.

Již v roce 2012 byly uzavřeny projekty v Carbondale (vyhřívání budovy Pennsylvania Cable Company – v provozu od 80. let 20. století) a Kingstonu (vyhřívání budovy rozhlasu – v provozu od roku 1979 a nemocnice – v provozu v 80. letech 20. století).

### **12.2.11 Velká Británie**

Ve Velké Británii instalovala Shettleston Housing Association v Glasgow tepelná čerpadla využívající teplo z důlní vody již v roce 1999. Důlní vody z relativně mělkých uhelných dolů

byly odebírány vrtem (cca  $3 \text{ l.s}^{-1}$ ). Dvě tepelná čerpadla s kombinovaným topným výkonem 65 kW zásobovala teplem 16-ti bytový komplex sociálního bydlení. Ochlazená voda byla reinjektována do systému pomocí vrtu ve vzdálenosti 37 m. Zanášení technologie a reinjektážního vrtu i další technické potíže vedly k ukončení provozu. Před ukončením nicméně uživatelé systému konstatovali úspory až ve výši 60 %.

Stejný osud potkal i o rok později instalovaný systém v Lumphinnans, který dodával teplo do zrekonstruovaného komplexu sociálního bydlení s 18 jednotkami. I zde šlo o otevřený systém s reinjektáží, který odebíral důlní vodu (cca  $3 \text{ l.s}^{-1}$ ) z hloubky 172,5 m a po ochlazení ji vracel do mělčího vrtu vzdáleném asi 100 m. Systém zpočátku fungoval dobře, otevřený přetok do reinjektážního vrtu však umožnil oksyločení a vznik sraženin, které reinjektážní vrt zcela zanesly.

Malé tepelné čerpadlo (20 kW) instalované v Markhamu dodává teplo do kancelářského komplexu malé společnosti a zároveň předejde plynové elektrické generátory, které vyvažují zatížení elektrické sítě ve špičce. Zdrojem tepla jsou důlní vody z jámy uhelného dolu, které jsou zpět do téže jámy vraceny (technologie vodního sloupce). Systém nezaznamenal významné zanášení technologie, patrně v důsledku omezeného kontaktu důlních vod s atmosférickým kyslíkem. Hlavním problémem byly vysoké náklady na čerpání v důsledku hluboké hladiny důlní vody v jámě.

Dva systémy byly zkombinovány v pilotním výzkumném projektu v dole Caphouse, odkud byly důlní vody čerpány pro účely regionální kontroly hladiny podzemní vody. Tepelné čerpadlo o výkonu 10 kW mohlo být střídavě připojeno k výměníku, kterým procházela čerpaná voda (otevřený systém s povrchovým vypouštěním) nebo k trubkovému výměníku, který byl ponořený do prvního provzdušňovacího rybníku systému úpravy důlních vod (uzavřený systém). Získané teplo bylo využíváno k vytápění jedné z muzejních expozic. Vysoký podíl železa v čerpané důlní vodě způsoboval zanášení instalovaných filtrů, které musely být během provozu otevřeného okruhu čištěny i několikrát za den. Uzavřený systém fungoval bez výraznějších problémů s údržbou a byl proto i preferován provozním personálem. V současné době je systém po ukončení výzkumu mimo provoz.

Studie provedená na jámě dolu Florence v Egremontu ukázala, že při zkušebním čerpání  $50 \text{ l.s}^{-1}$  lze získat tepelný výkon přes 100 kW. Důlní vody odebírané z hloubky 256 m byly z části navraceny zpět do jámy a z části vypouštěny mimo systém. Studie sice poukázala na významný tepelný potenciál (měřítko MW), nebyl však identifikován uživatel a ani nebylo provedeno posouzení dopadu na životní prostředí, práce proto dále nepokračovaly. Přestože se jedná o hematitový důl, rozpuštěné železo se v čerpané vodě ve významných množstvích nevyskytovalo a ani nebyly v průběhu zkušebního provozu zaznamenány žádné problémy se zanášením technologie.

## 13. Důlní vody v legislativě ČR

### 13.1 Legislativní omezení

Podle § 38 odst. 5 zákona č. 254/2001 Sb., vodní zákon ten, kdo vypouští důlní vody do vod povrchových nebo podzemních podle zákona o ochraně a využití nerostného bohatství (zákon č. 44/1988 Sb.), může tak činit pouze způsobem a za podmínek, které stanoví vodoprávní úřad.

Důlní voda může být kontaminována řadou polutantů a její vypouštění do životního prostředí je považováno za významnou hrozbu pro zdroje pitné vody [92], obecné hospodaření se zdroji podzemní vody a pro povrchové vody. Problematika vypouštění důlní vody je regulována příslušným orgánem životního prostředí tak, aby bylo zajištěno zmírnění rizik. Vždy je vhodné včasné jednání s příslušným orgánem životního prostředí a nezbytné je dodržování platných předpisů a rozhodnutí.

Vymezení pojmu "důlní vody" § 44 zákona č. 44/1988 Sb., (horního zákona) je poměrně široké a legislativní aplikace jsou někdy značně složité. [91]

Důlními vodami jsou podle § 44 zákona č. 44/1988 Sb., (horního zákona) všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.

Nový vodní zákon č. 254/2001 Sb. ze dne 28. června 2001 nahradil vodní zákon č. 138/1973 Sb. ze dne 31.10.1973. V § 4 odst. 1 vodního zákona je uvedeno, že: „Na vody, které jsou podle zvláštního zákona<sup>1)</sup> vyhrazenými nerosty, a na přírodní léčivé zdroje a zdroje přírodních minerálních vod, o nichž bylo vydáno osvědčení podle zvláštního zákona<sup>2)</sup>, se tento zákon vztahuje jen pokud tak výslovně stanoví.“ (poznámka 1) odkazuje na horní zákon (poznámka 2) na zákon č. 164/2001 Sb., lázeňský zákon).

V odst. 2 tohoto § se uvádí, že: „Důlní vody se pro účely tohoto zákona považují za vody povrchové, popřípadě podzemní a tento zákon se na ně vztahuje, pokud zvláštní zákon nestanoví jinak.“. Došlo tedy ke zrušení původní kategorie "zvláštních vod" a k začlenění důlních vod do systému vod přírodních. Jedním z účelů této změny byla snaha jednotného vyhodnocování oběhu vod v přírodním prostředí (jednotnost informací o odběrech, užívání a vodohospodářském bilancování). Vodní zákon nepovažuje důlní vody za vody odpadní a striktně tyto pojmy odděluje (viz § 38). Podle Metodického pokynu MŽP ČR k nařízení vlády č. 61/2003 Sb. lze je považovat jen za druh „průmyslové odpadní vody v širším smyslu.“

Dle stanoviska ČBÚ č.j. 2053/97 ze dne 21.5.1997 plyne, že „využívání důlní vody při činnosti prováděné hornickým způsobem (dle § 3 písm. a) zákona č. 61/1988 Sb.) horní zákon zvlášť neupravuje. Je tedy nutno postupovat podle obecných předpisů, např. zákon č. 138/1973 Sb., o vodách. V tomto případě je nutné k využívání důlní vody povolení příslušného vodohospodářského orgánu.“. Je-li např. využívána geotermální voda pro svou tepelnou energii a následně je vtlačena zpět do horninového prostředí s úmyslem se ji zbavit, nikoli za účelem její ohřátí a dalšího využití, pak podle stanoviska ČBÚ č.j. 3725/94 ze dne 7.10.1994: „... se nejedná o důlní vodu a je nutno s ní nakládat ve smyslu zákona č. 238/1991 Sb., o odpadech, jako na odpad a nakládat s ní v souladu s tímto zákonem. V tomto případě se jedná o zvláštní zásah do zemské kůry podle § 34 odst. 1 písm. b) horního zákona, který povoluje obvodní báňský úřad.“

Nicméně zvláštním zásahem do zemské kůry je také podle § 34 odst. 1. písm. c) horního zákona zřizování, provoz, zajištění a likvidace zařízení pro průmyslové využívání tepelné energie zemské kůry (ZPGE) s výjimkou tepelné energie vody vyvedené na povrch (o ochraně a využití nerostného bohatství).

Samotný pojem průmysl, jakkoli je v obecné lingvistické rovině zřejmý, z pohledu zákonného vymezení není v legislativě ČR jasně ukotven. V právním rámci České republiky je nejbližší definicí patrně klasifikace ekonomických činností podle CZ-NACE, kde je průmysl vymezen kategoriemi činností B až E. Podle Metodiky stanovení podmínek ochrany při využívání tepelné energie zemské kůry [93] je průmyslové využití tepelné energie zemské kůry vymezeno následující definicí: O průmyslové využití tepelné energie zemské kůry se jedná, pokud je tepelná energie získávána za účelem zisku sama o sobě nebo je prostředkem pro výrobu jiných produktů produkovaných za účelem zisku.

ZPGE není řazena do kategorie ZZZK v případě, že půjde o energii teplé vody vyvedené na povrch. Tento pojem nicméně není přímo definován a ani není intuitivně jednoznačně vymežitelný. Oporu pro definici lze najít v zákoně č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon) z analogie s definicí podzemní vody, která považuje za podzemní vodu tu vodu, která se přirozeně vyskytuje pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami.

Metodika dále vymezuje pojem „energie teplé vody vyvedené na povrch“ následující definicí: „Energii teplé vody vyvedené na povrch se rozumí energie původní teplé vody, tedy vody, která byla původně součástí horninového prostředí nebo horninového prostředí doplněna náhradou za již dříve odebranou vodu a byla odtud následně opět odebrána. Za energii teplé vody vyvedené na povrch ve smyslu § 34 zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) nelze chápat energii vody, která byla přivedena do původně nezvodnělého teplého horninového prostředí a po ohřátí zpět odebrána, a to ani v případě, že při ohřívání přišla do přímého kontaktu s horninovým prostředím.“

Pro účely této studie jsou dále popisovány tři možné scénáře, pro využívání důlních vod pro energetický potenciál:

### **1. Uzavřený okruh**

Do existující jámy bude v průběhu likvidace (zasypávání) instalován výměník. Teplo bude odebíráno bez čerpání vody pouze cirkulací náplně uvnitř výměníku.

### **2. Otevřený okruh (vodní jáma) s vypouštěním do vodoteče**

Z vodní jámy budou nezávisle na projektu čerpány důlní vody za účelem udržování kontrolovaného nástupu hladiny podzemní vody. Tyto vody budou následovně vypouštěny do vodoteče. Před vypouštěním bude z důlních vod odebráno teplo.

### **3. Otevřený okruh s reinjektáží**

Důlní vody budou čerpány dvěma pro tento účel vyvrtanými vrtvy (á cca 900 m) na povrch. Na povrchu z nich budou vedeny potrubím směrem ke dvojici vtláčecích vrtů (á cca 200 m). Po cestě z nich bude jednorázově nebo opakovaně odebíráno teplo.

## **13.2 Systém s uzavřeným okruhem**

V tomto scénáři se jedná de-facto o instalaci tepelného čerpadla země-voda, která by probíhala v rámci hornické činnosti organizace ve fázi ukončování činnosti, resp. likvidace. Na základě metodického doporučení pro stavební a vodoprávní úřady (srpen, 2019) je tepelné čerpadlo systém země-voda (Typ A) charakterizován umístěním uzavřeného potrubí s oběžným médiem do horninového prostředí. Pomocí tohoto média se přenáší tepelná energie podzemní vody a horninového prostředí jímána geotermální vertikální sondou do výměníku tepelného čerpadla. Meziprostor mezi stěnou vrtů a uzavřeným potrubím je vyplněn směsí prostou vzduchových dutin - zpravidla jílové (bentonitové) těsnění, umožňující optimální přenos tepla mezi podzemní vodou a horninovým prostředím na straně jedné a oběžným médiem na straně druhé.

Tepelné čerpadlo typ A je ve smyslu vyhlášky č. 268/2009 Sb. technickým zařízením stavby, jehož primární část je umístěna zpravidla vně stavby. Jak stanoví § 2 odst. 4 stavebního zákona, pokud se ve stavebním zákoně používá pojmu stavba, rozumí se tím podle okolností

i její část. Tepelné čerpadlo jako technické zařízení je částí stavby a podléhá posuzování podle stavebního zákona. Současně je tepelné čerpadlo výrobou tepla ve smyslu zákona č. 165/2012 Sb., [§ 2 písm. a) a § 2 písm. o)] a zákona č. 458/2000 Sb., [§ 2 odst. 2 písm. c) bod 13]. Tepelné čerpadlo typ A je tepelné čerpadlo využívající energetický potenciál podzemní vody a horninového prostředí z vrtu, ze kterého se neodebírá ani nečerpá podzemní voda, a proto není vodním dílem ve smyslu § 55 odst. 3 vodního zákona. Je však zařízením, které může významně ovlivnit vodní poměry a ve smyslu § 17 odst. 1 písm. g) vodního zákona vyžaduje souhlas vodoprávního orgánu, kdy vodoprávní orgán k udělení tohoto souhlasu může žadateli uložit předložení vyjádření osoby s odbornou způsobilostí – osoba oprávněná podle zákona č. 62/1988 Sb.

Postup umístování, provádění a užívání tepelného čerpadla typu A je podrobněji rozepsán v metodice MMR ČR ze srpna 2019.

Podle § 76 odst. 1 stavebního zákona lze umísťovat stavby nebo zařízení, jejich změny, měnit vliv jejich užívání na území, měnit využití území a chránit důležité zájmy v území jen na základě územního rozhodnutí nebo územního souhlasu, nestanoví-li zákon jinak.

Tepelné čerpadlo vyžaduje umístění, a to jednou z následujících forem: a) územní rozhodnutí vydané v územním řízení nebo ve zjednodušeném územním řízení, b) územní souhlas, c) veřejnoprávní smlouva.

K povolení provádění tepelného čerpadla je příslušný obecný stavební úřad. Pro zvolení správného postupu při povolování provádění je rozhodný celkový výkon tepelného čerpadla; možné jsou následující varianty:

a) tepelné čerpadlo nevyžaduje stavební povolení ani ohlášení, není-li celkový výkon tepelného čerpadla větší než 20 kW [§ 103 odst. 1 písm. e) bod 9 stavebního zákona]

b) tepelné čerpadlo vyžaduje stavební povolení, je-li jeho celkový výkon větší než 20 kW

ba) místo stavebního povolení je možné uzavřít veřejnoprávní smlouvu,

bb) místo stavebního povolení je možné, aby tepelné čerpadlo posoudil autorizovaný inspektor a bylo prováděné na základě oznámení stavebního záměru s certifikátem autorizovaného inspektora.

Tepelné čerpadlo, jehož celkový výkon není větší než 20 kW [§ 103 odst. 1 písm. e) bod 9 stavebního zákona] a které bylo realizováno na základě umístění, se nekolauduje a může být po jeho dokončení užíváno.

Tepelné čerpadlo, které bylo prováděno podle stavebního povolení nebo na podkladě veřejnoprávní smlouvy anebo certifikátu autorizovaného inspektora, lze užívat jen na základě kolaudačního souhlasu nebo kolaudačního rozhodnutí jde-li o případ uvedený v § 119 odst. 1 stavebního zákona.

### **13.3 Systém s otevřeným okruhem s vypouštěním do povrchových vod**

V druhém scénáři představuje navrhovaná instalace tepelné čerpadlo systém voda-voda (Typ B). Vrt pro tento typ čerpadla je zpravidla vertikální otvor většího průměru hloubený do zvodněného horninového prostředí, do kterého je vložena zárubnice opatřená filtračním obsypem a ve svrchní části zaplášťovým těsněním. Přenos tepla zajišťuje podzemní voda, ta je čerpána z vrtu zpravidla ponorným čerpadlem umístěným uvnitř zárubnice, přiváděna je do výměníku tepelného čerpadla a odtud odváděna zpět do podzemních vod pomocí zasakovacího objektu či objektů nebo do vod povrchových pomocí vypouštěcího objektu. V tomto scénáři tedy do vod povrchových.

Ze své podstaty se jedná o tepelné čerpadlo využívající energetický potenciál podzemní vody z vrtu, ze kterého se odebírá nebo čerpá podzemní voda. Podle § 55 odst. 1 písm. g) vodního zákona jsou stavby k využití vodní energie a energetického potenciálu vodním dílem.

K umístění tepelného čerpadla do vrtu, které je vodním dílem, je příslušný obecný stavební úřad [§ 15 odst. 1 písm. d) stavebního zákona], stejně jako v případě tepelného čerpadla typ A.

K povolení provádění tepelného čerpadla typ B, je příslušný vodoprávní úřad jako speciální stavební úřad [§ 15 odst. 1 písm. d) stavebního zákona], neboť se jedná o vodní dílo. Podle § 15 odst. 1 vodního zákona vyžaduje provedení vodního díla povolení vodoprávního úřadu (stavební povolení k vodním dílům).

Protože stavba bude sloužit k nakládání s vodami, je nutné získat současně s povolením k provedení vodního díla i povolení k nakládání s vodami. Povolení k nakládání s vodami je podle § 8 odst. 1 písm. d) vodního zákona třeba k čerpání podzemních vod a jejich následnému vypouštění do povrchových nebo podzemních vod za účelem získání tepelné energie, a to v případě, kdy se bude jednat o využívání energetického potenciálu podzemních vod jen pro vytápění (získávání tepelné energie). V případě, že bude energetický potenciál využíván i pro chlazení, je nutno v povolení tyto dva účely užití rozdělit a přesně specifikovat jednotlivá množství podzemní vody. Nakládání s podzemními vodami pro účely chlazení bude povoleno podle § 8 odst. 1 písm. b) bod 1. vodního zákona. V případě, že nebude možné přesně specifikovat množství vody určené pro chlazení a množství vody pro vytápění, bude předmětné nakládání povoleno souhrnně podle § 8 odst. 1 písm. b) bod 1. vodního zákona.

Povolení k nakládání s vodami je dle § 9 odst. 5 vodního zákona možné vydat jen současně se stavebním povolením k takovému vodnímu dílu ve společném řízení. Povolení k nakládání s vodami a stavební povolení vydává ve společném řízení v souladu s § 9 odst. 5 a § 15 odst. 1 vodního zákona příslušný vodoprávní úřad.

Pro užívání stavby je potřeba kolaudace tepelného čerpadla od příslušného vodoprávní úřadu, který na stavbu vydal stavební povolení.

## **13.4 Systém s otevřeným okruhem s vypouštěním do podzemních vod (reinjektáží)**

Tento scénář zahrnuje opět instalaci tepelného čerpadla systém voda-voda (Typ B) s tím, že vody budou vypouštěny do zasakovacího objektu (vrtu/ů). Předpokládá se, že hloubka jímacího vrtu bude cca 900 m, a hloubka zasakovacího objektu cca 200 m.

Vzhledem k tomu, že stejně jako u druhého scénáře se jedná v tomto případě o vodní dílo, je postup umístování, provádění a užívání stejný, pouze vypouštění bude řešeno v režimu povolení vypouštění do vod podzemních.

Zároveň bude potřeba zhodnotit, zda z hydrogeologického hlediska při odlišné hloubce vrtů, nebude docházet k zasakování do jiného kolektoru, než z jakého bude voda odebírána, a to rovněž s ohledem na chemické složení.

## 14. Využitelnost potenciálu zájmového území

### 14.1 Zhodnocení kvalitativních vlastností důlních vod zájmového území

Porovnáme-li chemické analýzy důlních vod s limity stanovenými legislativně pro vypouštění vod do povrchových vodotečí, vyvstane otázka nutnosti jejich čištění. Tento fakt má značný vliv na posuzování přijatelnosti navrhovaných řešení.

### 14.2 Zhodnocení využitelnosti struktur důlních děl zájmového území

Jak uvedeno výše v textu, důležitým předpokladem využití energetického potenciálu důlních vod je zabezpečení přístupu k důlním vodám, jako teponosnému mediu v odpovídajícím množství a teplotě. Přístup k důlním vodám lze realizovat třemi hlavními cestami:

1. vrtnými pracemi,
2. původními důlními otvirkovými díly (šachty, štoly),
3. z výtoků a čistíren důlních vod.

#### 14.2.1 Využití vrtů k zajištění komunikace s důlními vodami

Jedinou formou umožňující využít energetický potenciál kladenských důlních vod v přijatelném časovém horizontu jsou vrty. Nároky na technické parametry vrtů budou podmíněny:

1. technologií využívání energetického potenciálu,
2. projektovanými/zastiženými poměry v místě jímání
  - a. hloubka zvodnělé vydobyté prostory
  - b. mocnost zastiženého vodního sloupce ve vydobytém prostoru
  - c. kvantitativní parametry zastižené zvodně
    - i. výška vodního sloupce
    - ii. hydrodynamické vlastnosti kolektoru
    - iii. piezometrické vlastnosti zvodně
    - iv. zásobnost zastiženého kolektoru,
  - d. kvalitativními parametry zastižené zvodně.

Na základě informací uvedených v kapitole 7 je odpověď na hypotézu využití pro jímání důlních vod hlubokých jímacích vrtů negativní, protože:

- vydobytý prostor je pro zastižení vrtnými pracemi z povrchu velice úzký a proto nereálný,
- velká část vydobytých prostor je zaplněna hluchou horninou,
- preferenční cesty pro pohyb důlní vody jsou při počvě základky a stropem pilíře.

#### 14.2.2 Využití původních důlních děl ústících na povrch

Pod označením původní důlní díla ústící na povrch jsou zahrnuty nejen šachty/jámy, ale i štoly.

Instituce, která určuje, jak má být, resp. jak mělo být naloženo se starým důlním dílem (SDD), je Český báňský úřad (ČBÚ). Na základě přístupu ČBÚ obecně platí, že důlní díla, která byt potenciálně ohrožují nejen životní prostředí, ale i zdraví a životy lidí mají být zlikvidována tak, aby toto ohrožení bylo eliminováno. Proto od počátku 21. století docházelo k systematické likvidaci struktur důlních děl propojujících vydobytá a neprovozovaná ložiska nerostných surovin s povrchem. Pod taktovkou Ministerstva životního prostředí byly nemalé finanční



prostředky vynaloženy k zajištění všech výstupů štol a šachet na povrch, a to nejen v Příbramském rudním revíru. Typickou technologií likvidace bylo použití zásypu nebo plavení popílku s příměsí fixačních činidel. Tato technologie byla-li řádně aplikována zajišťuje nejen zaplnění všech prostor a zákoutí stvolu šachty, ale i zaplnění všech k šachtě přilehlých prostor. Na úrovni terénu byla po vyplnění aplikována mocná železobetonová deska, ve které může být otvor umožňující kontrolu stavu a úrovně zásypu, popřípadě kontrolu prostupu důlních plynů. U některých vhodných SDD byl poval s betonovou deskou umístěn na některém z prvních pater jámy tak, že ústí jámy bylo zasypáno z povrchu až na úroveň hlouběji uloženého povalu. Hlubší partie SDD zůstaly de-facto otevřené, ale zato jsou neodstrojené a prakticky zavalené.

Existují však výjimky, jako např. lokality, kde SDD jsou označeny jako historicky cenné a jsou zde zbudována např. muzea, což je případ části březohorského ložiska, kde lze za určitých podmínek zpřístupnit SDD pro instalaci technologie související s jímáním důlní vody pro účely tepelného čerpadla.

### 14.2.3 Využití výtoků a čistíren důlních vod

Nepřítelem důlních činností byla vždy podzemní (důlní) voda. Zatímco část horníků se věnovala těžbě ložiskového nerostu, jiná část horníků zajišťovala odvodnění dobývaných ložiskových struktur. K odvodňování razili tzv. Dědičnou štolu, kterou vždy směřovali k erozivní bázi, tj. k topograficky nejnižšímu bodu povrchové vodoteče. Vzdálenost a čas mnohdy nebyl hlavní překážkou – příbramský rudní revír je odvodňován Dědičnou štolou Císaře Josefa II. – viz text výše.

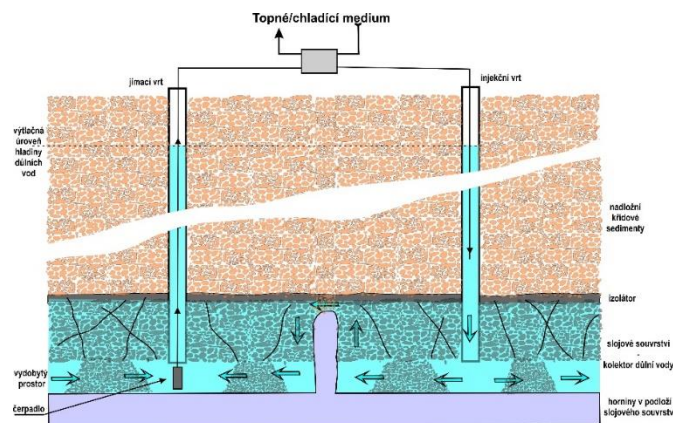
#### 14.2.3.1 Technologie využívání energetického potenciálu

Vycházíme-li z textu kapitoly popisující technologie a technické řešení a kapitoly věnující se důlním vodám z pohledu legislativy, pak se jako aplikovatelné jeví technologie:

1. Otevřený okruh s reinjektáží,
2. Uzavřený okruh s výměníkem ve výrubu.

#### • Otevřený okruh s reinjektáží ochlazených důlních vod zpět do systému

Není-li možné nebo vhodné důlní vody vypouštět nebo čistit, lze vodu po tepelné výměně reinjektovat zpět do důlního díla (Obr. 50). Výhodou tohoto přístupu je omezení poklesu hladiny důlní vody a tím i minimalizace vlivu provozu na zdroje podzemní vody, lázeňské zdroje apod. Současně nevznikají náklady na čištění důlních vod. Náklady na likvidaci sraženin z důlních vod budou také výrazně nižší, než v případě čištění důlních vod a jejich vypouštění do vod povrchových. Zvýšené náklady naopak představuje realizace injektážních vrtů.



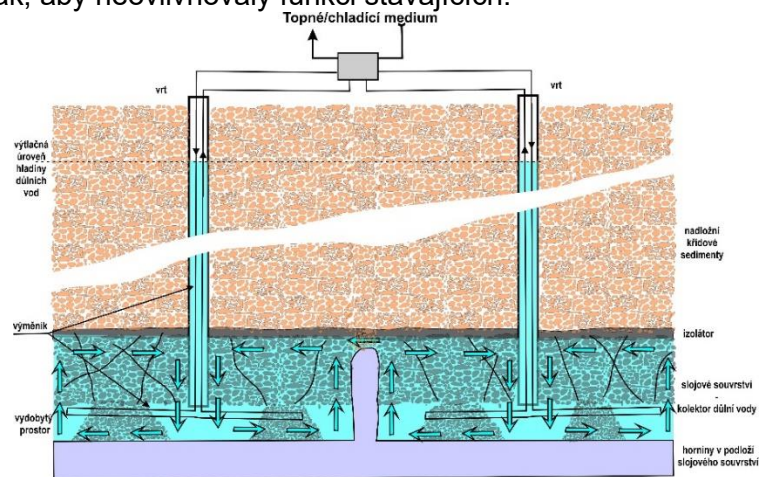
Obr. 50: Schématické znázornění systému s otevřeným okruhem a reinjektáží do důlního díla zájmového území.

Největším rizikem této koncepce je možnost hydraulického zkratu mezi odběrovým místem a místem reinjektáže. V případě příliš rychlého pohybu vod mezi těmito místy (např. v důsledku existence preferenčních cest nebo příliš velkého hydraulického spádu) může docházet ke změnám teploty důlních vod ve zdrojové oblasti a tím poklesu výkonu zdroje.

- Uzavřený okruh

V systému s uzavřeným okruhem (Obr. 51) neprochází důlní voda výměníkem, ale výměník bude umístěn do kolektoru. Důlní voda nebude čerpána ani jinak odváděna. Tepelná výměna bude probíhat v zatopeném vydobytém prostoru.

Hlavní výhodou tohoto uzavřeného systému je, že nepracuje přímo s důlní vodou, což eliminuje problémy spojené s chemismem a čištěním. Na druhou stranu nejsou ze stejného důvodu důlní vody v rámci systému obvykle mobilizovány čerpáním a k jejich ohřívání okolním horninovým prostředím dochází pomaleji kondukcí a přirozenou tepelnou konvekcí vody v důlním prostoru. Tepelný výnos systémů s uzavřenou smyčkou je tak často omezenější než u systémů s otevřenou smyčkou. Současně mají uzavřené systémy pouze omezenou škálovatelnost, která sice může být teoreticky navyšována přidáním dalších výměníků, ty však musí být umístěny tak, aby neovlivňovaly funkci stávajících.



Obr. 51: Systém s uzavřeným okruhem a výměníkem umístěným ve výrubu.

Jako technický problém se jeví instalace výměníku prostorem vrtu. Vyrubané prostory jsou nepřístupné, a tudíž jediným spojníkem mezi výrubem a povrchem je vrt.

### 14.3 Navrhované řešení

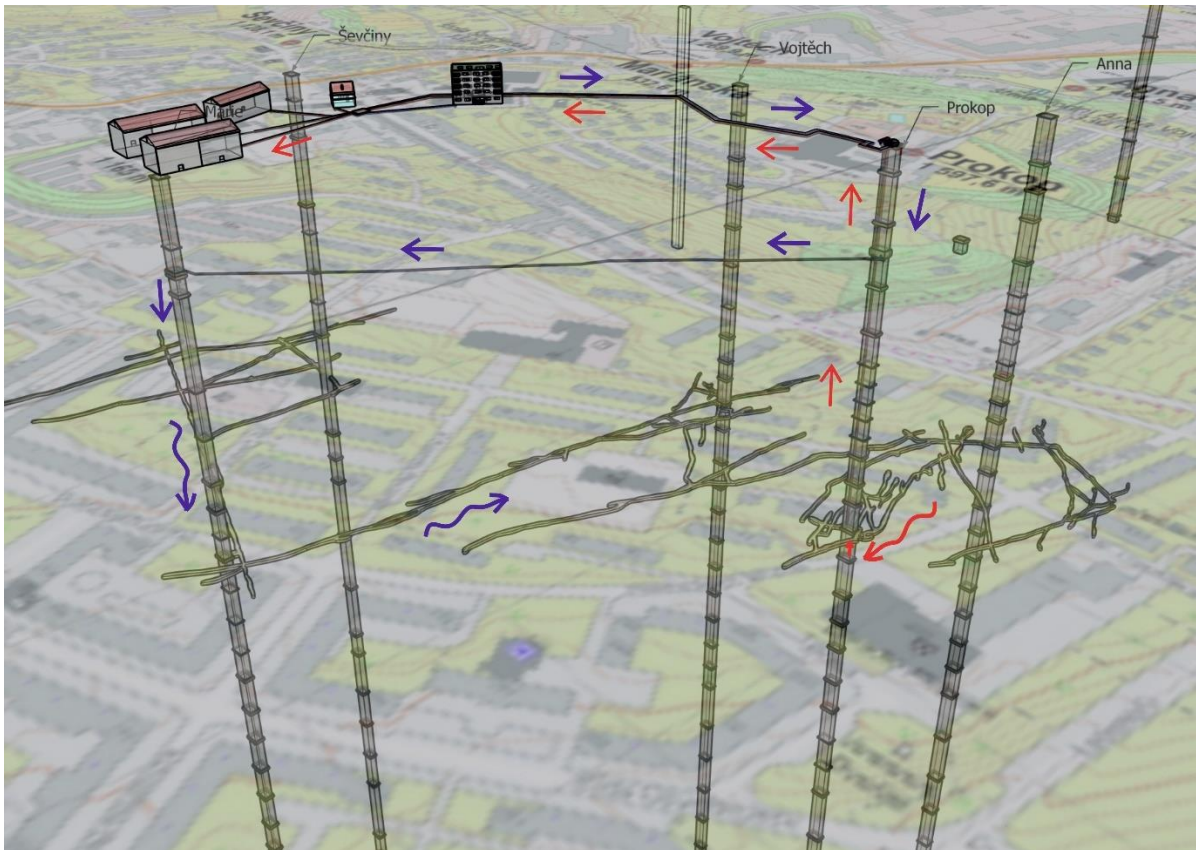
Po zvážení všech dostupných informací se jeví jako optimální zvolit systém s otevřeným okruhem a reinjektáží zpět do SDD.

Návrh možného řešení:

1. pro jímání důlní vody z hloubky cca 300 m využít stvolu jámy Prokop,
2. pro utrácení odpadní vody z výměníku využít stvolu jámy Marie,
3. pro umístění technologie výměníku využít prostor štolového patra u jámy Prokop,
4. pro umístění odpadního potrubí z výměníku využít Dědičnou stolu,
5. Pro umístění jímacího a odpadního potrubí výměníku využít stvol jámy Prokop.

Uvedený návrh řešení je podložen analýzou výše uvedených informací. Uvedený návrh je totožný s již jednou realizovaným projektem ÚÚG z období 1982 až 1990.

Jednoduchá skica na Obr. 52 znázorňuje návrh možného řešení.



Obr. 52: Schématické znázornění koloběhu důlní vody zapojené do oběhu tepelným čerpadlem.

## 15. Závěr a návrh dalšího postupu prací

Cílem předkládaného dokumentu „Využití energetického potenciálu rudných dolů a jejich infrastruktury pod městem Příbram“ (dále jen Zpráva) je posoudit z pohledu energetického využití přítomnost „volně“ se pohybující důlní vody v prostorách po hlubinné těžbě. Podstatou hydrogeologického posudku je analýza a zhodnocení hydrogeologických poměrů na základě archivních informací a závěrů realizovaných geologických, báňských a hydrogeologických průzkumů.

Obsah počátečních čtyř kapitol se zaměřuje na vymezení zájmového území, jehož hranice byly stanoveny Objednatelem posudku. Zájmovému území a jeho širšímu okolí je přiřazena geomorfologie, hydrografie a jsou popsány geologické poměry. Samotné zájmové území je umístěno do březohorského ložiska propojeného hydraulicky prostřednictvím Dědičné štolý s bohutínským ložiskem.

Následná kapitola 6 je zaměřená na jednotlivá důlní díla zbudovaná v Příbramském rudním revíru a stručně popisuje historii, lokalizaci evidovaných důlních děl bohutínského a březohorského ložiska a jejich současný stav. Důvodem, proč je tomuto tématu věnována pozornost je předpoklad, že jednou z technologií, jak mohou být čerpány důlní vody, je využití stávající jámy/šachty k umístění čerpadla a jímacího potrubí. Při posuzování možných přístupových cest ke zdroji důlní vody bylo proto nutné ověřit dosažitelnost důlní vody využitím jámového stvolu. Hlavní informací vyplývající z archivní dokumentace je ale zjištění, že Příbramský rudní revír, resp. jeho bohutínská a březohorská část jsou sice propojeny Dědičnou štolou, ale na úroveň Dědičné štolý je přístup z povrchu redukován na minimum. Nejméně složitým je přístup Prokopskou štolou na jámu Prokop a odtud lezným oddělením sestup na úroveň Dědičné štolý. Výsledkem studia archivní dokumentace je závěr, že pro využití energetického potenciálu důlních vod je nejvhodnější přístup ověřený v období 1982 – 1990 výzkumným projektem ÚÚG „C-02-0347-808 Výzkum využití tepla podzemních vod“.

Technologie těžby má podstatný vliv na množství akumulované důlní vody v opuštěném dobývacím prostoru. Těžebních technologií je velký počet, a v každém důlním revíru je preferován některý více, některý méně. Pro potřebu hodnocení energetického potenciálu z hydrogeologického aspektu je však podstatné rozlišení mezi metodami na zával nebo na základku. Při těžbě na základku jsou vytěžené prostory zaplňovány buď vyrubanou hlušinou vzniklou v místě při dobývce, nebo druhotným materiálem dopravovaným z jiných částí dobývky, v nejhorším případě z povrchu. Při těžbě na zával je vydobytý prostor ponechán nevyplněný. V průběhu času dojde ke ztrátě stability a vydobytý prostor je zavalen nadložními nebo bočními horninami. Tento prostor v březohorském ložisku vznikal mezi základkou a pilířem nadložní štolý. V případě vymezeného zájmového území lze s vysokou mírou pravděpodobnosti konstatovat, že vydobyté důlní prostory dobývacího pole dolu jsou vyplněny volně se pohybující důlní vodou, tedy že pohyb důlní vody se v části vydobytého prostoru pohybuje v průlinovém prostředí základky a v části vydobytého prostoru není ovlivňován hydraulickými vlastnostmi hornin, protože je zde volný prostor mezi základkou a pilířem.

V rámci kapitoly popisující a hodnotící hydrologické poměry je věnována pozornost i drenážním strukturám SDD. Jedná se o Dědičnou štolu a štolu Květenskou, protože pouze tyto dvě štolý plní v současnosti úlohu vodních štol. Historicky vodní štola Karla Boromejského tuto funkci již od 19. století neplní, a proto zde není zmiňována. Květenská štola není přímo spojena s vymezeným zájmovým územím, nicméně je občas zmiňována, a to z důvodu, že slouží coby pozadový etalon.

Hydrogeologické poměry v zájmovém území byly posuzovány z pohledu možného významného průniku podzemních vod do vod důlních. V případech, kdy vzniknou záložní pukliny, které proniknou izolátory v nadloží dobývacího prostoru, dojde k rozšíření drenážní funkce horních štolových pater či prvních pater SSD. Při studiu archivní dokumentace prozkoumanosti zájmového území a hydrogeologických poměrů byly evidovány informace o

propojení zvodní přípovrchových a důlního prostoru. Významnější propojení přípovrchových kolektorů s vodami důlními bylo popsáno pouze při západní hranici rudního revíru v části bohutínského ložiska.

Kapitola popisující vrtnou prozkoumanost zájmového území a jeho širšího okolí byla zpracována coby nezbytná informace požadovaná metodikou zpracování hydrogeologického posudku. Ze studia archivní dokumentace vyplynulo, že v poválečném období až do současnosti nebyl v Příbramském rudním revíru realizován vrtný geologický průzkum, který by řešil otázku březohorského nebo bohutínského ložiska ať už ložiskových nebo hydrogeologických poměrů.

Hydrogeologické posouzení potenciálu důlních vod se zaměřuje na nakládání s důlními vodami, chemismus důlní vody a popis průběhu a výsledků hydrogeologického průzkumu spojeného s výzkumem využití tepelného potenciálu důlní vody v Příbrami v 80. letech minulého století. Je zde kladen důraz na výzkumný projekt ÚÚG, který již v minulosti ověřil využitelnost důlní vody Dědičné štoly coby zdroje tepelné energie.

V závěru této kapitoly je uvedeno, že:

Odmyslíme-li nepříznivé množství vytékají důlní vody z portálu Dědičné štoly, pak hydrogeologické poměry hodnoceného území se zdají být velice vhodné pro umístění tepelného čerpadla, za těchto podmínek:

- důlní voda bude čerpána pokud možno z co největší hloubky, optimálně z místa, kde dlouhodobě dosahuje hodnoty min. 21°C,
- důlní voda bude utrácena formou zpětné infiltrace v místě proti toku důlní vody v Dědičné štolě,
- pro infiltraci bude zvolena jáma, která je s největší pravděpodobností hydraulicky propojená s jámou, ve které je umístěno čerpadlo,
- kvůli vysoké mineralizaci bude vhodné využít technologii s výměníkem.

Při splnění výše uvedených podmínek bude možné

1. čerpat jakékoliv množství důlní vody, aniž by díky zpětné infiltraci došlo ke snížení průtoku důlní vody Dědičnou štolou,
2. ochladit důlní vodu na hodnotu 6°C, tj. o 15°C.

Výpočet energetického potenciálu (EP) pak vychází z odvozené rovnice a v případě, že topný faktor bude cca 4, pak výsledná hodnota EP je 350 kW na každých 5 l.s<sup>-1</sup> čerpané důlní vody.

Kapitola *Technologie a technické řešení využívání potenciálu geotermální energie* se pro názornost na jedné straně věnuje technickému řešení a publikovaným informacím o zahraničních řešeních.

Problematika důlní vody je v legislativě ČR ošetřena několika zákony, kterými se bude nutné při využívání energetického potenciálu důlních vod řídit. Největším úskalím při využívání důlních vod je otázka jejich vypouštění na povrch.

Kapitola hodnotící využitelnost potenciálu zájmového území diskutuje alternativy možných technologií využití tepelného potenciálu konkrétně pro vymezené zájmové území. Je zde navrženo znovu zrealizovat projekt ÚÚG z období 1982-1990.

Následující tabulka uvádí postupové kroky pro realizaci využívání energetického potenciálu v diskutovaném případě důlních vod.

Protože výsledkem hydrogeologického posudku je návrh na zopakování již jednou realizovaného projektu, lze celý ad 1) považovat za uzavřený.

Doporučujeme ale před realizací dalšího kroku uvedeného v tabulce pod označením ad 2, aplikovat část hydrogeologického průzkumu, který ujasní:

- a) střety zájmů při užívání důlní vody, tj. kdo další využívá důlní vodu Dědičné štoly a jaký na již aplikovaný typ využívání bude mít případné využívání pro diskutovaný účel,

- b) hloubkovou kamerou zjistit stav a ukončení technologie – potrubí, která pokračuje pod hladinu důlní vody na jámě Prokop
- c) názor správce SDD na záměr investora,
- d) požadavky územně správních orgánů – místně příslušného vodoprávního úřadu a obvodní báňské služby.

Č.	Práce	Výstup popis	Dělové instituce	Procesní krok	Podříditel pro dílnu	Poznámka
1	Hydrogeologický posudek	Zhodnocení využitelnosti hydrogeologického potenciálu zájmového území. Návrh variantního technického řešení. Návrh technických prací. Lze projektový záměr technicky provést?				
2	Studie proveditelnosti	Lze projektový záměr technicky provést?  Je investičně vhodný?			Projekt geologických prací	spolupráce s projektanty TČ, báňským projektantem, ekonomem
			Statutární město Ostrava	Žádost o udělení souhlasu	Stanovisko Povodí Odry, s.p. Stanovisko KÚ (Stanovisko DIAMO, s.p. + ....) Formulář o udělení souhlasu Projekt geologických prací	
				Žádost o povolení nakládání s PV	Stanovisko Povodí Odry, s.p. Stanovisko KÚ Formulář žádosti o povolení nakládání s PV+přílohy	v případě provádění hydrodynamických zkoušek v trvání více jak 14 dní nebo s čerpání PV větším jak 1 l/s
3	Technické geologické práce	Technické práce (vrtání v místě jímání DV pro ověření přítomnosti DV, vydatnosti, chemického složení, atd.)	Krajský úřad	Oznámení zahájení geologických prací Žádost o udělení souhlasu	Projekt geologických prací Projekt geologických prací (Stanovisko Povodí Odry, s.p.) Oznámení záměru	v případě vrtů hlubších jak 30 m nebo v součtu více jak 100 m  v případě vrtů uvedených v kategorii II, 14. hlubinné GT vrtů nad 200 m, 15. hlubinné neuvedené v 14. (Může být vyžadováno JES)
				Zjišťovací řízení (EIA)		
			Povodí Odry s.p.	(Jednotné environmentální stanovisko) Žádost o stanovisko	Projekt geologických prací Projekt geologických prací	v případě vrtů hlubších jak 30 m
			Obvodní báňský úřad	Ohlášení geologických prací		
			ČGS (Geofond)	Evidence geologických prací	Formulář evidence geologických prací	
			DIAMO, s.p.	Žádost o udělení souhlasu/vyjádření/Stanovisko Žádost o vstupy na pozemky .....	Projekt geologických prací .....	příslušný hospodařit s majetkem státu
4	Aktualizace studie proveditelnosti	Lze projektový záměr technicky provést? Je investičně vhodný?				na základě Závěrečné zprávy a Hg posudku
5	Zpracování realizačního projektu	Technické řešení – projektová dokumentace				spolupráce s projektanty TČ, báňským projektantem
6	Realizace	Instalace TČ	Statutární město Ostrava	Žádost o stavební povolení Žádost o povolení nakládání s PV	dle digitálního stavebního řízení Formulář žádosti o povolení nakládání s PV + Hg posudek, ZZ, atd.	
7	Kolaudace	Uvedení do provozu				

V Pardubicích, dne

20.9.2024



**Mgr. Michal Vaněček**

Číslo odborné způsobilosti 2395/2018  
Odpovědný řešitel geologických prací v oborech  
Hydrogeologie, inženýrská geologie a geochemie



## 16. Literatura

- [1] ČÚZK. Topografická mapa ČR 1: 10 000. WMS služby [on/line]. [vid. 2024-07-24]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ZM10\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx).
- [2] Bambas J., Gaier K., Habada V., Husák F., Křížová M., Mueller L., Nedvěd K., Pech V., Sedláček J., (1985): Závěrečná zpráva o ložiskách Březové Hory a Bohutín (Likvidační zpráva s výpočtem zbývajících zásob k 31.12.1979). Surovina Ag, Pb, Zn, Sb, Cd, In rudy. – Rudné doly, Příbram.
- [3] Klimatické oblasti (WMS) [on/line]. [vid. 2024-07-18]. Dostupné z: [https://gis.cenia.cz/geoserver/klimaticke\\_oblasti/wms](https://gis.cenia.cz/geoserver/klimaticke_oblasti/wms).
- [4] Quitt, E. Klimatické oblasti Československa. Praha : Academia, 1971. str. 73.
- [5] Sympozium Hornická Příbram ve vědě a technice [on/line]. [vid. 2024-07-17]: článek PaedDr. Josef Velf: Ševčínský důl na pamětní minci, 2007. Dostupné z: <https://slon.diamo.cz/hpvt/2007/ST/T09.pdf>.
- [6] ČHMÚ [on/line]. [vid. 2024-07-18]: Měsíční a roční data dle zákona č. 123/1998 Sb. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb>.
- [7] Hydrogeologický informační systém VÚV TGM [on/line]. [vid. 2024-08-28]: Odběry pro lidskou spotřebu a jejich ochranná pásma. Dostupné z: [https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp\\_heis\\_voda&TMPL=HVMAP\\_MAIN&IFRAME=0&lon=15.4871695&lat=49.7692482&scale=1935360](https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=HVMAP_MAIN&IFRAME=0&lon=15.4871695&lat=49.7692482&scale=1935360).
- [8] Program rozvoje obce Trhové Dušníky 2019-2024 [on/line]. [vid. 2024-09-04]: Obec Trhové Dušníky oficiální stránky. Dostupné z: [https://www.trhovedusniky.cz/e\\_download.php?file=data/uredni\\_deska/obsah204\\_1.pdf&original=Program+rozvoje+obce+Trhov%C3%A9+Du%C5%A1n%C3%ADky+na+obdob%C3%AD+2019-2024++.pdf](https://www.trhovedusniky.cz/e_download.php?file=data/uredni_deska/obsah204_1.pdf&original=Program+rozvoje+obce+Trhov%C3%A9+Du%C5%A1n%C3%ADky+na+obdob%C3%AD+2019-2024++.pdf).
- [9] Myslil V. (1984): Rámcové hydrogeologické posouzení využitelnosti tepla březohorského rudního revíru, Praha.
- [10] Ježek VI. (1975) [on/line]. [vid. 2024-09-04]: Spolek Řimbaba Bohutín oficiální stránky. Dostupné z: <https://www.rimbaba.cz/index.php/clanky-o-hornictvi/40-historie-dobvyvani-na-pribramsku>.
- [11] HEIS VÚV TGM [on/line]. [vid. 2024-07-18]. Dostupné z: [https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp\\_heis\\_voda&TMPL=HVMAP\\_MAIN&IFRAME=0&lon=15.4871695&lat=49.7692482&scale=1935360](https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=HVMAP_MAIN&IFRAME=0&lon=15.4871695&lat=49.7692482&scale=1935360).
- [12] HEIS VÚV TGM [on/line]. [vid. 2024-07-18]: Záplavová území. Dostupní z: <https://heis.vuv.cz/data/webmap/wms.dll?MU=CS&LANG=CS-CZ>.
- [13] Bambas J. (1990): Březohorský rudní revír. Pro symposium Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram.
- [14] ČGS [on/line]. [vid. 2024-07-18]: Surovinový informační systém (SurIS). Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/suris/>.
- [15] ČGS [on/line]. [vid. 2024-07-18]: Hydrogeologická mapa ČR 1:50 000. Dostupné z: [http://mapy.geology.cz/arcgis/rest/services/HydroGeologie/HG50\\_rastr/MapServer/WMTS/1.0.0/WMTSCapabilities.xml](http://mapy.geology.cz/arcgis/rest/services/HydroGeologie/HG50_rastr/MapServer/WMTS/1.0.0/WMTSCapabilities.xml).
- [16] Hornická Příbram ve vědě a technice [on/line]. [vid. 2024-08-18]: Kovář, J.: Významné vodní stavby březohorského a bohutínského revíru. Dostupné z: <https://slon.diamo.cz/hpvt/2001/sekce/tradice/09/T9%20-%20HP.htm>.

- [17] CZU [on/line]. [vid. 2024-08-22]: Křivánek J., Němec J., Kopp J.: Rybníky v České republice. Dostupné z: [https://katedry.czu.cz/storage/202/7366\\_Rybniky-v-CR-KNIHA-str.-1-85.pdf](https://katedry.czu.cz/storage/202/7366_Rybniky-v-CR-KNIHA-str.-1-85.pdf).
- [18] Homola V., Klír S. (1975): Hydrogeologie ČSSR III – Hydrogeologie ložisek nerostných surovin.
- [19] DIAMO občasník, ročník XVIII, číslo 1, leden 2013 [on/line]. [vid. 2024-08-23]: Barták K: V příbramské Dědičné štolě. Dostupné z: <https://www.diamo.cz/storage/app/media/obcasnik/2013-01.pdf>.
- [20] Šefrna M. (1996): Vrtný průzkum okolí propadu u silnice I/18 na Březových Horách, geotechnická zpráva. První příbramská s.r.o., Příbram.
- [21] Pakosta J. (2008): Příbram. Vrtné práce pro zajištění vlastního zdroje vody. Vodní zdroje a.s.
- [22] Chalupa J., Štochl K. (1994): Hydrogeologický průzkum Autometal Příbram, ČGS, Beroun.
- [23] ČGS [on/line]. [vid. 2024-04-19]: Vrtná prozkoumanost. Dostupné z: [https://mapy.geology.cz/vrtna\\_prozkoumanost/](https://mapy.geology.cz/vrtna_prozkoumanost/).
- [24] 1.SčV [on/line]. [vid. 2024-09-04]: 1. SčV, a.s. oficiální stránky. Dostupné z: <https://www.1scv.cz/provozovane-objekty/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobnidata/upravny-pitne-vody/uv-hvezdicka/>.
- [25] Šindelář, M., Šefrna, M. (2008 [on/line]. [vid. 2024-09-02]: Výzkum využití energetického potenciálu důlních vod v oblastech bývalé těžební činnosti ČR, etapa III - Pasportizace potenciálních zdrojů, Podetapa IIIb, IIIc , Středočeský kraj - Příbramský rudní revír Dostupné z: <https://app.geology.cz/asqi/asg.php?item=1&tt=D&asqid=277963>.
- [26] Brůček P., Bican R., Dropová M., Jandák R., Kazimírová P., Rachač F., Archmanová V., Řehoř V., Skála Z. (2024): Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2023, DIAMO s. p., Příbram.
- [27] Brůček P., Bican R., Dropová M., Jandák R., Kazimírová P., Rachač F., Archmanová V. (2023): Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2022, DIAMO s. p., Příbram.
- [28] Brůček P., Bican R., Dropová M., Jandák R., Kazimírová P., Rachač F., Archmanová V. (2022): Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2021, DIAMO s. p., Příbram.
- [29] Brůček P., Bican R., Dropová M., Jandák R., Helbig L., Kazimírová P., Rachač F., Archmanová V. (2021): Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2020, DIAMO s. p., Příbram.
- [30] Brůček P., Bican R., Dropová M., Jandák R., Helbig L., Rachač F. (2020): Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2019, DIAMO s. p., Příbram.
- [31] Brůček P., Bican R., Dropová M., Jandák R., Helbig L., Havlena J., Rachač F. (2019): Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2018, DIAMO s. p., Příbram.
- [32] Brůček P., Bican R., Dropová M., Jandák R., Helbig L., Havlena J., Rachač F. (2018): Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2017, DIAMO s. p., Příbram.



- [33] Brůček P., Bican R., Dropová M., Jandák R., Helbig L., Havlena J., Rachač F. (2017): Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2016, DIAMO s. p., Příbram.
- [34] Rudné doly, n.p. (1978): Likvidace důlní činnosti v Březohorském revíru – Čerpání důlních vod z Březohorského revíru (Technická zpráva), Rudné doly, n.p., Příbram
- [35] Sýkora S., Ježek V. (1990): Čerpání důlních vod na dole 25. únor v Bohutíně – pro potřeby Stř. VaK Příbram, Rudné doly n.p., Příbram
- [36] Krupa V., MUELLER I. (1990): Výroční zpráva o provedených pracích GP a těžbě v roce 1989 (Bohutín; Březové Hory; Čelina; Krásná Hora nad Vltavou; Mokrsko; Radětice; Vrančice), Rudné doly, n.p. Příbram
- [37] Korbel, J. (2005): Hornictví na Příbramsku – Místopis Březových Hor; Příbram
- [38] Dědičná štola v Příbrami [on/line]. [vid. 2024-09-10]: Zdař Bůh.cz. Dostupné z: <https://www.zdarbuh.cz/reviry/brezohorsky-rudni-revir/dedicna-stola-v-pribrami/>.
- [39] Kovář J.: Zajišťovací práce mezi doly Anna a Vojtěch na tzv. 1. malém patře. [on/line]. [vid. 2024-09-08]: Dostupné z: [https://slon.diamo.cz/hpvt/2003/sekce\\_t/T12%20Kov%C3%A1%C5%99.htm](https://slon.diamo.cz/hpvt/2003/sekce_t/T12%20Kov%C3%A1%C5%99.htm).
- [40] Valeš V.: (1982): Hydrogeologická problematika březohorského revíru; Brno
- [41] Myslil V., et al (1984): Rámcové hydrogeologické posouzení využitelnosti tepla březohorského rudního revíru; ÚÚG Praha.
- [42] Myslil V., et al (1987): Hydrogeologické hodnocení zatápění březohorského rudního revíru; ÚÚG Praha.
- [43] Ježek V.: Historie dobývání stříbra, olověných a železných rud na Příbramsku. [on/line]. [vid. 2024-09-08]: Sborník přednášek Hornická Příbram; Rudné doly n. p. Příbram, 1975; Dokumentační fond CMC. Dostupné z: <http://www.mining.cz/TEXTY/Brezovky/History.htm>

## Další uváděné odkazy

64	KIRKUP, Bill, Alison CAVEY, Dave LAWRENCE, Martin CRANE, Jon GLUYAS a Wayne HANDLEY	2020 The Case for Mine Energy – unlocking deployment at scale in the UK, A mine energy white paper [online]. 2020. Dostupné z: <a href="https://www.google.com/url?sa=t&amp;rtct=j&amp;q=&amp;esrc=s&amp;source=web&amp;cd=&amp;cad=rja&amp;uact=8&amp;ved=2ahUKEwja3o336PvzAhUjuqQKHZEBBf8QFnoECAMQAQ&amp;url=https%3A%2F%2Fwww.northeastlep.co.uk%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F05%2FMine-Energy-White-Paper_FINAL.pdf&amp;usg=AOvVaw15Cx0i0">https://www.google.com/url?sa=t&amp;rtct=j&amp;q=&amp;esrc=s&amp;source=web&amp;cd=&amp;cad=rja&amp;uact=8&amp;ved=2ahUKEwja3o336PvzAhUjuqQKHZEBBf8QFnoECAMQAQ&amp;url=https%3A%2F%2Fwww.northeastlep.co.uk%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F05%2FMine-Energy-White-Paper_FINAL.pdf&amp;usg=AOvVaw15Cx0i0</a>
65	WINKLER, Richelle, Adrienne MASTERTON, Andrew GARROD, David ANNA, Deanna OCCHIETTI, Edward LOUIE, Eric MACLEOD, Jay MELDRUM, Kayla WARSKO, Krist BLUMBERG, Melissa MICHAELSON, Nicolette SLAGLE, Sana SAVAGE a Theresa TRAN.	2015 Final Report: Developing a Guide for Harnessing Low-grade Geothermal Energy from Minewater for Heating and Cooling Buildings [online]. 2015. Dostupné z: <a href="https://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract_id/10270/report/F">https://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract_id/10270/report/F</a>
66	OPPELT, Lukas, Thomas GRAB, Sebastian POSE, Thomas STORCH a Tobias FIEBACK.	2021 Mine water geothermal energy as a regenerative energy source - status quo and results from five years of monitoring. Oil Gas European Magazine [online]. 2021, 47, 14–19. Dostupné z: doi:10.19225/2103054
67	PAČES, Ta Vladimír CERMAK.	1976 Subsurface temperature in the Bohemian Massif: geophysical measurements and geochemical estimates. Proc. Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources. 1976, 1, 803–807.
68	NOVÁK, Petr, Michal VANĚČEK a Jana KASÍKOVÁ.	2011 Atlas tepelného potenciálu důlních vod v České republice.
69	DIAMO S.P. ODŠTĚPNÝ ZÁVOD PKÚ. Vodamin II [online]	2022 2022. Dostupné z: <a href="https://vodamin2.pku.cz/cs/vodamin-ii-potencialy-nebezpeci-a-vyuziti-dulnich-vod-pro-zkvalitneni-preshranicni-ochrany-vod-1/">https://vodamin2.pku.cz/cs/vodamin-ii-potencialy-nebezpeci-a-vyuziti-dulnich-vod-pro-zkvalitneni-preshranicni-ochrany-vod-1/</a>
70	KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV K11125.	2021 Projekční podklady a pomůcky - Tepelná čerpadla. Webová prezentace Českého vysokého učení technického v Praze, Fakulta stavební.
71	BANKS, David, Helge SKARPHAGEN, R WILTSHIRE a C JESSOP.	2004 Heat pumps as a tool for energy recovery from mining wastes. Geological Society London Special Publications [online]. 2004, 236, 499–513. Dostupné z: doi:10.1144/GSL.SP.2004.236.01.27
72	BANKS, David.	2012 An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling, 2nd Edition [online]. 2012. ISBN 978-0-470-67034-7. Dostupné z: doi:10.1002/9781118447512.ch1
73	LOREDO, Jorge, Almudena ORDÓÑEZ, Santiago JARDÓN a Rodrigo ÁLVAREZ.	2011 Mine water as geothermal resource in Asturian coal mining basins ( NW Spain ). 2011, 177–182.
74	ORDÓÑEZ, M Almudena, S JARDÓN, Rodrigo ALVAREZ, Cristhian ANDRES a F PENDÁS	2012 Hydrogeological definition and applicability of abandoned coal mines as water reservoirs. Journal of environmental monitoring : JEM [online]. 2012, 14, 2127–2136. Dostupné z: doi:10.1039/c2em11036a
75	JARDÓN, Santiago, M Almudena ORDÓÑEZ, Rodrigo ALVAREZ, Pablo CIENFUEGOS a Jorge LOREDO.	2013 Mine Water for Energy and Water Supply in the Central Coal Basin of Asturias (Spain). Mine Water and the Environment [online]
76	LOREDO, Covadonga, M Almudena ORDÓÑEZ, Efen GARCIA-ORDIALES, Rodrigo ALVAREZ, Nieves ROQUEÑÍ, Pablo CIENFUEGOS, A PEÑA a Neil BURNSIDE.	2017 Hydrochemical characterization of a mine water geothermal energy resource in NW Spain. Science of The Total Environment [online]. 2017, 576. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2016.10.084
77	CAUBERG HUYGEN	Verwarming en koeling door mijnwater. Cauberg Huygen voor Gemeente Heerlen Mijnwaterproject Heerl [online]. Dostupné z: <a href="https://cauberg Huygen.nl/project/mijnwaterproject-heerlen/">https://cauberg Huygen.nl/project/mijnwaterproject-heerlen/</a>
78	MIJN WATER	2021 Minewater CIRCULAR ENERGY NETWORK OF THE FUTURE [online]. 2021. Dostupné z: <a href="https://mijnwater.com/en/">https://mijnwater.com/en/</a>
79	FERKET, Helga L W, Ben J M LAENEN a Peter C H Van TONGEREN	2011 Transforming flooded coal mines to large-scale geothermal and heat storage reservoirs : what can we expect ? 2011, 171–176
80	VERHOEVEN, René, Eric WILLEMS, Virginie HARCOUET-MENOU, Eva BOEVER, Louis HIDDES, Peter VELD a Elianne DEMOLLIN	2014 Minewater 2.0 Project in Heerlen the Netherlands: Transformation of a Geothermal Mine Water Pilot Project into a Full Scale Hybrid Sustainable Energy Infrastructure for Heating and Cooling. Energy Procedia [online]. 2014, 46, 58–67. Dostupné z: doi:10.1016/j.egypro.2014.01.158

81	BANKS, David, Anup ATHRESH, Amin AL a Habaibeh NEIL	2017 Water from abandoned mines as a heat source : practical experiences of open- and closed-loop strategies , United Kingdom. Sustainable Water Resources Management [online]. 2017, 5(1), 29–50. ISSN 2363-5045. Dostupné z: doi:10.1007/s40899-017-0094-7
82	BAILEY, Matt, Moorhouse L a Ian WATSON	Heat Extraction from Hypersaline Mine Water at the Dawdon Mine Water Treatment Site [online]. 2013. Dostupné z: doi:10.36487/ACG_rep/1352_47_Bailey
83	GRZEGORZ GZYL, Marcin GŁODNIOK, Ewa JANSON, Paweł ŁABAJ, Małgorzata MARKOWSKA, Łukasz SIODŁAK, Anna SKALNY, Paweł ZAWARTKA, Aleksandra ZGÓRSKA, Covadonga LOREDO, Jorge LOREDO, Nieves ROQUEŃI, Adrián Peña FERNÁNDEZ, Albino González GARCÍA, David BANKS, Adrian BOYCE, Neil BURNSIDE, Paul YOUNGER, Keith PARKER, Amin AL-HABAIBEH a Anna HYRIA.	2019 Low-Carbon After-Life: sustainable use of flooded coal mine voids as a thermal energy source - a baseline activity for minimising post-closure environmental risks (LoCAL) [online]. 2019. Dostupné z: doi:10.2777/715020
84	ABELOVICH, Aharon	1985 Avoiding ochre deposits in soil drainage pipes. Agricultural Water Management [online]. 1985, 10, 327–334. Dostupné z: doi:10.1016/0378-3774(85)90021-6
85	BANKS, David	2009 An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling [online]. 2009. ISBN 978-1-4443-0268-4. Dostupné z: doi:10.1002/9781118447512
86	DUDENEY, Bill, Oleg DEMIN a Irina TARASOVA	2003 Control of ochreous deposits in mine water treatment. Land Contamination & Reclamation [online]. 2003, 11, 259–266. Dostupné z: doi:10.2462/09670513.823
87	BURNSIDE, Neil, David BANKS a Adrian BOYCE	2016 Sustainability of thermal energy production at the flooded mine workings of the former Caphouse Colliery, Yorkshire, United Kingdom. International Journal of Coal Geology [online]. 2016, 164, 85–91. Dostupné z: doi:10.1016/j.coal.2016.03.006
88	BANKS, David, Jonathan STEVEN, John BERRY, Neil BURNSIDE a Adrian BOYCE.	2017 A combined pumping test and heat extraction/recirculation trial in an abandoned haematite ore mine shaft, Egremont, Cumbria, UK. Sustainable Water Resources Management [online]. 2017, 5. Dostupné z: doi:10.1007/s40899-017-0165-9
89	RAMOS, Esmeralda, Katrin BREEDE a Gioia FALCONE	2015 Geothermal heat recovery from abandoned mines: a systematic review of projects implemented worldwide and a methodology for screening new projects. Environmental earth sciences [online]. 2015, 73. Dostupné z: doi:10.1007/s12665-015-4285-y
90	WALLS, David, David BANKS, Adrian BOYCE a Neil BURNSIDE	2021 A Review of the Performance of Minewater Heating and Cooling Systems. Energies [online]. 2021, 14, Article 6215. Dostupné z: doi:10.3390/en14196215
91	GRMELA, Arnošt, BLÁŽKO Andrej	2004 Důlní vody a jejich začlenění v legislativě České republiky. In: Hornická Příbram ve vědě a technice [online]. 2004. Dostupné z: slon.diamo.cz/hpvt/2004/2/206.htm
92	DAVE JOHNSTON, Hugh POTTER, Ceri JONES, Stuart ROLLEY, Ian WATSON a Jim PRITCHARD	2009 Abandoned mines and the water environment. [online]. 2009. Dostupné z: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291482/LIT_8879_df7d5c.pdf
93	HOLEČEK, Jan, Jiří BURDA, Pavel BÍLÝ, Petr NOVÁK a Hana SEMÍKOVÁ	2015 Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2015 - Metodika stanovení podmínek ochrany při využívání tepelné energie zemské kůry (GEOTHERMAL)
94	BEDŘICH, Michálek, Holéczy DANIEL, Jelínek PETR a Grmela ARNOST	2007 Utilization of Thermal Energy of Mine Waters from Flooded Underground Mines. Acta Montanistica Slovaca.
95	KAUFMAN, Kamil	2021 Odstavní dolů s následným využitím geotermální energie. B.m.: DAIMO s.p. 2021
96	JIRAKOVA, H., M. STIBITZ, V. FRYDRYCH a M. DURAJOVA	2015 Geothermal Country Update for the Czech Republic. In: Proceedings of the World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia. 2015, s. 7.
97	WOLF, P. a K. LAGERPUSCH, K.H. HOFMANN	2007 Zur geothermischen Nutzung von Grubenwässern in Sachsen. 2007
98	QI, Ping, Limei CAO, Jun WANG, LUÍ a Luís SOUSA	2019 The working principle analysis and numerical simulation of key equipment in HEMS. Advanced Engineering Materials. 2019
99	GUO, Pingye, Manchao HE, Liange ZHENG a Na ZHANG	2017 A geothermal recycling system for cooling and heating in deep mines. Applied Thermal Engineering [online]. 2017, 116. Dostupné z: doi:10.1016/j.applthermaleng.2017.01.116
100	HE, Man-chao, Ping-ye GUO a Yang JUN.	2010 Study on the HEMS Technique to Control Heat-harm and Utilize Geo-thermal Enegy in Deep Mine. In: Proceedings World Geothermal CongressBali, Indonesia, 25-29 April 2010. 2010
101	GUO, Pingye, Guolong ZHU a Manchao HE	2014 HEMS technique for heat-harm control and geo-thermal utilization in deep mines. International Journal of Coal Science & Technology [online]. 2014, 1, 289–296. Dostupné z: doi:10.1007/s40789-014-0036-z
102	FERKET, Helga, Laenen BEN a P C H TONGEREN	2011 Transforming flooded coal mines to large-scale geothermal and heat storage reservoirs: What can we expect? Mine Water - Managing the Challenges, Proceedings of the International Mine Water Association Congress 2011. 2011, 171–176.
103	MACASKILL, Devin a Christopher POWER	2015 Researching the Geothermal Potential of the Former Springhill Mine [online]. 2015. Dostupné z: https://cumberland-energy-authority.ca/95-verschuren-centre-researching-the-geothermal-potential-of-the-former-springhill-mine-2015/file.html
104	MICHEL, F. A.	2006 UTILIZATION OF ABANDONED MINE WORKINGS FOR THERMAL. 2006, (NRCAN).
105	RAYMOND, Jasmin, René THERRIEN a Ferri HASSANI	2008 Overview of Geothermal Energy Resources in Québec (Canada) Mining Environments. 2008.
106	KRASSMANN, Thomas	2021 Geothermische Energie aus ehemaligen Bergbauanlagen. Grubenarchäologischen Gesellschaft [online]. 2021. Dostupné z: https://www.untertage.com/publikationen/22-interessantes/5-geothermische-energie-aus-ehemaligen-bergbauanlagen.html
107	FIEBACK, Tobias a Thomas GRAB	2021 Grubenwassergeothermie in Sachsen. Lehrstuhl für Technische Thermodynamik [online]. 2021. Dostupné z: https://geothermie.iwtt.tu-freiberg.de/energetische-nutzung.html
108	TUBAV	2022 Lehrstuhl für Technische Thermodynamik [online]. 2022. Dostupné z: https://geothermie.iwtt.tu-freiberg.de
109	WEISS, Kathrin a Julia DILLENARDT	2010 Mine Water Utilization for Geothermal Purposes in Freiberg, Germany: Determination of Hydrogeological and Thermophysical Rock Parameters. Mine Water and the Environment [online]. 2010, 29, 68–76. Dostupné z: doi:10.1007/s10230-009-0094-4
110	BÜTTNER, R., M. KUPKA a S. WERNER	2010 Wärmepumpentechnik bei Einsatz von Grubenwasser am Beispiel "Schloss Freudenstein". B.m., 2010. TU Bergakademie Freiberg.
111	GRAB, Thomas, Thomas STORCH, U GROSS, J KLEUTGES a S GRÖTZSCH	2010 Geothermieanlage zur Grubenwassernutzung für Heizung (200 - max. 670 kW) und Kühlung (155 - max. 500 kW). 2010
112	MATTHES, Ralph a Jochen SCHREYER	2007 Remediation of the Old Wismut-Shaft 302 in Marienberg and Installation of a Technical Plant for Geothermic Mine Water Use ( Ore Mountains , Germany ). In: IMWA Symposium 2007: Water in Mining Environment [online]. 2007, s. 5. Dostupné z: https://www.imwa.info/imwaconferencesandcongresses/proceedings/76-proceedings-2007.html
113	ENERGETICON	2012 Grubenwasserenergie fu r das ENERGETICON (GrEn) [online]. 2012. Dostupné z: www.energeticon.de/index.php/%0Aort/die-aussenanlagen/das-green-projekt
114	HYRIA, A.	2017 Czysza energia - Drugie zycie kopalni (LoCAL): Zrównowazone wykorzystanie zatopionych wyrobisk po eksploatacji węgla kamiennego jako źródła energii cieplnej Przykłady : Polska - Doswiadczenia i perspektywy. In: Proceedings of the Final LoCAL Conference. 2017
115	KARPIŃSKI, Marcin a Anna SOWIŹDŹAL	2018 Kopalnie węgla kamiennego źródłem ciepła dla pomp ciepła. Rynek Instalacyjny [online]. 2018, (4), 35. Dostupné z: http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4458,kopalnie-węgla-kamiennego-zrodlem-ciepła-dla-pomp-ciepła
116	ZAKIROV, D.G., Y.M. PETIN a D.D. ZAKIROV	2013 Теплоносные технологии в горнорудной, угольной промышленности и в сфере ЖКХ. Энергосбережение. 2013, (7), 80–96
117	GASHO, E.G., S.A. KOZLOV, V.S. PUZAKOV, R.N. RAZORYONOV, N.I. SVESHNIKOV a M.V. STEPANOVA	2017 Тепловые Насысь в Современной Промышленности и Коммунальной Инфраструктуре. Информационно, Методическое Издание. В.м.: Издательство «Перо», 2017. ISBN 978-5-906927-01-9.
118	CHERNI, A.B.	2011 Модернизация систем теплообеспечения шахтерских городов России. Энергосовет [online]. 2011, 17(4), 11–12. Dostupné z: www.energsovet.ru/bul_stat.php?id=191
119	LARA, L.M., I.G. COLINAS, M.T. MALLADA, A.E. HERNÁNDEZ-BATTEZ a J.L. VIESCA	2017 Geothermal use of mine water. European Geologist Journal [online]. 2017, (43 – Geothermal – The Energy of the Future), 40–45. Dostupné z: https://eurogeologists.eu/european-geologist-journal-43-viesca-geothermal-use-of-mine-water/
120	KORB, M.C.	2012 Mine Pool Geothermal in Pennsylvania. 2012
121	ARCHITECTURE AND DESIGN SCOTLAND	Glenalmond Street Housing, Glasgow, Case Study. [online]. nedatováno. Dostupné z: https://www.ads.org.uk/wp-content/uploads/7615_glenalmond-pdf.pdf
122	ATHRESH, A.P.	2017 Feasibility of using the water from the abandoned and flooded coal mines as an energy resource for space heating [online]. B.m., 2017. Nottingham Trent University. Dostupné z: http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/32936/1/AnupAthresh2017Thesis.pdf
123	COAL AUTHORITY	2020 Seaham Garden Village mine energy district heating scheme . 2020
124	MMR.	2021 Akční plán Strategie regionálního rozvoje ČR 2021–2022. [online]. 2021. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getmedia/e41863fd-e332-4804-9f4b-c8c67f245d4/AP_SRR_21-22.pdf 2021
125	MMR.	2021 ISBN 978 1 90958 612 3. Dostupné z: https://www.jrf.org.uk/file/44976/download?token=yNS5ft4&filetype=full-report
126	Akční plán Strategie regionálního rozvoje ČR 2021–2022. [online]. 2021. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getmedia/e41863fd-e332-4804-9f4b-c8c67f245d4/AP_SRR_21-22.pdf 2021	2021
127.		<a href="http://www.mining.cz/TEXTY/Kladno/Zvlastni.htm">http://www.mining.cz/TEXTY/Kladno/Zvlastni.htm</a>
128.		<a href="http://www.mining.cz/TEXTY/Kladno/Slany2.htm">http://www.mining.cz/TEXTY/Kladno/Slany2.htm</a>
129.		<a href="http://hornictvi.kladnoninule.cz/jaacutema-ludviacutec.html">http://hornictvi.kladnoninule.cz/jaacutema-ludviacutec.html</a>
130.		