

RNDr. Jan T r a c h t u l e c , VÚHU

Ing. Vladimír D y k , VÚHU

Ing. Pavel T r ý z n a , VÚHU

Výsledky komunikačních zkoušek a datování podzemních vod na lo- kalitě Proboštov

Úvod

Program SHD na řešení vztahů mezi teplickými termálními prameny a těžbou uhlí byl v 8. PLP rozšířen na území plánova-
ného Lomu Proboštov (včetně Lomu Václav). Na začátku 8. PLP
byly zpracovány návrhy hydrogeologického průzkumu této lokali-
ty (Trachtulec, J., 1986; Homola, V., 1986) a v roce 1987 za-
hájila Geoindustria vrtné práce. S vyhodnocením průzkumu se po-
čítá v roce 1990. Cílem tohoto průzkumu bylo prohloubit znalosti
o režimu ryolitových vod, do doby neumožňující řešit odvod-
ňování plánovaného lomu ani jeho vztah k teplickým termálním
pramenům (situace lomu - viz obr. 1).

Součástí uvedeného hydrogeologického průzkumu jsou i komu-
nikační zkoušky, prováděné pracovníky VÚHU, zaměřené na pukli-
nový systém teplického ryolitu v podloží uhelné sloje - tedy
v pásmu mimořádně důležitém pro snížení výtlačné úrovně ryoli-
tových podzemních vod pod bází plánovaného lomu.

Výsledky ^3H a ^{14}C datování ryolitových vod z hydrogeolo-
gických průzkumných vrtů, některých vodárenských zdrojů pro zá-
sobování obyvatelstva v obcích na úpatí Krušných hor pitnou vo-
dou a krušnohorských potoků především doplňují a zpřesňují úda-
je o režimu ryolitových vod v jejich předpokládané infiltrační
oblasti v Krušných horách a pod hnědouhelnou pánví.

Kromě toho se datováním ověřuje možnost řešit případné o-
vlivnění vodárenských zdrojů na úpatí Krušných hor v době sku-

pinové čerpací zkoušky (regionálního snížení hladiny ryolitových vod) a v období případného odvodňování Lomu Proboštov).

Zhodnocení komunikačních zkoušek

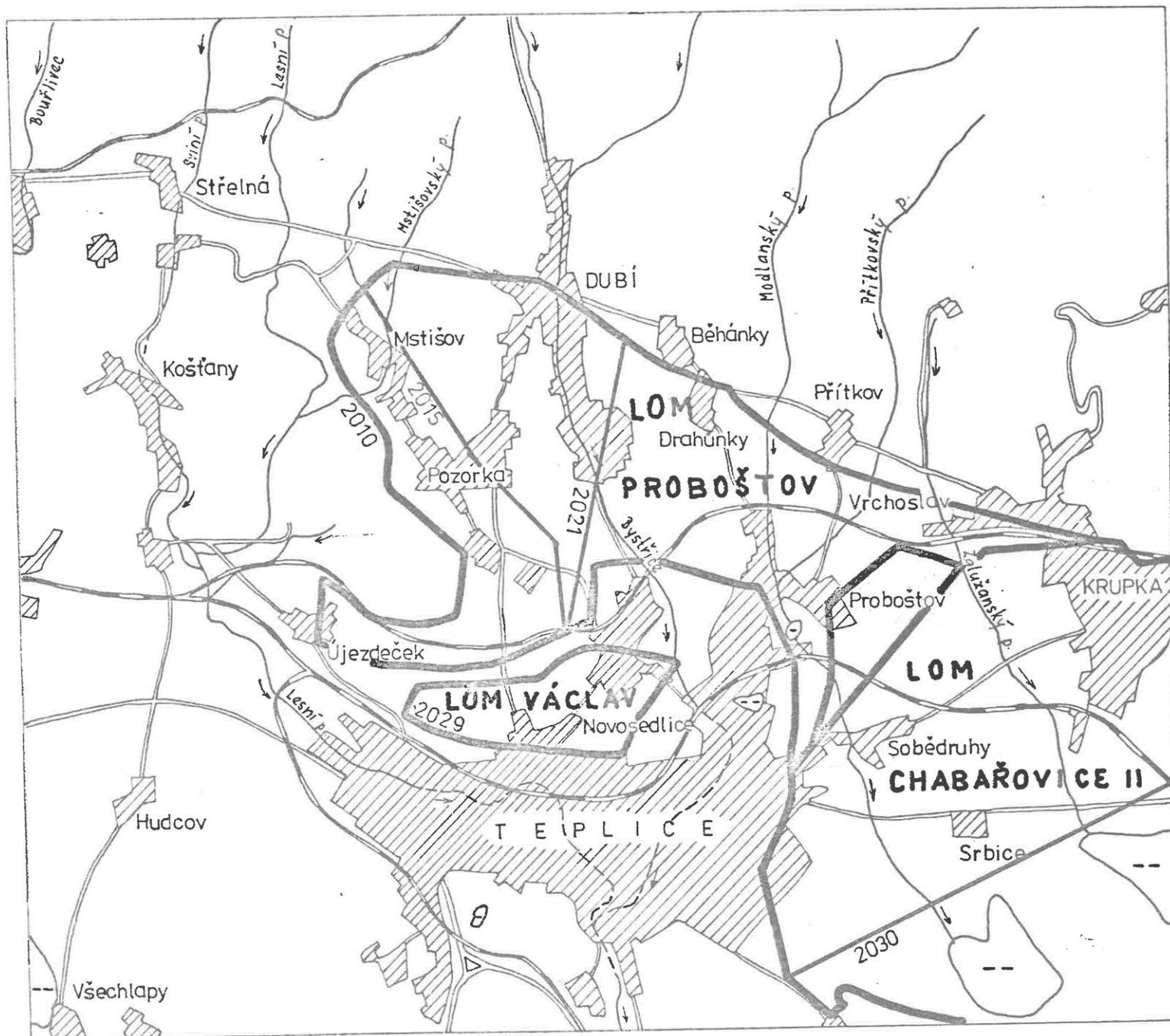
Hydrogeologický průzkum na lokalitě Proboštov byl založen na provádění štíhlých průzkumných vrtů ($\varnothing$ 108 mm) s orientačními stoupacími a čerpacími zkouškami a se zjišťováním přítokových úseků karotážními metodami. K provedení a vystrojení čerpacích vrtů ($\varnothing$ 191 mm) se přikročilo pouze za předpokladu dosažení dostatečné vydatnosti, při které bylo reálné úspěšně provést komunikační zkoušku. Takových podmínek bylo dosaženo pouze v pěti případech. Čtyři jsou vyhodnoceny v předkládaném článku. Na dvojici vrtů POZ 6 a POZ 6A bude čerpací a komunikační zkouška provedena v nejbližší době.

Komunikační zkoušky na lokalitě Proboštov byly provedeny s využitím radioaktivních stopovačů. Ve třech případech byl použit izotop chromu ^{51}Cr , v jednom izotop jódu ^{131}I . Stopovač byl ve všech případech injektován do pozorovacího vrtu rozstřelením nádoby se stopovačem přibližně v úrovni přítokového úseku. Vzorky vody byly odebírány z čerpacího vrtu v intervalech, zohledňujících proudění v puklinovém prostředí. Ve všech případech bylo možné předpokládat rychlý průnik stopovače z pozorovacího do čerpacího vrtu.

Měření radioaktivity odebraných vzorků bylo prováděné v laboratoři užití jaderné fyziky VÚHU Most na spektrometru LKB 1219 Spectral.

Pro vyhodnocení komunikačních zkoušek bylo použito předběžných výsledků s. p. Geoindustria Praha (předběžné profily a výsledky čerpacích zkoušek).

Obr. 1 Situace plánovaného lomu Proboštov



Metodika prováděných výpočtů

Provedení komunikační zkoušky umožňuje vyčíslit některé hydraulické charakteristiky zvodněného kolektoru. Proudění v puklinovém prostředí pak opravňuje k použití těchto metod. Na rozdíl od pórovitého prostředí písčito-jílovitých sedimentů nelze v případě skalních hornin provádět laboratorní zkoušky (granulometrie, propustnost) a výsledky komunikačních zkoušek mohou tento nedostatek částečně nahradit.

Pro výpočet jsme použili vztahů uvedených v práci V. A. Mironěnka (Mironěnko, V. A., 1983). Podle této práce je hlavním určovaným parametrem efektivní (aktivní) puklinovatost zvodněného kolektoru n , určovaná podle vztahu

$$n = \frac{q \cdot t_{\max}}{\pi \cdot L^2}, \quad /1/$$

kde

$$q = \frac{Q}{M} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}\text{)} - \text{specifická vydatnost jako podíl vydatnosti čerpání a mocnosti zvodněného kolektoru}$$

$t_{\max}$ - časová souřadnice maximální koncentrace stopovače v čerpacím vrtu (s)

L - vzdálenost mezi vrty (m)

Orientační charakter má výpočet koeficientu filtrace k s pomocí určení skutečné rychlosti proudění v_s .

$$v_s = \frac{L}{t_{\max}} \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)} \quad /2/$$

potom

$$k = \frac{v_s \cdot L \cdot n}{\Delta h} \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}, \quad /3/$$

kde Δh je rozdíl výšky hladin v čerpacím a pozorovacím vrtu (m).

Základní údaje o komunikačních zkouškách

Tabulka 1

Poř. č.	Vrty č.	Vzdálenost mezi vrty	Vydatnost čerpání	Mocnost M	$t_{\max}$	Δh	$q = \frac{Q}{M}$	$n = \frac{q \cdot t_{\max}}{\pi \cdot L^2}$	$v_s = \frac{L}{t}$	$k = \frac{v_s \cdot L \cdot n}{\Delta h}$	Meziloží báze sloje-zvodněný úsek	Výsledky čerpacích zkoušek		
		m	$l \cdot s^{-1}$	m	s	m	$m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$		$m \cdot s^{-1}$	$m \cdot s^{-1}$	m	$m^2 \cdot s^{-1}$		$m^2 \cdot s^{-1}$
1.	MV 26-MV 26A	16,80	1,23	17	21 600	15,15	$7,24 \cdot 10^{-5}$	0,002	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	82	$7,8 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-2}$
2.	PIT 1-PIT 1A	12,80	5,00	2	36 000	51,45	$2,5 \cdot 10^{-3}$	0,17	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$1,48 \cdot 10^{-5}$	43	$9,1 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-1}$
3.	BH 8-BH 8A	10,1	0,55	11	50 400	30,00	$5 \cdot 10^{-5}$	0,01	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-7}$	43	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$8,5 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-2}$
4.	DU 6-DU 6A	5,2	1,4	2	3 600	86,32	$7,10^{-4}$	0,03	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$2,53 \cdot 10^{-6}$	48	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$

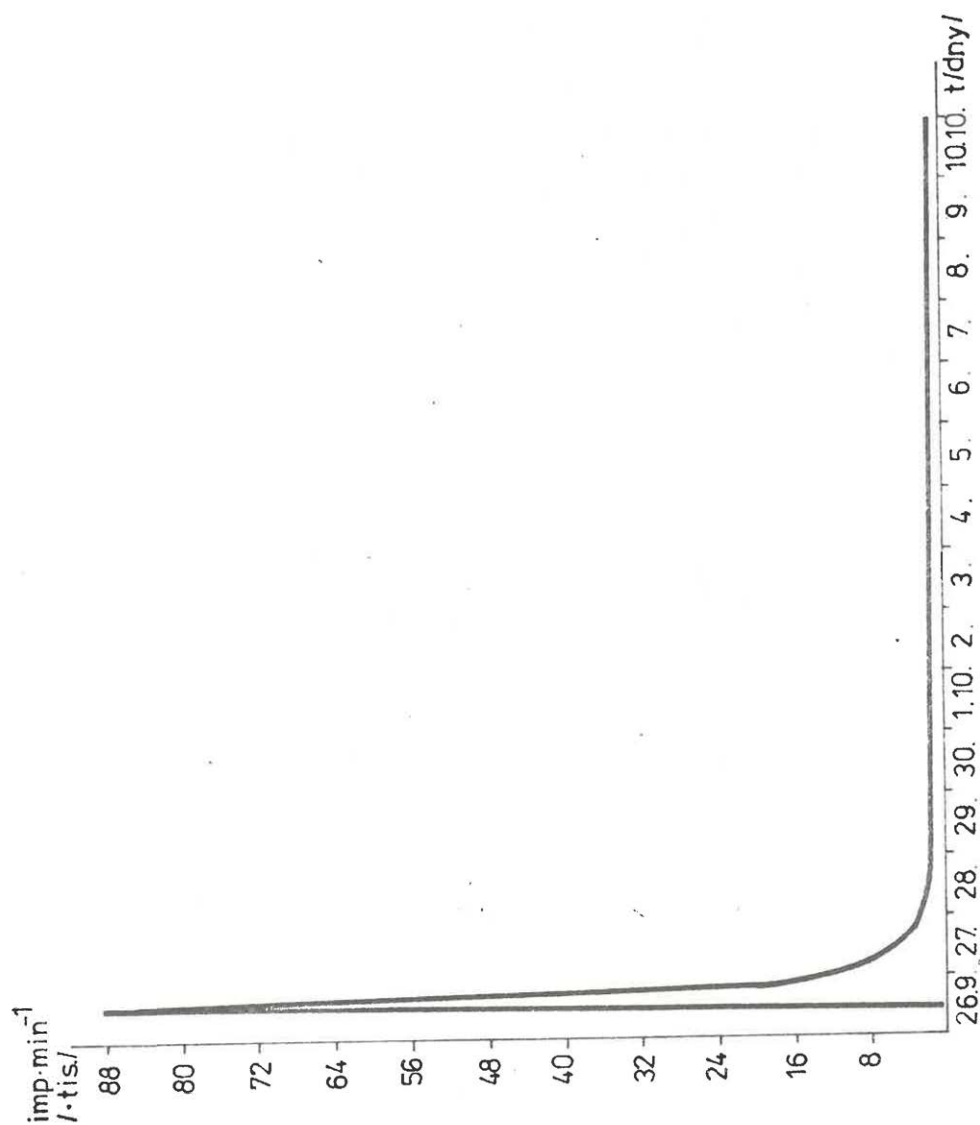
Shrnutí výsledků komunikačních zkoušek

Všechny provedené komunikační zkoušky na lokalitě Proboš-
tov měly shodné rysy. Získané odezvové křivky jsou ve všech
případech charakteristické pro pohyb vody v puklinovém prostře-
dí. To znamená, že byl registrován v relativně krátké době od
zahájení pokusu (do 10 hod.) prudký nárůst koncentrace stopova-
če a obvykle stejně rychlý pokles. Toto tzv. hlavní maximum,
které odpovídá i hlavní cestě proudění vody, bylo pak obyčejně
doprovázeno podružnými maximy, charakterizujícími vedlejší ces-
ty proudění. Koncentrace stopovače byla však v těchto přípa-
dech již mnohonásobně menší. Pouze u vrtů MV 26-MV 26A byla po-
zorována dvě souměřitelná maxima, charakterizující pravděpodob-
ně dvě rovnocenné cesty proudění podzemní vody.

Jako příklad odezvové křivky v puklinovém prostředí s kla-
sickým průběhem uvádíme na obr. 2 křivku získanou na vrtech
DU 6-DU 6A.

Prakticky na všech vrtech jsou zvodněné puklinové zóny ve
svrchní části profilu teplického ryolitu. Bohužel, ani údaje
získané z psaného geologického profilu, ani údaje hydrokarotá-
že nedovolují přesné vymezení přítokových úseků. Prováděné hyd-
rokarotážní měření dává příliš hrubé výsledky. Protože však ji-
né výsledky pro určení efektivní mocnosti nejsou, používáme ve
výpočtech tyto hodnoty, i když jsou zatíženy jistou nepřesností.

Celkově lze přínos provedených komunikačních zkoušek hod-
notit následujícím způsobem. Získané odezvové křivky dávají dob-
rou informaci o spojitosti zkoušených vrtů, charakteru a rych-
losti proudění. Pro výpočet konkrétních hodnot, efektivní puk-
linatosti n a koeficientu k již není přínos tak podstatný. Ne-
ní to způsobeno ani tak samotnými zkouškami, jako nedostatkem
ostatních vstupních hodnot pro výpočet, zvláště pak skutečné,
efektivní mocnosti přítokového úseku. Proto je třeba vypočtené
hodnoty n a k považovat za orientační. Zdůrazňujeme, že všechny
vypočtené hodnoty v , n a k se týkají pouze nejpropustnějších
partií teplického ryolitu v příslušných vrtech.



Obr. 2 - Odezvová křivka komunikační zkoušky na vrtech DU 6-DU 6A

Výsledky všech čtyř úspěšně provedených komunikačních zkoušek jsou shrnuty v tab. 1.

Datování ryolitových vod

Tritiové (^3H) a radiouhlíkové (^{14}C) datování ryolitových vod bylo v letech 1988 a 1989 provedeno ve dvou regionálních celcích:

- na úpatí a svazích Krušných hor podél severozápadního bočního svahu plánovaného Lomu Proboštov - oblast "A";
- v pánevní oblasti na ploše plánovaného Lomu Proboštov - oblast "B".

"Stářím" (dobou zdržení) podzemní vody je myšlen časový interval mezi vydělením sledované vody ze srážkového koloběhu (tj. dobou infiltrace do horninového prostředí) a dobou odběru. Byla vypracována řada modelů, podle kterých lze, na základě laboratorního stanovení obsahu ^3H nebo ^{14}C , přiřadit jeden nebo více časových intervalů, odpovídajících "stářím" (době zdržení) sledované vody. Podrobně byla tato problematika diskutována při určování "stářím" podzemních vod na lokalitách J. Šverma-západ (Dyk, V., Trýzna, P., 1987) a Libouš (Trachtulec, J., Trýzna, P., Dyk, V., 1986) a v souhrnné publikaci, pojednávající o využití radionuklidů v SHR (Trachtulec, J., Trýzna, P., Dyk, V., 1988).

Vzhledem k tomu, že u některých vzorků odebraných vod se předpokládala doba zdržení kratší než 1 rok a že u opakovaných kontrolních odběrů byly zjištěny změny obsahu ^3H v čase, bylo nutné provést porovnání s měsíčním průběhem obsahu ^3H z hydrometeorologické stanice Fláje a Kopisty a pro potvrzení jejich regionální platnosti také ze stanice Košice.

Hydrogeologické poměry a výsledky datování v oblasti "A"

Toto území tvoří část infiltrační oblasti teplických termálních pramenů a hraničí se SZ bočním svahem plánovaného Lomu Proboštov. V této oblasti je umístěna řada vodárenských zdrojů, které budou využívány i v budoucnosti. Odhadem mají tyto zdroje vydatnost $60 - 70 \text{ l.s}^{-1}$.

Možnost nepříznivého ovlivnění hydrogeologických poměrů oblasti lze předpokládat v období výrazných regionálních zásahů do režimu podzemních vod. Těmi budou - zkouška odolnosti teplických termálních pramenů (nejdříve v 9. PLP) a udržování snížené hladiny ryolitových vod v době těžby plánovaných lomů Proboštov a Barbora II. Snížení hladiny v oblasti "vodotěžné jámy Gisela" má dosáhnout až 110 m.

Otázka, jak budou narušeny hydrogeologické poměry svahu Krušných hor a následně i vodárenské zdroje, nebyla doposud řešena. Komunikační zkoušky a datování podzemních vod mají podstatně přispět k řešení této otázky.

Horninový podklad úpatí a svahů Krušných hor je tvořen teplickým ryolitem v proměnlivém stupni a hloubce rozpukání. Na něm je uložen kvartérní pokryv deluviálních, proluviálních a aluviálních různě zahliněných štěrků a sutí. V tomto prostředí obíhá mělká podzemní voda srážkového původu. Tvoří jediný, i když značně nepravidelný spojitý zvodněný kolektor vod kvartérního pokryvu a pásma podpovrchového rozpojení puklin.

Převážná část těchto podzemních vod je odvodňována do krušnohorských potoků a aluvií, krušnohorských údolí, odkud odtéká na území pánve jako potoční a mělká podzemní voda. Na území pánve odtéká také mělká podzemní voda z prostoru svahu Krušných hor do uhelné sloje v místech, kde uhelná sloj vybíhá pod kvartérní pokryv.

Kromě toho se předpokládá, že část podzemní vody z pásma podpovrchového rozpojení puklin teplického ryolitu odtéká na blíže neurčitelných místech pod pánevní sedimenty.

Výsledky ^3H datování vod z prostoru svahu a úpatí Krušných hor

Tabulka 2

Název zdroje	Odběr 25.10.88 T.U.	Odběr 12.1.89 T.U.	^3H "stáří" roky	Název zdroje	Odběr 25.10.88 T.U.	Odběr 12.1.89 T.U.	^3H "stáří" roky
1. Prameniště Košťany	31 $\pm$ 6	23 $\pm$ 5	0,5 - 0,7	7. Prameniště Proboštov	23 $\pm$ 5	26 $\pm$ 5	0,5 - 0,7 (3 - 4)
2. Košťany sběrná jímka	32 $\pm$ 6	21 $\pm$ 5	0,5 - 0,7				
3a. Prameniště Řetenice I	23 $\pm$ 5	21 $\pm$ 5	0,5 - 0,7	8. Košťanský potok	-	14 $\pm$ 5	0,5 - 0,7
3b. Prameniště Řetenice II	33 $\pm$ 6	18 $\pm$ 5	0,5 - 0,7	9. Mstišovský potok	-	18 $\pm$ 5	0,5 - 0,7
3c. Prameniště Újezdeček	26 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	0,5 - 0,7	10. Bystřice	-	12 $\pm$ 5	0,3 - 0,4
4. Prameniště Běhánky	26 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	0,5 - 0,7	11. Modlanský potok	-	23 $\pm$ 5	0,5 - 0,7
5. Prameniště Drahůnky	20 $\pm$ 5	12 $\pm$ 5	0,5 - 0,7	12. U Pramenáče	-	20 $\pm$ 5	0,5 - 0,7
6. Prameniště Trnovanská Malše	34 $\pm$ 5	23 $\pm$ 5	0,5 - 0,7	13. Štola Pramenáč	-	21 $\pm$ 5	0,5 - 0,7

Výsledky ^3H datování vod ze štoly Vrchoslav

Tabulka 3

	Vzdálenost od ústí v m	Odhad vydatnosti odběru v l.s ⁻¹	Hornina	Místo odběru	Hloubka pod po- vrchem v m	^3H T.U.	"stáří"
a	500	1	teplický ryolit	rozrážka	100	14 $\pm$ 5	(1-3) (30-32)
b	1 085	0,1	žula preiseberg- ská	výdušný komín	200	10 $\pm$ 5	(1-3) (30-32)
c	1 275	0,1	žula cínovecká	rozrážka	200	12 $\pm$ 5	(1-3) (30-32)
d	1 585	0,01	žilný ryolit	rozrážka	200	5 $\pm$ 5	30 - 33
e	1 629	0,01	rula	stěna štoly	200	< 3	> 35

Spojité zvodněný kolektor má značně proměnlivou mocnost (odhadem několik desítek metrů). Její spodní hranice je dána sepnutím puklin - tedy pásmem postupného přechodu do poloizolátoru až izolátoru. Nepropustná funkce tohoto pásma je na blíže neurčitelných místech pravděpodobně narušena otevřenějšími trhlinami procházejícími do větších hloubek ryolitového masívu.

Popisovaný zvodněný kolektor je dotován atmosférickými srážkami, jejichž rozdělení se v průběhu roku projevuje především značnými výkyvy hladiny mělké podzemní vody, výkyvy průtokných množství potoků, které popisovaný prostor odvodňují a také výkyvy vydatností vodárenských zdrojů.

Výsledky ^3H datování vod v této oblasti jsou uvedeny v tab. 2 a 3. Z výsledků vyplývá, že všechny vzorky mělkých podzemních a povrchových vod mají přibližně stejné, velmi nízké ^3H "stáří" - 0,3 - 0,7 roku. To potvrzuje převážně srážkový původ těchto vod. Tento závěr lze dokumentovat i zvýšenou kyselostí vody a bezprostředním kolísáním vydatností v závislosti na rozdělení srážek. Povodí vodárenských zdrojů jsou členitá a voda k nim přitéká z velkých vzdáleností a vysokých nadmořských výšek.

Uvedená fakta svědčí o značné samostatnosti a odolnosti vybraných vodárenských zdrojů vůči zásahům do režimu podzemních vod v pánevní oblasti. Dořešení této otázky však předpokládá detailnější zpracování a zohlednění výsledků dokončovaného hydrogeologického průzkumu.

Hydrogeologické poměry a výsledky datování v oblasti "B"

Toto území plynule navazuje na jižní úpatí Krušných hor s okrajem uhelného ložiska mezi Mstišovem a Krupkou. Jižní hranice zasahuje do města Teplice.

V prostoru plánovaného Lomu Proboštov je teplický ryolit uložen v podloží pánevních sedimentů a zejména v severní části

porušen řadou směrných tektonických linií.

Základní představa o režimu ryolitových vod v této oblasti vychází z předpokladu infiltrace srážkových vod do silně rozpukaného tělesa teplického ryolitu v Krušných horách. Z prostoru Krušných hor odtéká do hloubky prosáklá ryolitová voda pod pánevní sedimenty k hlavním místům odvodnění ryolitové struktury - k teplickým termálním pramenům a Obřímu prameni v Lahošti.

V severní části uvažovaného Lomu Proboštov dochází k velmi omezenému oběhu podzemních vod pouze na jednotlivých puklinách nebo různě mocných puklinových pásmech. Karotáží byla tato pásma zjišťována v různých hloubkách (desítky metrů) pod bázi uhelné sloje. Vydatnosti, ověřené čerpacími zkouškami z těchto pásem (tab. 1), byly většinou velmi nízké. Na řadě dalších vrtů nebyly čerpací zkoušky pro nepatrnou vydatnost provedeny.

Výsledky datování ^3H a ^{14}C jsou uvedeny v následujících tabulkách 4 a 5.

Tabulka 4

Výsledky obsahu ^3H v průzkumných vrtech lokality Proboštov

Vrt	Obsah ^3H (T.U.)	^3H "stáří" (roky)
TH 33	<3	>35
PIT 1	<3	>35
PIT 1A	<3	>35
DU 6	<3	>35
DU 6A.	<3	>35
POZ 6	<3	>35
POZ 6A	<3	>35

Pokračování tab. 4

Vrt	Obsah ^3H (T.U.)	^3H "stáří" (roky)
PB 6A	<3	>35
PB 6	<3	>35
BH 7	<3	>35
BH 8	<3	>35
MV 26	<3	>35
MV 26A	<3	>35
PH	<3	>35

Tabulka 5

Výsledky obsahu ^{14}C v některých průzkumných vrtech na lokalitě Proboštov

Vrt	Obsah ^{14}C	bez korekce ^{14}C	s korekcí dle Münicha
	% NBS	"stáří" roky	roky
POZ 6A	6,8	22 200	20 000
DU 6A	8,3	20 500	19 000
PIT 1A	18,0	14 200	13 000
BH 8A	17,6	14 400	13 000
MV 26A	10,2	18 800	16 600

Zjištění ^3H stáří ryolitových vod v oblasti "B" (ve všech případech převyšující meze metody) odpovídá nízkým vydatnostem a malým mocnostem převážně izolovaných přítokových úseků ověřených karotáží. Překvapivě vysoké hodnoty ^{14}C "stáří" těchto vod svědčí o téměř statickém režimu. Kvantitativně se odlišují hodnoty ^{14}C "stáří" vzorků vod z vrtů PIT 1A a BH 8A (13 000 roků), lokalizovaných ve východní části lokality, od vzorků z vrtů MV 26A, DU 6A a POZ 6A (16 600 až 20 000 roků), umístěných v západní části.

Závěr

1. Komunikační zkoušky a zjištění ^3H a ^{14}C "stáří" ryolitových vod zvýšily úroveň znalostí o hydrogeologických poměrech ryolitových vod v prostoru plánovaného Lomu Proboštov a přilehlé části Krušných hor.
2. Na základě stanovení ^3H a ^{14}C "stáří" byly v širším prostoru plánovaného Lomu Proboštov vyčleněny dva relativně samostatné hydrogeologické celky ryolitových vod - svah Krušných hor s živým, poměrně rychlým oběhem mělkých podzemních vod a prostor severní části plánovaného lomu s oběhem vázaným na jednotlivé pukliny a puklinová pásma.
3. Využívané vodárenské zdroje na úpatí Krušných hor jímají vody z oběhu mělkých podzemních vod a jsou tedy značně rezistentní vůči připravovaným zásahům do režimu ryolitových vod v pánvi.
4. Potvrdila se reálnost úspěšného vyřešení hydrogeologické problematiky plánovaného Lomu Proboštov.

Shrnutí

Článek informuje o výsledcích komunikačních zkoušek a datování podzemních vod na území plánovaného Lomu Proboštov. Výsledky provedených prací zvyšují úroveň znalostí o hydrogeologických poměrech ryolitových vod na lokalitě. Potvrzuje se reálnost úspěšného vyřešení hydrogeologické problematiky plánovaného Lomu Proboštov a malá pravděpodobnost negativního ovlivnění vodárenských zdrojů na úpatí Krušných hor.