

Vliv výstavby jezu v lokalitě Abovce (Slovensko) na hladinu podzemních vod – případová studie z povodí Slané

RADOSLAV KANDRÍK, JAROSLAV VIDO, RÓBERT CHRIAŠTEL

Klíčová slova: jez – hladina podzemní vody – GIS – stavba jezu

ABSTRAKT

Výstavba jezů na řekách ovlivňuje dynamiku hladiny podzemních vod. Jez vybudovaný na řece Slaná v roce 2010 mezi obcemi Abovce a Chanava přinesl možnost studovat tento vliv díky již existujícím monitorovacím vrtům podzemních vod Slovenského hydrometeorologického ústavu. Pro ověření vlivu vybudovaného jezu na dynamiku podzemních vod v této oblasti byly použity záznamy týdenních dat za období 1986–2018. Dále bylo provedeno prostorové vymezení ovlivněných území pomocí geografických informačních systémů a byly použity techniky prostorové interpolace. Výsledky ukázaly, že bezprostředně po vybudování jezu hladina podzemních vod výrazně stoupla.

ÚVOD

Výstavba jezů a dalších přehrazení vodních toků je vzhledem k účinnosti vodního hydroenergetického potenciálu ve světě běžnou praxí. V první dekádě 21. století bylo postaveno několik malých vodních elektráren prakticky na všech hlavních slovenských povodích (Váh, Slaná, Orava, Poprad, Nitra, Hron, Hornád) [1]. Podnětem byla změna energetického mixu Slovenské republiky z převážně uhlíkových na obnovitelné zdroje [2]. Ostatní environmentální i hydrologické aspekty navrhovaného energetického řešení však nebyly ve fázi krajinného plánování dostatečně zohledněny [3]. Tento fakt byl prokázán v aktualizovaném strategickém dokumentu Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky sníženým počtem říčních profilů, které by mohly být potenciálně využity pro budoucí říční jezy [4].

Pokud by však měl být proces plánování budoucích říčních jezů přijatelný z hlediska životního prostředí, je nutné založit schvalovací proces na vědeckých souborech dat a na informacích, které jsou veřejně prezentovány.

Příspěvek se zabývá dynamikou podzemních vod v povodí Slané ovlivněné říčním jezem vybudovaným v roce 2010 u obce Abovce (jihovýchodní Slovensko). Vzhledem k tomu, že Slovenský hydrometeorologický ústav nepřetržitě zaznamenává hladiny podzemních vod před a po výstavbě jezu devíti monitorovacími vrtů, je článek vhodným příspěvkem umožňujícím nahlédnout do dynamiky podzemních vod ovlivněné výstavbou jezu.

Obecným cílem této studie bylo popsat a kvantifikovat vliv vybudovaného jezu na hladinu podzemní vody pomocí přímo naměřených dat z monitorovacích vrtů podzemních vod. Specifickými dílčími cíli jsou:

1) odhadnout vliv stavby jezu na hladinu podzemních vod nejbližších monitorovacích vrtů,

2) určit prostorový vliv stavby jezu na hladinu podzemních vod v kvartérním útvaru podzemní vody řeky Slaná (SK1001100P).

MATERIÁLY A METODIKA

Tato studie byla provedena v povodí řeky Slaná na Slovensku. Řeka se nachází v jižní části středního Slovenska a pramení ve Stolických vrších. Slaná je středohorská řeka s deštovo-sněhovým režimem odtoku. Jez vybudovaný v roce 2010 na řece Slaná se nachází mezi obcemi Abovce a Chanava, 10 km jižně od města Tornaľa (obr. 1) na říčním kilometru 4,7. Má maximální využitelný spád 3,2 m a zachycuje povodí o rozloze 1 821 km². Účel jezu je hydroenergetický s instalovaným výkonem 0,5 MW.

Podzemní voda pod jezem patří do útvaru podzemní vody SK1001100P (obr. 2). Je charakterizována jako tvorba mezikrystalové zvodně aluviálních sedimentů řeky Slané a jejich přítoků. Vybraná část vodního útvaru SK1001100P má rozlohu 81,5 km². Vodní kolektor je tvořen převážně fluviálními sedimenty s některými dalšími sedimenty daleko výše proti proudu, především z aluviálních a terasových štěrků, písčitých štěrků, písků a proluviálních sedimentů, které se vyznačují vysokými průtoky [5, 6]. Slovenský hydrometeorologický ústav provozuje v dotčeném útvaru podzemních vod státní pozorovací síť, z níž jsme pro tuto studii vybrali devět monitorovacích vrtů (obr. 2). Tyto monitorovací vrtů jsou uvedeny v tab. 1.

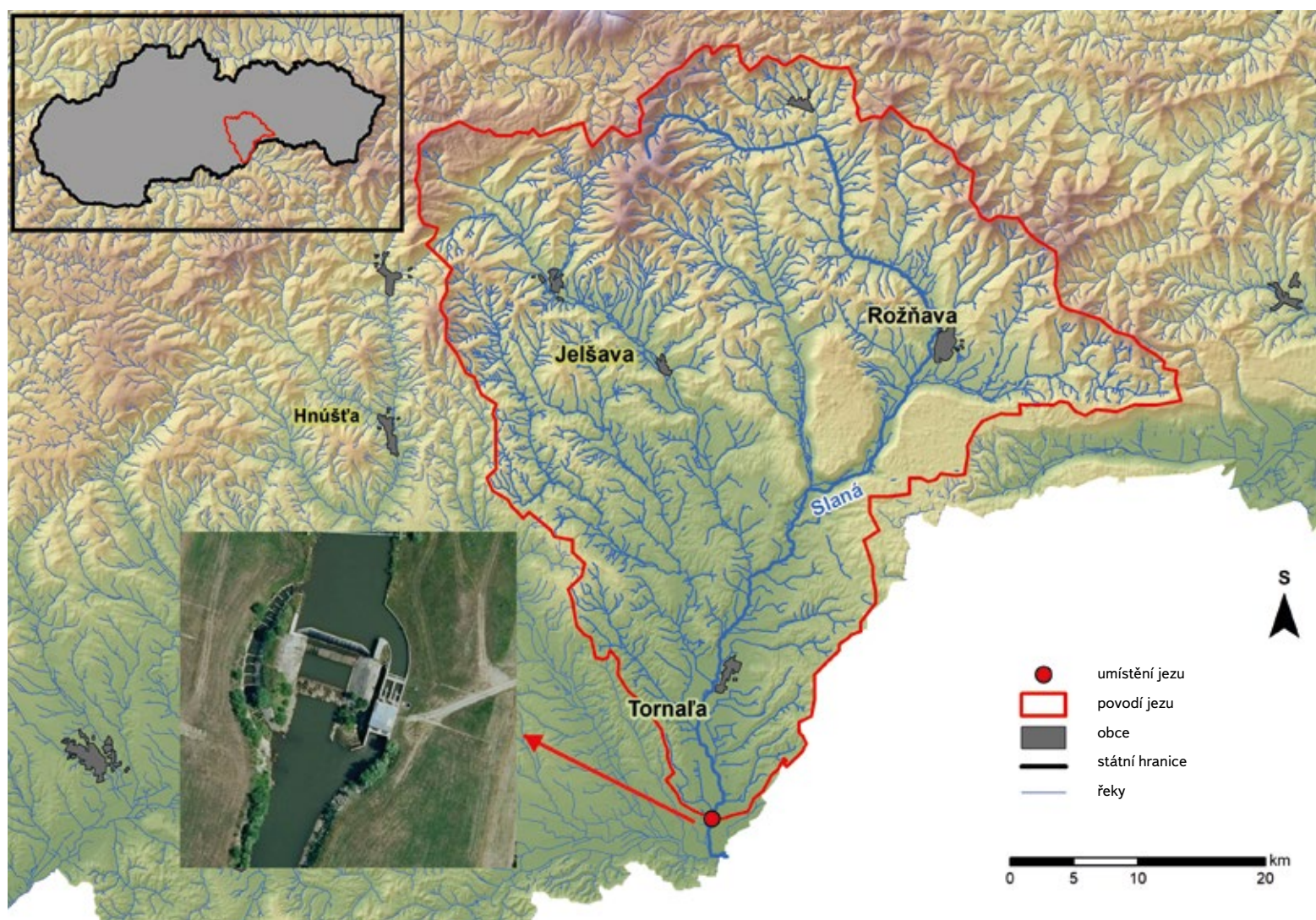
Byly použity datové sady nadmořské výšky hladiny podzemní vody s týdenním měřením a vyhodnoceno pět časových období. Celé časové období použité ve studii trvalo od roku 1986 do roku 2018 a obsahuje 1 670 týdenních záznamů. Dlouhé období před stavbou jezu (1986–2009, 1 200 týdenních záznamů) je ve studii označeno jako „Před 2“, kratší období před stavbou jezu (2002–2009, 417 týdenních záznamů) jako „Před 1“, stejné časové období po výstavbě jezu (2011–2018, 418 týdenních záznamů) je ve studii pojmenováno jako „Po 1“ a kombinace období (2002–2018, 887 týdenních záznamů) je pojmenována „Před 1 + Po 1“.

Údaje jsou uspořádány do hydrologických let (listopad až říjen), nikoli do let kalendářních. Soubor dat byl nejprve testován na normální distribuci pomocí Shapirova-Wilkova testu [7], poté byla porovnána časová období. Údaje o ročním mediánu byly testovány na přítomnost a směr trendů Mannovým-Kendallovým testem [8] a homogenita dat Pettittovým testem [9], Standardním testem normální homogenity (Standard normal homogeneity test, SNHT) [10] a Buishandovým testem [11] s hladinou významnosti 0,05 a hladinou spolehlivosti 95 %.

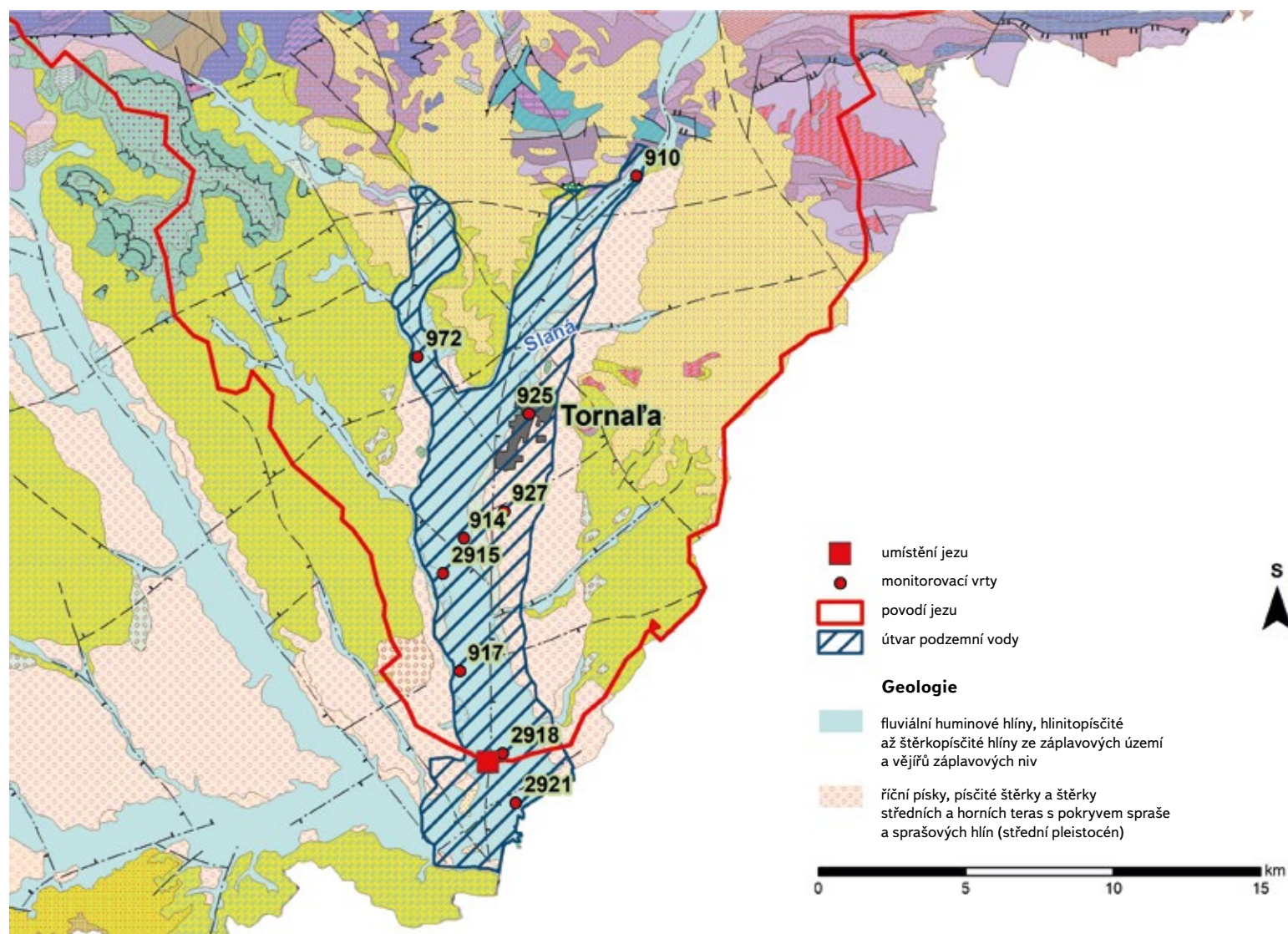
Pro interpolaci rozdílů hodnot mediánu hladiny podzemních vod pro časová období 1986–2009 a 2011–2018 byla použita metoda GIS prostorové interpolace SPLINE (obr. 5).

Tab. 1. Lokalizace monitorovacích vrtů (objektů) použitých ve studii
 Tab. 1. Localization of the monitoring wells (objects) used in the study

Název objektu	Abovce	Lenartovce	Chanava	Rumince	Včelince	Včelince	Čoltovo	Tornaľa	Žiar
Číslo objektu	2918	2921	917	2915	914	927	910	925	972
Terénní nadmořská výška objektu [m n. m.]	155,94	154,36	160,35	166,2	167,5	178,1	194,65	182,97	178,78
Hloubka vrtu [m]	9,98	6,8	13,05	13,02	7,8	7,5	9,57	13,56	7
Z. délka (λ) °E	20,32403	20,33134	20,30224	20,29197	20,30062	20,31809	20,36965	20,32683	20,27446
Z. šířka (φ) °N	48,31633	48,3015	48,34055	48,37002	48,38105	48,38992	48,49428	48,41999	48,43534



Obr. 1. Lokalizace studovaného povodí a jezu u Abovců; obrázek vlevo nahoře znázorňuje lokalizaci povodí v rámci Slovenské republiky
 Fig. 1. Localization of the studied watershed and weir near Abovce village; the Upper left figure depicts watershed localization within the Slovak Republic



Obr. 2. Vybraná část kvartérního útvaru podzemní vody (GWB) řeky Slaná (SK1001100P); GWB se skládá z fluviálních sedimentů (88 %), ostatních nečleněných sedimentů a hornin (7 %), chemických sedimentů (2 %) a eolických sedimentů (3 %) [6]; měřicí objekty (vrty) jsou označeny červeným bodem a číslem objektu podle databáze Slovenského hydrometeorologického ústavu

Fig. 2. Quaternary groundwater body (GWB) of the Slaná river (SK1001100P); GWB consists of fluvial sediments (88 %) and other unconsolidated sediments and rocks (7 %), chemical sediments (2 %) and aeolian sediments (3 %) [6]; measuring objects (wells) are marked with a red dot and object number according to the Slovak hydrometeorological institute database

VÝSLEDKY

Změny hladiny podzemní vody po výstavbě jezu u obce Abovce

Podrobné změny hladiny podzemní vody byly studovány na dvou monitorovacích vrtech (2918 – Abovce, 917 – Chanava) nejbližší jezu v Abovcích. Jelikož se však monitorovací vrt 2918 – Abovce nachází pouze 416 metrů nad zvýšeným jezem, uvádíme podrobnou statistiku hladiny podzemní vody na tomto monitorovacím místě v tab. 2.

Při aplikaci hodnot mediánu a časově shodných sedmiletých intervalů („Před 1“ a „Po 1“) je patrné zvýšení hladiny podzemní vody až na 1,08 m. Výrazný nárůst byl zaznamenán také u maximálních a minimálních hladin podzemních vod. Tab. 3 uvádí všechny hodnocené objekty a vypočítaný rozdíl mezi časovými

obdobími „Před 1“ a „Po 1“. Z hodnocení rozdílu vodních hladin je zřejmé, že výstavba jezu ovlivnila nejbližší monitorovací vrty. Nejvíce jsou postiženy objekty 2918 – Abovce a 917 – Chanava. Jejich vzdálenost od jezu je 416 metrů u objektu 2918 – Abovce a 3 036 metrů u objektu 917 – Chanava.

Na obr. 3 a 4 jsou všechny týdenní průměrné údaje o hladině podzemní vody naměřené v nejbližší postižených objektech. Vliv říčního jezu na hladinu je patrný na obou stanicích. Červená čára na obr. 3 a 4 znázorňuje dynamiku nárůstu hladiny v roce 2010, kdy byla dokončena výstavba jezu. Je zřejmé, že hladina podzemní vody stoupla ihned po výstavbě jezu a zůstala vyšší ve srovnání s referenčním obdobím 1986–2009 v obou monitorovacích vrtech.

Výsledky údajů o hladině podzemních vod podrobených analýze trendů jsou uvedeny v tab. 4. V období „Před 1 + Po 1“ je hodnocen statisticky významný vzestupný trend u objektů 2918 – Abovce a 917 – Chanava. Při individuálním hodnocení časových úseků „Před 1“ a „Po 1“ však nebyl zjištěn statisticky významný trend.

Tab.2. Statistická charakteristika hladiny podzemní vody pro měřicí objekt 2918 – Abovce; hodnoty jsou v nadmořské výšce hladiny podzemní vody v metrech nad mořem [m n. m.]; období „Před 2“ představuje celé dostupné období sledování hladiny podzemní vody před stavbou jezu, „Před 1“ označuje 7 let dlouhé období před výstavbou jezu, stejně jako „Po 1“ představuje stejně dlouhé období po výstavbě jezu, „Před 1 + Po 1“ označuje období 7 let před a 7 let po stavbě jezu

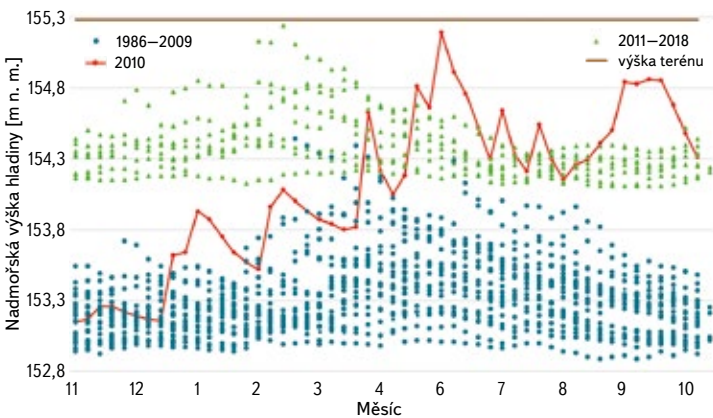
Tab. 2. Statistical characteristics of groundwater levels for measuring object 2918 – Abovce; values are in groundwater level elevation in meters above sea level [m a.s.l.]; period “Before 2” represents the whole available monitoring period of groundwater level previous to weir construction, “Before 1” represents 7 year long period previous to weir construction, as well as “After 1” represents the same long period after the weir construction; “Before 1+After 1” represents a period of 7 years before and 7 years after the weir construction

Období	Celé pozorování (1986–2018)	„Před 2“ (1986–2009)	„Před 1“ (2002–2009)	„Po 1“ (2011–2018)	„Před 1 + Po 1“ (2002–2018)
Počet týdenních záznamů	1 670	1 200	417	418	887
Aritmetický průměr	153,60	153,31	153,30	154,38	153,86
Medián	153,40	153,26	153,25	154,33	154,11
Max.	155,24	154,44	154,28	155,24	155,24
Min.	152,89	152,89	152,94	154,11	152,94
Standardní odchylka	0,533	0,252	0,237	0,198	0,580
25. percentil	153,18	153,13	153,13	154,24	153,26
75. percentil	154,16	153,44	153,44	154,45	154,33
Mezikvartilní rozsah	0,98	0,31	0,31	0,21	1,07

Tab. 3. Přehled rozdílů mediánu, maxima a minima mezi časovými obdobími „Před 1“ (2002–2009) a „Po 1“ (2011–2018) pro všechny měřicí objekty použité ve studii (zobrazeno na obr. 2); hodnoty v rozdílu hladin podzemní vody jsou v metrech

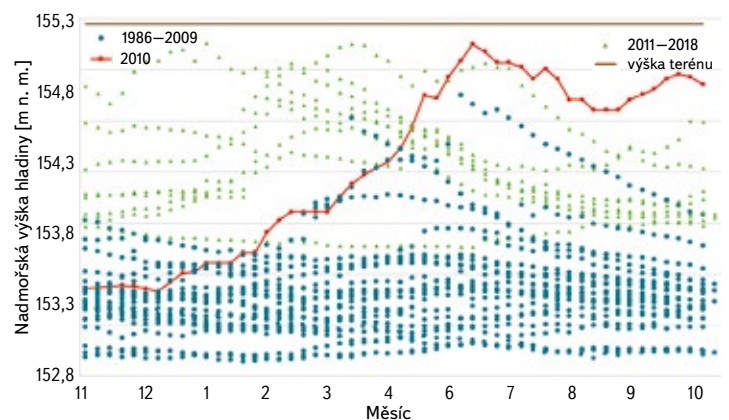
Tab. 3. Overview of difference in median, max, and min between time periods “Before 1” (2002–2009) and “After 1” (2011–2018) for all measuring objects used in the study (depicted in Fig. 2); values are in groundwater level difference in meters

Název a číslo objektu	Abovce 2918	Lenartovce 2921	Chanava 917	Rumince 2915	Včelince 914	Včelince 927	Čoltovo 910	Tornaľa 925	Žiar 972
Medián	1,08	0,37	1,18	0,40	-0,04	0,07	0,05	0,16	0,27
Max.	0,96	0,17	0,51	0,93	0,09	-0,24	0,11	0,35	0,11
Min.	1,17	0,21	0,90	0,11	-0,18	0,22	-0,13	0,14	0,15



Obr. 3. Rozdíl týdenních záznamů hladin podzemní vody v období „Před 2“ (období 1986–2009 před výstavbou jezu) a „Po 1“ (období 2011–2018 po výstavbě jezu) na měřicím objektu 2918 – Abovce (vzdálenost jezu 416 m); červená tečkovaná čára znázorňuje zvýšení hladiny podzemní vody v roce 2010, kdy byl jez dokončen, hnědá čára ve výšce 155,3 m n. m. představuje výšku terénu

Fig. 3. Difference of the weekly records of the groundwater levels in the period “Before 2” (period 1986–2009 before the construction of the weir) and “After 1” (period 2011–2018 after the construction of the weir) on the measuring object 2918 – Abovce (distance 416 m of the weir); the red dotted line depicts the increase of the groundwater level in 2010 when the weir was accomplished; brown line at 155.3 m a.s.l. represents ground



Obr. 4. Rozdíl týdenních záznamů hladin podzemních vod v období „Před 2“ (období 1986–2009 před výstavbou jezu) a „Po 1“ (období 2011–2018 po výstavbě jezu) na měřicím objektu 917 – Chanava (vzdálenost jezu 3 036 m); červená tečkovaná čára znázorňuje zvýšení hladiny podzemní vody v roce 2010, kdy byl jez dokončen, hnědá čára ve výšce 160,5 m n. m. představuje výšku terénu

Fig. 4. Difference of the weekly records of the groundwater levels in the period “Before 2” (period 1986–2009 before the construction of the weir) and “After 1” (period 2011–2018 after the construction of the weir) on the measuring object 917 – Chanava (distance 3 036 m of the weir); the red dotted line depicts the increase of the groundwater level in 2010 when the weir was accomplished; brown line at 160.5 m a.s.l. represents ground

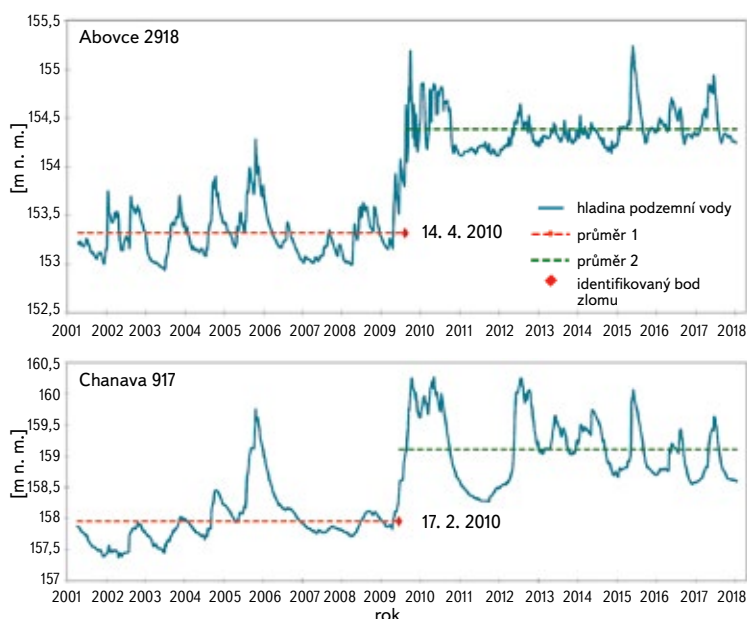
Tab. 4. Přehled výsledků Mannova-Kendallova testu analýzy trendů

Tab. 4. Overview of Mann-Kendall trend test analysis results

Období	Abovce 2918	Chanava 917
„Před 1“ (2002–2009)	S = 8,0 Standrz. S = 0,249 Senův sklon = 0,00938 Výsledek: Žádný trend	S = 13,0 Standrz. S = 1,496 Senův sklon = 0,0743 Výsledek: Žádný trend
„Po 1“ (2011–2018)	S = 4,0 Standrz. S = 0,371 Senův sklon = 0,0137 Výsledek: Žádný trend	S = -14,0 Standrz. S = -1,608 Senův sklon = -0,117 Výsledek: Žádný trend
„Před 1 + Po 1“ (2002–2018)	S = 87,0 Standrz. S = 3,546 Senův sklon = 0,0861 Výsledek: Vzestupný trend	S = 69,0 Standrz. S = 2,803 Senův sklon = 0,0866 Výsledek: Vzestupný trend

Následně byl v případě časového období „Před 1 + Po 1“ proveden také test homogenity dat. Byly použity Pettittův test, Standardní test normální homogenity a Buishandův test. Všechny testy identifikovaly zlomový bod na začátku roku 2010, kdy byl uveden do provozu jez v Abovcích (tab. 5).

Tentýž obrázek poskytuje graf s identifikovaným bodem zlomu jako výsledek Pettittova testu, obr. 5. Změna průměrných hodnot hladiny podzemní vody je jasně viditelná spolu s identifikovaným bodem zlomu.



Obr. 5. Detekce Pettittova bodu změny pro nadmořské výšky podzemní vody v časovém období „Před 1 + Po 1“ na měřícím objektu 2918 – Abovce a objektu 917 – Chanava

Fig. 5. Pettitt change point detection for groundwater elevation levels in time period “Before 1 + After” on the measuring object 2918 – Abovce and object 917 – Chanava

Tab. 5. Výsledky testu homogenity

Tab. 5. Results of homogeneity test

Abovce 2918				Chanava 917		
Pettittův test	Standardní test normální homogenity	Buishandův test	$p = < 0,0001$ $\alpha = 0,05$	Pettittův test	Standardní test normální homogenity	Buishandův test
K = 196359 čas = 14. 4. 2010	T0 = 750 čas = 17. 2. 2010	Q = 407,937 čas = 17. 2. 2010		K = 179993 čas = 17. 2. 2010	T0 = 529,096 čas = 17. 2. 2010	Q = 342,64 čas = 24. 2. 2010

Vliv prostorového rozsahu jezu Abovce na hladinu podzemní vody v kvartérním útvaru podzemní vody řeky Slané

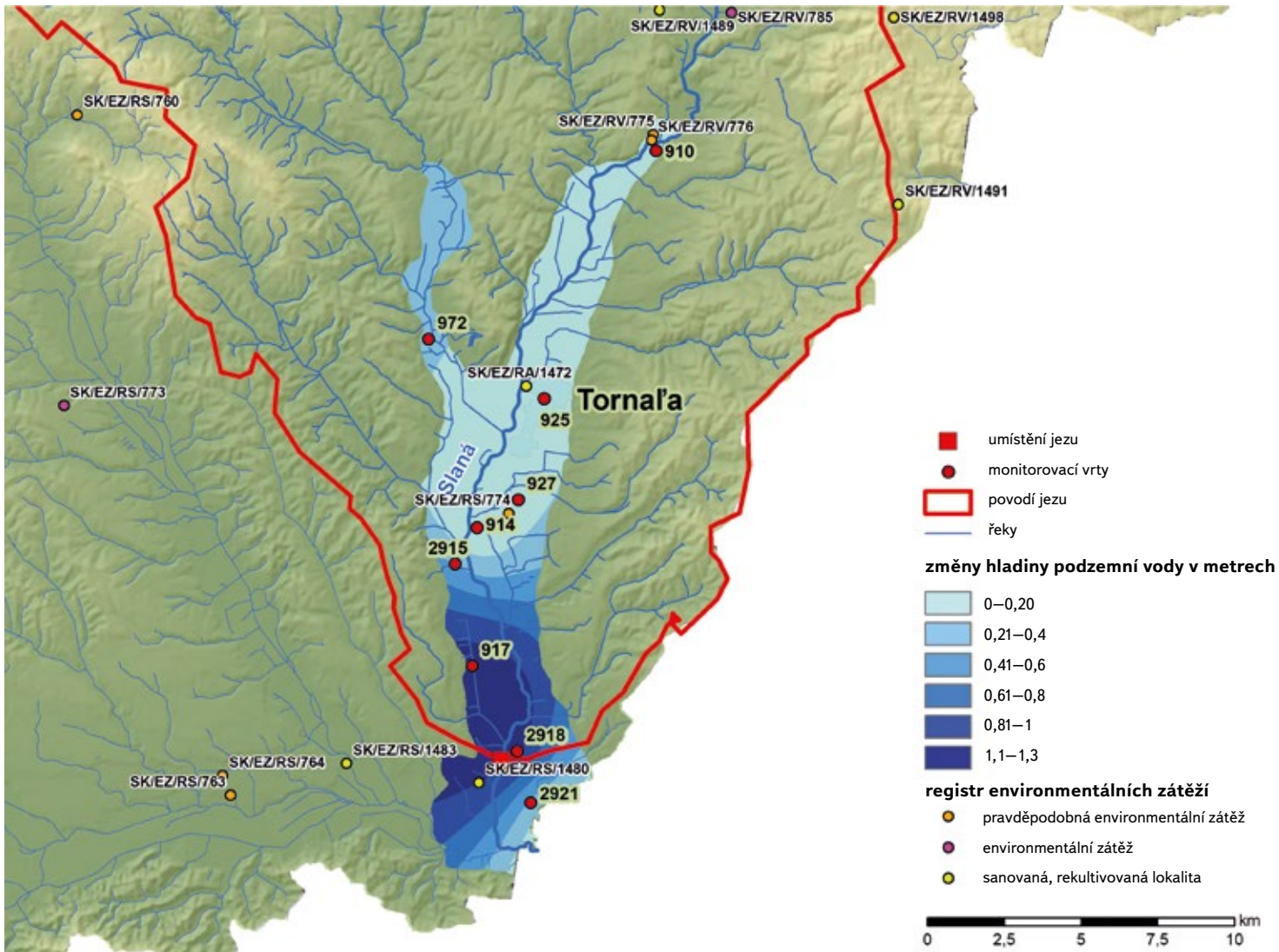
Z obr. 6 je jasně patrné, že největší rozdíl nadmořské výšky podzemní vody se nachází přímo u vybudovaného jezu a u monitorovacích vrtů. Změna hladiny podzemní vody v kvartérním vodním útvaru se pohybuje od 0,21 m u monitorovacího vrtu Rumince (2915) do 1,08 m v okolí vybudovaného jezu (monitorovací vrt 2918 Abovce). Poměrně vysoké zvýšení hladiny podzemní vody bylo pozorováno také na monitorovacím vrtu 917 Chanava ve vzdálenosti 3 036 m od jezu Abovce. Z prostorového hlediska říční jez Abovce zvýšil hladiny podzemních vod až o 1,3 m na ploše 15,25 km² a o 0,21 m na 0,4 m na ploše 38 km². Jez řeky Abovce tak ovlivnil téměř 26 % plochy vodního útvaru SK1001100P (zvýšení hladiny podzemních vod o více než 0,21 m). Nárůst hladin podzemních vod o více než 1,1 až 1,3 m byl zaznamenán na 11 % plochy vodního útvaru.

DISKUZE A ZÁVĚR

Vzestup hladiny podzemní vody byl očekávaným důsledkem výstavby říčního jezu na řece Slané. Rychlost nárůstu hladiny podzemní vody (až 1,08 m v blízkosti vybudovaného jezu) je způsobena vzestupem hladiny řeky Slané, která je v přímé hydraulické vazbě s podzemní vodou v kvartérní zvodni [6].

Kvartérní sedimenty jsou však náchylné k antropogenní kontaminaci a znečištění [12]. Na základě výsledků prezentovaných v této práci je evidentní, že výstavba i relativně malého jezu má regionálně významný vliv na hladinu podzemní vody. Záleží samozřejmě na konfiguraci terénu, geologickém podloží a vlastnostech samotné konstrukce jezu [13]. Nicméně v souvislosti s rostoucím rizikem sucha ve studované oblasti [14] lze zvýšení hladiny podzemní vody v důsledku výstavby jezu Abovce označit za potenciálně přínosné pro zemědělství.

Na druhou stranu nesmíme opomíjet problematiku potenciálního znečištění podzemních vod průmyslovou činností a zemědělskými hnojivy [15]. Rizikem může být též vyplavování toxických látek z nelegálních a historicky zapomenutých skládek [12, 16, 17]. V minulosti byly takové látky často zakopány v jámách v blízkosti farem nebo obcí a nebyly o nich vedeny žádné záznamy [18]. Tato obava je na místě, neboť velikost území, na kterém se hladina podzemní vody zvýšila o více než 1 m, je 15,25 km² a zahrnuje katastrální území čtyř obcí. Porovnáním oblasti zvýšené hladiny podzemní vody s Informačním systémem ekologických zátěží [19] je v nejméně zasažené oblasti pouze jedna potenciálně riziková lokalita evidovaná jako bývalá čerpací stanice. Nachází se však v registru C, obsahujícím záznamy sanovaných a rekultivovaných lokalit, jež nepředstavují žádné nebezpečí. Dalším nebezpečím je zvýšená hladina podzemní vody sahající do hloubky cca 1 m pod povrchem (u obcí Chanava a Abovce), snadno dosažitelná během stavební činnosti, při níž se toxické látky mohou vyplavovat do podzemních vod [20]. Rovněž může nastat riziko kontaminace podzemních vod ropnými produkty při haváriích stavebních strojů a technologií [21]. Výše uvedené aspekty by měly místní a regionální orgány zohlednit v procesu povolování nových stavebních činností. Příspěvek ukázal nejen významný vliv stavby říčního jezu na výšku hladiny v kvartérním útvaru podzemní vody řeky Slané (SK1001100P), ale i na možná rizika, jimž by měla být v budoucnu věnována pozornost.



Obr. 6. Rozdíl hladin podzemních vod za časová období 1986–2009 („Před 2“ – před výstavbou) a 2011–2018 („Po 1“ – po výstavbě) ve kvartérním vodním útvaru řeky Slaná
 Fig. 6. The difference of groundwater levels for time periods 1986–2009 (“Before 2” – before the construction) and 2011–2018 (“After 1” – after the construction) in the quaternary waterbody of the Slaná river

Poděkování

Tento výzkum byl financován Vědeckou grantovou agenturou Ministerstva školství, vědy, výzkumu a sportu Slovenské republiky a Agenturou na podporu výzkumu a vývoje v rámci projektů VEGA č. 1/0392/22 „Zraniteľnosť vybraných prírodne a antropogénne narušených ekosystémov vo vzťahu k prebiehajúcej zmene klímy“ a APVV-21-0224 „Dynamika biometeorologických a ekohydrologických tokov vo vybraných lesných ekosystémoch ovplyvnených rôznymi disturbančnými faktormi“.

Literatura

- [1] Ministerstvo životného prostredia SR. *Vodný plán Slovenska*. Bratislava, Slovensko: Ministerstvo životného prostredia SR, 2011. 140 s.
- [2] Vláda Slovenskej republiky. *Koncepcia využívania obnoviteľných zdrojov v SR*. Bratislava, Slovensko: Vláda Slovenskej republiky, 2003. 40 s.
- [3] Kancelária verejného ochrancu práv Slovenskej republiky. *Správa o ochrane práva na životné prostredie postupom orgánov verejnej správy pri povoľovaní výstavby malých vodných elektrární*. Bratislava, Slovensko: Kancelária verejného ochrancu práv Slovenskej republiky, 2016. 39 s.

[4] Slovenská agentúra životného prostredia. *Koncepcia vodnej politiky na roky 2021–2030 s výhľadom do roku 2050*. Banská Bystrica, Slovensko: Slovenská agentúra životného prostredia, 2021. 166 s.

[5] KULLMAN, E., PETRÁŠ, I. *Výtokové pomery prameňov a ich vzťah k horninovému prostrediu. Zborník prác HMÚ*. Bratislava: Alfa, 1979. 308 s.

[6] MIKLÓS, L. *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, 2002. 344 s.

[7] SHAPIRO, S. S., FRANCIA, R. S. An Approximate Analysis of Variance Test for Normality. *Journal of the American Statistical Association*. 1972, 67(337), s. 215–216.

[8] Mann, H. B. Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*. 1945, 13, s. 245–259.

[9] RYBSKI, D., NEUMANN, J. A Review on the Pettitt Test Pettitt-Test. In: KROPP, J., SCHELLNHUBER, H. J. (eds.). *Extremis: Disruptive Events and Trends in Climate and Hydrology*. Springer, 2011, s. 202–213. Dostupné z: doi: 10.1007/978-3-642-14863-7_10

[10] TORETI, A., KUGLITSCH, F. G., XOPLAKI, E., DELLA MARTA, P., AGUILAR, E., PROHOM, M., LUTERBACHER, J. A Note on the Use of the Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) to Detect Inhomogeneities in Climatic Time Series. *International Journal of Climatology*. 2011, 31, s. 630–632. Dostupné z: doi: 10.1002/joc.2088

[11] JAISWAL, R. K., LOHANI, A. K., TIWARI, H. L. Statistical Analysis for Change Detection and Trend Assessment in Climatological Parameters. *Environmental Processes*. 2015, 2, s. 729–749.

[12] LACHKÁ, L., HILLER, E., ĎURŽA, O. Contents of Potentially Toxic Metals and Magnetic Susceptibility of Soils along a Rural–Urban–Rural Gradient in Bratislava City (Slovakia). *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae*. 2016, 24(1), s. 25–37.

[13] PARIMALARENGANAYAKI, S., ELANGO, L. Assessment of Effect of Recharge from a Check Dam as a Method of Managed Aquifer Recharge by Hydrogeological Investigations. *Environmental Earth Sciences*. 2015, 73(9), s. 5349–5361.

[14] ZELENÁKOVÁ, M., PURCZ, P., BLIŠŤAN, P., VRANAYOVÁ, Z., HLAVATÁ, H., DIACONU, D. C., PORTELA, M. M. Trends in Precipitation and Temperatures in Eastern Slovakia (1962–2014). *Water*. 2018, 10, 727. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/w10060727>

[15] LI, Y., BAI, G., ZOU, X., QU, J., WANG, L. Nitrogen Migration and Transformation Mechanism in the Groundwater Level Fluctuation Zone of Typical Medium. *Water*. 2021, 13, 3626. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/w13243626>

[16] GUNEY, M., AKIMZHANOVA, Z., KUMISBEK, A., KISMELYEVA, S., GUNEY, A., KARACA, F., INGLEZAKIS, V. Assessment of Distribution of Potentially Toxic Elements in Different Environmental Media Impacted by a Former Chlor-Alkali Plant. *Sustainability*. 2021, 13, 13829. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su132413829>

[17] DANIELOVIČ, I., HECL, J., DANILOVIČ, M. Soil Contamination by PCBs on a Regional Scale: The Case of Strážske, Slovakia. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2014, 23(5), s. 1547–1554.

[18] MICHAELI, E., BOLTÍŽIAR, M. Vybrané lokality environmentálnych záťaží v Slovenskej republike. *Geographia Cassoviensis. Ústav geografie*. 2010, 4(2), s. 114–119.

[19] SLOVAK ENVIRONMENTAL AGENCY. *Informačný systém environmentálnych záťaží (Information System of Environmental Loads)* [on-line] [vid. 12. listopad 2022]. Dostupné z: <https://envirozataze.enviroportal.sk/PriestoroveUdaje.aspx>

[20] THAYUMANAVAN, P., NELSON, P. O., AZIZIAN, M., WILLIAMSON, K. J., LUNDY, J. R. Environmental Impact of Construction and Repair Materials on Surface Water and Groundwater: Detailed Evaluation of Waste-Amended Highway Materials. *Transportation Research Record*. 2001, 1743(1), s. 25–32.

[21] ANDRIČ, J. M., WANG, J., MAHAMADU, A. M., ZHONG, R. Understanding Environmental Incidents on Construction Sites in Australia: The Causal Factors, Environmental Impact, and Their Relations. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2019, 25(7), s. 617–630.

Autoři

Ing. Radoslav Kandrík, Ph.D.¹

✉ radoslav.kandrik@shmu.sk

ORCID: 0000-0001-6691-0494

Doc. Jaroslav Vido, Ph.D.²

✉ vido@tuzvo.sk

ORCID: 0000-0002-5581-2749

Mgr. Róbert Chriateľ¹

✉ robert.chriatel@shmu.sk

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor podzemnej vody, Banská Bystrica

² Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta, Technická univerzita, Zvolen

Príspevek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2022.11.005

IMPACT OF WEIR CONSTRUCTION AT LOCALITY ABOVCE (SLOVAKIA) ON GROUNDWATER LEVELS – A CASE STUDY FROM SLANÁ RIVER BASIN

KANDRÍK, R.¹; VIDO, J.²; CHRIAŠTEL, R.¹

¹ Slovak Hydrometeorological Institute, Groundwater Department, Banská Bystrica

² Department of Natural Environment, Faculty of Forestry, Technical University in Zvolen

Keywords: weir – groundwater table – GIS – weir construction

In the last decade, the construction of small hydropower plants and weirs was a common solution to the need to change the energy mix in Slovakia. However, the environmental consequences of this construction and the consequences of changing the dynamics of groundwater levels have not been the subject of thorough research. In terms of transparency and objectification of the permitting process, this information would provide a data base for assessing the trade-off between energy-economic benefits and potential environmental risks of these water structures and technological solutions in a specific area. Therefore, the presented contribution aimed to objectively and independently describe the course and change of groundwater dynamics before and after the construction of a weir on the Slaná river, built in 2010 near the village of Abovce (Rimavská Sobota district). The results showed a significant change in the height of the groundwater level practically immediately after the construction of the water structure (the year 2010), in the range from +1.1 m to +1.3 m in an area of 15.25 km² (11 % of the water body area SK1001100P) and up to 38 km² in the range of water level rise above +0.21 m (26 % of the mentioned water body). The results showed that a relatively small water structure has a relatively fundamental influence on the level of the groundwater level in a large area, which, if these facts are not included in the assessment of the EIA and the construction permit, can lead to a potential increase in the scale and impact of industrial accidents related to the possible threat of underground water.