

VD JANOV - REKONSTRUKCE

JANOV DAM - RECONSTRUCTION

David Richtr, Jan Svejkský

Abstrakt:

VD Janov vystavěné v letech 1911 – 1914 prochází od roku 2002 generální opravou a rekonstrukcí některých částí vzdouvacího prvku - hráze. Aktuálně byl dokončen stavební objekt sanace průsaků podloží včetně automatického monitoringu.

V době výstavby se ještě neprováděly injektáže podloží pro snížení průsaků a vztlaků na těleso hráze jako preventivní opatření, ale jen jako náprava vzniklých stavů. Sanace podloží se nyní prováděla ve dvou etapách formou ražby injekční štoly hornickým způsobem, vedené na rozhraní tělesa hráze a skalního podloží. Z této štoly byla provedena injektáž puklinového skalního prostředí. Součástí stavby byly i vztlakoměrné vrty pro měření účinnosti injekční clony a celé vodní dílo bylo vystrojeno automatickým monitorovacím systémem veličin TBD.

Stavba I. etapy probíhala od července 2007 do listopadu 2010, II. etapa probíhala od října 2011 do června 2013. Článek pohovoří o přípravě, realizaci a zhodnocení stavby.

Abstract:

Janov Dam, which was built in 1911 – 1914, has been undergoing an overall renovation since 2002. In the current stage of the project the leakage remedial repairs have been carried out and an automated leakage detection and monitoring system was introduced.

The grouting barrier installation in the dam foundations eliminates leakage. It was initially being constructed after the issue was recognized, nowadays the works are done as a precautionary measure.

Grouting was constructed in two stages covering two areas of the dam. The works consisted of drilling a tunnel between the dam and the bedrock. This tunnel was then used for the drilling and grouting works of the rock below. The project consisted also of the installation of the ground water level monitoring system within the dam body as well as the dam structure monitoring system.

The first stage was carried out from July 2007 to November 2010, the second stage took place from October 2011 to June 2013.

The paper concerns the preparation, construction and assessment of the project.

Klíčová slova: ražba injekční štoly, injekční clona, podloží, průsaky

1. ÚVOD

Přehrada Janov je zatím poslední přehradou na území České republiky, kde bylo v nedávné době dokončeno dodatečné těsnění průsaků podloží výstavbou injekční štoly a injekční clony. Hráz byla postavena v letech 1911 – 1914. Od roku 2002 je postupně prováděna rekonstrukce hráze. Správcem přehrady a investorem její rekonstrukce je Povodí Ohře, státní podnik.

Cílem tohoto příspěvku je informovat o posledních fázích rozsáhlé rekonstrukce přehrady, kdy ve dvou etapách staveb došlo k dodatečnému těsnění průsaků podloží. Příspěvek je zaměřen na celkovou koncepci akce „Sanace průsaků podloží“ z pohledu technicko-bezpečnostního dohledu (TBD) a projektanta.

2. STRUČNÝ POPIS PŘEHRADY JANOV

Hlavním účelem vodního díla je akumulace vody pro zásobení pitnou vodou a zajištění minimálního průtoku $12 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ v toku Loupnice. Nádrž vodního díla zajišťovala zásobu vody pro obyvatele i průmysl. V současné době již není potřeba odběru vody z tohoto vodního díla z důvodu systému distribuce pitné vody v severočeském regionu a jeho dostatečné kapacity.

Významná je i retenční funkce vodního díla, které částečně chrání území pod hrází před povodněmi.

Kóta koruny hráze	493,52 m n. m.
Výška hráze nad základovou spárou	53,0 m
Šířka hráze v koruně	4,5 m
Délka hráze v koruně	225,0 m
Poloměr křivosti hráze v ose koruny	250,0 m
Objem tělesa hráze	113 000 m ³
Max. objem nádrže	1 670 000 m ³



Obr. 1 Přehrada Janov

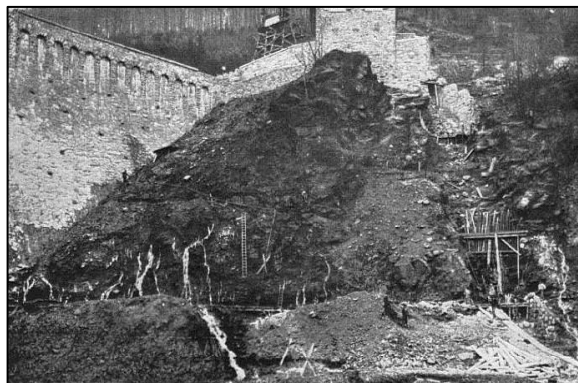
Drenáž byla provedena z kameninových trubek o průměru 100 mm v rozteči 2,0 m. Základová drenáž je tvořena sítí drénů o průměru 50 mm a roztečích 6 – 8 m umístěných ve zdivu hráze cca 1m nad základovou spárou. Tyto drény jsou zaústěny do sběrných drénů o průměru 150 a 200 mm. Vertikální i základová drenáž byly před stavebními zásahy značně zaneseny.

Vodní dílo Janov prochází od roku 2002 generální opravou a rekonstrukcí některých částí vzdouvacího prvku. K opravě se přistoupilo na základě výsledků dlouhodobého systematického technickobezpečnostního dohledu a znalostí již nevyhovujícího technického stavu vodního díla provozovaného již téměř 90 let (platí pro období přípravy rekonstrukce nyní již 100 let). Nevyhovující technický stav vodního díla Janov byl především důsledkem přirozeného procesu stárnutí použitých materiálů i funkčních celků. Z dnešního pohledu jsou nevyhovující i tehdejší přístupy k úpravě podložní horniny a nasazení technických prostředků k omezení účinků vztlaku. V době výstavby se ještě neprováděly injektáže podloží pro snížení průsaků a vztlaků na těleso hráze jako preventivní opatření, ale jen jako náprava vzniklých stavů. Právě na přehradě Janov bylo, jako na první přehradě na území dnešní České republiky, provedeno dodatečné těsnění podloží poté, co se při prvním napuštění nádrže v roce 1914

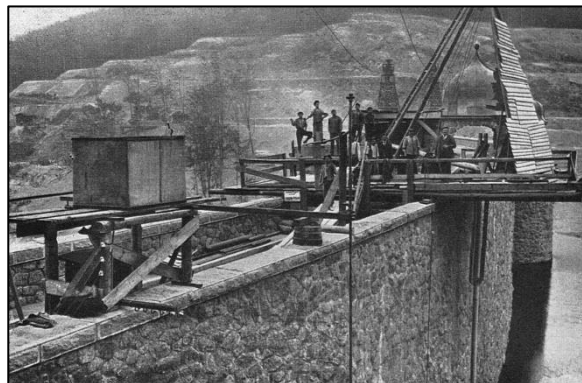
Přehrada Janov je evidována u Národního památkového ústavu, pracoviště v Ústí nad Labem, jako kulturní památka ČR. Hráz z lomového kamene při své výšce 53 m nad základovou spárou je nevyšší zděnou hrází v ČR. Hráz je založena na světlé rule s větším množstvím živce, rozpukané do značné hloubky.

Zdivo hráze je vybaveno návodním (vertikálním) a základovým (horizontálním) drenážním systémem. Vertikální drenáž je umístěna 1,0 až 1,5 m od návodního

objevily rozsáhlé průsaky v levobřežním zavázání. Značné výrony vody (až $133 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$) se objevily již při částečném napuštění nádrže.



Obr. 2 Průsaky v levobřežním zavázání se objevily brzy po prvním napuštění nádrže v roce 2014



Obr. 3 Dodatečné utěšňovací práce v levém svahu v letech 1914 - 1915

3. SANACE PRŮSAKŮ PODLOŽÍM – PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

I když byly již krátce po výstavbě hráze nejvýznamnější průsaky zatěsněny, nebylo podloží pod přehradou utěšněno systematicky, ale jen lokálně. Další lokální utěšňovací práce byly provedeny ještě v padesátých a sedmdesátých letech minulého století. Dalo by se říci, že utěšněny byly jen ty lokality, kde průsaky viditelně vystupovaly na povrch. Přitom pravděpodobně existovalo ještě mnoho míst, kde byly vyšší průsaky podložím, ale průsaková voda se ztrácela až v podhráží, kde byla zaústěna do toku nebo jímána původními systémy drenáží.

Voda prosakující podložím působí vztlakem na těleso hráze a snižuje tak jeho stabilitu. Dále dochází ke ztrátám vody v nádrži (což bylo zaznamenáno při vodohospodářských bilancích). Nepříznivé účinky prosakující vody mohou vést k dalšímu vyplavování jemných částí z puklin podloží a dalšímu zvyšování propustnosti. To vše vytváří efekt postupného zhoršování situace v čase.

V roce 2004 byl proveden podrobný inženýrsko-geologický (IG) průzkum u návodní paty hráze pro specifikování rozsahu a hloubky porušení podložní horniny. Výsledky provedeného IG průzkumu jen potvrdily nevyhovující stav podloží a nutnost realizace sanace průsaků podložím. Výsledky IG průzkumu i dalších souvisejících průzkumných prací byly společností VODNÍ DÍLA – TBD a.s. komplexně zhodnoceny z hlediska bezpečnosti a stability vodního díla i jeho dalšího provozu. Součástí tohoto zhodnocení byl i návrh opatření k nápravě a dalšího postupu. Jednoznačným požadavkem pro zajištění dlouhodobé bezpečnosti a provozuschopnosti vodního díla Janov byla v první řadě nutnost sanace průsaků podložím v pravé části hráze. Provedený IG průzkum potvrdil zvýšenou propustnost v oblasti základové spáry tělesa hráze a v zastižených partiích podložní horniny. Výsledky vodních tlakových zkoušek i vrtných prací poukázaly na propustné oblasti, kterými dochází k únikům vody z nádrže. Závěrem bylo konstatováno, že v podélném profilu hráze existuje několik výrazných průsakových cest narušenou podložní horninou.

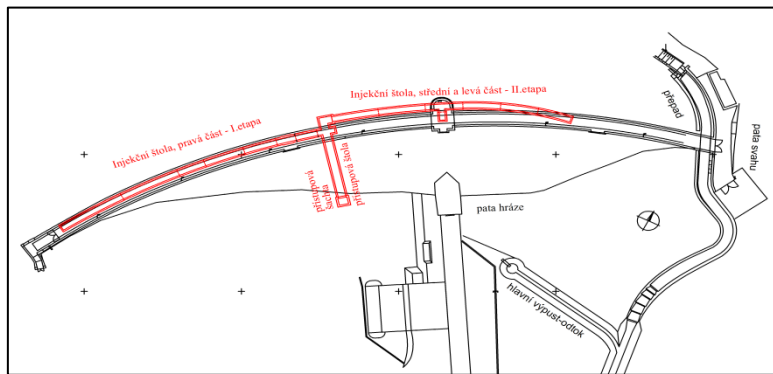
Podle výsledků vodních tlakových zkoušek vycházely nejvyšší propustnosti v horizontech podloží pod základovou spárou. Žádná z testovaných etází nevyhověla Jáhdeho kritériu přípustné propustnosti (0,1 až 0,5 l/min/m/0,3 MPa).

Bylo navrženo dotěsnění horninového masivu. Dotěsnění bylo považováno za nejnaléhavější v pravé části hráze. V levé části bylo již dotěsnění horninového masivu v minulosti provedeno a ve střední části hráze byl alespoň částečně funkční drenážní systém. Sanace průsaků podloží ve střední a částečně levé části byla proto připravována až v II. etapě. V budoucnu však nelze úplně vyloučit i potřebu dotěsnění horninového masivu v dříve (1914, 1956 - 59) injektované levé části hráze.

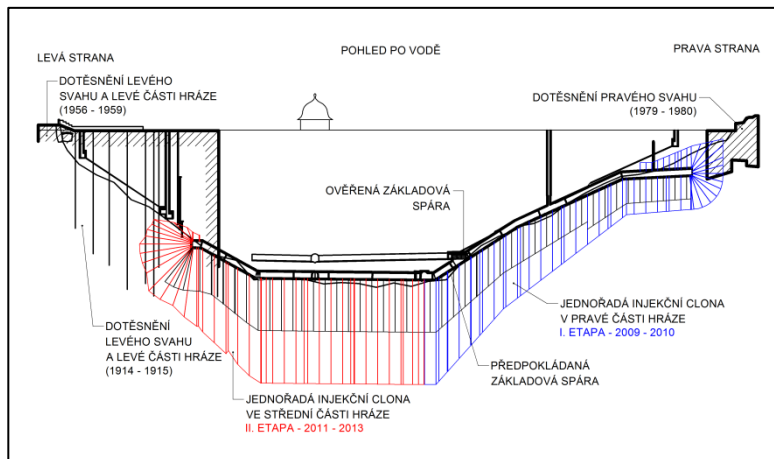
Sanační zásah byl tedy rozdělen na dvě etapy:

I. etapa - pravá část hráze (realizace 2007 – 2010)

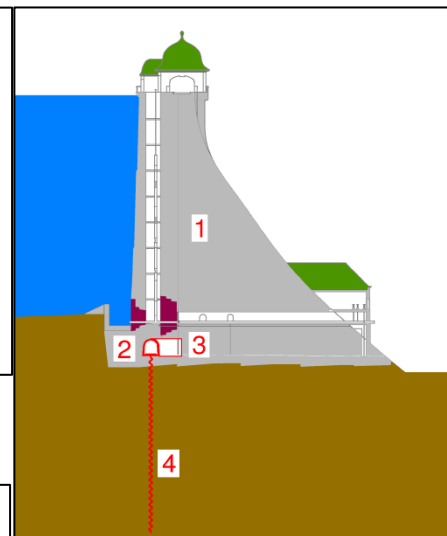
II. etapa - střední a levá část hráze (realizace 2011 – 2013)



Obr. 4 Schéma nově vybudovaných podzemních objektů na VD Janov



Obr. 5 Podélný řez hrází, schéma injekčních prací, pohled po vodě



Obr. 6 Schéma sanace průsaků podloží VD Janov, příčný řez hrází:

1. zdivo hráze,
2. injekční štola,
3. drenážní štola,
4. injekční clona

4. SANACE PRŮSAKŮ PODLOŽÍM – I. ETAPA – PRAVÁ ČÁST HRÁZE

Sanace podloží VD Janov se provádí formou ražby injekční štoly hornickým způsobem, vedené na rozhraní tělesa hráze a skalního podloží. Z této štoly je prováděna injektáž puklinového skalního prostředí. I. etapa stavby začala v červenci 2007 a dokončena byla v listopadu 2010. Dodavatelem stavebních prací bylo sdružení firem EREBOS podpovrchová

výstavba, spol. s r. o. a ALGOMAN, s. r. o., projektantom spoločnosť VODNÍ DÍLA - TBD a.s. a investorem Povodí Ohře, státní podnik.

Pro vlastní výstavbu injekční štoly bylo nutné vybudovat přístupovou (těžní) šachtu a přístupovou štolu. Přístupová šachta hloubky 16 m je situovaná u vzdušní paty hráze. Z přístupové šachty byla vyražená přístupová štola délky 29,9 m směrem k návodnímu líci v úrovni základů hráze. Přístupová štola je větších rozměrů (6,18 m²/ 2,45 x 2,8 m) než je obvyklé z důvodu zabezpečení potřebného profilu definitivní obezdívky pro pokračování těsnících prací ve střední a levé části hráze (injekční štoly a clony) v II. etapě.

Z přístupové štoly byla provedena rozrážka části injekční štoly, která byla ražena jako dovrchní. Injekční štola je rozměrů 3,649 m² (1,86 x 2,2 m) a šikmé délky 97,6 m. Nejstrmější úsek injekční štoly je ve sklonu až 32,7°. S původní revizní chodbou je podzemní dílo spojeno krátkou spojovací štolou.

Z počvy injekční štoly byla po jejím dokončení prováděna injekční clona na požadovanou hloubku 2/3 výšky hráze nad základovou spárou v daném profilu. Podle výsledků IG průzkumu a průzkumné injektáže ve zkušebním poli (z injekční štoly) byla navržena realizace jednořadé injekční clony provedené ve třech pořadích s konečným rozestupem vrtů cca 2,0 m. Součástí injekční clony jsou krátké šikmé připojovací (fortifikační) vrty délky 6 m ze dna štoly prováděné ve sklonu 20° směrem na návodní i vzdušnou stranu.

Vrty injekční clony průměru 56 mm byly hloubeny jádrovým vrtáním. Jsou vedeny jako kolmé z podlahy štoly. Přesnost vrtání je dána max. přípustnou odchylkou od svislice 2 % z délky vrtu (tj. pro 36 m vrt ... 72 cm). Přesnost byla ověřována inklinometrickým měřením u třech nejhlubších vrtů s pozitivním výsledkem. V průběhu vrtných prací byly vždy po cca 3 m realizovány vodní tlakové zkoušky (VTZ) v sestupném uspořádání.

Injekční clona byla prováděna metodou zahušťování podle jednotlivých pořadí. Injektáž byla provedena přednostně jako vzestupná po 3 m. K utěsnění skalních puklin byla použita jílocementová směs.

Pro kontrolu těsnící funkce byly provedeny VTZ na kontrolních vrtech a dále byly zřízeny vztlakoměrné vrty. Projektem dané požadavky na kritéria přípustné propustnosti (pro horní polovinu clony 0,5 l/min/m při tlaku 0,3 MPa a pro dolní část 1,0 l/min/m při stejném tlaku) byly u většiny kontrolních vrtů splněny. V případě nevyhovujícího výsledku VTZ bylo provedeno lokální zahuštění clony. To se provádělo v části pravého zavázání, kde bylo nutno doplnit vrty IV. pořadí. Potom byl již výsledek vyhovující.

5. SANACE PRŮSAKŮ PODLOŽÍM – II. ETAPA – STŘEDNÍ A LEVÁ ČÁST HRÁZE

II. etapa stavby začala v říjnu 2011 a dokončena byla v červnu 2013. Princip sanace byl obdobný jako při I. etapě. Byla vybudována injekční štola délky 80 m a krátká drenážní štola délky 3 m (pro usnadnění čištění drenáží). Z injekční štoly byla vybudována injekční clona a drenážní vrty podle stejných zásad jako v I. etapě. Dodavatelem stavebních prací bylo sdružení firem Subterra, a. s. a Zakládání staveb, a. s.

Na počátku stavby bylo potřeba nejprve zpřístupnit po první etapě zakrytou přístupovou šachtu a vybavit ji lezným oddělením. Odstrojeno bylo i vybavení přístupové štoly. Na konci přístupové štoly pak byla provedena rozrážka do nové injekční štoly II. etapy.

Injekční štola byla ražena jako mírně dovrchní v podélném sklonu 1% a délce 55,10 m a dále pak jako dovrchní ve sklonu 55,22 % a šikmé délce 24,90 m. Posledních pár metrů na konci štoly bylo opět v sklonu 1%. Štola v definitivním vystrojení je stejných rozměrů jako v první etapě.

Ve středu hráze byla v místě pod spodními výpustmi z injekční štoly směrem ke vzdušnému líci provedena rozrážka drenážní štoly. Úkolem této krátké drenážní štoly (cca 5,5 m) bylo zachycení křížení páteřního svodného a sběrného drénu základové drenáže a vytvoření podmínek pro zajištění možnosti kontroly a vyčištění drénu, jak během stavby, tak i v dalším provozu.

Z počvy injekční štoly byla po jejím dokončení prováděna injekční clona na požadovanou hloubku 2/3 výšky hráze nad základovou spárou v daném profilu. Nejhlubší injekční vrty ve střední části hráze pak byly hluboké 36 m. Podle výsledků IG průzkumu i zkušenosti z I. etapy byla navržena realizace jednořadé injekční clony provedené ve třech pořadích s konečným rozestupem vrtů cca 2,0 m.

Součástí injekční clony jsou krátké šikmé připojovací (fortifikační) vrty ze dna štoly prováděné směrem na návodní i vzdušnou stranu. Účelem těchto vrtů je omezit možný únik injekční směsi mimo zájmový prostor při následném provádění vlastní clony. Tyto vrty zajišťují i injektáž základové spáry štoly a horniny bezprostředně pod ní. Jejich sklon je 15°, délka 6 m. Injektovány byly vzestupně po etážích délky 3m.

Vrty injekční clony průměru 56 mm byly hloubeny jádrovým vrtáním. Pro vrty II. a III. pořadí bylo připuštěno vrtání na plnou čelbu. Vrty jsou vedeny jako kolmé z podlahy štoly. Přesnost vrtání byla dána max. přípustnou odchylkou od svislice 2 % z délky vrtu (tj. pro 36 m vrt ... 72 cm). V průběhu vrtných prací byly vždy po cca 3m realizovány vodní tlakové zkoušky (VTZ) v sestupném uspořádání. Prováděním VTZ před injektáží je mimo jiné sledováno žádoucí „propláchnutí“ puklin.

Injekční clona byla prováděna metodou zahušťování podle jednotlivých pořadí. Injektáž byla provedena přednostně jako vzestupná po 3 m. Injektážní tlaky vycházely z výsledků VTZ a hloubky vrtů i zkušeností z I. etapy. Injekční tlaky nepřesáhly hodnotu 2,4 MPa. Injektování každé etáže bylo prováděno do nulové spotřeby při dosažení max. injekčního tlaku. K utěsnění skalního puklinového systému byla použita jílocementová směs.

Při sanačních pracích se musí vytvořit souvislá těsnící stěna. Pro kontrolu těsnící funkce byly provedeny VTZ na kontrolních vrtech a dále byly zřízeny vztlakoměrné vrty. Projektem dané požadavky na kritéria přípustné propustnosti (pro horní polovinu clony 0,5 l/min/m při tlaku 0,3 MPa a pro dolní část 1,0 l/min/m při stejném tlaku) byly u většiny kontrolních vrtů splněny. V případě nevyhovujícího výsledku VTZ mělo být provedeno lokální zahuštění clony.

Po dokončení injekčních prací byly provedeny úpravy základového drenážního systému. Účelem drenážního systému je bezpečné odvedení průsakových vod, tak aby se eliminovaly jejich vztlakové účinky na těleso hráze. Základový drenážní systém tak spolu s vybudovanou

injekční clonou napomáhá ke snížení vztlaku a tím ke zvýšení stability a bezpečnosti hráze. Základovým drenážním systémem je odvedena voda, která pronikne přes injekční clonu (která není nikdy 100% účinná), obteče injekční clonu nebo je dotována ze svahových vod.

Původní základový drenážní systém byl funkční jen částečně. Některé jeho větve a drenážní pera byla zanesena vápennými výluhy. Byla proto provedena jeho oprava a posílení.

Z injekční štoly bylo provedeno pět nových drenážních vrtů k posílení funkce základového drenážního systému. Dále bylo provedeno čištění svodných a sběrných drénů základové drenáže. Tyto drény byly zaneseny vápennými výluhy a inkrusty. Zanesení bylo nejvyšší zpravidla v místech spojů kameninových a litinových dílů potrubí drénů. Inkrusty místy dosahovaly až 80 % profilu drenážního potrubí. Vyčištění drenáže na plný profil si vyžádalo značné úsilí a použití několika technologií specializovaných firem. Závěrem bylo provedeno bezpečné odvedení (svedení) vody z drenážních vrtů do sběrných drénů.

V rámci této akce bylo i doplněno zařízení pro měření a pozorování, které napomůže ke zkvalitnění TBD prováděného na tomto vodním díle i zhodnocení efektu provedených prací. Zároveň byl na vodním díle Janov zaveden automatický monitoring vybraných veličin TBD.

Již v průběhu dokončovacích prací začalo zkušební napuštění nádrže a ověřovací provoz. Ten se předpokládá v trvání minimálně jednoho roku. Již při prvním napuštění bylo potvrzené, že vztlaky za rovinou nové injekční clony jsou výrazně nižší a clona tak plní svoji funkci. Významný je i příspěvek drenážního systému, pomocí kterého lze účinek vztlaku ještě významně snížit.



Obr. 7 Pohled na dokončenou injekční štolu II. etapy od odbočky přístupové štoly z I. etapy

6. ZÁVĚR

Dodatečná výstavba injekční štoly pod hrázi je významným zásahem do její konstrukce. Návrhu technického řešení předcházely výpočty stability hráze i spolupůsobení okolního horninového prostředí. Pro vyloučení jakýchkoli nepříznivých vlivů stavby (poklesy, deformace, trhliny) na vlastní hráz byl rozšířen systém TBD. Byla zvýšena četnost vybraných měření, zvýšena operativnost předávání výsledků měření a zavedena nová měření a pozorování zaměřená na hodnocení postupu ražby i dílčích etap těsnících prací. Účinky trhacích prací použitých při ražbě podzemních objektů byly monitorovány.

Při dodržení všech omezení a citlivém postupu stavby bylo příznivým výsledkem, že vliv stavebního zásahu na původní těleso hráze byl velice malý. Efekt těsnících prací byl velice významný a můžeme tvrdit, že tato metoda dodatečného těsnění pod přehradami pomocí injekčních štol a clon se v podmínkách provozu přehrad v České republice osvědčila.

AUTOŘI

Ing. David Richtr
VODNÍ DÍLA – TBD a.s.,
Hyberská 40, 110 00 Praha 1, Česká republika
e-mail: richtr@vdtbd.cz

Ing. Jan Svejkský
Povodí Ohře, státní podnik,
Bezručova 4219, 430 03 Chomutov, Česká republika
e-mail: jsvejkovsky@poh.cz