

Vodné dielo Madunice a režim termálnych vôd v Piešťanoch

(2 obr. v texte)

AUGUSTÍN REBRO*

L'influence de l'ouvrage hydraulique de Madunice sur les sources thermales de Piešťany

Les sources thermales de Piešťany chargées d'hydrogène sulfuré, chaudes 67–70 °C, étaient négativement influencées par les nouvelles conditions hydrologiques de l'ouvrage hydraulique construite à Madunice. L'auteur a étudié ces influences et dans cette contribution, il présente les résultats de ses études. Les influences négatives, apparaissant pendant les trois années de marche de l'ouvrage hydraulique, étaient éliminées par les interventions protectrices. Mais il faut toujours conserver certaines conditions de stabilisation pour éviter la progression des influences négatives sur les eaux thermales situées dans le Néogène ou Quaternaire.

Existencia svetoznámych kúpeľov Piešťany a najmä ich rast je závislý na optimálnom využití sírnych termálnych vôd v kvalitatívnom i kvantitatívnom aspekte. Je známe, že optimálne využitie vôd v komplikovaných štruktúrach si vyžaduje zložité výskumné a prieskumné práce, ktoré majú za cieľ zistiť možnosti zvýšenia exploatačných množstiev pri zachovaní kvality vôd v žriedlovej štruktúre.

Režim termálnych vôd v Piešťanoch má okrem prírodných komplikácií aj umelé ovplyvnenia, ktoré sťažujú riešenie problému optimalizácie exploatačných množstiev. Je to predovšetkým vplyv vodného diela Madunice so stálym účinkom zvýšenej hladiny povrchových vôd — trvalej umelej povodne a vplyv nerovnomernej exploatacie termálnych vôd z kvartérnych vrstiev termálnej oblasti.

Riešenie tohto problému si preto vyžaduje nielen mimoriadne dlhý čas, ale zainteresovalo aj celý rad odborníkov — hydrogeológov, geofyzikov, geochemikov, hydrológov a hydrotechnikov.

Cieľom tohto príspevku je poukázať predovšetkým na vplyvy vodného diela Madunice s ich účinkami na režim termálnych vôd v rôznych geologických pozíciách termálnej oblasti. Nebudú sa tu analyzovať vplyvy exploatačné, pretože tieto možno autoritatívne upravovať a zmenšovať na minimum, resp. na optimum. Poukážeme však na ne, keď sa v minulosti podieľali extrémnymi hodnotami na negatívnom ovplyvnení celkového režimu termálnych vôd.

* Augustín Rebro, Piešťany, IGHP — Kúpeľný ostrov.

Piešťanská termálna oblasť je na úpätí juhozápadných svahov Považského Inovca. Žriedlovú štruktúru tvorí termosifón (M. Maheľ 1950), ktorého zostupnú vetvu predstavujú sedimentárne horniny obalu jadra Inovca — triasové vápence a dolomity — a výstupné cesty zlomy. Staršie — pozdĺžne (katlovský) majú smer SV—JZ a mladšie priečne, ktoré ich križujú v smere JV—SZ. Výstup termálnych vôd na povrch sprostredkujú predovšetkým priečne zlomy. Tieto najmä v miestach, v ktorých pretínajú staršie pozdĺžne zlomy, vytvárajú optimálne podmienky pre výstup vôd.

Geologická stavba výverovej oblasti je veľmi komplikovaná v smere vertikálnom i horizontálnom. Hydrogeologický prieskum termálnej oblasti v r. 1953—1967 objasnil dosť podrobne túto stavbu. Tvorí ju lokálna hrásť s najvyššie vysunutou kryhou mezozoika (50 m od terénu) pod južnou časťou Kúpeľného ostrova (Trajan, V—1, V—4a, V—8). Stupňovité poklesy jednotlivých krýh smerujú na ZSZ i JV až do hĺbky 120 m na okraji Kúpeľného ostrova. V smere SSV je pokles veľmi výrazný. Vo vrte G—11 pri Dominovej koľonáde je mezozoikum až v hĺbke 177 m. V smere JZ dosahuje pokles pod Krajinským mostom hĺbku 70 m (KH—7, KH—8) a pokračuje ďalej.

Negénne sedimenty tejto časti žriedlovej štruktúry umožňujú v bazálnych polohách akumuláciu termálnej vody s tlakovým režimom. Výstup termálnych vôd na povrch cez nepriepustné vrstvy pelitov (podľa najnovších výskumov — panón) je obmedzený na otvorenejšie zlomové pukliny a veľmi porušené vrchné vrstvy neogénu (zlepence a pieskovce), cez ktoré takmer voľne komunikuje termálna voda do štrkových, pieskových a bahenných naplavenín kvartéru. V nich sa režim termálnych vôd zapája do režimu obyčajných podzemných vôd.

Termálna voda sa vo svojom originálnom stave objavuje v centre termálneho areálu, kde bola od pradávna využívaná v studniach Crato, Torkos, Trajan, Pro Patria a v koryte Obtokového ramena. Miesta výverov zodpovedajú umiestneniu najvyššie vyzdvihnutej kryhy a juhovýchodnej poklesnutej kryhy, ktorá má najotvorenejšie výstupové cesty s termálnou vodou najvyššej teploty (69,5 °C) a piezometrickej úrovne. Cestu k povrchu sprostredkujú tu priečne zlomy.

V ostatnej časti kvartéru termálnej oblasti sa termálna voda rozlieva a mieša s obyčajnými vodami, presakujúcimi z Váhu a Obtokového ramena alebo s obyčajnými vodami prúdiacimi zo severnej časti Kúpeľného ostrova. Zmeny hladín týchto vôd ovplyvňujú režim termálnych vôd priamo, a to v kvartérnych naplaveninách, a nepriamo v neogéne. Geologické predpoklady pre tieto ovplyvnenia sú evidentné, pretože kvartérne náplavové vrstvy v nádrži i v termálnej oblasti sú hrubé 6—25 m a na neogénne akumulčné priestory sa ovplyvnenie prenáša cez výstupové cesty tlakovým impulzom, vytvoreným zvýšenou hladinou povrchových a podzemných vôd v kvartéri.

O akumulácii termálnych vôd v neogéne možno hovoriť iba pri najvyššie vysunutej kryhe a v juhovýchodnej poklesnutej kryhe. Priepustnosť v bazálnych pieskovochoch a zlepencoch je tu puklinová a iba na niektorých miestach aj pôrovitá. V ostatných poklesnutých kryhách možno hovoriť iba o periférnom rozptyle termálnych vôd, ktorý je úmerný tlakovým pomerom akumulácie v neogéne. Rozptyl bol zistený predovšetkým v južnej a západnej časti. V severnej, resp. SSV časti termálnej oblasti (G—11) boli v poklesnutej kryhe zistené iba stopy rozptylu termálnej vody už schladenej. Hranice rozptylu termálnej vody v južnej a západnej časti termálnej oblasti nie sú známe.

Teplotné pomery v zvodnených polohách jednotlivých krýh sú rozdielne. Najteplejšie vody (69,5 °C) boli zistené v juhovýchodnej poklesnutej kryhe, ktorá je ďalej na juhovýchod obmedzená vyzdvihnutou kryhou (A. Rebro 1970). V najvyššie vysunutej kryhe centra termálnej oblasti je teplota rozdielna od 67,2 °C (V — 1, V — 4a) do 68 °C (V — 8, V — 7). Možno predpokladať, že táto kryha nie je celkom kompaktná, ale že je tektonicky rozdelená na viacero menších krýh s veľmi malým vertikálnym posunom.

Žriedlová oblasť pred vybudovaním vodného diela Madunice

Hydrologické podmienky v žriedlovej oblasti Piešťan boli ešte donedávna, približne do r. 1950 celkom prírodné. Až hydrotechnické zásahy — úprava Obtokového ramena, výstavba vodného diela Madunice, výstavba hatí, Záchytného drénu — a hydrogeologické zásahy — vŕtanie prieskumných a záchytných objektov — boli umelými prvkami, ktoré ovplyvnili režim žriedla.

Režim podzemných vôd v kvartéri termálnej oblasti sa už pred druhou svetovou vojnou sústavne sledoval pomocou siete pozorovacích objektov na celom Kúpeľnom ostrove a priľahlých brehoch Váhu i Obtokového ramena. Výsledky pozorovania mal k dispozícii O. Hynie, ktorý v tom čase s L. Fabiánom vyhodnocoval zmeny režimu podzemných i povrchových vôd v celej žriedlovej oblasti. Z tohto vyhodnocovania je prístupný teraz iba elaborát L. Fabiána (1965), ktorý slúžil ako podklad pre vypracovanie projekčných návrhov hydrotechnických stavieb v žriedlovej oblasti pri vybudovaní vodného diela Madunice.

Predpokladáme, že z výsledkov tohto pozorovania vyplynuli aj ďalšie hydrologické a hydrogeologické posudky O. Hynieho, Sukovitého, vypracované pre projektanta vodného diela v r. 1956. Posudky zneli veľmi priaznivo pre vodné dielo, pretože ich autori mali k dispozícii hydrologické hodnoty, ktoré aj pri vyšších stavoch povrchových vôd boli v termálnej oblasti, pokiaľ nešlo o priamu záplavu termálneho centra, veľmi výhodné. Nikto z autorov nepočítal s nepriaznivými účinkami trvalého zvýšeného stavu povrchových vôd — umelej povodne — na režim termálnych vôd.

Pred vybudovaním vodného diela už v r. 1956 a 1957 sa navrhla a vybudovala sieť nových pozorovacích objektov termálnych vôd a začalo sa pravidelné denné sledovanie hydrologických parametrov v týchto objektoch. Všetky objekty boli umiestnené v termálnej oblasti. Zaviedlo sa aj kontinuálne sledovanie pohybu hladiny povrchových vôd i podzemných termálnych a obyčajných vôd v kvartéri.

Pri vyhodnocovaní a porovnávaní zmien režimu termálnych vôd berieme za základ výsledky pozorovania na novej sieti pozorovacích objektov.

Za pôvodnú hydrogeologickú situáciu možno v podstate pokladať situáciu pred rokom 1958. Aj keď už v týchto rokoch bolo upravené Obtokové rameno a bol otvorený terciérny obzor termálnej vody (vrty V—1, V—4a, sondy „G“), vplyv tohto zásahu nebol v kvartérnom obzore zistený. V tomto čase prevládala dlhodobá ustálená rovnováha medzi povrchovými vodami a podzemnými termálnymi i obyčajnými vodami. Ich vzájomná spojitosť bola bez umelých zábran. Prejavovali sa tu aj extrémne výkyvy v časovej zhode. V málozrážkových obdobiach vo Váhu a v Obtokovom ramene bolo zaplnené vodou iba úzke dno prúdníc, hladina klesla pod absolútnu výšku 156,00 m n. m. (Jadran). V týchto časoch si hladina podzemnej vody na Kúpeľnom ostrove udržiavala vyššiu úroveň — do 156,50 m n. m., so spádom ku takmer prázdny korytám Váhu a Obtokového ramena. V Obtokovom ramene bola obnažená väčšina plochy ložisiek bahna, v ktorom bolo možné vidieť najmä v strednej časti Obtokového ramena

naproti liečebnému domu Pro Patria kráterové blúdivé vývery termálnej vody. Na týchto miestach boli maximálne predpoklady pre homogenizáciu vážskeho bahenného sedimentu a aj pre oxido-redučné či mikrobiálne procesy v premene obyčajného bahna na liečivé.

Hlavným zdrojom termálnej vody bola v tom čase studňa Trajan. Do nej bol zapojený aj voľný preliv termálnej vody zo záchytných vrtov V-1 a V-4a (cca 13 l/sec.). Teplota vody tu dosahovala 67,3 °C a výdatnosť čerpanej vody cca 30–60 l/sec stačila kryť i pri nepravidelnej eksploatacii spotrebu kúpeľnej prevádzky, ba i vedľajšiu spotrebu na priame vykurovanie liečebných domov Pro Patria, Napoleon, Irma, Františkove kúpele, garáže atď. a na naplňovanie bazénov kúpaliska Eva. Ako výpomocný zdroj termálnej vody bola v tom čase studňa Pro Patria, z ktorej sa však čerpalo pomerne málo, v priemere cca 150 m³ denne.

V obdobiach vysokých stavov povrchových vôd štrkovieskové náplavy miestami veľmi dobre priepustné (priemerné $k = 5 \cdot 10^{-3}$ m/sec) a stará spleť už nevhodná kanalizačná sieť umožnili rýchly prenik chladných vôd až do centra Kúpeľného ostrova. Podľa pozorovania studne Trajan si však centrum termálnej oblasti udržiavalo svoje teplotné optimum, kým nenastal príliv chladných vôd cez kanalizačné potrubie alebo z povrchu.

Tento stav podľa prístupnej dokumentácie sa nijako nezmenil ani po otvorení terciérneho obzoru teriem s napätou hladinou (171,40 m n. m.). Presnejšie vymedzenie korelácií znemožnilo priame zapojenie prelivu hlbkových objektov V-1 a V-4a do studne Trajan, ktorá sa takto stala zbernou studňou. Je prirodzené, že za takéhoto stavu bola exploatačnou základňou studňa Trajan a zmena režimných parametrov termálnych vôd v kvartéri sa pociťovala ako existenčné ohrozenie prevádzky kúpeľov.

Prvé zmeny sa objavili až v r. 1958–1959 pri výstavbe Dolnej hate a Záchytného drénu, kedy nastal veľký rozptyl termálnych vôd vo smere JZ (k Váhu). Vo využívaných zdrojoch termálnej vody, vybudovaných v kvartéri, boli vtedy výhodné teplotné pomery.

Liečivý peloid — Piešťanské bahno — sa v týchto časoch doloval ešte ručne. Náhrada odobratého bahna bola naturálna, s prevažujúcim vážskym ílovým, ale miestami aj štrkovým sedimentom. Zrenie bahna prebiehalo z veľkej časti už v Obtokovom ramene a len na dozrievanie sa transportovalo do zrecích bazénov.

Hlbkové termálne objekty V-1 a V-4a v tomto čase mali stabilnú teplotu 67,4 °C a ich spoločná výdatnosť sa pohybovala cca 15 l/sec. Obsah H₂S bol v nich cca 8,5 mg/l, kým v studni Trajan bol pred zapojením V-1 a V-4a iba 3,5 mg/l.

Projektant vodného diela (dnes Hydrokonzult n. p. Trenčín) v snahe zaistiť ochranu režimu termálnych vôd a tvorbu liečivého peloidu navrhol ochranné stavby, ktoré sa aj vybudovali. Je to predovšetkým Záchytný drén na ľavom brehu Váhu medzi kúpaliskom Eva a Krajinským mostom s celkovou dĺžkou 471 m, ktorý má za úlohu odvádzať priesakové vody z Váhu a udržiavať hladinu podzemnej vody na Kúpeľnom ostrove vo výške približne 157,50 m n. m. Päť vetiev Záchytného drénu (I. II. IV. proti smeru toku Váhu) zachytáva priesaky vody vo výške 157,00–157,77 m n. m. Súbežný zberač vôd z vetiev drénu je osadený vo výške 156,00 m n. m. Prirodzene, štrkové naplaveniny v týchto miestach siahajú hlbšie, na kótu 150,00 m n. m. až 135,00 m n. m.

Dolná a Horná hať na Obtokovom ramene majú za cieľ udržiavať hladinu vody v ramene podľa predpokladu projektu na výške 157,20–30 m n. m., aby sa umožnila tvorba liečivého bahna v prírodných podmienkach. Obe hate umož-

ňujú napúšťanie kalných vôd z Váhu do Obtokového ramena na sedimentáciu plavenín. Zároveň chránia počas povodňových stavov nasedimentované bahno pred odplavením.

Zmeny v režime termálnych vôd po vybudovaní vodného diela

Výstavba ochranných stavieb Dolnej hate a Záchytného drénu pôsobila na žriedlovú oblasť drenážnymi účinkami. Dolná hat je založená až na neogénnom pieskovo-zlepcovom podklade, ktorý je hodne porušený a v puklinách zvodnený sírovodíkovou termálnou vodou. Teplota vody tu dosahuje 46 °C. Hoci výdatnosti nie sú tu veľké, iba cca 1,5 l/sec, predsa existencia prívodových ciest termálnej vody indikuje nebezpečenstvo možnosti nežiadúceho rozptylu teriem alebo infiltrácie obyčajných vôd do žriedlovej oblasti.

Drenážne účinky sa objavili aj pri výstavbe Záchytného drénu. Vo viacerých miestach výkopovej jamy sa pri odčerpávaní objavili prítoky termálnej vody až 45 °C. Intenzita prítokov sa stále zvyšovala. Pod ich vplyvom nastal posun rozptylu termálnych vôd vo smere JZ, a to nielen v okrajových podmienkach, ale aj v centre termálnej oblasti.

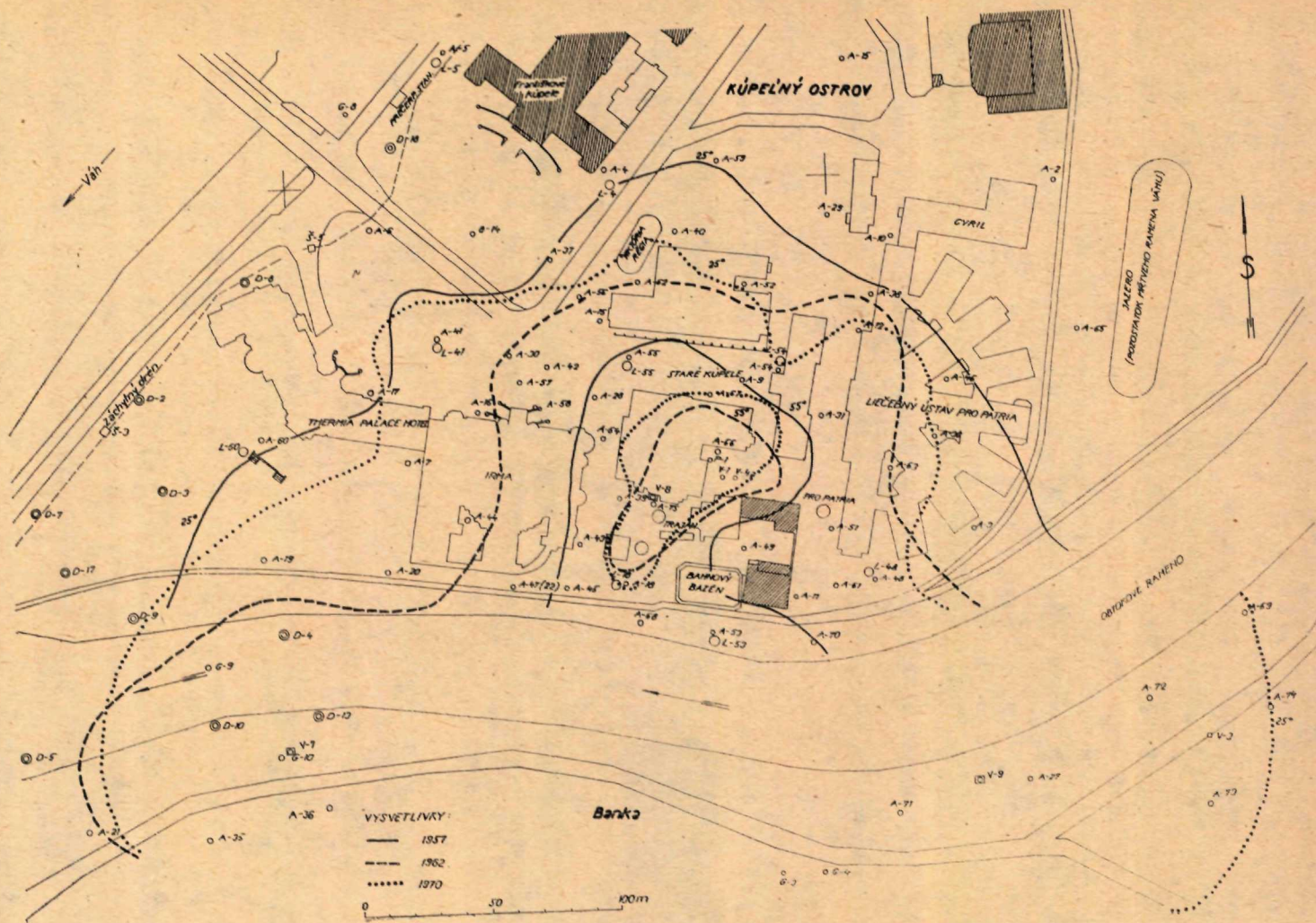
Presný dosah drenážnych účinkov na režim termálnych vôd nebolo možné stanoviť. Možno ich však porovnávať s účinkami opačných vplyvov, najmä zvýšenia hladiny povrchových vôd po napustení vodnej nádrže, ale s tým rozdielom, že vplyv zvýšenej hladiny Váhu a Obtokového ramena je trvalý a predchádzajúce vplyvy iba dočasné.

Na zisťovanie zmien režimu termálnych vôd a povrchových vôd sme si volili štatistické metódy, ktoré zodpovedajú dlhodobe a pomaly sa prejavujúcim zmenám fyzikálnych vlastností — najmä teploty termálnych vôd. Zároveň s týmto ukazovateľom sme rovnako sledovali aj zmeny kvantitatívne v povrchových vodách i v podzemných vodách. Pre dlhodobý vývin sme volili metódu dlhodobých priemerov (dekáda, mesiac, rok). Nezanedbali sme pritom ani hodnotu singulárnych údajov a pri porovnávaní hodnôt nám poslúžili najmä hodnoty extrémne. Okrem tejto globálnej úlohy sme v priebehu času riešili aj iné čiastkové úlohy, napr. priebeh povodňových vln podľa singulárnych stavov a vplyv exploatacie studne Trajan na rozptyl termálnych vôd podľa singulárnych stavov i dlhodobe.

Porovnávanie dlhodobých priemerov má opodstatnenie preto, že v priebehu hydrologického roka sa na režime termálnych vôd v kvartéri uplatňujú aj sezónne faktory — klimatické podmienky, najmä zmeny teplôt vzduchu v priamom i nepriamom pôsobení.

Prevádzkové naplňovanie vodnej nádrže sa začalo dňa 14. I. 1960. Prakticky už odvtedy možno datovať sústavný pokles teplôt v pozorovacích objektoch. V r. 1960 tento pokles postihol výrazne iba okrajové pozorovacie objekty. Termálne centrum so studňou Trajan sa dostalo do poklesovej zóny až v r. 1961. Studňa Trajan i napriek tomu, že boli do nej zaústené voľné prelivy termálnej vody z hlbkových studní — vrtov V-1 a V-4a so stálou teplotou 67,4 °C a s výdatnosťou (už zvýšenou) cca 15 l/sec, prejavila najmä v období zvýšenej spotreby termálnej vody cez zimné obdobie značný pokles teploty vody — na 53,8 °C. Pokles teplôt v termálnom centre bol sprevádzaný čiastočným únikom, resp. posunom teplôt vo smere JV ku obci Banka. V tomto čase sa začínajú v koryte Obtokového ramena objavovať nové termálne vývery s teplotou až 63,0 °C. Aj pozorovacie objekty na ľavej strane Obtokového ramena majú vyššiu teplotu.

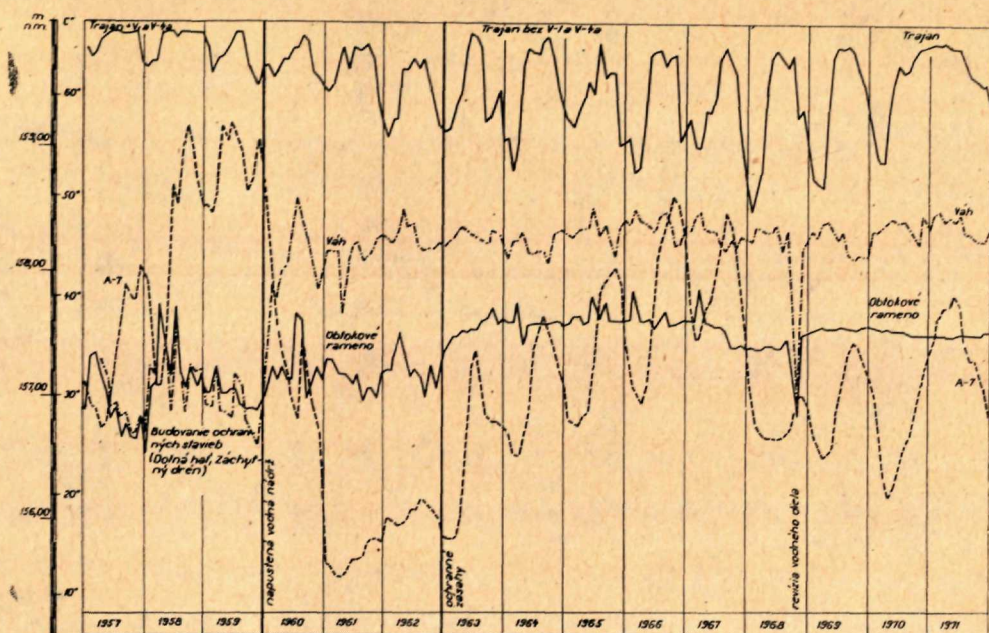
V priemerných ročných hodnotách dvadsiatich sond termálneho centra poklesla



teplota v r. 1960 o 0,5 °C, v r. 1961 o 2,5 °C a v r. 1962 o ďalších 2,8 °C. V decembrových priemeroch je tento úhrnný pokles od r. 1960 do 1962 až 9,0 °C. Dôležité je, že paralelne s týmto poklesom priemerných teplôt sa jasne prejavil aj pokles extrémnych teplôt v tejto oblasti, v maximálnych i minimálnych hodnotách.

Zmeny v režime termálnych vôd v náplavových vrstvách Kúpeľného ostrova boli, ako vidieť z priložených grafov progresívne a koncom roka 1962 boli také kritické, že hrozil nedostatok dostatočne horúcej termálnej vody pre zimné obdobie. Studňa Trajan, hoci bola dopĺňovaná termálnou vodou z hĺbkových studní V-1 a V-4a, mala v decembri 1962 teplotu vody 56,5 °C v celomesačnom priemere a minimálna teplota tu dosiahla hodnotu 50,8 °C.

Pokles teplôt možno však pozorovať nielen v termálnom centre, ale ešte výraznejšie v sondách s teplotou vody 20–40 °C a aj v sondách s teplotami do 20 °C. Za tri roky prevádzky vodného diela Madunice poklesla teplota vody v sondách do 40 °C o 17,6 °C v priemere a v sondách s teplotou do 20 stup-



Obr. č. 2. Priebeh hladín Obtokového ramena a zmeny teplôt na okraji (A-7) a v strede termálnej oblasti (Trajan).

Fig. 2. The course of the levels of the river Váh, of the Obtokové rameno r. (Flowing-around stream) and alterations in temperature on the periphery (A-7) and in the centre of the thermal area.

Obr. č. 1: Termoizohypsy priemerných ročných teplôt z charakteristických období; pred vybudovaním vodného diela Madunice (1957), v roku najväčšieho ovplyvnenia (1962) a po relatívnej stabilizácii (1970).

Fig. 1. Thermoisohypses of the mean annual temperatures from characteristic seasons; before the construction of the Madunice dam (1957); in the year of the greatest influence (1962), and after the comparative stabilization (1970).

ňov Celzia (okrajové) o 11,0 °C v priemere. (V jednotlivých okruhoch sa porovnávajú vždy tie isté sondy i keď presahujú občas uvádzané medzné hodnoty.)

Priemerné hodnoty vylučujú do veľkej miery prvok prírodnej variability režimu termálnych vôd. I keď určitú toleranciu ročných rozdielov musíme pripustiť aj z tohto hľadiska, predsa dosiahnuté hodnoty zmien režimu termálnych vôd v piešťanskej žriedlovej oblasti v rokoch 1960 až 1962 sú nesporné.

Z kvantitatívnych hodnôt je dôležité uviesť hodnoty podzemných vôd v termálnej oblasti. Hladina podzemných vôd na Kúpeľnom ostrove za Záchytným drénom dosiahla výšku 157,70 m n. m., teda asi o 1,20 m vyššiu, ako bola pred napustením vodného diela. Hladina Obtokového ramena sa podľa projektu udržiavala na výške 157,20–30 m n. m. Hladina Váhu sa v priemere pohybovala cca 158,30 m n. m. (Jadran).

Prvky ovplyvnenia režimu termálnych vôd

Autor jedného z hydrogeologických posudkov na projektované vodné dielo Madunice O. Hynie (1966) priznáva, že „zmeny žriedlovej režimu, vyvolané energetickým zdvihnutím hladiny Váhu začiatkom roku 1960 a usmernené piešťanskými pomocnými objektmi vodného diela sa prejavili inak a priebeh týchto zmien bol iný, ako sa predpokladalo“.

V prvom rade treba mať na zreteli skutočnosť, že trvalé zvýšenie hladiny povrchových vôd vo vodnej nádrži má rozdielne účinky na režim termálnych vôd v kvartéri termálnej oblasti, ako krátkodobé povodňové stavy, ktorých výsledky boli k dispozícii pre expertské posudky. Uplatňujú sa tu dlhodobé účinky nielen hydrostatické, ale aj hydrodynamické. Zvýšenie hladiny povrchových a podzemných vôd má za následok zníženie výstupových množstiev termálnych vôd do kvartéru, a tým aj termické ochudobnenie týchto zvodnených polôh. Postupnosť zmien v režime termálnych vôd je dostatočne zdôvodniteľná rozsahom i veľkým hĺbkovým dosahom žriedlovej štruktúry.

Ďalším významným momentom je rozdiel výšky hladín povrchových vôd Váhu a Obtokového ramena, ktorý podmienil nepriaznivé prúdenie podzemných vôd na Kúpeľnom ostrove so spádom ku JV, teda k Obtokovému ramenu. Hladina Váhu po napustení vodnej nádrže v priemere 158,30 m n. m. zredukovaná účinkom Záchytného drénu na vnútornej strane zberača priesakových vôd na výšku 157,70 m n. m. umožňuje prejav drenážnych funkcií Obtokového ramena s nižšou hladinou cca 157,20–30 m n. m. Spád hladiny podzemnej vody, ktorý takto podmienil prúdenie v smere SZ — JV namiesto pôvodného kludnejšieho prúdenia v smere SSV — JZZ, vytvoril aj podmienky pre posun teplôt v uvedenom smere.

K týmto tendenciám prispelo aj občasné znižovanie hladiny Obtokového ramena na výšku cca 156,80 m n. m. v čase dolovania bahna pomocou kalového čerpadla, a to 4–5 krát do roka s časovým rozpätím vždy dva až štyri týždne.

Prúdeniu podzemných vôd napomáha aj nedostačujúca funkcia drénu, najmä jeho štvrtej vetvy, ktorá bola vyššie osadená, ako bolo uvedené v projekte. Pri normálnych stavoch hladiny vody v nádrži táto vetva vôbec nedrénuje priesaky vôd. Jej vyústenie do zberača je vo výške 157,65 m n. m.

Za týchto podmienok aj depresia, vytvorená intenzívnym čerpaním termálnej vody do studne Trajan, prispieva k zvýšeniu rýchlosti prúdenia (1800–2700 m³/deň, depresia 30–40 cm).

Akumulácia termálnej vody v neogéne bola ovplyvnená nepriamo cez ovplyv-

nený kvartér. Zvýšenie hladiny povrchových vôd, najmä Obtokového ramena, kde sú blúdivé vývery termálnych vôd, a podzemných vôd v termálnej oblasti utlmilo čiastočne výstup termálnych vôd a tlakový impulz sa preniesol do polôh druhotnej akumulácie. Prejav tohto vplyvu možno pozorovať vo zvýšenej výdatnosti prelivu vrtov V-1 a V-4a z 13 na 15 l/sec. a v zníženej teplote i v menšom počte blúdivých výverov termálnej vody v koryte Obtokového ramena (48 °C).

Ochranné zásahy

Nepriaznivý stav režimu termálnych vôd v nových hydrologických podmienkach a jeho praktický dosah na kúpeľnú prevádzku si vyžiadali okamžité riešenie.

Ako provizórny ochranný zásah začalo sa uplatňovať vylúčenie nevhodného hydraulického spádu hladiny podzemnej vody na Kúpeľnom ostrove zvýšením hladiny Obtokového ramena už v decembri 1962. Pretože sa ukázali pozitívne výsledky, prizvaní odborníci O. Hynie a kol. v máji 1963 tento zásah schválili a uznali ho za najvhodnejšie riešenie problému aj z hľadiska dlhodobého.

Vyrovnanie hladiny podzemnej vody a vylúčenie nevhodného prúdenia podzemnej vody na Kúpeľnom ostrove sa dosiahlo zvýšením hladiny vody Obtokového ramena na výšku $157,60 \pm 5$ cm n. m. za predpokladu, že hladina Váhu nebude dlhodobe prekračovať výškový priemer 158,30 m n. m. Týmto zásahom sa nevyklúčujú však spádové možnosti podzemnej vody približne vo smere S — J, ktoré treba pokladať za prirodzené.

Po realizácii tohto zásahu sme realizovali ďalšiu požiadavku, vylúčiť ovplyvnenie zvodnených vrstiev kvartéru termálnej oblasti termálnymi vodami z vrtov V-1 a V-4a. Osamostatnenie režimu termálnych vôd v kvartéri bolo nutné. Bolo by bývalo nesporné správnejšie, keby k takémuto spojeniu nebolo došlo vôbec. Účinky vonkajších vplyvov na režim termálnych vôd v kvartéri termálnej oblasti by sa boli mohli skôr a evidentnejšie identifikovať.

Po realizácii tejto úpravy sa už v prvom roku (1963) konštatovalo zlepšovanie teplotných pomerov v kvartéri centra termálnej oblasti. Teplota vody sa zvýšila v priemere o 0,5 °C. Toto zlepšovanie pokračovalo i v nasledujúcich rokoch. V r. 1964 bol vzostup teploty vody termálneho centra o 2,8 °C. V r. 1965 možno už hovoriť o určitej stabilizácii režimu termálnych vôd v kvartéri.

Pre stabilizáciu režimu vôd sme požadovali konštantný a neprerušovaný odber termálnej vody zo studne Trajan a vylúčiť exploataciu studne Pro Patria s nižšími kvalitatívnymi i kvantitatívnymi parametrami. Prvá požiadavka sa nepodarila zaistiť doteraz. Exploatacia studne Pro Patria sa ukončila až v r. 1970.

Okrem toho bolo potrebné úplne stabilizovať hladinu Obtokového ramena. Podľa hydrologických analýz je Obtokové rameno, resp. jeho hladina, v súčasnosti najhlavnejším činiteľom zmien v režime podzemných vod v kvartéri i v neogéne.

Zvýšené napätie v polohe neogénnej akumulácie termálnej vody, zapríčinené zvýšeným hydrostatickým protitlakom povrchových vôd i podzemných vôd v kvartéri, hrozilo možnosťou nekontrolovaného úniku termálnej vody do periférnych oblastí a ochudobnením zriedlovej bázy kúpeľov. O. Hynie s kol. navrhol riešiť problém sústavou nových hlbkových záchytných objektov — vrtov, ktoré by uvoľnili zvýšené tlakové pomery na báze neogénu a zároveň by poslúžili ako nové exploatačné objekty.

Návrh sa realizoval v rokoch 1964 až 1967. V rámci tohto návrhu sa vybudovali záchytné vrty V-7, V-8, V-9 a V-10. Z nich doteraz slúži svojmu

poslaniu iba vrt V—8. Funkcia vrtov V—7 a V—9 je iba čiastočná (uvoľnený preliv cca 0,3 l/sec.), hoci vrt V—9 má hydrogeologické predpoklady pre odvodnenie bázy neogénu zo všetkých záchytných objektov najväčšie. Správa kúpeľov totiž doteraz nevyriešila technický problém dopravy termálnej vody z týchto objektov do spotrebísk.

Perspektívy stabilizácie režimu termálnych vôd

Režim termálnych vôd v Piešťanoch je ovplyvnený rôznymi umelými zásahmi, ktoré ho dotvárajú a komplikujú. Nie je to iba v kvartérnych polohách, ale aj v neogéne. Prvky ovplyvnenia tohto režimu sú zväčša evidentné. Dokazujú to aj účinky ochranných zásahov, ktoré boli určené na odstránenie negatívnych prvkov ovplyvnenia.

Uviedli sme, že v r. 1965 možno už hovoriť o určitej stabilizácii termálnych vôd najmä v kvartéri. Nie je to obnovenie pôvodného stavu. Je to stav, ktorý možno akceptovať za daných pomerov z hľadiska kúpeľnej prevádzky i z hľadiska energetického. Vznikli síce nové komplikácie, najmä v tvorbe liečivého peloidu — Piešťanského bahna, ktoré sa budú musieť odstrániť — bude to jeden cieľ výskumnej úlohy S — 2 — 531 — 1, ktorú v súčasnosti riešia pracovníci VÚVH Bratislava, ale klady súčasného stavu režimu termálnych vôd prevažujú nad nedostatkami.

Nemožno povedať, že by sme sa mali úplne uspokojiť so súčasným stavom, pretože režim termálnych vôd nie je doteraz celkom stabilizovaný ani v kvartéri ani v neogéne. Svedčia o tom režimné hodnoty, ktoré sa ešte stále menia.

V kvartéri možno pozorovať aj po ochranných zásahoch pomalý, ale postupný pokles maximálnej teploty a pokles využiteľného množstva termálnej vody s teplotou nad 60 °C (obr. č. 2).

Rovnako možno v týchto polohách pozorovať negatívne prejavy nerovnomerného odberu termálnej vody zo studne Trajan. Stabilizácia režimu termálnych vôd si vyžaduje dôslednú stabilizáciu aj všetkých prvkov, ovplyvňujúcich tento režim, a to v takýchto hodnotách, ktoré by nezapríčiňovali progresivitu negatívnych zmien.

Režim termálnych vôd v neogéne tiež prejavuje určitú variabilitu, ktorá sa dotýka predovšetkým kvantitatívnych hodnôt. Výdatnosť je veľmi citlivá na zmeny v stave povrchových vôd a podzemných vôd v kvartéri. Ak teda platia požiadavky stabilizácie vplyvov na vody v kvartéri, tým viac treba dodržiavať túto požiadavku aj z hľadiska zachovania stability režimu vôd v neogéne.

Otázka stabilizovania známych vplyvov v prípustných hodnotách je tým naliehavejšia, že sa tu objavujú aj účinky dosiaľ neznámych ovplyvnení, ktoré sa ťažko zistia, ak nevylúčime variabilitu zmien známych vplyvov.

Perspektívne preto nemožno počítať s uvoľnením režimu povrchových vôd. Takýto postup by len znásobil nedostatky vzniklé po vybudovaní vodného diela.

Obavy z narušenia režimu termálnych vôd však nesmú viesť k zavrhnutiu hľadania cesty optimálneho využitia žriedla. Pokladáme za reálne využívať termálnu vodu v prevažných množstvách z druhej akumulácie v neogéne a z výstupových ciest. Nebude však ani vtedy možné upustiť od ochrany a stabilizácie termálnych vôd v kvartéri.

LITERATÚRA

- FABIAN L., 1956: Hydrologický posudok sledujúci účel ochrany termálnych zriedel v Piešťanoch v spojitosti s výstavbou vodného diela v Maduniciach. Rukopis, Bratislava.
- HYNIE O. a KOL., 1966: Záverečný hydrogeologický posudek o problémoch piešťanského termálneho zŕidla, riešených do r. 1966, Rukopis, Praha.
- MAHEL M., 1950: Pôvod minerálnych vôd v Piešťanoch. Geolog. zborník SAV-u, Bratislava.
- REBRO A., 1970: Problémy piešťanskej termálnej oblasti. Mineralia slovacae č. 8, Spišská Nová

The Madunice Dam and the Regime of Thermae in Piešťany

AUGUSTÍN REBRO

Hydrosulphuric thermal waters in Piešťany exploited in the world-known spa are characterized by the spring structure of thermosiphons with their infiltration area situated on the south-western slopes of Považský Inovec Mt. As the ascending way (branch) of the thermosiphons serve NE — SW longitudinal faults and SE — NW transversal faults. Hydrogeological structure of the spring area — the present-day thermal area — is very complicated facilitating not only direct ascent of the thermal waters but also infiltration of surface waters into deeper layers.

The establishment of the dam in Madunice required hydrotechnical modification of the regime of the surface water of the river Váh and of the Obtokové rameno (Flowing-around stream). The level of the surface water raised by 1.2–1.5 m is unfavourable for the regime of thermal waters, especially in the Quaternary of the thermal area. The limited dispersion of thermal waters and decrease of temperature in the thermal centre followed, due to unfavourable circuit of underground waters because of unnatural gradient of the level of underground waters in the thermal area from the river Váh to the Obtokové rameno (Flowing-around stream) in SE direction.

Alterations in the surface and underground water levels affected accumulation of thermal waters in the Neogene strata. Increased confinement — besides increased yield from bore holes V — 1, V — 4a — indicates also uncontrolled escapes of thermae into the peripheries of the thermal area and elimination of exploitation perspectives.

Protection measures, such as stabilization and nivelization of the levels of underground and surface waters, serve for the stabilization of exploitation values and perspectives in the Quaternary strata, and for the stabilization of hydrostatic pressure affecting the accumulation of thermal waters in the Neogene strata.

New catchment objects V — 7, V — 8 and V — 9 serve for the release of raised confinement in secondary accumulation on the base of the Neogene. They are to prevent eventual escape of thermae into the surrounding rock environment.

The protection measures realized, the dispersion of thermal waters in the Quaternary strata returned almost completely to the original extent. The exploitation values in the well Trajan in the Quaternary alluvia are lower, though.

Optimal exploitation values from the secondary accumulation are unknown so far. They will be found by the discharge test, just carried on.

Translated by Jassingerová