

Povodí Ohře, státní podnik
Český přehradní výbor, z. s.

XXXVII. PD 2022

XXXVII. PŘEHRADNÍ DNY 2022	13.–15. ČERVNA 2022 NESUCHYNĚ
-------------------------------	----------------------------------

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

SVAZEK 1

MEZINÁRODNÍ KONFERENCE XXXVII. PŘEHRADNÍ DNY 2022 NESUCHYŇ, 13.–15. ČERVNA 2022

Odborná témata konference:

- 1) Potápěčské práce pro údržbu, rekonstrukce a řešení zvláštních situací na vodních dílech.
- 2) Možnosti posílení akumulace vody v povodích – nové nádrže, zvětšování zásobních objemů a přestavba suchých nádrží.
- 3) Úloha státních finančních zdrojů v oblasti rekonstrukcí a výstavby vodních děl na tocích.
- 4) Využití technických inovací a adaptačních postupů na klimatickou změnu v oblasti navrhování přehrad, TBD a při zvládání poruch a kritických situací.
- 5) Různé otázky výstavby, provozu a rekonstrukcí vodních děl.

Publikace XXXVII. Přehradní dny 2022 je rozdělena do tří svazků:

- Svazek 1 – příspěvky k tématům 1, 2 a 3
- Svazek 2 – příspěvky k tématům 4 a 5
- Svazek 3 – příspěvky z 27. kongresu ICOLD 2022, Francie, Marseille

Editor: Milan Zukal
Název díla: XXXVII. Přehradní dny 2022
Tel.: 224 354 643
Tisk: Tiskárna AKORD Chomutov, s.r.o.
Adresa tiskárny: Na Příkopech 901/3, 430 01 Chomutov
Počet stran: 186
Náklad: 90 výtisků
Pořadí vydání: 1.

Vydalo České vysoké učení technické v Praze, zpracovala Fakulta stavební

Kontaktní adresa: Fakulta stavební ČVUT v Praze
Katedra hydrotechniky
Thákurova 2077/7
166 29 Praha 6 – Dejvice



**FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE**

ISBN 978-80-01-07002-4

ISBN 978-80-01-07001-7 (soubor)

ISBN 978-80-01-07003-1 [2. sv.]

ISBN 978-80-01-07004-8 [3. sv.]

ZÁŠTITA

Mezinárodní konference „XXXVII. Přehradní dny 2022“ se koná pod záštitou

ministra zemědělství
Zdeňka Nekuly



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

a hejtmána Ústeckého kraje
Ing. Jana Schillera



Ústecký kraj

SPONZOŘI KONFERENCE



ÚVODNÍ SLOVO

37. Přehradní dny se konají v době, jejíž současnost a nejbližší minulost nemá za celou dobu historie této odborné konference obdobu. Není možné se oprostit od okolní reality, nicméně to nejlepší, co můžeme udělat, je věnovat se našim odborným tématům. Naše práce zajišťuje vodu a ve stavebně technických a vodohospodářských aspektech jsme odpovědní za bezpečné fungování základních prvků kritické inženýrské infrastruktury.

Vnější okolnosti způsobily, že jsme byli nuceni jedno setkání Přehradních dnů přeskočít a nezávisle porušit dvouletou tradici výměny našich zkušeností, názorů, představ a myšlenek hodnotících současnost a směřujících do budoucnosti přehradního stavitelství. Když se zamyslím nad důsledky přerušení našich setkání a snažím se vyhodnotit, zda to bylo špatně nebo dobře, tak vlastně ani nevím. Náš v dobrém smyslu konzervativní obor je v provozu díky příslušné (a zde funkční) státní správě stabilní, v zajišťování požadavků na vodu robustní a ve vizích a plánování neustále z různých stran rozporovaný. Takže po celou dobu od minulých Přehradních dnů bylo vše takové, na co jsme zvyklí, a nic nás v zásadě nepřekvapilo. Konzervativní charakter přehradářství má ještě jeden výrazný rys, a to je dlouhodobá platnost a aktuálnost našich odborných témat.

Letošní odborný program 37. Přehradních dnů jsme vytvářeli v první polovině roku 2019. Témata čtyř odborných otázek byla inspirována jednáními Mezinárodní přehradní komise v období let 2017 až 2019, rozvojem nových technologií v navrhování a při provádění stavebních a technologických prací na přehradách a dalších vodních dílech, tehdy a dosud trvajících problémy s dopady dlouhodobého sucha a poprvé též financováním v oblasti výstavby a rekonstrukcí vodních děl.

Na vyhlášení následujících odborných témat

- Potápěčské práce pro údržbu, rekonstrukce a řešení zvláštních situací na vodních dílech
- Možnosti posílení akumulace vody v povodích – nové nádrže, zvětšování zásobních objemů a přestavba suchých nádrží
- Úloha státních finančních zdrojů v oblasti rekonstrukcí a výstavby vodních děl na tocích
- Využití technických inovací a adaptačních postupů na klimatickou změnu v oblasti navrhování přehrad, TBD a při zvládání poruch a kritických situací

zareagovali autoři celkem 52 příspěvků obsažených v elektronické verzi sborníku. Dodané příspěvky pokrývaly všechna čtyři odborná témata poměrně rovnoměrně. Hodnotné, zajímavé a podnětné příspěvky nám poměrně komplikovaly proceduru výběru příspěvků k prezentaci. Nakonec jsme byli nuceni vybrat k ústnímu přednesení pouhých 32 referátů, což jsou přibližně tři pětiny příspěvků dodaných a publikovaných ve sborníku. Kritériem výběru byla pouze těsnější nebo volnější přílehlavost k příslušnému odbornému tématu.

Poslední velká přehrada byla u nás uvedena do provozu v roce 1996, tedy prakticky před 25 lety. Byla jí Slezská Harta, která hned v následujícím roce velmi významně snížila povodňové účinky extrémní povodně na Moravici a navazující Opavě. V období mezi současnými a posledními Přehradními dny oslavily padesátileté období provozu přehrady Nýrsko, Horka, Tatrovice, Vrchlice, Šance a Rýzmburk. Sto let v provozu oslavila v roce 2019 přehrada Les Království.

Na Slovensku jubilea 50 let provozu dosáhly přehrady Ružín I, Ružín II a Velké Uherce.

Závěrem tohoto úvodního slova přeji nám všem, abychom se mohli za stabilních a bezpečných okolních podmínek co nejdříve věnovat nerušeně naší odborné práci a tím podpoře tradičně spolehlivého fungování přehrad a nádrží k zajišťování rozmanitých požadavků vodního hospodářství.

Ladislav Satrapa
předseda Českého přehradního výboru

OBSAH – SVAZEK 1

TÉMA 1

Potápěčské práce pro údržbu, rekonstrukce a řešení zvláštních situací na vodních dílech

LOGISTICKÉ ZAJIŠTĚNÍ POTÁPĚČSKÝCH PRACÍ PRO HLoubKY DO 40 M Miloslav Haták	8
REKONSTRUKCE PROVIZORNÍCH DRÁŽEK PRO SV A SEGMENT VD SKALKA Pavel Machytka	12
VS PALCMANSKÁ MAŠA – REVÍZIA A ÚDRŽBA HYDROTECHNICKÝCH ZARIADENÍ Dušan Mydla, Božena Písečná, Peter Kačmár	18
PRÁCE POTÁPAČSKÉJ SKUPINY SE-VE V RÁMCI ÚDRŽBY NA OBJEKTOCH SLOVENSKÝCH ELEKTRÁRNÍ Peter Ovádek, Branislav Ježík	25
VD NEHRANICE – POSOUZENÍ VLIVU KOROZE A STABILITY KONSTRUKCE VEDENÍ HRADIDEL Tomáš Rudolf	33
VD LABSKÁ – ZVÝŠENÍ RETENČNÍ FUNKCE REKONSTRUKCÍ SPODNÍCH VÝPUSTÍ V OBTOKOVÉM TUNELU Pavel Svatoš, Tomáš Klemša, Ivan Beran	41
APLIKACE POTÁPĚČSKÝCH PRACÍ NA POVODÍ OHŘE Jan Svejkský	49
PROVÁDĚNÍ PODVODNÍCH PRŮZKUMŮ VODNÍCH DĚL Radek Jančar, Jaroslav Knotek, Miroslav Špano	54
TESNENIE DILATAČNÝCH ŠKÁR VTOKOVÉHO OBJEKTU PLAVEBNÝCH KOMÔR VD GABČÍKOVO Monika Takáčová, Ondrej Pastrnák, Roman Veselý, Juraj Kapušanský	62
VYUŽITIE POTÁPAČSKÝCH PRÁČ NA VODNÝCH STAVBÁCH Z POHĽADU TECHNICKO-BEZPEČNOSTNÉHO DOHĽADU Ivan Voštinár, Zuzana Žuffová, Dušana Berezňaninová, Adrián Borák, Róbert Stanček	71

TÉMA 2

Možnosti posílení akumulace vody v povodích – nové nádrže, zvětšování zásobních objemů a přestavba suchých nádrží

VODA, KAM S NÍ? Martin Cidlinský	78
VD VLACHOVICE – ZHODNOCENÍ STAVU PŘÍPRAVY (TECHNICKÁ STUDIE) Prokop Galatík	82

OPATŘENÍ K POSÍLENÍ RETENCE A ZLEPŠENÍ JAKOSTI VODY V ÚZEMÍ	
Tomáš Kvítek, Michal Krátký	90
AKTUÁLNÝ VÝVOJ HYDROLOGICKÉHO REŽIMU NA HLAVNÝCH PRÍTOKOCH VELKÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ NA VÝCHODE SLOVENSKA	
Dušan Mydla, Božena Písečná, Lucia Hrabčáková	97
VD VLACHOVICE, SPECIFICKÉ OTÁZKY PŘÍPRAVY	
Jiří Švancara, Daniel Brázda	103
VODNÍ DÍLO KRYRY: PODVINECKÝ POTOK U MĚSTA KRYRY	
Martin Zoul, Jan Svejkovský, Miroslav Stuchlý	111

TÉMA 3

Úloha státních finančních zdrojů v oblasti rekonstrukcí a výstavby vodních děl na tocích

ZMĚNA UŽÍVÁNÍ SUCHÝCH NÁDRŽÍ V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY	
Pavel Balvín, Veronika Táboříková, Petr Smrž, Jiří Švancara	119
PREVENCE PŘED POVODNĚMI – ÚČINNOST PPO	
Miroslav Beržinský	126
MYN VESELÁ – ZVÝŠENÍ RETENCE, ZABEZPEČENÍ DÍLA PŘED ÚČINKY VELKÝCH VOD	
David Göttler	134
VD KLABAVA – ZVÝŠENÍ RETENCE A ZABEZPEČENÍ VD PŘED ÚČINKY VELKÝCH VOD	
Ondřej Hrazdira	140
SUCHÁ NÁDRŽ (POLDR) BÍLSKO – DOPLŇKOVÁ STABILIZAČNÍ OPATŘENÍ	
Břetislav John	155
IG PRŮZKUM NA VD PODHORA	
Blahoslav Kluc	162
SN JELENÍ – ZKUŠENOSTI Z PŘÍPRAVY, VÝSTAVBY A PROVOZU	
Tomáš Skokan, Richard Šimek, Jiří Konečný	166
FLOOD UZH – NÁVRH RETENČNÝCH PRIESTOROV V POVODÍ HORNÉHO UHU	
Andrej Šoltész, Martin Orfánus, Jakub Mydla, Dušan Mydla	174
MANAGEMENT SEDIMENTU VE VODNÍCH NÁDRŽÍCH – ZPŮSOBY NAKLÁDÁNÍ SE SEDIMENTEM, PŘETVOŘENÍ SEDIMENTU DO VÝROBKU – STABILIZOVANÝ SOLIDIFIKÁT	
Jaroslav Vrzák, Jakub Borovec, Jiří Jan	181

LOGISTICKÉ ZAJIŠTĚNÍ POTÁPĚČSKÝCH PRACÍ PRO HLOUBKY DO 40 M

M. Hatač

Soudní znalec pro potápění a autorizovaná osoba pro profesní kvalifikace Potápěč pracovní a Potápěč operátor, Česká republika

1. POTÁPĚČSKÉ PRÁCE NAD HLADINOU – SERVISNÍ A PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

1.1 ČINNOST PRACOVNÍ SKUPINY NA POTÁPĚČSKÉ ZÁKLADNĚ PŘED VÝJEZDEM

➤ Projednání zakázky - administrativa: Převzetí dokumentace od zadavatele, (objednávka - SoD - předání a převzetí rizik - povodňový a havarijní plán - výkresová dokumentace - dokumenty k BOZP - PO - OŽP).

➤ Příprava pracovních postupů - vypracování technologického a pracovního postupu a zajištění plánu BOZP - určení vedoucího potápěče a jeho zástupce - určení pracovníků s potřebnými oprávněními (potápěč pracovní - potápěč operátor - vazač břemen - jeřábík - míchač plynů apod.).

➤ Výpočet a stanovení dekompresních postupů pro optimální poměr pracovních časů a dekompresních časů pod vodou. (Pro hloubku 40 m - pracovní čas na dně 45 minut (5 minut sestup + 40 minut práce na dně) - čas pro výstup se stupňovitou dekompresí s NITROX 40% - 75 minut - celková doba ponoru 120 minut. (Dekompresce při použití vzduchu by pro tento 45minutový ponor trvala 177 minut) - téměř 3 hodiny! Pro tyto hloubky je efektivnější zkrátit čas na dně a střídát více potápěčů - pro čas na dně 35 minut je dekompresce s NITROX 40% 40 minut a celková doba ponoru 75 minut. Při zkrácení času na dně o 5 minut se zkrátí doba dekompresce o 30 ztrátových minut - při 4 ponorech za směnu je úspora ztrátového času 2 hodiny za směnu. Pro přestrojování při střídání potápěčů je nutno připočítat cca 30 minut na každý ponor).

➤ Výpočet a stanovení spotřeby plynů pro dýchání, a to stlačeného vzduchu a směsi NITROX - 40% kyslíku a 60% dusíku dle ČSN EN 139 49).

➤ Plnění potápěčských přístrojů vysokotlakým kompresorem stlačeným vzduchem, dle ČSN EN 12021 - cca 50 000 litrů pro jednu směnu.

➤ Zajištění kyslíku pro dýchání, včetně míchání dekompresních směsí NITROX 40% dle ČSN EN 139 49 (20 000 litrů pro 1 den) – odborně způsobilá osoba Gas Blender - míchač plynů pro dýchání.

➤ Příprava dekompresní komory: Plnění tlakových lahví dekompresní komory stlačeným vzduchem - (cca 24 000 litrů) zajištění a naložení zásoby kyslíku pro dýchání - nabíjení akumulátorů - kontrola všech systémů DK.

➤ Tankování a příprava vozidla s dekompresní komorou a mobilní potápěčské základny.

➤ Tankování a příprava servisního a dalších vozidel pro dopravu plavidla a dalšího vybavení.

➤ Tankování provozních kapalin pro lodní motor, stavební kompresor, elektrocentrálu, hydraulickou pohonnou jednotku apod.

➤ Naložení plavidla a lodního motoru na dopravní prostředky.

➤ Příprava video a foto techniky, kontrola stavu a nabíjení akumulátorů.

➤ Příprava a nabíjení akumulátorů pro potápěčské telefony, video systémy a další komunikační techniku, vysílačky apod.

➤ Kontrola stavu a funkce potápěčské techniky před použitím, dle pokynů výrobce. (Kontrola stavu a funkce potápěčské výstroje a potápěčských přístrojů, je na základě právního předpisu povinnost provozovatele provádět před každým použitím.) Výstroj pro daný ponor pracovního potápěče vždy určí vedoucí potápěč na základě technologického a pracovního postupu a podmínek na pracovišti. Určená výstroj nesmí být v rozporu s platnými technickými normami a dalšími právními předpisy.

1.2 SEZNAM VÝSTROJE A TECHNIKY PRACOVNÍCH POTÁPĚČŮ PRO DANOU AKCI

Pro danou akci je nutné nasazení minimálně 4 pracovních potápěčů

- 4 x Hygienické a izolační prádlo pod suchý potápěčský oblek
- 4 x Hygienické a izolační ponožky do bot suchého potápěčského obleku
- 4 x Suchý nafukovací potápěčský ochranný oblek
- 4 x Pracovní ochranné rukavice neoprenové, nebo vhodné do vody
- 4 x Pracovní ochranná přilba vhodná do vody
- 4 x Ploutve, nebo pracovní potápěčská obuv vhodná do vody
- 4 x Potápěčský nůž
- 2 x Potápěčská přilba s přívodem dýchacích plynů (dle typu ponorů)
- 2 x Celoobličejová maska s dýchací automatikou a přidavným ventilem stálé dávky dýchacích plynů (dle typu ponorů)
- 1 x Hadicový dýchací systém s přívodem plynů pro dýchání nad hladinou a rezervou plynů pro dýchání nesenou potápěčem pod vodou
- 1 x Kyslíkový oživovací přístroj s dostatečnou zásobou kyslíku
- 1 x Prostředky pro poskytnutí první pomoci
- 1 x Technické prostředky pro komunikaci s lékařem specialistou
- 2 x Potápěčský komunikační systém - potápěčský telefon
- 2 x Potápěčská maska (záložní)
- 2 x Dekompresní počítač nebo hloubkoměr
- 2 x Kompenzátor vzlaku typu křídlo nebo žaket
- 2 x Autonomní potápěčský dýchací přístroj dle ČSN EN 250
- 2 x Kompas (je-li to účelné)
- 7 x Vodotěsná světla (kabelová - záložní - foto a video)
- 1 x UW foto systém
- 1 x UW video systém
- 4 x Zátěžový systém

1.3 NALOŽENÍ URČENÉ TECHNIKY A ZAŘÍZENÍ

- Naložení tlakových lahví s dýchacími plyny do dopravních prostředků.
- Naložení potápěčské a další techniky, včetně pracovních ochranných prostředků (pracovní záchranné vesty a postroje - jisticí prostředky - bezpečnostní lana a karabiny apod.).
- Kontrola a naložení vázacích a zvedacích prostředků (lan, karabin, úvazků, spojovacích prostředků apod.).
- Určení a naložení nářadí a nástrojů pro práci pod vodou (zámečnické a stavební nářadí, vrtací technika, stavební nástroje, svařovací technika, elektrody apod.).

- Připojení a doprava dekompresní komory na pracoviště.
- Doprava potápěčské a další techniky a plavidla na pracoviště.

2. ČINNOST PRACOVNÍ SKUPINY NA PRACOVIŠTI POTÁPĚČŮ NAD HLADINOU

- Vstupní administrativa - písemné převzetí a předání pracoviště, zápisy do stavebního deníku. Prokazatelné (podepsané) seznámení všech pracovníků s technologickým a pracovním postupem, s prevencí rizik, plánem BOZP, místními předpisy a riziky, včetně školení o PO, OŽP.
- Seznámení všech pracovníků s činnostmi při mimořádné situaci.
- Zajištění technických prostředků pro přivolání zdravotnické záchranné služby.
- Zajištění pohotovosti lékaře specialisty - ověření hlasového spojení.
- Určení místa pro zřízení potápěčského pracoviště s ohledem na bezpečnost potápěčů.
- Zajištění zákazu výkonu jiných činností v ohroženém prostoru potápěčských prací.
- Uvedení dekompresní komory do pohotovostního stavu.
- Složení a montáž plavidla a přesun na vodní plochu - připojení lodního motoru a kotevnic a vazacích prostředků.
- Určení pracovního postupu potápěčů a určení stupně ustrojení jisticího potápěče (při většině pracovních ponorů je bezpečnější a efektivnější práce pouze 1 potápěče pod hladinou a střídání potápěčů).
- Instalace potápěčské dýhací hadicové techniky, včetně distribučních panelů pro dýchací plyny, komunikačních audio a video prostředků, kyslíkového oživovacího přístroje, prostředků pro poskytnutí první pomoci, tlakových lahví s dýchacími plyny, záložního dýchacího přístroje a dalšího potřebného vybavení.
- Doprava plavidlem na místo sestupu.
- Zajištění komunikace s obsluhou potápěčských zařízení na břehu.
- Zajištění (zakotvení) a vyvázání plavidla nad místem sestupů.
- Sestavení hadicových dýchacích systémů, včetně analýzy plynů.
- Ustrojení pracovního a jisticího potápěče, včetně ověření funkce hlavních i záložních systémů.

2.1 ČINNOST POTÁPĚČŮ NA PRACOVIŠTI POD HLADINOU DO HLOUBKY PRACÍ 40 METRŮ

- Instalace sestupového lana, včetně instalace dekompresního zajištění potápěčů.
- Průzkum pracoviště pod vodou pro stanovení konkrétního pracovního postupu.
- Instalace pracovních potápěčských zařízení a techniky pod vodou.
- Provedení potápěčských prací dle zadání (průzkumné, montážní, stavební a další potápěčské práce).
- Demontáž a vyzvednutí potápěčských zařízení a techniky na povrch.
- Úklid pracoviště pod vodou a kontrola stavu pracoviště.
- Pořízení video a fotodokumentace pod vodou.
- Uvolnění a vytažení sestupového lana včetně dekompresního zajištění potápěčů.

2.2 ČINNOST PRACOVNÍ SKUPINY NA PRACOVIŠTI NAD HLADINOU – SERVISNÍ A LIKVIDAČNÍ

- Demontáž a naložení potápěčských a pracovních zařízení a další techniky do dopravních prostředků.
- Demontáž a naložení plavidla na nákladní přívěs.

- Uvedení dekompresní komory do transportního stavu.
- Úklid pracoviště.
- Přesun techniky na potápěčskou základnu.
- Závěrečná administrativa na pracovišti: Předání pracoviště, včetně zápisů do stavebního deníku a další administrativy.

3. ČINNOST PRACOVNÍ SKUPINY PO NÁVRATU NA POTÁPĚČSKOU ZÁKLADNU – SERVISNÍ

- Vyrožení dopravních prostředků a další techniky.
- Ošetření, úklid a uložení potápěčské a další techniky.
- Zaparkování a uložení dekompresní základny a dopravních prostředků.
- Závěrečná administrativa na potápěčské základně: Vypracování závěrečné technické zprávy, zhotovení výkresové dokumentace skutečného stavu, zpracování video a foto dokumentace apod.
- Předání dokumentů a souvisejících náležitostí dle SOD zadavateli.
- Účetní administrativa.

4. ZÁVĚR

Výše uvedené potápěčské práce pod hladinou mohou v České republice vykonávat pouze odborně a zdravotně způsobilé osoby – potápěči s profesní kvalifikací Potápěč pracovní a potápěčské práce nad hladinou, včetně funkce vedoucího potápěče, může vykonávat též osoba s profesní kvalifikací Potápěč operátor.

Miloslav Haták

Soudní znalec pro potápění a autorizovaná osoba pro profesní kvalifikace Potápěč pracovní a Potápěč operátor

humpolickova@potapecska.cz

REKONSTRUKCE PROVIZORNÍCH DRÁŽEK PRO SV A SEGMENT VD SKALKA

P. Machytka

Potápěčská stanice, a.s., Česká republika

ABSTRAKT: Účelem této práce je přiblížit odborné společnosti řešení a postup prací při výměně funkčních částí provizorních drážek na vodním díle Skalka. Cílem práce je zhodnocení navrhovaných technologických postupů dle schválené projektové dokumentace a provedených technických a technologických postupů použitých při samotné realizaci rekonstrukce vodního díla. Popis činností při provádění potápěčských prací v hyperbarickém prostředí u montážních a demontážních prací. Osvětlit nová technicky a technologicky proveditelná řešení s ohledem na efektivitu náročnosti prováděných prací. V závěru bych rád zhodnotil použité technologie, které pomohly dokončit projekt rekonstrukcí funkčních částí na vodních dílech.

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE INVESTORA, PROJEKTANTA A ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

Investor: Povodí Ohře, s.p.

Projektant: Ing. Báník - Vodotika, a.s.

Údaje o stavbě: VD Skalka, Katastrální území Cheb

Popis a účel stavby: Hlavním účelem vodního díla Skalka je v součinnosti s VD Jesenice kompenzační nadlpení průtoků v Ohři. Částečná ochrana území pod hrází před povodněmi a likvidace následků havarijního zhoršení jakosti vody v toku Ohře. Předmětem rekonstrukce je výměna drážek provizorního hrazení na objektu SV a segmentu. Výměnou se rozumí kompletní náhrada bočního kovového vedení se stejnou geometrií, aby na zahrazení mohly být použity stávající hradidla.

1. ÚVOD

Celý projekt byl rozdělen do několika etap. Výroba ocelových provizorních drážek před objektem SV a segmentu. Výroba nových ocelových nerezových drážek. Vybourávání prostoru do bočních návodních křídel pro osazení provizorních drážek. Montáž ocelových provizorních drážek před objektem SV pomocí potápěčské techniky a vytvoření tak ohrádky pro zahrazení suché jímky. Bourací práce ve vytvořených suchých jímkách, demontáž ocelových částí původních drážek, demontáž staticky nevyhovujících vodorovných nosníků pro vodorovné česle. Montáž nových nerezových drážek a provedení obetonování nových nerezových drážek. Montáž nových vodorovných nosníků pro vodorovné česle u obou komor SV. Osazení nových nerezových dosedacích a těsnících prahů drážek. Osazení nových nerezových těsnících ploch rámu vtoku do SV u obou komor. Nátěry potrubí SV u obou vtoků. Demontáž provizorních ocelových drážek před objektem SV a segmentu pomocí potápěčské techniky. Začištění objektu po konstrukčních kotvách provizorních drážek. Zabetonování vybouraných nik po odstranění provizorních drážek (vrácení do původního stavu).

2. TECHNICKÁ ZPRÁVA, NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE

2.1 NAVRHOVANÝ STAV, POSTUP PRACÍ

Z důvodů nevyhovujícího technického stavu ocelových bočních vodicích drážek pro provizorní hrzení se přistoupilo k jeho kompletní výměně za nové nerezové drážky u objektu SV a segmentu. Výměna drážek probíhala na suchu, při zahrazeném vtoku SV a segmentu v jednotlivých technologických etapách. Celý projekt byl náročný z pohledu použité techniky, jednotlivých technologických kroků a časové náročnosti. Zároveň musela být zajištěna bezpečnost a provozuschopnost vodního díla, z hlediska provozovatele, zachování manipulačního řádu a dále i na situaci havarijního a povodňového stavu.

Z hlediska proveditelnosti bourání a následného osazení nových vedení pro hradla byla navržena výroba a osazení provizorních drážek v předpolí betonových pilířů.



Obrázek 1: Pohled na provizorní drážky osazené v předpolí SV a segmentu na betonových pilířích.

2.2 KONSTRUKCE OHRÁDKY

Konstrukce ohrádky byla navržena z válcových profilů. Jednotlivé prvky konstrukce byly sestaveny do požadovaného geometrického tvaru tak, aby bylo možné využít původní hradla při hrzení ohrádky. Jednotlivé prvky ohrádky byly osazovány po jednotlivých dílech pomocí autojeřábu AD20.2 za asistence potápěčů, kteří prováděli samotnou montáž a kotvení dílů ohrádky na betonové pilíře pod vodou.

2.2.1 Kotvení provizorních drážek ohrádky, potápěčské práce.

Vzájemné spojení dílů ohrádky bylo provedeno na přírubách pomocí šroubových spojů s aplikací těsnící hmoty Sika. Kotvení jednotlivých dílů ohrádky bylo provedeno pomocí pevnostních ocelových kotev osazených do chemické malty, ve vývrtné hloubky 300 mm. Tyto práce zahrnovaly osazení dílů ohrádky, rektifikace a dodržení osové vzdálenosti pro použití původních hradidel a vrtání otvorů pro kotvy pomocí příklepové důlní vrtačky o Ø 35 mm. Vypalování ocelové výztuže ve vývrtech pomocí ultratermických tyčí, pro osazování kotev na určenou hloubku v betonové konstrukci pilířů. Aplikace chemické malty pomocí pneumatické vytlačovací pistole pod vodu a osazení kotev. Následně byla celá osazená konstrukce připevněna dotažením matic.

2.2.2 Utěsnění konstrukce ohrádky.

Původní návrh svislého zatěsnění ohrádky k betonovému pilíři bylo navrženo přitlačením pryžového profilu a zalitím rychletuhnoucí maltou po etapách a vyplnění prostoru mezi vnitřní betonovou plochou a ocelovou konstrukcí drážky. Dodatečné doinjektování spoje v případě průsaků - ze suché strany 2-komp.injektážní polyuretanová pryskyřice.

Vzhledem k velkým nerovnostem na betonovém povrchu každého z pilířů nebylo možné použít navrhovaný postup. Pro utěsnění velkých nerovností byla použita pásová pevnostní guma, která byla připevněna pomocí matic a ocelové pásoviny k drážce, druhá strana přes ocelovou pásovinu vruty do betonového povrchu pilíře.



Obrázek 2: Pohled na osazené těsnění provizorních drážek ohrázky na betonových pilířích.

2.2.3 Osazení dosedacího prahu a provedení betonáže prahu

Po osazení provizorních drážek byl osazen na dně v předpolí každého vtoku dosedací a těsnící ocelový práh, který byl obetonován na šířku provizorních drážek ohrázky do bednění. K dopravě betonové směsi určené pro ukládání pod vodní hladinou bylo použito dopravní mobilní čerpadlo Schwing. Toto zařízení nám spolu s přísadou proti rozplavení betonu dovoluje kvalitativně ukládat betonové směsi pod vodní hladinou. Tento krok zajišťoval bezpečné utěsnění průsaků u nově prodlouženého dna a zároveň plochu k vodorovnému dosednutí hradel tabulí.

2.2.4 Zahrazení ohrázky

Na zahrazení ohrázky bylo použito stávající hradidla určená pro VD Skalka. Při přehrazování v ohrázce z pravého a levého vtoku byl používán k práci autojeřáb AD 20.2 ustavený na korunu hráze a práce probíhaly za asistence potápěčů.



Obrázek 3: Zavěšené hradidlo při přehrazování vtoků v provizorní ohrázce.

3. BOURACÍ PRÁCE

Po vyčerpání jímky bylo možné postavit pracovní lešení po celé výšce objektu tak, aby mohly být zahájeny bourací a paličské práce na starých drážkách 1. a 2. řady. Bourání probíhalo od koruny hráze směrem ke dnu. Postupně docházelo k upalování starých konstrukcí drážek. Vybouraná betonová suť byla postupně v bednách vyzvednuta pomocí jeřábu ze dna jímky a odvezena k likvidaci. K bouracím pracím byla použita vzduchová sbíjecí kladiva. Tato část stavby byla fyzicky a časově náročná s ohledem na bezpečnost a hygienické normy. Během těchto prací byly odstraněny 2 ks vodorovných nosníků v každém vtoku do SV z důvodů

nevyhovující statiky pro vodorovné česle. Nové nosníky byly namontovány a osazeny na nerezové kotvy osazené na chemickou maltu. V následných etapách již nebylo použito pracovní lešení pro bourací práce. Vzhledem ke skutečnostem, kdy byla zjištěna pevnost betonu C30/35, bylo přistoupeno k technologii bourání z pohyblivé pracovní plošiny o nosnosti 3000 kg pomocí hydraulického bouracího kladiva osazeného na stavebním stroji Takeuchi TB 216. Tato technologie bourání nám zajistila přenos náročné lidské fyzické práce na výkonný stavební stroj, který může pracovat i v takto složitých podmínkách. Stavební stroj byl využit i k nakládání vybourané betonové suť na dně v prostoru spodních výpustí.



Obrázek 4: Pohled z prostoru SV na postavené pracovní lešení.



Obrázek 5: Pohled na pracovní plošinu s pracovním bouracím strojem Takeuchi TB216 změna techniky i technologie bourání.



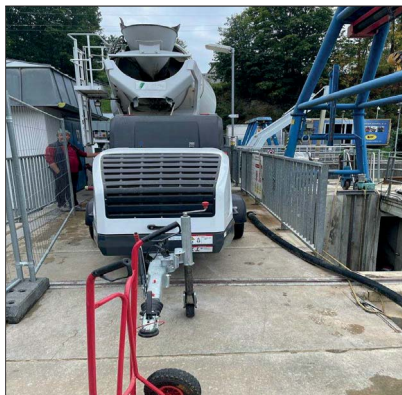
Obrázek 6: Nakládání vybourané betonové suť pomocí pracovního stroje Takeuchi TB216 v prostoru spodních výpustí (pohled z potrubí SV).

3.1 OSAZENÍ NOVÝCH NEREZOVÝCH DRÁŽEK

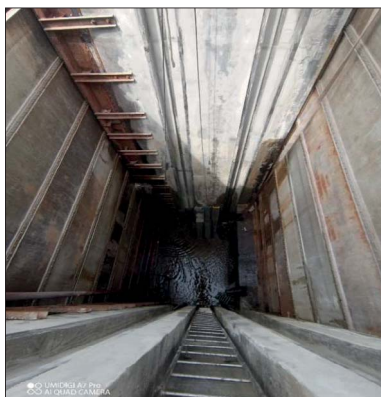
Do vybouraného prostoru po původních drážkách byly osazeny nové nerezové drážky. K manipulaci a osazování nových drážek byl použit z koruny hráze speciální pavoučí jeřáb Unic 95. Nové drážky byly přikotveny k betonové konstrukci pomocí kotev osazených na chemickou maltu. Pomocí rektifikačních šroubů byla zajištěna správná poloha bočního vedení. Následně byly nové drážky přikotveny pomocí betonářské výztuže k původní výztuži objektu. Po celkové rektifikaci a fixaci nových drážek byla postupně prováděna betonáž po částech. Beton byl ukládán do bednění pomocí čerpadla na beton Schwing z koruny hráze.



Obrázek 7: Montáž nových nerezových drážek pomocí pavoučího jeřábu UNIC 95.



Obrázek 8: Betonáž pomocí betonové pumpy Schwing.



Obrázek 9: Pohled na nové nerezové drážky provizorního hrzení.

4. DEMONTÁŽ PROVIZORNÍ OHRÁDKY

Po provedení výměny 1. a 2. řady drážek u obou vtoku do SV bylo přistoupeno k odstranění provizorní konstrukce drážek ohrázky. Demontáž byla prováděna pomocí potápěčské techniky, kdy byla postupně demontována těsnící pásová guma mezi objektem a drážkou. Demontovány byly postupně šroubové spoje na přírubách drážek. Pomocí ultratermických tyčí byly upáleny veškeré kotevní prvky a jednotlivé díly drážek postupně vytahovány z vody pomocí autojeřábu AD20.2. Poslední 3 díly, které byly zapuštěny do nově vybudovaného prahu bylo nutné u dna upálit a teprve po uvolnění vyzvednout na hladinu. Veškeré kotvy nutné k upevnění provizorní konstrukce ohrázky byly vypáleny tak, aby vznikla minimální krycí vrstva 50 mm nového opravného betonu ve vývrtech. Do původního stavu byla zabetonována boční návodní křídla, která byla vybourána pro osazení krajních provizorních drážek ohrázky. Ukládání betonu do bednění bylo provedeno pomocí čerpáním betonu z betonové pumpy umístěné na koruně hráze. K betonázím pod vodní hladinou byl použit speciální beton určený pro betonáž pod vodou.

5. ZÁVĚR

Cílem rekonstrukce je dlouhodobé zajištění funkčních částí objektu SV a segmentu, které mají přímý vliv na bezpečnostní prvky a provozní řád vodního díla. V průběhu samotné stavby docházelo ke změnám, jak navrženým technologickým, ale také především v použití techniky. Největším přínosem byla změna provedení těsnění na konstrukci drážek ohrázky z pohledu technologického a změna technologie a techniky v bourání, kdy byla použita pohyblivá pracovní plošina s pracovním strojem Takeuchi TB216. Nedílnou technikou byl také speciální pavoučí jeřáb Unic 95, který pro své speciální vlastnosti mohl pracovat i na úzké koruně hráze. Následně získané zkušenosti lze praktikovat u podobných rekonstrukcí stejného charakteru.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval za úzkou spolupráci pracovníkům Povodí Ohře s.p. přímo dohlížející nad realizací rekonstrukce VD Skalka.

P. Machytka

Potápěčská stanice, a.s.

humpolickova@potapecska.cz

VS PALCMANSKÁ MAŠA – REVÍZIA A ÚDRŽBA HYDROTECHNICKÝCH ZARIADENÍ

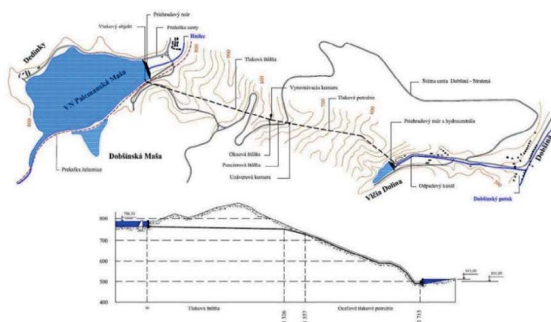
D. Mydla, B. Písečná & P. Kačmár

*Slovenský vodohospodársky podnik š. p., Povodie Hornádu, odštepný závod,
Slovenská republika*

ABSTRAKT: Akumulačná nádrž Palcmanská Maša bola uvedená do prevádzky v roku 1954 ako hlavný hydrotechnický prvok hydroenergetickej sústavy vodných stavieb Dobšiná. V súvislosti s plánovanou odstávkou (2019) prečerpávacej vodnej elektrárne Vlčia Dolina, ktorá tvorí hlavný energetický článok tejto sústavy, vykonal správca sústavy - SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK š. p., Banská Štiavnica, Povodie Hornádu, odšpeťný závod Košice, v období rokov 2017 – 2018, rad opatrení zameraných na preukázanie spoľahlivosti v oblasti jej bezpečnej prevádzky. Jedným z opatrení realizovaných pred plánovanou odstávkou bolo preverenie a repasácia uzáveru dnového výpustu, za pomoci na mieru vyrobeného špeciálneho ponorného uzáveru vznášajúceho sa pod hladinou, ktorý bol umiestnený v hĺbke 20 m za pomoci potápačov. Pod ochranou tohto provízorého hradenia bolo možné vykonať opravu dnového výpustu bez potreby výrazného znížovania hladiny v nádrži, alebo jej vypustenia. Súčasťou realizovaných opatrení bolo aj komplexné posúdenie návodnej hradiacej tabule vtokového odberného objektu na prečerpávaciu vodnú elektráreň Vlčia Dolina. Posúdenie tabule z hľadiska jej bezpečnosti bolo zamerané na numerické modelovanie namáhania počas prevádzky pri najvyššej hladine vody, meranie hodnôt zvyškových napätí, meranie napätí počas prevádzky a superpozície ich účinku. Predmetom príspevku je priebeh a závery realizovaných opatrení.

1. ÚVOD

Sústava vodných stavieb Dobšiná je situovaná v západnej časti Volovských vrchov v povodí Hnilca a Slanej, na juhovýchodnom okraji Slovenského raja. Predstavuje hydroenergetickú sústavu, ktorá na výrobu špičkovej elektrickej energie využíva prietoky Hnilca prevádzané do povodia Slanej, čím sa energeticky zhodnocuje veľký výškový rozdiel medzi údolím Hnilca a údolím Dobšinského potoka. Sústava pozostáva z troch hlavných celkov: akumulačnej nádrže Palmanská Maša, záchytnej nádrže s vodnou elektrárnou vo Vlčej Doline a vyrovnávacej nádrže Dobšiná. Maximálny výškový rozdiel medzi týmito nádržami predstavuje 285 m.



Obrázok 1: Schéma sústavy vodných stavieb Dobšiná.

Vodná nádrž Palcmanská Maša vznikla vybudováním betonovéj gravitačnej priehrady v roku 1954 na Hnilci v rkm 71,350. Betónový priehradný múr vysoký 31 m a dlhý 209 m pozostáva zo sedemnástich blokov o šírke 9 až 15 m. Funkčný blok priehrady je umiestnený v strede údolia. Tvorí ho hradený (klapkový) korunový priepad s kapacitou 85 m³/s a dva dnové výpusty s kapacitou 2 x 16,5 m³/s. Prívod vody k vodnej elektrárni pozostáva z vtokového objektu a tlakového privádzača.



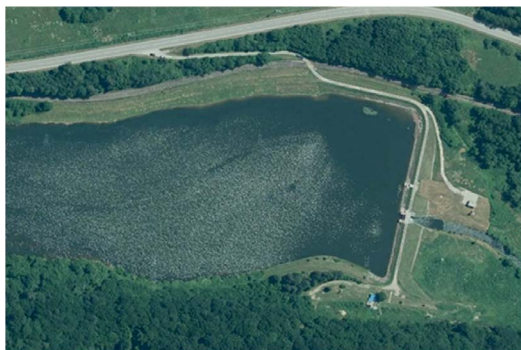
Obrázok 2: Vodná stavba Palcmanská Maša.

Účelom nádrže vo Vlčej doline je energetické využitie, vytvorenie objemu pre spätné prečerpávanie do akumulačnej nádrže Palcmanská Maša a pre nízkotlakovú turbínu. Vo vodnej elektrárni, ktorá je súčasťou priehrady na vzdušnej strane, sú inštalované dva vysokotlakové agregáty zložené z Francisovej turbíny, generátora a čerpadla. Turbíny pracujú v rozmedzí spádov 258 až 285 m s hltnosťou 2 x 4,5 m³/s. Centrifúgové horizontálne čerpadlá majú kapacitu 2,5 m³/s.



Obrázok 3: Vodná stavba Vlčia Dolina.

Vodná nádrž Dobšíná je situovaná v údolí Dobšinského potoka a jej účelom je vyrovnávať prietoky na Dobšinskom potoku s ohľadom na prevádzku nízkotlakovej vodnej elektrárne vo Vlčej doline. Od roku 2013 bolo využitie vodnej stavby rozšírené o výrobu elektrickej energie malou vodnou elektrárnou. Hlavným objektom vodnej stavby je nízka sypaná hrádza s funkčnými objektami dlhá 193,6 m a vysoká 7,5 m.



Obrázok 4: Vodná stavba Dobšíná.

V súvislosti s odstávkou prečerpávacej vodnej elektrárne (PVE) Vlčia Dolina z dôvodu opravy klapkových rýchlozáverov, ktorá bola naplánovaná v roku 2019, vykonal správca sústavy - SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK š. p., Banská Štiavnica, Povodie Hornádu, odštepny závod Košice, v období rokov 2017 – 2018, rad opatrení zameraných na preukázanie spoľahlivosti v oblasti jej bezpečnej prevádzky. Predmetom príspevku je poukázať na možnosť využitia ponorného provizórneho hradenia na dočasné uzatvorenie dnového výpustu na VS Palcmanská Maša a prezentovať výsledky komplexného posúdenia návodnej hradiacej tabule vtokového odberného objektu na prečerpávaciu vodnú elektrárňu Vlčia Dolina.

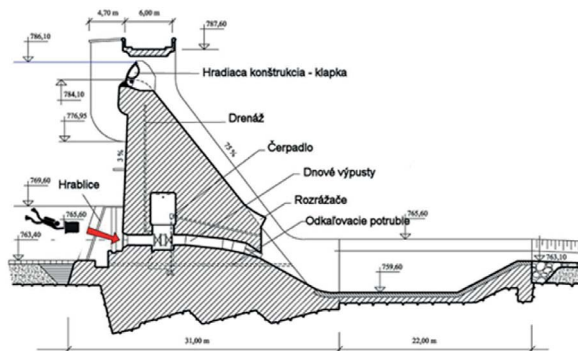
V rámci samotnej odstávky PVE bolo následne správcom sústavy vodných stavieb:

- zrealizované dotesnenie injekčnej clony v pravostrannom zaviazaní hrádze vodnej stavby,
 - po dotesnení injekčnej clony bolo vykonané kompletne geofyzikálne meranie z dôvodu overenia účinnosti sanačných opatrení.
 - zrealizovaná diagnostika privádzacieho potrubia k VE, podľa jej záverov bol stav potrubia posúdený ako veľmi dobrý. V rámci diagnostiky bol preverený stav hrabíc na rozhraní betónovej a ocelevej časti privádzača.
- zo záchytnej nádrže vo Vlčej Doline boli odstránené sedimenty v celkovom objeme cca 10 000 m³ a bola opravená prehrádzka na zachytávanie sedimentov.

1.1 OPRAVA DNOVÝCH VÝPUSTOV NA VODNEJ STAVBE PALCMANSKÁ MAŠA POMOCOU PONORNÉHO PROVIZÓRNEHO HRADENIA

Na dočasné uzatvorenie vtokov dnových výpustov, turbín, odberných potrubí a pod. pri opravách technologických zariadení sa používa tzv. provizórne hradenie, ktoré v súčasnosti tvorí bežnú súčasť vybavenia priehrad. Avšak na vodnej stavbe Palcmanská Maša, vybudovanej v rokoch 1950 až 1954, nebol navrhnutý spôsob provizórneho zahradenia dnových výpustov.

Z dôvodu potreby realizácie opravy návodných uzáverov dnových výpustov boli na provizórne zahradenie vtokov vyrobené špeciálne ponorné uzávery, ktorých inštalácia v hĺbke cca 20 m je ale možná iba za podpory potápačov.



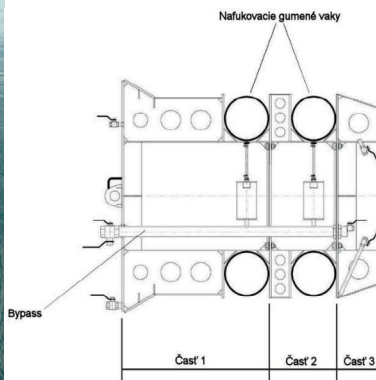
Obrázok 5: Priečny rez hrádzou VS Palmanská Maša.

1.2 PONORNÉ PROVIZÓRNE HRADENIE PPH-1200

Ponorné provizórne hradenie PPH-1200, je jednoúčelové zariadenie určené na uzavretie kruhových vtokových otvorov priehrad a vodných diel s vysokým stupňom tesnosti a s dôrazom na vysokú bezpečnosť. Je tvorené trojdielnou nezávislou sústavou hradiacich elementov. Hradenie bolo navrhnuté tak aby spĺňalo podmienky dvojitého hradenia vodných diel. PPH-1200 je pod vodnou hladinou voľne plávajúce (po hydrostatickom vyvážení komôr vznášajúce sa) zariadenie.

Základné uzavretie otvoru zabezpečuje masívny kužeľový element (časť 1) s vystuženou škrupinovou konštrukciou. Predstavuje hlavný bezpečnostný základ hradenia. V prípade akéhokoľvek poškodenia, alebo poruchy ostatných dvoch hradiacich elementov umožňuje trvalé spoľahlivé uzavretie vtoku.

Za hlavným kužeľom nadväzuje na sebe nezávislých dvojica nafukovacích gumených vakov (časť 2). Tieto vaky sú nafukované osobitným tlakovým príivodom vzduchu z oboch strán. Stredom PPH-1200 prechádza ventilom ovládateľný bypass, ktorý slúži na vyrovnanie tlakov v potrubí a jednoduchšie uvoľnenie zariadenia z otvoru.



Obrázok 6: Manipulácia s provizórnym hradením a schéma zariadenia.

Technické parametre provizórneho hradenia:

Hradenie použiteľné pre kruhové otvory

$\phi 1200 \text{ mm} \pm 25$

Bezpečná prevádzková hĺbka ponoru vodného stĺpca

30m

Maximálne možné vzniknuté zaťaženie na podklad vstupného otvoru

400kN (40,6t)

Max. rozdiel tlakov medzi komorami vakov

0,2MPa

Prevádzková teplota (voda)

1 až 60°C

Rozmery:

Maximálny priemer

$\phi 1300 \text{ mm}$

Pracovný priemer telesa

1135 mm

Maximálna dĺžka

1540 mm

Suchá hmotnosť PPH-1200

890 kg

1.3 MANIPULÁCIA S PROVIZÓRNÝM HRADENÍM

Zariadenie je navrhnuté tak, aby umožňovalo čo najjednoduchšiu a najefektívnejšiu manipuláciu, aby bolo zabezpečené jeho bezpečné umiestnenie na určené miesto a mohlo spoľahlivo plniť svoj účel. Základné kroky pri manipulácii s provizórnym hradením:

- **Vyváženie** - zariadenie musí byť starostlivo položené na vodu žeriavom. Potom je potrebné uvoľniť zvyškový vzduch z oboch gumových vakov.
- **Ponorenie** - potápač mierne ťahá hradenie do požadovanej hĺbky za sústavného sledovania vyváženia hradenia tak, aby plávalo v požadovanej úrovni.
- **Vloženie hradenia do otvoru** - pred vložením hradenia musí potápač skontrolovať otvor, jeho geometrický tvar a čistotu. Počas technických prác potápača a manipulácie zariadenia nesmie byť v potrubí žiaden prietok
- **Upevnenie a centrovanie polohy**. Po usadení hradenia do otvoru potrubia sa uzavrie bypass, aby sa vplyvom úbytku tlaku dotlačilo a utesnilo v mieste styku kužeľovej plochy a vstupného otvoru. Hlavná hradiaca sila musí byť realizovaná prvým kužeľovým stupňom hradenia.
- **Uzatvorenie** - následne sa nafúkne predný a zadný gumový vak.
- **Testovanie** - skúška hradenia sa vykoná otvorením dnových výpustov nie viac ako 3 až 5%, aby nedošlo v prípade nesprávneho uzatvorenia k nekontrolovanému vypúšťaniu vody.

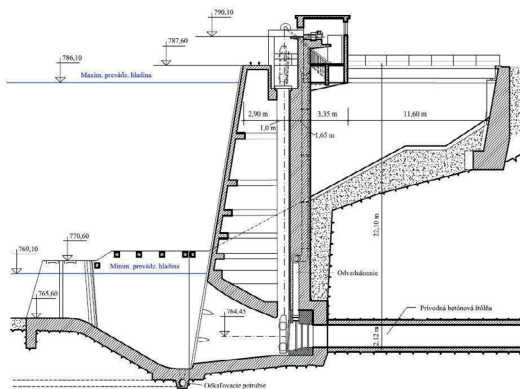
- Uvoľnenie hradenia – po ukončení prác, musí byť dnový výpusť uzavretý. Potápač otvorí ventily gumových vakov a ventil obtoku. Po vyvážení tlakov potápač uvoľní hradenie z hradeného otvoru a načerpaním vzduchu do komôr, dôjde k jeho vznášaniu a následnému vytiahnutiu.

Aby bola zachovaná prevádzkyschopnosť vodnej stavby Palcmanská Maša, bolo nevyhnutné realizovať opravu dnového výpusť. Aby sa zabránilo významným ekonomických dopadom v prípade vypustenia nádrže, správca vodnej stavby zvolil možnosť návrhu, výroby a úspešného použitia ponorného provizórneho hradenia PPH-1200, ktoré na tejto vodnej stavbe absentovalo.

2. POSÚDENIE STAVU TABUĽOVÉHO UZÁVERU ODBERNÉHO OBJEKTU PRE VE VLČIA DOLINA

V súvislosti s odstávkou vodnej elektrárne Vlčia Dolina, správca sústavy vodných stavieb zabezpečil statické posúdenie tabuľového uzáveru vtokového objektu, ktorého spracovateľom bola Strojnícka fakulta Technickej univerzity v Košiciach.

Hradiaca tabuľa uzatvára vtokový otvor do prírodnej štôlny na vodnú elektrárňu vo Vlčej doline. Tabuľa sa dlhodobo nachádza vo vode tesne nad vtokom a je pripravená k okamžitému zatvoreniu. Mechanizmus ovládania hradiacej tabule je umiestnený v domčeku nad vtokom.



Obrázok 7: Rez vtokovým objektom VS Palcmanská Maša.

Hradiaca tabuľa je tvorená zvaranou oceľovou konštrukciou vyplnenou v spodnej časti betónovými blokmi. Rebrá hradiacej tabule tvorené I profilmi sú spojené výstuhami a zo strany potrubia sú kryté oceľovou doskou, na ktorej je upevnené tesnenie s bronzovými tesniacimi lištami. Pohyb tabule je realizovaný dvojicou reťazí upevnených na vahadle, ktoré je pomocou čapu pripojené k hornej časti zvarca tabule.

Pre zabezpečenie statického posúdenia boli vykonané nasledovné činnosti:

- 1) Odber materiálu vo vybraných miestach pre určenie chemického zloženia materiálu a pre vykonanie mechanických skúšok.
- 2) Meranie hrúbok bolo realizované tak, aby namerané údaje poskytli relevantný obraz o hrúbkach jednotlivých prvkov hradiacej tabule. Pomocou sondy sa viacnásobne odmerali hrúbky jednotlivých prvkov hradiacej tabule (pásnic, stojín, výstuh, hrúbky zadnej dosky).
- 3) Kritické miesta na hradiacej tabuli vyplynuli z pevnostného výpočtu, z určenia zvyškových napätí vyvolaných technológiou výroby a predchádzajúcou prevádzkou na základe metódy odvíjania ako aj z merania deformácií a napätí počas prevádzky na piatich miestach konštrukcie.

- 4) Na vybraných miestach (7 smerov) určených na základe pevnostného výpočtu metódou konečných prvkov so zohľadnením meraní zvyškových napätí bolo realizované meranie deformácií a napätí pri prevádzke.
- 5) Pevnostný výpočet návodnej hradiacej tabule vtokového objektu nádrže zahŕňal:
- určenie zaťaženia,
 - analýzu napätosti a deformácie nosných prvkov tabule s použitím metódy konečných prvkov (MKP).

Na základe výsledkov numerického modelovania namáhania počas prevádzky pri najvyššej hladine vody, merania hodnôt zvyškových napätí, merania napätí počas prevádzky a superpozície ich účinku bolo konštatované, že pri súčasnom stave konštrukcie môže byť hradiaca tabuľa bezpečne prevádzkovaná, hoci hladiny výsledných napätí sú vyššie ako sú pri takýchto konštrukciách pripúšťané. V tomto konštatovaní však nie sú zohľadnené skutočnosti vyvolané dynamickými javmi pri spúšťaní, kde môže byť mimoriadny rázový účinok v dôsledku vzpriechenia pri spúšťaní a tiež v dôsledku zastavenia pohybu tabule a jej následného uvoľnenia, ktoré vyvolá výrazný rázový účinok.

3. ZÁVER

V súčasnosti je možné konštatovať, že aj z dôvodu dôslednej prípravy jednotlivých technologických opráv, boli plánované práce ukončené v požadovanom rozsahu. Pre zabezpečenie bezpečnej prevádzky VS je ale potrebné v budúcnosti venovať zvýšenú pozornosť prístupnosti jednotlivých technologických zariadení ako hydrotechnickej výzbroje vodných stavieb.

Ing. Dušan Mydla

+421 55 6008 113, dusan.mydla@svp.sk

Ing. Božena Písečná

+421 55 6008 116, bozena.pisecna@svp.sk

Bc. Peter Kačmár

+421 55 6008 312, peter.kacmar@svp.sk

SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK š. p., Povodie Hornádu, odštepný závod, Ďumbierska 14, 041 59, Košice – mestská časť Sever, Slovenská republika

PRÁCE POTÁPAČSKÉJ SKUPINY SE-VE V RÁMCI ÚDRŽBY NA OBJEKTOCH SLOVENSKÝCH ELEKTRÁRNÍ

P. Ovádek & B. Ježík

Slovenské elektrárne, a.s., závod Vodné elektrárne, Trenčín, Slovenská republika

ABSTRAKT: Potápačská stanica Slovenských elektrární, a.s., závodu Vodné elektrárne Trenčín (SE-VE) vznikla v roku 1967 a je primárne určená k vykonávaniu potápačských prác na zariadeniach a konštrukciách nachádzajúcich sa pod vodou v závode Vodné elektrárne Trenčín. Služi na operatívne zásahy pri likvidácii porúch a závad na technologickom a hydrotechnickom zariadení turbogenerátorov, vrátane ich príslušenstva (vtokové a výtokové objekty atď.) a na ich pravidelné kontroly a prehliadky. Pracovníci potápačskej stanice taktiež vykonávajú práce aj v rámci ďalších závodov Slovenských elektrární, a.s. – Elektrárne Vojany, Atómová elektrárne Mochovce, Atómová elektrárne Jaslovské Bohunice a Elektrárne Nováky. Medzi hlavné činnosti potápačskej stanice patria najmä hradenia, vtokových a výtokových objektov turbogenerátorov pri bežných, generálnych opravách, utesňovania hradiacich tabúl, stavebných, technologických konštrukcií na priehradách, hatiach a vodných stavbách. K významnej časti vykonávaných prác patrí aj čistenie prahov hradidiel, odstraňovanie nánosov z vtokových, výtokových a odbemých objektov vodných stavieb. Okrem toho pracovníci potápačskej stanice spolupracujú pri revíziách hrádzi, hati a vodných stavieb pri prevádzkových hladinách vody. Zároveň má potápačská stanica oprávnenie na školenie a výcvik nových zamestnancov na výkon prác pod vodou. V menšej miere z dôvodu veľkej vyťaženosti vlastných prác v rámci SE, a.s., potápačská skupina SE-VE poskytuje svoje pracovné činnosti aj pre iné organizácie v rámci Slovenska a Čiech. Príspevok popisuje hlavné miľníky v histórii potápačskej stanice a približuje niektoré práce v rámci údržby a riešenia zvláštnych situácií na stavebných a technologických konštrukciách objektov vodných stavieb v správe závodu Vodné elektrárne Trenčín.

1. ÚVOD

Potápačská stanica SE-VE bola zriadená v roku 1967 ako trojčlenná skupina potápačov. Jej členovia odpracovali do roku 1972 pod vodou spolu 420 hodín, čo je úctyhodný výkon, už len z toho pohľadu, že pracovali v klasických ťažkých súpravách ruskej výroby a neskôr v anglických súpravách SIEBE GORMAN. Vzduch sa potápačovi dopravoval cez hadicu pomocou ručnej pumpy, ktorú obsluhovali pracovníci príslušnej elektrárne na ktorej sa práve vykonávali potápačské práce. Kompletná výstroj potápača váži 105 kg, takže po vykonaní práce pod vodou a následnom výstupe na hladinu bola potrebná asistencia pomocných pracovníkov. Bez ich pomoci by sa totiž potápač nedostal na povrch.

V roku 1972 bola na základe rozhodnutia Ministerstva lesného a vodného hospodárstva ČSSR a Ústrednej komisie pre schvaľovanie potápačských staníc v Prahe schválená pre výkon potápačských prác do hĺbky 40 m potápačská stanica Vodných elektrární Trenčín na vodných stavbách vtedajšieho trustu Slovenské energetické podniky, Bratislava (SEP). Vzniká nový päťčlenný profesionálny tím, ktorý pôsobí až dodnes a v aktuálnom počte šesť potápačov vykonáva potápačské práce na zariadeniach a konštrukciách, nachádzajúcich sa pod vodou nielen na vodných stavbách SE-VE. Úlohou potápačskej stanice sú operatívne zásahy pri likvidácii porúch a závad na technologickom a hydrotechnickom zariadení agregátov a ich príslušenstva (vtokové, výtokové objekty a iné), ale aj ich pravidelné kontroly a prehliadky.



Obrázok 1: Príprava potápača na zostup do vody na VE Orava.

Potápačská stanica (dnes už skupina) Vodných elektrární vykonáva potápačské práce aj v rámci ďalších závodov Slovenských elektrární, a.s. – Elektrárňe Vojany, Atómová elektrárňe Mochovce, Atómová elektrárňe Jaslovské Bohunice a Elektrárňe Nováky.

2. POTÁPAČSKÉ PRÁCE

Medzi hlavné činnosti potápačskej skupiny patria najmä hradenia vtokových a výtokových objektov turbín a ich tesnenia pri bežných a generálnych opravách. Ďalej sú to utesňovania stavebných a technologických konštrukcií na priehradách, hatiach a vodných stavbách, čistenie prahov hradidiel a odstraňovanie nánosov z vtokových, výtokových a odberných objektov vodných stavieb. Okrem toho pracovníci potápačskej skupiny spolupracujú pri revíziách hrádzi, hatí a vodných stavieb pri rôznych prevádzkových hladinách vody. Skupina je technicky vybavená na výkon špeciálnych prác pod vodou ako je vŕtanie, brúsenie, zváranie, pálenie apod. Samozrejmosťou je tvorba fotodokumentácie z obhliadok pokiaľ to umožňujú podmienky, hlavne viditeľnosť pod vodou. Zároveň má potápačská skupina oprávnenie na školenie a výcvik nových zamestnancov na výkon prác pod vodou. Všetky tieto vysoko špecializované činnosti sú neustále zdokonaľované pravidelným výcvikom. V menšej miere z dôvodu veľkej vyťaženosti vlastných prác v rámci SE, potápačská skupina SE-VE poskytuje pracovné činnosti aj pre iné organizácie v rámci Slovenska a Čiech.



Obrázok 2: Ukončenie ročného výcviku nového zamestnanca na výkon prác pod vodou a záverečné skúšky na vodnej stavbe Liptovská Mara v roku 2015.

3. RIEŠENIA ZVLÁŠTNÝCH SITUÁCIÍ NA OBJEKTOCH VODNÝCH STAVIEB

Na vodných elektrárnach SE-VE pracovníci potápačskej stanice odpracovali veľké množstvo potápačských prác. Väčšinu z nich tvorili práce priamo súvisiace s hradením turbín pred bežnými opravami ako čistenie prahov hradidiel a odstraňovanie nánosov z vtokových, výtokových a odberných objektov vodných stavieb. V nasledujúcej časti uvádzame príklady skôr netradičnejších prác z pohľadu potápačskej skupiny.

3.1 PROBLÉMY S KOPÝTKOM PRIRASTENÝM

Fenomén kopýtka prirasteného sa v SE-VE prvý krát vyskytol v roku 2000 na vodnej elektrárni Kráľová nad Váhom. O tom, že sa jedná o kopýtka prirastené (*lat. Dreissena polymorpha, syn. Mytilus polymorpha; čes. slávička mnohotvárná; angl. zebra mussel, fr. moule zebra, nem. Zebra-Muschel, pol. racicznica zmienna, maď. vándorkagyló*), teda jeden zo 100 najhorších invázných živočíchov na svete, ktorý zároveň figuruje v zozname 163 najnebezpečnejších invázných druhov Európskej environmentálnej agentúry, ohrozujúcich pôvodné ekosystémy v Európe sme sa dozvedeli na základe ichtiologického prieskumu, ktorý nasledoval ihneď po zistených problémoch. Tento živočích sa pred poslednou dobou ľadovou v hojnom množstve vyskytoval v celej Európe, ale postupné zaťaženie ho vytlačilo do oblastí Azovského a Kaspického mora. Ako sa otepľovala klíma, začala sa od 19. storočia jeho expanzia späť do Európy. V tom istom období už bola v plnom prúde aj priemyselná revolúcia, ktorá postup kopýtka zdanlivo spomalila. Kopýtka je totiž mimoriadne citlivé na znečistenie, čo sa využíva pri tvorbe tzv. biologických výstražných systémov, v ktorých technické prostriedky registrujú reakciu lastúrnika na znečistenie prostredia. So zlepšujúcou sa kvalitou vôd, otepľujúcou sa

klímou a čoraz väčším pohybom ľudí a dopravných prostriedkov medzi kontinentmi, expanzia kopýtka v 80. rokoch 20. storočia opäť pokročila.

Hoci tento mäkkýš dosahuje veľkosť len 3 až 4 centimetre, dokáže spôsobiť nemálo ťažkostí. V začiatkoch sa zdalo, že pri bežnej prevádzke vodných elektrární kopýtka veľmi neprekáža. Keďže hradiace tabule sú počas prevádzky trvale nad vodnou hladinou, kopýtka sa okrem iných častí, prichytávali aj na vedenia hradiacich, alebo rýchlostných tabúl. Pri bežnej prevádzke to nespôsobovalo problémy. Tie nastali počas opráv, alebo havarijných situácií, keď je potrebné zahradiť vtokové, aj výtokové časti elektrární. Niekoľkokrát hradia tabuľa ako taká nemala s niekoľkogramovým kopýtkom ťažkostí. Tie sa začali objavovať popri tom, ako tabuľa klesala smerom k prahu, keď dochádzalo buď k jej vzpričeniu, alebo častejšie k tomu, že tabuľa stierala lastúry kopýtka a tlačila ich pod seba. Vo výsledku sa potom lastúry nahromadili pod tabuľou, ktorá nedosadla na prah a elektrárňu nebolo možné zahradiť. Vrstva lastúr na prahu vodnej elektrárne Kráľová nad Váhom totiž dosahovala výšku 1,0 až 1,5 metra. K slovu sa tak dostali potápači, ktorí museli ručne vyčistiť celý prah v mieste dosadenia tabúl. To spôsobilo až niekoľkodňové zdržanie v rámci opráv a samozrejme straty na výrobe.



Obrázok 3: Lastúry kopýtka prirasteného (*lat. Dreissena polymorpha*, *syn. Mytilus polymorpha*) s vláknami, ktoré vylučuje byssova žľaza, pomocou ktorých sa prichytáva na pevný povrch.

Výskyt kopýtka prirasteného sme doteraz zaznamenali na všetkých elektrárňach južne od Nosíc, ale práve tu dlhodobo spôsobuje najväčšie problémy. Ich postup ďalej na sever (najbližšia VE proti prúdu v Považskej Bystrici je vzdialená len 25 kilometrov) zatiaľ nebol zaznamenaný, každoročne je však zreteľný pribúdajúci počet týchto jedincov. Spolu s kolegami z SVP, š.p., Povodie Váhu, OZ predpokladáme, že kopýtka už kolonizovali celú Nosickú nádrž, hlavne v jej spodnej časti. V prvej etape boja s kopýtkom sme sa sústredili na vedenia

hradiacích tabúl' elektrární patriacich do majetku SE-VE. V najväčšej možnej miere boli vedenia hradidlových a rýchlostných tabúl' na vtokových častiach elektrární na Váhu južne od Nosice ošetrované antivegetatívnymi nátermi, ktoré zabráňujú prichytávaniu kopytka. Nie všade to však bolo možné. Na rozdiel od kanálových elektrární, kde v druhej polovici prvého desaťročia tohto storočia prebehlo periodické vypustenie derivačných kanálov v rámci technicko-bezpečnostných prehliadok a bolo tak možné ošetriť všetky vedenia nielen hradiacich, ale aj rýchlostných tabúl'.



Obrázok 4: Hrablice VE Nosice „obrasnené“ lastúrami kopytka prirasteného.

Najhoršia situácia je z pohľadu kopytka prirasteného na trojstrojových elektrárnach, kde až tak často nedochádza k tomu, aby boli v prevádzke všetky tri turbíny. Kopytko tak má v čase, keď neprúdi voda cez vtokové objekty šancu prichytiť sa vo väčšom množstve na týchto konštrukciách. V máji 2007 bol napríklad pri plánovanej bežnej oprave turbíny TG3 na VE Nosice zaznamenaný výskyt kopytka prirasteného v dovtedy nevídanom rozsahu. Kolónie kopytka pokrývali súvislú plochu od hradiacich tabúl' až k rozvážacím lopatkám turbíny. Tento problém sa nedal obísť, pretože po odčerpaní vody z týchto priestorov dochádzalo k okamžitému úhynu kopytka. Rozkladajúce sa živočíchy spôsobovali zápach, ktorý bol natoľko neznesiteľný, že dochádzalo až k nevoľnostiam zamestnancov, ktorí mali vykonávať opravu. Navyše pri kontakte pokožky s rozkladajúcim sa kopytkom dochádzalo u týchto pracovníkov k reakciám podobným popáleniu. Práce museli byť následne prerušené až pokiaľ neboli mechanicky odstránené všetky kopytka z priestorov špirály. Okrem toho, v rámci mechanického odstraňovania kopytka museli byť pomocou vysokotlakého vysávača vyčistené celé šachty čerpadiel LENZ od lastúr, ktoré upchali ventily, cez ktoré k nim prechádzala voda.

Bez tohto kroku nebolo možné pokračovať v oprave, pretože práve ony zabezpečovali vyčerpávanie vody zo samotnej špirály turbíny. Opäť sme tak zaznamenali ďalšie niekoľkodňové zdržanie v rámci opráv a straty na výrobe. Priehrady sa navyše nevypúšťajú tak často, ako derivačné kanály, a tak vedenia rýchlostných tabúl elektrární umiestnených pri priehradách ostali bez ošetrovania antivegetatívnymi nátermi, ktoré nemožno aplikovať pod vodou. Naďalej je tak pri hradení nutné počítať pri práci potápačov okrem dotesňovania tabúl, aj s čistením prahov od lastúr kopytka prirasteného.

3.2 PRIESAK ĽAVÉHO VTOKOVÉHO KRÍDLA VE MIKŠOVÁ

Minoriadnou prácou bolo aj odstraňovanie priesaku na ľavom vtokovom krídle VE Mikšová, ktorý bol prvý krát zaznamenaný ešte v minulom storočí. Malý priesak sa objavoval každý rok hlavne v priebehu zimy a po oteplení v mesiacoch marec až apríl vždy prestal. Intenzita priesaku sa rokmi začala zväčšovať, až v roku 2012 sa zosunula časť hlineného prísypu ľavého krídla. Kritický stav priesaku sa opäť prejavil na jar v roku 2014, keď priesak neprestal tiecť ani v mesiacoch marec a apríl. Naopak, situácia začala byť vážna, nakoľko intenzita priesaku sa postupne ešte zväčšovala.

Už vo februári sa pritom priamo na mieste uskutočnila obhliadka priesaku na svahu ľavého vtokového krídla. Obhliadky sa okrem zodpovedných zamestnancov SE-VE zúčastnili aj zamestnanci štátom poverenej organizácie vedením odborným technicko – bezpečnostného dohľadu (Vodohospodárska výstavba Bratislava, š. p.) a zástupcovia prevádzkovateľa vodného toku – Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p. – povodia stredného Váhu. Po obhliadke miesta a vzájomnej diskusii bolo okrem iného odporučené pri maximálnej prevádzkovej hladiny pomocou potápačov SE - VE preveriť tesnosť, príp. identifikovať vhodnými roztokmi miesta priesaku cez dilatačné škáry na styku vtokového krídla VE a privodného kanála. Prieskum oblasti ľavého vtokového krídla pod vodou sa nakoniec uskutočnil 19. mája 2016, keď boli na vodnej elektrárni Mikšová skontrolované dilatačné škáry a uskutočnila sa kontrola styku ľavého vtokového krídla s dnom privodného kanála k elektrárni.

V prvej etape potápači skontrolovali všetky dilatačné škáry na ľavom krídle, pričom nezistili žiaden priesak. Skúška tesnosti sa robila farbivom a dilatácie sa v rámci kontroly prečistili. Keďže tento spôsob nepotvrdil priesaky cez dilatáciu a následnú komunikáciu s priesakom zo strany elektrárne, pristúpilo sa k druhej etape, v ktorej potápači skontrolovali styk ľavého vtokového krídla s dnom privodného kanála. Ani tu najskôr nebol zistený žiaden priesak. Dôvodom bolo veľké množstvo naplavenín, ktoré sa nachádzalo na dne. Potápači preto museli manuálne odstrániť naplaveniny v celej dĺžke styku ľavého vtokového krídla s dnom privodného kanála. Pri odstraňovaní naplavenín sa zvrátili aj jemné usadeniny a viditeľnosť vody sa rapidne zhoršovala, miestami bola dokonca až nulová. Táto vzniknutá situácia sťažovala a veľmi spomalila napredovanie prác pod vodou. Po očistení celého priestoru a odkalení bol skontrolovaný celý priestor. Zistený bol slabý priesak medzi vtokovým krídlom a betónovým blokom v hornej časti styku vtokového krídla s dnom kanála. Následne bola vykonaná ďalšia skúška farbivom, ktorá potvrdila priesak, hoci farba sa neobjavila na vzdúnej strane vtokového krídla. Po oboznámení sa so skutkovým stavom bolo rozhodnuté zrealizovať injektážne práce po celej dĺžke v hornej časti styku vtokového krídla s dnom privodného kanála. Následne bola vytvorená pracovná skupina zložená z vedúceho skupiny potápačov a zamestnancov odboru údržby, najmä oddelenia stavieb a ostatných technologických zariadení, ktorá spracovala a navrhla postup prác pre injektáž ľavého vtokového krídla.

Samotná realizácia prác spočívala v očistení styku vtokového krídla s dnom privodného kanála, vŕtaní dier pre osadenie plniacich pakrov v následnou chemickou injektážou, pričom injektážna zmes spolu s technológiou bola zabezpečovaná dodávateľsky. Práce sa uskutočnili 28. októbra 2016. Ako injektážny materiál bola použitá dvojzložková polyuretanová živica CarboPur WFA. Použitý injektážny čerpadlo bolo vzduchové – GSF 35. Potápač začal s chemickou injektážou

v najhlbšom bode cca 5 m od zisteného priesaku. Po prvom ponore, keď bola do prvého plniaceho otvoru natlačená injektážna zmes, sa priesak na vzdušnej strane vtokového krídla vôbec nezmenšoval. Ďalšími ponormi sa pokračovalo v plnení injektážnej zmesi do toho istého plniaceho otvoru až pokiaľ nezačala hmota vytekať druhým plniacim otvorom. Aj po týchto krokoch sa výdatnosť priesaku na vzdušnej strane vtokového krídla nemenila. Napriek tomu sa týmto postupom pokračovalo postupne až do priestoru až cca 5 m nad zistené miesto priesaku. Až keď bolo dosiahnuté toto miesto, začala výdatnosť priesaku na vzdušnej strane vtokového krídla klesať.



Obrázok 5: Potápač po ukončení injektážnych prác pod vodou na VE Mikšová.

Tlak chemickej injektážnej hmoty cez plniacu pištoľ bol postupne znižovaný, nakoľko zmes začala pomerne rýchlo vytekať zo škáry smerom do vody a začala stekať na dno prívodného kanála. Priesak na vzdušnej strane vtokového krídla sa síce spomalil, ale nepodarilo sa ho zastaviť úplne. Po zväžení situácie sa vedúci skupiny potápačov rozhodol dotesniť styku vtokového krídla s prívodným kanálom až nad hladinu vody. Po zainjektovaní celého úseku priesak na vzdušnej strane vtokového krídla úplne ustal. Samotný pracovný výkon značne

komplikovali sťažené podmienky vo forme zakalenej vody a z toho vyplývajúcej miestami takmer nulovej viditeľnosti pod vodou. Potápači museli neustále kontrolovať seba a hadice, ktorými bola pod vodu privádzaná injekčná hmota, aby ich prípadná vytekajúca zmes nepoškodila výstroj a nenastali tak komplikácie, dôsledkom ktorých mohol byť až znemožnený výstup potápačov na hladinu. Celkovo bolo aplikovaných 990 kg injekčnej zmesi, čo v nenapenenom stave predstavuje objem cca 885 litrov. Stupeň napenenia zmesi pri daných podmienkach (nízka teplota vzduchu a vody, čo spôsobovalo potenciálne dlhý čas reakcie zmesi pri kontakte s vodou) bol cca 4,4 až 7,0 m³ napenenej injekčnej zmesi CarboPur WFA, čím sa dá predpokladať, že v stabilizačnom prísype na vzdušnej strane ľavého vtokového krídla mohli byť kaverny odhadovaným objemom 5 až 8 m³. Aj napriek uvedeným komplikáciám sa prácu podarilo úspešne zrealizovať, o čom svedčí aj to, že priesak sa až do dnešného dňa neobnovil.

4. ZÁVER

Zamestnanci potápačskej stanice sú vysoko odborne a profesionálne zdatní ľudia, ktorí si svoju odbornosť pravidelne zvyšujú školeniami, odborným výcvikom a preskúšaniami. Dlhoročné profesionálne vykonávanie uvedených prác v spojení s najmodernejšou potápačskou technikou od spoločností DRÄGER, POSEIDON a KIRBY MORGAN zaručuje kvalitne vykonanú prácu. O opodstatnenosti zriadenia profesionálnej potápačskej skupiny Slovenských elektrární, a.s., závodu Vodné elektrárne Trenčín svedčí aj množstvo hodín odpracovaných pod vodou len v rámci objektov Slovenských elektrární, pričom poskytovanie prác napriek veľkému záujmu externých subjektov je z dôvodu pracovného vytťaženia potápačskej stanice značne obmedzené.

LITERATÚRA

[1]BITTAROVÁ et al. 2008, Vodné elektrárne Trenčín. Slovenské elektrárne, a.s. (vydané pre vnútornú potrebu SE, a.s.).

Peter Ovádek

Slovenské elektrárne, a.s., závod Vodné elektrárne, Soblahovská 2, 911 69 Trenčín, Slovenská republika

peter.ovadek@seas.sk, +421 910 674 096

Ing. Branislav Ježík

Slovenské elektrárne, a.s., závod Vodné elektrárne, Soblahovská 2, 911 69 Trenčín, Slovenská republika

branislav.jezik@seas.sk, +421 910 674 244

VD NECHRANICE – POSOUZENÍ VLIVU KOROZE A STABILITY KONSTRUKCE VEDENÍ HRADIDEL

T. Rudolf

VODNÍ DÍLA – TBD a.s., Česká republika

ABSTRAKT: Technologické vybavení vodních děl tvoří z převážné části konstrukce z uhlíkové oceli. Tyto konstrukce jsou, vzhledem k prostředí, ve kterém se nacházejí, často značně zasaženy korozí. Koroze pak může ovlivňovat jak použitelnost, tak i samotnou únosnost těchto konstrukcí technologického vybavení. Příspěvek se zabývá konkrétním příkladem na VD Nechranice. Jedná se o konstrukci vedení tabulových hradidel a česlí vtoku do spodních výpustí a MVE, která je součástí sdruženého objektu. Celá konstrukce je předložena před železobetonovou konstrukcí věžového objektu a je tedy v přímém kontaktu s vodou v nádrži. Hlavními prvky jsou ocelové válcované profily, které jsou vzájemně svařené a kotvené k věžovému objektu. V minulosti proběhlo několik prohlídek potápěči, při kterých byly zjištěny korozní úbytky na pojižděných hranách přírub profilů vedení. Na základě těchto měření byla upravena kola podvozků hradidel tak, aby nedošlo k vypadnutí tabulí při pojezdu. V roce 2019 byla provedena podrobná prohlídka potápěči se zaměřením na korozní úbytky. Ty byly následně vyhodnoceny a na základě výsledků bylo provedeno nové statické posouzení konstrukce. Na rozdíl od tehdejšího způsobu návrhu konstrukce byl statický výpočet nově proveden ve 3D pomocí metody konečných prvků. Konstrukce byla posouzena podle nových, aktuálně platných, norem na zatížení vodohospodářských konstrukcí.

1. ÚVOD

Vodní dílo Nechranice bylo uvedeno do provozu v roce 1968. Hlavními funkcemi objektu hráze je hrazený přeliv o 3 polích a věžový objekt. V jeho spodní stavbě jsou umístěny 2 spodní výpusti, které jsou přímo spojeny s Kaplanovými turbínami MVE. Nátoky do spodních výpustí jsou chráněny česlovými tabulemi, které mohou být nahrazeny hradidlovými tabulemi, které mají funkci revizních uzávěrů. Tyto tabule jsou uskladněny v horní části věžového objektu a jsou spouštěny pomocí jeřábové dráhy umístěné ve stropní konstrukci věžového objektu. Tabule jsou vedeny po ocelové konstrukci, která je předložena před železobetonovou konstrukcí věžového objektu a je k ní kotvena. Tato konstrukce po více než 50-ti letech provozu vykazuje nezanedbatelné korozní úbytky, zejména na pojižděných částech, které jsou kromě koroze také namáhány mechanicky, kdy je opakovaným pojezdem odstraňována povrchová vrstva rzi, která částečně chrání materiál pod touto vrstvou.

2. KONSTRUKCE VEDENÍ HRADIDEL

Hlavní vodící profily jsou I500 vzájemně na tupo svařované. V místě vtoků jsou tyto profily zabetonované a kotvené výztuží do železobetonové konstrukce věžového objektu. Mezi vtoky a platem (balkonem) jsou vodící profily vedené vně tubusu věžového objektu. Ve třech úrovních a cca 8,0 m jsou vodící I500 vzájemně propojené vodorovnými profily U300 a napojené na vodorovná ztužidla z I300, pomocí kterých je přes kotvení patky konstrukce podepřena na plášti věžového objektu. U věžového objektu je mezi ztužidly levého pole vedeno potrubí limnigrafu průměru 630 mm a 219 mm.

Hlavní vodící profily I500 jsou v místech vtoků do spodních výpustí vetknuté do stavby, v místě balkonu byla provedena podpora umožňující pohyb po podélné ose vodítek. Ztužidla U300 a I300 jsou s I500 svařené. Na kotevní patku jsou ztužidla I300 navařena přes kotevní plechy s výztuhami. Potrubí limnigrafu je do spodní stavby věžového objektu vetknuté pomocí kotevní patky, v místě balkonu by měla být uložení umožňující podélnou dilataci.

Základní osová rozteč vodících profilů I500 je 4300 mm, vzdálenost krajních profilů mezi levým a pravým polem je 2500 mm. Délka vodících profilů mezi blokem vtoku do SV a balkonem je cca 32 m.

Každá kotevní deska ztužidel je dle původní dokumentace kotvena do stěny věžového objektu pomocí 8 kotevních ocelových prutů prům. 32 mm.



Obrázek 1 a 2: Věžový objekt s předsaženou konstrukcí vedení hradidel před uvedením do provozu a v současné době.

3. PRŮZKUMNÉ PRÁCE

3.1 POTÁPĚČSKÉ PRÁCE

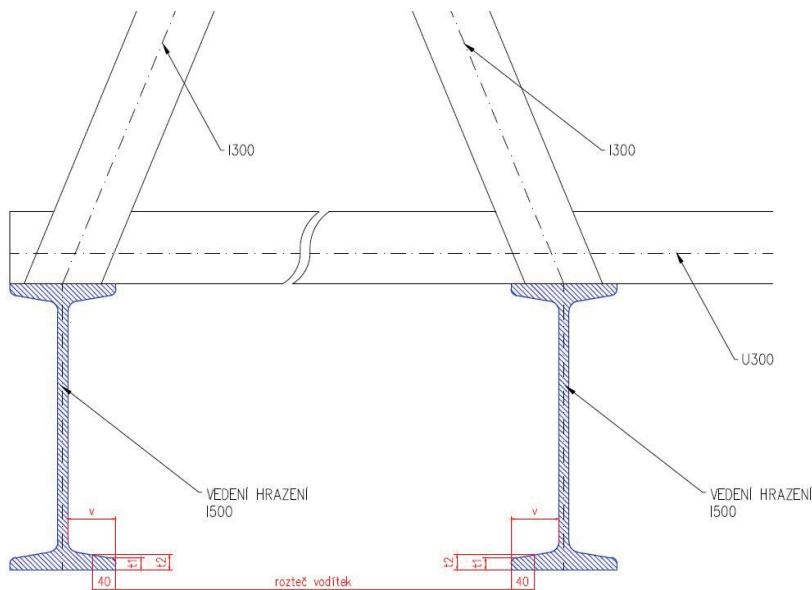
Vzhledem k tomu, že se konstrukce vedení hradidel nachází prakticky v prostoru nádrže, je její kontrola možná za normálního provozu jen pomocí potápěčů. Průzkum se zaměřením na korozní úbytky na konstrukci byl proveden v roce 2019.

Před samotným měřením bylo nutné nejprve konstrukci očistit vysokotlakým vodním paprskem. Vodním paprskem byly odstraněny silné vrstvy korozních zplodin a v dolní části kolonie škeblí.

Následně bylo provedeno měření vzdálenosti vodících hran přírub hlavních I profilů. Dále byly změřeny tloušťky materiálu na přírubách hlavních I profilů a potrubí limnigrafu, na hlavních I profilech byly také změřeny výšky přírub od stojin vždy ve směru k pojižděné hraně příruby. Měření rozteče vodících hran přírub bylo prováděno pomocí speciálně sestaveného přípravku sestávajícího z dvou vzájemně zasouvajících tyčí, které měly na sobě nalepený metr. Měření tloušťky materiálu na přírubách bylo provedeno posuvným měřítkem.



Obrázek 3 a 4: Měření rozteče vodičích hran a tloušťky přírub ocelových profilů [2].

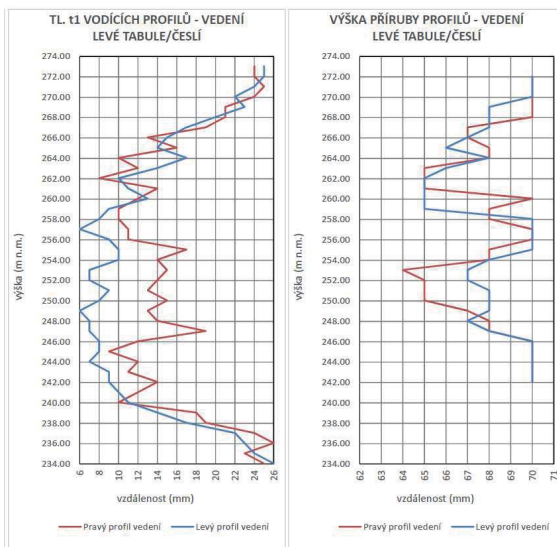
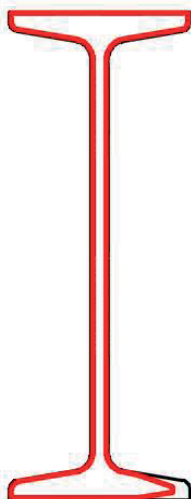


Obrázek 5: Schéma pro měření kontrolních rozměrů konstrukce.

3.2 VYHODNOCENÍ KOROZNÍCH ÚBYTKŮ

Měření bylo provedeno v celé délce vodičích profilů. Pro naměřené hodnoty byly vykresleny korozní úbytky jak na pojížděných hranách, tak celého profilu. Z výsledků je patrný značný úbytek materiálu právě na pojížděných hranách, kde dochází i k mechanickému „otloukávání“. Na mnoha místech je příruba profilu zmenšena až do profilu břitu. Zmenšená pásnice zvyšuje riziko vypadnutí kola podvozku z vedení. To je umocněno ještě rozměrovými nepřesnostmi konstrukce jako celku, které vznikly při montáži.

Rozteč pojížděných hran vodičích profilů se liší až o 30 mm, rozdíl mezi původní a stávající délkou pásnice je až 7 mm. Níže je uvedeno grafické znázornění korozního úbytku. Takto byly vykresleny korozní úbytky pro celou konstrukci po 1 m.



Obrázek 6 a 7: Vykreslení korozních úbytků na profilech.

4. POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI KONSTRUKCE

4.1 ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

Konstrukce vedení hradel se prakticky nachází v prostoru nádrže. Lze tedy očekávat zatížení na tuto konstrukci následující:

- Zatížení ledovým polem nahraným na objekt účinkem větru,
- Zatížení nárazem plovoucích ker,
- Zatížení ledovou celinou přimrzlou k objektu při změnách hladiny,
- Zatížení účinkem vln,
- Zatížení větrem,
- Zatížení vlastní vahou.

Hodnoty zatížení byly stanoveny na základě příslušných v současné době platných norem. Jednotlivá zatížení byla vzájemně uspořádána do návrhových kombinací:

- Zatížení ledovým polem + zatížení větrem + zatížení vlastní vahou,
- Zatížení nárazem plovoucích ker + zatížení účinkem vln + zatížení větrem + zatížení vlastní vahou,
- Zatížení ledovou celinou při změnách hladiny + zatížení větrem + zatížení vlastní vahou.

Dále bylo pro porovnání s původním statickým výpočtem z r. 1964, na základě kterého byla konstrukce navržena, samostatně uvažováno zatížení převzaté z tohoto výpočtu. Jednalo se o zatížení nárazem ker ve výši 72 kN a zatížení větrem 0,69 kN/m (OLD).

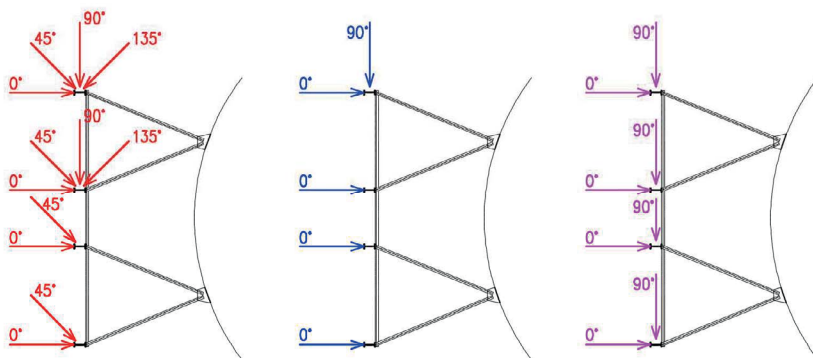
Pro posouzení konstrukce byly uvažovány 3 rozdílné nivelety působení sil, dané různými možnými hladinami v nádrži. Tyto návrhové hladiny byly vybrány tak, aby byly pro konstrukci nejméně příznivé. Jedná se o hladinu v polovině rozpětí mezi horním ztužidlem a balkónem,

tj. 269,04 m n. m. (H1), hladinu v polovině rozpětí mezi středním a horním ztužidlem, tj. 261,03 m n. m. (H2), a hladinu v úrovni horního ztužidla, tj. 265,03 m n. m. (H3).

Působení zatížení bylo také uvažováno v několika směrech. Zatížení od ledového pole a nárazu ker bylo uvažováno v úhlu 0° , 45° , 90° a 135° vzhledem k hlavní ose profilu ve směru vyšší tuhosti, zatížení od větru a působení vln pak bylo uvažováno v úhlu 0° a 90° vzhledem k hlavní ose profilu. Působení ledové celiny přimrzlé k objektu působí při změně hladiny ve svislém směru.

Náraz plovoucích ker byl uvažován vždy do jednoho krajního profilu. Zatížení od ledového pole bylo uvažováno ve směru 0° a 45° na všechny hlavní I profily, ve směru 90° pouze na jeden krajní s tím, že ostatní profily jsou v zákrytu, a ve směru 135° na krajní 2 profily s tím, že ostatní jsou v zákrytu za železobetonovou konstrukcí věžového objektu.

Zatížení účinkem vln bylo uvažováno ve směru 0° na všechny 4 hlavní nosníky, ve směru 90° pak s ohledem na délku vlny cca 24 m jen na jeden krajní nosník. Zatížení větrem bylo uvažováno na všechny hlavní I profily ve směru 0° i 90° . Zatížení větrem a účinkem vlny bylo dále uvažováno také na potrubí limnigrafu.



Obrázek 8: Směry zatížení ledem, zatížení účinkem vln a zatížení větrem.

4.2 MATEMATICKÝ 3D MODEL

Konstrukce byla počítána jak pro stav původní, tak pro současný s korozními úbytky. Konstrukce s korozními úbytky byla rozdělena po úsecích délky 1 m a pro každý takový úsek byl uvažován konstantní úbytek, včetně úbytku na pojižděných hranách.

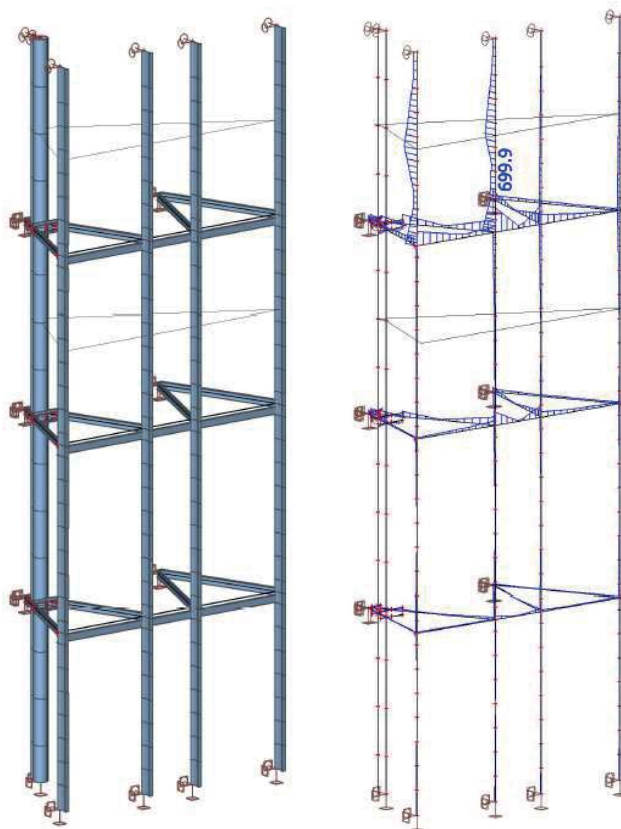
Celkový model konstrukce zahrnující hlavní profily, ztužidla kotevní k věžovému objektu a příčná ztužidla, byl doplněn samostatným podrobnějším modelem styčnicku v místě kotvení ocelové konstrukce do stěny věžového objektu.

Posouzení ocelové konstrukce bylo provedeno v souladu s ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí.

Konstrukce byla posuzována jako celek metodou konečných prvků. Na základě posouzení jednotlivých prvků konstrukce pak byly pro vybrané vyhovující kombinace zatěžovacích stavů modelovány styčnicku a kotvení do železobetonové konstrukce věžového objektu.

4.3 VÝSLEDKY POSOUZENÍ

Pro každou kombinaci zatížení byly vypočteny průběhy napětí na prutech a provedeno posouzení. Posouzení zahrnovalo jednak podmínku maximálního přípustného napětí v krajních vláknech na prutu a jednak posouzení stability hlavních prvků konstrukce, vzhledem k tomu, že se jedná o štíhlé prvky. Návrhová mez kluzu oceli byla uvažována $235 \text{ MPa}/\gamma_M$, kde γ_M je 1,15, tj. $f_{yd} = 204,3 \text{ MPa}$. Posouzení bylo provedeno na principu stupně bezpečnosti, tj. pokud $S_f \leq 1$, konstrukce vyhovuje, pokud $S_f > 1$, konstrukce pro dané zatížení nevyhoví.

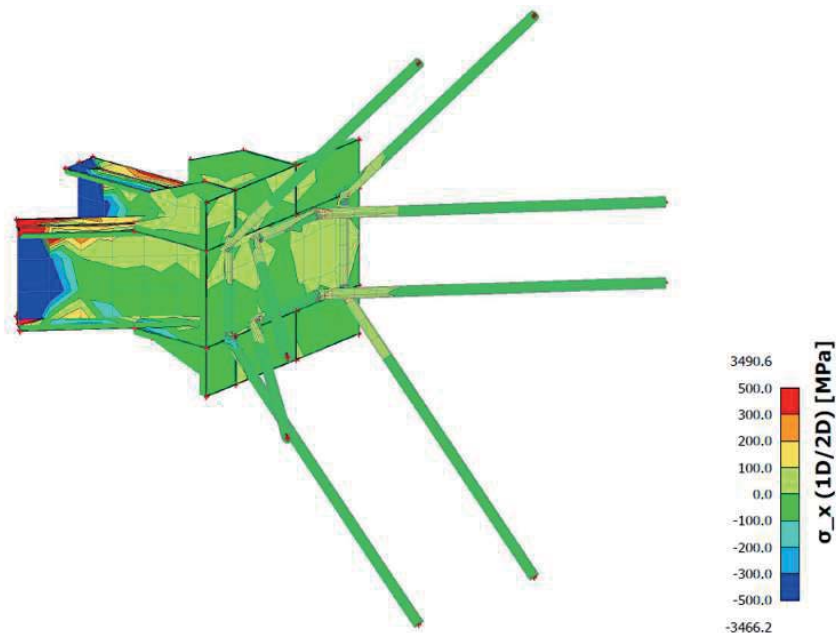


Obrázek 9 a 10: Geometrický model konstrukce, příklad výsledků napětí na prutech konstrukce.

Z hlediska nepřekročení meze kluzu materiálu konstrukce vyhovuje zejména pro ty stavy, resp. kombinace zatěžovacích stavů, kde působení ledu je ve směru vyšší tuhosti na hlavní I nosníky, případně svislé. Pro tyto případy se napětí pohybuje do max. 170 MPa. Ve všech ostatních směrech konstrukce zatížení nevyhoví jak z hlediska překročení meze kluzu materiálu, tak

z hlediska stability. Maximální napětí 2025 MPa bylo vypočteno pro kombinaci zatížení ledovou celinou v úhlu 45° v kombinaci se zatížením větrem. Při uvažování konstrukce bez vlivu korozních úbytků byly výsledky napětí nižší v průměru o 29 %, avšak konstrukce v těch kombinacích zatížení, kdy bylo započítáno zatížení ledem v úhlu 45° , 90° a 135° , také nevyhoví.

Pro maximální reakce v podepření bylo zpracováno posouzení kotvení konstrukce do věžového objektu. Pro výpočet bylo předpokládáno, že kotevní pruty kotevní desky byly provedeny z výztuže odpovídající dnešní třídě B500B, tj. s mezí kluzu 500 MPa. Dále bylo předpokládáno, že v konstrukci věžového objektu je provedená dostatečně dimenzovaná smyková výztuž, která přeneše tahová napětí z kotevních prutů podpory konstrukce vedení hradidel. Pro obě kombinace zatížení není dosaženo na kotevních prutech kotevní desky meze kluzu, max. hodnota napětí byla vypočtena 451,8 MPa. Lze se tedy domnívat, že v případě výskytu zatížení odpovídajícího výše předpokládaným návrhovým kombinacím dojde dříve k deformaci konstrukce jako takové a k poškození podpěr konstrukce nedojde.



Obrázek 11: Napětí na konstrukci kotevního bodu při nejvyšším zatížení konstrukce vedení hradidel.

5. ZÁVĚR

Pomocí potápěčského průzkumu bylo provedeno vyhodnocení korozních úbytků na ocelové konstrukci pro hradicí prvky nátoky do spodních výpustí a statické posouzení této konstrukce podle aktuálně platných norem. Přestože korozní úbytky jsou významné zejména na pojižděných hranách vedení podvozků hradicích tabulí, resp. česlí, je konstrukce díky provedené úpravě kol podvozků v provozuschopném stavu.

Z výsledků vyplývá, že pro zvolené kombinace zatížení je oslabená konstrukce únosná ve směru vyšší tuhosti hlavních I profilů dostatečná, avšak pro ostatní posuzované směry únosnost nevyhovuje (napětí vlivem zatížení ledovým polem ve směru šikmém a ve směru minimální tuhosti). Původní konstrukce vykazuje v průměru o cca 20 - 30 % nižší maximální napětí v jednotlivých kombinacích zatížení. Přesto ani konstrukce neoslabená korozí by na zatížení od ledu ve směru kolmém nebo šikmém podle současných norem nevyhověla. Původní návrh při dimenzování konstrukce v r. 1964 uvažoval zjednodušenou konstrukci bez započítání vlivu ztužidel, dimenzování hlavních profilů I500 bylo provedeno pouze ve směru vyšší tuhosti profilu. Zatížení bylo uvažováno v souladu s tehdejšími postupy bez dílčích koeficientů zatížení.

Za téměř 60 let provozu nedošlo k zásadnímu poškození konstrukce vedení vlivem nárazu ker nebo ledové celiny. To však neznamená, že taková situace nemůže v budoucnu nastat, a je proto vhodné mít připravená opatření pro takový případ. V současné době jsou tak v přípravě scénáře pro případ poškození konstrukce a vzniku takové situace, kdy nebude možné provést zahrazení nebo vyhrazení vtoku některé ze spodních výpustí. Scénáře jsou uvažovány podle možného rozsahu poškození.

LITERATURA

- [1] ČKD Blansko, Projektová dokumentace technologické části VD Nechranice, 1963–1964.
- [2] Potápěčská stanice, a.s., J. BEČKOVSKÝ, HC Nechranice – rozměrová kontrola ocelové konstrukce pro hrací prvky nátku do SV, 2019.
- [3] VODNÍ DÍLA – TBD a.s., T. RUDOLF, HC Nechranice – ocelové konstrukce pro hrací prvky nátku do SV – statické posouzení, 2020.
- [4] ČSN EN 1993-1 Navrhování ocelových konstrukcí.
- [5] ČSN 75 0250 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí vodohospodářských staveb.
- [6] ČSN 75 0255 Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích.

Ing. Tomáš Rudolf

VODNÍ DÍLA – TBD a.s.

rudolf@vdtbd.cz, +420 725 957 101

VD LABSKÁ - ZVÝŠENÍ RETENČNÍ FUNKCE REKONSTRUKCÍ SPODNÍCH VÝPUSTÍ V OBTOKOVÉM TUNELU

P. Svatoš & I. Beran

Povodí Labe, státní podnik, Hradec Králové, Česká republika

T. Klemša

VODNÍ DÍLA – TBD a.s., Česká republika

ABSTRAKT: Vodní dílo Labská na Labi bylo vybudováno v letech 1910–1916 především za účelem zachycení povodňových vln, snížení jejich účinku a zajištění částečné ochrany území pod nádrží před účinky povodní. Při realizaci akce „VD Labská – zvýšení retenční funkce rekonstrukcí spodních výpustí v obtokovém tunelu“ došlo k zásadní změně parametrů vodního díla. Rekonstrukce spočívala ve zkapacitnění stávajících spodních výpustí a ve zlepšení ochrany vtoků bezpečnostních přelivů proti ucpání plaveninami. Příspěvek se věnuje technickému řešení a následnému provádění rekonstrukčních prací, které byly realizovány bez nutnosti vypouštět nádrž za významného přispění potápěčů.

1. HISTORIE A POPIS VD

1.1 DŮVOD VÝSTAVBY

Podnětem pro výstavbu přehrad na horním toku Labe byla katastrofální povodeň v červenci 1897. Obrovské materiální škody a ztráta mnoha lidských životů při této povodni přiměly české zemské úřady k mimořádným opatřením. Okamžitě byly uvolněny prostředky na rozsáhlé hrazenářské práce, zalesnění a úpravy horních úseků postižených vodních toků, které měly do budoucna zabránit opakování tragické pohromy. Práce na úpravě Labe ve Špindlerově Mlýně a hrazení krkonošských bystřin byly prováděny v letech 1898–1913. Nejvýznamnější stavbou byla přehrada Labská pro zachytávání vod ze střední části Krkonoš.

Při výběru přehradního profilu byly posuzovány dvě alternativy. První v Labské soutěsce mezi Špindlerovým Mlýnem a Horním Vrchlabím a druhá u horního Krausova mlýna pod Honsovým potokem pod Špindlerovým Mlýnem. První alternativa byla z hlediska technického i finančního výhodnější, ale velká papírna firmy Nettl pod Krausovými Boudami by zůstala bez očekávané protipovodňové ochrany. Z tohoto důvodu byla nakonec zvolena alternativa druhá.

Podrobný projekt přehrady Labská (dříve uváděné jako přehrada v Krausových Boudách) vypracoval technické oddělení pro úpravu řek při c. k. místodržitelství v Praze. V roce 1910 byla stavba přehrady zadána firmě Bratři Redlich & Berger z Vídně a dodávka železných konstrukcí a součástí firmě Fanta & Jireš z Prahy. Stavba proběhla v letech 1910–1916 nákladem 3,5 miliónů rakouských korun.

1.2 STAVBA, POPIS VD

Přehradní hráz i související objekty byly vybudovány ve velmi krátké době i přes omezené technické možnosti tehdejší doby a nepříznivé klimatické podmínky. Stavební činnost byla zahájena výlomem tunelu v levém boku údolí a stavbou přehrážky u jeho vtoku pro převádění průtoků Labe mimo staveniště přehradní hráze. Tunel je vyláman v pevné skále, takže zpevnění jeho stěn kamennou přezdívkou bylo provedeno pouze v krátkém úseku u výtokového portálu. Pro založení přehradní hráze předcházely rozsáhlé výkopové práce k odstranění navětralých a rozvolněných vrstev skalního podkladu. Výkopy sahaly do hloubky 4 až 7 m, v pravém svahu

údolí dokonce až do hloubky 16 m. V rulové skále byly otevřené pukliny zality cementovou maltou a vývěry vody podchyceny a odvedeny mimo základ. Jiná opatření, omezující pronikání vody podloží, provedena nebyla. Takto ošetřená skála byla vyrovnána základovou betonovou deskou na povrchu zazubenou.

Přehradní hráz je tížného typu, provedená do oblouku s poloměrem křivosti 170 m a je vyzděna z místního rulového lomového kamene. Jako pojivo byla použita směs malty cementové a trasové, přičemž tras byl na stavbu dovážen až z Porúří v Německu. Návodní líc byl pro omezení průsaků vody tělesem hráze opatřen hydroizolační vrstvou cementové omítky s nátěrem Siderostenu, který byl překryt ochranným pláštěm, rybinovitě zapuštěným do zdva hráze.

V úrovni terénu byly v tělese hráze vyzděny dvě příčné štoly, vlevo pro umístění potrubí spodní výpusti o průměru 1 100 mm a vpravo přírodního potrubí stejného průměru na uvažovanou vodní elektrárnu. Následně byla potrubí v obou štolách obezděna a osazena příslušnými uzavěry. Přimo nad potrubími spodních výpustí je v podélném směru hráze vyzděna kontrolní chodba, do které jsou zaústěny všechny drény svislého odvodňovacího systému zdva.

Následně bylo do obtokového tunelu osazeno pět potrubí spodních výpustí DN 1100 s šoupátkovými uzavěry. Tunel byl pak před a za šoupátkovou šachtou, která je pod domem hrázového, uzavřen betonovými zátkami.

Pro převádění povodňových průtoků byla v koruny hráze při pravém boku vyzděna čtyři pole bezpečnostního přelivu, každé o světlosti téměř 10 m. Jednotlivá pole jsou překlenuta železobetonovou mostovkou šířky 6,15 m. Za stejným účelem byl na levém boku údolí vyražen ve skále šachtový přeliv, který je zaústěn do obtokového tunelu. Horní kašna o průměru 11,5 m i vnitřní povrch šachty byl opatřen mohutnou kamennou obezdívkou.

1.3 ÚČEL VD

Hlavním účelem vodního díla je, ochrana území pod přehradou před účinky povodní, jejíž míra je daná jeho technickými možnostmi.

Dále přehrada slouží k zajištění minimálního průtoku v Labi pod nádrží ve výši cca 0,5 m³/s, nadlepšování průtoku pod vodním dílem, výrobě elektrické energie, rekreaci a sportovnímu rybolovu.

2. VÝZNAMNÉ AKCE – OD DOKONČENÍ DO 2018

V období od uvedení do provozu do roku 2018 bylo na vodním díle provedeno několik významných zásahů a změn. Vzhledem k mimořádně vysokým průsakům tělesem hráze a jejím podloží (zejména v pravém boku údolí) zaznamenaným v prvních letech provozu, přehrada zadržovala dlouhodobě jen malé množství vody a úplné naplnění nádrže při povodních bylo považováno za rizikové. V 60. - 80. letech minulého století byla proto provedena rozsáhlá oprava celého vodního díla, při níž byly především prováděny dotěšňovací práce k zamezení průsaků vody zdívkou přehradního tělesa i jeho skalním podloží.

V roce 1993 byla vybudována pro využití energetického potenciálu malá vodní elektrárna. Přírodní potrubí je tvořeno odbočkou z hrázové výpusti v podhráží. Ve strojovně je umístěna vertikální Kaplanova turbína a turbína BANKI.

K odstranění dlouhotrvajících poruch litinového potrubí hrázové výpusti (trhliny) byla v letech 1999–2002 provedena jeho výměna za nové ze sklolaminátu. V roce 2009 však došlo k jeho havarijnímu poškození a jeho výměně za ocelové.

3. DŮVOD REKONSTRUKCE

Hlavním impulsem pro provedení celkové rekonstrukce spodních výpustí v obtokovém tunelu byl nejenom jejich zhoršující se stav a nižší provozní spolehlivost, ale především závěry

konstatované v dokumentu „Posudek bezpečnosti vodního díla při povodních“ (VODNÍ DÍLA - TBD a.s.) z roku 2008 a především v jeho aktualizované verzi vypracované v roce 2013 (VODNÍ DÍLA - TBD a.s.). V rámci tohoto posudku bylo provedeno přeseřtení všech skutečností k ověření kapacit všech zařízení VD. Vzhledem k zařazení VD Labská do II. kategorie TBD a potencionálním rizikům a možným ztrátám byla za požadovanou míru bezpečnosti díla zvolena kontrolní povodňová vlna s dobou opakování $N = 10000$ let.

Po zhodnocení výstupů řešených transformací kontrolních povodňových vln Q_{10000} a vzhledem k tomu, že kontrolní maximální hladina byla o 30 cm vyšší než mezní bezpečná hladina, VD Labská nevyhovělo požadavkům na bezpečnost při povodních ve smyslu TNV 75 2935.

S ohledem na výše uvedené byla akce zařazena a financována z programu 129 290 – Podpora prevence před povodněmi III.

4. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

4.1 PŘÍPRAVNÉ, PRŮZKUMNÉ A PROJEKČNÍ PRÁCE

První úvahy o rekonstrukci výpustí obtoku byly popsány ve studii „Možné úpravy výpustí obtoku na přehradě Labská“ zpracované koncem roku 2011 (VODNÍ DÍLA – TBD a.s.). Zde vznikla myšlenka nahradit stávajících pět spodních výpustí DN 1100, dvěma výpustmi většího průměru, s provozními regulačními uzávěry v místech odtokového tunelu. Zpracovatele i zadavatele (Povodí Labe, státní podnik) vedly k této myšlence především výhody spočívající ve zvýšení kapacity spodních výpustí, zjednodušení ovládání výpustí a jejich údržby, ale především zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti provozu při převádění povodňových průtoků (splnění požadavků dané normou ČSN 72 2340 a vyhláškou č. 590/2002).

Investor Povodí Labe, státní podnik zahájil předprojektovou přípravu, připravil záměr a v roce 2015 byla vybrána firma HG Partner s.r.o. pro vypracování projektové dokumentace ve stupni DSP pro akci: „Zvýšení retenční funkce rekonstrukcí spodních výpustí v obtokovém tunelu“. Tím byly zahájeny i další práce nezbytné pro návrh stavby.

V červnu 2015 bylo provedeno firmou VODNÍ DÍLA – TBD a.s. geodetické zaměření odpadního tunelu a ostatních ploch a konstrukcí vodního díle, kde se předpokládaly zásahy stavbou.

Současně byl v červnu 2015 provedený, firmou PUDIS a.s., Inženýrskogeologický průzkum odpadního tunelu.

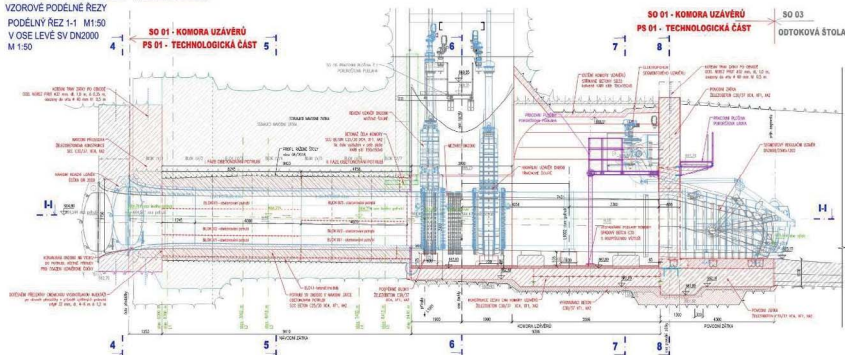
Výsledkem pak byla Závěrečná zpráva, zařídění do tunelářských klasifikací QTS, případně RMR a doporučení technologických tříd NRTM.

Firma HG Partner zadala vypracování „Modelového výzkumu uspořádání nových spodních výpustí v obtokovém tunelu“. Zpracovatelem bylo VÚT v Brně, Fakulta stavební, ústav vodních staveb, laboratoř vodo hospodářského výzkumu. Účelem modelového výzkumu bylo ověřit tvarové, směrové, proudové a tlakové poměry navrženého technického řešení.

Projektová dokumentace ve stupni DPS a v ní navržená rekonstrukce výpustí spočívala v nahrazení pěti stávajících výpustí DN1100 dvěma kapacitními výpustmi DN2000 a jednou výpustí DN800 s uzávěry, které budou odpovídat současným požadavkům platných norem a vyhlášek a umožní spolehlivé převádění od průtoků minimálních do průtoků povodňových.

Zpracování dokumentace ve stupni DPS, pro výběr zhotovitele stavby, probíhalo v první polovině roku 2016. Členění stavby bylo provedeno na devět Stavebních objektů a jeden Provozní soubor. Po následném výběrovém řízení se generálním zhotovitelem stavby stala firma SMP CZ, a.s.

SO 01 SPODNÍ VÝPUSTI OBTOKU - KOMORA UZÁVĚRŮ
VZOROVÝ PODELNÝ REZ
PODLÉNNÝ ŘEZ 1-1 M1:50
V OSE LEVÉ SV DN2000
M 1:50



Obrázek 1: levá spodní výpust DN 2000 – podélný řez.

4.2 POPIS OBJEKTŮ STAVBY

4.2.1 SO 01 Spodní výpusti obtoku

Výpusti jsou zhotoveny v tlakové třídě PN10 ze svařovaných ocelových trub s přírubovými spoji. Spojovací materiál je použit nerezový. Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí spodních výpustí je pro korozivní agresivitu Im1 a životnost H (dle ČSN EN 129 44).

Dvojice krajních výpustí DN2000 je navržena pro převádění především povodňových průtoků. Střední výpust DN800 je navržena pro vypouštění běžných průtočných množství. Kapacitně může v případě potřeby zastoupit levou hrázovou spodní výpust.

Výpusti DN2000 jsou osazeny 2 provozními uzávěry (regulačními a havarijními) a 2 revizními uzávěry. Jako regulační uzávěry jsou osazeny konkávní segmenty DN2000/2500x1200 mm s elektromechanickými pohony umístěnými v komoře uzávěrů, ovládacími segmenty pomocí dvojic táhel skrz povodňovou zátku. Havarijními uzávěry jsou třmenová šoupata DN2000. Jako I. revizní uzávěr v komoře uzávěrů je osazeno nožové šoupě DN2000 s elektromechanickým pohonem a s integrovanou montážní vložkou.

Výpust DN800 je osazena 2 provozními uzávěry (regulačním a havarijním) a 2 revizními uzávěry. Jako regulační uzávěr je osazen plunžr DN800 mm s elektromechanickým pohonem umístěným na plošině v komoře uzávěrů nad uzávěrem, ovládacím plunžr pomocí kloubové hřídele se šnekovou převodovkou. Regulačním uzávěrem jsou regulovány běžné průtoky propouštěné touto výpustí. Jako havarijní uzávěr je instalováno klínové třmenové šoupě se stoupajícím vřetenem DN800 ovládané elektromechanickým pohonem. Uzavření i otevření havarijního uzávěru je nutné bezpečně do plného průtoku vdaném potrubí a při výpadku energie na náhradní zdroj VD. Jako I. revizní uzávěr v komoře uzávěrů je osazeno nožové šoupě DN800 s elektromechanickým pohonem.

4.2.2 SO 02 Česle na vtoku do spodních výpustí

Tvarově byly nové česle na vtoku navrženy s ohledem na dosažení rychlosti proudící vody před česlemi na hodnotu 0,5 m/s. Toho bylo dosaženo provedením česlové „klece“ před vtokem do štol v místě stávajícího nátoku. Nová česlová komora se skládá ze základního ocelového rámu (podélné a příčné nosníky, stojina), česlových polí (vodorovné a svislé), prahu, opěrného nosníku svislých česlí a nosných sloupů. Celková průtočná plocha česlí je 194 m².

Česle jsou navrženy se vstupem pro potápěče do návodní části tunelu a otvorem pro umožnění proplavení návodní zátky potrubí.

4.2.3 SO 03 Odtoková štol

Tunel odtokové komory byl rozšířen tak, aby se vytvořila komora šířky cca 9,95 m. Rozšíření profilu tunelu se navrhlo převážně do stran a to na levé straně do max. hloubky 1,0 m v pravé straně max. do hloubky 2,5 m.

Pro zajištění stability horninového prostředí bylo vybudování v nároží odtokového tunelu a tunelu odtoku od přelivové šachty pomocí spojovací pilíře dvou jím spřažených železobetonových ztužujících rámu tak, aby co nejméně omezily průtokový profil tunelu. V odtokové komoře bylo navrženo kotvené železobetonové dno se skluzem od segmentových uzávěrů.

4.2.4 SO 04 Potrubí limnigrafu

Potrubí limnigrafu je vyvedeno v prostoru nad česlemi před portálem vtokové stoly. V místě vtoku je potrubí limnigrafu zakončeno tak, aby měření nebylo ovlivněno ani proudící vodou, ani plaveninami. Nerezové potrubí DN50 je v nátokovém tunelu vedeno v horní úrovni pravé stěny. V prostupu stávající zátky je zachováno původní potrubí. V šachtě uzávěrů je na stávající vedení napojeno nové potrubí DN100 včetně uzavíracího ručního šoupěte. Dále je potrubí napojeno na svislé potrubí nerezové DN150 PN 10. Potrubí je kotvené ke stěně pomocí šroubových nerezových objímek.

Potrubí plovákového limnigrafu bylo ponecháno původní a opatřeno novým protikorozním nátěrem.

Obě svislá potrubí jsou vyvedena nad podlahu horní strojovny a jsou osazena tlakovým čidlem a zároveň i plovákovým limnigrafem.

4.2.5 SO 05 Přístup k uzávěrům šoupátkovou šachtou

Hlavní přístup k uzávěrům byl zachován stávající šachtou uzávěrů z prostoru horní strojovny pod původním domkem hrázového. Nově došlo k výměně podlahy včetně nosníků, která je nově tvořena z pochozích pororoštů tak, aby konstrukce umožňovala proudění vzduchu. Dále je součástí podlahy odklápací montážní otvor pro možnost opravy uzávěrů. Pro vlastní údržbu uzávěrů byl nad šachtou uzávěrů instalován nosník pro pojezd jeřábové kočky s nosností 5 t.

Přístup k vlastním uzávěrům je nově řešen pomocí točitého schodiště. Průměr schodiště je 1800 mm. Schodiště je vyrobené z žárově pozinkované oceli. Schodiště je tvořené centrální nosnou trubkou, dále jednotlivými stupni z pororoštů, zábradlím výšky 1,2 m. Nosná konstrukce schodiště je samonosná. Součástí schodiště je celkově 5 odpočívadel tvořených podestami 2,0 m x 1,0 m se zábradlím. Celková výška schodiště je 24,38 m. Schodiště je ukončeno nad komorou uzávěrů na podestě (pracovní plošina č. 1) sloužící pro obsluhu ovládání uzávěrů šoupátek na kótě 669,35 m n. m. Protikorozní ochrana veškerých nově osazovaných ocelových prvků je provedena žárovým zinkováním ponorem.

Součástí výbavy komory uzávěrů je i zařízení na zajištění nuceného přívodu vzduchu na dno šachty a to pomocí dmychadla umístěného na horní podestě uzávěrové šachty a vedeného PVC potrubím.

4.2.6 SO 06 Zavzdušnění uzávěrů

Modelovým výzkumem bylo prokázáno, že obtokový tunel je dostatečně zavzdušněn přes šachtový přeliv při všech stavech, kdy nedojde k zahlcení nálevky šachtového přelivu, totéž platí pro štolu šachtového přelivu. Z těchto důvodů nebyl objekt SO06 realizován.

4.2.7 SO 07 Ochrana korunového a šachtového přelivu

Ochrana korunového přelivu spočívala v instalaci předsažených ocelových svislých prvků s boční výdřevou, se základní roztečí 1,6 m s cílem zachycení primárně velkých plavenin (stromy, klády atd.), které by neprošly korunovým přelivem a způsobovaly by jeho ucpávání. Konstruktivně byly navrženy ocelové svařované sloupky výšky cca 4,6 m kotvené do základového železobetonového pasu. Jeho založení je na mikropilotech.

Obdobným konstruktivním způsobem, s mírně odlišnými parametry, je provedena i ochrana šachtového přelivu.

4.2.8 SO 08 Levobřežní zeď pod vyústěním obtokového tunelu VD

Jednalo se odbourání stávajícího zdiva levobřežní zdi na levé straně pod výtokem z obtokového tunelu a zajištění stability lince horninového prostředí za rubem opěrné zdi pomocí systému skalních hřebíků se skalní sítí a dále vyzdění nové zdi při použití původních kamenů s betonovým rubem.

4.2.9 SO 09 Elektroinstalace a řídicí systém

V rámci akce byla provedena kompletně nová elektroinstalace v šachtě uzávěří.

V rámci budování řídicího systému byly vzájemně propojeny optickou sítí jednotlivé strojovny a kancelář vodního díla. Vzájemná komunikace probíhá po optických kabelech. Nové uzávěry je možné řídit dálkově z nového PC, umístěného v kanceláři vodního díla. Z tohoto PC je možné ovládat i uzávěry na hrázové spodní výpusti. V případě výpadku napájení z distribuční sítě bude náhradní zdroj zásobovat vybranou zásuvku, která napájí řídicí PC.

V případě poruchy řídicího systému bude možné jednotlivé pohony řídit v režimu ručního řízení ovládačem, který je umístěn přímo na pohonu.

Součástí stavebního objektu bylo i osazení nového náhradního zdroje ovládání.

5. REALIZACE

Vlastní realizace stavby byla zahájena v dubnu 2017. Dokončení stavby bylo provedeno v listopadu 2019. Nádrž vodního díla nebyla vypuštěna a po dobu stavby zajišťovala v plném rozsahu ochranu před povodněmi. Během více jak dvouletého stavebního období, byly práce přerušeny dvakrát nucenou odstávkou, způsobenou povodňovou situací (duben 2018, 2019). V běžném provozu stavby, byla voda převáděna pouze levou hrázovou výpustí s max. kapacitou cca 11 m³/s. Při obou povodňových situacích vstoupily do funkce bezpečností a šachtový přeliv a odpadní tunel musel být vyklizen, přístup na stavbu byl omezen.

Rekonstrukci spodních výpustí v obtokovém tunelu bylo nutno navrhnout s ohledem na technické parametry vodního díla (tj. možnost převodu zvýšených průtoků přes profil hráze s dostatečnou ochranou staveniště) a zachování retenční funkce nádrže. Současně zde byla snaha o minimalizaci dopadů z environmentálního a energetického hlediska a pokud možno maximální zachování dalších funkcí přehrady. Tyto požadavky bylo možno splnit pouze takovým technickým řešením, které umožní realizaci za plného provozu bez vypuštění nádrže, navíc s možností regulace odtoku pouze jednou (hrázovou) výpustí s maximální kapacitou cca 11 m³/s.

Z tohoto důvodu nebylo možné realizaci provést bez pomoci potápěčů. Jimi prováděné práce byly realizovány v několika fázích. Nejdříve bylo nutno od vtokového portálu obtokového tunelu odstranit sedimenty, kusové splaveniny a demontovat ochranné česle. Byla zvolena metoda, která umožnila vybourání zátky v projektem požadované ploše. Šlo o zřízení vyztužené přibetonávky před návodním čelem původní zátky pod vodou, za pomoci potápěčů, kteří práce prováděli v hloubce 10 – 30 m. Nová železobetonová zátka má tloušťku cca 130 cm a je kotvena do stěn tunelu. Je navržena tak, aby bezpečně odolala po odbourání původní zátky

hydrostatickému tlaku i při maximálním zvýšení hladiny v nádrži. Před betonáží byly do bednění tvořeného stěnou ze svařených ocelových plechů osazeny vtokové kusy potrubí nových spodních výpustí. Do takto připraveného bednění byla čerpadlem na beton dopravena technologem betonu speciálně navrhnutá směs, určená pro čerpání na dlouhou vzdálenost (cca 150 m) a současně vhodná pro betonáž pod vodou. Samotná betonáž probíhala pod dozorem potápěče, který za pomoci komunikačního zařízení komunikoval s obsluhou čerpacího zařízení. Vtokové kusy byly uzavřeny provizorními uzávěry ve tvaru čochy, které za využití Archimédova zákona byly naplaveny za asistence potápěčů tunelem na místo určení.

Až v této chvíli bylo možno provést vybourání původní zátky včetně původních potrubí a instalaci potrubí nového.

Potápěči také instalovali nové ochranné česle na vtakovém portálu do tunelu. Práce spočívala ve zřízení kotevních betonových patek pro instalaci svislých nosných prvků česlí, instalaci těchto prvků a následně instalaci svislých a vodorovných česlových dílců.

Pro správnou funkci limnigrafu bylo nutno jeho přírodní potrubí vyvést ze strojovny přes zátku tunelem až před vtakový portál, aby nedocházelo ke zkreslení údajů vlivem rychlostní výšky v době, kdy jsou spodní výpusti ve funkci.

V rámci provádění vlastní realizace navržených stavebních úprav pro rekonstrukci spodních výpustí byly použity stavební postupy, zahrnující širokou škálu odborných prací, které si vyžádali použití subdodávek pro jednotlivé specializované činnosti. Jednalo se především o metody speciálního zakládání (mikropiloty pro základ česlí u bezpečnostního a šachtového přelivu). Dále ražba v odpadním tunelu, vybourání povodní zátky a původních potrubí hornickým způsobem za použití trhavin. Profil rozšířeného výrubu byl staticky posouzen, ukázalo se, že není nezbytné jeho vystrojení, jeho stabilita byla zajištěna přirozenou horninovou klenbou. Při stavbě bylo provedeno pouze doplňkové zajištění pomocí sklolaminátových kotev. Při ražbě bylo použito trhacích prací v kombinaci s mechanickým rozpojováním tak, aby bylo dosaženo co největší shody s PD.

Pro sledování seismických účinků od trhacích prací byl již při projekčním řešení v „Návrhu vstupních hodnot trhacích prací“ vypracován návrh rozsahu měření seismických účinků a sledování objektů VD. Program měření byl odvislý od skutečného rozsahu použití trhacích prací a dle nutných úprav jejich parametrů. Seismická kontrola byla v souladu s projektem i Programem TBD po dobu stavby realizována ve dvou stupních:

- Jednorázová úřední seismická měření od trhacích prací na více stanovištích objektů VD, případně i na jiných objektech v okolí. Tato měření jsou v povinnostech dodavatele stavebních prací.

- Průběžný seismický monitoring veškerých otřesů a vibrací od trhacích prací na určených objektech VD. Tato měření slouží ke kontrole prováděných trhacích a bouracích prací a dodržování jejich stanovených parametrů a jsou v kompetenci investora (respektive TBD).

Průběžné sledování vlivu trhacích a bouracích prací – automatický monitoring bylo po dobu ražby zajišťováno firmou VODNÍ DÍLA – TBD a.s. prostřednictvím specializované firmy na měření technických otřesů při provádění trhacích prací BARTOŠ – ENGINEERING.



Obrázek 2: finální podoba rekonstruované části spodních výpustí.

6. ZÁVĚR

Celkově se provedením akce „Zvýšení retenční funkce rekonstrukcí spodních výpustí v obtokovém tunelu“ zvýšila bezpečnost vodního díla při povodních.

Rekonstrukcí spodních výpustí došlo ke zvýšení celkové kapacity výpustných zařízení o 32,0 m³/s. Současně s vhodně prováděnou manipulací je zajištěno zvýšení retenčního objemu nádrže minimálně o 1 000 000 m³. Rekonstrukcí byla zvýšena provozní spolehlivost a dále prodloužena životnost uzávěrů SV. Je zajištěna ochrana bezpečnostních přelivů a šachtového přelivu před vniknutím splavenin a jejich případným ucpáním obou objektů. Realizací ochrany přelivů se tak zvýšila provozní spolehlivost vodního díla při převádění extrémních povodní.

V rámci akce byla provedena i nová elektroinstalace v šachtě uzávěrů včetně ovládání a nového řídicího systému.

Ing. Pavel Svatoš

*Povodí Labe, státní podnik
svatosp@pla.cz*

Ing. Tomáš Klemša

*VODNÍ DÍLA – TBD a.s.
klemsa@vdtbd.cz*

Ing. Ivan Beran

*Povodí Labe, státní podnik
berani@pla.cz*

APLIKACE POTÁPĚČSKÝCH PRACÍ NA POVODÍ OHŘE

J. Svejkovský

Povodí Ohře, státní podnik, Chomutov, Česká republika

ABSTRAKT: Řada aktivit spojených s provozem, údržbou a rekonstrukcí vodních děl je závislá na pracích prováděných pod vodní hladinou. Ať již jde o čištění česlí na vtocích do spodních výpustí nebo o zásadní stavby je třeba přistupovat k této tématice včas a s konkrétním zadáním. Státní podnik Povodí Ohře pro tuto činnost připravil s péčí řádného hospodáře již v roce 2008 systematické sledování nátoků do spodních výpustí na všech spravovaných přehradách. Na základě takto nastaveného sledování se po pozitivním zjištění cíleně přistupuje k vlastním pracím. Každá stavba pak představuje individuální přípravu a následně i kombinaci techniky a zajištění na staveništi. Typy zásahů jsou shrnuty do uvedených příkladů.

Jednou z nejzajímavějších staveb byla sanace věžového objektu VD Přísečnice, jiným způsobem se sanoval vnější povrch věžového objektu VD Stanovice. Technologické stavby budou uvedeny na příkladech osazení česlí na VD Myslivny či VD Jesenice a právě probíhající oprava drážek provizorního hrazení na VD Skalka. Samostatnou kapitolou jsou pak hrazení nátoků do spodních výpustí zásepkou – čočkou. Tato činnost bude prezentována na příkladech VD Horka a VD Jirkov.

1. ÚVOD

Systematické sledování nátoků do spodních výpustí vodních děl potápěčským způsobem bylo zavedeno po předchozích letitých zkušenostech s prováděním potápěčských prací. Systém spočíval ve vyhodnocení rizik spojených se změnami v prostoru nátoků do spodních výpustí ve vztahu ke kategorií vodního díla, tvaru, velikosti, sklonitosti svahů v povodí, pokryvu povodí, ploše, délce a hloubce vodní nádrže. Svou roli v hodnocení měl i průměr potrubí spodní výpusti, velikost a tvar česlí. Zhodnocením výše uvedených parametrů se stanovila četnost prohlídek potápěčským způsobem. Četnost prohlídek neměla vliv na potřebu realizovat jiné, provozní zásahy na objektech přehrady, například na výměnu trysek rozmrazování, čištění a kontrolu vodárenských odběrů či vtoků do objektů MVE.

Obecně z veškerých potápěčských prohlídek vznikají poznatky, ze kterých se tvoří podklady pro případné následné opravy či rekonstrukce.

V úvodu se všem čtenářům zároveň omlouvám, že nepoužívám fotografický doprovod, ale viditelnost při práci je obvykle tak mizivá, že vskutku platí pořekadlo, že: „**Ruce jsou potápěčovy oči.**“ Taktéž není potápěčská problematika striktně odborná, je uzpůsobena odborné veřejnosti přehradního stavitelství.

2. VĚŽOVÉ OBJEKTY

Mezi nejvíce exponované objekty, které potápěči často opravují, patří věžové objekty. Jednak se vyskytují uvnitř vodní nádrže, jednak byly realizovány po výšce surčitou mírou nehomogenity betonové směsi, jednak jsou velmi subtilní a je tedy nutné i ocelové výtuzi zajistit dostatečné krytí pro plnění významné statické funkce.

Na **VD Přísečnice** proběhla zřejmě unikátní oprava odběrného věžového objektu. Odběrný objekt je konstruovaný jako mokřý železobetonový válec s volnou hladinou, do kterého je voda přiváděna vždy jedním ze čtyř vtokových oken rozmístěných po výšce a odváděna jedním

oknem umístěným u dna. Dále voda pokračuje tlakovou štolou skrz masív Krušných hor do úpravny vody Hradiště. Od poloviny devadesátých let minulého století se začaly v objektu projevovat poruchy formou významných průsaků na pracovních spárách takového charakteru, který nebylo možné z hlediska stability a dlouhodobé bezpečnosti akceptovat. Za běžného provozu se samozřejmě průsak neprojevovaly, neboť hydraulický spád mezi vnějším a vnitřním prostředím tvořil pouze několik centimetrů. Při odstávkách, revizích a nutných opravách se však hydraulický spád po výšce vlivem vypuštění mokré šachty objektu navýšil až na hodnoty cca 37 m. Každou takovouto odstávkou se průsaky do věžového objektu stupňovaly. Vlastní odstavení odběru vody z VD Přísečnice by s sebou neslo významné obtíže při zásobování obyvatel i průmyslu v oblasti pod Krušnými horami vodou.

Celá realizace opravy věžového objektu tedy probíhala za plného provozu, a to z vnitřní strany. Otázka možná zní, zda se nedalo přistoupit k opravě z vnější části objektu? Odběrná okna jsou hrazena tabulovými uzávěry s těsněním a táhly ve vnějším prostředí, proto dotěsnění těchto propustujících detailů nebylo možné z vnějšího prostoru objektu realizovat.

Ve spolupráci s Potápěčskou stanicí z Chomutova se zrodil návrh přibetonování nové, plně vodotěsné stěny ke stěně stávající za pomoci ztraceného bednění z nerezových skružených plechů. Ztracené bednění se v jednotlivých prstencích na sebe nejprve zkušebně po částech smontovalo na suchu a po rozebrání se to samé provedlo již potápěčskou technikou pod vodou. Možno polopaticky, ale raději ještě uvedu na příkladu – první prstenec tvořený několika segmenty se na suchu přišrouboval k druhému prstenci, následně se první prstenec odmontoval a po segmentech se sešrouboval pod vodou uvnitř objektu; k druhému prstenci na suchu se přišrouboval třetí, druhý prstenec se odmontoval a po segmentech přišrouboval pod vodou k prvnímu, a tak se pokračovalo postupně až k prstenci poslednímu. Jednotlivé prstence tvořily s jistým přesahem i pracovní záběry betonáže pod vodou. V místech prostupu vtokových oken do tubusu věžového objektu se ztracené bednění napojilo na původní armaturu a vytvořilo tak vodotěsný spoj.

Podvodní betonáž má své velké pozitivum – pokud nedojde k rozplavení cementového pojiva a k roztřídění plniva vlastní směs při tuhnutí a tvrdnutí betonu netrpí smrštěním, naopak se může nepatrně rozpínat. Ukládání betonu pod vodou ještě způsobí vlivem vyššího tlaku zmenšování a vytlačování vzduchových bublin ve směsi mimo prováděnou konstrukci. Hydratace takového betonu pak probíhá v ideálních podmínkách a v tomto případě nebyla na škodu ani nízká teplota s návaznou pomalou rychlostí nástupu pevnosti betonu, protože nebyla vyžadována samostatná statická únosnost. Vybudování přibetonované vrstvy se ztraceným bedněním uvnitř věžového objektu pomocí potápěčské techniky proběhlo výborně, výsledky se dostavily ihned a životnost konstrukce se výrazně prodloužila. Zmenšení vnitřního průměru odběrného věžového objektu nemělo vliv na jeho funkci.

Sdružený věžový objekt **VD Stanovice** měl poškození typu odhalené statické ocelové výztuže ve vnějších plochách a hranách objektu. Zde se kombinovala sanace formou odbourání a otryskání ploch s následnou opravou buď dobetonováním do bednění nebo doplněním sítěry se zajištěním dostatečného krytí výztuže. Způsob provádění sanací se volil s ohledem na ploše a hloubce sanovaných poruch. Velké tloušťky se raději betonovaly do bednění, na tenčí vrstvy a na větší plochy se spíše nanášela sítěrková hmota.

A jak probíhala realizace? Betonáž klasickou metodou načerpáním do hadic a spouštěním směsi až na místo ukládání do bednění s betonováním ideálně pod hladinu betonové směsi nebo přímo na pracovní spáru. Sítěrkování pod vodou není asi v běžné praxi příliš známé. Nad hladinou se smíchá směs a vytvoří se koule, které se uvnitř vědra spustí k potápěči na místo prací. Ten jednotlivé koule vezme a palicí či pěstí je vpraví a ztuhne na příslušné místo. Vizually je samozřejmě jasný rozdíl mezi povrchem vzniklým betonováním do bednění a sítěrkováním –

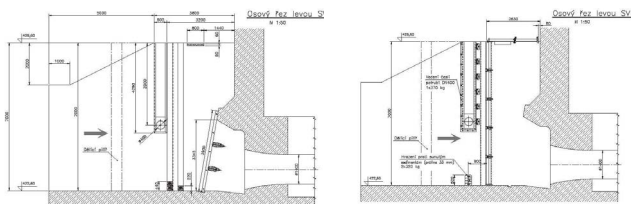
„koulováním“. V každém případě je velmi žádoucí provádět průběžnou kontrolu prací, ideálně nezávislým pracovním potápěčem.

3. TECHNOLOGICKÉ STAVBY

Jaké všechny práce se dají dělat pod vodou? Betonáž již známe, ale co třeba mechanické bourání betonu, otryskání a bourání vysokotlakým vodním paprskem, řezání úhlovou bruskou, svařování oceli, pálení oceli, vrtání, kotvení, nátěry ocelových konstrukcí, montáže těsnění, injektování – vypadá to, že pod vodou se dá realizovat skoro všechno. Ano, je to tak. Jde realizovat skoro vše, jen za jiných podmínek a s jinými limity než nad hladinou. Proto ani výměna česlí včetně podpěrných konstrukcí u vtokových objektů není výjimkou. Staré konstrukce je možné odstranit (demontovat či odřezat) a nové konstrukce osadit (přikotvit, přivařit) a původní ocelové konstrukce opatřit protikorozním nátěrem.

Při výměně česlí či vtokových košů se postupuje prakticky jako nad hladinou. Nejprve se odstraní původní konstrukce. Obvykle jsou tyto konstrukce osazeny tak, aby je bylo možné v budoucnu odklopit, vytáhnout jeřábem, vakem apod. a případně i nahradit. Obdobně tomu bylo i v případech **VD Myslivny**, nejvýše položené vodárenské nádrže v ČR, a **VD Jesenice**. Na VD Myslivny byly původně na ochranu vtoku do spodních výpustí použity vtokové koše, které plnily svou ochrannou funkci jen částečně. Koše se musely ve výsledku i odřezávat.

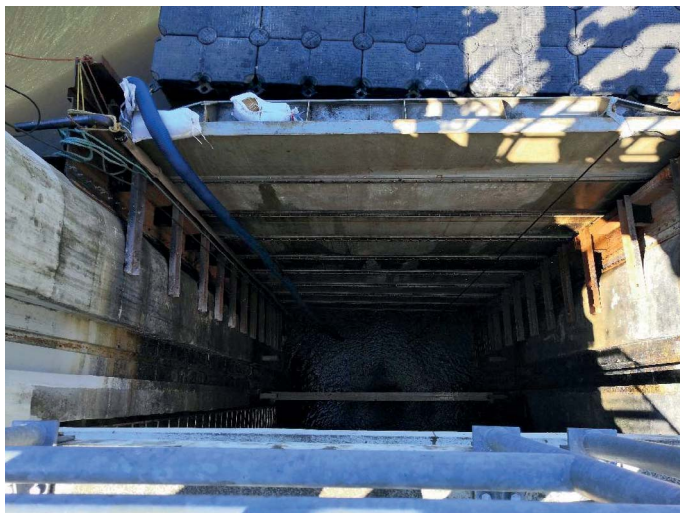
Na **VD Jesenice** se odstraňovala původní podpíraná česlová pole a nahrazovala se mohutnou konstrukcí česlí zasunutých do drážek původně určených pro zahrazení vtoků do spodních výpustí používaných pouze v době výstavby přehrady. Pro výsledné řešení se musely odstranit i napříč umístěné nosníky, které podpíraly česlová pole. Odstranění nosníků v sobě kombinovalo použití bouracích prací a pálení ocelového nosníku. Původní podpěry byly vytvořeny jako obetonovaný ocelový nosník. Výsledek po odříznutí ocelového nosníku se zasanoval kvůli eliminaci korozních projevů na zbylé konstrukci.



Obrázek 1: Schéma původních česlí (vlevo) a nově osazených česlí (vpravo) na vtoku do spodních výpustí VD Jesenice [1]

V obou případech se náhrada realizovala z důvodu nedostatečné průtočné plochy česlí a vtokového koše. Nové rozměrné česlové konstrukce zajistily maximální rychlost proudění v profilu česlí při plné kapacitě potrubí spodních výpustí v hodnotě 0,5 m/s.

Jinou stavebně technologickou opravou byla oprava drážek provizorního hrazení **VD Skalka**. Pro potápěčské práce byla nejzajímavější až vysilující úvodní část, kterou se realizovala stavební jímka osazená ještě před drážky provizorního hrazení. Pro tuto část se připravila dočasná konstrukce předsazených drážek, do kterých se osadila stávající hradidla používaná pro provizorní hrazení. Na VD Skalka stávající provizorní hrazení zajišťuje variantní zahrazení bezpečnostního přelivu hrazeného zdvižným segmentem i spodní výpustí. Očekávám zpracování příspěvku od zhotovitele této stavby, proto se tomuto tématu nebudu blíže věnovat.



Obrázek 2: Předsazené drážky dočasného provizorního hrzení na VD Skalka s osazenými hradidly provizorního hrzení.

4. HRAZENÍ ČOČKOU

Při revizích a pracích spojených s demontáží uzávěrů spodních výpustí se často setkáváme s osazováním zaslepovacích uzávěrů přímo do prostoru vtoku do spodních výpustí. U historických přehrad máme často velkou výhodu. Tyto přehrady se často navrhovaly s potrubími nižších průměrů – DN 200 až DN 400, a ještě se téměř bezvýhradně v nátoku nacházejí příruby. V těchto případech se záslepka osadí velmi snadno. Využije se příruby a přes těsnění se nasadí zaslepovací příruba a opatří se šroubovým spojením. Prostor za záslepkou je v tu chvíli bezpečný a lze k pracím na spodní výpusti přistoupit.

U mladších historických přehrad, staveb po roce 1930, a mnohých dalších mladších je předpoklad větších průměrů spodních výpustí s existencí hydraulicky vhodného nátoku do spodních výpustí. Tím je situace z pohledu hydrauliky výrazně vhodnější, ale z pohledu osazení záslepky zase o něco složitější. Znamená to vytvoření záslepky větších průměrů s uzpůsobením pro vložení do hydraulicky vhodného profilu. Tuto dispozici je potřeba velmi dobře zaměřit, navrhnout tvarově i staticky vhodnou záslepku se všemi doprovodnými fixačními prvky. Vzhledem k výslednému tvaru, který je v rovině osy potrubí spodní výpusti elipčitý a v rovině kolmé k ose kruhový, připomíná tvar čočky, se pro označení záslepky spodní výpusti vžil termín „čočka“. A co musí nutně obsahovat jak historická zaslepovací příruba, tak moderní čočka? Jsou to zavodňovací a odvzdušňovací otvory opatřené uzávěry. Bez nich by nebylo možné záslepku po dokončení prací z pozice odstranit. Snad to tedy každého projektanta napadne... ☺

Umístování čočky na pozici znamená nejprve připravit místo osazení. Je tedy nutné z pozice odklonit nebo úplně odstranit česle umístěné v nátoku do spodních výpustí, následně prostor pro dosednutí těsnění čočky otryskat a očistit od nečistot, teprve potom za pomoci vhodného množství závaží a nadlehčovacího vaku čočku vyvážit a spustit do výsledné polohy. Zde se za pomoci různých táhel a dalších doprovodných fixačních prvků čočka zajistí. Dotěsnění si

vezme na starosti přetlak způsobený vypuštěním vody ze spodní výpusti. Poté se čochka ještě zafixuje ve výsledné pozici.

Demontáž čochky pak začíná uvolněním fixačních prvků, které následuje zavodnění spojené s odvzdušněním prostoru za čochkou. Po vyrovnání tlaků se čochka buď uvolní sama, nebo se jí musí silou potápěče s patřičnými nástroji pomoci. Pak lze čochku opět dostat nad hladinu.

Pro práce spojené s opravou a rekonstrukcí spodních výpustí DN 800 na **VD Jirkov** se zhotovila na míru čochka. Ještě před prvním použitím se využila i na **VD Horka**, taktéž pro uzavření spodních výpustí s DN 800 a téměř shodným hydraulicky vhodným nátokem.

Na VD Jirkov se realizovala rekonstrukce vzdušných regulačních provozních uzávěrů spodních výpustí – místo kuželových uzávěrů DN 800 se osadily plunžrové uzávěry DN 1000. K tomu proběhla repase návodních provozních uzávěrů – šoupátek DN 800.

Na VD Horka se realizovala oprava návodních neregulačních provozních uzávěrů – šoupátek DN 800 se zřízením jejich obtoků pro minimalizaci namáhání těsnění, převodů a pohonů těchto uzávěrů.

5. ZÁVĚR

Potápěčské práce jsou pro bezpečné provozování přehrad nepostradatelné, neboť se úplně bez těchto prací nedokážeme obejít. V některých případech sice postradatelné jsou, ale umožní realizaci staveb bez nutnosti částečného nebo úplného vypouštění nádrží, což může mít velký přínos pro zásobní funkci nádrže i pro životní prostředí. Jistě lze najít celou řadu příkladů i jiných stavebních či strojních lahůdek, které se řešily potápěčskou technikou, ale pro navození složitosti i možnosti použití je snad tento stručný přehled dostačující.

Zmínil jsem, že skoro vše, co se realizuje nad hladinou, lze realizovat i pod ní. Je však vždy nutné mít na paměti, že nad hladinou stejnou práci realizuje řada dělníků či specialistů v jeden čas a pod hladinou je na stejnou práci v reálném čase jeden potápěč. Dále je zřejmé omezení v důsledku sycení lidských tkání plyny, převážně dusíkem, tedy v nutnosti časového omezení výkonu práce během jedné pracovní směny a v nutnosti provádět předepsané dekompresní postupy. To práce realizované pod vodní hladinou, zejména ve velkých hloubkách, oproti klasickým výrazně prodlužuje. Odpovídá tomu spolu s použitou technikou i finanční stránka potápěčských prací.

LITERATURA.

[1] DUBSKÝ, O.; VD Jesenice – úprava česlí vtoku do spodních výpustí, osazení hrazení proti sunutým sedimentům; dokumentace pro provedení stavby; Praha, 09/2017

Ing. Jan Svejkský

Povodí Ohře, státní podnik, Bezručova 4219, 430 03 Chomutov

jsvejksky@poh.cz

PROVÁDĚNÍ PODVODNÍCH PRŮZKUMŮ VODNÍCH DĚL

R. Jančar & J. Knotek

PS PROFI s.r.o., Brno, Česká republika

M. Špano

Vysoké učení technické v Brně, Brno, Česká republika

ABSTRAKT: Projekty oprav staveb a konstrukcí trvale umístěných pod vodou (části vodních děl a mostních podpěr) vyžadují kvalitní vstupní informace, které musí poskytnout kvalifikovaní potápěči na základě podvodního průzkumu. Podvodní průzkum staveb je v České republice (ČR) vykonáván, s ohledem na metodiku a techniku provádění, velmi rozdílným způsobem. Ne vždy je kvalita provedeného průzkumu dobrá ať už z důvodu nedostatečné kvalifikace osob, které průzkum provádějí, nebo v důsledku nedostatků v zadání. Standardizace postupů a jednotný přístup k provádění průzkumů je přitom pro periodické vyhodnocování technického stavu a bezpečnosti staveb nezbytná. V tomto článku jsou na základě dlouhodobých zkušeností shrnuty základní principy pro provádění podvodních průzkumů staveb a jejich částí umístěných trvale pod vodou. Popsána je metodika provádění podvodních průzkumů, jejich rozsah a také způsob dokumentace jejich výsledků.

1. ÚVOD

Základním nástrojem pro vyhodnocení stavu stavby a přípravu stavebních úprav je stavebně technický průzkum. Ten hodnotí stav rozhodujících stavebních konstrukcí stávajících objektů a jejich funkční využití a podává informace o základních objemových a plošných parametrech a další údaje potřebné ke zpracování návrhu obnovy, rekonstrukce, odstranění vad a poruch, popř. návrhu asanace či demolice objektu. Na základě výsledků průzkumu jsou stanoveny požadavky na rekonstrukci, modernizaci nebo sanaci stavby. Podvodní průzkum je tou částí stavebně technického průzkumu, která se zabývá stavem staveb a konstrukcí nebo jejich částí umístěných pod vodou.

Obecná pravidla a doporučení týkající se podvodních průzkumů vodních děl (VD) a jejich prvků jsou obsažena v Bulletinu 59 (1987) Mezinárodní přehradní komise ICOLD, který byl společně s materiály 10. kongresu ICOLD z roku (ICOLD 1970) v mnoha zemích základnou pro vydání závazných předpisů v tomto oboru. Příkladem komplexního přístupu k podvodním prohlídkám na různých druzích staveb a průmyslových konstrukcí (včetně hydrotechnických staveb) je podrobná standardizace procedur v inženýrských podvodních prohlídkách vypracovaná v roce 2001 Americkou společností stavebních inženýrů (Childs 2001)]. V Polsku byla roku 2013 vydána příručka pro provádění podvodních průzkumů vodních děl (Wachowski 2013).

Podvodní průzkumy mají být prováděny inspekčními potápěči pod dohledem osoby způsobilé k provádění prohlídky, pomocí dálkově ovládaných plavidel (ROV), nebo pomocí mobilních podvodních videokamer, za současného využití potápěčů a mobilních inspekčních zařízení (např. sonary).

Účast potápěčů na prohlídkách a podvodních průzkumech se musí odehrávat v kontextu platných zákonů. V ČR jsou podvodní průzkumy staveb podvodními pracemi, jejichž podmínky provádění a také podmínky a režim získávání oprávnění pro jejich vykonávání specifikuje nařízení vlády č. 591/2006 Sb. spolu s dalšími prováděcími nařízeními. Osoby

vykonávající podvodní práce musí mít oprávnění s profesní kvalifikací Potápěč pracovní, kód 69-014-H, dle zákona č. 179/2006 Sb.

V USA a v některých zemích Evropské Unie musí mít potápěči vykonávající práce tohoto typu také dodatečná speciální oprávnění v oboru inspekčních prohlídek vodních děl.

2. PODVODNÍ PRŮZKUMY

2.1 OBECNĚ

Podvodní průzkum spočívá v identifikaci zkoumaného objektu nebo konstrukčního prvku, vizuálním zhodnocení jeho aktuálního stavu a ve vyhledání a popisu případného nálezu (typicky poškození). Základním činitelem rozhodujícím o efektivitě a výsledné kvalitě průzkumu je viditelnost pod hladinou.

Většina staveb je situována na řekách a v nádržích, které jsou charakteristické velmi nízkou viditelností pod hladinou. Proto je identifikace objektu a rozsahu nálezu pod hladinou velmi pracná a prakticky je mnohdy prováděna spíše pohmatem než vizuálně. Možnosti pořizování fotografií a videodokumentace jsou v takových podmínkách omezené. Při prakticky nulové viditelnosti lze dokumentaci v omezené míře provádět pouze velmi drahými systémy kabelové televize s kamerami s vysokou citlivostí, které jsou určeny pro práci v kalné vodě, nebo s jiným speciálním zařízením (např. sonarem). Viditelnost ve vodách se v průběhu roku mění, průzkumné práce by proto měly pokud možno být prováděny v optimálních podmínkách. Ty obvykle nastávají v podzimních nebo zimních měsících. Účinné a efektivní provedení průzkumu, zvláště v podmínkách s nízkou viditelností, vyžaduje od potápěče zkušenosti a zejména znalost konstrukce zkoumané stavby. Před započítím prací je třeba v součinnosti s pracovníky provádějícími průzkum:

- vymežit účel a cíle průzkumu,
- přesně definovat rozsah prací,
- zajistit a prostudovat dokumentaci zkoumané stavby nebo její části,
 - výkresová dokumentace,
 - zaměření stavby,
 - fotografie z výstavby a provozu,
 - zprávy z předchozích průzkumů,
 - záznamy o provozu, poruchách a dosud provedených stavebních úpravách,
- zajistit a prostudovat další informace o lokalitě a stavbě (hloubky, viditelnost, přístupové cesty, síla proudu apod.),
- definovat požadavky na manipulace na VD, které ovlivňují průběh průzkumu a stanovit limity (hloubky vody, rychlosti proudění apod.).

Znalost výše uvedených informací umožní potápěčům a operátorům ROV sestavit plán prací s ohledem na možná rizika. Při realizaci průzkumu jim pak výše uvedené informace ulehčí orientaci, určit svoji polohu vzhledem k charakteristickým prvkům stavby a provádět prohlídku podle plánu. Za všech okolností však platí, že každá informace musí být ověřena a pokud možno potvrzena z více zdrojů.

2.2 DRUHY PODVODNÍCH PRŮZKUMŮ

S ohledem na rozsah a druh činností prováděných během prohlídek na vodních dílech lze rozlišit následující druhy podvodních průzkumů:

- **Obecný průzkum:** podvodní průzkum objektu bez provádění podrobných měření ukončený písemnou zprávou. Provádí jej potápěč nebo operátor ROV.
- **Podrobný průzkum:** podvodní průzkum konkrétně definovaných konstrukčních prvků nebo objektů spolu s detailní inventarizací nálezu. Provádí jej potápěč.

- **Speciální průzkum:** podvodní průzkum prováděný potápěčem s využitím speciálních postupů a měřicích zařízení, který zahrnuje:
 - odběry vzorků,
 - kombinace destruktivního a nedestruktivního stanovení fyzikálních a mechanických vlastností materiálů,
 - použití speciálních diagnostických metod (např. za účelem detekce průsaků, ověření geologických podmínek v podloží apod.).

Z hlediska způsobu provádění se rozlišuje:

- průzkum bez nasazení potápěčů (pomocí ROV),
- průzkum prováděný potápěči.

2.3 PERIODICITA A ZADÁVÁNÍ PODVODNÍCH PRŮZKUMŮ

Výsledky podvodních průzkumů by měly být nedílnou součástí vyhodnocení technického stavu a bezpečnosti stavby. Wachowski (2013) doporučuje provádění obecného podvodního průzkumu u významných staveb alespoň jednou za 5 let a u méně významných staveb alespoň jednou za 10 let.

Rozhodnutí o realizaci podvodního průzkumu je v kompetenci vlastníka/správce stavby, který tak činí na základě ustanovení předpisu pro údržbu (typicky provozní řád), nebo na základě doporučení resp. požadavku osoby pověřené prováděním prohlídky stavby. Periodicitu provádění podvodních průzkumů ovlivňuje i technický stav stavby a výsledky předcházejících průzkumů.

Obecné nebo podrobné podvodní průzkumy jsou prováděny obvykle při přípravě a realizaci opravy nebo rekonstrukce stavby, a to z důvodu stanovení vhodných stavebních postupů a kontroly kvality provádění stavebních a montážních prací. Rozhodnutí o realizaci takových průzkumů provádí vlastník/správce stavby, případně projektant nebo zhotovitel.

3. METODIKA PROVÁDĚNÍ PRŮZKUMŮ

3.1 OBECNÝ PRŮZKUM

Cílem obecného průzkumu je především lokalizace hledané konstrukce a záznam jejího aktuálního stavu, zejména pak lokalizace nálezů. Během průzkumu stavby by měl potápěč věnovat zvláštní pozornost betonovým prvkům a rozhraní dilatačních celků stavby. Dále pak spojmů ocelových prvků a rozhraní dvou materiálů (typicky beton-ocel).

Potápěč se pohybuje po předem připravené trase a zaznamenává stav konstrukce. Průzkum konstrukce má být prováděn dostatečně detailně na to, aby bylo možné identifikovat zjevná poškození a projevy opotřebování konstrukce.

Obecný průzkum se provádí především vizuálně, tzn. potápěč při průzkumu využívá záznamovou techniku (fotoaparát, videokamera, audiozáznam), případně si dělá ruční záznamy. Při špatné viditelnosti provádí prohlídku pohmatem, při které postupuje systematicky po povrchu zkoumané konstrukce a využívá přitom rozsah svých paží. Obecný průzkum zahrnuje i drobné očištění povrchu konstrukce, které umožňuje stanovení rozměrů jednotlivých nálezů. Každý nález se musí zaznamenat včetně stanovení jeho orientačních rozměrů (např. fotografie s přiloženým měřidlem nebo předmětem známé velikosti).

Při průzkumu má potápěč lokalizovat následující:

- vzájemné posuny prvků a dilatačních celků,
- stav povrchu konstrukce (přítomnost trhlin a jejich rozevření, úbytky betonu, výskyt šterkových hnízd v betonu, výskyt koroze a barevných usazenin),
- úbytky materiálu a podloží (abraze zpevněných povrchů, kavitační poškození zpevněných povrchů, přítomnost erozních rýh a výmolů kolem konstrukce),

- přítomnost lokálních depresí (prohlubně, trychtýře apod.) na povrchu zemních konstrukcí, které mohou svědčit o přítomnosti lokálních koncentrovaných průsaků vody do konstrukce nebo podloží.

3.2 PODROBNÝ PRŮZKUM

Podrobný průzkum se zaměřuje na podrobnou identifikaci nálezů zjištěných při obecném průzkumu. Cílem podrobného průzkumu je provedení podrobné inventarizace jednotlivých nálezů.

Při průzkumu se potápěč pohybuje po předem připravené trase cílené na provedení konkrétních úkolů a zaměření nálezu identifikovaných při obecném průzkumu. Potápěč je vybaven pomůckami tak, aby mohl provést konkrétní zaměření konkrétních nálezů. Součástí podrobného průzkumu je i očištění konstrukce a odhalení nálezu v celém svém rozsahu. Nejčastěji se očištění provádí vysokotlakým vodním paprskem. Při čištění konstrukce musí potápěč počítat s lokálním zvýšením zákalu v místě čištění a postupovat tak, aby co nejméně zhoršil viditelnost. Ve většině případů je nutné práce na podrobném průzkumu rozvrhnout do dvou dnů, kdy se první den provede očištění konstrukcí a předmětu a druhý den se realizují vlastní průzkumné práce. U každého nálezu je třeba:

- určit polohu nálezu,
- prozkoumat typ nálezu,
- stanovit rozsah nálezu,
- změřit velikost vzájemných posunů dilatačních celků stavby,
- provést náčrty,
- pořídit dokumentaci (fotografie, videozáznam a audiozáznam).

3.3 SPECIÁLNÍ PRŮZKUM

Speciální průzkum se provádí za účelem zjištění bližších informací o technickém stavu stavby nebo konstrukce. Obvykle navazuje na výsledky obecného a podrobného průzkumu. Speciální průzkum se obvykle zaměřuje na:

- přítomnost koncentrovaných průsaků do konstrukce nebo podloží (přítomnost privilegovaných průsakových cest),
- parametry filtrace (tzn. směr a velikost průsaku) v konstrukci nebo v podloží,
- stav betonových konstrukcí,
- stav kovových konstrukcí včetně kontroly kvality svarů,
- stav dřevěných konstrukcí,
- rozsah výmolů a nánosů a stanovení vlastností sedimentu.

Cíle průzkumu musejí být konkrétně stanoveny na základě znalostí o dosavadním stavu a chování konstrukce. Plán a rozsah průzkumu připravují osoby pověřené prohlídkou stavby (např. zástupce technickobezpečnostního dohledu) v součinnosti s vlastníkem nebo provozovatelem stavby.

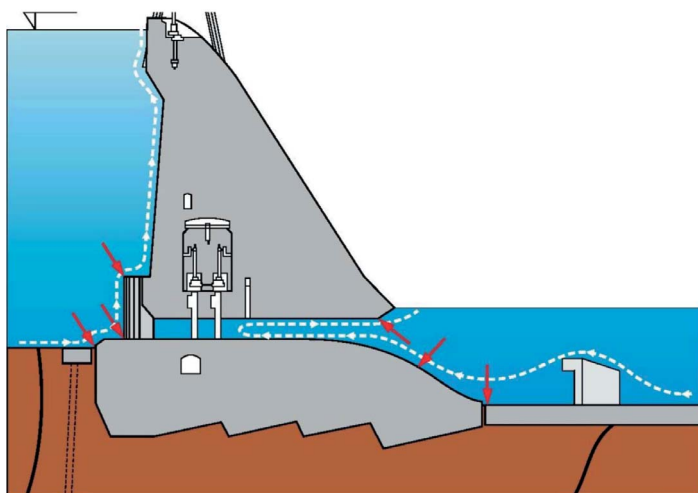
Realizace speciálního průzkumu vyžaduje speciálně připravený tým potápěčů se speciálním vybavením, především měřicím zařízením. Použití některých měřicích zařízení může být podmíněno prokázáním odborné způsobilosti, tj. potápěč musí být proškolen v zacházení s příslušným přístrojem a v metodice měření.

Speciální průzkum se provádí s konkrétním cílem. Potápěč je člen týmu, který vykonává předem stanovené úkoly prováděné pod vodou. Je prakticky nezbytné, aby takový průzkum naplánovala a vedla osoba znalá zkoumané problematiky.

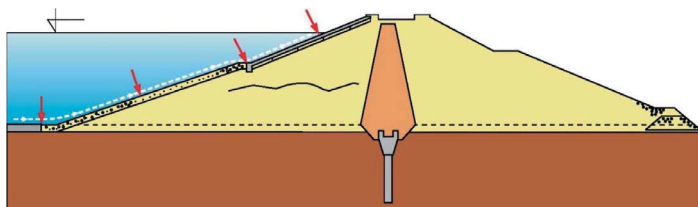
4. PRAVIDLA POHYBU PŘI PODVODNÍM PRŮZKUMU

Na obrázcích 1 až 3 jsou uvedena doporučená pravidla pohybu potápěče pod hladinou při průzkumu vybraných staveb. Bílá čárkovaná čára se šipkami znázorňuje rozsah prováděného průzkumu a směr pohybu potápěče, červené šipky označují prvky, jejichž průzkum vyžaduje zvýšenou pozornost. Typickými stavbami, na kterých je prováděn podvodní průzkum, jsou přehrady, jezy, vodní elektrárny, plavební komory a podpěry mostních objektů.

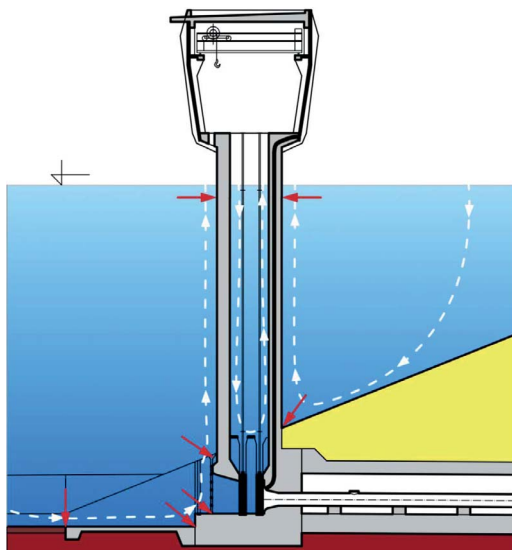
Zejména při průzkumech přehradních hrází a jejich funkčních objektů a mostních podpěr je třeba naplánovat postup prací tak, aby byl počet sestupů a výstupů potápěče omezen na minimum. Bezpečný počet sestupů a výstupů potápěče je omezený a závisí především na hloubce ponoru. Ideální způsob je provádět průzkum v horizontálním směru, což ale v řadě případů není vhodné, např. při kontrole svislých prvků stavby (dilatační spáry, vodící prvky uzávěrů apod.). Není-li možné dodržet maximální bezpečný počet sestupů a výstupů, musí být průzkumný tým složen z většího počtu potápěčů. Pro provedení obecného průzkumu lze použít i ROV, u něhož počet sestupů a výstupů není omezen.



Obrázek 1: Betonová hráz se spodní výpustí, zdroj: (Wachowski 2013).



Obrázek 2: Sypaná hráz s opevněním návodního svahu, zdroj: (Wachowski 2013).



Obrázek 3: Mokrá věž s uzávěry spodních výpustí.

5. VÝSTUPY PRŮKUMU

Během provádění podvodních průzkumů jsou pořizovány dva druhy dokumentace:

- pracovní, shromažďovaná průběžně během provádění prací,
- výsledná, která je formálním shrnutím nálezu a finálním výstupem průzkumu.

Pracovní dokumentace se obvykle skládá z následujících částí:

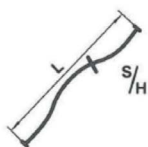
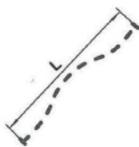
- audiozáznam zprávy potápěče během práce pod vodou,
- videozáznam z kamery, se kterou pracoval potápěč pod hladinou,
- poznámky zapisované pod hladinou a na povrchu během práce potápěče,
- fotodokumentace,
- ruční náčrty zkoumaných konstrukčních prvků se zakreslením jednotlivých nálezů,
- výstupy z měřicích zařízení (sonarový záznam, výstupní data měřidel, grafy apod.).

Výsledná dokumentace se má skládat z písemné a přílohové části. V písemné části je souhrnně popsána zkoumaná lokalita, rozsah prováděných prací, metodika provádění a výsledky průzkumu. V přílohové části jsou výstupy z filmové a fotografické dokumentace a protokoly z provedených měření. Součástí zprávy je i výkresová dokumentace se zakreslenými nálezy.

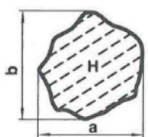
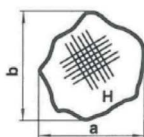
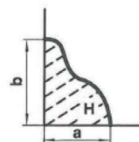
Popis každého nálezu se dokládá protokolem, který musí obsahovat:

- podmínky při realizaci průzkumu (zejména viditelnost)
- slovní popis nálezu (trhlina, otevřená spára, díra, vzájemné posunutí, erozní poškození apod.),
- rozměry nálezu (délka, šířka nebo výška, hloubka),
- lokalizace nálezu (hloubka, ve které se poškození nachází, vzdálenosti od vyznačených bodů nebo jasně definovaných objektů, jako jsou hrany, dilatační spáry apod.).

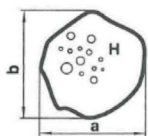
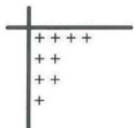
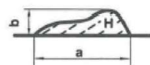
K zakreslení nálezů do výkresové dokumentace je vhodné používat piktogramy a značky uvedené na obrázcích 4 a 5.

Trhlina, spára
(otevřená)Trhlina
nerozevřená

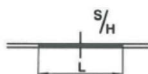
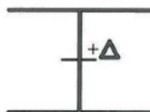
Díra, otvor

Plošný úbytek
materiáluOdkryté
armování

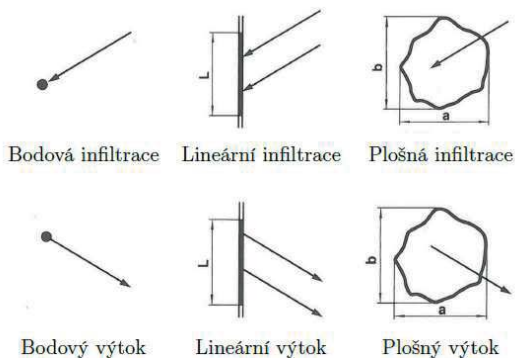
Úbytek nároží

Plošné korozní
poškozeníÚbytek podloží
pod konstrukcí

Úbytek hrany

Rozevření
dilatační spáryVyhřeznuté
těsnění
z dilatační spáryVzájemný posun
svislý

Obrázek 4: Značení a kótování nálezů, zdroj: (Wachowski 2013); L - délka, S - šířka, H- hloubka, D - průměr, a; b - délkové rozměry, Δ - vzájemný posun.



Obrázek 5: Značení a kótování projevů průsaků, zdroj: (Wachowski 2013).

6. ZÁVĚR

V České republice chybí jednotná metodika pro provádění podvodního průzkumu staveb. Přitom projekty oprav staveb a konstrukcí trvale umístěných pod vodou vyžadují kvalitní vstupní informace, které musí poskytnout kvalifikovaní potápěči na základě podvodního průzkumu. V článku jsou definovány druhy podvodních průzkumu, stručně popsána jejich metodika včetně pravidel pohybu pod vodou a způsob dokumentace nálezů.

Tento článek byl připraven za finanční podpory projektu FAST-S-22-8005.

LITERATURA

- [1] Bulletin No. 59. Dam Safety – Guidelines, ICOLD , 1987.
- [2] Childs, K.: Underwater Investigations: Standard Practice Manual. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, American Society of Civil Engineers, 2001, ISBN 9780784405451.
- [3] ICOLD: Underwater Inspection & Repair of T.V.A Dams - ICOLD Bulletin, Materiály 10. Kongresu ICOLD, 1970.
- [4] Nařízení vlády č. 591/2006 Sb. o minimálních požadavcích BOZP na staveništi v platném znění.
- [5] Wachowski, W.: Zasady wykonywania badan podwodnych dla oceny stanu technicznego budowli pietrzacych (Vyhodnocení technického stavu podvodních částí prehradních staveb - metodika a vybavení pro průzkum). OTKZ IMGW-PIB, Varšava, 2013
- [6] Zákon č. 179/2006 Sb. o uznávání výsledku dalšího vzdělávání v platném znění.

Radek Jančar
PS PROFI s.r.o., Brno
jancar@psprofi.cz

Jaroslav Knotek
PS PROFI s.r.o., Brno
knotek@email.cz

Miroslav Špano
VUT v Brně, Fakulta stavební
spano.m@vutbr.cz

TESNENIE DILATAČNÝCH ŠKÁR VTOKOVÉHO OBJEKTU PLAVEBNÝCH KOMÔR VD GABČÍKOVO

M. Takáčová, O. Pastrnák, R. Veselý & J. Kapušanský

Vodohospodárska výstavba, štátny podnik Bratislava, Slovenská republika

ABSTRAKT: Vodné dielo Gabčíkovo bolo uvedené do prevádzky v roku 1992. V roku 2019 začala v spolupráci s EÚ realizácia projektu „Inovácia a modernizácia plavebných komôr v Gabčíkove“, po ktorom bude nasledovať po 30-ročnej prevádzke vodného diela aj realizácia projektu „Inovácia a modernizácia Vodnej elektrárne Gabčíkovo“ (ďalej aj IaM PLK). Gabčíkovské plavebné komory (ďalej aj PLK) sú najväčšími plavebnými komorami v celej Európe a sú dôležitým vodným uzlom medzinárodnej lodnej dopravy spájajúcej severozápad a juhovýchod Európy. Ich 30-ročná dynamická prevádzka si vyžiadala komplexnú rekonštrukciu degradovaných polôh štrkového podlažia v bezprostrednej blízkosti základovej škáry plavebných komôr, utesnenie všetkých dilatačných a pracovných škár, komplexnú modernizáciu betónových, oceľových, hydraulických, elektrických konštrukcií a v neposlednom rade aj realizáciu nového moderného automatizovaného systému riadenia ich prevádzky.

Predkladaný článok sa zaoberá identifikáciou netesností dilatačných škár (ďalej aj DŠ) na Vtokovom objekte do plavebných komôr a Spojovacom múre medzi plavebnými komorami a Vodnou elektrárnou Gabčíkovo, návrhom ich kontinuálneho utesnenia, realizáciou za pomoci potápačov a jej následnou kontrolou účinnosti tesnosti novorealizovaných protipriesakových opatrení.

1. ÚVOD

Vodné dielo Gabčíkovo sa nachádza v rovinnej oblasti Žitného ostrova, ktorej podlažie je tvorené v okolí stupňa Gabčíkovo vodonosnou vrstvou dunajských štrkov o mocnosti cca 370 m. Aby bola zabezpečená plynulá medzinárodná lodná doprava bol vybudovaný Prívodný kanál o dĺžke 17 km, ktorý je napojený na riečny stupeň vodného diela Gabčíkovo. Stupeň Gabčíkovo pozostáva z dvoch plavebných komôr (o úžitkovej dĺžke 275 m a šírke 34 m) a vodnej elektrárne (8 turbogenerátorov o celkovom výkone 720 MW). Jednotným sklonom Prívodného kanála, miernejším ako sklon územia v ktorom pretekal a preteká Dunaj, bol pri stupni Gabčíkovo dosiahnutý viac ako 20 metrový priemerný výškový rozdiel hladín medzi hornou vodou v Prívodnom kanáli (ďalej aj PK) a dolnou vodou v Odpadovom kanáli (ďalej aj OK), ktorý bol tiež umelo vybudovaný.

Gabčíkovské plavebné komory sú **svojou výškou konštrukcie najvyššie a unikátne v celej Európe**, pričom výška od základovej škáry dosahuje rekordných 39,3 m. Od začiatku prevádzky, teda roku 1992 do dnešných dní, boli plavebné komory napustené viac ako 110tisíckrát. Každoročne sa nimi prepraví v priemere viac ako 15 000 nákladných a osobných lodí.

Počas svojej prevádzky na plavebných komorách boli vykonané niekoľkokrát čiastkové opravy. V súčasnosti vďaka podpore EÚ prebieha komplexná inovácia a modernizácia všetkých konštrukcií plavebných komôr, ktorá je realizovaná spoločnosťou Metrostav a.s..

2. SANÁCIA DILATAČNÝCH A PRACOVNÝCH ŠKÁR

Jednou z významných úloh IaM PLK je sanácia podložia plavebných komôr, ktorej účinnosť závisí hlavne od rekonštrukcie všetkých dilatačných a pracovných škár či už vodorovných, šikmých alebo zvislých nielen na múroch komôr a v ich plniacich kanáloch, ale aj na Vtokovom objekte PLK (obrázok 1).



Obrázok 1: Pohľad na plavebné komory VD Gabčíkovo (dron, VV - TBD).

Dlhodobou prevádzkou a striedaním ročných období a s ním súvisiacim opakovaným zmršťovaním a rozťahovaním obrovských betónových blokov postupne dochádzalo k poškodeniu ich tesnosti. Táto skutočnosť sa významnou mierou prejavila na hladinovom režime v pozorovacích sondách nachádzajúcich sa v bezprostrednej blízkosti plavebných komôr.

2.1 ANALÝZA PRÍČIN POTREBY UTESNENIA VTOKOVÉHO OBJEKTU

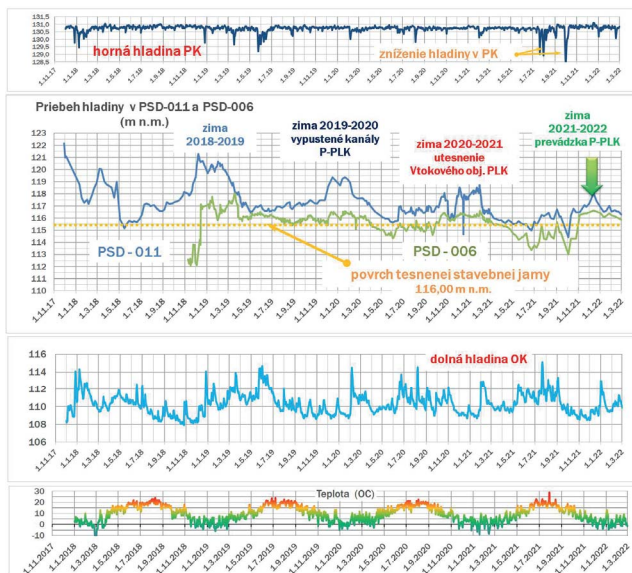
Prúdenie podzemných vôd v okolí plavebných komôr, spôsobené výškovým rozdielom hladín hornej a dolnej vody, je zintenzívnené práve v okolí všetkých dilatačných a pracovných škár, ktoré časom, vplyvom prevádzky plavebných komôr vykazujú netesnosti. Vyplavovanie pieskov spôsobuje vztlak vody, ktorý pôsobí na dno PLK. Tento je významnou mierou ovplyvnený dotáciou vody, ktorá preteká v mieste Vtokového objektu PLK cez tesnú stavebnú jamu do utesneného prostredia. Smer prúdenia podzemnej vody je pri bežnej prevádzke PLK ovplyvnený Odpadovým kanálom, ktorý pôsobí ako jeho dren (to znamená, že priesaková a podzemná voda natekajúca z Prívodného kanála všetkými jeho netesnosťami prúdi pozdĺžne pod komorami a oteká do OK). Vzhľadom na to, že zvislé dilatačné škáry v okolí Vtokového objektu boli niekoľkokrát v priebehu posledných rokov injektované, táto skutočnosť bola považovaná za riešenie problému a preto na začiatku inovácie jej nebola venovaná náležitá pozornosť.

Počas IaM pravej PLK boli optimalizované hlavným projektantom AQUATIS Praha navrhované riešenia jednotlivých objektov. Jedným z nich bola aj časť objektu SO-262, pod názvom Komplexná renovácia podzákladia, a to **utesnenie Vtokového objektu iným spôsobom ako injektážou**. Na podnet generálneho projektanta AQUATIS, a.s. Praha sme zrealizovali podrobnú analýzu hladinového režimu podzemnej a priesakovej vody vo vybraných sondách v okolí múrov a objektov plavebných komôr.

Na základe hladinového režimu v okolí najbližších sond PSD-011 a PSD-006 (obrázok 3), v ktorých sa hladiny vody nachádzajú cca 6,0 m nad hladinou dolnej vody (hladiny v OK) boli

v priebehu IaM PLK zrealizované na pokyn hlavného projektanta dodatočné hlbšie analýzy a ďalšie merania, za účelom overenia tesnosti predmetných dilatačných škár.

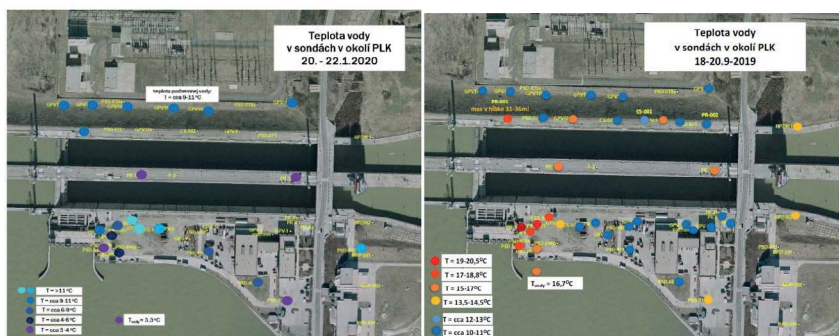
Na *obrázku 2* je zobrazený časový vývoj hladiny v okolí sondy PSD-011 a PSD-006, ktorý dokazuje, že hladina vody v ich okolí reaguje nielen na ročné obdobia, ale aj na kolísanie hladiny vody v OK.



Obrázok 2: Časový vývoj hladín v sondách PSD-011 a PSD-006 nachádzajúcich sa v bezprostrednej blízkosti vtokového objektu PLK (VV – TBD).

Z *obrázku 2* ďalej vyplýva, že v zimnom období, keď sú dilatačné škáry Spojovacieho múru (Vtokový objekt PLK a Vodná elektráreň Gabčíkovo) otvorené (betón sa zmrazuje) je hladina v týchto sondách cca o 4 m vyššia ako v letných mesiacoch, kedy sú škáry uzavreté.

Na základe tohto kolísania hladiny sme v septembri 2019 realizovali **meranie teplôt** v celých vodných stĺpcoch vo všetkých sondách, nachádzajúcich sa v okolí PLK. Hodnoty teplôt sme zaznačili farebne do situácie a získali sme **charakteristický tepelný tok prúdenia vody z Prívodného kanála** do tesneného územia. Vzhľadom na to, že september 2019 bol neobvykle teplý a teplota v PK dosahovala skoro 17°C (oranžová farba), bolo možné tento tepelný tok identifikovať. Toto meranie teplôt sme zopakovali aj v januári 2020 a dostali sme porovnateľný tok. V miestach, kde sme v septembri 2019 namerali najvyššiu teplotu vody, sme namerali v januári 2020 najnižšie teploty vody, ako je zrejmé z nasledujúceho *obrázku 3*.

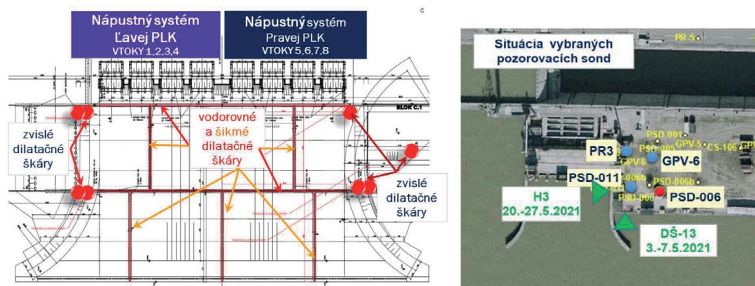


Obrázok 3: Teplota vody nameraná vo vybraných sondách v septembri 2019 a januári 2020 (VV – TBD).

2.2 KONTINUÁLNE GEOFYZIKÁLNE MERANIA

Ďalším zaujímavým výsledkom merania bolo, že teplota vody sa v sondách po hĺbke menila minimálne.

Z tohto nám vyplynulo, že aj niekoľkonásobne sanované dilatačné škáry lokálnym injektovaním potápačmi v miestach, kde identifikovali sanie (t. j. vľahovalo im rukavice) aj naďalej vykazujú netesnosti. Na základe týchto skutočností hlavný projektant IaM PLK spoločne s katedrou Geotechniky a našim oddelením geofyzikov VV – TBD otestovali dilatačné škáry pomocou soľného roztoku (obrázok 4).



Obrázok 4: Prehľadná situácia sanácie zvislých a vodorovných dilatačných škár pred vtokovým systémom PLK a (vpravo) vyznačením najbližších merných zariadení. (VV – TBD).

Za výdatnej pomoci potápačov boli dve vybrané dilatačné škáry, ktoré sú na obrázku 4 vyznačené ako DŠ-13 a H3, dôkladne vyčistené a zbavené všetkých lastúr a korýtok. Následne boli na dilatačné škáry osadené extrudované plastové polrúry. Vo vybraných sondách, ktoré sú znázornené na obrázku 5 a v polrúre bola premeraná prirodzená vodivosť vody. Následne na to bol do polrúry aplikovaný nasýtený soľný roztok a kontinuálnym meraním bolo zaznamenávané riedenie soľného roztoku v polrúre a následné zvyšovanie vodivosti vo vybraných sondách.



Obrázok 5: Pohľad na realizáciu kontinuálneho pokusu (VV – TBD).

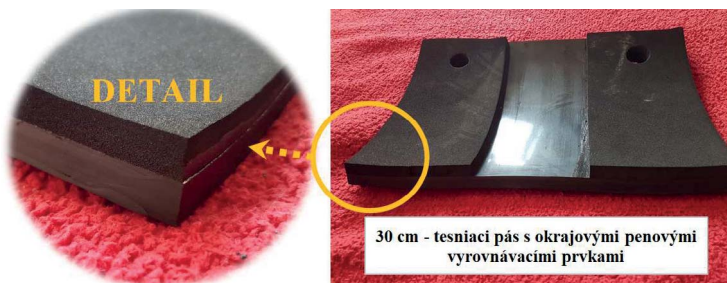
Týmito pokusmi sme dospeli k veľmi významným poznatkom, ktoré nám neboli známe pred IaM PLK. Špeciálne moderné geofyzikálne merania potvrdili naše predpoklady, že niekoľkonásobne injektované dilatačné škáry potápači tečú nad ďalej, a to po celej svojej dĺžke, a tým spôsobujú dynamické sýtenie utesneného priestoru plavebných komôr.

Vzhľadom na túto skutočnosť bolo potrebné ako zvislé škáry, tak aj projektantom určené vodorovné škáry (kde potápači identifikovali pri kontrole „sanie“) pred vtokmi účinne utesniť. Na základe skúseností projektant upustil od opätovného injektovania týchto škár a navrhol ich **utesnenie riešiť mechanicky kontinuálne pozdĺž celej DŠ**. Voda v štrkovitom prostredí si vždy nájde cestu, a preto lokálne injektovanie DŠ je veľmi málo účinné v takomto prostredí aj vzhľadom na skutočnosť, že škáry sa vplyvom poveternostných podmienok otvárajú a zatvárajú.

3. SANÁCIA DILATAČNÝCH ŠKÁR VTOKOVÉHO OBJEKTU PLK

Sanácia týchto škár nespočívala len v utesnení DŠ, ale aj v jej očistení a bezprostrednej sanácii (je zaujímavé, že už po niekoľkých dňoch dochádza k opätovnému poškodeniu vyčisteného povrchu prisatím mušlí).

Vyčistené dilatačné škáry potápači prekryvali kontinuálnymi gumenými tesniacimi pásmi širokými 300 a 600 mm (*obrázok 7*), ktoré pomocou nerezových líšt prichytávali k betónovým blokom pomocou mechanických kotiev. Aby pri nepriaznivých poveternostných podmienkach nedochádzalo počas vlnobitia k prelievaniu povrchu tesniaceho gumeného pásu, vodorovný kontakt medzi povrchom tesniaceho prvku a hornou hranou betónu je chránený zhora vodorovnou zakrivenou nerezovou lištou.



Obrázok 6: Detaily kontinuálneho tesniaceho gumeného pásu (VV-TBD).

Kvôli bezpečnosti potápačov bolo potrebné utesňovať tieto škáry počas výluky lodnej premávky cez ľavú PLK. Odstávka prevádzky ľavej PLK trvala tri mesiace cca 9 hodín denne, vzhľadom na to, že potápači mohli pracovať pod vodou len za vidna a dni sa vzhľadom na ročné obdobie október ÷ december 2020 skracovali.

Bolo evidentné, že týmto spôsobom vznikli plavebným spoločnostiam nepredvídateľné komplikácie, ktoré ani jedna zo zúčastnených strán neočakávala, ale vzhľadom na potrebu riešenia tejto časti sanácie boli výluky bezpodmienečne nutné.



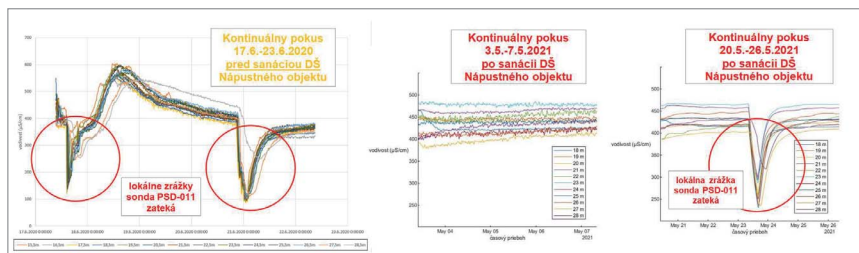
Obrázok 7: Pohľad na vtokový objekt PLK a jeho sanáciu potápačmi (VV – TBD).

3.1 ÚČINNOSŤ SANÁCIE DILATAČNÝCH ŠKÁR VTKOVÉHO OBJEKTU PLK

O tom, že kontinuálne utesnenie dilatačných škár Vtokového objektu PLK je účinné, svedčia v súčasnosti namerané teploty v okolitých sondách, ktoré vykazujú teplotu porovnateľnú s teplotou podzemnej vody. Jedinou sondou, v ktorej teplota priamo komunikuje s teplotou vody v Prívodnom kanáli je sonda PSD-006. Táto sonda sa nachádza v blízkosti Spojovacieho múru, ktorého utesnenie pomocou kontinuálnych gumených pásov je naplánované v zimnom období teda v čase otvorených dilatácií a v čo najkratšie možnej dobe.

Nielen teplotnou analýzou podzemnej a priesakovej vody v okolí Vtokového objektu PLK, ale aj realizáciou opakovaných kontinuálnych geofyzikálnych meraní bola overená účinnosť utesnenia predmetných dilatácií.

Na nasledujúcom *obrázku 8* uvádzame pre názornosť porovnanie výsledkov kontinuálnych pokusov realizovaných pred a po sanácii dilatačných škár.



Obrázok 8: Porovnanie výsledkov kontinuálnych pokusov realizovaných pred a po sanácii dilatčných škr (VV – TBD).

Pokým pred sanáciou dilatčných škr vtokových krídel Vtokového objektu a prvej dilatčnej škáry Spojovacieho múru medzi PLK a VE došlo k významnému zvýšeniu vodivosti **za jeden deň** hlavne v sondách **PSD-011, PSD-006** a v menšej miere vo vzdialenejších sondách, po sanácii dilatácií k významnému zvýšeniu vodivosti **nedošlo v tých istých sondách ani po 5 dňoch**. Pre názornosť uvádzame časový vývoj vodivosti v sonde PSD-011 pred a po sanácii DŠ (obrázok 8). V červených kruhoch sú zvýraznené anomálie meraní, ktoré boli spôsobené lokálnymi zrážkami v čase realizácie kontinuálnych meraní.

Ďalším spôsobom overenia funkčnosti sanácie dilatácií bola vizuálna obhliadka kontinuálnych gumených pásov a ich uchytenia pomocou podvodného dronu, ktorým sme detailne prekontrolovali každú dilatáciu Vtokového objektu PLK.

Pre názornosť na ďalšom obrázku 9 uvádzame pár snímok z podvodného dronu.





Obrázok 9: Zábery z vizuálnej obhliadky sanácie dilatácii Vtokového objektu PLK podvodným dronom (VV – TBD).

Na nasledujúcom obrázku 10 je vidno účinnosť tesniaceho gumeného pásu, ktorý v mieste otvorenej dilatácie je vtiahnutý do nej. Táto obhliadka bola realizovaná v zimnom období.



Obrázok 10: Účinnosť tesniaceho pásu pri otvorenej dilatáčnej škáre (VV – TBD).

4. ZÁVER

Po necelých dvoch rokoch rekonštrukcie (zhotoviteľ Metrostav a. s.) bola uvedená do prevádzky pravá PLK v novembri 2021, ktorej sanácia bola ukončená veľkým množstvom individuálnych i komplexných previerok a skúšobných prevádzok, pri ktorých sa testovali jednotlivé objekty. Inovácia a modernizácia plavebných komôr v Gabčíkove v súčasnosti prebieha na ľavej PLK.



UPGRADE
OF GABČÍKOV
LOCKS

Výhradnú zodpovednosť za informácie použité v článku nesie autor. Európska únia nenesie žiadnu zodpovednosť za akékoľvek použitie informácií, ktoré sa v ňom nachádzajú.

Ing. Monika Takáčová

Vodohospodárska výstavba, štátny podnik, Bratislava, Slovakia

monika.takacova@vzb.sk

Ing. Ondrej Paštrnák

Vodohospodárska výstavba, štátny podnik, Bratislava, Slovakia

ondrej.pastrnak@vzb.sk

Ing. Roman Veselý

Vodohospodárska výstavba, štátny podnik, Bratislava, Slovakia

roman.vesely@vzb.sk

Ing. Juraj Kapušanský

Vodohospodárska výstavba, štátny podnik, Bratislava, Slovakia

juraj.kapusansky@vzb.sk

VYUŽITIE POTÁPAČSKÝCH PRÁČ NA VODNÝCH STAVBÁCH Z POHLADU TECHNICKO-BEZPEČNOSTNÉHO DOHĽADU

I. Voštinár, Z. Žuffová, D. Berezňaninová, A. Borák & R. Stanček

VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, š. p., Bratislava, Slovenská republika

ABSTRAKT: Posudzovanie bezpečnosti a prevádzkyschopnosti vodných stavieb je spojené s výkonom technicko-bezpečnostného dohľadu. V súčasnosti táto špecializovaná činnosť ešte viac získava na dôležitosti vzhľadom na to, že vodné stavby rovnako podliehajú nezadržateľnému procesu starnutia, pričom zvyšujúci sa vek vodných stavieb prináša aj zvyšný výskyt porúch, ktoré môžu ohrozovať ich bezpečnosť. Nakoľko takéto poruchy často vznikajú pod vodnou hladinou, je nevyhnutná spolupráca s potápačmi, ktorí sa špecializujú na práce pod vodou. Predkladaný príspevok sa zaoberá konkrétnymi prípadmi využitia potápačských prác na vodných stavbách, či už pri zisťovaní rozsahu porúch, ale aj pri ich samotnej sanácii a zároveň hodnotí účinnosť vykonaných prác z hľadiska technicko-bezpečnostného dohľadu.

1. PRIESAKY V OBLASTI ĽAVÉHO VTOKOVÉHO KRÍDLA VS ŽILINA

Jednou z vodných stavieb, na ktorých oddelenie TBD Žilina vykonáva technicko-bezpečnostný dohľad je aj vodná stavba Žilina, ktorá je v správe podniku VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, š. p. a je v prevádzke od roku 1998. Priesaky v oblasti hydrouzla boli prvotne zaznamenané v roku 2010, a to za ľavým vtokovým krídlom. Priesak sa prejavoval postupným zvyšovaním priesakových množstiev z drénu, ktorý je zaústený do šachty MPD 25 situovanej v lokalite ľavého výtokového krídla hate. Výtok z drénu bol dovtedy suchý, namerané (manuálne meranie) hodnoty v priebehu rokov 2010 a 2011 narástli na úroveň $6,5 \text{ l.s}^{-1}$. Z uvedeného dôvodu bol koncom roku 2011 realizovaný potápačský prieskum dilatácií ľavého vtokového krídla. Potápačmi bolo zistené, v hĺbke 7,5 m od hladiny, vťahovanie vody do dilatanej škáry medzi prepádovým blokom hate a 1. blokom ľavého vtokového krídla. Táto skutočnosť bola potvrdená aplikáciou farby v blízkosti dilatácie v uvedenej hĺbke.

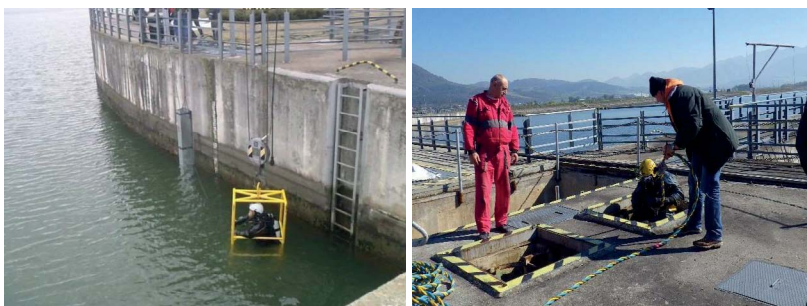


Obrázok 1 a 2: Pohľad na lokalitu priesakov za ľavým vtokovým krídlom a kontrola dilatanej škáry potápačmi.

Prejavy priesaku postupne narastali, bol zaznamenaný výver vody zo spätného zásypu za ľavým vtokovým krídlom a ďalší priesak bol pozorovaný pozdĺž priekopy vedľa príjazdovej komunikácie na ľavostrannú hrádzu.

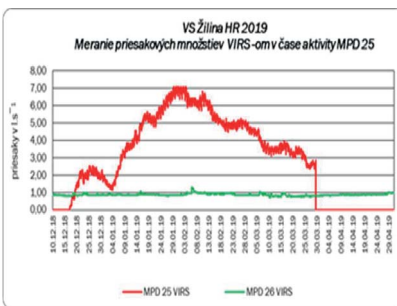
Spomenutá dilatčná škára bola utesnená začiatkom roku 2013, a to jej prekrytím pomocou plechových pásov, ktoré boli priskrutkované ku konštrukcii krídla. Napriek takto utesnenej dilatácii sa intenzita priesaku zvyšovala, bolo zrejmé, že zdroj priesaku je iný. Preto následne boli prekontrolované odberné okná pre prívod vody do dvoch malých vodných elektrární. Odbery sú riešené cez dve odberné okná v ukľudňovacích nádržiach, ktoré boli tesnené dilatčnou tesniacou gumou. Nerovnomerným sadaním jednotlivých blokov stavby pravdepodobne došlo k poškodeniu tesniacich gúm a vzniku priesakových ciest. Vykonanou obhliadkou, prostredníctvom potápačov, sa tento predpoklad potvrdil, pretože postupným vypustením najskôr jednej a potom druhej ukľudňovacej nádrže priesaky z drénu do šachty MPD 25 úplne ustali.

Do sanácie boli malé vodné elektrárne prevádzkované iba cez jednu ukľudňovaciu nádrž, cez ktorú boli zaznamenané menšie priesaky do okolia. Po utesnení odberných okien a dilatácie medzi prepádovým blokom hate a 1. blokom ľavého vtokového krídla, boli priesakové množstvá v šachte MPD 25 zaznamenávané iba sporadicky (krátkodobo v čase výraznejších mrazov), výver vody zo zásypu za ľavým vtokovým krídlom rovnako ustal a priesak pozdĺž priekopy vedľa príjazdovej komunikácie na ľavostrannú hrádzu sa objavoval iba ojedinele.



Obrázok 3 a 4: Pohľad na provízorne utesňovanie dilatčnej škáry a kontrola tesnosti vtokových okien v ukľudňovacích nádržiach za pomoci potápačov.

Opätovná aktivita priesaku v šachte MPD 25 bola zaznamenaná na začiatku roku 2019, kedy boli priesakové množstvá namerané na úrovni $7,0 \text{ l.s}^{-1}$ (v šachte je od roku 2013 umiestnený automatizovaný snímač). Pri identifikácii zdroja priesaku sa vychádzalo zo skúseností z obdobia, kedy bol už priesak aktívny, t. j. striedavo sa vyprázdňovali ukľudňovacie nádrže pre odber vody pre MVE, avšak intenzita priesaku sa nezmenila. Správca vodnej stavby následne zabezpečil potápačský prieskum všetkých dilatácií na ľavom vtokovom krídle. Prieskum uvedených dilatácií bol realizovaný v marci 2019, pri ktorom bolo zistené intenzívne sanie na zvislej dilatácii medzi prepádovým blokom hate a 1. blokom ľavého vtokového krídla. Na základe zistených skutočností bola potápačmi zrealizovaná injektáž uvedenej dilatčnej škáry dvojzložkovou polyuretánovou živicom. Okamžite po ukončení injektážnych prác namerané priesakové množstvá z drénu do šachty MPD 25 klesli na nulové hodnoty (Obrázok 6 - dáta z kontinuálneho automatizovaného merania), ktoré pretrvávajú aj v súčasnosti.



Obrázok 5 a 6: Použitá injektážna zmes a graf zobrazujúci aktivitu priesaku v dréne MPD 25.

2. PRIESAKY CEZ DILATÁCIE PRAVÉHO VTOKOVÉHO KRÍDLA VS ŽILINA

Priesaky cez dilatácie pravého vtokového krídla boli prvotne zaznamenané v roku 2011, najskôr sa prejavovali vytekaním vody spod prístreška vedľa budovy vodnej elektrárne, následne pri schodišti do podzemných priestorov budovy vodnej elektrárne a koncom roka bola priesaková voda zaznamenaná aj na podlahe strojovne VE.



Obrázok 7 a 8: Priesaky vedľa budovy strojovne a na podlahe strojovne vodnej elektrárne.

V máji 2012 bola potápačmi prekontrolovaná dilatácia medzi 1. blokom pravého vtokového krídla a vodnou elektrárnou, pričom bolo zistené jej poškodenie - intenzívne vsakovanie vody do dilatácie v hĺbke 12 - 21 m od hladiny vody v nádrži. V decembri 2012, počas výraznejšieho ochladenia, bola podlaha strojovne vodnej elektrárne opäť zatápaná priesakovou vodou rovnako ako aj priestory prvého podzemného podlažia (káblová chodba).

V januári 2013 sa pristúpilo k utesňovaniu dilatácie z návodnej strany, avšak teplota vody neumožnila utesnenie polyuretánovými dvojzložkovými živcami, ktoré pri takejto nízkej teplote nedokázali navzájom zreagovať. Z uvedeného dôvodu sa dilatácia utesnila len dočasne, najskôr dubovými klinmi, následne oplechovaním a potom zaškvarovaním priestoru za plechovým krytom. Po takomto dočasnom utesnení dilatácie priesaky na pravej strane ustali.



Obrázok 9 a 10: Kontrola dilatácii medzi 1. blokom pravého vtokového krídla a VE.



Obrázok 11 a 12: Dočasné utesnenie dilatačnej škáry dubovými klinmi.

Začiatkom roka 2015 bola zaznamenaná opätovná aktivita priesaku do priestorov vodnej elektrárne. Aktivita priesaku bola charakterizovaná rozdielnou intenzitou, a to v závislosti na zmenách klimatických podmienok (zmena teploty vzduchu, resp. vody). V apríli 2015 boli vykonané sanačné práce realizovaním utesňovacieho vrtu a utesnením polyuretánovou penou na dilatácii medzi blokom vodnej elektrárne a 1. blokom pravého vtokového krídla.

V roku 2016 bola realizovaná kontrola tejto dilatácie prostredníctvom potápačov, pri aplikácii farbiva do dilatačnej škáry bolo pozorované jeho vťahovanie do dilatácie, čím boli potvrdené pretrvávajúce netesnosti dilatácie.

Koncom roku 2017 boli realizované sanačné práce na poškodenej dilatácii medzi blokom vodnej elektrárne a 1. blokom pravého vtokového krídla. Injektážne práce boli vykonané metódou netlakovej injektáže chemickou zmesou WEBAC PUR seal (polyuretánová živica). Po realizovaní uvedených sanačných prác nebol priesak v káblovej chodbe vodnej elektrárne pozorovaný, pričom tento stav pretrváva aj v súčasnosti.



Obrázok 13 a 14: Utesnenie vrtu v mieste dilatácie polyuretánovou penou a následný kontrolný potápačský prieskum.



Obrázok 15 a 16: Použitá injektážna zmes WEBAC PUR seal (polyuretánová živica).

3. DALŠIE VYUŽITIE POTÁPAČSKÝCH PRÁČ

Oddelenie TBD Žilina vykonáva technicko-bezpečnostný dohľad aj na ďalších vodných stavbách situovaných na severe Slovenska, ktoré sú prevažne v správe, resp. vlastníctve Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p. a Slovenských elektrární, a. s. Ide najmä o kaskády vodných stavieb, ktoré boli vybudované na rieke Váh a sú prevádzkované už niekoľko desaťročí.

Vplyvom prevádzky ako aj účinku vody v kombinácii s klimatickými podmienkami a inými faktormi mechanického a chemického charakteru dochádza k poruchám, a to najmä na návodnom betónovom tesnení hydroenergetických kanálov. Dôsledkom porušenia betónového tesnenia sú priesaky cez násyp hrádzí na vzdušnú stranu, resp. do podlažia, čím môže byť ohrozená stabilita hrádzí. Priesaky cez teleso hrázde sa prejavujú najmä podmáčanou päťou hrázde, resp. vývermi, pričom výnimkou nie sú ani priesaky, ktoré sú charakterizované vývermi v strede svahu hrázde. Pri výskyte takéhoto priesaku je jeho zdroj (porušenie návodného tesnenia kanála) odhaľovaný pomocou potápačov, ktorí sa rovnako podieľajú aj na samotnej sanácii.

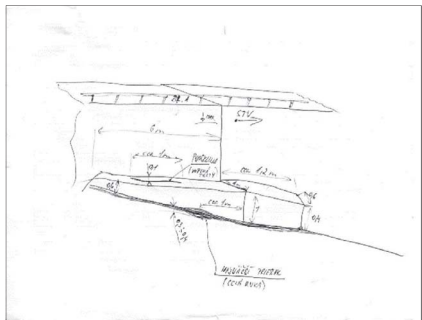
Samozrejme, že problémy s priesakmi nie sú spojené len s porušením betónového tesnenia kanálov, vzhľadom na vek vodných stavieb sa začínajú poruchy objavovať aj na konštrukčných objektoch vodných elektrární.



Obrázok 17 a 18: Pohľad na jeden z priesakov na päte kanálovej hrádze a následný potápačský prieskum z návodnej strany.



Obrázok 19 a 20: V roku 2016 bol za pomoci potápačov riešený priesak spoza ľavého vtokového krídla VE Mikšová.



Obrázok 21 a 22: Na VE Mikšová sa najskôr realizoval prieskum s vyhotovením orientačného náčrtu, následne sa zdroj priesaku preinjektoval, po sanácii priesak ustal.

4. ZÁVER

Cieľom príspevku bolo priblížiť, ako sa v súčasnosti využívajú práce potápačov na vodných stavbách, najmä pri odstraňovaní priesakov, ktoré sú potencionálnym rizikom pre ich bezpečnosť a prevádzkyschopnosť. Pre výkon technicko-bezpečnostného dohľadu, resp. pre udržiavanie bezpečnosti vodných stavieb je spolupráca s potápačmi nevyhnutná, a to vzhľadom na skutočnosť, že vodné stavby rovnako podliehajú procesu starnutia, ktorý prináša aj zvýšený výskyt konštrukčných porúch, ktoré je potrebné sanovať, čo pod hladinou vody dokáže len potápač.

LITERATÚRA

- [1] BEREŽŇANINOVÁ, D.; ŽUFFOVÁ, Z. VS Žilina: 4. súhrnná etapová správa o dohľade za obdobie doterajšej existencie. VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, š. p. Bratislava: Žilina, 2021.

Ing. Ivan Voštinár

VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, š. p. Bratislava

ivan.vostinar@vzb.sk

Ing. Zuzana Žuffová

VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, š. p. Bratislava

zuzana.zuffova@vzb.sk

Ing. Dušana Berezňaninová

VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, š. p. Bratislava

dusana.bereznaninova@vzb.sk

Ing. Adrián Borák

VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, š. p. Bratislava

adrian.borak@vzb.sk

Mgr. Róbert Stanček

VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, š. p. Bratislava

robert.stancek@vzb.sk

VODA, KAM S NÍ?

M. Cidlinský

Povodí Ohře, státní podnik, Chomutov, Česká republika

V dnešní době se vlivem dlouhodobého sucha, které nás zasáhlo v několika minulých letech, již více hovoří o zadržování vody v krajině a její akumulaci pro pozdější využití. I dnes je mnoho těch, kteří si pletou různé pojmy s dojmy a funkce. Z dobře fungující krajiny nelze pro potřeby člověka získávat dostatek vody, ale lze tím významně ušetřit. A nejen vodu. Akumulace vody má v našich zemích dlouhou historii. A nejen v Krušných horách najdete němé svědky dávných dob dodnes. Potřeby člověka se vyvíjí a mnohdy i významně mění, ale voda svou důležitost nikoliv.

1. ÚVOD

Ve světle posledních událostí (pandemie, válka na Ukrajině, nehoda lodi v Suezu) si stále více lidí uvědomuje propojenost a také zranitelnost naší společnosti. Pokud se přesuneme do našeho malého rybníčka, České republiky, a rozhlédneme se kolem sebe, vidíme, že to funguje stejně. Jen v malém. A pro vodu to platí také. Např.: Neprší – není voda v potoce – není na zalévání – pěstební práce na zahradě je zmařena.

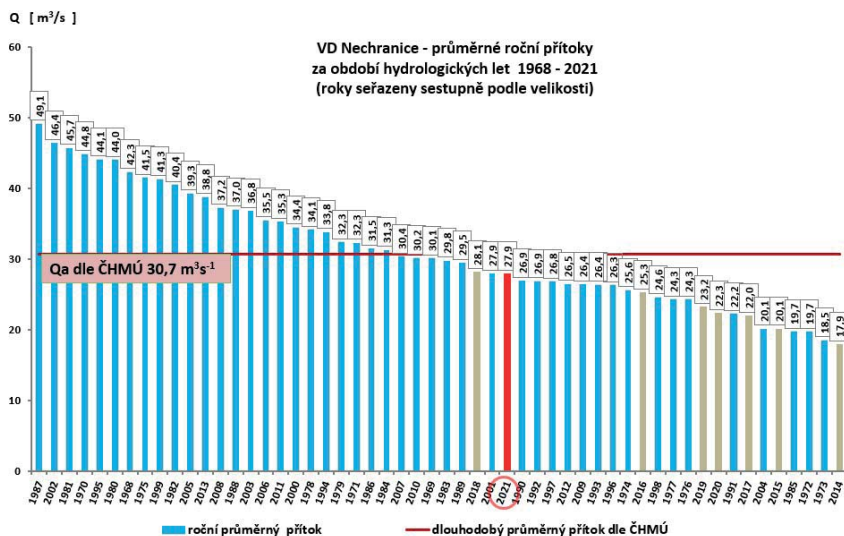
2. VODA

2.1 NEDOSTATEK

Na Obrázku 1 je vidět řada ročních průměrných přítoků do vodní nádrže Nechanice. Na prvním pohled je patrné, že od roku 2014 byly všechny podprůměrné. Rok 2014 dokonce nejvíce od existence vodního díla. Bez velkých vodních nádrží by v některých obdobích nejen netekla v Ohři žádná voda, ale nemohly by fungovat ani uhelné elektrárny. Škody způsobené neplněním základních funkcí vodního toku si lze jen těžko představit. Dopad na vodní a na vodu vázané ekosystémy nevyjímaje.

2.2 ZDROJE

Vodní zákon a cenová politika jsou dnes postaveny tak, aby byly využívány přednostně podzemní zdroje vody. Ne všude však stačí a zároveň se vlivem suchých let zmenšuje jejich zásoba. Na mnoha místech i jejich využitelnost. Povrchové zdroje jsou na tom lépe, ale na extrémní období musí být extrémně navrženy. V naší společnosti máme možnosti, jak pracovat s krajinou a využívat přirozených schopností přírody. Podpořit lepší hospodaření v povodích a zaměřit se na zadržení vody v krajině. Už i mně to zní občas jako omílaná fráze, ale pokud se nám podaří v následujících desetiletích vrátit krajinu o sto let zpět, významně tím zlepšíme pozici našich zdrojů vody. Samozřejmě musí i pršet a sněžit.



Obrázek 1: Přítoky do nádrže Nechanice.

3. KRAJINA

3.1 HISTORIE

Aby lidé byli schopni využívat vodu i v dobách nedostatku, budují od nepaměti vodní nádrže. Různého druhu a velikosti. Mnohdy na zcela nevhodných místech, hydrologicky, morfologicky, geologicky, technicky, lidsky. Důvody byly rovněž různé. Vlastnictví, zdroje surovin, zdroje pracovní síly apod.

3.2 BOHATSTVÍ

S rozvojem lidské společnosti se významně zvyšovaly nároky na potřebu vody. Ten dokázaly uspokojit zejména povrchové zdroje. Proto vznikla myšlenka na vytípnování míst vhodných pro akumulaci vody, kterým se lze blíže věnovat a chránit je pro případné další využití v budoucnosti. A to s co nejmenšími náklady a technickými komplikacemi. A samozřejmě i lidskými. Na ně se v minulosti zapomínalo či byly opomíjeny. Dnes se však ukazuje, že v naprosté většině jsou pro jakoukoliv činnost zásadní. Morfologická rozmanitost našich zemí nabízí stovky vodohospodářsky zajímavých lokalit. Každá z nich je unikátní a patří k přírodním bohatstvím. Po aktualizaci, v roce 2020, posledního z těchto seznamů, Generelu území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základních zásad využití těchto území, má Povodí Ohře na území ve své správě devět lokalit. Ty lze označit jako lokality s největším potenciálem budoucího využití. Jejich seznam je v Tabulce 1.

Tabulka 1: LAPV na území ve správě Povodí Ohře.

SPP	Poř. č.	Lokalita	Vodní tok	Číslo hydrol. pořadí	Kat.	Plocha povodí [km ²]	Plocha hladiny při V ₀ [ha]	Kraj
Ohře	50	Dvorečky	Libava	1-13-01-082	A	45,0	152,2	Karlovarský
	51	Hlubocká Pila	Liboc	1-13-03-001	A	49,3	77,5	Karlovarský
	52	Chaloupky	Rolava	1-13-01-155	A	20,1	193,0	Karlovarský
	53	Kryry	Podvinecký potok	1-13-03-070	B	85,6	73,4	Ústecký
	54	Mětikalov	Liboc	1-13-03-001	B	13,5	32,0	Karlovarský
	55	Poutnov	Teplá	1-13-02-005	A	91,4	123,4	Karlovarský
	56	Skřiván	Skřiván	1-13-01-111	B	22,3	35,9	Karlovarský
	57	Stříbrný potok	Stříbrný potok	1-15-01-049	A	7,2	16,3	Ústecký
	58	Tuřany	Šitbořský potok	1-13-01-070	B	33,7	143,3	Karlovarský

Mimo ně Povodí Ohře ještě registruje lokalitu Mnichov na Pramenském potoce, jejíž územní ochrana je dostatečně zabezpečena prostřednictvím zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny a která je v Generelu uvedena v příloze č. 4.

Z lokalit v Generelu je aktuálně připravována realizace nádrže Kryry (s plánovaným dokončením roku 2040) a budou podrobněji prověřovány lokality Stříbrný potok a Chaloupky.

3.3 OD SLOV K ČINŮM

Důležité z pohledu zdrojů vody je skutečnost, že čím dál více odborné i laické veřejnosti si uvědomuje potřebu změny a snaží se „vrátit“ naši krajinu do časů dávno minulých. Nárůst větrné a vodní eroze nejen ničí cennou půdu, ale zároveň znehodnocuje vodu, vodní toky a vodní nádrže. Dnes jsou různé aktivity, např. které podporují výsadby stromů – solitérních, alejí či stromořadí. Cílem je rozčlenění velkoplošných jednolitých území a získání mnoha užitků, nejen ve vztahu k vodě. Komplexní pozemkové úpravy mají nástroje na zlepšení i vodních poměrů v území. Obtížně se však prosazují. Vodohospodářské plánování, které se stalo již běžnou součástí našeho života, se zabývá reálnými možnostmi zlepšování stavu vod. A to v mnoha souvislostech. Přispělo i k prohloubení spolupráce mezi odborníky z různých odvětví. Krajina se začíná měnit, ale velmi, velmi, pomalu.

3.4 MOTO

„Přehradu lze postavit kdekoliv“. Je to jen otázka vůle a výše vložených prostředků. Jednoznačným důkazem jsou Nechanice. Jen těžko si lze představit horší místo pro stavbu přehrady. A přesto stojí již více než padesát let. Její nádrž je oblíbeným cílem mnoha zájmových skupin (chatařů, rybářů, jachtařů, ekologů, surfařů, potápěčů a dalších) a navíc je významným ptačím územím vyhlášeným v rámci BirdLife International a bylo také vyhlášeno ptačí oblastí v rámci soustavy Natura 2000. Tento unikát je na Obrázku 2 a 3.



Obrázek 2 a 3: Přehrada Nechanice s nádrží.

4. ZÁVĚR

Tím, že se staráme o naši krajinu, vytváříme si vhodné podmínky i pro lokality, které mohou být jednou, pokud to bude nutné, využity k akumulaci vod. Návrhy politiky územního rozvoje a územně plánovací dokumentace by měly zohledňovat všechny souvislosti pro území chráněné pro akumulaci povrchových vod.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji všem, kteří se na přípravě Generelu území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základních zásadách využití těchto území podíleli. Dále i těm všem dalším, kteří každodenně naplňují svými činy ochranu těchto území včetně jejich povodí.

LITERATURA

- [1] Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území; Ministerstvo zemědělství ČR a Ministerstvo životního prostředí ČR: Praha, 2020.

Martin Cidlinský

Povodí Ohře, státní podnik, Bezručova 4219, 430 03 Chomutov

cidlinsky@poh.cz

VD VLACHOVICE – ZHODNOCENÍ STAVU PŘÍPRAVY (TECHNICKÁ STUDIE)

P. Galatík

Povodí Moravy, s.p., Brno, Česká republika

ABSTRAKT: Dokončení předprojektové přípravy bylo významným milníkem v přípravě výstavby vodárenské nádrže Vlachovice. V přípravném období byla zajištěna řada nových vstupních podkladů jako hydrologická data, biologické průzkumy, geodetická zaměření a úvodní etapa inženýrsko-geologického průzkumu. Byl zpracován soubor technických studií zahrnující prověření koncepce technického řešení, výpočtové a modelové práce, analýzy a posudky, které jsou zásadní pro návrh funkčního a bezpečného vodního díla, jeho hráze a funkčních objektů, ale i souvisejících a doprovodných opatření, včetně vyvolaných staveb a investic.

Pro investora, kterým je na základě vládního usnesení Povodí Moravy, s.p., představovalo dokončení předprojektové přípravy celou řadu nových a rozšířených informací pro rozhodování o dalším postupu v projektové přípravě s ohledem na požadavky na bezpečnost a technickou proveditelnost výstavby. Tato hlubší znalost je předpokladem pro dosažení hlavního účelu vodního díla, kterým je zajištění spolehlivého zdroje povrchové vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou.

Příspěvek popisuje aktuální stav přípravy, věnuje se jejímu celkovému zhodnocení, zaměřuje se na některé dílčí výstupy a zejména shrnuje zásadní poznatky, které předprojektová příprava přinesla.

1. DOSAVADNÍ VÝVOJ PŘÍPRAVY VD VLACHOVICE

1.1 STRUČNÁ HISTORIE VD VLACHOVICE

Výstavba přehradní nádrže v lokalitě poblíž obce Vlachovice je zvažována již dlouhodobě od 50. let 20. století. Z dřívějších podkladů jako je Státní vodoхозяйský plán (později Směrný vodoхозяйský plán) vycházel v roce 2011 dokument „Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území“ (Generel LAPV).

V rámci boje se suchem a v reakci na klimatickou změnu vláda zařadila mezi priority přípravu výstavby nádrže Vlachovice na Zlínsku. Postup přípravy byl potvrzen několika usneseními vlády, která se týkají samotné předprojektové a navazující projektové přípravy, aktualizace Politiky územního rozvoje ČR i majetkoprávního vypořádání.

Na Generel LAPV navázala v roce 2015 technicko-ekonomická studie (AQUATIS a.s., 2015) (dále také TES). Výstupy studie dokládají nejen vysokou efektivnost vodního díla, ale také významný přínos pro lokalitu v povodí řeky Vlárky.

Byly zvažovány různé varianty umístění profilu hráze i objemu vodního díla. Dokončení předprojektové přípravy přineslo stabilizaci technického řešení na základě doporučení z provedených analýz, studií a posudků, a dalších podkladů dostupných pro tuto fázi přípravy.

1.2 PŘEDPROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA

Předprojektová příprava a její postup byl zásadně ovlivněn průběhem průzkumných prací, které byly klíčovým podkladem zejména pro koncepční řešení hráze. Práce na technické studii byly zahájeny v listopadu 2017, dokončení bylo plánováno v dubnu 2019.

Součástí byla část Zadání pro inženýrsko-geologický průzkum (GEOtest, a.s., 2020) (dále také IGP), která formulovala nezbytné průzkumné práce v pěti samostatných cílech:

- Průzkumy v přehradním profilu
- Průzkumy pro převody vody ze Sviborky a Smolinky
- Průzkumy pro přeložku komunikace Vlachova Lhota – Vysoké Pole
- Průzkumy nalezišť materiálů
- Průzkum svahových nestabilit v zájmovém území hráze a nádrže

Inženýrsko-geologický průzkum probíhal ve dvou na sebe navazujících etapách. Po dokončení první etapy bylo zjištěno, že geologické poměry v zájmové lokalitě neodpovídají původním podkladům, které vycházely z průzkumných prací provedených v zájmové lokalitě v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století. Návrh VD Vlachovice uvedený v TES z těchto historických průzkumů vycházel, a proto bylo nutné technické řešení na základě nových zjištění v IGP aktualizovat.

Inženýrsko-geologický průzkum, který byl podkladem pro zpracování podrobné technické studie, byl zhotovitelem průzkumu vyhodnocen a předán v dubnu 2020.

2. VÝSTUPY ZE STUDIE TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Dílčí části částí technické studie byly průběžně dokončovány a předávány. Soubor technických studií – předprojektová příprava (AQUATIS a.s., 2020) byl zhotovitelem kompletně předán na konci října 2020. Pro vybrané dílčí studie budou následně zjednodušeně uvedeny jejich závěry.

2.1 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Bylo vypracováno podrobné technické řešení vodní nádrže, které vychází z geodetického zaměření, aktualizovaného IGP, podrobné studie vodo hospodářského řešení nádrže, matematického modelu navrhovaných objektů vodního díla a dalších dílčích technických studií, posudků a odborných prací viz níže. Podrobnost této části již odpovídá svou podrobností dokumentaci DŮR. Tento postup umožnil eliminovat značnou míru nejistoty již v úrovni předprojektové přípravy. Tento přístup se v současné době jeví jako významná výhoda, neboť v rámci rekodifikace stavebního práva již nebude prováděno dvoustupňové povolování staveb.

2.2 STUDIE VODOHOSPODÁŘSKÉHO ŘEŠENÍ NÁDRŽE

V rámci zpracované studie, bylo provedeno zajištění hydrologických dat pro vliv „středního“ scénáře klimatické změny, tj. rSCEN2. Součástí studie bylo opětovné vyhodnocení možností a efektivity převodů vody a zhodnocení vlastní zásobní a protipovodňové funkce vodního díla Vlachovice a dále varianta se zahrnutím uvažovaných převodů vody. Zpracovatel rovněž navrhl případné budoucí možné změny rozdělení prostorů ve vodní nádrži v závislosti na předpokládaných dopadech klimatické změny.

Toto řešení bylo potvrzeno analýzou, kterou nezávisle zpracoval doc. Ing. Daniel Marton Ph.D. a která byla prezentována na konferenci Vodní nádrže 2019 pod názvem „Robustnost návrhu zásobního objemu nádrže Vlachovice v podmínkách nejistoty klimatické změny“.

2.3 PODROBNÁ DÍLČÍ STUDIE PŘEVODŮ VODY ZE SVIBORKY A SMOLINKY

Technické řešení převodů vody bylo v TES řešeno pouze rámcově a bylo tedy nezbytné navrhnout možné varianty řešení a vybrat z nich variantu optimální zejména z hlediska provozních i investičních nákladů. Přínosem bylo upřesnění technického řešení na základě

podrobnějších hydrologických podkladů. Zejména bylo specifikováno přesné umístění odběrných profilů, technické řešení odběrných objektů, trasy a technické řešení přivaděčů vody.

2.4 DOPRAVNÍ STUDIE

V rámci dopravní studie bylo zpracováno 5 základních variant dopravního řešení silnice III/4942, která bude výstavbou vodního díla Vlachovice dotčena. Součástí dopravní studie byl taktéž návrh obslužných komunikací v okolí nádrže a pro přístup k provoznímu středisku, napojení lesních a polních cest na silniční síť, přístup k zemědělským a lesním pozemkům a rovněž zpřístupnění dalších objektů, pokud by byl stavebními činnostmi narušen současný přístup k nim.

Zpracovatel současně prověřil možnosti prioritního využití železniční dopravy pro přesun materiálů určených ke stavbě. Zejména byla posouzena možnost využití železniční vlečky ze stanice Bohuslavice nad Vlárí do bývalého muničního areálu Vrbětice.

2.5 STUDIE VYUŽITÍ VODY Z VD VLACHOVICE

Přínosem této studie bylo v návaznosti na všechny existující aktuální podklady provedení zhodnocení možností dodávek pitné vody z VD Vlachovice do širšího zájmového území s využitím stávajících vodárenských soustav, případně jejich rozšířením, posílením kapacity nebo jejich vzájemným propojením. Prioritou je zajištění dodávek pitné vody do obcí, ve kterých dosud není veřejný vodovod vybudovaný a do obcí, kde sice veřejný vodovod je, ale jeho vodní zdroj není dostatečně kapacitní nebo nemá dobrou kvalitu vody. Studie ve střednědobém výhledu jasně potvrdila význam VD Vlachovice jako zdroje pitné vody, který je schopen víceletého vyrovnání, tedy zajištění dodávek i v případě dlouhodobého sucha. VD Vlachovice bude jediným zdrojem s víceletým vyrovnáním v zájmovém území a sníží tak zranitelnost dodávek vody v obdobích víceletého sucha.

2.6 STUDIE KVALITY VODY V POVODÍ NAD VN VLACHOVICE, PROGNÓZA JAKOSTI VODY V NÁDRŽI A NÁVRH SANAČNÍCH OPATŘENÍ

Tato dílčí studie měla za cíl v návaznosti na všechny existující aktuální podklady provést:

- monitoring kvality povrchové vody v zájmovém území (roční monitoring);
- podrobný průzkum bodových zdrojů znečištění v povodích VD Vlachovice;
- průzkum plošných zdrojů znečištění;
- vyhodnocení všech výše uvedených činností a sestavení bilančního živinového modelu povodí, vypracování rizikové analýzy;
- návrh konkrétních investičních opatření;
- celkové, souhrnné vyhodnocení optimální kombinace jednotlivých typů opatření navrhovaných v tomto technickém řešení i optimální kombinace opatření navržených pro zadržení a zlepšení jakosti vody v krajině ze studie přírodě blízkých opatření v povodí Vlárky.

Na základě analýz vyplývá z této studie, že pro zajištění účelu vodárenské nádrže je nutné provést odkanalizování obcí v povodí VDV a provedení skřívky a sanace zátopy nádrže.

2.7 POSUDKY

V rámci těchto posudků byla ověřena a potvrzena bezpečnost za povodní (dle ČSN 75 2935). Dále byla posouzena stabilita hráze (dle ČSN 75 2310), kdy bylo výpočtem potvrzeno, že rozhodujícím parametrem pro stabilitní posouzení návrhu hráze jsou nepříznivé přetvárné a pevnostní vlastnosti podloží hráze, které předurčují sklon navrhovaných svahů. Na základě výsledků proběhla optimalizace konstrukčního řešení profilu hráze VD. Posledním posudkem bylo ověření, zda a jak záměrem (budováním VD Vlachovice) může dojít k ovlivnění stávajícího stavu dotčených vodních útvarů. Výstavbou VD Vlachovice dojde ke změně

přirozeného vodního útvaru povrchových vod kategorie „řeka“ na silně ovlivněný vodní útvar kategorie „jezero“ (VD Vlachovice).

V rámci návrhu výstavby VD Vlachovice se zároveň předpokládá provedení zmírňujících opatření přímo souvisejících s pravděpodobnými účinky záměru VD Vlachovice. Tato opatření tvoří již dnes součást záměru. VD Vlachovice je z důvodu budoucího zajištění pitné vody v regionu Zlínského kraje nezbytným opatřením, jehož pozitivní přínos nelze dosáhnout jinými prostředky a zároveň je vynaložena maximální snaha o zmírnění negativních dopadů navrhovaného záměru.

2.8 VIZUALIZACE VODNÍHO DÍLA

Byla dokončena vizualizace celého VD se zaměřením na hráz a její funkční objekty. Byly vytvořeny statické vizualizace a videoprezentace VD.



Obrázek 1: Vizualizace VD Vlachovice.

3. VYBRANÉ PROBLÉMY PŘEDPROJEKTOVÉ PŘÍPRAVY

Předprojektová příprava musela reagovat na celou řadu výzev. Zásadní bylo zvážit všechny myslitelné eventuality a prověřit, zda a proč je navržené řešení nejvhodnější. Povodí Moravy v rámci přípravy VD Vlachovice zadalo další dílčí práce a studie nad rámec technické studie, které přinesly podklady nutné pro zajištění povolení záměru a zadání navazujících stupňů projektové dokumentace.

3.1 IGP – ROZDÍL VÝCHOZÍCH PŘEDPOKLADŮ

Jako dílčí závěr předběžného IGP bylo konstatováno, že I. fáze IGP přináší odlišné výsledky oproti IGP z roku 1979. V zájmové lokalitě současného umístění hráze VD Vlachovice byly historickým průzkumem provedeny dva jádrové vrty, jejichž vyhodnocení ovšem nekoresponduje s výsledky současných prací. Tato skutečnost má vliv jak na podmínky pro založení hráze, tak na využití místních materiálů pro realizaci zemní sypané hráze.

V průběhu podrobného IGP Byly zjištěny nepříznivé a v místních podmínkách ČR neobvyklé poměry. Vzhledem k tomu, že základové poměry a způsob založení mají dopad na výši

realizačních nákladů stavby, věnoval těmto skutečnostem investor zvýšenou pozornost. Část vrtných prací byla provedena též v alternativních profilech proti proudu Vlára, kde však nebyly zastíženy vhodnější geologické poměry. I přes uvedené skutečnosti lze považovat současný návrh umístění přehradní hráze za správný a není důvod jej měnit. Přehradní profil je umístěn v morfologicky nejvhodnějším profilu. Umístění hráze je zde technicky proveditelné a bezpečné.

Vzhledem k odlišným výsledkům oproti původním předpokladům bylo nutné místním podmínkám přizpůsobit původně navržené zkoušky ke stanovení základních geotechnických vlastností zastížených zemin a hornin pro potřeby projekčních prací a výpočtových analýz. Na základě podrobného vyhodnocení první etapy bylo nutné výrazným způsobem změnit rozsah druhé etapy průzkumných prací. Pro některé specifické průzkumné práce, jako je například injekční pokus, bylo nutné zpracovat zcela novou metodiku, která reflektovala zjištěné geologické poměry. Výše popsané skutečnosti měly přímý dopad na dobu provádění průzkumných prací, která se prodloužila o více než jeden rok. Složitost základových poměrů má přímý vliv nejen na založení samotného tělesa hráze, ale současně i na všechny další funkční objekty. Vhodnými úpravami technického návrhu provedených na základě podrobných stabilitních výpočtů se však podařilo eliminovat vliv těchto negativních zjištění.

3.2 NALEZENÍ VHODNÝCH MATERIÁLŮ PRO HRÁZ

Zásadní pro koncepci hráze je volba materiálů pro těsnící a zejména stabilizační část. Proto byla velká část průzkumných prací zacílena na výběr vhodného naleziště materiálů pro hráz.

V prostoru zátopy dle výsledků IGP lze zajistit materiál vhodný pro těsnící část hráze. Problémy ovšem vznikly v zajištění materiálů pro stabilizační část hráze, jehož je potřebný velký objem. V přímé blízkosti nebyly zastíženy materiály, které by byly vhodné pro realizaci původně zvažované koncepce tělesa hráze. Zájmové území průzkumných prací bylo několikrát rozšířeno s cílem nalézt vhodnou lokalitu, která bude vyhovovat jak z hlediska kvality materiálu pro stabilizační část, tak z hlediska jeho kvantity. Naleziště vhodného materiálu pro stabilizační část hráze byla vytipována, nicméně nebyla naplněna původní premisa, se kterou uvažovala TES, že materiály pro zemní sypanou hráz budou ve své naprosté většině dostupné v ploše zátopy či v její blízkosti.

3.3 ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ HRÁZE Z MÍSTNÍCH MATERIÁLŮ

S ohledem na velkou vzdálenost nalezených vhodných nalezišť (viz předchozí kapitola) považovalo Povodí Moravy za nezbytné posoudit alternativní řešení koncepce hráze (odlišné od dosavadních úvah). Toto alternativní řešení vychází z předpokladu použití méně vhodných materiálů, které byly nalezeny v zátopě. Takové řešení by mělo význam, pokud by výrazným způsobem eliminovalo objem dováženého materiálu.

Z tohoto důvodu zadalo Povodí Moravy zpracování alternativního řešení hráze u odborníků ze Stavební fakulty VUT v Brně.

Byly provedeny práce, které představovaly rešeršní část příkladů přehrad v obdobných podmínkách, které byly úspěšně realizovány v zahraničí i v ČR. Na základě tohoto podkladu byly zpracovány alternativní profily hráze navržené z místních materiálů, ke kterým byly provedeny příslušné výpočty a posouzení stability. Současně bylo zajištěno posouzení a rozbor materiálu včetně možností jejich úprav (např. vápnění).

Studie ukázala podmíněnou realizovatelnost vodního díla Vlachovice z alternativních, málo vhodných materiálů těžených z prostoru zátopy. Dostupné podklady ve vazbě na podmínky VD Vlachovice naznačily některá úskalí a nevýhody takového řešení. Zásadní je, že návrh relativně konzervativního tvaru vede k velkému objemu tělesa hráze, téměř dvojnásobnému oproti původnímu návrhu. Objem dováženého materiálu je však pouze o cca 28% menší, než u původní varianty, což snižuje výhodu tohoto řešení. Úskalím je také disponibilní objem

použitelných materiálů v zátopě a možnosti jejich těžitelnosti a upravitelnosti. Lze tedy shrnout, že alternativní řešení z místních materiálů má celou řadu nevýhod či potenciálních rizik a současně nenaplní požadovaný efekt ve formě výrazného snížení objemu dováženého materiálu. Z těchto důvodů bylo rozhodnuto, že alternativní varianta technického řešení nebude dále sledována.

3.4 LOGISTICKÁ STUDIE PŘEPRAVY MATERIÁLU

Vzhledem k tomu, že nebylo nalezeno uspokojivé řešení výstavby hráze VDV vycházející z místních materiálů, zadalo Povodí Moravy u ČVUT, Fakulty dopravní, prověření možných variant dopravy materiálu pro výstavbu VD Vlachovice (ČVUT v Praze, FD, 2021), spočívající v dovozu materiálů potřebných pro výstavbu hráze vodního díla. Součástí bylo stanovení možných tras dopravy materiálů s ohledem na různá zdrojová místa a odlišné způsoby dopravy a také zhodnocení navržených variant způsobu dopravy materiálů.

Studie přinesla odpověď na otázky jakým způsobem zajistit a dopravovat materiál potřebný pro výstavbu vodního díla Vlachovice. Výsledkem bylo doporučení výběru způsobu dopravy materiálů pomocí kombinace železniční dopravy a pásového dopravníku.

4. ZÁKLADNÍ PARAMETRY VODNÍHO DÍLA

Níže popsané parametry uvedené v Tabulce 1 vychází z ustálení koncepce technického řešení na základě dokončené předprojektové přípravy. Umístění přehradního profilu je lokalizováno nad obcí Vlachovice ve vzdálenosti 550 m nad soutokem Vlárý a Sviborky. Koruna hráze je navržena na kótě 392,00 m n. m., tedy ve výšce 42 metrů nad terénem. Bezpečnostní přeliv a skluz jsou situovány v pravobřežním údolním svahu kvůli lepším základovým poměrům než na opačné straně údolí. Sdružený objekt spodních výpustí, odběrných potrubí a malé vodní elektrárny je ve střední části údolí. Na vzdušném konci chodby spodních výpustí je navržena strojovna regulačních uzávěrů. Dalším důležitým objektem vodního díla je provozní středisko. Jeho areál je umístěn na levobřežním svahu v úrovni uvažované hráze s umístěním při veřejné komunikaci Vlachovice – Vlachova Lhota. Součástí bude návštěvnické centrum a vyhlídkový bod. Hydroenergetické využití je plánováno jako doplňkové bez vlivu na manipulaci na vodním díle. K vodnímu dílu náleží také převody vody pomocí vzdouvacích objektů a ražených štol ze sousedních povodí toků Smolinka a Sviborka. Plocha povodí Vlárý je 37,5 km², Smolinky nad převodem 13,1 km² a Sviborky nad převodem 10,6 km².

Tabulka 1: VD Vlachovice – návrhové parametry

Hlavní vlastnosti a kapacity:	Celkový objem nádrže $V_c = 29,12 \text{ mil. m}^3$		
	Objem zásobního prostoru $V_z = 23,16 \text{ mil. m}^3$		
	Objem retenčního prostoru $V_r = 3,91 \text{ mil. m}^3$		
	Ochrana území pod nádrží před povodněmi ... Q_{100}		
	Návrhový průtok pro vodní dílo ... Q_{1000}		
Technické parametry:	Hladina stálého nadržení H_{sn} :	365,00	m n. m.
	Hladina zásobního prostoru H_z :	388,00	m n. m.
	Max. hladina v nádrži H_{rn} :	390,00	m n. m.
	Kapacita spodních výpustí při H_{rn} :	2 x 7,6	m ³ /s
	Kapacita bezpečnostního přelivu při H_{rn} :	38,6	m ³ /s
	Kóta pevné přelivné hrany $K_{bp} = H_{ro}$:	389,00	m n. m.
	Kubatura zemní hráze:	1 340	tis. m ³

4.1 ÚČEL VD VLACHOVICE

Hlavním účelem vodního díla je zajištění spolehlivého zdroje povrchové vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou a pokrytí potřeb vody v území s nedostatkem podzemních zdrojů vody. Nádrž bude sloužit obyvatelům žijícím na území Zlínského kraje k zajištění zásobování pitnou vodou i ve víceletých periodách sucha.

Vedle hlavní funkce, tj. dodávky vody, bude vodní dílo zajišťovat ochranu před povodněmi a přispívat ke zlepšení ekologického stavu v řece Vlárě nadlepšováním průtoků v období sucha. To má zásadní význam pro udržení vodních a na vodu vázaných ekosystémů a rovněž pro zachování požadovaného ředění odpadních vod vypouštěných do toku nejen z čistíren odpadních vod. V daném případě je možné uvažovat s nadlepením na hodnotu průtoku $Q_{330} = 32 \text{ l/s}$. To představuje možné nadlepení 30 l/s oproti minimálnímu průtoku $Q_{364} = 2 \text{ l/s}$.

Uvažuje se i s doplňkovým energetickým využitím (v marginálním rozsahu).

4.2 SOUBOR SLEDOVANÝCH AKTIVIT V ÚZEMÍ

Aktivity v území v souvislosti s výstavbou VD Vlachovice jako víceúčelové nádrže s hlavním účelem vodárenským jsou pojímány jako komplexní soubor staveb a opatření, které společně zajistí předpokládané funkce vodního díla v koexistenci s existujícími sídly a s územím a zajistí rovněž vhodné začlenění záměru do krajiny a přírodního prostředí.

Nejedná se jen o vodní dílo samotné, ale rovněž o soubor vyvolaných a doprovodných investic, změn infrastruktury, změn využití území a provedení opatření zajišťujících dlouhodobé užívání nově vzniklého vodního zdroje a stabilizaci změněných poměrů v území.

Vedle souboru staveb a opatření bezprostředně souvisejících s vodním dílem existuje i řada dalších obecně prospěšných a rozvojových aktivit, jejichž příprava byla s přípravou VD Vlachovice urychlena a jsou sledovány a podporovány současně s vodním dílem.

Záměr je členěn na 11 celků, jejichž sestava je navržena s uvážením jejich funkcí, očekávaných postupů jejich přípravy a možného financování.

5. ZÁVĚR

Předprojektová příprava VD Vlachovice byla z majoritní části dokončena dle plánu, tedy v roce 2019. Ke komplikacím došlo v rámci IGP, kdy nebyly v lokalitě zátopy zastíženy vhodné materiály pro stabilizační část hráze. Bylo proto nutné rozšířit území, ve kterém byl prováděn průzkum nalezišť až do 50 km od plánovaného vodního díla. Vhodná naleziště byla ovšem identifikována ve vzdálenosti, která vyvolává výrazné dopravní zatížení a nárůst nákladů souvisejících s dopravou či překládkou materiálu.

S ohledem na velkou vzdálenost nalezených vhodných nalezišť vyvstala potřeba posoudit alternativní řešení hráze. Z tohoto důvodu zadalo Povodí Moravy u renomovaných odborníků ze Stavební fakulty VUT v Brně zpracování alternativního řešení hráze. Toto alternativní řešení mělo vycházet z materiálů, které byly nalezeny v zátopě plánovaného vodního díla. Výsledná studie hodnotí alternativní řešení z místních materiálů jako nevhodné.

Definitivní odpověď na možnost a způsob dopravy dostatečného množství pro výstavbu hráze poskytla až Logistická studie přepravy materiálu, kdy byla doporučena přeprava rozhodujícího objemu materiálu po železnici.

Bezprostředně po dokončení předprojektové přípravy byly v souladu s usnesením vlády č. 243 ze dne 18. dubna 2018 neprodleně zahájeny kroky k vlastní projektové přípravě. Byla připravena zadávací dokumentace a v závěru roku 2021 byl zahájen výběr zhotovitele prací souvisejících s dokumentací pro povolení záměru VD Vlachovice včetně souvisejících průzkumných prací a dokumentace EIA.

Od roku 2020 až do roku 2023 probíhá majetkoprávní vypořádání s vlastníky pozemků dotčených výstavbou VD Vlachovice.

Pro sdělování aktuálních informací široké veřejnosti o přípravě VD Vlachovice využívá Povodí Moravy webové stránky <http://vdlachovice.pmo.cz/>. Je zde k zhlédnutí také videoprezentace "Vodní dílo Vlachovice – voda pro Zlínský kraj".

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji kolegům z Povodí Moravy a všem, kteří k přípravě vodárenské nádrže Vlachovice přispívají s cílem přispět k realizaci tohoto záměru. Zejména děkuji projektantům, akademickým pracovníkům, a dalším odborníkům, kteří se na přípravě VD Vlachovice podílejí. Nezastupitelná je role všech starostů dotčených obcí a jejich proaktivní přístup. Velkou podporu vnímáme také ze strany Zlínského kraje. V neposlední řadě je třeba poděkovat za ochotu a spolupráci vlastníkům pozemků pod plánovaným vodním dílem, subjektům hospodařícím v jeho okolí a také občanům v okolních obcích, kteří budou výstavbou bezprostředně dotčeni.

LITERATURA

- [1] VD VLACHOVICE home page, [on-line], <http://vdlachovice.pmo.cz/>, 2022. (Webové stránky).
- [2] Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území, 2011.
- [3] AQUATIS a.s., Vlára - VD Vlachovice, Studie proveditelnosti, 2015.
- [4] AQUATIS a.s., Vlára, Vodní dílo Vlachovice – předprojektová příprava, studie přírodně blízkých opatření v povodí Vlára, 2018.
- [5] AQUATIS a.s., Vlára, Vodní dílo Vlachovice – předprojektová příprava, technické řešení, 2020.
- [6] GEOtest, a.s., Vlára, Vodní dílo Vlachovice - předprojektová příprava, IG průzkum, 2020.
- [7] ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů, Vlára, Vodní dílo Vlachovice – Logistická studie přepravy materiálu, 2021.

Ing. Prokop Galatík

Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 602 00 Brno

+420 604 675 292, galatik@pmo.cz

OPATŘENÍ K POSÍLENÍ RETENCE A ZLEPŠENÍ JAKOSTI VODY V ÚZEMÍ

T. Kvítek & M. Krátký

Povodí Vltavy, státní podnik, Praha, Česká republika

ABSTRAKT: Příspěvek se zaměřuje na představení koncepce a výsledky dvou ukončených projektů zaměřených na tvorbu „Listů opatření typu A“ pro plány dílčích povodí, řešící problematiku ochrany jakosti vody před plošnými zemědělskými zdroji znečištění pomocí zvýšení retence a akumulace vody na zemědělském půdním fondu. Je představen metodický přístup k řešení této problematiky a současně i dosažené výsledky projektu. Je diskutována i účinnost přírodních blízkých a technických opatření připravovaných k realizaci na zemědělském půdním fondu v plánech dílčích povodí. Je diskutována problematika retence versus akumulace vody v povodí.

1. ÚVOD

Je nutno začít základními premisami, které vypadají jednoduše, jejich význam by měl být nezpochybnitelný, ale ne každý se jimi řídí a akceptuje je při návrhu a realizaci opatření v zemědělské i lesní krajině:

1. Vodní toky přirozeně odvodňují krajinu.
2. Čím větší je výpar, tím méně vody může zasakovat do půdy a hydrologické struktury.
3. Čím méně padá srážek, tím menší je objem vody, který může zasakovat do půdy a tím méně vody může infiltrovat do hydrogeologické struktury. V důsledku toho se snižují hladiny podzemní vody.
4. Čím intenzivnější jsou srážky, tím rychlejší je přímý odtok i objem vody, který odtéká po povrchu půdy a z půdy.
5. Vodě, která zasakuje do půdy a především do hydrogeologické struktury to chvíli trvá (měsíce, roky desetiletí), než začne vytékat do vodních toků.
6. Čím níže je hladina podzemní vody pod terénem, tím méně vody je pak ve vodních tocích, pramenech, ve studních a mokřadech.
7. Čím méně vody vytéká z půdy a hydrogeologické struktury do vodních toků, tím větší máme hydrologické sucho.

Tolik logika věci.

Co se vlastně děje v české krajině? V posledních letech se zvyšuje teplota vzduchu. Se zvyšující se teplotou vzduchu se zvyšuje evaporace (fyzikální výpar) a transpirace (produktivní výpar). Současně se mění variabilita srážek a vzrůstá jejich extremita (často větší pravděpodobnost výskytu jak N=20). Toto vše je dokladováno v mnoha pracích klimatologů, hydrologů a o tom není třeba moc pochybovat. Na zemědělské půdě, ale i v lesích pak při intenzivních srážkách vzniká rychlý, nezadržený přímý odtok (povrchový a podpovrchový) vody z krajiny, ten nám „pomáhá vytvářet“ i dlouhodobější agronomické a hydrologické sucho, snižuje vitalitu keřové a stromové vegetace. Změna teploty vzduchu, přívalové povodně, výrazná eroze půdy, sucho agronomické, hydrologické, meteorologické, nedostatek vodních zdrojů pro zajištění zásobování obyvatel pitnou vodou vytvářejí obrovský tlak na zásobování vodou. Pro zásobování obyvatel vodou, vyrovnané průtoky i na malých tocích, kde se neplánují vodní nádrže na vodních tocích, pro vodu v mokřadech a vodních nádržích potřebujeme více vodu zasakovat a podporovat umělou infiltraci, vytvořit tedy větší akumulaci vody pod terénem! Proč? Protože voda zachycená retenčními opatřeními, která zůstává na jakémkoliv povrchu, se podílí na zvýšení evaporace z území! Retenční opatření též podporují vsak vody do půdy,

podporují vitalitu vegetace, omezují agronomické sucho v půdě, mají tedy pozitivní vliv z hlediska ochlazujícího účinku vegetace, jsou důležitá při poutání vzdušného CO_2 , zlepšují jakost vod, omezují následky přívalových srážek, omezují erozi půdy a podporují biodiverzitu krajiny. Lze tedy usoudit, že opatření v krajině podporující retenci vody mají na vodní zdroje, tvořící se na zemědělské a lesní půdě a využitelné pro lidskou potřebu vliv spíše negativní. Proto v krajině potřebujeme budovat i vodní nádrže. Pokud však v krajině nejsou k dispozici opatření ke snížení intenzivního neregulovaného plošného a soustředěného odtoku vody z půdy, vodní toky a též i vodní nádrže následně „trpí“ zvýšeným nevyrovnaným přítokem vody se zhoršenou jakostí a vnosem sedimentů.

Akumulace a retence vody jsou dvě odlišné problematiky, které je nutno adaptačními opatřeními řešit zcela odlišně, až protikladně. Obě tyto problematiky je však možno řešit společně, a to jak v lesích, tak i na zemědělské půdě. Ale jak?

Hodně se diskutuje o tom, jak nás mokřady, „kachňáky a bahňáky“ zachrání od „klimatické změny“. Mokřady, stejně jako vodní nádrže samy o sobě „vodu nevytvářejí, akumulují ji a „fyzikálním výparem spotřebovávají“. Kde vlastně vzniká mokřad? Tam, kde je nepropustné podloží, malá rychlost vsaku vody do půdy, je k dispozici dostatek vody a voda má možnost se někde hromadit, akumulovat. Proto mokřadům i vodním nádržím „může pomoci“ v době déletrvajícího sucha pouze voda vyvěrající z vysoké hladiny podzemní vody do vodních toků, u mokřadů i dotace vody z vodní nádrže. I malé vodní nádrže za dlouhodobějšího sucha rychle vyschnou, pokud nejsou stabilně dotovány vodou ze srážek, nebo vodou povrchovou a podzemní. **A zde je meritum našeho příspěvku, zvýšení objemu a prodloužení doby přítékající vody za delších období sucha do vodních nádrží z podpovrchových a podzemních zdrojů.**

Dlouhodobější sucho, regionální i místně lokalizované přívalové povodně, eroze půdy, zhoršená jakost vody ve vodních tocích a nádržích nám připomínají, že ta naše česká krajina má dost (ne)viditelných problémů, které souvisejí se zadržením a vsakováním vody do půdy a hydrogeologického profilu, jak s retencí - krátkodobým, dočasným zadržením vody, tak i s akumulací vody - dlouhodobým zadržením vody v krajině.

Problémy jsou však i jinde, voda nám nekontrolovatelně odtéká z lesů, z lesních cest, z lesních svážnic, z polních cest, z městských komunikací. A tato rychle odtékající voda za intenzivních či dlouhodobých srážek nás zajímá až tehdy, kdy je buď sucho - není dostatek vody v místních studních, nebo když dojde k vytopení vesnic a měst přívalovými srážkami. Ale ta voda, co rychle otekla, musí někde chybět a nese sedimenty do vodních nádrží.

2. MATERIÁL A METODY

Principy zadržení vody v krajině (Kvítek et al., 2018) za výrazných srážkoodtokových událostí (S-O) musí současně zahrnovat obě uvedené a odlišné problematiky:

1. Při S-O událostech je třeba zachytit vodu na zemědělských pozemcích, nejlépe v jejich horních nebo středních částech subpovodí, kde jsou propustné půdy a hladina podzemní vody se nachází ve větší hloubce, například pomocí záchytných liniových technických prvků (např. záchytné příkopy, záchytné průlehy) s pásy trvalých travních porostů. Zde musí dojít k infiltraci vody a sedimentaci nerozpuštěných látek. Tato technická opatření významně omezují erozi půdy a současně musí mít minimálně pasivní systém regulace odtoku vody a systém umělé infiltrace vody do hydrogeologické struktury, aby voda a sedimenty nebyly po zachycení rychle odváděny do vodních toků, rybníků a vodních nádrží.

2. Navazujícím opatřením musí být transformace a využití živin a zachycených látek v travních porostech, v půdním profilu, v mokřadech, v malých vodních nádržích, apod. Toto se týká i požadavků na vyústění a regulaci odtoku vody z drenážních systémů

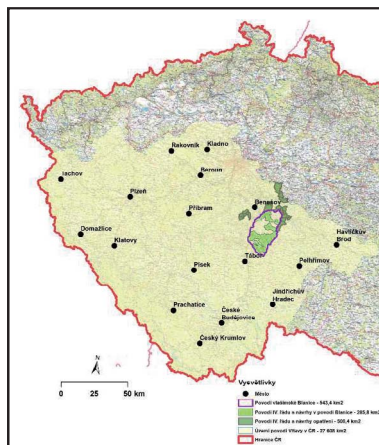
3. Následně je možno vodu akumulovat k jejímu dalšímu využití. S tím souvisí i problematika vodních nádrží, rybníků, zasakování vody do hydrogeologické struktury, různé formy závlah,

včetně podzemní závlahy podmokem, popř. jiné její využití přečerpáváním do horních částí subpovodí, kde může voda infiltrovat za vhodných podmínek do hydrogeologické struktury – umělá infiltrace!

Ve smyslu úvah o zvýšení retence a zlepšení jakosti vody byla v roce 2015 ve veřejné soutěži soutěžena zakázka – projekt, kterou zadalo Povodí Vltavy, státní podnik ke zpracování s názvem „Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí“, v rozsahu 3 000 ks. opatření typu A. Tato veřejná zakázka byla v roce 2019 skončena. Od 1. 5. 2018 byl speciálně pro povodí VN Švihov na Želivce řešen další projekt s názvem „Přírodě blízká a technická opatření na zemědělské půdě v povodí VN Švihov na Želivce“, kdy požadavkem Povodí Vltavy, státní podnik bylo zpracování listů opatření typu A v rozsahu min. 450 ks. opatření, s důrazem na jejich projednání se zemědělskými subjekty hospodařícími v povodí. Projekty zpracovávalo konsorcium firem: VUMOP, v.i.i., ČVUT, Sweco cz a VRV, a.s a současně byl vytvořen atlas plošného zemědělského znečištění vod pro celé povodí Vltavy, přístupný na <https://atlasplv.vumop.cz/>.

Aby systém opatření dobře fungoval, musí jít o SYSTÉM OPATŘENÍ, ne ad hoc vytvářena jednotlivá opatření. Opatření musí být propojena. Musí být vytvořena soustava opatření v subpovodích (50–100 ha). Vzhledem ke zjištěným výzkumným poznatkům je zřejmé, že i jakost povrchové a podzemní vody lze ve velké míře řešit pomocí retence vody v povodí, na pozemcích zemědělského půdního fondu. Odtud voda odtéká, proto je třeba ji i zde zadržet. Ve vztahu k jakosti těchto vod byla naformulována následující teoretická zásada: ze zemědělského subpovodí by měla odtékat, i za extrémních hydrologických podmínek, povrchová i podzemní voda v dobré jakosti a v neškodném množství. Propojená ochrana množství a jakosti vod, tedy aplikace pojmů retence a akumulace vod na zemědělském půdním fondu do zemědělské praxe by pak mohla významně snížit zatížení vodních toků a vodních nádrží sedimenty, nutrienty a cizorodými látkami, významně snížit vodní erozi půdy, zvýšit zásobu vody v půdě a zvýšit akumulaci vod v povodí, částečně řešit sucho, povodně, zvýšit malé zásoby podzemních vod, a to vše současně (Kvítek, 2015, Kvítek et al., 2016).

Vzhledem k pilotní povaze projektu, jehož cílem bylo navrzení 3 000 ks. „Listů opatření typu A“ v celé ploše vybraného území, bylo rozhodnuto nenavrhovat opatření roztržštěně po celé ploše povodí Vltavy, ale naopak koncentrovat je do menšího území, na kterém bude možné dobře posoudit účinnost opatření. Vyhodnocení účinnosti navržených opatření pak bylo provedeno pro hydrologicky ucelené území vlašimské Blanice (uzávěrový profil Radonice), na ploše 540 km². Toto povodí bylo vybráno na základě výsledků kategorizace kritických lokalit obou typů znečištění a potvrzeno i terénním průzkumem. Z celkem 71 povodí IV. řádu povodí vlašimské Blanice bylo 31 povodí IV. řádu identifikovaných jako ohrožených povrchovým odtokem (Obrázek 1). Z hlediska podpovrchových zdrojů znečištění bylo v tomto povodí identifikováno jako ohrožených 50 povodí IV. řádu. Bylo proto vybráno celkem 48 dílčích povodí IV. řádu. V těchto povodích byl proveden návrh ochranných opatření na zmírnění povrchového odtoku v rozsahu celkem 3 440 listů opatření typu A. Z těchto opatření je 2 391 primárně protierozních, 610 opatření primárně na drenážních systémech, 147 opatření kombinovaných a 294 doprovodných



Obrázek 1: Vyznačené povodí Vltavy spolu s rozvodnicí vlašimské Blanice.

3. VÝSLEDKY

Výsledky projektu „Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí“ jsou uvedeny zde. Objem zadržené vody dosáhl pomocí různých opatření 3,5 mil. m³, nejedná se o zadrženou vodu v půdě, ale v technických opatřeních, kterou by bylo možno umělou infiltrací vsakovat či jinak využívat. Modelem WATEM/SEDEM (ČVUT) se zahrnutím 3 440 opatření (Tabulka 1) byla zjištěna účinnost u transportu splavenin 30% (snížení o 13 300 t/rok), účinnost u transportu erozního fosforu 37% (snížení o 6,9 t/rok). Typy a celkové počty navržených opatření jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 1: Celkový počet opatření s jednotlivými typy na vlašimské Blanici

Název opatření	Počet opatření
Biofiltr v návaznosti na drenážní systém	35
Kontrolované spontánní stárnutí drenáže	8
Liniová zeleň	245
Lokální eliminace drénu	12
Mokřad v dolní části drenážního systému (či v návaznosti na něj) s předřazeným objektem pro zpomalení odtoku	18
Objekt na drenáži typu kořenové čistírny	25
Odkrytí drénu a jeho úplné odstranění	90
Odkrytí zatrubněných hlavních odvodňovacích zařízení	10
Odváděcí průleh	31
Ochranná hrázka	5
Plošné odstranění podrobného odvodňovacího zařízení	59
Polní cesta s protierozní funkcí	20
Protierozní mez	429
Protierozní sedimentační nádrž	118

Převody drenážních vod na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	201
Převody vod na úrovni hlavních odvodňovacích zařízení	2
Regulace na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	9
Retenční průleh	592
Revitalizace vodního toku	129
Rozdělovací objekt	42
Snížení intenzity drenážního odvodnění - clony	4
Suchá nádrž	172
Svodný odvodňovací příkop	150
Svodný průleh	96
Tůň dotovaná drenážní vodou nebo tůň na drenážní výusti	80
Vegetační doprovod	47
Záchytný - odváděcí příkop	50
Zalesnění zemědělské půdy; alternativně: výsadba plantáží RRD - na odvodněných pozemcích	19
Zasakovací drén	14
Zatrávnění údolnice	105
Zatrávněný pás	623
Celkový součet	3 440

Empirickým modelem (VÚMOP) se zahrnutím 496 opatření pro drenážní systémy bylo dosaženo snížení obsahu N-NO₃ o 55 t/rok (24%), snížení obsahu fosforu o 275 kg/rok (19%). Investiční náklady byly vyčísleny na 3 mld. Kč a provozní náklady jsou kalkulovány 130 mil. Kč/rok. Podobných výsledků byly dosaženo i u projektu „Příroda blízka a technická opatření na zemědělské půdě v povodí VN Švihov na Želivce“. Na tomto příkladu je vidět, že 70 let absence účinných opatření k zadržení vody v krajině, včetně omezení eroze a snížení následků sucha, zvýšení hladiny podzemní vody a zlepšení jakosti vody se projevuje i na ceně opatření! Čím později začneme, tím více to bude finančně náročnější, materiálové vstupy investičních opatření a eskalace ceny půdy v posledních letech jsou toho dokladem (Kvítek et al., 2018). Zpracované listy opatření typu A byly podkladem Plánu dílčích povodí. Následné zpracování návrhu plánu příslušného dílčího povodí Dolní Vltavy, důsledně probíhá dle ustanovení § 25 a § 26 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. V rámci procesu zpracování předmětného plánu před jeho schválením zastupitelstvo příslušných krajů bude několik připomínkových řízení, v rámci kterých bude moci veřejnost, tedy i zemědělské subjekty, obsah plánů ovlivnit, včetně podávání připomínek v rámci procesu SEA. Na konci uvedeného procesu zpracování předmětného plánu na základě předchozího schválení Národního plánu povodí Labe vládou ČR bude tento plán schválen podle své územní působnosti zastupitelstvem příslušného kraje a to během 1. pololetí 2022. Realizace schválených přírodě blízkých a technických opatření k eliminaci plošných zemědělských zdrojů znečištění bude možná po roce 2022, po zpracování konkrétních prováděcích projektů opatření uvedených v „Listech opatření typu A“ a následném povolení jejich vlastní realizace příslušnými vodoprávními úřady.

4. DISKUSE

Při řešení projektu „Listy typu A“, bylo zjištěno (PVL, 2019), že z finančního hlediska zemědělského podniku jsou opatření ztrátová! Z ekonomického hlediska, při započítání celospolečenských efektů, mimoprodukčních funkcí zemědělství:

- a) výrazné zlepšení jakosti vody,
 - b) výrazné omezení eroze půdy,
 - c) snížení rizika lokálních záplav,
 - d) snížení doby agronomického a hydrologického sucha,
 - e) zvýšení hladiny podzemní vody,
 - f) zvýšení retence vody v půdě,
 - g) zvýšení akumulace vody v povodí,
 - h) ochlazující účinek vegetace,
 - i) zvýšené poutání vzdušného CO₂,
 - j) zvýšení vitality keřové a stromové vegetace,
- jsou opatření celospolečensky výhodná!

Minulá vláda České republiky se problematice dopadů klimatické změny na stabilitu vodního režimu krajiny v uplynulých letech intenzivně věnovala a i pro současnou vládu je jednou z jejích priorit. V roce 2015 byla mj. přijata Usnesení vlády ČR „K přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody (usnesení č. 620/2015)“, Usnesení vlády ČR „O koncepci ochrany před následky sucha pro území České republiky (usnesení č. 528/2017)“, byla vytvořena „Národní koalice pro boj se suchem“ složená z pracovníků státní správy, samosprávy, odborných a vědeckých institucí, akademických pracovišť i soukromého sektoru, byla ustanovena a pracuje Meziresortní komise Voda – Sucho.

V rámci zpracované průběžné „Poziční zprávy o pokroku při plnění Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky za rok 2019“ je v příloze 6. - Stav plnění opatření z koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky ke konci roku 2019 - uveden pod body 4.1-4.3 výčet opatření, ve kterých ale zcela absenteje problematika retence a akumulace vody na zemědělské a lesní půdě pomocí drobných technických opatření, mimo rybníků, včetně doporučení k realizaci těchto opatření. Většina opatření uvedených v bodě 4.3. (Zvýšení ochrany půdy před účinky eroze, Organická hmota v půdě a opatření na její zachování a zvýšení, Změna zemědělské politiky v oblasti podpory pěstování energetických plodin, Podpora rozvoje ekologického zemědělství, Podpora principů precizního zemědělství, Podpora provádění komplexních pozemkových úprav, jsou mimo pozemkové úpravy pouze dílčími, úzce a specificky zaměřenými opatřeními na zlepšení či precizaci zemědělství. Pozemkové úpravy, to by mohl být účinný nástroj, pokud však někdo tento systém zná, je jistě obeznámen s limitujícími podmínkami a současně ví, jaké zde mohou vznikat, až na výjimky projekty, včetně těch realizovaných. Jedná se o dlouhodobě neřešené problémy: prioritou je výstavba polních cest, chybí pozemky pro realizaci vodohospodářských opatření, chybí dostatečné finanční zdroje. Samostatnou kapitolou je omezení eroze půdy. Výpočty pomocí modelů i praxí zjištěné a doložené erozní události ukazují, že agrotechnická a organizační opatření jsou účinná do návrhové srážky 2–5 let.

V celém dokumentu Poziční zprávy nejsou uvedena žádná opatření reagující na výskyt extrémnějších srážek, kdy dochází k nekontrolovatelnému odtoku vody i ze zatvrzlých a zalesněných pozemků, natož pak z orné půdy. Opatření, která se v současnosti realizují, nebo připravují, nejsou systémově pojata (na jedné lokalitě či katastrálním území resp. povodí), spíše se jedná o metodu “rozsypaného čaje“, často jsou i nekomplexní a vzájemně neprovázaná. V této souvislosti je třeba podotknout, že nějaký dlouhodobý, opravdu dlouhodobý, komplexní a systémový program, který by masivně (ne jen ad hoc a jen někde jako doposud) podporoval realizaci opatření přímo v zemědělské praxi, není zatím vytvořen. Více se této problematice v minulých letech věnovalo MŽP, ale systém dotací je uskutečňován též metodou rozsypaného čaje. To není výtka, při dobrovolnosti opatření to ani jinak nemůže fungovat.

Je nutno se ptát, proč se zemědělci nijak nehnou do realizace navrhovaných opatření, proč se o vodu nezajímají. Po diskusích s nimi jsme došli k názoru, že jsou přesvědčeni, že „krajina

funguje bezvadně“, eroze není závažným problémem, spíše marginálním, odtok vody po povrchu a z půdy jim nevádí a jsou rádi, že odvodňovací systémy prozatím fungují. Podotýkám, ještě že fungují. A ty sucha co přišli a odešli, přečkali za podpory státu.

Bylo by třeba zásadně změnit dotační politiku MZe. Ta je bohužel v současné době již nastavena, a to až do roku 2027. Do změny se však žádnému politikovi moc nechce. Je třeba konsensu více politických stran a očekávaná reakce velkých zemědělských podnikatelů podporovaných Agrární komorou a Zemědělským svazem by pravděpodobně byla spíše negativní. Je též otázkou, zda toto bude prioritou v současném chaosu a nestabilitě na mezinárodní scéně. Pokud nedojde k úpravě možnosti financování těchto opatření v dotační politice ve smyslu zjednodušení a zejména sjednocení meziresortních pohledů, žádná velká změna nenastane. Budoucí změna dotační politiky by nesměla mít též negativní dopad na ekonomiku zemědělsky hospodařících subjektů či obecně ekonomickou situaci vlastníka pozemku.

5. ZÁVĚR

Koncipování a následné praktická uplatnění opatření, zde diskutovaných, by zabránilo také každoročnímu neúčelnému vynakládání značných finančních prostředků na opakované opravy infrastruktury měst a vesnic, cestních sítí po přívalových srážkách, pravidelnému odbahňování vodních nádrží a rybníků zanesených zeminou z eroze půdy. Drobná přírodě blízká a technická opatření na zemědělské půdě by do systému krajina-vodní toky-vodní nádrže přinesla důležitý prvek komplexní podpory a ochrany jakosti a množství vody i za přívalových srážek, včetně zachycení (retence) a převodu vody do půdy a horninového prostředí (akumulace). Časem se prokáže, že tato, doposud tak málo preferovaná opatření, jsou důležitým prvkem dlouhodobé dostupnosti vody v půdě, říčních systémech a vodních nádržích, včetně rybníčních soustav v delším období sucha. Jsme též přesvědčeni, že tato opatření jsou klíčovými prvky trvalé udržitelnosti kvality vody ve vodních nádržích.

LITERATURA

- [1] <https://atlaspv.l.vumop.cz/>
- [2] Kvítek, T., 2015: Povodně, sucho, eroze, jakost povrchové a podzemní vody, hladiny podzemních vod a společný ukazatel - malá retence vody v krajině. Pozemkové úpravy, 4/2015, s. 3-10.
- [3] Kvítek, T., Kulhavý, Z., Koutný, L., Toman, F., 2016: Stanovisko Odboru vodního hospodářství České akademie zemědělských věd k některým názorům a současným problémům vodního režimu české krajiny. Vodní hospodářství 3/2016, s. 23-24.
- [4] KVÍTEK, T. a kol., 2018. Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce. Povodí Vltavy, státní podnik, 488 s.
- [5] PVL, 2019. Příprava Listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí, Etapa M, Povodí Vltavy, státní podnik, Praha, s. 85.

prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

*Povodí Vltavy, státní podnik, Holečkova 3178/8, Smíchov, Praha 5, 150 00
tomas.kvitek@pvl.cz*

Ing. Michal Krátký

*Povodí Vltavy, státní podnik, Holečkova 3178/8, Smíchov, Praha 5, 150 00
michal.kratky@pvl.cz*

AKTUÁLNÝ VÝVOJ HYDROLOGICKÉHO REŽIMU NA HLAVNÝCH PRÍTOKOCH VEĽKÝCH VODNÝCH NÁDRŽÍ NA VÝCHODE SLOVENSKA

D. Mydla, B. Písečná & L. Hrabčáková

*SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK š. p., Povodie Hornádu, odštepny závod,
Slovenská republika*

ABSTRAKT: Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Banská Štiavnica, odštepny závod Košice, ako správca vodohospodársky významných tokov v povodí riek Hornád, Bodva a Bodrog v súčasnosti spravuje 6 veľkých akumulačných vodných nádrží. V období posledných 10 rokov však správca zaznamenáva nárast extremicity rozdelenia prietokov v časovom rade. Adaptácia jednotlivých nádrží na uvedené zmeny je však rozdielna a do určitej miery reflektuje aj na zmeny využitia zásobných priestorov plynúcich z aktuálnych požiadaviek na vodu. Príspevok je zameraný na zhodnotenie uvedených procesov v reálnej prevádzke počas posledných 10 rokov na vodných nádržiach – Ružín I., Palcmanská Maša, Bukovec, Veľká Domaša, Vihorlat a Starina.

1. ÚVOD

Oficiálne podklady, ktoré získava správca vodných stavieb – Slovenský vodohospodársky podnik š. p. (SVP š. p.) od hydrologickej služby, Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava (SHMÚ) v procese pravidelnej aktualizácie ich manipulačných poriadkov, je iba jedným z atribútov majúcich zásadnejší vplyv na nastavenie hospodárenia s vodou. Nakoľko vyhodnocovanie zmien hydrologickej bilancie je pomerne náročnou disciplínou, v tomto príspevku sa zaoberáme z pohľadu správcu dotknutých vodných stavieb (VS) čiastočnou analýzou vývoja od roku 2011. Obdobie 10 rokov bolo zvolené z dôvodu, že sa jedná o časový úsek, ktorý môže celkom vhodne zodpovedať zmenám celospoločenskej objednávky na vodu. Aktualizáciu manipulačných poriadkov (MP) pritom považujeme za stále otvorený proces.

2. DEFINÍCIA ROZHODUJÚCICH HODNOTENÝCH PRIETOKOV

Pre potreby celkovej bilancie sme zvolili dva rozhodujúce štatistické ukazovatele charakterizujúce hydrologickú kondíciu povodia, pričom ich výpovednú hodnotu považujeme za pomerne významnú. Za sledované obdobie rokov 2011–2021 sme následne bilancovali počet kalendárnych dní v hydrologickom roku, kedy nastalo ich podkrošenie resp. prekrošenie.

Prvým charakteristickým prietokom bol zvolený prietok Q_{355} dennej vody ako jav charakterizujúci výrazný hydrologický deficit. Ako rozhodujúci sme brali oficiálny podklad od SHMÚ pochádzajúci z rokov 2015–2016. Teda predmetné podklady by mali vychádzať z rovnakého hydrologického radu sledovaní.

Za druhú veličinu charakterizujúcu vzťah objemu VS a spádového povodia sme zvolili dlhodobý priemerný ročný prietok Q_a . V tomto prípade sme okrem bilančného počtu kalendárnych dní s prekrošením predmetnej štatistickej veličiny brali aj na zreteľ vývoj oficiálnej absolútnej hodnoty v procese posledných cca 15 rokov.

2.1 ZMENA DLHODOBÉHO PRIEMERNÉHO ROČNÉHO PRIETOKU Q_a

Zmena predmetnej hodnoty bola v celkovom ponímaní pomerne zaujímavá a aj napriek pomerne krátkemu obdobiu, malému počtu sledovaných VS poukazuje na priamu súvislosť kondície povodia vo vzťahu na jeho geomorfologickú skladbu.

Najvýraznejší pokles hodnoty Q_a za obdobie 15-tich rokov sme zaznamenali v prípade povodia Hnilca nad VS Palmanská Maša na úrovni až 15%. Zníženie hodnoty v prípade rieky Laborec po rozdeľovacom objekte Petrovce nad Laborcom t. j. po VS Vihorlat predstavuje údaj cca 5%. Bilancia vývoja Q_a rieky Hornád nad VS Ružín je vzácné vyrovnaná. Zaujímavým zistením je aj posudzovanie vývoja dlhodobého priemerného ročného prietoku v povodí rieky Ondava, kde sa prakticky uvedená hodnota zmenila od roku 1971 po prvý raz v roku 2020, a to znížením o cca 3%. Za zmienku stojí skutočnosť, že v rámci štúdie VUVH - VS Veľká Domaša – analýza hydrologického režimu prevádzky vodnej nádrže (2013), hlavný riešiteľ Ing. Benický predbežne uvedenú skutočnosť spochybnil a bilančne ju znížil až o 13%.

Nemenej zaujímavá situácia nastala aj v prípade povodia rieky Ida nad VS Bukovec, kde z dôvodu hydrologického sucha v 80-tych rokoch 20. storočia bol zaznamenaný až 23% pokles pre uvedenú veličinu. Avšak vybudovaním prevodu vody horného povodia Myslavského potoka priamo do vodárenskej nádrže došlo k zmene celkového poklesu iba na 9%. Na opačnej strane sa nachádza naša najmladšia VS, pričom za sledované obdobie hodnota Q_a pre povodie rieky Cirocha nad vodárenskou nádržou Starina narástla až o 8%.

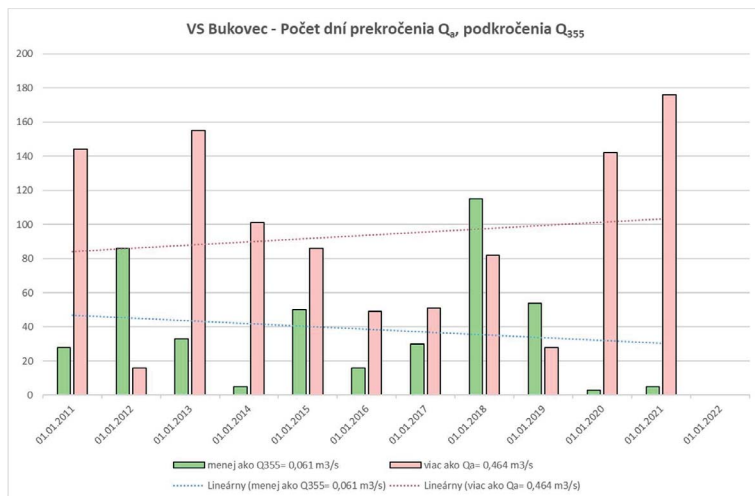
3. VÝVOJ POČETNOSTI DNÍ S HYDROLOGICKÝM EXTRÉMOM

V nasledovnej tabuľke Tabuľka 1: Prehľad výskytu hydrologických extrémov sú bilančne spracované prehľady výskytu hydrologických extrémov pre jednotlivé spravované VS v období od 1.11.2011 do 1.11.2021.

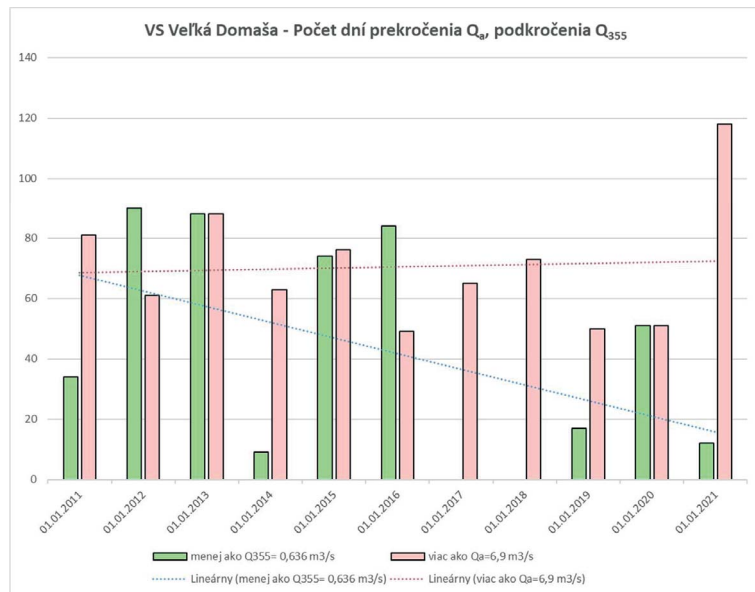
Tabuľka 1: Prehľad výskytu hydrologických extrémov

Rok	Veľká Domaša menej ako $Q_{355}=0,636$ m ³ /s	Veľká Domaša viac ako $Q_a=6,9$ m ³ /s	Vihorlat menej ako $Q_{355}=1,248$ m ³ /s	Vihorlat viac ako $Q_a=14,6$ m ³ /s	Starina menej ako $Q_{355}=0,11$ m ³ /s	Starina viac ako $Q_a=2,0$ m ³ /s	Bukovec menej ako $Q_{355}=0,061$ m ³ /s	Bukovec viac ako $Q_a=0,464$ m ³ /s	Ružín menej ako $Q_{355}=3,355$ m ³ /s	Ružín viac ako $Q_a=15,455$ m ³ /s	P. Maša menej ako $Q_{355}=0,237$ m ³ /s	P. Maša viac ako $Q_a=1,27/1,08$ m ³ /s
01.11.2011	34	81	0	107	0	105	28	144	0	144	0	365
01.11.2012	90	61	0	80	0	76	86	16	30	17	0	201
01.11.2013	88	88	8	110	0	86	33	155	0	157	1	147
01.11.2014	9	63	2	45	0	63	5	101	0	175	0	179
01.11.2015	74	76	27	43	0	54	50	86	5	101	0	68
01.11.2016	84	49	19	57	0	66	16	49	15	103	0	135
01.11.2017	0	65	0	64	1	86	30	51	0	78	2	65
01.11.2018	0	73	16	109	0	95	115	82	0	111	0	87
01.11.2019	17	50	5	52	0	68	54	28	2	48	3	94
01.11.2020	51	51	0	90	0	83	3	142	0	171	0	137
01.11.2021	12	118	1	105	0	75	5	176	0	180	0	141

Z uvedeného vyplýva, že najviac zaťaženým povodiím z hľadiska hydrologických extrémov je povodie rieky Ida nad VS Bukovec. Nasleduje povodie rieky Ondava nad VS Veľká Domaša. Pre lepšie zachytenie trendov vo vývoji sme hodnoty štatisticky upravili preložením lineárnej závislosti na obrázkoch č. 1 – 6 Hydrologické extrémy.



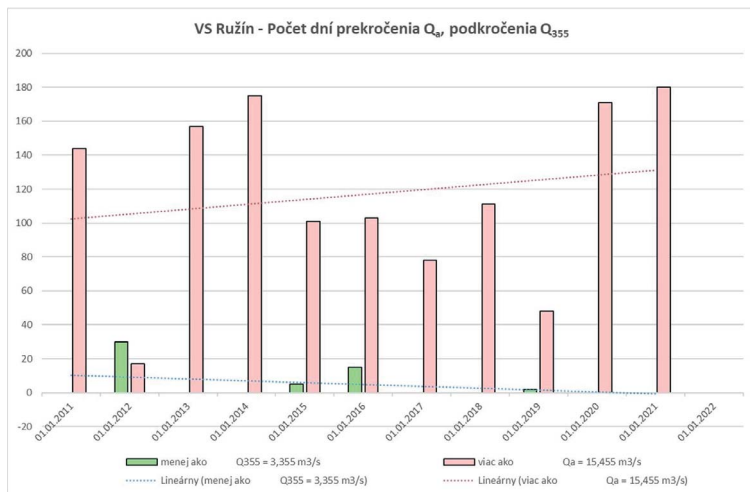
Obrázok 1: VS Bukovec - hydrologické extrém.



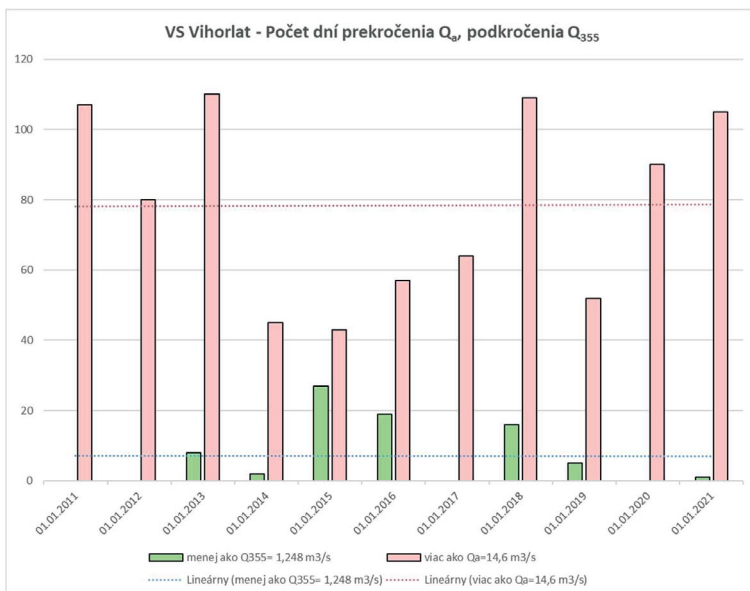
Obrázok 2: VS Veľká Domaša - hydrologické extrém.

V konečnom hodnotení na stav kondície povodia Idy má zrejme jeho veľkosť, VS Bukovec má najmenšie povodie na východe Slovenska z hodnotených VS. Náhlynosť povodia rieky

Ondava na výskyt extrémů má pravdepodobne jeho geomorfologická skladba. Avšak obidve povodia sú v období ostatného desaťročia vystavené zvýšenému tlaku antropogénnej činnosti. Vývoj v povodí riek Laborec a Hornád hodnotíme ako vyrovnaný.

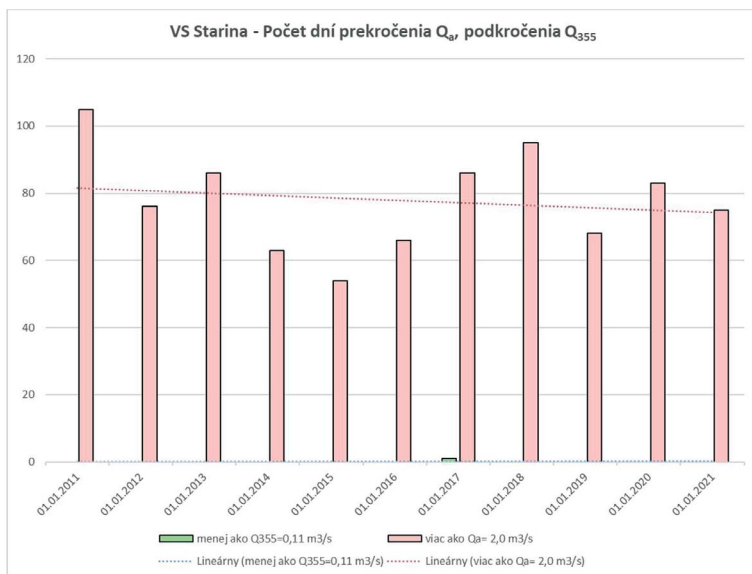


Obrázok 3: VS Ružín - hydrologické extrém.



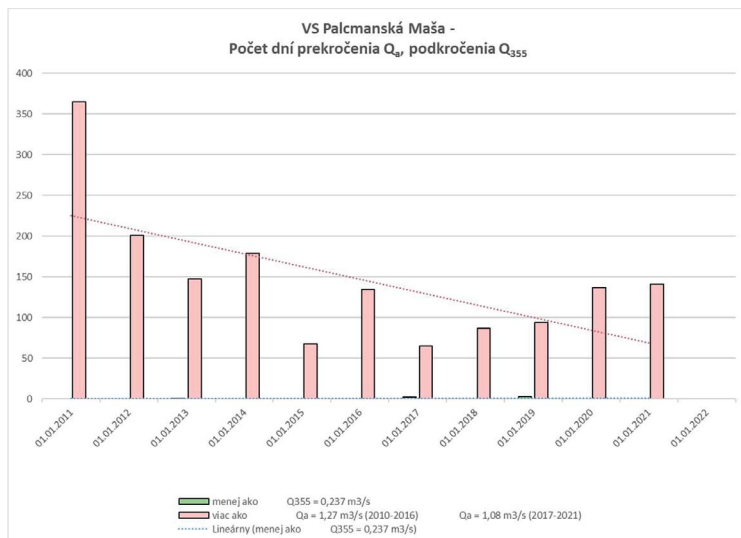
Obrázok 4: VS Vihorlat - hydrologické extrém.

V rámci vyhodnotenia sme zaznamenali taktiež opačný extrém, a to v prípade povodia rieky Cirocha nad VS Starina, kde za celé sledované obdobie bol identifikovaný iba jeden deň s prítokom nižším ako Q_{355} . Avšak tejto skutočnosti celkom nezodpovedajú údaje zisteného trendu poklesu počtu dní s prekročením prítokov nad úroveň Q_a .



Obrázok 5: VS Starina - hydrologické extrémny.

Menej prehľadná situácia sa javí v povodí rieky Hnilec nad VS Palcmanská Maša. Ako jediné povodie vykazuje za sledované obdobie pokles počtu dní s výskytom nad priemerných hydrologických pomerov a mierny trend nárastu období suchých.



Obrázok 6: VS Palcmanšská Maša- hydrologické extrémny.

4. ZÁVER

Pre aktualizáciu manipulačných poriadkov je nutné, aby správca dotknutých vodných stavieb dôsledne zvažoval trend vývoja hydrologického režimu a to aj prostriedkami, ktoré má priamo k dispozícii aj keď tieto nespracovávajú obdobia štatisticky reprezentatívnejšie. Včasná analýza aktuálneho vývoja umožňuje prijať správne rozhodnutia pre základné princípy vhodného nakladania s vodami. Pre VS v povodí riek Hornád, Bodva a Bodrog v súčasnosti platí, že až na jeden prípad, je výskyt hydrologicky vyvážených období ustálený resp. má mierne stúpajúcu tendenciu. Toto tvrdenie, ale je možné prijať iba za podmienky nezohľadňovania extrémov, za ktorý sme pri spracovaní tohto materiálu považovali rok 2010.

LITERATÚRA

- [1] BENICKÝ, Jozef. VS Veľká Domaša – analýza hydrologického režimu vodnej nádrže. Bratislava: VÚVH 2013
- [2] Prevádzková dokumentácia správcu

Ing. Dušan Mydla

Tel.: +421 55 6008 113, dusan.mydla@svp.sk

Ing. Božena Písečná

Tel.: +421 55 6008 116, bozena.pisecna@svp.sk

Ing. Lucia Hrabčáková

Tel.: +421 55 6008 223, lucia.hrabcakova@svp.sk

SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK š. p., Povodie Hornádu, odštepny závod,
Dumberská 14, 041 59, Košice – mestská časť Sever, Slovenská republika

VD VLACHOVICE, SPECIFICKÉ OTÁZKY PŘÍPRAVY

J. Švancara & D. Brázda

AQUATIS a.s., Brno, Česká republika

ABSTRAKT: Vodní dílo Vlachovice (VDV) je připravováno jako zdroj povrchové vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou. Společnost AQUATIS a.s. zajišťovala pro investora Povodí Moravy, s.p. soubor technických studií a dalších podkladů v rámci předprojektové přípravy. Předkládaný článek obsahově navazuje na samostatný příspěvek věnující se celkové koncepci záměru VD Vlachovice a stavu přípravy (GALATÍK, 2022). Tento článek podává informaci o funkční koncepci vodního díla a jeho předpokládaných efektech vyplývajících z vodohospodářského řešení, uvádí očekávané využití díla jako vodního zdroje pro systémy zásobování vodou. Je uvedena technická koncepce přehradní hráze, funkčních objektů vodního díla a navrhovaných převodů vody ve specifických podmínkách dané lokality. Jsou zmíněny předpoklady pro příznivý vývoj kvality vody v nádrži. Je podána informace o začlenění vodního díla do území, souvisejících investicích, stavebách a doprovodných opatřeních. Rozsah příspěvku neumožňuje podat vyčerpávající informaci o všech liniích přípravy tohoto významného vodohospodářského záměru. Jsou však zdůrazněny hlavní cíle skupiny odborníků podílejících se na formování koncepce tohoto vodního díla, tj. návrh bezpečného vodního díla plnícího spolehlivě svůj účel, díla vhodně začleněného do území, respektujícího environmentální požadavky a zájmy obyvatel v území.

1. ÚVODEM

Po řadě let má v České republice vzniknout nová vodárenská nádrž - vodní dílo Vlachovice (VDV) na řece Vlárě. VDV umožní posílit zásobování Zlínského kraje pitnou vodou prostřednictvím propojených vodárenských systémů a zvýší jejich spolehlivost i v období víceletého sucha. Vodní zdroj s takovouto schopností v regionu doposud chybí. Nádrž se má stát novým spolehlivým zdrojem pitné vody rovněž pro nejbližší obce. S respektováním hlavního účelu vodního díla se počítá i s rozvojem rekreačních a volnočasových aktivit v krásném přírodním prostředí, jehož se vodní dílo stane součástí.

Příprava záměru jako je VDV je multidisciplinární úloha, kde se spolu potkávají požadavky na funkci, bezpečnost, optimální technické řešení, ekonomičnost návrhu, zapojení záměru do území a životního prostředí a řada dalších aspektů a potřeb.

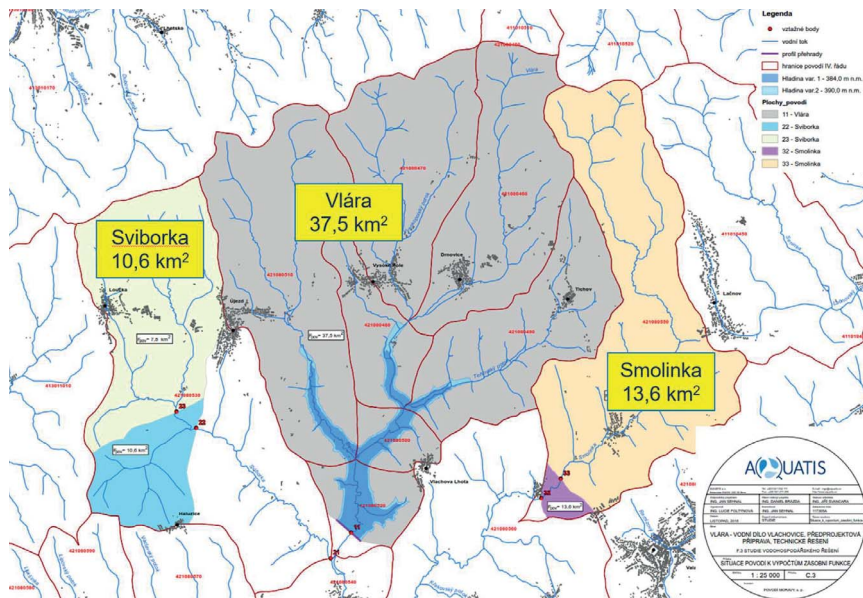
V roce 2020 byl dokončen soubor přípravných studií (AQUATIS 2020), který stabilizoval technickou koncepci tohoto připravovaného vodního díla. Základní informace přináší rovněž další samostatný článek věnovaný přípravě VDV (GALATÍK 2022).

2. FUNKČNÍ KONCEPCE VODNÍHO DÍLA

2.1 NÁDRŽ, POVODÍ, HYDROLOGIE

Nádrž o celkovém objemu $V_c = 29,12$ mil. m^3 je umístěna v horním povodí řeky Vlárky, jehož plocha nad přehradním profilem je jen $37,5$ km^2 . Na základě provedených optimalizací se předpokládá, že přítoky do nádrže budou provedením tunelových přiváděčů posilovány i ze sousedních povodí Sviborky a Smolinky.

Zásobní prostor nádrže VDV bude představovat $V_z = 23,16$ mil. m^3 . K zajištění cílů ochrany před povodněmi v území pod nádrží bude vymezen retenční prostor $V_r = 3,91$ mil. m^3 .

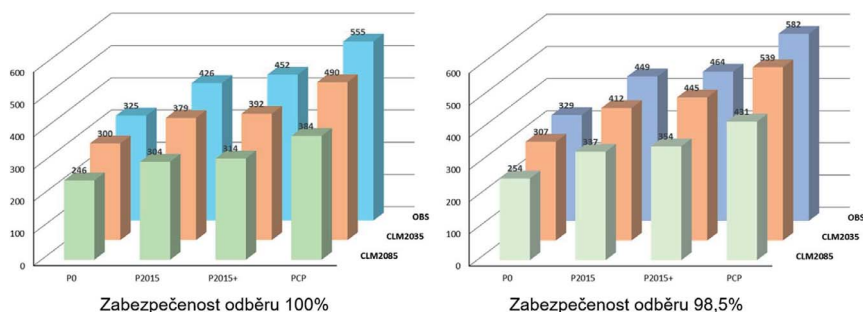


Obrázek 1: Hydrologické schéma dílčích povodí souvisejících s VD Vlachovice.

Průměrný roční průtok samotné Vlára k přehradnímu profilu je $Q_a = 0,323 \text{ m}^3/\text{s}$, což představuje objem průměrného ročního odtoku cca 10,2 mil. m^3 . Ze statistického zpracování záznamů měření na Vláře byl zaznamenán trend snižování Q_a . Při posuzování využitelnosti vodního díla proto nebylo možné pominout úvahy o probíhající klimatické změně.

2.2 EFEKTY VODNÍHO DÍLA

Pomocí optimalizačních postupů byl hodnocen dosažitelný efekt ve variantách velikosti nádrže a různého způsobu zapojení sousedních povodí do hospodaření nádrže, přičemž byly hodnoceny i různé scénáře vývoje průtoků až do r. 2085.



Obrázek 2: Porovnání dosažitelného celkového nadlepšení VD Vlachovice [l/s] při zabezpečení 100% a 98,5%.

Rozbor výsledků ukázal, že nádrž zvažované velikosti má zdůvodnění právě při zapojení převodů ze sousedních povodí a dosahuje vysoké míry vyrovnání. Na podkladu ekonomické analýzy byla dána přednost variantě převodů z horních částí sousedních povodí, které lze provádět gravitačně, bez nároků na energii.

2.3 VYUŽITÍ EFEKTŮ VODNÍHO DÍLA

Zpracovaná specializovaná studie měla za cíl v návaznosti na všechny existující aktuální podklady a informace provést zhodnocení možností dodávek pitné vody z VD Vlachovice do širšího zájmového území s využitím stávajících vodárenských soustav, případně jejich rozšířením, posílením kapacity nebo jejich vzájemným propojením.

Vodárenské využití VDV bude možné po naplnění nádrže, které (s ohledem na výše uvedené proporce) bude trvat i více roků. Pod vodním dílem bude ve dvou etapách budována úpravná vody, na kterou budou postupně napojovány všechny významné skupinové vodovody na území Zlínského kraje. Vzájemné propojení těchto vodárenských soustav zajistí, že i v dlouhodobém horizontu bude zabezpečeno zásobování obyvatel pitnou vodou, a to i ve víceletých epizodách sucha (jako například v předchozím období let 2014 a 2020).



Obrázek 3: Využití VD Vlachovice pro posílení vodních zdrojů (AQUATIS 2021).

3. TECHNICKÁ KONCEPCE VODNÍHO DÍLA

3.1 INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY

Souběžně s upřesňováním funkční koncepce byl prováděn inženýrsko-geologický průzkum (IGP - viz GEOTest 2020). Poměry zjištěné v profilu, který byl na základě archivních dat a rozboru morfologie doporučen ve studii proveditelnosti (AQUATIS 2015), se výrazně odchylovaly od dřívějších podkladů.

Předkvartérní podloží je reprezentováno sedimentárními horninami flyšového vývoje, ve všech zjištěných případech se jedná o souvrství, ve kterém se střídají vrstvy hrubších a jemnějších pískovců a vrstvy prachovců až jílovců charakteru poloskalních hornin, u zastížených vrstev bylo zastíženo hloubkové zvětrání, zcela až velmi silně zvětralé prachovce byly zastíženy ve

značných hloubkách, místy až 30 m pod terénem. Původně indikované pískovce charakteru skalních hornin s v profilu nevyskytují. Z pohledu zakládání přehradní stavby se jedná o poměry obtížné. Významným výstupem průzkumu bylo ověření, že lepší základové poměry nelze zastihnout v alternativních profilech, proto se další příprava stavby soustředila do původně zamýšleného profilu.

Podloží ve zkoumaném úseku přehradního profilu vykazovalo zvýšenou (nikoliv však extrémní) propustnost v zóně silně navětralých až zvětralých hornin, zatímco slabě navětralé poloskalní horniny vykazují jako celek propustnost relativně nízkou. Injekční hmoty mají v tomto prostředí omezenou schopnost průniku, k zajištění těsnosti a filtrační stability podloží bude třeba použít specializované postupy.

V daných poměrech je perspektivní variantou vzdouvací stavby sypaná zonální hráz, část průzkumných prací se proto soustředila na nalezení materiálů pro její výstavbu. Zatímco materiály pro těsnicí jádro budou zřejmě dostupné v prostoru zátopy vodního díla, pro stabilizační zóny hráze nejsou materiály ve vhodné kvalitě a v dostatečném množství dostupné ani v rozsahu vodního díla, ani bližším okolí.

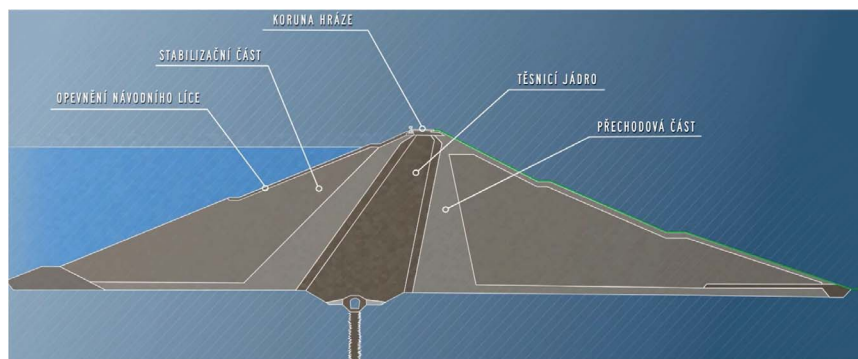
V zájmovém území se nachází poměrně velké množství svahových nestabilit, i této otázce byla věnována významná část průzkumných prací.

Provedený IGP nastolil řadu témat, se kterými je nutné se při návrhu vodního díla a při nastavení postupů organizace výstavby vypořádat.

3.2 HRÁZ

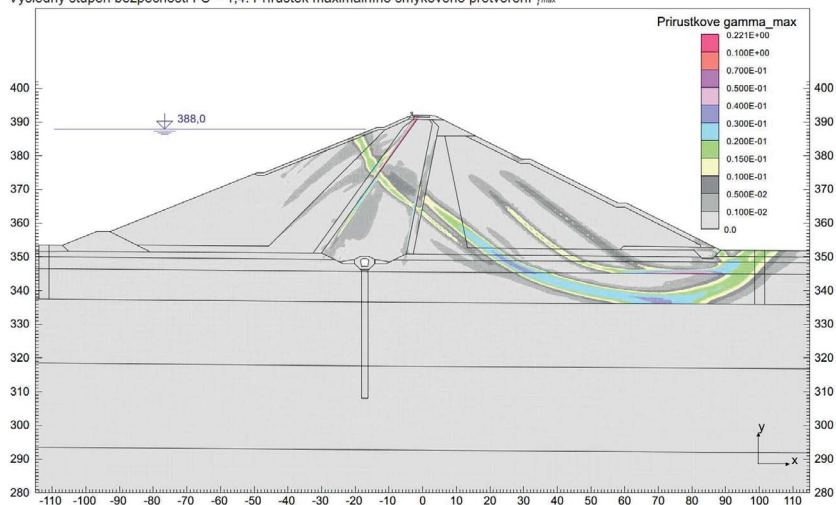
Sypaná přehradní zonální hráz bude mít výšku 42 metrů. Návrhy koncepce byly prověřovány s využitím matematických strukturálních modelů hráze a podloží MKP. Stabilita samotné hráze by v běžných podmínkách závisela hlavně na vlastnostech materiálů pro stabilizační zóny hráze, přičemž požadavky na takové materiály nejsou nijak mimořádné. Provedené výpočtové analýzy však ukázaly, že klíčové pro návrh budou zejména poměry v přípovrchových zcela zvětralých zónách předkvartérního podloží a to jak z hledisek pevnostních, tak přetvárných. Pro zvládnutí místních podmínek byl na podkladu provedených průzkumů návrh hráze postupně přizpůsobován zjištěným IGP.

Vodní dílo bude splňovat veškeré moderní standardy bezpečnosti, podle předběžných posouzení se bude jednat o vodní dílo I. kategorie z hlediska TBD.



Obrázek 4: Příčný profil hráze VD Vlachovice - předběžný návrh (AQUATIS 2021).

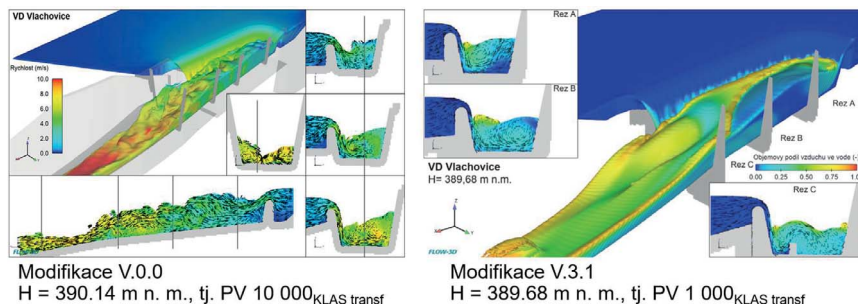
VD Vlachovice, model MKP č. 1 (1:2,5/1:2), zatěžovací stav ZS1 (hladina 388,0 m n.m., alt. A2b s nižšími vztlaky před clonou a vyššími za clonou)
Porušení hráze podél smykové plochy smp2 procházející jádrem a podloží při redukci pevnosti faktorem $F = 1,425$.
Výsledný stupeň bezpečnosti $FS = 1,4$. Přirůstek maximálního smykového pretvoření γ_{max}



Obrázek 5: Zjištěný nejpravděpodobnější mechanismus porušení hráze a podloží. Obdobné výsledky vedly k přepracování profilu hráze (HLADÍK 2020, součást AQUATIS 2020).

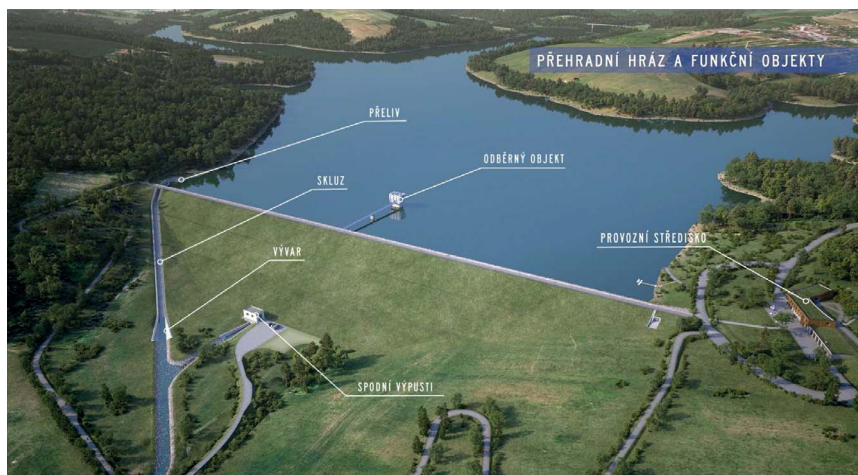
3.3 FUNKČNÍ OBJEKTY

Boční bezpečnostní přeliv a navazující skluz byly nakonec umístěny v pravobřežním údolním svahu s ohledem na indicie výhodnějších základových poměrů, než na opačné straně údolí. Délka zaoblené přelivné hrany je 16 m a při nominální přepadové výšce 1,6 m má hydraulickou kapacitu cca 60 m³/s. Šířka spadiště je 5,5 m. Kapacita odpovídá průtoku PV_{10 000} po transformaci ochranným prostorem nádrže. Ve dně údolí navazuje na skluz vývar a odpadní koryto. Kapacita pojistných zařízení a proudové poměry byly ověřovány 3D hydrodynamickým modelem (CFM).



Obrázek 6: Postupné modifikace návrhu s využitím CFM modelu. (AQUATIS 2020).

Ve dně údolí navazuje na skluz vývar a odpadní koryto. Vývar je podle posledních zkušeností koncipován odlišně od jezových vývarů, jeho ukončení a napojení do odpadního koryta není řešeno plynulou šikmou plochou, ale schodovitě uspořádanou tlumicí stěnou, která má proti tradičnímu řešení vyšší účinnost.



Obrázek 7: Prostorové uspořádání hráze a funkčních objektů. (AQUATIS 2021).

3.4 PŘEVODY VODY

Součástí vodního díla v zamýšlené koncepci jsou převody vody ze Smolinky a Sviborky, které budou doplňovat nádrž v období běžných a zvýšených průtoků. Předpokládá se vybudování štolových přivaděčů, pro návrh jejich raženého profilu nebudou rozhodující průtočné kapacity (převádění povodňových průtoků do nádrže se nepředpokládá), ale podmínky realizovatelnosti pro zvolenou technologii.

Dalšími součástmi vodního díla jsou mimo jiné

- provozní středisko s návštěvnickým centrem,
- měření průtoků a sledování kvality vody na přítocích,
- síť obslužných cest pro zajištění provozu vodního díla sloužící současně jako cyklotrasy i přístupy k okolním pozemkům,
- vegetační protierozní pás lemující obvod vodního díla.

4. DALŠÍ ASPEKTY NÁVRHU

4.1 OVlivNĚNÍ REŽIMU SPLAVENIN

Specializovaná studie zjišťovala povahu splavenin na přítocích do nádrže a provedla kvantitativní analýzu přísunu splavenin do nádrže. Ukázalo se, že přísun splavenin nebude nadměrný a situace může být dále zlepšena prostřednictvím opatření, jejichž realizace (zejména na orné půdě) se předpokládá v ploše povodí. Současně lze provést doplňková opatření pro nakládání se splaveninami jako součást úprav v konci vzdutí.

4.2 VÝVOJ KVALITY VODY

Byly provedené průzkumy v území zaměřené na zjištění zdrojů znečištění a byl zahájen monitoring kvality vody. Přestože je výchozí stav poměrně příznivý, je třeba zvažovat vývoj kvality vody v dlouhodobé perspektivě.

Aby byly splněny přísné požadavky na kvalitu vody ve vodárenské nádrži a vytvořeny předpoklady pro příznivý budoucí vývoj, je třeba provést taková opatření, aby obce v povodí nádrže měly vyřešené nakládání s odpadní vodou a bylo zajištěno její čištění. Záměr výstavby VDV proto urychlil přípravu a realizaci komplexního systému nakládání s odpadními a dešťovými vodami v povodích nad nádrží, který má být realizován v předstihu před prvním napuštěním nádrže, může být připravován samostatně, ale v konečném důsledku zajistí možnost koexistence sídel v území s vodním dílem.

Stabilizace i zlepšení současného stavu se dále očekává od navržených opatření v ploše povodí v souvislosti s nastavením zásad hospodaření v ochranném pásmu vodního zdroje.

4.3 ZAČLENĚNÍ VODNÍHO DÍLA DO ÚZEMÍ

Velká pozornost je věnována začlenění vodního díla do území a do přírodního prostředí. Důraz je kladen na využití přírodních blížších řešení, místních materiálů a vhodné skladby porostů. Po obvodu nádrže je doplňován vegetační protierozní pás charakteru lesního porostu.



Obrázek 8: Začlenění VD Vlachovice do území. (AQUATIS 2021).

4.4 VYVOLANÉ INVESTICE

Současná trasa komunikace třetí třídy mezi Vlachovou Lhotou a Vysokým Polem prochází napříč prostorem nádrže a je nutné ji nahradit. Nová silnice bude mít parametry odpovídající moderním standardům a v porovnání se současnou situací zlepší dopravní obslužnost obcí v okolí nádrže. Nádrž vodního díla bude přemostěna. Komunikace budou vybaveny opatřeními pro snížení rizika kontaminace z dopravy.

Dalšími vyvolanými investicemi jsou přeložka vysokotlakého plynovodu, přeložky sítí vysokého i nízkého napětí a místní úpravy dopravní infrastruktury.

4.5 DOPROVODNÁ OPATŘENÍ

Rovnocennou součástí připravovaného komplexního záměru je revitalizace krajiny, ozdravení zemědělských a lesních ploch a vytvoření podmínek pro zapojení vodního díla do krajiny.

Přírodě blízká opatření v území přispějí k zadržování vody v krajině. Přestavují soubor revitalizací, malých vodních nádrží, tůní a opatření optimalizující chod splavenin a současně pozitivně ovlivňující kvalitu vody. Jsou připravována samostatně v předstihu.

Aktivity na plochách zemědělsky využívaných pozemků se zaměřují na protierozní zásahy, zadržení vody a organizační opatření umožňující zemědělskou činnost v povodí nádrže. Postupně by také mělo dojít ke změnám na lesních plochách v druhové skladbě porostů a ve způsobu hospodaření.

5. ZÁVĚR

Významným impulzem pro přípravu bylo období sucha v letech 2014 až 2020, které přineslo v území nemalé komplikace. Potřebu posílení vodních zdrojů si uvědomují jak obce, tak Zlínský kraj neboť dostatek pitné vody a spolehlivost vodních zdrojů je základním předpokladem dalšího rozvoje území. Povodí Moravy, s.p. bylo vládou ČR ustanoveno investorem vodního díla Vlachovice, v území již rovněž provádí majetkoprávní vypořádání a činí další kroky v přípravě tohoto záměru.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři příspěvku touto cestou děkují za spolupráci všem partnerům, kteří se doposud podíleli na přípravě tohoto rozsáhlého projektu.

LITERATURA

- [1] AQUATIS a.s., Vlára - VD Vlachovice, Studie proveditelnosti, 2015.
- [2] AQUATIS a.s., Vlára, Vodní dílo Vlachovice – předprojektová příprava, studie přírodě blízkých opatření v povodí Vlárý, 2018.
- [3] AQUATIS a.s., Vlára, Vodní dílo Vlachovice – předprojektová příprava, technické řešení, 2020 (soubor studií).
- [4] AQUATIS a.s., Vlára, Vodní dílo Vlachovice – Videoprezentace, 2021.
- [5] GEOTest, a.s., Vlára, Vodní dílo Vlachovice - předprojektová příprava, IG průzkum, 2020.
- [6] VD VLACHOVICE [on-line], <http://vdlachovice.pmo.cz/>, 2022. (Webové stránky).
- [7] GALATÍK, P.: VD Vlachovice – zhodnocení stavu přípravy. Sborník konference Přehradní dny 2022, Nesuchyně, 2022

Ing. Jiří Švancara

AQUATIS a.s., Botanická 56, 602 00 Brno

+420 728 140 727, jiri.svancara@aquatis.cz

Ing. Daniel Brázda

AQUATIS a.s., Botanická 56, 602 00 Brno

+420 601 555 683, daniel.brazda@aquatis.cz

VODNÍ DÍLO KRYRY: PODVINECKÝ POTOK U MĚSTA KRYRY

M. Zoul, J. Svejkovský & M. Stuchlý

Povodí Ohře, s. p., Chomutov, Česká republika

ABSTRAKT: Vodní dílo Kryry bude hlavní součástí komplexních opatření pro řešení sucha v oblasti Podbořanska a Rakovnicka. Příprava jeho realizace, a to včetně komplexních opatření, byla schválena usnesením vlády č. 256 ze dne 15. dubna 2019. Umístění stavby vychází z Generelu LAPV, kde bylo území zařazeno do kategorie B, vhodné pro akumulaci vod za účelem protipovodňové ochrany, pokrytí požadavků na odběry vody a nadlepšování průtoků. Budoucí podoba díla byla vybrána jako nejvhodnější ze tří variant posuzovaných ve zpracované studii a její parametry jsou následující: sypaná hráz výšky 21,7 m a délky 360 m a celkový objem nádrže 8,9 mil. m³. Investorem VD Kryry je státní podnik Povodí Ohře.

1. VÝZNAM VODNÍHO DÍLA KRYRY

Povodí Blžanky a povodí Rakovnického potoka jsou dlouhodobě nejsušší v České republice a trvale se potýkají s nedostatkem vody v tocích, což má značný negativní vliv na rozvoj průmyslu a zemědělství v této oblasti, zároveň sucho ovlivňuje kvalitu bydlení, neboť zde dochází k pravidelným zákazům odběrů vody a zhoršení stavu podzemních vod. Podbořansko a Žatecko jsou známy zejména pěstováním chmele, situace v kraji však začíná být natolik vážná, že by suchem mohla být významně ovlivněna produkce piva v České republice.

Dlouhodobá snaha tuto situaci řešit vyústila v záměr vybudovat v oblasti Podbořanska a Rakovnicka soubor vodohospodářských opatření, který zde má vylepšit vodní bilanci. Tato opatření byla podpořena usnesením vlády č. 256 z dubna 2019, které ukládá úkoly v souvislosti s komplexním řešením sucha technickou a přírodě blízkou formou.



Obrázek 2: Letecký pohled na povodí Podvineckého potoka.

2. VD KRYRY – ZÁKLADNÍ POPIS STAVBY

2.1 UMÍSTĚNÍ A POPIS STAVBY

Vodní nádrž Kryry ve spojení s dalšími stavbami by měla zajistit vyšší průtoky v tocích a být zdrojem vody zejména pro závlahy. Hlavní součástí celé soustavy kromě samotného vodního díla Kryry tvoří nádrže Mukoděly na Blšance a Senomaty a Šanov v povodí Berounky a dále pak přivaděče vody z Ohře do nádrže Mukoděly a z nádrže Kryry do Rakovnického a Kolečovického potoka. Soustava je doplněna o přírodně blízká opatření, která mají podpořit lepší využití vody v krajině.

Hráz vodního díla je navržena na Podvineckém potoce cca 1,5 km nad soutokem s Blšankou a její poloha byla zvolena jako nejvhodnější ze tří variant posuzovaných ve Studii proveditelnosti z roku 2017. Budoucí hráz bude mít výšku 21,7 m a délku 360 m s korunou hráze na kótě 327,20 m n. m. Plocha povodí k profilu hráze je 81,11 km² a dlouhodobý průměrný průtok je 0,185 m³/s. Hráz vytvoří víceúčelovou nádrž, kde vedle převažujícího zásobního prostoru bude vymezen i ochranný ovladatelný prostor a nádrž tak přispěje k protipovodňové ochraně města Kryry, zároveň může být využita pro rekreaci, rybolov či výrobu elektrické energie. Parametry nádrže jsou následující:

- celkový objem nádrže – 8,95 mil. m³;
- zásobní prostor – 6,99 mil. m³;
- ochranný ovladatelný prostor – 0,77 mil. m³;
- zatopená plocha – 123,6 ha.

2.2 ÚČELY VD KRYRY

Hlavní účely VD Kryry:

- Zajištění minimálního zůstatkového průtoku v Podvineckém potoce pod VD a v profilu Holedeč/Stránky řeky Blšanky
- Zdroj vody pro závlahy zemědělských pozemků
- Ochrana území pod VD před povodněmi
- Zdroj vody pro převody do povodí Rakovnického potoka

Další účely VD Kryry:

- Rekreace
- Sportovní rybolov
- Výroba elektrické energie v MVE
-

2.3 OBJEKTOVÁ SKLADBA STAVBY

000 Objekty přípravy staveniště

100 Vodohospodářské objekty

(Hráz, Bezpečnostní přeliv, Skluz, Vývar, Úprava odpadního koryta, Sdružený objekt spodních výpustí a etážového odběru, Spodní výpustí, MVE a Čerpací stanice, ...)

200 Objekty pozemních komunikací vč. mostů

20x Areálové pozemní komunikace

22x Veřejné pozemní komunikace

300 Elektro a sdělovací objekty (areálové/mimoareálové rozvody, přeložky)

400 Objekty trubních vedení (vodovod, kanalizace, přeložky)

- 500 Objekty podzemních staveb** (injekční chodba / clona, odpadní chodba)
600 Objekty drah vč. mostů
700 Objekty pozemních staveb (provozní centrum, budova MVE, ČS)
800 Objekty úpravy území
900 Volná řada objektů

2.4 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ HLAVNÍCH OBJEKTŮ

101 Hráz

Technické řešení tělesa hráze je v doporučené variantě umístění (varianta A) uvažováno ve dvou typech, a to jako kamenitá hráze se zemním těsněním, nebo sypaná hráze se zemním těsněním. V patě těsnicího jádra bude umístěna injekční chodba, ze které bude prováděna injekční clona (SO 501, 502). Koruna hráze je vybavena komunikací navazující na přemostění bezpečnostního přelivu.

Kamenitá sypaná hráze

Těleso hráze je navrženo jako přímá kamenitá sypaná hráze se středním hlinitým těsněním (těsnicím jádrem) z hornin ML a MI, tedy z hlíny s nízkou nebo střední plasticitou. Základní sklon těsnicího jádra je uvažován 1 : 1 až 1 : 2. Stabilizační část hráze bude provedena z lomového kamene. Uvažovaný sklon návodní líce hráze je 1 : 1,5, vzdušního pak 1 : 1,5. Vzdušní i návodní líc budou dále rozděleny stabilizačními lavičkami. V místě vzdušní paty hráze bude proveden kamenitý patní drén.

Zemní sypaná hráze

Zemní těleso hráze je navrženo jako přímá zemní sypaná hráze s návodním hlinitým těsněním (těsnicím jádrem) z hornin např. ML či MI, tedy z hlíny s nízkou nebo střední plasticitou. Základní sklon těsnicího jádra je uvažován ve sklonu 1 : 2. Stabilizační část hráze bude provedena z GW, SW, GS či SP, tedy dobře nebo špatně zrněných šterků nebo písků. Uvažovaný sklon návodní líce hráze, který bude opevněn kamenným záhozem, je 1 : 3. Uvažovaný sklon vzdušního líce hráze, rozděleného stabilizačními lavičkami, je 1 : 2. V místě vzdušní paty hráze bude proveden kamenitý patní drén.

Technické parametry hráze:

Kóta koruny hráze: 327,20 m n. m.

Délka hráze v koruně: 360 m

Šířka koruny hráze: 5 m

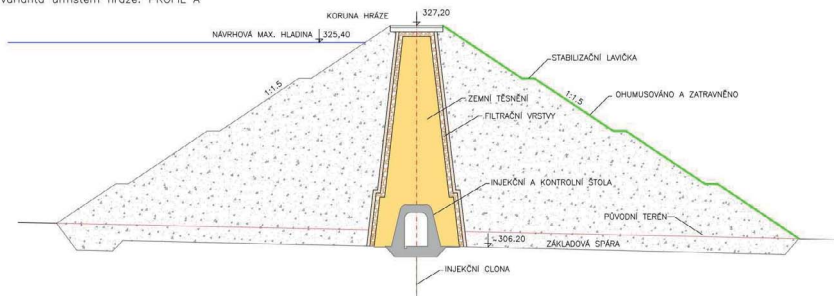
Výška hráze: 21,7 m

Sklon návodního líce: 1 : 1,5 = kamenitá, 1 : 3 = zemní

Sklon vzdušního líce: 1 : 1,5 = kamenitá, 1 : 2 = zemní

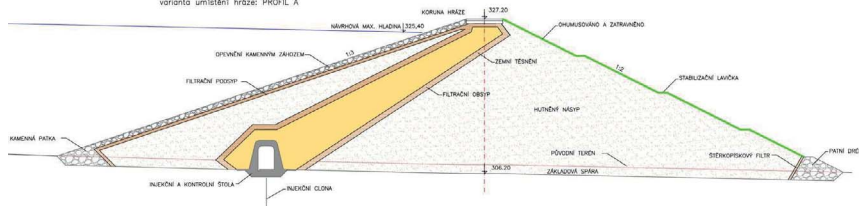
Vzorové příčné řezy hrází jsou znázorněny na následujících obrázcích.

HRÁZ – VZOROVÝ PŘÍČNÝ PROFIL
VARIANTA 1 KAMENITÁ HRÁZ SE ZEMLNÍM TĚSNĚNÍM
varianta umístění hráze: PROFIL A



Obrázek 2: Vzorový příčný profil kamenité hráze se středním hlinitým těsněním.

HRÁZ – VZOROVÝ PŘÍČNÝ PROFIL
VARIANTA 2 ZEMLNÍ HRÁZ SE ZEMLNÍM TĚSNĚNÍM
varianta umístění hráze: PROFIL A



Obrázek 3: Vzorový příčný profil zemní hráze s návodním hlinitým těsněním.

107 Spodní výpusti

Spodní výpusti budou provedeny jako krátké s následným odvodem vody odpadní chodbou o volné hladině. Celkem jsou navržena tři potrubní spodní výpusti – 1x DN 300 pro běžné průtoky a 2x DN1400 pro neškodný odtok.

Kóta spodních výpustí: 308,80 m n. m.

Průměr spodní výpusti: DN300 – pro běžné průtoky

Kapacita spodní výpusti: 0,24 m³/s (při hladině 310,80 m n. m.)

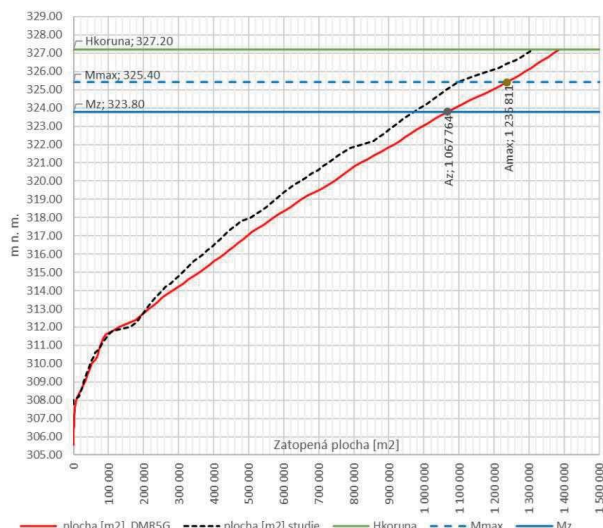
Průměr spodní výpusti: 2x DN1400 – pro neškodné průtoky

Kapacita spodních výpustí: 14,38 m³/s (při hladině 323,80 m n. m.)

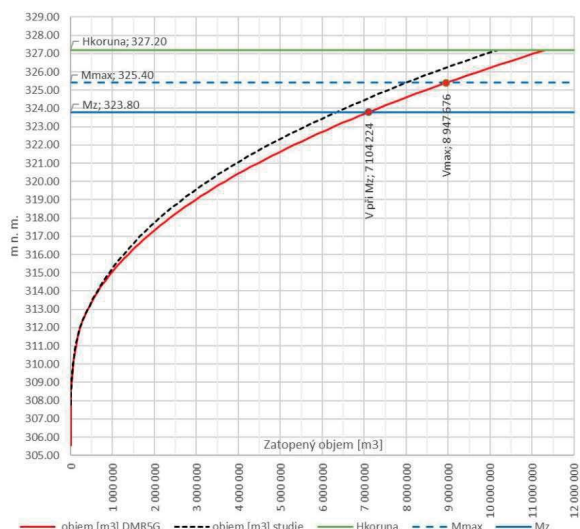
Odpadní chodba (SO 503), navazující na věžový objekt, bude vedena hrázovým profilem. Bude provedena jako železobetonová konstrukce a její profil bude rozdělen stropem do dvou výškových úrovní. Dolní část chodby bude sloužit jako odpadní koryto o volné hladině od spodních výpustí. V oddělené horní průchozí části bude vedeno potrubí k MVE a čerpací stanici, kterou se bude voda přečerpávat do povodí Kolečovického potoka.

2.5 CHARAKTERISTIKY NÁDRŽE

Charakteristiky nádrže – čáry zatopených ploch a objemů včetně rozsahu zátopy – byly zpracovány nad aktuálním digitálním modelem terénu 5. generace, který poskytuje větší přesnost a podrobnost oproti modelu použitému pro zpracovanou studii proveditelnosti.



Obrázek 4: Aktualizovaná čára zatopených ploch VD Kryry nad DMR5G.



Obrázek 5: Aktualizovaná čára zatopených objemů VD Kryry nad DMR5G.

2.6 ROZDĚLENÍ PROSTORŮ V NÁDRŽI

Tabulka 2: VD Kryry

VD Kryry		Srovnání údajů se studií (3)		Aktualizované údaje	
Dno nádrže	Dno	307,80	m n.m.	305,54	m n.m.
Hladina mrtvého prostoru	Mm	308,80	m n.m.	308,80	m n.m.
Hladina stálého nadržení	Ms	310,80	m n.m.	310,80	m n.m.
Hladina zásobního prostoru	Mz	323,80	m n.m.	323,80	m n.m.
Koruna bezpečnostního přelivu	HBBP	324,50	m n.m.	324,50	m n.m.
Hladina ovladatelného prostoru	Mo	324,50	m n.m.	324,50	m n.m.
Hladina ovladatelného ochranného prostoru	Mro	324,50	m n.m.	324,50	m n.m.
Hladina neovladatelného ochranného prostoru	Mrn	325,40	m n.m.	325,40	m n.m.
Maximální hladina	Mmax	325,40	m n.m.	325,40	m n.m.
Koruna hráze	Hkor	327,20	m n.m.	327,20	m n.m.

Tabulka 3: VD Kryry

VD Kryry		Srovnání údajů se studií (3)		Aktualizované údaje	
Celkový prostor	V _c	7 988 498	m ³	8 947 676	m ³
Mrtvý prostor	V _m	15 897	m ³	18 513	m ³
Prostor stálého nadržení	V _s	107 564	m ³	118 484	m ³
Zásobní prostor	V _z	6 233 622	m ³	6 985 741	m ³
Ochranný prostor	V _r	1 647 312	m ³	1 843 452	m ³
Ovladatelný prostor	V _o	7 023 251	m ³	7 859 007	m ³
Neovladatelný prostor	V _n	949 350	m ³	1 070 156	m ³
Ovladatelný ochranný prostor	V _{ro}	697 963	m ³	773 296	m ³
Neovladatelný ochranný prostor	V _{rn}	949 350	m ³	1 070 156	m ³

3. INVESTIČNÍ NÁKLADY

Celkové investiční náklady stavby jsou souhrnem nákladů na přípravu, celkové zabezpečení a realizaci stavby včetně rezervních položek na nepředvídatelné činnosti hrazené z plánovaných investičních zdrojů. Odhad investičních nákladů stavby VD Kryry vychází ze zpracovaného investičního záměru.

- | | |
|------------------------------|------------------|
| 1. Předprojektová příprava | 67 350 000 Kč |
| 2. Projektová příprava | 75 065 204 Kč |
| 3. Realizační náklady stavby | 2 394 405 084 Kč |

Tabulka 4: Objekty VD Kryry – odhad realizačních nákladů

000	Objekty přípravy staveniště	124 317 000, Kč	5 %
100	Vodohospodářské objekty	744 649 000 Kč	31 %
200	Objekty pozemních komunikací vč. mostů	803 578 000 Kč	34 %
300	Elektro a sdělovací objekty	27 355 000 Kč	1 %
400	Objekty trubních vedení	55 200 000 Kč	2 %
500	Objekty podzemních staveb	79 128 000 Kč	3 %
600	Objekty drah vč. mostů	45 000 000 Kč	2 %
700	Objekty pozemních staveb	13 250 000 Kč	1 %
800	Objekty úpravy území	137 400 000 Kč	6 %
900	Volná řada objektů (MPV)	364 528 084 Kč	15 %
Odhad realizačních nákladů VD Kryry		2 394 405 084 Kč	100 %

Tabulka 5: Celkové investiční náklady

Předprojektová příprava celkem	67 350 000 Kč	2,3 %
Projektová příprava celkem	75 065 204 Kč	2,6 %
Styk s veřejností, propagace	11 500 000 Kč	0,4 %
Odhad realizačních nákladů stavby VD Kryry	2 394 405 084 Kč	81,7 %
Rezerva	382 248 043 Kč	13,0 %
Zaokrouhlení	431 668 Kč	0,0 %
Celkové investiční náklady	2 931 000 000 Kč	100,0 %

4. PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVBY

Souhrn základních fází přípravy a realizace stavby VD Kryry:

- | | |
|--------------------------|---|
| Předprojektová příprava | 2017–2025 |
| Projektová příprava | 2024–2034 |
| PR – Styk s veřejností | 2019–2041 (po dobu přípravy a realizace VD) |
| Majetkoprávní vypořádání | 2024–2034 |
| Realizace stavby VD | 2033–2041 |

5. ZÁVĚR

Vodní nádrž Kryry bude zásadním prvkem komplexních vodohospodářských opatření pro řešení sucha na Podbořansku a Rakovnicku. Příprava a realizace díla bude značně náročná, ale

z pohledu klimatických změn bude nevyhnutelným opatřením k dosažení udržitelného rozvoje sledovaného území. Realizace vodní nádrže Kryry významně přispěje i k zajištění minimálního zůstatkového průtoku v Blšance. Oblast, ve které bude dílo situováno, lze označit jako deficitní a potřeba akumulace vody je dlouhodobá. Tato nádrž v kombinaci s převodem vody z vodní nádrže Nechranice výrazně posílí vodní bilanci v širším území a umožní realizaci vodohospodářské soustavy, která propojí povodí Ohře s povodími Liboce, Blšanky a Rakovnického potoka. VD zároveň přispěje ke zvýšení protipovodňové ochrany města Kryry. Vlivem hospodaření v nádrži s víceletým cyklem dojde k optimálnímu využití zásobního prostoru i přivaděče.

Nedílnou součástí technického řešení vodní nádrže budou přírodě blízká opatření, která mají za cíl zlepšit retenční schopnost krajiny – luk, polí, vodních toků a údolní nivy, zamezit transportu splavenin a plavenin, snížit vodní erozi a látkový odnos a zlepšit hospodaření se srážkovými vodami. Těmito opatřeními se zvýší nejen množství vody v krajině, ale i její kvalita v celém dotčeném území.

LITERATURA

- [1] FOŠUMPAUR, Pavel. *Komplexní vodohospodářské řešení nových akumulačních nádrží v povodí Rakovnického potoka a Blšanky a dalších opatření na zmírnění vodního deficitu v oblasti. Aktualizace pro vybraný tzv. střední scénář klimatické změny. Závěrečná zpráva.* ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Praha, prosinec 2020.
- [2] PAVEL, Martin. *Studie proveditelnosti vodní nádrže Kryry na Podvineckém potoce.* Společnost „SHDP + VRV“ zastoupená společností Sweco Hydroprojekt a. s., Praha, listopad 2017.
- [3] PRZYBYLA, Roman. *Komplexní návrh přírodě blízkých opatření v povodí Blšanky (vodní dílo Kryry).* EKOTOXA s. r. o., listopad 2019.
- [4] *Multikriteriální posouzení převodu vody z Ohře do vodního díla Kryry a převodu vody z Berounky do povodí Rakovnického potoka.* Společnost „SHDP + VRV“ Sweco Hydroprojekt a.s., listopad 2019.
- [5] LEXA, Martin. *Investiční záměr pro VD Kryry.* Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s., listopad 2019.
- [6] PAVEL, Martin. *Investiční záměr na realizaci přivaděče vody z Ohře do nádrže Vidhostice, přivaděče z nádrže Vidhostice do Rakovnického potoka včetně přípojky z budoucí nádrže Kryry a přivaděče z Rakovnického potoka do Kolečovického potoka.* Společnost „SHDP + VRV“ Sweco Hydroprojekt a.s., listopad 2020
- [7] SVEJKOVSKÝ, Jan. *Tisková zpráva Vodní dílo Kryry.* Povodí Ohře, státní podnik 2019

Ing. Martin Zoul

Povodí Ohře, s. p. - odbor strategických investic
zoul@poh.cz

Ing. Jan Svejkský

Povodí Ohře, s. p. – technický ředitel
jsvejskovsky@poh.cz

ZMĚNA UŽÍVÁNÍ SUCHÝCH NÁDRŽÍ V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY

P. Balvín & V. Táboříková

Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i., Praha, Česká republika

P. Smrž

VODNÍ DÍLA - TBD a.s., Praha, Česká republika

J. Švancara

AQUATIS a.s., Brno, Česká republika

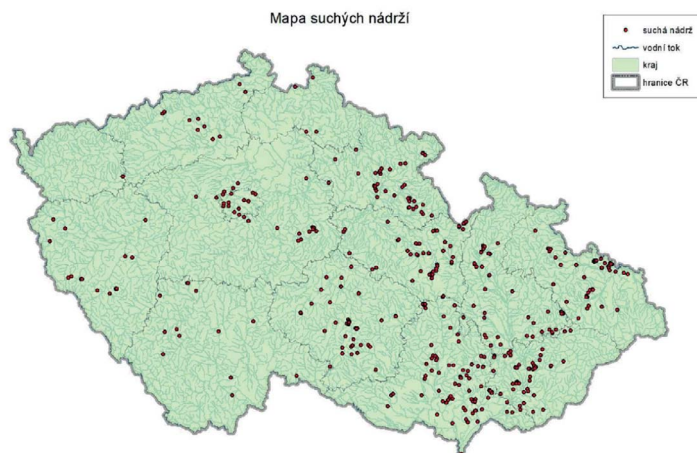
ABSTRAKT: Na území České republiky se v druhé polovině 20. století i začátkem 21. století vyskytla řada významných povodní, nevylučuje i povodně z přívalových srážek. Reakcí na tyto události byla mimo jiné i snaha zvýšit protipovodňovou ochranu zájmových území, a to například výstavbou suchých nádrží a poldrů v rámci celé České republiky. Na straně druhé v letech (2014 až 2019) Českou republiku sužovalo sucho. V kontextu proběhlých událostí se objevila diskuse, zda by nebylo možné suché nádrže využít také k zadržení vody v krajině bez znehodnocení jejich ochranné funkce. Ministerstvo životního prostředí České republiky reagovalo v roce 2018 na tuto výzvu vypsáním projektu s názvem „Potenciál využití suchých nádrží v rámci hospodaření s vodou v krajině“ v rámci programu Technické agentury České republiky Beta 2. Dílčím cílem projektu bylo provést kompletní evidenci realizovaných suchých nádrží a poldrů v České republice a prezentovat ji ve formě databáze a mapy s odborným obsahem. Hlavním cílem projektu bylo vypracovat metodický pokyn dokumentující postup změny užívání suché nádrže a souhrnnou výzkumnou zprávu.

1. SBĚT DAT

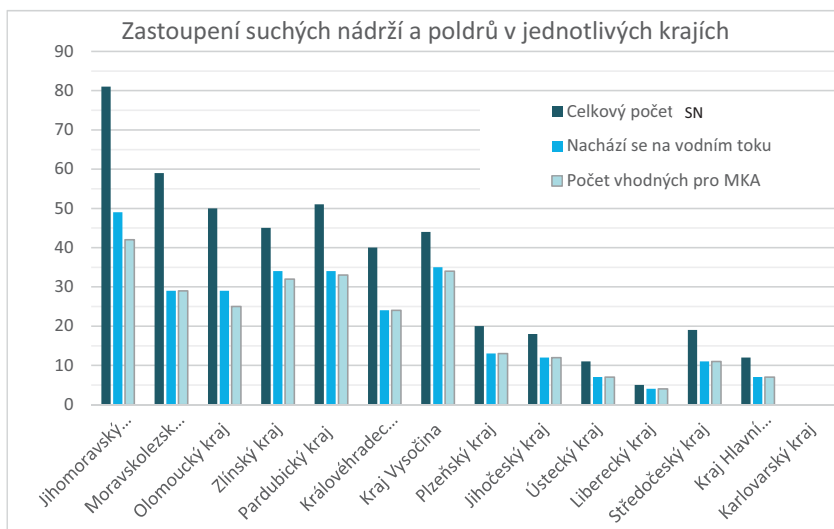
Zásadním vstupem do projektu byl sběr podkladů z hlediska existence realizovaných suchých nádrží v rámci ČR. Prvotním podkladem byla databáze suchých nádrží (dále jen SN) zpracovaná v rámci kategorizace vodního díla z hlediska technickobezpečnostního dohledu, poskytnutá jedním z řešitelů projektu a.s. VODNÍ DÍLA – TBD. Vzhledem ke skutečnosti, že tato databáze obsahuje značné množství suchých nádrží, které nebyly realizovány, bylo nutné podstatně rozšířit datovou základnu jako zdroj informací, který byl následně ověřován. Ke sběru dat o SN a jejich verifikaci byly použity následující zdroje [1]:

- Informace od státních podniků Povodí
- Podklady z programů MZe, MŽP a SFŽP
- Dotazníková akce řešitelského týmu na vodoprávní úřady ČR
- Informace od samosprávy obcí a měst
- Intenzivní terénní průzkum SN řešitelského týmu
- Mapové podklady Základní mapa ČR, Ortofoto mapa ČR, Katastrální mapa ČR, atd.)

Sběr dat probíhal především v prvním roce řešení projektu, ale v řádech jednotek SN byl prováděn až do konce projektu s cílem maximalizovat a ověřit soubor existujících SN pro potřeby tvorby databáze a mapy SN (Obrázek 1. a Graf 1.).



Obrázek 1: Mapa suchých nádrží, jejichž poloha byla ověřena v rámci projektu.



Graf 1: Zastoupení suchých nádrží a poldrů v jednotlivých krajích.

2. METODICKÉ ŘEŠENÍ

Na počátku řešení bylo nutné zvolit vhodné a optimální metodické řešení, které by umožnilo dosažení požadovaných výstupů projektu. Jestliže databáze a mapa SN představovaly sběr dat a jejich verifikaci, pak samotný metodický pokyn představoval nástroj, který je určen správcům a vlastníkům SN, pracovníkům vodoprávních úřadů a úředníkům státní správy a samosprávy, ale především také projektantům, kteří budou muset v rámci procesu změny užívání odpovědět a ověřit řadu technických a environmentálních otázek.

Změnou užívání suché nádrže se rozumí využití části objemu ochranného prostoru suché nádrže jako prostoru pro akumulaci vody, a to vymezením prostoru stálého nadržení, případně prostoru zásobního. V krajních případech může dojít ke změně účelu vodního díla, tj. například k přeměně suché nádrže na malou vodní nádrž. V rámci metodického pokynu se neuvažuje se změnou užívání u suchých nádrží neležících na vodním toku.

V rámci zpracování metodického pokynu popisujícího proces posouzení změny SN bylo rozhodnuto vypracovat dvouúrovňovou multikriteriální analýzu. Zde je nutno konstatovat, že metodický pokyn slouží jako pomocný nástroj při rozhodování o změně užívání suché nádrže. Obsahuje doporučený postup posouzení změny užívání formou multikriteriální analýzy (MKA), katalog technických opatření a vzorové přílohy aplikace postupu posouzení na pilotních lokalitách.

Metodický pokyn poskytuje soubor činností potřebných pro posouzení vhodnosti suché nádrže pro změnu užívání. Samotné posouzení vykonává odborně způsobilá osoba, která vyhodnotí uvedené parametry a kritéria a doporučí nebo nedoporučí vodní dílo ke změně užívání.

Jak již bylo zmíněno, postup posouzení případné změny užívání se zakládá na multikriteriální analýze. Zhodnocením možných alternativ z pohledu více kritérií vytváří multikriteriální analýza hodnotný nástroj pro rozhodování o změně užívání SN [2].

2.1 PRVNÍ ÚROVEŇ MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZY

První úroveň multikriteriální analýzy kategorizuje suché nádrže pro potřeby úvodní rozvahy o vhodnosti suché nádrže ke změně užívání s ohledem na potřebnost zachování protipovodňové (ochranné) funkce. Poměrem objemu suché nádrže ke koruně hráze a objemu návrhové povodňové vlny se získá orientační představa o retenčním potenciálu suché nádrže. Suché nádrže se na základě poměru objemových parametrů rozdělují do tří kategorií (viz Tabulka 1):

- málo vhodné
- vhodné
- velmi vhodné

Poměr vybraných objemů se stanoví podle rovnice 1:

$$Y = \frac{V_{kor}}{V_{100}} \quad (1)$$

kde

$Y [-]$ = poměr, $V_{kor} [m^3]$ = objem suché nádrže ke koruně hráze, $V_{100} [m^3]$ = objem návrhové povodňové vlny s dobou opakování $N = 100$ let

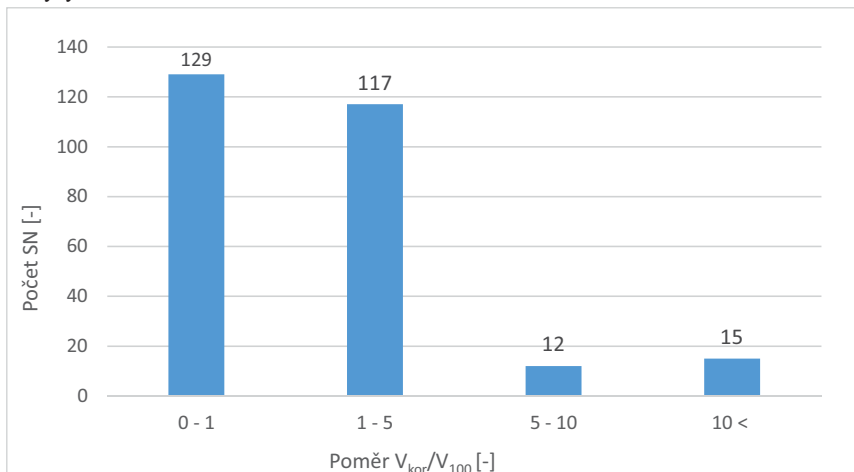
Tabulka 1: Kategorie suché nádrže s ohledem na jejich retenční potenciál umožňující úvahu nad změnou užívání

$Y = V_{kor}/V_{100}$	$0 < V_{kor}/V_{100} < 1$	$1 < V_{kor}/V_{100} < 5$	$5 < V_{kor}/V_{100} < 10$ $10 < V_{kor}/V_{100}$
kategorie z hlediska vhodnosti změny užívání SN	málo vhodné	vhodné	velmi vhodné

Kategorie „málo vhodné“ reprezentuje skupinu suchých nádrží s retenčním potenciálem, který s větší pravděpodobností neumožní změnu užívání bez omezení ochranné funkce vodní díla. Protože poměr nezohledňuje transformaci povodňové vlny v čase, může i suchá nádrž s poměrem „Y“ pod 1,0 plnit svou ochrannou funkci dostatečně. Kategorie „málo vhodné“ zahrnuje i suché nádrže s malým retenčním potenciálem (tj. suchá nádrž plní retenční funkci pouze do průtoku N – leté doby opakování nebo zanedbatelně při úvaze transformace povodňové vlny). U těchto SN se nabízí úvaha změny funkce vodního díla, třeba přeměnu na malou vodní nádrž. To může v konečném důsledku znamenat, že i takovou suchou nádrž z kategorie „málo vhodné“ bude účelné posoudit v druhé úrovni multikriteriální analýzy.

Kategorie „vhodné“ reprezentuje skupinu suchých nádrží s retenčním potenciálem, který splňuje předpoklady pro posouzení změny užívání s cílem zajištění trvalého nadržení vody. V taktovém případě se vždy doporučuje uskutečnit detailnější posouzení v rámci druhé úrovně multikriteriální analýzy.

Kategorie „velmi vhodné“ reprezentuje skupinu suchých nádrží s nejvyšším potenciálem pro změnu užívání. S ohledem na retenční objem nádrže kategorie nabízí i potenciál pro vytvoření zásobního prostoru pro další vodohospodářské využití. Potenciál vytvoření trvalého nadržení vody a vytvoření zásobního prostoru je nutné posoudit v rámci druhé úrovně multikriteriální analýzy.



Graf 2: Zastoupení suchých nádrží pro jednotlivé kategorie do první úrovně multikriteriální analýzy.

2.2 DRUHÁ ÚROVEŇ MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZY

Druhá úroveň multikriteriální analýzy slouží k detailnímu posouzení vybrané skupiny hledisek, které je nutno vyhodnotit. Posuzovaná hlediska se dělí na tři skupiny:

1. Bezpečnost a funkce VD

Kategorie posuzuje stávající poměry SN a poměry po navržené změně užívání. Skupina se zabývá například posouzením změny transformačních účinků SN, posouzením stability hráze pro změněné zatěžovací stavy, technickým řešením funkčních objektů vodního díla, apod.

2. Environmentální hlediska

Kategorie se zabývá přínosy a dopady účinku záměru změny užívání na dotčené území. Posouzení environmentálních účinků obsahuje aspekty fyzikální, chemické, biologické a ostatní. Pro posouzení environmentálních účinků je doporučeno zvážit vyhodnocení jednotlivých dílčích hledisek odborně způsobilou osobou.

3. Ekonomická hlediska a majetkoprávní vztahy

Kategorie posuzuje změnu užívání z hlediska ekonomických nákladů spojených se změnou užívání. Skupina se zabývá například náklady na:

- přestavbu funkčních objektů
- průzkumné práce
- majetkoprávní vypořádání
- úpravy prostorů zátopy, atd.

2.3 VYHODOCENÍ METODICKÉHO ŘEŠENÍ, VÝSTUPY PROJEKTU

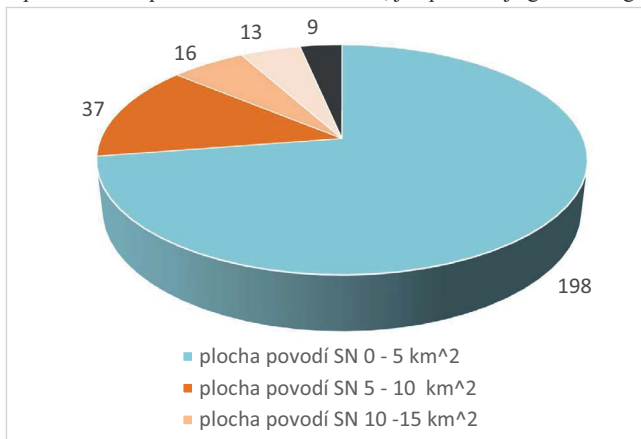
Navržený postup posouzení byl ověřen na 16 pilotních lokalitách. Pilotní SN byly vybrány tak, aby se pokryla co největší škála možných případů, které se mohou při posuzování změny užívání SN vyskytnout. Byl tak řešen i případ, kdy suchá nádrž nebyla po vyhodnocení multikriteriální analýzy doporučena ke změně užívání, i přestože obecně byla vhodná ke změně užívání vytvořením trvalého nadržení při zachování ochranné funkce vodního díla. Realizace změny nebyla doporučena z důvodů zjevně neúměrných ekonomických nákladů. Na druhé straně byl posuzován případ, kdy suchá nádrž v kategorii „málo vhodná“ byla po vyhodnocení MKA označena jako vhodná na změnu užívání přeměnou ze suché nádrže na malou vodní nádrž. Důvodem byla naprosto nevýznamná stávající ochranná funkce suché nádrže

Na základě výsledků dosažených na 16 pilotních lokalitách bylo možné konstatovat, že navržený postup multikriteriální analýzy je vhodný jako obecný nástroj pro posouzení změny užívání suchých nádrží.

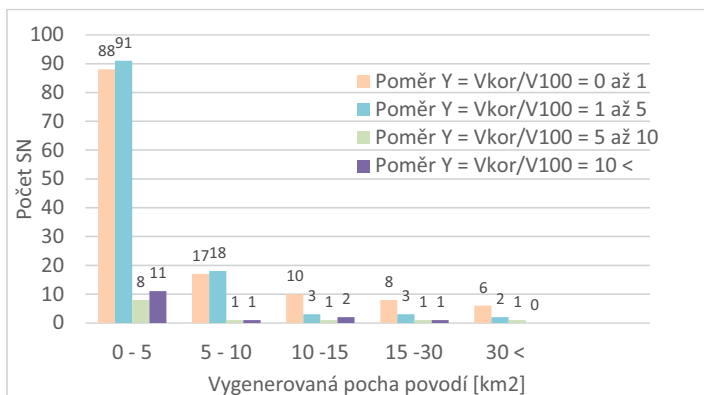
Tento postup byl dokumentován v uceleném metodickém pokynu, který podrobně popisuje celý rozhodovací proces a vyhodnocuje jednotlivá kritéria. Metodický pokyn rovněž obsahuje přílohy ve formě: katalog technických opatření a řešení vybraných pilotních lokalit, kde jsou v rámci vzorového formuláře uvedeny postupy a způsoby řešení.

Z hlediska databáze a evidence byl proveden soupis 455 vodních děl – suchých nádrží. Zastoupení suchých nádrží na území České republiky je nerovnoměrné. Suché nádrže se vyskytují hojně na východě území České republiky, tj. v regionu Moravy, Slezska a východních Čech. Směrem na západ jejich množství klesá. V Karlovarském kraji se vodní díla typu SN vůbec nenacházejí. Zastoupení SN v jednotlivých krajích ukazuje Obrázek 1. Z celkového množství 455 SN se jich nachází na vodním toku 288, přičemž pro multikriteriální analýzu byl z důvodů absence údajů o objemu návrhové povodňové vlny nebo o objemu nádrže ke koruně hráze využit soubor 273 suchých nádrží. Zastoupení suchých nádrží v kategoriích první úrovně multikriteriální analýzy je nevyvážené (viz Graf 2). Nejvíce suchých nádrží náleží do kategorie „málo vhodná“, poté do kategorie „vhodná“ a nejméně do kategorie „velmi vhodná“. Z hlediska

velikosti povodí suché nádrže byly v první úrovni multikriteriální analýzy řešeny spíše suché nádrže zastoupené menším povodím řádově do 5 km², jak poukazuje graf č. 3 a graf č. 4.



Graf 3: Počet suchých nádrží vhodných pro multikriteriální analýzu dle velikosti povodí.



Graf č. 4 zobrazuje zastoupení suchých nádrží v jednotlivých kategoriích s ohledem na velikost povodí k SN a na kategorizaci první úrovně multikriteriální analýzy.

3. ZÁVĚR

Postup posouzení změny užívání suché nádrže lze aplikovat na vodní díla ležící na vodním toku. Neuvažuje se změnou užívání pro suché nádrže bez existence trvalého přítoku vody (což je předpokladem pro vytvoření trvalého nadržení nebo zásobního prostoru). Stejně tak není vhodné uvažovat se změnou suché nádrže chránící osídlené oblasti např. proti soustředěnému odtoku a následkům eroze z přilehlých zemědělských pozemků a průmyslových zón. Multikriteriální analýza pro změnu užívání SN byla navržena ve dvou úrovních. V první úrovni se provádí základní rozdělení z hlediska vhodnosti změny užívání s důrazem na zachování původní protipovodňové funkce vodního díla. V druhé úrovni se provádí detailní posouzení suché nádrže s řešením řady parametrů a hledisek, které mohou významně ovlivnit rozhodovací

proces posouzení změny užívání. Výstupem druhé úrovně multikriteriální analýzy je doporučení nebo nedoporučení ke změně užívání suché nádrže. Prostřednictvím navrženého postupu posouzení změny užívání suché nádrže lze poměrně rychle a spolehlivě posoudit, zda se konkrétní suchá nádrž hodí pro změnu užívání, protože se bere v úvahu více kritérií (např. ekonomické hledisko, bezpečnostní hledisko, environmentální hledisko a jiné).

V rámci projektu se podařilo shromáždit informace o existenci 455 suchých nádrží na území České republiky. Lze očekávat, že další budou v řádech jednotek dokončeny nebo zrealizovány v nejbližších letech.

Vzhledem k probíhajícím klimatickým změnám lze jednoznačně konstatovat, že akumulace vody bude v budoucnu zásadní otázkou v rámci hospodaření s vodou v krajině a boji proti suchu. Z toho vyplývá, že vodní díla musí být schopna zajišťovat nejen ochrannou funkci, ale i akumulaci pro období sucha. Z výsledků v pilotních lokalitách vyplývá, že jen velice málo suchých nádrží bude v případě změny užívání schopno plnit i zásobní funkci (např. vytvořením zásobního prostoru pro zajištění minimálních zůstatkových průtoků). Jejich funkce, v případě změny užívání, bude tedy spíše v zadržení určitého objemu vody v krajině, zlepšení mikroklimatu a v dotaci podzemních vod v místě SN. Nicméně i tyto funkce jsou jako adaptační opatření na snížení dopadů změn klimatu významné.

Změnu SN lze jednoznačně doporučit pod podmínkou zachování bezpečnosti VD při povodích a potřebné ochranné funkce VD. Z hlediska technických opatření se doporučuje již v projekční přípravě VD zvážit možnost budoucí změny SN, což by v důsledku vedlo ke snížení nákladů na technické úpravy při realizaci změny užívání VD. Za optimální pokládáme, aby nově připravované nádrže pro ochranu před povodněmi byla již od samotného počátku koncipována jako víceúčelová.

PODEĚKOVÁNÍ

Řešitelé projektu by touto cestou rádi poděkovali za konstruktivní přístup v průběhu řešení projektu ze strany TAČR, Ministerstvu životního prostředí a Václavovi Davidovi jako expertovi projektu.

LITERATURA

- [1] BALVÍN P.; SMRŽ P.; ŠVANCARA J. a kol. Závěrečná zpráva – Posouzení změny užívání suchých nádrží; VÚV TGM, v.v.i, VD – TBD, a.s., AQUATIS, a.s., MŽP ČR, 2021.
- [2] BALVÍN P.; SMRŽ P.; ŠVANCARA J. a kol. Metodický pokyn ministerstva životního prostředí – Posouzení změny užívání suchých nádrží; VÚV TGM, v.v.i, VD – TBD, a.s., AQUATIS, a.s., MŽP ČR, 2021.

Ing. Pavel Balvín Ph.D.

*Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i. Podbabská 2582/30, 160 00, Praha
pavel.balvin@vuv.cz, 724 215 773*

Ing. Petr Smrž

*Vodní díla TBD a.s., Hybernská 1617/40, Nové Město, 110 00 Praha 1
smrz@vdtbd.cz, 777 769 338*

Ing. Jiří Švancara

*AQUATIS a.s., Botanická 834/56, 602 00 Brno
jiri.svancara@aquatis.cz, 728 140 727*

PREVENCE PŘED POVODNĚMI - ÚČINNOST PPO.

M. Beržinský

Povodí Ohře, státní podnik, Chomutov, Česká republika

ABSTRAKT: Po výskytu katastrofálních povodní v letech 1997 na Moravě a ve Východních Čechách a v r. 1998 ve Východních Čechách, kdy došlo k výrazným škodám na lidských životech i majetku ve vlastnictví státu i právnických a fyzických osob, přistoupila vláda České republiky k vypracování Strategie prevence před velkými vodami. Vybudovaná, popřípadě t.č. dokončovaná protipovodňová opatření (dále jen PPO), byly zaměřeny do technických návrhů zajišťujících zvýšení protipovodňové ochrany území podél toků, posouzení retenčního účinku vybudovaných vodních děl, neškodné odvedení povodňových vod a zkapacitnění průtočných profilů koryt s návrhem na odstranění překážek bránících transformaci povodňové vlny. Návrhy protipovodňových opatření v území, které spravuje Povodí Ohře, státní podnik, vycházeli ze známých ohrožených území a z návrhů protipovodňových opatření, která navrhli jednotliví členové Povodňové komise uceleného povodí Ohře. Pro zabezpečení PPO byly využívány různé finanční zdroje, jako jsou vlastní prostředky, dotace ze státního rozpočtu i finanční prostředky z fondů EU. Program PPO byl spuštěn v reakci na ničivou povodeň v roce 1997 a to zahájením první programové etapy v roce 2002. Ministerstvem zemědělství je poskytována podpora na protipovodňové funkce vodních nádrží a zvýšení jejich bezpečnosti a podpora staveb na ochranu před povodněmi.

I. ETAPA PPO

PROGRAM 229 060 - "PREVENCE PŘED POVODNĚMI (I. ETAPA)", ROKY 2002-2007"

I. etapa programu byla zaměřena na povodí zasažená povodněmi do roku 2000. Hlavním cílem opatření I. etapy bylo zvýšení možností akumulace a retence výstavbou a obnovou poldrů a hrází k vymezení neškodného rozlivu v údolních nivách a podpora zachycení a bezpečného převedení velkých povodňových průtoků zvyšováním kapacity koryt vodních toků v kritických úsecích, včetně úpravy koryt bystřin a exponovaných drobných vodních toků.

Protipovodňová opatření se dotýkali jak ochrany zemědělské půdy a ohrožených pozemků v extravilánech obcí a měst, tak zejména intravilánech obcí a měst se snahou snížit riziko ohrožení životů a majetku občanů v případě povodní.

Návrhové průtoky byly pro každou individuální akci posuzovány a navrhovány zvlášť, přednostně se řešilo zájmové území s vyšší pravděpodobností povodňových situací s ohledem na hydrologické poměry. Při úpravách koryt docházelo ke zvýšení kapacity toku, jež však bylo na druhé straně omezeno místními podmínkami, technickými možnostmi provádění úpravy nebo ekonomickými a ekologickými hledisky.

V některých případech se ochrany území dosáhlo kombinací úpravy toku s ochranným účinkem vodní nádrže.

Přesto je nutno konstatovat, že prakticky nikde není dosaženo absolutní ochrany inundačního území a většinou není míra ochrany ani přiměřená jeho společensky ekonomickému významu. Spolehlivá funkce provedených opatření na ochranu před povodněmi, zejména pokud jsou kombinovaná s ochranným účinkem nádrží, je velmi citlivá na výběr a aplikaci hydrologických podkladů ve fázi návrhu a správnou reakci a okamžitou meteorologickou a hydrologickou situaci ve fázi provozu.

V rámci I. etapy programu 229 060 Povodí Ohře, státní podnik realizoval:

- 11 akcí stavebního charakteru
- 54 akcí studijního charakteru

Celkový finanční objem akcí činil 185,100 mil. Kč bez DPH.

Nejvýznamnější stavební akce Podprogramu 229 062 – Výstavba a obnova poldrů, nádrží a hrází byla:

- **Rekonstrukce bezpečnostního přelivu VD Nechanice.**

Dosažený retenční objem v nádržném prostoru VD Nechanice je docílen v hodnotě 3,5 – 5,8 mil. m³ v závislosti od hladiny a za předpokladu včasného předvypuštění nádrže.

Ukazatel programu stanovoval minimální objem retenčního prostoru 2,5 mil.m³.

(počet ochráněných obyvatel – 22 000, eliminace rizika možných povodňových škod – 15 700 mil. Kč)

Žadatel PPO: Povodí Ohře, státní podnik

Zhotovitel: „Phare Ohře - Consorcium Skanska CZ, Skanska International“
Projektant: Dragon s.r.o., Aquatis a.s.

Vynaložené náklady celkem: 51,089 mil. Kč bez DPH. Z toho:

Dotace ze státního rozpočtu z programu MZe 229 060: 21,475 mil. Kč bez DPH.

Dotace z programu CBC PHARE 2000: 24,672 mil. Kč bez DPH.

Vlastní zdroje: 4,942 mil. Kč bez DPH.

II. ETAPA PPO

PROGRAM 129 120 - "PODPORA PREVENCE PŘED POVODNĚMI II.", ROKY 2007-2014"

II. etapa PPO navazovala a vycházela z výsledků z I. etapy programu PPO.

Hlavním cílem II. etapy programu bylo další snižování úrovně ohrožení a povodňových rizik v záplavových oblastech vodních toků.

Principem programu Podpora prevence před povodněmi II. byla především realizace účinných a rovněž ekonomicky efektivních protipovodňových opatření.

Investiční akce navržené k financování v rámci II. etapy byly technickými akcemi, které měly výrazně systémový charakter a které zapracovali výsledky studií záplavových studií a studií odtokových poměrů do nových koncepcí a projektových řešení připravených k realizaci v II. etapě programu.

II. etapa programu Prevence před povodněmi byla rozčleněna do podprogramů:

129 122 „Podpora protipovodňových opatření s retencí“,

129 123 „Podpora protipovodňových opatření podél vodních toků“,

129 124 „Podpora zvyšování bezpečnosti vodních děl“,

129 125 „Podpora vymezení záplavových území a studií odtokových poměrů“.

Technická opatření sledovali především zabezpečení zvýšení protipovodňové ochrany a bezpečnosti hrází stávajících vodních děl a komplexní úpravy toků s nevyhovujícím stupněm ochrany před povodněmi, jejich regulaci a zkapacitnění.

Ve II. etapě programu PPO se prvně zavedl nový pojem „Navrhovatel“.

Při administraci žádostí se začal rozlišovat „Navrhovatel“ PPO a „Žadatel“ PPO (v programu = „investor“).

„Navrhovatelem“ může být správce vodního toku, ale též subjekt chráněný navrhovaným opatřením (obec, město, sdružení obcí) nebo kraj.

„Žadatelem“ je vždy správce vodního toku, který bude investorem akce.

V rámci II. etapy programu 129 120 Povodí Ohře, státní podnik realizoval:

- I. jako přímý investor PPO:
 - 12 akcí stavebního charakteru
 - 29 akcí studijního charakteru
 - 2 akce PD DSP a inženýring pro budoucí realizaci akcí Navrhovatelů
- II. jako pověřený investor akcí navržených chráněnými subjekty – „Navrhovatel“ PPO:
 - 4 akce stavebního charakteru

Celkový finanční objem akcí činil 415,917 mil. Kč bez DPH.

Nejvýznamnější stavební akce Podprogramu 129 123 - Podpora protipovodňových opatření podél vodních toků byly:

• **Protipovodňová opatření města Terezín**

Stavba zajišťuje protipovodňovou ochranu centrální části města Terezín (tzv. Velké pevnosti) do návrhové úrovně povodně ze srpna 2002 + 40 cm převýšení – tj. na kótu 151,62 m n. m. a ochranu východní části města (tzv. retranchementu) do návrhového průtoku Q_{50} (v Labi i Ohři) + 40 cm převýšení – tj. na kótu 150,50 m n. m.

(počet ochráněných obyvatel – 2 500, eliminace rizika možných povodňových škod – 350 mil. Kč)

Navrhovatel PPO: Město Terezín

Žadatel PPO: Povodí Ohře, státní podnik

Zhotovitel: „Sdružení pro zakázku PPO města Terezín“ PORR, a. s., Praha (vedoucí účastník sdružení), GEOSAN GROUP, a. s., NAVIMOR - INVEST S.A. organizační složka.

Projektant: Sdružení „Hydroprojekt CZ, a. s. a AZ Consult, s r. o.“

Vynaložené náklady celkem: 139,535 mil. Kč bez DPH. Z toho:

Dotace ze státního rozpočtu z programu MZe 229 120: 135,721 mil. Kč bez DPH.

- **Bohušovice nad Ohří -protipovodňová opatření**

Stavba zajišťuje protipovodňovou ochranu města Bohušovice nad Ohří do úrovně nejvyšší známé povodně na Labi z roku 2002, jejíž rozliv odpovídá přibližně povodni na Ohří s kulminací $Q_{50}+0,5\text{m}$ rezervy, resp. $Q_{100}+0,2\text{m}$. Návrhová míra ochrany byla zvolena na úrovni 151,80 m n. m.

(počet ochráněných obyvatel – 1 700, eliminace rizika možných povodňových škod – 200 mil. Kč)



Navrhovatel PPO: Město Bohušovice nad Ohří

Žadatel PPO: Povodí Ohře, státní podnik, Chomutov

Zhotovitel: Porr, a. s., Praha

Projektant: AZ Consult, s.r.o. Ústí nad Labem.

Vynaložené náklady celkem: 62,857 mil. Kč bez DPH. Z toho:

Dotace ze státního rozpočtu z programu MZe 229 120: 62,857 mil. Kč bez DPH.

III. ETAPA PPO

PROGRAM 129 260 - "PODPORA PREVENCE PŘED POVODNĚMI III.", ROKY 2014-2022"

Cílem třetí etapy je realizace technických protipovodňových opatření v letech 2014 - 2022 a to především efektivních preventivních protipovodňových opatření v záplavových územích. V programu jsou upřednostňována opatření směřující ke zvýšení retence, tedy realizace řízených rozlivů povodní, budování poldrů a vodních nádrží s retenčními prostory. Zejména jsou podporována chybějící opatření v oblastech s potenciálně významným povodňovým rizikem vymezených podle tzv. povodňové směrnice 2007/60/ES. Pokud jsou v rámci programu 129 260 navrhována opatření snižující objem záplavového území, musí být současně

navržena opatření zaměřená na zřizování retenčních prostorů, jimiž je snížení objemu inundací kompenzováno.

Program 129 260 je rozdělen na čtyři podprogramy:

- 129 262 „Podpora projektové dokumentace pro územní řízení“,
- 129 263 „Podpora projektové dokumentace pro stavební řízení“,
- 129 264 „Podpora protipovodňových opatření s retencí“,
- 129 265 „Podpora protipovodňových opatření podél vodních toků“.

V rámci III. etapy programu 129 260 Povodí Ohře, státní podnik realizoval:

- 7 akcí stavebního charakteru
- 2 akce PD DUR
- 1 akci PD DSP a PD DPS

Celkový finanční objem akcí činil 145,980 mil. Kč bez DPH.

Nejvýznamnější stavební akce Podprogramu 129 264 - Podpora protipovodňových opatření s retencí byla:

- **VD Nechanice - rekonstrukce krajních polí bezpečnostního přelivu – levé pole**

Cílem akce je zvýšení míry ochrany před povodněmi. Po realizaci akce dochází k eliminaci nebezpečí mimořádné manipulace při povodních PV100 a větších, spojených s náhlým vyhrazením stávajících hydrostatických uzávěrů.

Akce má příznivý vliv na dvě oblasti s významným povodňovým rizikem (OHL_01_01, OHL_02_01) a je v souladu s plány pro zvládání povodňových rizik. Opatření je součástí stávajícího Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe pro období 2015–2021.



Žadatel PPO: Povodí Ohře, státní podnik, Chomutov

Zhotovitel: „Společnost VD Nechanice“

SMP CZ, a. s., EU-Group a.s., LABSKÁ strojní a stavební společnost, Montážní a výrobní sdružení, spol. s r.o.

Projektant: České vysoké učení technické v Praze, Sweco Hydroprojekt, a.s.

Vynaložené náklady celkem: 97,176 mil. Kč bez DPH. Z toho:

Dotace ze státního rozpočtu z programu MZe 129 260: 42,507 mil. Kč bez DPH.

Vlastní zdroje: 54,669 mil. Kč bez DPH.

IV. ETAPA PPO

PROGRAM 129 360 - "PODPORA PREVENCE PŘED POVODNĚMI IV.", ROKY 2019-2024"

Dotační program 129 360 „Podpora prevence před povodněmi IV“ (2019 - 2024) navazuje na úspěšně předchozí etapy realizované již od roku 2002.

Cílem čtvrté etapy je zvýšení míry ochrany před povodněmi především v oblastech s významným povodňovým rizikem dle směrnice 2007/60/ES realizací technických protipovodňových opatření s prioritou opatření, která jsou identifikována v plánech pro zvládání povodňových rizik. Budou upřednostňována efektivní technická opatření vytvářející akumulační a retenční prostory (tj. zřizování, úprava a rekonstrukce poldrů včetně realizace dalších doprovodných opatření jako jsou např. zasakovací průlehy atp., zřizování a rekonstrukce vodních nádrží s vyčleněnými retenčními prostory a řízené rozlivy povodní) a dále výstavba opatření podél vodních toků v intravilánu. Bude přihlíženo k systémovému řešení protipovodňové ochrany v rámci povodí.

Program 129 360 je rozdělen na čtyři podprogramy:

129 363 „Podpora projektové dokumentace“,

129 364 „Podpora protipovodňových opatření s retencí“,

129 365 „Podpora protipovodňových opatření podél vodních toků“,

129 366 „Podpora přípravy a realizace vyvolaných investic a staveb související s výstavbou vodního díla Nové Heřminovy, kde žadatelem o poskytnutí dotace je pouze státní Podnik Povodí Odry.

V rámci IV. etapy programu 129 120 je v operativní evidenci Povodí Ohře, státní podnik:

- 6 akcí stavebního charakteru
- 4 akce charakteru projektových dokumentací
- 1 akce charakteru předprojektové přípravy.

Celkový finanční objem akcí se předpokládá ve výši 383,053 mil. Kč bez DPH.

Nejvýznamnější stavební akce Podprogramu 129 364 - Podpora protipovodňových opatření s retencí je:

• VD Nechanice - rekonstrukce krajních polí bezpečnostního přelivu - pravé pole

Účelem stavby je rekonstrukce pravého krajního pole bezpečnostního přelivu VD Nechanice tak, aby došlo ke zvýšení bezpečnosti VD a navýšení ovladatelného retenčního prostoru nádrže. V rámci stavby bude stávající nevyhovující spustný segment, hydrostaticky ovládaný uzávěr, nahrazen novou klapkovou, hradící konstrukcí umožňující plynulou manipulaci za všech vodních stavů vody v nádrži. Akce bude mezi opatřeními ve zpracovávaném Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe pro období

2021–2027.

Žadatel PPO: Povodí Ohře, státní podnik, Chomutov

Zhotovitel: Sdružení „Společnost VD Nechanice“

SMP CZ, a.s., Strojírny Podzimek s.r.o.

Projektant: Sweco Hydroprojekt, a.s.

Náklady stavby po ukončeném zadávacím řízení: 121,650 mil. Kč bez DPH. Z toho:

Dotace ze státního rozpočtu z programu MZe 129 360: 83,220 mil. Kč bez DPH.

Vlastní zdroje: 38,430 mil. Kč bez DPH.

Nejvýznamnější akce Podprogramu 129 363 - Podpora projektové dokumentace je:

• VD Kryry - předprojektová příprava

Předmětem akce, jako součástí opatření komplexního řešení sucha na Rakovnicku, je zajištění předprojektové přípravy budoucího vodního díla Kryry. Jedná se o návrh technického řešení a zajištění potřebných podkladů, t.j studie, posudky, hydrotechnický návrh konstrukcí, matematický model navrhovaných objektů, specifikaci požadavků na další průzkumy a další související činnosti, včetně geodetického zaměření a základního inženýrskogeologického průzkumu a projektového managementu přípravy.

Žadatel PPO: Povodí Ohře, státní podnik, Chomutov

Zhotovitel:

Část - Generální projektant: AQUATIS a.s., náklady: 50,757 mil. Kč bez DPH.

Část - Oponent: Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., náklady: 6,874 mil. Kč bez DPH.

Dotace ze státního rozpočtu z programu MZe 129 360: 54,750 Kč bez DPH.

Vlastní zdroje: 2,883 mil. Kč bez DPH.

Obě výše uvedené akce jsou navrženy do Národního plánu obnovy na období 2021-2026 financovaným ze zdrojů Evropské unie – NEXTGENERATIONEU.

V. ETAPA PPO

PROGRAM 129 460 - "PODPORA PREVENCE PŘED POVODNĚMI V.", ROKY 2025-2029"

Dotační program „Prevence před povodněmi V“ předpokládáme, že bude opětovně zaměřen na realizaci opatření zajišťujících systémovou ochranu před povodněmi městům a obcím z

finančních prostředků státního rozpočtu České republiky. Jedná se zejména o výstavbu suchých nádrží (poldrů), úpravy na stávajících vodních dílech a opatření podél vodních toků v intravilánech.

V rámci V. etapy programu PPO je v operativní evidenci Povodí Ohře, státní podnik:

- 8 akcí stavebního charakteru
- 5 akcí charakteru projektových dokumentací

Celkový finanční objem akcí se předpokládá ve výši 1 146,410 mil. Kč.

Nejvýznamnější akce Podprogramu 129 464 - Podpora protipovodňových opatření s retencí jsou:

• **Protipovodňová opatření v povodí Vilémovského potoka – Sebnitz**

Projektová příprava a realizace výstavby 8 suchých nádrží na tocích Velkošenovský, Vilémovský, Liščí a Luční pro zajištění zvýšení ochrany sídel v povodí Vilémovského potoka/Sebnitz.

Předpokládané náklady celkem: 427,200 mil. Kč bez DPH.

Z toho dotace ze státního rozpočtu z programu MZe 129 460: 405,840 mil. Kč bez DPH.

• **Suché nádrže Šporka a Dubnice**

Realizace výstavby 2 suchých nádrží na tocích Šporka a Ještědský potok pro zajištění ochrany Horní a Dolní Libchavy, České Lípy, Stráže pod Ralskem, Mimoně, Borečku a dalších obcí před povodněmi.

Předpokládané náklady celkem: 512,610 mil. Kč bez DPH.

Z toho dotace ze státního rozpočtu z programu MZe 129 460: 486,980 mil. Kč bez DPH.

ZÁVĚR

Všechny akce PPO, které byly dokončeny, nebo jsou dokončovány, byly procesovány v souladu s vydanými rozhodnutími Ministerstva zemědělství, odboru programového financování ve vodním hospodářství. Dokončené akce jsou řádně předány do užívání provozovateli, správci vodního díla. Byly dosaženy hodnoty závazných technicko – ekonomických a finančních parametrů programu. Součástí vyhodnocení bylo provedeno srovnání jednotlivých hodnot stanovených jako cílové při zahájení programu pro jednotlivé akce a hodnot skutečně dosažených během celé doby realizace.

Dokončená PPO jsou plně funkční, v mnoha případech byly po uvedení do provozu ověřeny dosaženým povodňovým průtokem.

Vybudovaná PPO mají dlouhodobou životnost. Exaktní vyjádření návratnosti je velmi obtížné, avšak jen v oblasti protipovodňové ochrany přínos vysoko překročil vložené náklady již po prvním výskytu povodně.

Ing. Miroslav Beržinský

Povodí Ohře, státní podnik, odbor obchodní přípravy investic, Chomutov

+420 474 636 273, e-mail: berzinsky@poh.cz

MVN VESELÁ – ZVÝŠENÍ RETENCE, ZABEZPEČENÍ DÍLA PŘED ÚČINKY VELKÝCH VOD

D. Göttler

Povodí Vltavy, státní podnik, Česká republika

1. ÚVOD

Cílem článku je seznámit s problematikou přípravy a průběhem vlastní realizace výše uvedené stavby. Realizace stavebního záměru probíhala od října 2018 do března 2020. V současné době je již stavba dokončena, zkolaudovaná a předána do užívání provozovateli.

Investorem a navrhovatelem akce byl státní podnik Povodí Vltavy, kompletní projektovou činnost, včetně výkonu autorského dozoru při realizaci stavby zajišťovala firma HG partner s.r.o. Na základě zadávacího řízení pro předmětnou veřejnou zakázku byl vybrán a následně zasmulvněn zhotovitel, kterým byl subjekt „Sdružení MVN Veselá–STAVMONTA–SMP CZ“. Celkové stavební náklady byly 25,8 mil. Kč. Financování stavby bylo částečně zajištěno ze státního rozpočtu, konkrétně z dotačního programu MZE 129 292 – Podpora opatření na drobných vodních tocích a malých vodních nádržích.

2. CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Vodní nádrž Veselá je situována jihozápadně od obce Hrádek v k.ú. Mirošov v Plzeňském kraji na bezejmenném pravostanném přítoku Pekelského potoka, který se cca o 2,5 km níže vlévá do významného vodního toku Klabava v obci Kamenný Újezd. Stavba se nachází v prostoru lokálního biokoridoru – Bezejmenný potok a dále v přírodním parku Kamínky – kód 421, ID 66.

3. PŮVODNÍ STAV

MVN Veselá byla převedena do majetku státního podniku Povodí Vltavy po transformaci bývalé Zemědělské vodohospodářské správy. Vodní nádrž Veselá byla postavena v roce 1985. Nádrž je řešena jako průtočná. Vzduovací objekt tvoří zemní sypaná hráz. Celková délka hráze je cca 95 m. Koruna a vzdušní svah byl porostlý travní vegetací, návodní svah byl opevněn betonovými panely, v horní části až do úrovně koruny polovegetačními tvárnici. Uprostřed hráze byl umístěn korunový bezpečnostní přeliv a výpustný objekt – železobetonový požerák s vyústěním spodní výpustě za skluzem bezpečnostního přelivu. Přelivnou hranu tvořil betonový práh o šířce 0,3 m a délce 6,1 m. V úrovni koruny hráze byl betonový odpad od přelivu přemostěn betonovou lávkou, dno opevněno polovegetačními tvárnici, na propustek navazoval skluz s rozražeči z polovegetačních tvárcí. Konec skluzu byl ve dně opevněn kamennou dlažbou do betonu zakončenou betonovým prahem.

4. ÚČEL STAVBY

Předmětem nového stavebního záměru byly potřebné úpravy hráze, zátopy a funkčních objektů MVN Veselá za účelem zajištění bezpečnosti vodního díla a zvýšení retenční schopnosti nádrže. Realizaci záměru došlo k navýšení retenčního objemu nádrže (min. o 15 % z celkového objemu) a zabezpečení vodního díla při povodních na požadovanou míru bezpečnosti. Provedenými opatřeními je dále minimalizován vznik zvláštní povodně typu 1 – porušení vzduovacího prvku. V území pod nádrží je tak možné zmírnit škody na majetku a infrastruktuře v obcích Hrádek a Kamenný Újezd. Návrh úprav vycházel ze závěrů „Posudku bezpečnosti vodního díla při povodni“ vypracovaného společností VODNÍ DÍLA – TBD a.s. v říjnu 2014,

který konstatoval nevyhovující stav, dále ze zjištění a doporučení vycházejících ze Studie proveditelnosti (VODNÍ DÍLA – TBD a.s. 04/2015), z dokumentace "MVN Veselá - návrh zvýšení retence a zabezpečení díla před účinky velkých vod" (HG partner s.r.o. 10/2015) a rovněž hydrotechnického posudku transformačních možností "MVN Veselá - návrh zvýšení retence a zabezpečení díla před účinky velkých vod" (HG partner s.r.o. 02/2016). Dále následovalo zadání a zpracování dokumentace pro územní řízení, stavební povolení a dokumentace pro provádění stavby.



Obrázek 1: Původní stav nádrže po vypuštění.

5. ZÁSADY TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Původní koronový bezpečnostní přeliv se skluzem a výpustný objekt (požerák) jsou nahrazeny novým ŽB sruženým objektem. Sružený objekt se skládá z armaturní věžové šachty k ovládání spodní výpusti DN 300 a bezpečnostního přelivu – dvě naproti sobě situované přelivné hrany na převedení Q_{100} . Ve stěně přelivu je instalován stavidlový uzávěr, čímž došlo ke zvětšení ovladatelného retenčního objemu nádrže a snížení provozní hladiny. V době povodňových stavů dojde ke zvýšení akumulace vody navýšením retenčního prostoru nádrže, a tím k minimalizování vzniku zvláštní povodně a povodňových škod.

Součástí akce bylo dále urovnání koruny hráze, nové opevnění části návodního svahu, odtěžení sedimentů ze dna nádrže a biologická rekultivace břehů a dna nádrže odhalené snížením provozní hladiny. Předmětem stavby je také vybudování nového patního drénu, včetně urovnání vzdušného líce hráze. Při návrhu technického řešení bylo také dbáno na použití přírodních či stávajících materiálů, které svým vzhledem narušují původní stav. Nové konstrukce jsou navrženy s ohledem na zvýšení bezpečnosti vodního díla a jeho obsluhy. Řešení stavby vycházelo ze stávajícího uspořádání objektů a situování stávajících pozemků, resp. jejich hranic. Funkční objekty i přes svoji celkovou rekonstrukci nejsou situovány výrazně mimo pozice původních objektů.

6. STAVEBNĚ – KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Součástí díla bylo 6 stavebních objektů:

- SO 01 – Úprava opevnění návodního svahu
- SO 02 – Úprava koruny hráze
- SO 03 – Sružený objekt
- SO 04 – Odstranění sedimentu
- SO 05 – Úprava vnitřního prostoru zátopy
- SO 06 – Doplňující úpravy

6.1 SO 01 – ÚPRAVA OPEVNĚNÍ NÁVODNÍHO SVAHU

Na návodním svahu hráze byla odstraněna náletová vegetace, pás opevnění z polovegetačních tvárníc a část prefabrikovaných panelů byla zdemontována. Nové opevnění je provedeno z kamenného záhozu s urovnáním líce. Velikost zrna lomového kamene je 250 – 300 mm. Tloušťka záhozu je 0,75 m, směrem ke koruně hráze přechází v tloušťku 0,4 m. Konstrukce kamenného záhozu je ve styku s násypem hráze opatřena jednak hexagonálním pogumovaným pletivem (z důvodu zamezení poničení tělesa hráze působením bobra) a také geotextilií (zamezení vyplavování a rozplavování jemných zemních částic tělesa hráze pod konstrukcí záhozu).

6.2 SO 02 – ÚPRAVA KORUNY HRÁZE

V koruně hráze došlo v délce cca 100 m k mechanickému odstranění prokořeněné vrstvy humusu, dále k vyrovnaní nivelety koruny hráze zemním přísypem na kótu 421,44 m n. m. (v ose hráze) a osetí vhodnou travní směsí. Koruna hráze o min. šířce 3,5 m je směrem k návodnímu líci příčně vypádována ve sklonu cca 2 %.

6.3 SO 03 – SDRUŽENÝ OBJEKT

Původní objekty spodní výpusti a bezpečnostního přelivu se skluzem byly vybourány. Na základě předešlých studií a jednání byla zvolena koncepce sruženého objektu s jedním výpustným potrubím DN 300, věžovým objektem k ovládání výpusti a bezpečnostním přelivem ze dvou naproti sobě situovaných přelivných hran navržených na převedení Q_{100} . Ve stěně přelivu je osazen provozní stavidlový uzávěr 1,0 x 1,9 m. Dosedací práh uzávěru je situován na kótě 418 m n. m., tj. na kótě (minimální) provozní hladiny. Ovládání stavidla je zajištěno z plošiny u vstupu do věžového objektu spodních výpustí. Před stavidlovým uzávěrem jsou ve stěně bezpečnostního přelivu osazeny drážky provizorního hrazení. Spadiště slouží pro tlumení kinetické energie proudu vody jak ze spodní výpusti, tak ze stavidlového uzávěru. Zejména pak bude tlumit kinetickou energii proudu vody přepadající přes přelivné hrany bezpečnostního přelivu. Navazující odpadní koryto šířky 2,0 m je obdélníkového průřezu s vývarem.

Tělo sruženého objektu, (věže, bezpečnostní přeliv, spadiště, odpadní koryto) je z betonu C30/37 XC4, XF3, XA1 s vázanou ocelovou výztuží. Celkem bylo pro výstavbu konstrukce bezpečnostního přelivu použito 670 m³ betonové směsi.

Sružený objekt je osazen funkčním vybavením. Jedná se zejména o stavidlový teleskopický deskový uzávěr (dvě na sebe těsnící tabule) s ovládaním a převodovkou, armaturami a tvarovkami potrubí spodní výpusti. Přístup do armaturní šachty a do odpadního koryta je zajištěn ocelovými žebříky. Nutnou součástí sruženého objektu je lávka spojující korunu hráze s věžovým objektem (světlá délka lávky 7,4 m, šířka 1,2 m). Lokace, kde se vyskytuje terénní nebo konstrukční výškový odskok větší než 1,2 m, jsou opatřeny pozinkovaným zábradlím výšky 1,1 m. Jedná se o zábradlí na koruně zdi odpadního koryta, na mostku a lávce k věžovému objektu a na věži spodních výpustí. Celková délka zábradlí je cca 70 m.

Spodní výpust – litinové potrubí DN 300 je umístěno cca 0,8 m nad úrovní dna nádrže v patě hráze. Věž spodní výpustě má vnější půdorysné rozměry 2,4 x 2,16 m. Věž je vystrojena dvěma uzávěry – šoupata LT DN 300 na výpustném potrubí, ovládání je manuální. Prostupy potrubí přes stěny věže jsou utěsněny bobtnajícím páskem.

Vtok do spodní výpusti je opatřen usměrňovacími vtokovými zídkami sahajícími až k patě svahu a pilíři, mezi které je možno umístit provizorní hrazení (drážka a dosedací práh). Dále je mezi pilíři před vtokovým otvorem osazen rám s česlem, který slouží k zachycení, či odklonění velkých plavenin a k zamezení zahlcení nátoky do spodní výpusti. Odvodnění věže je řešeno jímkou v podlaze s prostupem stěnou do spadiště s osazenou zpětnou klapkou.

Délka přelivné hrany je dle návrhu 9,4 m. Přelivná hrana šířky 0,5 m je zaoblena. Bezpečnostní přeliv převede průtok min. $Q_{100} = 10,8 \text{ m}^3/\text{s}$ při výšce přepadového paprsku cca 0,65 m. Stěny

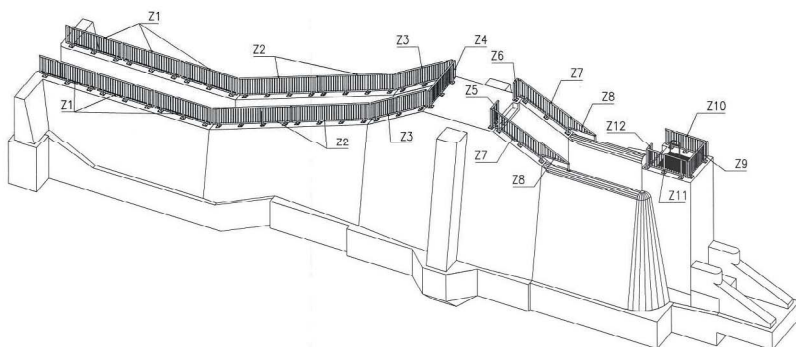
spadiště a stěny odpadního koryta jsou šířky v koruně 0,5 m, kvůli kvalitnímu dohutnění těsnící zeminy k objektu provedeny ve sklonu 6:1. Tloušťka stěn se tak směrem ke spáře mezi základem a dříkem zvětšuje místy až na cca 1,6 m.

Odpadní koryto je obdélníkového průřezu o délce 25,25 m a světlé šířky 2,0 m. Dno koryta je vytvarováno do střelky s dostředným sklonem 1:5. Deska tvořící dno koryta je min. 1,4 m silná. Celkem bylo na základovou desku spotřebováno 300 m³ betonové směsi C30/37.

Stěny odpadního koryta jsou proměnné výšky od 2,5 m do 7,2 m. V odpadním korytě je umístěn vývar délky 6,0 m a hloubky 1,2 m. V místě prostupu osou hráze je v základové spáře pro zamezení průsaků provedena ostruha hloubky 1,0 m a šířky ve dně min. 1,0 m. V ose hráze jsou dále na rubu stěn provedeny zavazovací žebra o min. délce 1,0 m a tloušťce 0,5 m. Zavazovací žebra jsou provedena na celou výšku konstrukce sruženého objektu. Betonové konstrukce na styku se se zeminou jsou chráněny nátěrem v podobě hydroizolace.

SO 03 - SDRUŽENÝ OBJEKT

VÝROBNÍ DOKUMENTACE
- SCHEMA ZÁBRADLÍ



Obrázek 2: Sružený objekt – část výrobní dokumentace.

6.3.1 Zajištění stavební jámy

Práce na monolitické konstrukci sruženého objektu probíhaly ve stavební jámě v podobě otevřeného výkopu (příčný překop hráze) lichoběžníkového profilu o šířce základny cca 9,3 m a šířce základny v koruně hráze cca 35,5 m. Pata výkopu (stavební jáma) byla dočasně stabilizována kamenným záhozem o hmotnosti jednotlivých kamenů min. 200 kg, a to z důvodu zajištění stavební jámy pro eventuelní převedení povodňového průtoku Q₁₀₀. Materiál stabilizační paty a tělesa hráze byl oddělen separační geotextilií.

Převedení vody – tj. minimální a běžné průtoky byly převedeny pomocí utěsněných hrázek a ocelového potrubí DN 1000, umístěným u paty stavební jámy a s vyústěním do stávajícího koryta vodního toku pod předmětnou stavbou.



Obrázek 3: Realizace sruženého objektu v otevřené jámě (příčný překop hráze).

6.4 SO 04 – ODSTRANĚNÍ SEDIMENTU

Ze dna nádrže byla odstraněna vrstva sedimentu o proměnné mocnosti, tj. v místě návodní paty hráze o mocnosti až 0,95 m, směrem k nátoku do nádrže a k břehům byla tato vrstva postupně tenčí. Nová niveleta dna byla vyspádována směrem k ose nádrže, kde probíhá matečná strouha. V rámci přípravy stavby byla nádrž vypuštěna již na konci roku 2017. U sedimentu tedy došlo k částečnému odvodnění.

Celkem bylo odtěženo 4 620 m³ sedimentu. Sediment byl likvidován na základě aktualizovaných rozborů a souhlasu příslušného orgánu ochrany zemědělského půdního fondu na zemědělskou půdu v daném území.

6.5 SO 05 – ÚPRAVA VNITŘNÍHO PROSTORU ZÁTOPY

V rámci stavebního objektu došlo k biologické rekultivaci ploch břehů a dna nádrže odhalené snížením provozní hladiny. Tyto plochy byly zbaveny suchých dřevin a pařezů a nakypřeny rotavátorem v tl. cca 10 - 15 cm. Plochy byly dále urovnány a osety travino-bylinnou směsí. Rychlé zapojení travního porostu, zdravého a prosperujícího, bylo důležité z důvodu zamezení eroze zeminy v prostoru zátopy a minimalizace vlivu rudérálních druhů. V horní části nádrže - u vstupu do nádrže byla provedena obnova koryta nádrže/matečné strouhy.

6.6 SO 06 – DOPLŇUJÍCÍ ÚPRAVY

Předmětem stavebního objektu bylo opevnění koryta za vývarem kamenným záhozem, tj. opevnění dokladiňovací části za vývarem a část stávajícího koryta v celkové délce cca 21 m za sruženým objektem. Součástí stavebního objektu bylo dále vyčištění odvodňovacího příkopu situovaného podél vzdušní paty v levé části hráze, včetně odstranění náletové vegetace a výstavba nového patního drénu DN 150 v délce 50 m (odvodnění vzdušní party hráze). Vyústění patního drénu je provedeno v pravé stěně vývaru. V trase drenážního potrubí jsou umístěny dvě kontrolní šachty DN 315. Doplnující úpravou bylo i zřízení dvou dočasných provizorních sjezdů - jednak do zátopy nádrže a také sjezd do podhrází z místa pravého zavázání hráze.



Obrázek 4: Dokončená stavba – napouštění nádrže.

7. ZÁVĚR

Realizací stavebního záměru došlo ke zvýšení bezpečnostně-technických parametrů vodního díla MVN Veselá, jejího funkčního a zároveň i estetického významu tohoto prvku v krajině.

David Göttler

Povodí Vltavy, státní podnik (závod Berounka)

david.gottler@pvl.cz

VD KLABAVA – ZVÝŠENÍ RETENCE A ZABEZPEČENÍ VD PŘED ÚČINKY VELKÝCH VOD

O. Hrazdira

Povodí Vltavy, státní podnik, sekce technická, Praha, Česká republika

ABSTRAKT: Příspěvek představuje realizaci zabezpečení VD Klabavy před povodněmi nutného dle normy ČSN (dříve TNV) 75 2935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodni. Kontrolní povodňová vlna $Q_{1000} = 459 \text{ m}^3/\text{s}$ a $WPV_{1000} = 41,7 \text{ mil. m}^3$, mezní bezpečná hladina s úrovní 1,21 m pod maximální kontrolní hladinou. Ohrožení stability přelítím zemní sypané hráze. Zvýšení retenčního účinku nádrže doplněním původního pevného bezpečnostního přelivu o dva zdvižné segmenty a tím zvětšení retenčního účinku o 155 %. Součástí stavby je zkapacitnění bezpečnostního přelivu jeho rozšířením, výstavba nového vlnolamu na koruně hráze, realizace segmentových uzávěrů vč. ovládání. V době zpracování abstraktu stavba dokončena, zkolaudována a předána do užívání provozovateli.



Obrázek 1: pohled na hráz VD Klabava před zahájením rekonstrukce.



Obrázek 2: pohled na původní bezpečnostní přeliv – ve funkci okna pro převedení neškodného odtoku.

1. ÚVOD

Vodní dílo Klabava, uvedené do provozu v roce 1957, leží na stejnojmenném vodním toku v západních Čechách asi 10 kilometrů východně od krajského města Plzně. Vodní tok Klabava pramení v pohoří Brdy v nadmořské výšce cca 760 m n. m. Hráz vodního díla leží na dolní části toku, plocha povodí k hrázi činí 329,87 km² a průměrný průtok je 2,04 m³.s⁻¹. Základní parametry vodního díla, účely a předpisy pro manipulace jsou shrnuty v manipulačním řádu [1].

Původním účelem VD Klabava bylo chránit, železnorudný povrchový lom Ejpovice před jeho zatopením. Přes prostor lomu, původní přirozenou trasu koryta Klabavy, ani při velkých povodních neměla voda vůbec téci, aby mohla i za zvýšených průtoků nebo povodní pokračovat plynule těžba. Návrh soustavy byl proveden tak, aby povodňové průtoky, částečně transformované nádrží VD Klabava, bylo následně možno provést mimo prostor lomu pomocí dvou obtokových tunelů. Kapacita tunelů byla 140 m³.s⁻¹ v beztlakovém režimu a až 210 m³.s⁻¹ v tlakovém režimu. Teoreticky měla soustava provést okolo lomu, dle tehdejších hydrologických údajů, tlakově i transformovanou povodňovou vlnu s kulminací Q₁₀₀₀ a beztlakově Q₁₀₀. V roce 1972 byla těžba v lomu Ejpovice definitivně ukončena a soustava (VD Klabava + tunely) tak přestala plnit svůj původní účel. Lom byl postupně zatopen a koryto Klabavy bylo navraceno do přibližně původní trasy. Na základě pozdějších historických zkušeností (povodně 1980, 1981, 1995, 2002 a 2006) je nutné konstatovat, že soustava byla navržena tak, že by skutečně dokázala prostor lomu ochránit. Pouze při katastrofální povodni v srpnu 2002 by kapacita tunelů nepostačovala, tato povodeň však výrazně překročila návrhové parametry soustavy.

1.1 ÚČEL VODNÍHO DÍLA

- zajištění minimálního asanačního průtoku o hodnotě 0,39 m³.s⁻¹ (Q_{330d}) v profilu pod hrází,
- částečné snížení velkých vod vymezeným neovladatelným retenčním prostorem,
- individuální rekreace a sportovní rybolov,
- a od roku 2019 také výroba elektrické energie.

Vzhledem k poměrně malému zásobnímu prostoru nádrže, který činí 0,492 mil. m³, může být v případě mimořádného sucha asanační průtok v profilu pod hrází VD zajišťován pouze po dobu několika málo týdnů. Stávající transformační možnosti nádrže jsou také velmi omezené. Vlivem nižší kvality povrchové vody v nádrži není rekreace téměř možná. Ze současných hlavních účelů, které vodní dílo Klabava spolehlivě zajišťuje, je tak pouze možnost sportovního rybolovu. V roce 2019 byla správcem vodního díla dokončena realizace malé vodní elektrárny na jedné ze spodních výpustí.

1.2 KONSTRUKCE VODNÍHO DÍLA

Hráz je přímá zemní sypaná, se šikmým těsnícím jílovým jádrem na návodní straně, s maximální výškou nad terénem 12,60 m. Vodní dílo je podle významu a potenciálního rizika ohrožení území pod vodním dílem zařazeno z pohledu technickobezpečnostního dohledu do III. kategorie. Požadovaná míra ochrany, vyjádřená teoretickou dobou opakování kontrolní povodňové vlny (KPV), je $N=1000$ let.

Původní bezpečnostní přeliv vodního díla Klabava se skládal z pevného přelivného tělesa o výšce 4,40 m, středovým pilířem rozděleno na dvě pole po 15 m, s kótou přelivné hrany 350,10 m n. m. Celková délka přelivné hrany 30 m. V dolní části přelivného bloku bylo 6 otvorů o rozměrech 2,76 x 1,50 m. Úroveň vtoku do otvorů na kótě 345,70 m n. m. Celková kapacita bezpečnostního přelivu při max. hladině 351,10 m n. m. byla 249 m³.s⁻¹. Na těleso bezpečnostního přelivu navazuje spadiště, skluz, vývar a odpadní koryto

2. VÝZKUMY NA HYDRAULICKÉM MODELU

Po katastrofální povodni z roku 2002, kdy hladina v nádrži vystoupala 10 cm nad úroveň maximální retenční hladiny (351,10 m n. m.), bylo nutné vodní dílo přezkoušet z pohledu bezpečnosti při povodních. Kapacita bezpečnostního přelivu VD Klabava byla v roce 2004 ověřena na fyzikálním hydraulickém modelu v laboratořích ČVUT v Praze v rámci diplomové práce Ing. Stanislava Plecitého [2]. Zároveň byla stanovena kontrolní maximální hladina v nádrži při průtoku Q_{1000} (kontrolní povodňová vlna - KPV). Bylo prokázáno, že při průchodu KPV s teoretickou dobou opakování $N=1000$ by došlo nejen k překročení maximální retenční hladiny, ale i kóty koruny hráze. K přelévání koruny hráze by však díky stávajícímu vlnolamu nedocházelo, ten však není na tento stav staticky navržen. Ke stejnému závěru následně dospěl i posudek bezpečnosti VD Klabava při povodních [3], který vypracovala společnost VODNÍ DÍLA – TBD a.s.. V rámci posudku byla navržena nápravná a nouzová opatření, a to navýšení nivelety koruny hráze a zvýšení úrovně těsnícího prvku, nebo odstranění jezového tělesa bezpečnostního přelivu a zkapacitnění skluzu rozšířením jeho profilu či navýšením bočních zdí. Třetí možností bylo odstranění pevného jezového tělesa přelivu a jeho nahrazení pohyblivou hradicí konstrukcí.

V rámci další studentské práce [4] byla na hydraulickém modelu posuzována kapacita bezpečnostního přelivu vybaveného dvěma pohyblivými klapkami. Navržená úprava spočívala v odstranění stávajícího pevného přelivného tělesa a jeho nahrazení pohyblivými klapkovými uzávěry osazenými na přelivné prahu. Na doporučení posudku bezpečnosti byly navýšeny boční zdi skluzu, aby nedocházelo při průchodu KPV k jejich přelévání. Ačkoliv se návrh úpravy bezpečnostního přelivu opíral o základní hydraulické poznatky, doporučené koeficienty a výsledky předchozího modelového výzkumu, nedošlo touto úpravou k dosažení dostatečné kapacity bezpečnostního přelivu.



Obrázek 3: práce na hydraulickém modelu – ve funkci již nové levé přelivné pole.

3. NÁVRH ZABEZPEČENÍ VODNÍHO DÍLA PŘED ÚČINKY VELKÝCH VOD Z ROKU 2009

Veškeré tehdy dostupné výzkumy a poznatky byly zahrnuty v projektové dokumentaci „VD Klabava – Zabezpečení vodního díla před účinky velkých vod“ [5], spočívající zejména v rozšíření bezpečnostního přelivu o jedno přelivné pole, rozšíření spadiště a skluzu, navýšení bočních zdí skluzu a výstavbě nového vlnolamu na koruně hráze, který bude propojen s těsnícím jádrem tělesa hráze. Těmito opatřeními dojde ke zvětšení kapacity bezpečnostního přelivu a skluzu a možnosti zvýšení kóty mezní bezpečné hladiny. Následně bude vodní dílo Klabava vyhovovat požadavkům bezpečnosti při povodních. Návrh zkapacitnění bezpečnostního přelivu dle projektu na zabezpečení vodního díla Klabava při povodních [5] byl v roce 2010 ověřen na ČVUT v Praze hydrotechnickým výzkumem na fyzikálním modelu přelivu vč. skluzu a vývaru [6].

4. MOŽNOSTI TRANSFORMACE POVODŇOVÝCH VLN – STUDIE 2014

Původní transformační možnosti nádrže vodního díla Klabavy byly velmi omezené. Vymezený zásobní prostor nádrže je vzhledem k ploše povodí a objemu teoretických povodňových vln velmi malý, a to pouze 0,492 mil. m³. Pro srovnání je objem teoretické povodňové vlny s teoretickou dobou opakování $N=5$ let celych 8,05 mil. m³ vody. Nad hodnotu dlouhodobého průměrného průtoku (Q_a) se pak jedná o objem povodně 7,46 mil. m³. Míra transformace povodňové vlny v nádrži je tedy při povodňových epizodách s vyšší četností opakování, i v případě operativního předvypuštění zásobního prostoru, závislá především na využití retenčního prostoru. Retenční prostor je pouze neovladatelný a nelze jej při povodních efektivně

a řízeně využívat. S možností ovladatelného využití části retenčního prostoru nepočítá ani úprava v rámci výše uvedené projektové dokumentace [5]. Neovladatelný retenční prostor, který je vymezen mezi kótami 345,70 m n. m. a 351,10 m n. m., má objem 4,472 mil. m³.

Zvýšení transformačních možností nádrže bylo posuzováno ve studii „VD Klabava – posouzení transformačních možností nádrže VD Klabava v kombinaci s hrazeným bezpečnostním přelivem a jejich vliv na Berounku“ [7]. Ve studii bylo uvažováno s úpravami bezpečnostního přelivu zajišťující bezpečnost vodního díla před účinky velkých vod z roku 2009 v parametrech upřesněných v projektu [5] z roku 2012, které spočívají zejména v rozšíření bezpečnostního přelivu o jedno pole šířky 15 m s přelivnou hranou na kótě 350,07 m n. m., a tím zvýšení celkové kapacity bezpečnostního přelivu. Aby bylo možné ovladatelně využívat retenční prostor nádrže, byl zaveden fiktivní předpoklad instalace hradicích zařízení stávajících šesti oken v přelivném bloku. Dále byla pro potřeby této studie uvažována varianta zvýšení neškodného průtoku v profilu pod vodním dílem na hodnotu 50 m³.s⁻¹ ze současných 35 m³.s⁻¹.

V rámci studie [7] byly posuzovány transformační možnosti nádrže vodního díla Klabava pro tři teoretické povodňové vlny, kontrolní povodňovou vlnu (PV₁₀₀₀) a čtyři empirické povodně. Pro jednotlivé povodňové vlny byly testovány transformace při dvou odlišných způsobech manipulace s hrazením přelivu a také ve variantě bez využití hradicího zařízení. Pro účely simulace průběhu povodňových vln nádrží a stanovení transformačních efektů nádrže vodního díla Klabava byl sestaven jednoduchý bilanční výpočetní nástroj.

Ve variantě A nebylo hrazením manipulováno, okna přelivu byla po celou dobu plně průtočná, a výsledky simulace tak odpovídají stavu po provedení nápravných opatření pro zajištění bezpečnosti vodního díla při povodni podle projektové dokumentace [5].

Varianta B simuluje manipulace s hrazením oken přelivu za účelem maximálního oddálení okamžiku překročení neškodného odtoku z vodního díla. Po dosažení neškodného odtoku jsou postupně přivírány spodní výpusti a následně i hradicí uzávěry oken přelivu. K neovladatelnému odtoku dochází až v momentě úplného uzavření spodních výpustí i všech oken v přelivném tělese.

Varianta C taktéž využívá hrazení oken bezpečnostního přelivu, ale se snahou o dosažení co nejvyššího transformačního účinku, a tedy maximální snížení kulminačního odtoku. Neškodný odtok je na nástupní větvi povodňové vlny udržován jen přivíráním spodních výpustí až do jejich úplného uzavření. Hradicí zařízení oken přelivu jsou otevřena. K jejich přivírání dochází až v okamžiku, kdy lze zajistit udržení stávajícího průtoku po celou zbývající dobu trvání povodně. Výsledky této varianty představují maximálně teoreticky dosažitelný efekt transformace povodňové vlny při realizaci hrazení oken přelivu, využití disponibilního retenčního prostoru nádrže a daném průběhu manipulací s technologickým zařízením vodního díla.

Výsledky varianty C představují maximální teoreticky možný efekt snížení kulminačního odtoku z nádrže VD Klabava, a to díky teoretické znalosti budoucího vývoje testovaných povodňových vln a ideálního načasování manipulací. Při operativním řízení manipulací v průběhu samotné povodně budou dosažené transformační efekty nižší, tzn. bude dosaženo vyššího kulminačního odtoku i hladiny vody v nádrži, a budou se více či méně přibližovat výsledným efektům varianty B nebo C dle toho, jak budou manipulace vhodně zvoleny a načasovány. Je potřeba počítat s faktem, že po odeznění povodňových stavů při zpětné znalosti vývoje situace bude možné, tak jako u většiny přehradních nádrží, téměř vždy nalézt rezervy ve využití retenčního prostoru nádrže.

Na základě výstupů simulací lze konstatovat, že disponibilním retenčním prostorem nádrže VD Klabava lze výrazně pozitivně ovlivnit průběh povodní s teoretickou dobou opakování maximálně 20 let resp. povodňových vln s celkovým objemem max. 10–15 mil.m³.

5. DEFINITIVNÍ NÁVRH ZABEZPEČENÍ VODNÍHO DÍLA PŘED ÚČINKY VELKÝCH VOD

Na základě výše uvedených podkladů byla v roce 2014 zpracována studie řešící kombinaci zabezpečení vodního díla na převedení povodně Q₁₀₀₀ a zvětšení retenčního účinku nádrže. Výsledná níže popsaná varianta pak byla dopracována do dokumentace pro provádění stavby.

Zabezpečení vodního díla je řešeno částečně snížením max. kontrolní hladiny a částečně zvýšením mezní bezpečné hladiny. To zajišťuje rozšíření bezpečnostního přelivu vč. skluzu a výstavba nového vlnolamu na koruně hráze. Zvýšení retenčního účinku je docíleno doplněním původního pevného bezpečnostního přelivu o dvě pohyblivá přelivná pole, hrazená segmentovými uzávěry.

Vznikla tak projektová dokumentace s následujícím členěním:

5.1 ROZŠÍŘENÍ NAD PŘELIVNÝM OBJEKTEM

Prostor v nádrži před bezpečnostním přelivem bude rozšířen tak, aby nátok na rozšířený přeliv byl hydraulicky efektivní. Rozšíření do levého břehu je navrženo s opevněním dlažbou do betonu a opěrnou zdí.

5.2 ÚPRAVA PŘELIVNÉHO OBJEKTU

Stávající přelivný objekt bude rozšířen na levé straně o jedno pole šířky 15m. Kóta přelivné hrany bude zachována stávající 350,07 m n. m., přelivná plocha bude provedena dle původního návrhu jako Smetanova tlaková přelivná plocha s návrhovou přepadovou výškou 1,0 m. Střední část stávajícího přelivu s dělicím pilířem bude vybourána a na jejím místě budou zbudovány dvě železobetonové polorámové konstrukce umožňující instalaci hradicích segmentů. Konstrukce bude složena ze dvou polí po 6 m na okrajích s pilíři šířky 2,0 m a dělicím pilířem šířky 3,0 m uprostřed. Na střední pilíř bude umožněn přístup za účelem kontroly, údržby a ovládání.

5.3 PŘEMOSTĚNÍ PŘELIVU

Přes stávající přelivný objekt je vedena lávka pro pěší o dvou polích. Nosná konstrukce je z hlediska statického působení řešena jako prostý nosník. Celá lávka bude v rámci stavby rekonstruována. Budou využity stávající nosníky a doplněny novou mostovkou z železobetonu.

Nové pole přelivu bude přemostěno navazující novou lávkou tvořenou stejnými ocelovými nosníky jako lávky stávající, na něž se nabetonuje železobetonová deska.

5.4 ROZŠÍŘENÍ SKLUZU

Rozšíření skluzu naváže na nové přelivné pole. Přírůstek šířky 15m se bude plynule zužovat až k zaústění skluzu do vývaru. Nová levá zeď bude v maximálním rozsahu budována pod ochranou staré zdi skluzu. Výška zdi se po délce skluzu mění tak, aby při minimální výšce spolehlivě zajistila svah a neumožnila proudící vodě při průchodu KPV vyběžit. Poloha zdi byla ověřena výzkumem na fyzikálním modelu.

Nové dno bude prováděno od vývaru směrem proti vodě po jednotlivých dilatačních deskách. Hlavní dnová deska bude tl. 50 cm, vyztužená při obou površích dle statického výpočtu. Pro její vytvoření bude použit beton C30/37-XC4-XF4-XA2, který zohledňuje všechny parametry agresivity prostředí, kterému bude vystaven. Deska bude po šířce a délce rozdělena dilatačními spárami na 10 samostatných celků.

5.5 ÚPRAVA STÁVAJÍCÍ LEVÉ ZDI

Stávající levá zeď vývaru bude rekonstruována z důvodu špatné kvality betonu. Sanace bude spočívat v odbourání 50 cm tloušťky zdi z vnitřní strany vývaru a následném přibetonování proarmované desky z kvalitního betonu. Přibetonávka bude přikotvena ke zbytku stávající zdi.

5.6 ÚPRAVA STÁVAJÍCÍ PRAVÉ ZDI

Úprava pravé zdi se skládá z navýšení zdi, reprofilace poškozených povrchů betonu. Oprava bude zahrnovat i objekt výtoku ze spodních výpustí.

5.7 NAVÝŠENÍ TERÉNU POD HRÁZÍ

V rámci tohoto objektu bude provedeno navýšení terénu pod hrází na kótu 341,00 m n. m., které bude chránit patu vzdušního svahu hráze a zároveň umožní využití přebytečného výkopku z ostatních stavebních objektů

5.8 ÚPRAVA VLNOLAMU NA KORUNĚ HRÁZE

Nový vlnolam na koruně hráze umožní navýšení mezní bezpečné hladiny na úroveň 352,13 m n. m., která je třeba pro provedení KPV.

Nový vlnolam je navržen hydraulicky zaoblený s kótou koruny 353,20 m n. m. Výška železobetonové konstrukce vlnolamu nad terénem je 1,1m (splňuje tak zároveň funkci zábradlí). Konstrukce vlnolamu je uzpůsobena hydrotechnickému výpočtu výběhu vlny na návodní líc (viz. podklad [1]), ve kterém jsou zohledněny údaje o síle větru v zájmové lokalitě. Za vlnolamem bude na koruně hráze zbudována těsnící ostruha do hloubky dané geologickými sondami tak, aby byla zaručena těsnost hráze. Bude tvořena zataženou plastovou fólií přikotvenou jednostranně ke vzdušní straně vlnolamu. Vzniklý výkop bude zalit jílocementovou směsí a nad ním bude obnoven povrch koruny hráze.

Přechod vlnolamem v místě lávky z koruny hráze k věžovému objektu vtoku do spodních výpustí bude řešen plnými ocelovými vrátky na výšku vlnolamu.

5.9 PŘELOŽKA KABELŮ NA KORUNĚ HRÁZE

Po celé délce hráze je pod stávajícím vlnolamem veden elektrický kabel veřejného osvětlení a přírodní kabel elektrické energie k funkčním objektům. Kabel bude po dobu stavby přepojen na provizorní vedení po koruně hráze a následně bude přeložen do kabelovodu uloženého za novým vlnolamem. Kabelovod bude tvořen třemi kabelovými chráničkami (2 + 1 rezervní) se zatahovacími šachtíčkami v maximální osové vzdálenosti 50m.

5.10 HRAZENÍ PŘELIVU

Pro hrazení bezpečnostního přelivu nádrže Klabava byl zvolen segmentový uzávěr o dvou hrazených polích o šířce 6 m a hrazené výšce 4,8 m. Pohyblivou konstrukcí je jednoduchý zdvižný segment s montovanými tlačnými šikmými rameny s ložisky nad hladinou stoleté vody.

Díky celkové tuhosti segmentu, je tento ovládán jednostranně pomocí cévové tyče. Pohonným mechanismem je pak elektromotor s převodovkou umístěný na koruně nabetonovaného pilíře. Ovládání bude umístěno na pilíři na snadno přístupném místě u pochozí lávky. Pohyb segmentu usnadňují dvě a dvě stavitelná kola na jeho bocích, která pojíždí po hladkých svislých drahách. Boční a prahové těsnění je realizováno pomocí tzv. notové gumy, které je konstrukčně umožněna rektifikace. Zabudovanými prvky jsou dvě ložiska, dvě těsnící šavle na bocích pilířích a dosedací práh ve dně. Povrchová ochrana ocelové konstrukce se předpokládá zinkováním a nátěrem.

6. REALIZACE

Pro výše popsaný projekt opatření bylo v r. 2015 zajištěno stavební povolení a zahájeno výběrové řízení na dodavatele stavby. Vzhledem k průtahům ze strany jednoho z vyloučených uchazečů byl zhotovitel vybrán až ve druhé polovině roku 2016 a vlastní stavební práce byly zahájeny až na jaře r. 2017.

Kompletně dokončeno bylo dílo v říjnu 2019 a v listopadu proběhla úspěšná kolaudace

Stavba byla realizována společností firem SMP CZ, a.s. a EUROVIA CS, a.s. s celkovými stavebními náklady cca 108 mil Kč bez DPH, z toho 70,6 mil. Kč bylo hrazeno z dotačního programu ministerstva zemědělství Prevence před povodněmi III.

Není lepší způsob, jak popsat realizaci stavby, než výběrem z fotodokumentace jejího průběhu. A pro začátek pár fotografií prezentující vývoj přípravy a realizace od původního stavu k dokončenému dílu.



Obrázek 4: pohled na vývar (společný pro spodní výpusti a bezpečnostní přeliv, v pozadí skluz a přelivná hrana) ...



Obrázek 5: ... a totéž jako vizualizace na podkladu projektové dokumentace



Obrázek 6: ... realita z provádění díla – stav před dokončením. Bílá budova uprostřed je horní stavba MVE.



Obrázek 7: Pohled z nádrže VD na původní řešení bezpečnostního přelivu ...



Obrázek 8: ... vizualizace dává tušit mohutnou konstrukci segmentů ...



Obrázek 9: ... která je potvrzená o několik let později realizací...



Obrázek 10: ... pohled na původní hráz a přeliv z levého břehu ...



Obrázek 11: ... vizualizovaný předpoklad projektanta



Obrázek 12: ... až na barvu segmentů se projektant nespletl.

A nyní již jen několik zajímavých fotografií z průběhu realizace stavby.



Obrázek 13: Bourání betonových konstrukcí bezpečnostního přelivu frézou. Na stěně přelivu patrný tvar již odbourané přelivné hrany.



Obrázek 14: Bourání betonových konstrukcí bezpečnostního přelivu frézou – bagry na šikmé ploše skluzu jištěny řetězy.



Obrázek 15: Nový vlnolam propojený s těsnicím jádrem hráze umožní zvýšení mezní bezpečné hladiny.

7. ZÁVĚR

V tuto chvíli rekonstruované vodní dílo plní bezpečně svou funkci a při povodních je schopné daleko lépe chránit majetek a životy lidí okolo toku Klabavy pod vodním dílem. V případě extrémní povodně pak díky úpravám zůstává dílo bezpečné a nehrozí vznik extrémní povodně vzniklé destrukcí tělesa hráze.

LITERATURA

- [1] VICENDA P., BLÁHA J.: Manipulační řád pro vodní dílo Klabava na Klabavě. Povodí Vltavy, státní podnik, závod Berounka, oblastní vodohospodářský dispečink. 2008. Plzeň.
- [2] PLECITÝ S.: Fyzikální model přelivu Klabava s vyhodnocením. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky, diplomová práce. 2005. Praha.
- [3] PLECITÝ S., SMRŽ P.: VD Klabava – Posudek bezpečnosti při povodních. VODNÍ DÍLA – TBD a.s. 2005. Praha.
- [4] ZELENKA K.: Ověření plánované úpravy bezpečnostního přelivu VD Klabava pomocí hydraulického modelu. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky, bakalářská práce. 2008. Praha.
- [5] TUČEK H. A KOL.: VD Klabava – Zabezpečení vodního díla před účinky velkých vod. Souhrnná technická zpráva. Dokumentace pro stavební povolení. Sweco Hydroprojekt a.s. 2012. Praha.
- [6] SATRAPA L. A KOL.: Hydrotechnický výzkum VD Klabava – Modelový výzkum pro ověření kapacity bezpečnostního přelivu, skluzu a popis proudění vody ve skluzu, ve vývaru a odpadním korytě. Zpráva o provedeném výzkumu. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky. 2010. Praha.

- [7] ZELENKA K.: VD Klabava - posouzení transformačních možností nádrže VD Klabava v kombinaci s hrazeným bezpečnostním přelivem a jejich vliv na Berounku. Povodí Vltavy, státní podnik, závod Berounka, oblastní vodohospodářský dispečink. 2014. Plzeň.
- [8] ČIHÁK F., MEDŘICKÝ V.: Hydrotechnické stavby 20 – Navrhování jezů. České vysoké učení technické v Praze. 2001. Praha.
- [9] Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území. Ministerstvo zemědělství České republiky, Ministerstvo životního prostředí České republiky. 2011. Praha.
- [10] VESELÝ R.: Zhodnocení možností ovlivnění průběhu povodní na Berounce. Návrh retenčního objemu na Klabavě. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky, diplomová práce. 2005. Praha.
- [11] KABELE J. A KOL.: Studie odtokových poměrů v povodí Klabavy. Hydroprojekt CZ, a.s. 2007. Praha.

Ondřej Hrazdira

Povodí Vltavy, státní podnik, sekce technická, Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5

ondrej.hrazdira@pvl.cz, +420 221 401 47

SUCHÁ NÁDRŽ (POLDR) BÍLSKO – DOPLŇKOVÁ STABILIZAČNÍ OPATŘENÍ

B. John

Povodí Vltavy, státní podnik, Praha, Česká republika

ABSTRAKT: Příspěvek je prezentací doplňkových stabilizačních opatření poldru na Bílském potoce v obci Bílsko u Vodňan. Požadavek na zhotovení dodatečných stabilizačních opatření vyplynul až na základě ověřovacího provozu již realizované nádrže.

V průběhu ověřovacího provozu suché nádrže bylo zjištěno, že již při hladině ve výšce 467,00 m n. m (kóta maximální kontrolní hladiny 471,18 m. n. m) dochází k nekontrolovatelnému nárůstu tlaků v podloží hráze. To vede k nástupu piezometrické úrovně podzemní vody v podhrází nad úroveň terénu. Na základě zjištěného stavu byla navržena doplňková stabilizační opatření spočívající v kombinaci přitěžovací lavice a odlehčovacích vrtů. Popis doplňkových opatření a cesta vedoucí k jejich návrhu je předmětem příspěvku.

1. NÁVRH SUCHÉ NÁDRŽE

1.1 CHARAKTERISTIKA LOKALITY STAVBY

Suchá nádrž je umístěna nedaleko obce Bílsko v okrese Strakonice, Jihočeský kraj.. Samotná zemní sypaná hráz se nachází v bezprostřední blízkosti nad obcí Bílsko, kterou chrání před povodňovými účinky. Hráz suché nádrže přehrazuje přímo Bílský potok. V místě budoucí zátopy se vyskytují poměrně kvalitní pozemky se zemědělským využitím. Ty jsou ve velké míře bez známek znehodnocení půdy nadměrným zamokřením a z hospodářského hlediska i cenné.

1.2 POŽADAVKY NA NÁVRH HRÁZE

Ze strany zadavatele akce byly vzneseny tyto hlavní požadavky na konstrukci hráze

- Snížení kulminačního průtoku. Transformace povodňové vlny s kulminačním průtokem s periodicitou opakování sto let na transformovanou povodňovou vlnu s kulminačním bezpečným průtokem (7,6 m³/s).
- Návrh nádrže suché, bez stálé hladiny ve shodě s dotačními pravidly Ministerstva zemědělství.
- Návrh hráze prověřeným způsobem s ohledem na udržení stávajícího vodního režimu v území a neznehodnocení pozemků soukromých vlastníků nad přehrazením Bílského potoka.

1.3 HYDROLOGICKÉ ÚDAJE

Vodní tok:

Bílský potok

Číslo hydrologického pořadí:

1-08-03-064

V profilu:

pod soutokem s LBP od o.Chrást

Tabulka č.1: N – leté průtoky (QN) [1]

N	1	2	5	10	20	50	100
Q _N [m ³ /s]	2,1	3,7	6,7	9,8	14	20	25

Naměřená data obou událostí je možné ve zkratce shrnout v následujících bodech

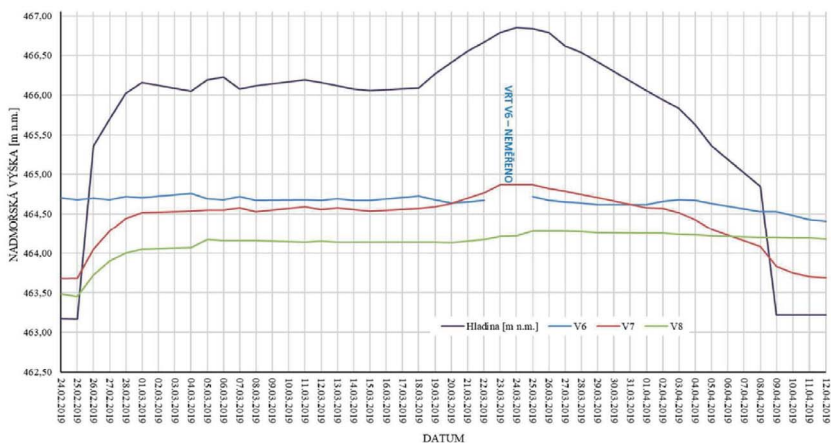
- Hladina v piezometrech vrtů V6, V7, V8 dosahuje vysoké úrovně
- Hladina v piezometrech vrtů V7, V8 přesahuje úroveň terénu
- Hladina v piezometrech, těch, které měří podloží hráze, rychle reaguje s nástupem hladiny v nádrži



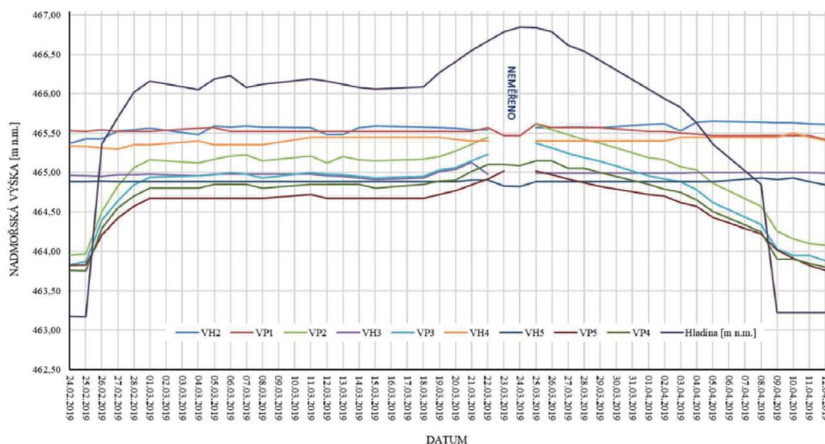
Obrázek 2: Rozmístění pozorovacích vrtů [3].

Tabulka č.2 Vybrané výsledky pozorování [3]

Umístění	Označení objektu	Kóta terénu [m. n. m.]	Zhlaví – původní / 3_2019 [m. n. m.]	Max. piez. výška [m. n. m.]	
				1/03/2019	24-25/03/2019
koruna hráze – vrty do tělesa hráze	VH1	471,72	472,46 / 472,398	-	-
	VH2	471,69	472,47 / 472,389	465,560	465,58
	VH3	471,68	472,40 / 472,374	464,977	464,99
	VH4	471,65	472,34 / 472,321	465,35	465,05
	VH5	471,69	472,42 / 472,393	464,88	464,88
koruna hráze – vrty do podloží hráze	VP1	471,71	472,41 / 472,42	465,52	465,62
	VP2	471,67	472,41 / 472,43	465,16	465,61
	VP3	471,69	472,42 / 472,398	464,94	465,37
	VP4	471,64	472,34 / 472,312	464,80	465,15
	VP5	471,65	472,36 / 472,340	464,67	465,02
podhráží	V6	465,19	465,92 / 465,912	464,71	464,72
	V7	464,04	464,77 / 464,774	464,52	464,87
	V8	463,76	464,49 / 464,482	464,05	464,28
nádrž				466,16	466,85



Obrázek 3: Průběh hladin v piezometrech v podhráží [3].



Obrázek 4: Průběh hladin v piezometrech v podhrázi [3].

2.3 ROZBOR MĚŘENÝCH DAT A SESTAVENÍ KALIBROVANÉHO MODELU

Na základě nepříznivých výsledků ověřovacího provozu bylo přistoupeno v roce 2019 k zajištění kontrolního provedení inženýrského geologického průzkumu. Kontrolní IGP potvrdil závěry provedených průzkumů z roku 2011.

Druhým krokem bylo posoudit průsakový režim tentokrát už s možností kalibrace jednoho ze zatěžovacích stavů, který vycházel ze zaznamenaných dat z ověřovacího provozu a průběhu povodně z roku 2019. Cílem bylo provést posouzení průsakového režimu podloží hráze vodního díla (VD) Bílsko ve vazbě na skutečnosti zjištěné v průběhu ověřovacího provozu. Posouzení obsahuje:

- Ověření vztaku v podhrázi
- Ověření stability vzdušního svahu a podhrázi
- Posouzení filtrační stability materiálu pod hrází

Výsledky rozboru ukázaly, že s výškou hladiny v nádrži dochází k nekontrolovanému nárůstu tlaku vody ve šterkopiskovém kolektoru pod tělesem hráze a v podhrázi. To vede k nástupu piezometrické úrovně podzemní vody v podhrázi nad úroveň terénu, a to již při hladině na kótě pod úrovní 467,00 m n. m. Kóta koruny bezpečnostního přelivu je přitom 470,50 m n. m., kóta maximální kontrolní hladiny 471,18 m n. m. I když při méně významných povodňových situacích je splněna podmínka mezní rovnováhy pro UPL v podhrázi, může při těchto situacích docházet k lokálním výronům podzemní vody na terén, k místnímu podmáčení a současně k iniciační fázi privilegované průsakové cesty v podloží hráze. Při hladině v nádrži na úrovni maximální kontrolní hladiny (471,18 m n. m.) již podmínka mezní rovnováhy není splněna. Vzhledem k reálným dobám trvání povodňových epizod na VD Bílsko nicméně není obava, že by se během jednotlivých událostí lokální porušení propagovalo zpětnou erozí do prostoru tělesa hráze. K propagaci místního vynášení částic by mohlo dojít při dlouhotrvajícím zatížení v řádu desítek hodin až dní, a to při opakujícím se zatížení v rámci několika povodňových epizod [3].

3. DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Na základě kalibrovaných modelových výpočtů bylo stanoveno v [3] soubor doporučených opatření, jež jsou prezentovány na obrázku č.6. Jako hlavní opatření je vytvoření přitěžovacího přísypu tělesa hráze v kombinaci s odlehčením tlaku vody v podloží v nových vrtech D1 až D5.

Navržená opatření jsou dle [3] odůvodněny: Výškové uspořádání terénu a odpadního koryta vyžaduje kombinaci dvou opatření – přísypu pod patou hráze a soustavu odvodňovacích vrtů.

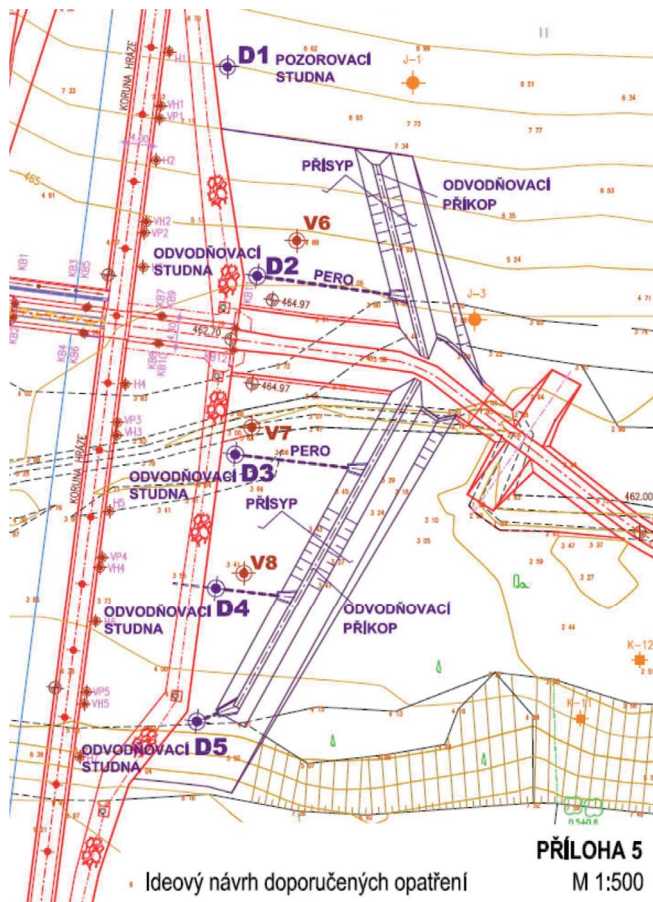
Umístění odvodňovacích vrtů a potřebná výška přísypu byly odvozeny z výsledků modelového řešení proudění podzemní vody. Odvodňovací vrtky budou umístěny zhruba v úrovni stávajícího terénu a budou zaústěny do nově vybudovaného oboustranného příkopu zaústěného do odpadního koryta pod hrází tak, aby voda z koryta nevzdouvala hladinu v příkopech. Úrovně výtoků z potrubí budou umístěny nad maximální hladinou vody v odpadním korytě, aby bylo za všech povodňových scénářů možné sledovat výtoky z jednotlivých vrtů. Prísyp odvodňovacích potrubí zajistí potřebnou nezámraznou hloubku a také potřebné přitížení v prostoru s vyšší piezometrickou úrovní mezi vrtky. Toto uspořádání současně umožní oddělené sledování průsakových vod tělesem hráze a podloží.

Navržená opatření byly z velké části zhotoveny už roce 2021, dokončeny na začátku roku 2022 celkový pohled na již realizovaný projekt je prezentován na obrázku č. 5.

Jako další krok bude následovat nový ověřovací provoz, který vzhledem k aktuální hydrologické situaci dosud nebyl realizován.



Obrázek 5: Již realizovaná opatření.



Obrázek 6: Ideový návrh doporučených opatření [3].

LITERATURA

- [1] NEUMAYER O., Poldr na Bílském potoce dokumentace pro stavební povolení.; POYRY Environment a.s.. Brno 2011.
- [2] MRKVÍK O. , Závěrečná zpráva o výkonu GTD za období leden–listopad 2017.; GEOTets, a.s., Brno 2017
- [3] ŘÍHA J., Ochraná retenční nádrž Bílsko, posouzení průsakového režimu stability hráze: Brno, 2019.

Ing. Břetislav John

Povodí Vltavy, státní podnik, Sekce technická

bretislav.john@pvl.cz

IG PRŮZKUM NA VD PODHORA

B. Kluc

Povodí Ohře, státní podnik, Chomutov, Česká republika

ABSTRACT: Poté, co byl na vodním díle Podhora zrekonstruován patní drén a následně byla ve vrtech pozorována vyšší hladina podzemní vody a na několika místech v prostoru lavice vzdušního svahu bylo detekováno zamokření povrchu hrázového tělesa, byl v období od roku 2018 do 2021 proveden inženýrskogeologický průzkum za účelem zjištění homogenity a materiálového složení tělesa hráze s důrazem na identifikaci míst zvýšených průsaků. S ohledem na zjištěné „velmi slabě propustné“ až „dosti slabě propustné“ prostředí v hrázi s velice heterogenní skladbou s převahou hlinitých písků a trvalými zamokřenými místy na hrázi a vzhledem k tomu, že nebylo možné konkretizovat proudění podzemní vody v tělese hráze, bylo realizováno karotážní měření ve dvou fázích. Výsledkem 1. fáze karotážního měření bylo zjištění místa kolem vrtu V24, kde se nacházelo zvýšené a opačné proudění podzemní vody od ostatních sledovaných vrtů. Ve 2. fázi byly provedeny další dva vrtů umístěné vedle uvedeného vrtu pro bližší určení problematického místa. V důsledku jejich realizace došlo ke změně hydrodynamických poměrů ve vrtu V24 a k eliminaci vzniklého mokřadu. Díky karotážnímu měření bylo možné lépe pochopit charakter proudění podzemní vody v tělese hráze a racionálně tak vyhodnotit rizika, která jsou spjata s historickým vodním dílem a přiblížit se k pochopení procesů uvnitř tělesa hráze s heterogenní skladbou.

1. ÚVOD

Vodní dílo Podhora bylo vybudováno v roce 1952-1956 rekonstrukcí bývalého rybníka Podhora pocházející přibližně ze 17. století. Při rekonstrukci došlo k navýšení zemní hráze o 1 m, dále byla v roce 1962 provedena injektáž podloží hráze a v roce 1965 byla k hrázovému tělesu přisypána přítěžovací lavice s drenáží. Pro sledování úrovně hladiny podzemní vody v tělese hráze VD Podhora bylo využíváno 38 pozorovacích vrtů.



Obrázek 1: Pohled na hráz VD Podhora.

2. INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÝ PRŮZKUM

2.1 ZJIŠTĚNÍ NEFUNKČNOSTI DRÉNŮ A JEJICH OPRAVA

V roce 2010 bylo kamerovým průzkumem potvrzeno zanesení patních drénů a následovalo pročištění drenážní soustavy tlakovou vodou (2012), důsledkem bylo výrazné zvýšení průsaků. Současně byla potvrzena existence poruch na drénech. V roce 2016 se přistoupilo k rekonstrukci patních drénů při snížené hladině (689,16 m n. m.). V roce 2017 došlo k naplnění nádrže na běžný provozní stav s hladinou vody na kótě bezpečnostního přelivu 691,18 m n. m. Ve vrtech byla pozorována vyšší hladina podzemní vody a na několika místech v prostoru lavice vzdušního svahu bylo detekováno zamokření povrchu hrázového tělesa. [1]



Obrázek 2: Zamokření v prostoru lavice vzdušního svahu.

2.2 PROVEDENÍ IG PRŮZKUMU

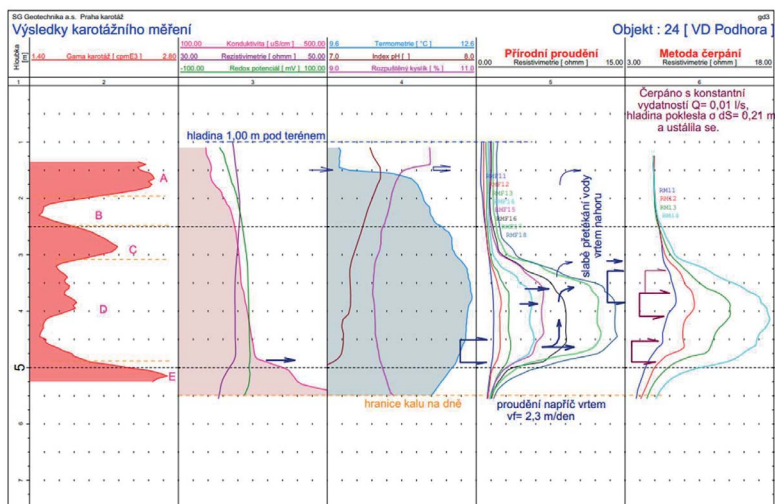
V roce 2018 byl realizován inženýrskogeologický průzkum, jehož cílem bylo ověření propustnosti zemin v hrázi v okolí stávajících monitorovacích vrtů a zjištění homogenity a materiálového složení tělesa hráze s důrazem na identifikaci míst zvýšených průsaků. V rámci průzkumu byly na všech stávajících vrtech provedeny vsakovací zkoušky s výsledkem, že se jedná o „velmi slabě propustné“ až „dosti slabě propustné“ prostředí s velice heterogenní skladbou s převahou hlinitých písků. Dále bylo provedeno geofyzikální měření za účelem zjištění homogenity a těsnosti tělesa hráze. Vrtné práce obsahovaly 9 průzkumných vrtů označených V1 až V9. Vzhledem ke značné heterogenitě prostředí nebylo možné konkretizovat proudění podzemní vody v tělese hráze a bylo doporučeno karotážní měření, které by ověřilo skutečná místa přítoků vody do vrtu, směr i rychlost proudění. [2]



Obrázek 3: Provádění vrtu V4, resp. V24 [1].

2.3 KAROTÁŽNÍ MĚŘENÍ – 1. FÁZE

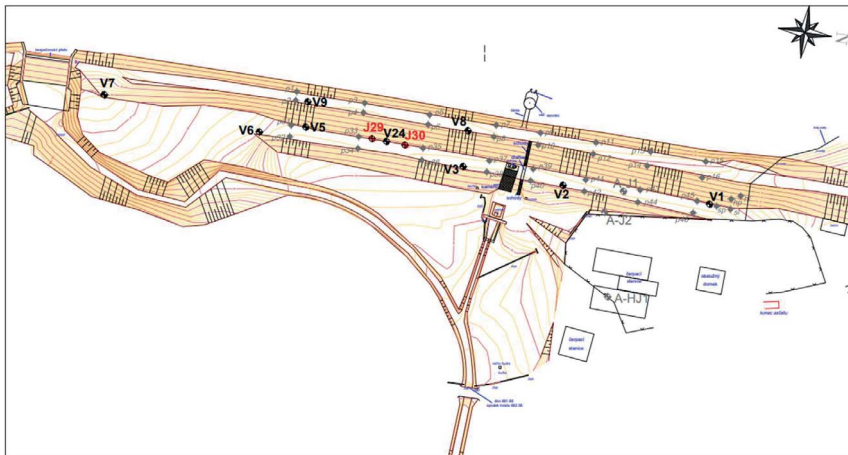
V roce 2020 bylo provedeno karotážní měření u 9 vytipovaných vrtů. Bylo zjištěno, že u 8 vrtů je proudění velmi pomalé, kdy převládá proudění dolů. Zcela se odlišoval vrt V24 (původně označen V4), kdy voda přitékala v jeho spodní části a proudila nahoru. Proudící voda vrt postupně opouštěla do materiálu hráze ve střední a horní části vrtu. Největší rozdíl byl v intenzitě proudění, a to o dva až tři řády vyšší v porovnání s ostatními vrtu - 190 l/den. Zjištěním bylo, že vrt zastihl oslabené místo v tělese hráze, kudy docházelo k průsakům vody a mokřina v okolí vrtu V24 byla jednoznačně důsledkem průsaků v tělese hráze v hloubce 4,6–4,95 m. Vzhledem k tomu, že nebyl zjištěn rozsah průsaků, bylo doporučeno doplnit vrt V24 o další dva vedlejší vrtu. [2]



Obrázek 4: Výsledek karotážního měření u vrtu V24 [2].

2.4 KAROTÁŽNÍ MĚŘENÍ – 2. FÁZE

V roce 2021 bylo realizováno karotážní měření s dvěma průzkumnými vrtly J29 a J30, které byly situované do okolí vrtu V24. Výsledkem bylo zjištění, že průsaky ve vrtu J30 jsou z hlediska rychlostí proudění alarmující. Dále tím, že byly vyhloubeny vrtly J29 a J30, došlo ke změně hydrodynamických poměrů ve vrtu V24 a k eliminaci vzniklého mokřadu kolem tohoto vrtu. Doporučením prováděcí společnosti SG Geotechnika bylo pro eliminaci průsaků a zabezpečení těsnicí funkce hráze dotěsnění tělesa hráze těsnicí clonou pomocí tryskové injektáže. [2]



Obrázek 5: Umístění průzkumných vrtů J29, J30 a V24 v prostoru hráze [2].

3. ZÁVĚR

Při jednání zástupců VD TBD a.s. a Povodí Ohře s. p. bylo konstatováno, že trysková injektáž představuje rizika jako je narušení hráze a možné deformace v důsledku výrazných tlaků při provádění. Dále rychlosti ve vrtu J30 jsou sice vyšší, nicméně nedosahují hodnot, při nichž by docházelo k vyplavování materiálu. Zamokření se podařilo odvodnit. Situace je stabilizována a stavební zásah není v danou chvíli třeba. Bude se pokračovat ve standardním měření a pozorování, jehož nastavení je dostatečné.

LITERATURA

- [1] SG GEOTECHNIKA, PODHORA – VODNÍ DÍLO – Závěrečná zpráva inženýrskogeologického průzkumu, Praha, prosinec 2018
- [2] SG GEOTECHNIKA, PODHORA – VODNÍ DÍLO – Zpráva doplňujícího inženýrskogeologického průzkumu, Praha, leden 2021

Ing. Blahoslav Kluc

Povodí Ohře, státní podnik, Bezručova 4219, 430 03 Chomutov, Česká republika

Kluc@poh.cz

SN JELENÍ – ZKUŠENOSTI Z PŘÍPRAVY, VÝSTAVBY A PROVOZU

T. Skokan, R. Šimek & J. Konečný

Povodí Odry, státní podnik, Ostrava, Česká republika

V červnu 2019 byla dokončena stavba doposud nejvyšší suché nádrže se sypanou hrází v České republice – Suchá nádrž Jelení. Tato nádrž vznikla v rámci souboru opatření na Horní Opavě a doplňuje tak klíčové protipovodňové opatření, kterým je připravovaná stavba přehrady Nové Heřmínovy.

Hlavním účelem nádrže je tlumení velkých vod na Kobyliším potoce z $Q_{100} = 33,5 \text{ m}^3/\text{s}$ na $Q_1 = 4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ a ochrana obce Karlovice u Vrba pod Pradědem. Plocha povodí činí $14,5 \text{ km}^2$. Celkový objem nádrže je 757 tisíc m^3 . Hráz je nehomogenní s přímoú osou a s maximální výškou 16 m . Koruna hráze má šířku 4 m a délku 273 m . Funkci bezpečnostního a výpustního zařízení plní sdružený objekt vybavený dvěma spodními výpustmi s provozními tabulovými uzávěry a nehrazeným bezpečnostním přelivem. Odpadní štola má rozměry $3 \times 4 \text{ m}$ a délku $45,5 \text{ m}$. Stavba nádrže si vyžádala přeložku komunikace kolem zátopy vodního díla.

Stavba nádrže byla zahájena v březnu 2017 a zkolaudována byla v říjnu 2019. Celkový náklad stavby činil $147,66 \text{ mil. Kč}$ bez DPH. Stavba byla financována z dotace Ministerstva zemědělství a z vlastních zdrojů.

Vodní dílo spadá do III. kategorie dle TBD a je vybaveno zařízením pro měření hladiny v nádrži a velikosti odtoku vody z nádrže s dálkovým přenosem údajů na vodohospodářský dispečink do Ostravy a zařízením TBD pro měření deformací a průsaků.

Příspěvek popisuje průběh přípravy a výstavby SN a provádění TBD během stavby, při kterém byl sledován zejména vliv postupného sypání hráze na deformace sdruženého objektu, založeného na místy nestabilním podloží. Zároveň jsou zde shrnuty poznatky z ověřovacího provozu, při kterém byly provedeny 2 fáze zkušebního napuštění a rovněž poznatky z prvního období trvalého provozu.

1. PRŮBĚH PŘÍPRAVY A VÝSTAVBY SN

1.1 PŘÍPRAVA STAVBY SN JELENÍ

Projekční příprava byla zahájena zpracováním investičního záměru, který byl součástí akce schválené usnesením vlády v roce 2008 „Opatření na snížení povodňových rizik v povodí horního toku řeky Opavy s využitím přírodně blízkých protipovodňových opatření“. Tato akce měla za úkol navrhnout komplexní protipovodňovou ochranu obcí podél řeky Opavy a to od Karlovic po město Opavu, kdy jako hlavní prvek ochrany je připravována nádrž Nové Heřmínovy, dále úpravy toku včetně nových jezů a protipovodňových hrází podél řeky Opavy, výstavba 7 suchých nádrží včetně litorálních zón a další revitalizačních opatření zajišťujících migraci ryb, splaveninou režim, revitalizace toků, ale také rekreaci a plavbu.

Náročnost přípravy investičního záměru celé uvedené akce odsunul zpracování DUR a následné územní řízení nádrže Jelení do přelomu let 2014 a 2015. Jako přírodně blízkým opatřením v rámci nádrže Jelení bylo navrženo zrevitalizování původně napřímeného toku Kobylišího potoka a jeho přítoků v celé ploše zátopy nádrže. Pozemky potřebné pro stavební a revitalizační prvky byly převážně v soukromém vlastnictví, využívané jako pastviny a louky. Výkupy pozemků proběhly ale oproti zkušenostem z jiných staveb relativně hladce,

kdy majoritní vlastník soukromých pozemků potřebných pro stavbu podporoval navrhovaná protipovodňová a revitalizační opatření.

Po zpracování příslušných dokumentací DSP byla koncem roku 2015 zahájena stavební řízení vedená u 2 úřadů a to u Krajského úřadu Moravskoslezského kraje, povolujícího vodní dílo a nakládání s vodami a u silničního správního úřadu v Bruntále pro výstavbu přeložky silnice II/452 a levobřežní komunikace.

Pravomocná stavební povolení byla získána v listopadu 2015 resp. v březnu 2016.

V roce 2016 byla dokončena dokumentace pro provádění stavby a zejména provedeno výběrové řízení na zhotovitele spolu se zajištěním finančních prostředků z rozpočtového programu „Podpora prevence před povodněmi III“.

1.2 STAVBA SN JELENÍ

Stavba nádrže Jelení byla zahájena v březnu 2017 výkopovými pracemi pro založení sdruženého objektu a tělesa hráze. Současně probíhaly také zemní práce na přeložce silnice II/452. Během výkopových prací byla nalezena a ve spolupráci s Archeologickým ústavem Akademie věd České republiky prozkoumána, středověká prospektorská šachta.

Původní silnice byla po dobu stavby přeložky udržována v provozu, mimo duben a květen 2018, kdy bylo prováděno napojení nové trasy. Během výstavby přeložky silnice v úseku zářezu vysokého místy až 10 m byla oproti předpokladům projektu odkryta významně navětralá hornina. Původně navržené provedení svahů zářezu ve sklonu 2:1 s instalací ocelových záchytných sítí tak nebylo bez dodatečného náročného kotvení zvětralých horninových bloků proveditelné. Po dohodě s budoucím správcem silnice byly proto svahy strženy do sklonu 1:1,5, ohumusovány a zatravněny se zpevněním povrchu georohoží.

Během roku 2017 byl po jednotlivých blocích budován sdružený objekt obsahující 3200 m³ železobetonu. Očekávaná úroveň skalního podloží v místě sdruženého objektu nebyla v prostoru 2 nátokových bloků potvrzena, základová spára těchto bloků tak musela být prohloubena o cca 1,5 m s výměnou odtěženého materiálu za výplňový beton. V úvodu roku 2018 byl dokončeným sdruženým objektem převeden tok Kobylího potoka, čímž se uvolnil prostor pro následné sypaní hráze.

Pro hráz byl v zavazovacím zářezu vybetonován injekční bloček, pod kterým byla následně provedena injektáž podloží do hloubky 3 m.

Souběžně s těmito pracemi byly postupně vytvářeny revitalizační prvky v ploše zátopy nádrže. Činnost spočívala ve vyvedení původně zahloubeného napřímeného toku do nové meandrující trasy o hloubce cca 0,5 m, v původním korytě byly částečným zasypáním vytvořeny tůňe, zásobované průsakem vody z nového koryta. V ploše zátopy bylo vytvořeno celkem 13 průtočných a neprůtočných tůní.

Samotné sypaní hráze bylo provedeno v průběhu roku 2018. Sypaní probíhalo s ohledem na použité zeminy v jednotlivých zónách nehomogenní hráze po max. 30 cm vrstvách. Každá vrstva byla důsledně hutněna pojezdem válce. Jako problematické se jevílo získávání vhodného těsnícího materiálu z místních zemín, kdy v této podhorské oblasti dosahovaly vhodné materiály mocnosti max. 1 m, obvykle však pouze 0,5 m, což vyžadovalo důsledný dohled nad těžbou a ukládáním každé vrstvy materiálu těsnícího jádra.

Na koruně dokončené hráze byla zřízena obslužná komunikace, lávka pro přístup k ovládní uzávěrů a kontrolní body pro měření sedání hráze.

Stavba byla doplněna příjezdovými cestami zpevněnými šterkodrtí k zajištění přístupu do zátopy a do podhrází.

Podél přeložené silnice a kolem hráze byla provedena výsadba dřevin. V ploše zátopy budou vysazeny dřeviny po zkušebním napuštění nádrže.

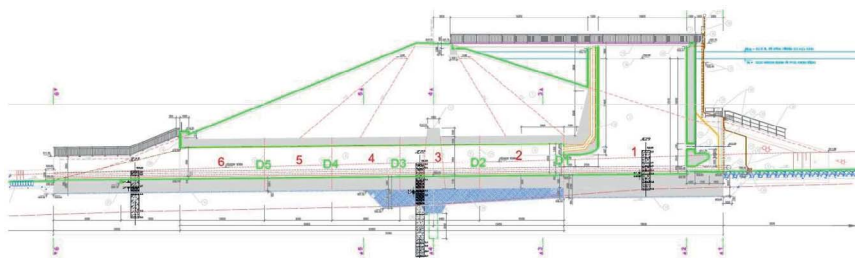


Obrázek 1: Výstavba SN Jelení.

2. PROVÁDĚNÍ TBD BĚHEM STAVBY

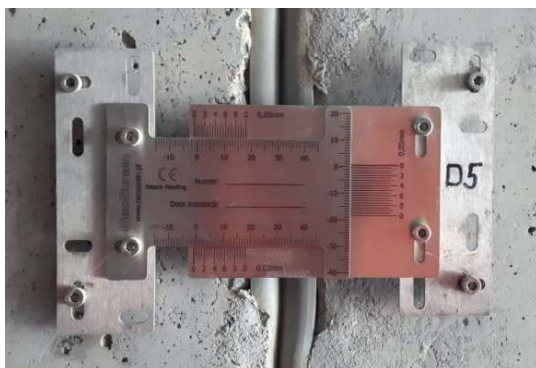
2.1 DEFORMACE SDRUŽENÉHO OBJEKTU

Sdružený objekt je rozdělen na celkem 6 dilatačních bloků viz obrázek 1. Podloží po délce objektu není zcela homogenní. Zatímco dilatační bloky 1, 2 a 3 jsou založeny na masivní více než 3 m tlusté vrstvě podkladního betonu až do skalního podloží, bloky 4, 5 a 6 jsou založeny na relativně stlačitelnější vrstvě svahových sutí. Na základě těchto skutečností vznikly obavy z možných zvýšených vzájemných deformací bloků projevujících se na dilatačních spárách, zejména pak dilatace D3 mezi bloky 3 a 4. Podloží pod těmito bloky bylo proto dodatečně zpevněno zhutněnou vrstvou šterku.



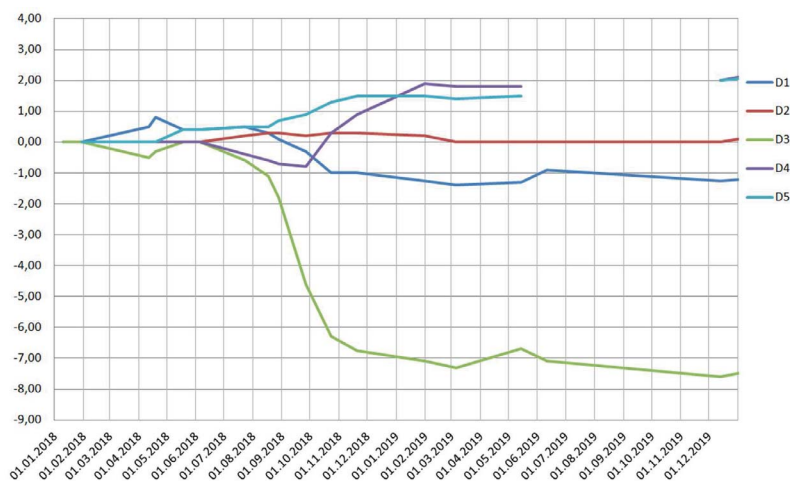
Obrázek 2: Řez sdruženým objektem.

Na každou dilatační spáru byly před zahájením sypání hráze přibližně do poloviny výšky štoly spodní výpusti osazeny přímo odečitatelné dilatoměry (viz obrázek 2) a nivelační značky s cílem sledovat vývoj a měřit svislé a vodorovné posuny v dilatačních spárách a to zejména s ohledem na mezní průtažnost zesílených těsnících pásů uvnitř dilatací.

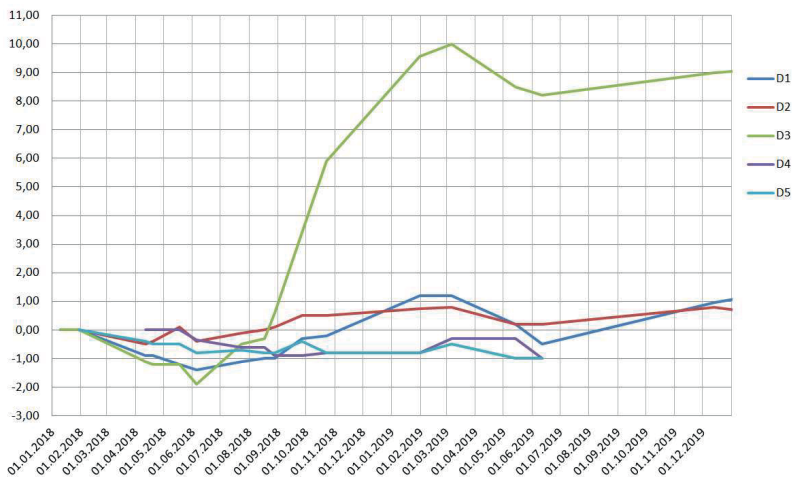


Obrázek 3: Dilatoměr.

Deformetrickým měřením bylo zjištěno, že v období od 10.1.2018 do 19.2.2020 došlo u inkriminované dilatace D3 k nárůstu svislé deformace o max. 7,6 mm a vodorovné deformace o max. 10,0 mm, tj. celková deformace v ose spodní výpusti cca 12,6 mm. Vzhledem ke vzájemnému naklonění jednotlivých dilatačních bloků bylo geometrickou metodou vypočteno, že při dolním okraji štolý může mít deformace dilatace až 15,9 mm. Mezní průtažnost těsnícího pásu, stanovená na max. 5 cm však překročena nebyla a vzhledem k postupné stabilizaci měřených hodnot by již překročena být neměla.



Graf 1: Relativní svislé deformace jednotlivých dilatací.

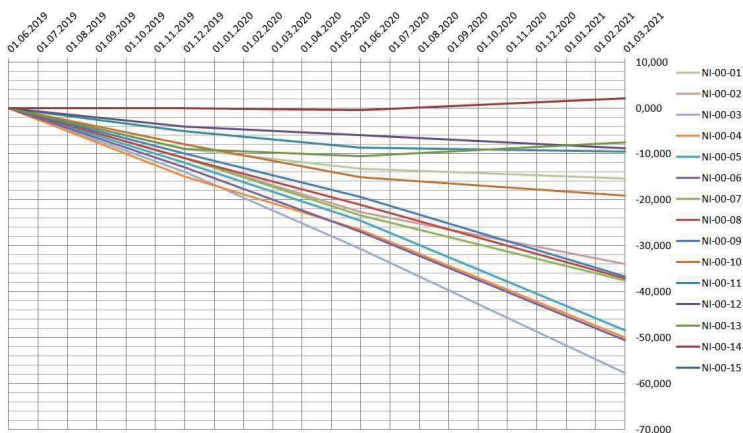


Graf 2: Relativní vodorovné deformace jednotlivých dilatací.

2.2 DEFORMACE HRÁZE

Za účelem sledování deformací hráze a sruženého objektu byly v rámci stavby vybudovány 2 vztažné body, dále celkem 15 monitorovacích bodů na koruně hráze, 4 body betonové konstrukci sruženého objektu a 10 bodů bylo umístěno do štolý spodní výpusti.

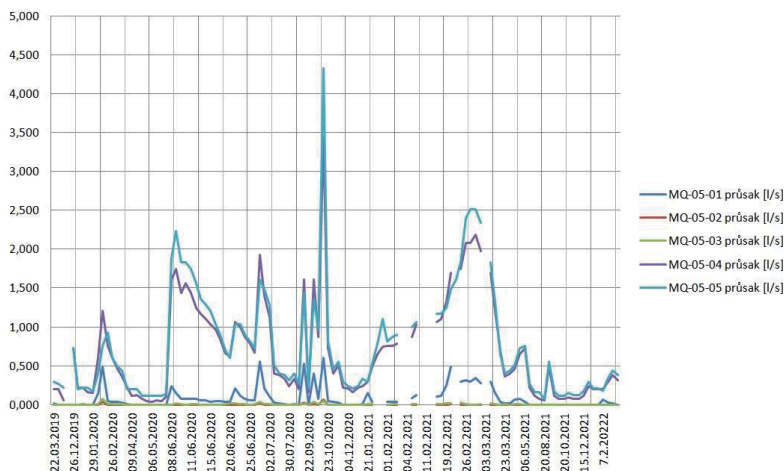
Porovnáním výsledků geodetického zaměření monitorovacích bodů metodou velmi přesné nivelace bylo zjištěno, že od základního zaměření v 06.2019 do 03.2021 došlo k sednutí hráze o max. 57,75 mm. Monitorovací body na sruženém objektu za dané období klesly o max. 3 mm. Měření VPN v odpadní štolý spodní výpusti potvrdilo sedání jednotlivých dilatačních bloků od 9 mm do 21 mm.



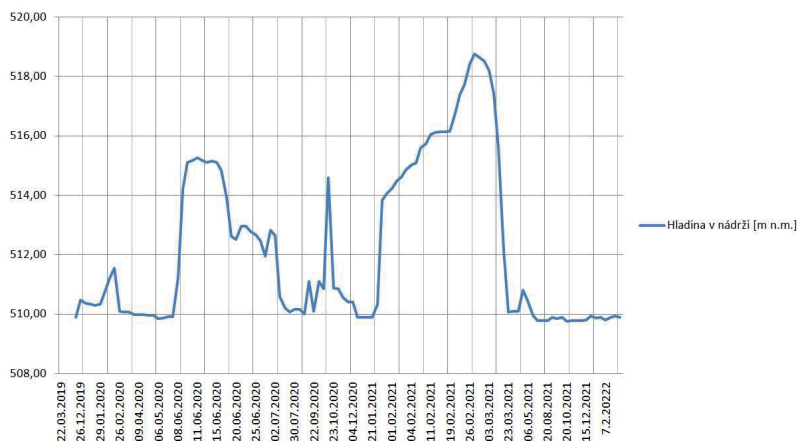
Graf 3: Sedání hráze od 06.2019 do 03.2021.

2.3 PRŮSAKY

SN Jelení je vybavena třemi měrnými šachtami na patním drénu. Měrné šachty obsahují celkem 5 měrných profilů, osazených měrnými přepážkami s Thompsonovými přepady pro vizuální odečet průsaků. Měření průsaků bylo zahájeno v 03/2019, tj. ihned po osazení měrných přepážek.



Graf 4: Měření průsaků.



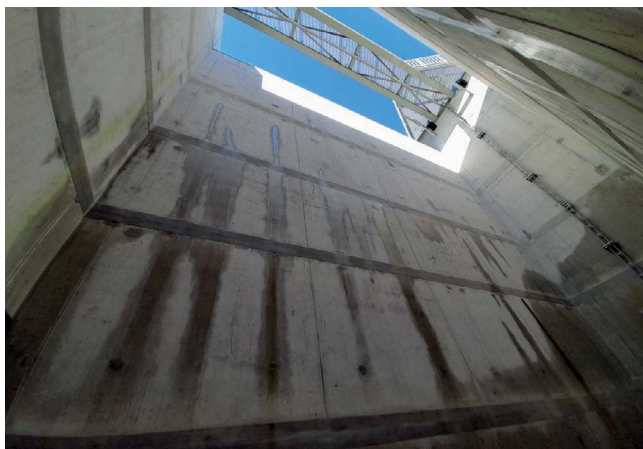
Graf 5: Měření hladiny v nádrži.

Pro hodnocení průsaků byly stěžejní zejména měření v průběhu zkušební napouštění. Z výsledků měření lze usuzovat, že velikost průsaků je z větší části závislá na úrovni vody v nádrži, ale částečně rovněž na úhrnu srážek v předchozím období. Již v průběhu výstavby byly sledovány výtoky z levého údolního svahu. Množství svahových vod bylo v tomto místě závislé zejména na srážkách.

3. ZKUŠEBNÍ NAPOUŠTĚNÍ A OVĚŘOVACÍ PROVOZ

V průběhu 2020 a 2021 byl z hlediska TBD proveden ověřovací provoz nádrže, který zahrnoval 2 fáze zkušební napouštění. V první fázi v průběhu června 2020 bylo dosaženo hladiny 515,15 m n. m. V druhé fázi v průběhu února 2021 pak bylo dosaženo max. kóty 518,75 m n. m., což odpovídá zhruba polovině výšky hráze.

Během ověřovacího provozu se projevíly drobné průsaky do vnitřní části sruženého objektu, zejména kolem záslepek po spínacích tyčích bednění, ale rovněž v pracovních a dilatačních spárách. Rovněž byly zaznamenány poruchy povrchů betonových konstrukcí - odlupující se sanační hmoty, výluhy, vesměs drobné nedostatky.



Obrázek 4: Průsaky do sruženého objektu.

Významnější průsaky byly pozorovány v obtokovém potrubí (netěsná příruba na vtoku), dále kolem uzávěrů spodních výpustí (povolené kotevní šrouby a shrnutá těsnící guma) a v horní pracovní spáře dobetonávky v čelní stěně sruženého objektu (nutná injektáž).

Během měření průsaků jsme pojalí podezření na obtékání měrných šachet patního drénu, díky kterému nelze objektivně posoudit zdroj přitékající vody do jednotlivých (v různých výškách umístěných) potrubí. Na základě výsledků zkoušky pomocí kontrastní látky se potvrdilo, že v okolí měrných šachet pravděpodobně dochází k sycení propustného prostředí patního drénu a ke vzdutí přitékající vody do nejnižšího umístěného potrubí.

Žádný z výše uvedených nedostatků však nikterak neomezuje funkci a bezpečnost vodního díla a na jejich odstranění se průběžně pracuje.

4. ZÁVĚR

Stavba SN Jelení byla financována z dotace Ministerstva zemědělství a z vlastních zdrojů státního podniku Povodí Odry.

Projektantem byla firma AQUATIS a.s. a hlavním zhotovitelem sružení firem OHL ŽS a.s., Metrostav a.s. a POHL CZ a.s. Celkové stavební náklady činily 147 660 000 Kč bez DPH.

Ověřovací provoz prokázal, že **SN Jelení** je možné provozovat bez omezení a v současné době je v **bezpečném a provozuschopném stavu**.

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří všem, kteří se podíleli jak na uvedených činnostech od povodně 1997, tak na přípravě a zhotovení suché nádrže Jelení.

LITERATURA

- [1] Pöyry Environment, a. s. Opatření na horní Opavě, 04.02 Nádrž Jelení, stavba č. 5751, Dokumentace pro provádění stavby
- [2] Povodí Odry, státní podnik, Suchá nádrž Jelení – I. Etapová zpráva technickobezpečnostního dohledu, 03/2021

Ing. Tomáš Skokan

Povodí Odry, státní podnik, Provozní odbor

tomas.skokan@pod.cz

Ing. Richard Šimek

Povodí Odry, státní podnik, Provozní odbor

richard.simek@pod.cz

Ing. Jiří Konečný

Povodí Odry, státní podnik, Investiční odbor

jiri.konecny@pod.cz

FLOOD UZH – NÁVRH RETENČNÝCH PRIESTOROV V POVODÍ HORNÉHO UHU

A. Šoltész, M. Orfánus & J. Mydla

Katedra hydrotechniky, Stavební fakulta STU v Bratislave, Slovenská republika

D. Mydla

Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Povodie Hornádu, Košice, Slovenská republika

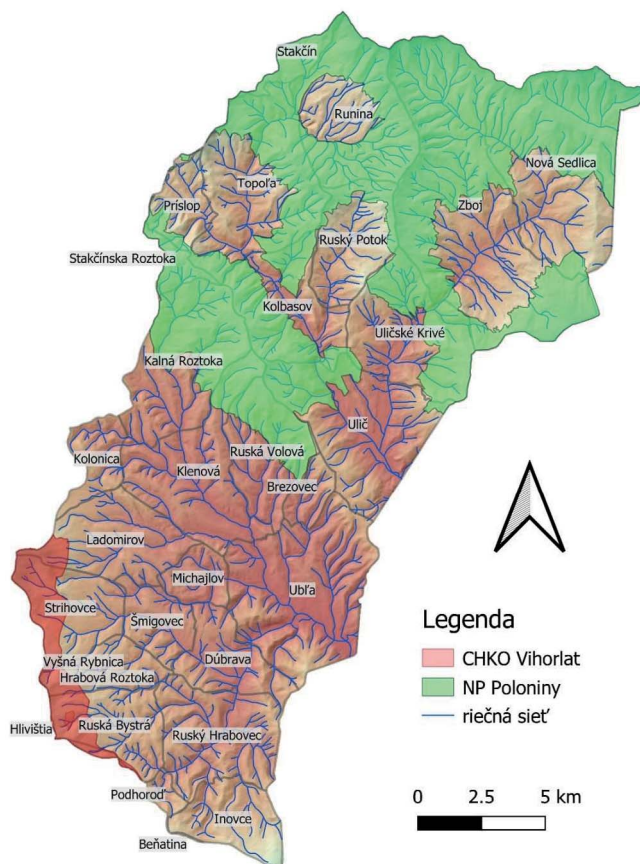
ABSTRAKT: V rámci jednej z aktivít projektu Cezhraničnej spolupráce Maďarsko – Slovensko – Rumunsko – Ukrajina HUSKROUA „Joint activities for the prevention of natural disasters in the transboundary Uzh River basin“ vypracoval kolektív katedry hydrotechniky SvF STU v Bratislave pre záujmové územie horného Uhu v povodí vodných tokov Ulička, Zbojský potok a Ublianka na slovenskom území návrh opatrení, ktoré majú slúžiť v prvom rade na sploštenie povodňovej vlny v hraničných profiloch daných tokov. Samotný návrh okrem tejto prvotnej funkcie má slúžiť aj na ovplyvnenie eróznio-sedimentačných procesov, ako aj na zlepšenie hydrického režimu v čase hydrologického deficitu. Na základe podrobnej terénnej obhliadky boli vytipované možné lokality vodozádržných opatrení, ktoré boli po kalibrácii matematického modelu následne zavedené do simulačných výpočtov povodňových situácií v oboch povodiach a ich funkčnosť bola posúdená pre sploštenie návrhovej povodňovej vlny Q_{100} . Vzhľadom k tomu, že viac ako polovicu povodia toku Ulička tvorí Národný park (NP) Poloniny, kde sa nesmeli robiť žiadne zásahy, bol nami navrhovaný systém suchých poldrov nedostatočný a museli sme pristúpiť aj k návrhu retenčných nádrží, ktoré by v čase sucha slúžili na nadlepenie prietokového a hladinového režimu v toku.

1. ÚVOD

Objednávateľ – Slovenský vodohospodársky podnik, š.p., Povodie Hornádu poskytol na spracovanie štúdie digitálny model terénu (DTM) riešeného územia (Geodis Slovakia, 2010) s aktuálnosťou údajov k roku 2010 a hydrologické údaje pre hraničné profily vodných tokov Ublianka a Ulička, ktoré zahŕňali údaje o dlhodobom priemernom ročnom prietoku, priemerných denných prietokoch v roku Q_M , maximálne prietoky Q_N a priebeh a objem návrhovej povodňovej vlny pre Q_{100} .

Pre riešenie úlohy v povodí tokov Ulička a Ublianka bol ako primárny nástroj na stanovenie hydrodynamického odtoku použitý dvojdimenzionálny softvérový nástroj HEC-RAS 2D. Bola aplikovaná metóda implicitného riešenia, ktorá umožňuje väčšie výpočtové časové kroky a zároveň zabezpečuje vyšší stupeň stability a robustnosti výpočtu (oproti explicitným možnostiam riešenia) a v porovnaní s tradičnými metódami konečných rozdielov a konečných prvkov. Pri rešpektovaní určitých zjednodušení a výpočtových predpokladov bol zostavený hydrodynamický výpočtový model odtoku, ktorý bol na základe dodaných hydrologických a morfológických podkladov nakalibrovaný a následne použitý na prognostické výpočty pri návrhu viacerých variantov na návrh prírody blízkych opatrení na zadržiavanie vody v krajine s následným vyhodnotením ich účinnosti (najmä transformácia povodňovej vlny).

Pre potreby numerickej simulácie tvorby odtoku v dotknutom území boli potrebné podkladové údaje, ktoré pozostávali ako z údajov hydrogeologických, morfológických ako aj z hydrologických. Záujmové územie povodia horného Uhu v povodí vodných tokov Ulička, Zbojského potoka a Ublianky má celkovú rozlohu približne 394 km². Je znázornená na obrázku 1.



Obrázok 1: Povodie horného Uhu (Ublianka a Ulička).

Základným morfológickým podkladom bol poskytnutý digitálny model terénu s rozlíšením 10x10 m v súradnicovom systéme S-JTSK Krovak East-North (Geodis Slovakia, 2010). Je nutné podotknúť, že detailnosť poskytnutého DTM výrazne obmedzovala možnosti konkrétnych návrhov vzhľadom na absenciu mnohých dôležitých krajínotvorných prvkov (koryto, násypy, hrádze a pod.). Skresľuje to tak získané poznatky o potrebných retenčných, resp. zásobných objemoch navrhovaných opatrení, polohové a výškové dáta o objektoch. Podstatne lepšie by bolo možné sa vysporiadať s riešením projektu pri takej presnosti DTM, ktorý v súčasnosti poskytuje mapový portál ZBGIS. Záujmové územie už bolo síce zalietané optickou technológiou diaľkového prieskumu Zeme LIDAR, ale vyhodnotenie DTM bude k dispozícii v ZBGIS až v roku 2023, resp. 2024.

2. METODICKÝ POSTUP

Najnovšie verzie programu HEC-RAS obsahujú aj funkcie z oblasti hydrológie, konkrétne možnosť modelovania odtoku na základe zrážok (tzv. rain on grid), teda ako vstupný parameter do 2D modelu je možné zadať aj zrážkové epizódy (HEC-RAS, 2021). Tieto sa potom premietajú priamo do buniek 2D siete. Zrážky sa zadávajú ako okrajová podmienka pre celú modelovanú oblasť formou hydrogramu zrážok.

Dôvodom použitia tohto nástroja bol aj fakt, že je možné v tom istom modeli navrhovať aj opatrenia, akými sú napríklad vodozadržné opatrenia, poldre alebo nádrže. Takéto modelovanie je vhodné použiť najmä ak je modelovaná oblasť dostatočne veľká a zrážka je signifikantnou zložkou, ktorá vytvára povodeň. Naopak, modelovanie nemá veľký zmysel v oblasti existujúceho veľkého toku, kde povodeň pritečie z územia ďaleko nad modelovanou oblasťou, čo nie je náš prípad.

Oblasti 2D prúdenia sú vytvorené pomocou polygónov reprezentujúcich lokality, ktoré majú byť modelované. Pozdĺž hraníc oblastí prúdenia musia byť definované okrajové podmienky, ktoré reprezentujú rôzne podmienky prietoku alebo obmedzenia, ktoré sa majú aplikovať na danú oblasť. Tieto okrajové podmienky predstavujú hranice prúdenia, kde prúd vstupuje do alebo vystupuje z oblasti prúdenia. Pre účely hydrodynamickej simulácie odtoku v danom území boli aplikované dve hlavné okrajové podmienky.

Jedným typom okrajových podmienok sú zrážky. Zrážka je "polygónový typ" podmienky nastavenej pre každý výpočtový uzol (mm za časovú jednotku) v doméne. Okrajová podmienka zrážok by mala byť nastavená buď ako konštantná, alebo v závislosti od času s definovaným časovým krokom. Druhou okrajovou podmienkou je odtok, ktorý je aplikovaný na hranicu, kde tok opúšťa 2D oblasť.

Ďalším krokom riešenia bola kalibrácia zostaveného modelu. Cieľom kalibrácie modelu bolo kvantifikovať presnosť matematického modelu a nastavenia jednotlivých parametrov, porovnať ho s návrhovou povodňovou vlnou v hraničných profiloch tokov Ublianka a Ulička podľa (SHMÚ, 2011), či je modelovanie dostatočne presné na to, aby sa dalo použiť ako relevantný modelovací nástroj.

Okrem návrhovej zrážky ako okrajovej podmienky sa pre získanie čo najpresnejších výsledkov kalibrovalo aj nastavenie simulácie (numerická schéma, rozlíšenie siete a parametre existujúcich objektov). Vo fáze kalibrácie bola vyvinutá aj správna metóda prírastku časového kroku a limity na zabezpečenie stability výpočtu a spoľahlivosti výsledkov.

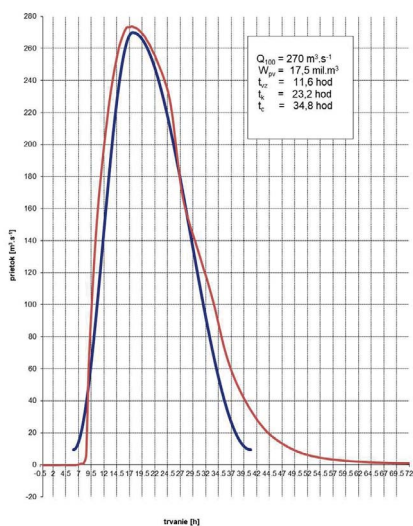
Výsledok kalibrácie hydrodynamickeho modelu je znázornený na obrázku 2, kde je znázornený priebeh návrhovej povodňovej vlny pre Q_{100} na toku Ulička v hraničnom profile stanovený SHMÚ (modrá farba) a červenou farbou je znázornený priebeh namodelovanej návrhovej povodňovej vlny pomocou modelu 2D HEC-RAS.

V rámci rekognoskácie záujmového územia, ktorú vykonal riešiteľský kolektív v septembri 2021, boli preskúmané objekty na oboch tokoch a navrhnuté možné lokality vodozadržných opatrení v problematických miestach v povodiach.

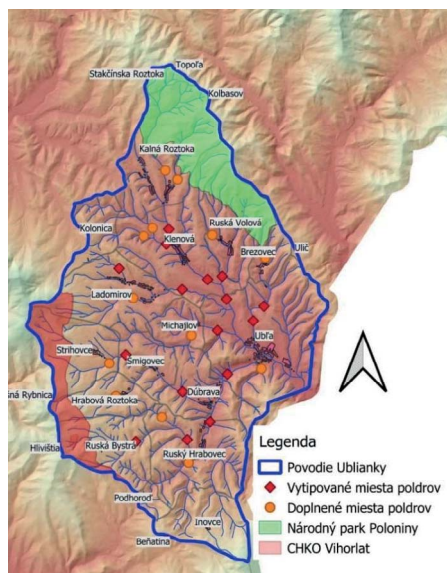
Tieto lokality vybrané v povodí toku Ublianky sú znázornené na obr. 3 červenými značkami. Boli volené tak, aby nezasahovali do Národného parku Poloniny (zelená farba) a CHKO Vihorlat (tmavoružová farba), čo v prípade povodia Ublianky nebol až taký problém. Horšie to bolo v povodí toku Ulička, kde NP Poloniny zaberá viac ako 55% záujmového územia. Na obrázku sú tiež znázornené lokality, ktoré sme doplnili po prvých výpočtoch (oranžová farba), kde by pre lepšiu transformáciu návrhovej povodňovej vlny boli potrebné ďalšie vodozadržné opatrenia.



Priebeh návrhovej povodňovej vlny pre Q100
Tok: Ublianka Profil: Ubl'a rkm 0,2



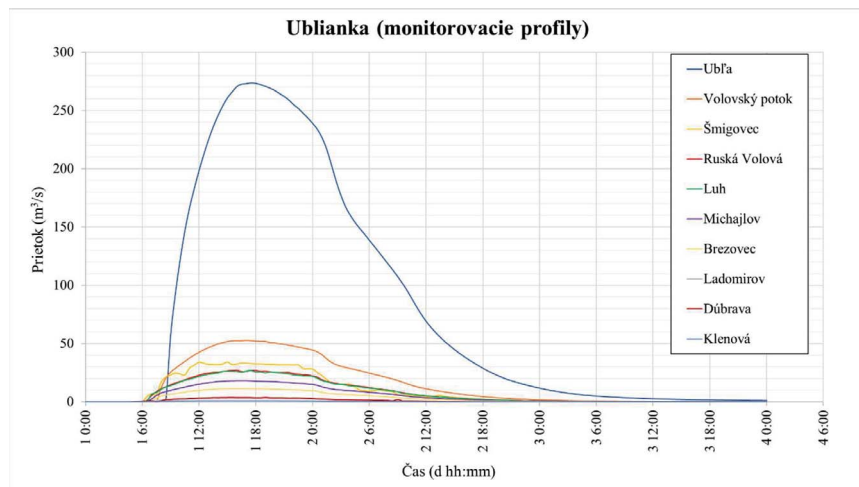
Obrázok 2: Návrhová povodňová vlna Q_{100} na Ublianke v profile Ubl'a (rkm 0,200).



Obrázok 3: Návrh lokalít vodozádržných opatrení v povodí toku Ublianka.

3. ČASOVÝ VÝVOJ PRIEBEHU NÁVRHOVEJ POVODŇOVEJ VLNY Q₁₀₀ A JEJ TRANSFORMÁCIA V POVODÍ UBLIANKY

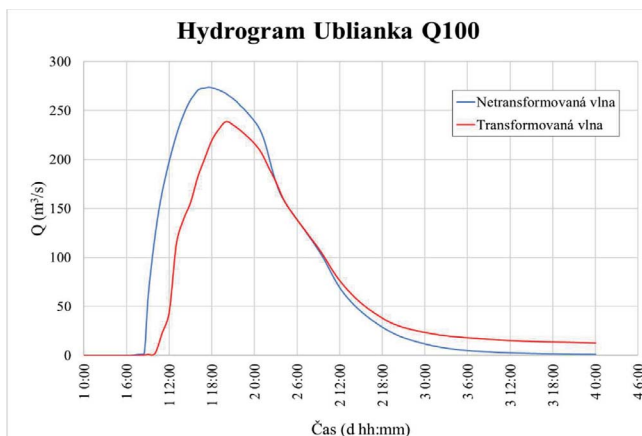
Pre znázornenie časového vývoja priebehu návrhovej povodňovej vlny v povodí Ublianky boli zvolené monitorovacie profile, v ktorých boli vyhodnotené čiastkové povodňové vlny. Na obrázku 4 sú znázornené tieto priebehy pre prirodzené podmienky tvorby odtoku. Najvýraznejšie sa odtok formoval v severnej časti povodia v okolí obce Klenová (Volovský potok, Klenovský potok, Chmeľnica). Boli základom pre vyhodnotenie efektivity transformácie povodňových vln v jednotlivých čiastkových povodiach (Šoltész a kol., 2022).



Obrázok 4: Časový priebeh prietoku v monitorovacích profiloch v povodí Ublianky.

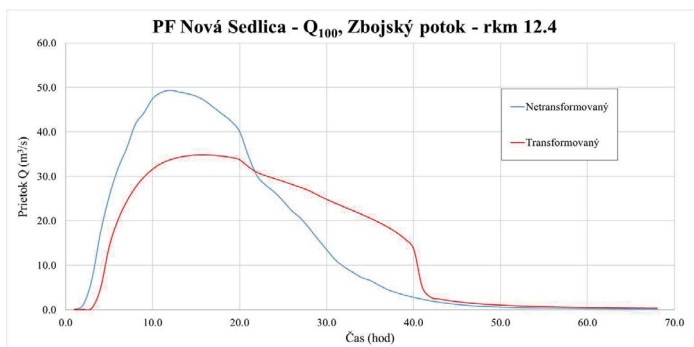
Vplyv návrhu vodozádržných opatrení v oblastiach vhodných (hlbšie údolie, širšia riečna niva) na prirodzenú alebo umelú transformáciu povodňových vln, ktoré boli vložené do DTM, bol určený sériou simulačných výpočtov. Na ich základe boli stanovené stavebné parametre vodozádržných opatrení (poloha v rkm, výška poldra, dĺžka hrádze poldra v korune, objem poldra) tak, aby bola dosiahnutá maximálna efektivita transformácie povodňových vln. Tieto parametre boli následne overené na povodňovej vlně pre Q₁₀₀ a Q₂₀. Výpočty na hydrodynamickom modeli so zohľadnením navrhnutých vodozádržných opatrení na základe terénnej rekognoskácie preukázali v povodí Ublianky v profile Ubl'a transformáciu povodňovej vlny o 13% pre návrhovú povodňovú vlnu pre Q₁₀₀ (obrázok 5) a transformáciu o 29% pre povodňovú vlnu s pravdepodobnosťou opakovania raz za 20 rokov.

Podobný postup sme zvolili aj pre povodie Uličky s tým, že lokality možných vodozádržných opatrení boli umiestnené mimo NP Poloniny. Výpočty na hydrodynamickom modeli so zohľadnením navrhnutých vodozádržných opatrení preukázali, že maximálnu hodnotu prietoku povodňovej vlny 290 m³.s⁻¹ v povodí Uličky v profile Ulič nie je možné pre návrhovú povodňovú vlnu pre Q₁₀₀ transformovať.

Obrázok 5: Transformácia povodňovej vlny pre Q_{100} v profile Ubl'a.

Vzhľadom k nedosiahnutiu potrebnej transformácie návrhových povodňových vln v povodiach oboch tokov sme sa zamerali na možný návrh retenčných, resp. viacúčelových nádrží. Boli vytipované viaceré lokality pre takýto návrh, ekonomicky zdôvodniteľný nám pripadal návrh troch viacúčelových nádrží, ktorých efektívnosť pri protipovodňovej ochrane bola preverená hydrodynamickým modelovaním. Ich objemy retenčného priestoru dosahovali hodnoty medzi 500 tis. až 1 mil. m³, silne napomohli pri transformácii povodňových vln v čiastkových povodiach (obrázok 6), ale transformácia návrhovej povodňovej vlny pre Q_{100} v hraničnom profile, či už v povodí Ublianky alebo Uličky nebola na požadovanej úrovni.

Súčasťou riešenia danej úlohy bola aj lokalizácia možných stabilizačných stupňov, resp. prehrádzok bez transformačného účinku na zmiernenie pozdĺžneho sklonu tokov v povodiach, ktorým sa, bohužiaľ, v poslednej dobe nevenuje žiadna alebo len minimálna pozornosť.



Obrázok 6: Znáznornenie hydrogramu v profile Nová Sedlica na Zbojskom potoku.

4. ZÁVER

Predkladaný príspevok vznikol na základe štúdie, ktorá bola vypracovaná kolektívom katedry hydrotechniky Stavebnej fakulty STU v Bratislave v rámci spoločného projektu Flood Uzh programu INTERREG medzi podnikmi povodí v SR a Ukrajinou. Mal napomôcť zvýšiť možnosti protipovodňovej ochrany územia horného Uhu na slovenskom území a prispieť tým k zníženiu kulminácie povodňových vln na dolnom úseku Uhu ako na ukrajinskom, tak aj na slovenskom území. Boli preskúmané viaceré možnosti návrhu protipovodňových opatrení, konečná verzia ukázala, že návrh retenčných nádrží v kombinácii so suchými poldrami sa javí, ako najpriateľnejší. Je potrebné však uviesť, že parametre návrhových povodňových vln (kulminácia, objem), ktoré boli podkladom pre riešenie protipovodňových opatrení, sú tak vysoké, že v povodí, kde 55 % územia tvorí národný park, je takáto úloha veľmi obtiažna, až nemožná.

POĎAKOVANIE

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu FLOOD UZH – štúdia návrhu retenčných priestorov v povodí horného Uhu programu ENI Cezhraničná spolupráca Maďarsko-Slovensko-Rumunsko-Ukrajina podľa metodiky vypracovanej v rámci projektu APVV-19-383 „Prírodné a technické opatrenia zamerané na retenciu vody v podhorských povodiach Slovenska“.

LITERATURA

- [1] GEODIS SLOVAKIA (PHOTOMAP).: DTM riešeného územia v zmysle podmienok licenčnej zmluvy číslo 1724/2012-PR zverejnenej na <https://www.crz.gov.sk/598073/> a licenčnej zmluvy číslo 1723/2012-PR zverejnenej na <https://www.crz.gov.sk/598070/>.
- [2] HEC-RAS 2D Modeling User's Manual, version 6.0 Beta, US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Davis, May 2021, 240 s.
- [3] SHMÚ – tok Ublianka, profil Ubl'a (st. v km 0,2) – dlhodobý priemerný ročný prietok, priemerné M-denné prietoky a maximálne N-ročné prietoky za referenčné obdobie 1961-2000, objem, tvar a trvanie návrhovej povodňovej vlny pre Q_{100} , 2011.
- [4] SHMÚ – tok Ulička, profil Ulič (st. v km 0,2) – dlhodobý priemerný ročný prietok, priemerné M-denné prietoky a maximálne N-ročné prietoky za referenčné obdobie 1961-2000, objem, tvar a trvanie návrhovej povodňovej vlny pre Q_{100} , 2011.
- [5] ŠOLTÉSZ, A., ORFÁNUS, M., MYDLA, J. FLOOD UZH – štúdia návrhu retenčných priestorov v povodí horného Uhu, Stavebná fakulta STU v Bratislave, 2022, 63 s.

prof. Ing. Andrej Šoltész, PhD.
andrej.soltesz@stuba.sk

doc. Ing. Martin Orfánus, PhD.
martin.orfanus@stuba.sk

Ing. Jakub Mydla
jakub.mydla@stuba.sk
Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Ing. Dušan Mydla
Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. Povodie Hornádu, Ďumbierska 14, 041 59 Košice
dusan.mydla@svp.sk

MANAGEMENT SEDIMENTU VE VODNÍCH NÁDRŽÍCH – ZPŮSOBY NAKLÁDÁNÍ SE SEDIMENTEM, PŘETVOŘENÍ SEDIMENTU DO VÝROBKU – STABILIZOVANÝ SOLIDIFIKÁT

J. Vrzák

HG partner s.r.o., Úvaly, Česká republika

J. Borovec & J. Jan

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., České Budějovice, Česká republika

ABSTRAKT: Klastř CREA Hydro&Energy z.s.je řešitelem výzkumného úkolu „Vývoj a výzkum hybridních protiabrazních opatření na vodních nádržích za použití dnového sedimentu a vývoj zařízení pro jejich realizaci“. Tento výzkumný úkol byl zahájen v roce 2020 a předpokládá se ukončení koncem tohoto roku. Jedním z hlavních témat výzkumného úkolu je řešení přetvoření sedimentu na stabilizovaný solidifikát při ekonomicky realizovatelném nakládání se sedimentem s použitím na větší objemy sedimentu – řády stovek tisíc kubíků. Byly odebrány vzorky sedimentů z různých nádrží a realizovány desítky testů receptur na sedimentech různých typů. Výsledkem je stabilizovaný solidifikát, se kterým se dá nakládat jako s výrobkem. V průběhu laboratorního testování bylo provedeno rozdělení na 5 druhů výrobku dle geomechanických vlastností, nákladů, způsobu využití a další.

V rámci výzkumných prací byl zřízen poloprovaz a postaven zkušební polygon („ostrov“) na střední Novomlýnské nádrži (Věstonická nádrž). Zde probíhala i těžba sedimentu a jeho přetvoření na výrobek (1 až 5) ve speciálním míchacím zařízení. Stabilizovaný solidifikát byl následně použit do konstrukce nového ostrova. Na novém ostrově bude v letošním roce probíhat monitoring, zahrnující mimo jiné chování nových konstrukčních prvků ze sedimentu, jeho tvarová stálost a jiné parametry. V rámci ochrany ostrova před účinkem vln byly, rovněž ze solidifikovaného sedimentu, vytvořeny i experimentální konstrukce ponořených vlnolamů. Dalším způsobem využití stabilizovaného solidifikátu je využití vně nádrže, například do zemních těles a vytvoření zásoby „zeminy“ pro jiné stavební akce.

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Dobré zvládnutí managementu sedimentů je jedním ze základních odborných úkolů správců povodí a správců vodních toků a nádrží. Problematika sedimentů a jejich managementu je významným tématem v činnostech státních podniků Povodí.

Proces zanášení nádrží přináší především negativní důsledky. Jednak samotný objem materiálu významně snižuje prostor pro manipulaci s vodou, současně však látkové složení sedimentujících částic často negativně ovlivňuje jakost vody. Tato skutečnost více rezonovala v posledních letech i s ohledem na období sucha. Přestože je situace okolo vodní bilance v krajině již výrazně lepší, úkolem vodohospodářů je být připraven. Nedostatek disponibilní vody v nádrži neznamena pouze faktický nedostatek vody, ale také nedostatek kvalitní vody pro další nakládání. Zhoršení kvality vody v nádrži přináší například zvýšení nákladů na úpravu vody ve vodárenských nádržích, ale také omezení dalších funkcí jako je rekreační

(např. Brněnská přehrada, VN Vranov), ekologická (kyslíkový deficit, úhyn ryb, ...). Sediment se v průběhu roku chová jako „houba“, která akumuluje především fosfor, dusík a jiné látky, které se následně při vhodných podmínkách uvolňují do vodního sloupce, což často vede k tvorbě problematických sinic.

2. ALTERNATIVNÍ VYUŽITÍ SEDIMENTU

Náhled na sediment jako na odpad s sebou často přináší velké či obtížně řešitelné problémy – viz výše. Může se jednat o přesuny materiálu na velké vzdálenosti, nedostatek úložných kapacit apod. Často se přesuny týkají stovek tisíc tun materiálu, který je pouze přepravován, ale nijak nevyužit. S ohledem na aktuální potřebu snížení emisí CO₂ nelze tento způsob nakládání označit za udržitelný.

Alternativním přístupem je sediment chápán jako využitelný materiál, zdroj, druhotná surovina. Nikoli jako odpadu. **Přetvořením sedimentu v materiál nahrazující ku příkladu výplňové konstrukční materiály či lomový kámen, na místech nevyžadujících vysokou pevnost, je ideálním ekonomickým řešením a řešením přátelským životnímu prostředí.**

2.1 MOŽNÉ VYUŽITÍ SEDIMENTU/VÝROBKU

Stabilizovaný solidifikát/výrobek, lze využít jak v rámci samotných nádrží, tak mimo nádrž.

V rámci nádrží se nabízí využití například v podobě protiabrazních opatření. Využití se nabízí jak u aktivní, tak u pasivní ochrany břehových partií. Může se jednat například o vlnolamy různých typů – ponořené, poloponořené, dále ostrovy nebo jiné konstrukční prvky v nádrži. Jeho primární funkcí je narušení vlny a díky tomu snížení abrazní činnosti na břehu. Přírodě blízká opatření pak mohou mít s výhodou také další druhotné funkce v podobě úkrytů pro ryby, vytváření různých refugií pro bezobratlé živočichy, poskytnutí substrátu pro růst rostlin nebo vytvoření vhodných podmínek pro hnízdění ptactva. Druhotnou funkcí vlnolamů je i vytvoření podmínek pro hnízdění ptactva.

Přínosy těchto opatření

- Udržitelné hospodaření s přírodními zdroji,
- Významné snížení nákladů na materiál konstrukcí,
- Využití místního dostupného materiálu,
- Snížení dopravní zátěže,
- Rozvoj biodiverzity nádrží např. umožnění hnízdění ptactva.

Díky vybudování vlnolamů předcházíme

- Snížování objemu nádrží o 30 až 60 % (orientační hodnoty),
- Ohrožení okolních pozemků,
- Ohrožení ostrovů sloužících jako hnízdiště ptactva

3. PŘETVOŘENÍ SEDIMENTU – STABILIZOVANÝ SOLIDIFIKÁT

První etapa projektu byla věnována výzkumným činnostem v podobě příprav záměsí jako základu pro výrobu výrobků. Druhá etapa, o které pojednává tato zpráva detailně, se výhradně zaměřuje na realizaci zkušebního polygonu v podobě „ostrova“. Bezprostředně navazuje na první etapu projektu. Následující třetí etapa bude věnována monitoringu výstupů vzešlých ze druhé etapy.

Cílem projektu je prokázat, že lze vyrobit funkční protia abrazní opatření ze zušlechťeného sedimentu. Konkrétně se jedná o realizaci protierozních opatření na vodních nádržích za použití sedimentu jako lokálně dostupného materiálu.

3.1 PRVNÍ ETAPA – PŘÍPRAVA RECEPTUR

V první etapě projektu bylo testováno velké množství receptur sloužící ke zpracování či zušlechťení sedimentů do výrobku. Pro tyto prvotní testy byl použit suchý směsný vzorek z různých přehrad, který byl vysušen, nejmenno rozetřen a přesítován přes síto s oky 125 µm. Jednotlivé receptury pro připomenutí zahrnovaly:

- přídavek cementu v různém poměru k suché hmotnosti sedimentu (hodnoty 8-1)
- přídavek písku jako plniva, které dodá výrobku částice o větší velikosti (částice 0-4 mm)
- přídavek betonového recyklátu jako plniva
- přídavek vody nebo nasycené vápenné vody v různém objemu pro dosažení různého vodního součinitele
- přídavek vodního skla a dusičnanu železitého pro zvýšení pevnosti výrobku
- přídavky plastifikátorů pro zlepšení zpracovatelnosti
- přídavky alkálií v podobě NaOH ke zvýšení rychlosti tuhnutí
- přídavky dalších přísad v podobě vysokopecní strusky, teplárenského popílku, liaporu, dřevního popela, cihelný prachu vyžíhaného sediment
- byla zkoušena možnost využití alkalické aktivace za pomoci vysokého přídavku NaOH.

Sediment z Věstonické nádrže byl také testován pomocí technik rentgenové spektroskopie (XRF a XRD) ke zjištění podílu amorfních složek. Tyto složky jsou sěžejní pro tvorbu geopolymerních struktur v procesu alkalické aktivace. Sediment nemá potřebnou kvalitu ke tvorbě geopolymérů vzhledem k velice nízkým koncentracím amorfního Si a Al.

Receptury s přidavky vodního skla a dusičnanu železitého měly sice nejlepší výsledné pevnosti a vykazovaly rychlejší nárůst pevností, pro 2. etapu projektu, tedy realizaci opatření na Věstonické nádrži, byly tyto varianty z ekonomických důvodů opomenuty. Pro tyto účely byly zvoleny základní receptury s přidavkem směsi hydraulických pojiv založené na portlandském cementu v různém poměru v závislosti na typu výrobku (Tabulka 1).

Tabulka 1. Přehled výrobků použitých při studii protierozního opatření na Věstonické nádrži

Výrobek č. 1	Solidifikovaný sediment -solidifikovaný a stabilizovaný sediment malé strukturní pevnosti plnící funkci výplňového materiálu
Výrobek č. 2	"Kostky" - krychle o straně 8,5 cm velikosti připomínající dlažení kostku, vyšší penovostní vlastnosti
Výrobek č. 3	Vaky plněné solidifikovaným sedimentem - vaky plněné solidifikovaným sedimentem
Výrobek č. 4	Konstrukční ponořený vlnolam - geometricky trojrozměrný vlnolam o velikosti 1 m ve všech osách, výrobek tuhne ve speciální formě
Výrobek č. 5	Poloponořený vlnolam "pařezy" - pařezy o velikosti až 2 m opatřené závažím z výrobku dle receptury č. 5

Těžené sedimenty vstupující do procesu úpravy na výrobky vykazovaly určitou variabilitu zrnitostního složení v závislosti na konkrétním místě těžby a odebrané mocnosti rostlého sedimentu. Jejich složení však dobře reprezentuje vzorek sedimentu, jehož zrnitost uvádíme v Tab. 2. Pro doplnění zrnitostní frakce a jako plnivo, které umožní vytvořit kostru výrobku byl

použit nejlevnější betonový recyklát, tzv. podsítná frakce, v tomto případě velikost částic pod 8 mm (Tab. 2).

Tabulka 2. Reprezentativní zrnitostní složení těžného a zpracovávaného sedimentu a použitého betonového recyklátu podsítné frakce < 8 mm.

	Zastoupení částic v jednotlivých velikostních frakcích (%)							
	<63 µm	63-125 µm	125-250 µm	250-500 µm	500-1000 µm	>1000 µm	>2000 µm	>5000 µm
sediment	69,9	16,3	7,6	5,1	1,0	0,0	0,0	0,0
betonový recyklát < 8 mm	8,3	20,1	21,3	12,5	11,9	10,1	6,8	8,5

Tento materiál byl použit do výrobků č. 1, 2 a 3. Pro výrobek číslo 4, tedy konstrukci vlnolamu, který vyžaduje vyšší konstrukční pevnost byla použita namísto recyklátu směs kameniva (zrnitost 8-16 mm, praného písku (zrnitost 0-4 mm) a určitá příměs sedimentu. Hmotnostní poměr plniva k cementu byl pro jednotlivé výrobky odlišný a pohyboval se v rozmezí 8 až 3 (kg/kg).

POSTUP PRACÍ DRUHÉ ETAPY

Sediment byl těžen na východní straně ostrova B (jižní ostrov na soutoku Svratky a Jihlavy) pomocí speciální těžební lodi s maximálním ponorem 0,4 m. Loď s dvakrát lomenou hydraulickou rukou a drapákem o objemu 200 litrů společně s rotátorem poskytl přesné bagrování velké plochy na jedno zakotvení a přesné ukládání sedimentu do kovových van nebo lehčích, upravených IBC kontejnerů. Tyto nádoby byly umístěny na transportních pontonech a přepraveny na zkušební pole..



Obrázek 2. Průběh těžby sedimentu ze speciální lodi za pomoci dvakrát lomené hydraulické ruky vybavené drapákem s rotátorem.

Obrázek 3. Vyložení sedimentu.

Výrobek č. 1 – Solidifikovaný sediment

Odvodněný sediment byl spolu s betonovým recyklátem a portlandským cementem dávkován minibagem vybaveným lžící o objemu přibližně 40 litrů dle daných receptur do míchací lžice se šnekovým míchadlem. Zde byl materiál homogenizován po dobu 5 až 10 minut a následně vyklacen na odkládací plochu k tunutí (výrobek č. 1). Konzistence takto zpracovaného materiálu se blížila konzistenci čerstvě vykopané jílovo hlinité zeminy. Alternativně lze použít speciální zařízení s dvěma protiběžnými šroubovými míchadly. Míchání nesmí být prováděno bubnovým míchačem, docházelo by tak k přilínání směsi na stěny míchacího zařízení. Čerstvý výrobek byl ponechán na ploše k vytvrdnutí po dobu nejméně 3 týdnů a následně suchý lžící

bagru rozdrcen na frakci < 50 mm. Výrobek v této fázi připomínal hrudkovitou suchou zeminu, která se nerozplavovala ani za silných dešťů. Tento výrobek byl použit jako hlavní materiál pro tvorbu polygonu, neboli „ostrova“ viz další kapitola.



Obrázek 4. Míchací lžíce připojená ke smykovému nakladači typu UNC.



Obrázek 5. První polotovar výrobku. Solidifikovaný sediment – výrobek č. 1 před vyzráním a nadrcením na frakci < 50 mm.

Výrobek č. 2 – „Kostky“

V případě výrobku č. 2 byl sediment plošně dávkován na předem připravené formy o rozměrech jednotlivých polí $8,5 \times 8,5$ cm. Do forem byl sediment vtlačěn a zavibrován pomocí vibrační desky. V těchto formách byl výrobek ponechán cca 2 dny, následně vyklopen a ponechán k dalšímu zrání na suchu. Po vyzrání byl výrobek „kostky“ použit jako stavební prvek dalších konstrukcí



Obrázek 6. Plnění zušlechťeného sedimentu do formy a jeho udusání.



Obrázek 7. Výrobek č. 2 – krychle ze solidifikovaného sedimentu.

Výrobek č. 3 – Vaky plněné solidifikovaným sedimentem

Jutové vaky pro vytvoření výrobku č. 3 byly navlečeny na výpustní hrdlo míchací lžíce a přímo při vypouštění plněny. Čistě přírodní složení není náhodné. Jutové pytle byly zvoleny právě díky svému charakteristickému přírodnímu složení a biodegradabilitě.

Vaky byly dále ponechány na staveništi ke zrání a po cca 3 týdnech naloženy na transportní pontony a převezeny na lokalitu uložení, kde slouží jako ponořené vlnolamy. Vaky byly ukládány na pomoci těžební lodě na sebe do valu v potřebném množství a do potřebné výšky.



Obrázek 8. Výrobek č. 3, vak plněný
Obrázek 9. Ukládání výrobku č. 3 do nádrže.
solidifikovaným sedimentem.

Výrobek č. 4 – konstrukční ponořený vlnolam

Výrobek č. 4 vyžadoval nejvyšší konstrukční pevnosti vzhledem ke své subtilní konstrukci a současně velkým rozměrům (1*1*1 m). Vlnolam, který měl tvar v podobě 3 desek protnutých ve všech 3 osách, byl namíchán z kameniva, písku, sedimentu a portlandského cementu. Směs z míchací lžice byla přímo vypouštěna do speciálně navržené a vyrobené rozebíratelné formy. V průběhu plnění formy byl materiál průběžně vibrován ponorným vibrátorem a na závěr opatřen drátěným okem v horní části výrobku pro možnost následné manipulace. Ve formě byl výrobek ponechán 3 až 5 dní ke ztuhnutí a následně odbedněn. Po minimálně měsíci byly tyto výrobky transportovány na vybranou lokalitu a umístěny do linie za sebou. Takto vytvořily liniový vlnolam.



Obrázek 10. Pohled na plnění formy zušlechťeným
sedimentem.

Obrázek 11. Výrobek č. 4 – vlnolamu
„kříže“ s jeho modelem.



Obrázek 12. Umístění ponořeného vlnolamu „kříže“ do nádrže.

Výrobek č. 5 – Poloponořené vlnolamy „pařezy“

Nevyužité pařezy nám byly poskytnuty Ředitelstvím silnic a dálnic ve spolupráci s Lesy ČR. Byly dopraveny na místo s dodržáním minima transportní vzdálenosti. K pařezům bylo drátem (průměr 3 mm) připevněno připravené závaží zajišťující stabilitu pařezů na místě uložení. V nádrži jsou umístěny tak, aby se polovina pařezu tyčila nad hladinou. Jednotlivé pařezy byly umísťovány do linie nebo shluků. Jedná se o čistě přírodní vlnolamy, které se současně stanou habitatem pro ryby.



Obrázek 13. Převrácení na místo uložení.



Obrázek 14. Výrobek č. 5 „pařezy“ s funkcí čistě přírodních poloponořených vlnolamů.

ZKUŠEBNÍ POLYGON – „OSTROV “

Polygon sloužící jako vlnolam, do jehož stavby byly použity i výrobky ze sedimentu, zejména výrobek č. 1, je nejzásadnější výstup druhé etapy. Polygon byl pracovním názvem nazýván jako „ostrov“ a je zhotoven v trase převládajícího směru větru. Vedle hlavní funkce vlnolamu má polygon také plnit funkci hnízdiště pro rybáka obecného. Těchto hnízdišť je v lokalitě kritický nedostatek a při návrhu a stavbě byly zohledněny také potřeby ptáků na strukturu a tvar povrchu.

Projektová dokumentace předepisuje sklon návětrné strany vlnolamu 1:2, který plynule přechází do sklonu 1:1,25 v místě přechodu na závětrnou stranu. Půdorysná plocha koruny je 50 m² a celého tělesa 263,5 m². Objem středu ostrova činí 146,6 m³, objem kamenného pláště je 206,3 m³ a celého tělesa 409 m³. Obvod vlastního těla ostrova, který je ledvinovitého tvaru je vyztužen ocelovými sudy naplněnými výrobkem č. 1. Navrhovaná koruna vlnolamu je na kótě 171,28 m n. m.

Na závětné straně je navrženo litorální pásmo se sklonem 1:10 a je tvořeno rovněž solidifikovaným sedimentem. Objem litorálního pásma činí 117,2 m³ a pokrývá plochu 156 m². Závětná strana je ze všech stran ohraničena lemem tvořeným betonovým recyklátem frakce 16–32 mm, která tlumí sílu vln a zabraňuje odnosu menších částic výrobku č. 1.

Stavební práce

Realizace ostrova je praktickým a současně největším výstupem projektu. Jedná se o zkušební polygon v podobě „ostrova s pláží“. Funguje jako protiabrazní opatření a současně slouží jako hnízdiště pro ptáky, kterým vytváří přirozený habitat. Pláž se nachází na severozápadní části ostrova. Poblíž ostrova, v jeho východovýchodojižní části, je umístěno zařízení měřící rychlost a směru větru. Již od prosince 2021 je okolí ostrova monitorováno.

Před vybudováním ostrova byla lokalita zmapována a vytyčeny obrysy polygonu a pláže, a současně byly připraveny výrobky č. 1 a 2 v potřebném množství. Dále byly připraveny ztužující konstrukční prvky ostrova v podobě plechových válců, které tvořily vnější kostru „ostrova“. K vytvoření těchto prvků byly „zrecyklovány“ vymyté potravinářské plechové sudy o objemu 200 litrů, kterým bylo odříznuto dno. Válce byly vytvořeny do potřebné výšky spojením dvou sudů pomocí zvlnění okraje jednoho z nich. Tímto vlněním byl nasunut do druhého sudu a následně ještě snýtován. Sudy byly transportovány na místo ostrova a pomocí těžební lodi s hydraulickou rukou zatlačeny na původní dno nádrže, přibližně 30 až 60 cm do sedimentu. Sudy byly rozmístěny dle projektové dokumentace ve dvou řadách do tvaru ledviny. Celkem bylo použito 37 ocelových dvoj-sudů. V další fázi stavby byl navážen transportními pontony výrobek č. 1 uložený v textilních vacích (tzv. „big bag“). Hydraulickou rukou vybavenou hákem byl přemístěn nad jednotlivé sudy a vysypán ze spodní části rozvázáním výsypného otvoru. Pata sudů z vnější strany byla opatřena netkanou jutovou geotextilií s gramáží 300 g/m², zasypána betonovým recyklátem o frakci 0–64 mm a překryta lomovým kamenem, sloužícím jako opevnění před vlnami. Následovalo plnění vnitřku ostrova výrobkem č. 1 až na výšku zanořených sudů. Následně byl celý taktó vytvořený „ostrov“ obsypán a překryt vrstvou lomového kamene. Z důvodu podružné funkce ostrova jako hnízdiště pro ptáky byla navezena vrstva betonového recyklátu ve velikostní frakci 0–32 mm a doplněna o finální povrchovou vrstvu kačírku o výšce cca 5–10 cm. Pláž byla dále taktéž vytvořena navážením výrobku č. 1 a následně hrana pláže obsypána betonovým recyklátem velikostní frakce 0–64 mm.



Obrázek 15. Stavební soulodí tvořené zakotveným pontonem, těžební a současně operační lodí s hydraulickou rukou a pochozími plošinami, které umožňovalo posun v kolmé osově rovině.



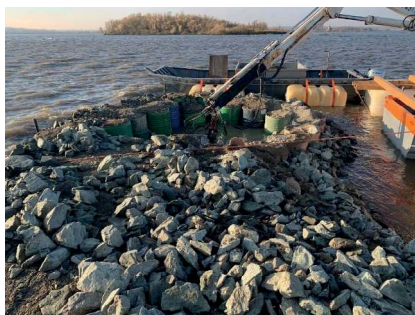
Obrázek 16. Práce s hydraulickou rukou při zatlačování ocelových sudů do dna nádrže.



Obrázek 17. Plnění ocelových sudů Výrobkem 1.



Obrázek 18. Základ zkušební polygonu „ostrova“ - zasypán a překryt jutovou tkaninou.



Obrázek 19. Rýsující se zkušební polygon „ostrova“. Zasypání kameny větší frakce.



Obrázek 20. Zkušební polygon „ostrov“ a vznikající pláž pro hnízdění ptactva.



Obrázek 21. Finální podoba zkušební polygonu „ostrova“ s pláží na Věstonické nádrži.



Obrázek 22. Zkušební polygon „ostrov“ sloužící jako vlnolam, který je již osídlen ptactvem.

4. ZÁVĚR

Cílem experimentu bylo ukázat a ověřit možnosti využití sedimentů jako „konstrukčního materiálu“. Postupy využívané v zahraničí zpravidla zpracovávají písčitéjší sedimenty s vyšším podílem hrubších částí a s nižším obsahem organických látek. Zde se podařilo vyvinout a ověřit receptury, které jsou použitelné i pro typické sladkovodní jemnozrné materiály.

Postupy prezentované v příspěvku jsou využitelné jak pro opatření uvnitř nádrží, tak rovněž pro zlepšení nakládání s vytěženým sedimentem mimo nádrží a s perspektivou jeho případného využití jako suroviny. Zároveň bylo dosaženo i požadavku na smysluplnou ekonomiku celého procesu.

Vzhledem k tomu, že problematika je značně obsáhlá, bylo nutno redukovat rozsah tohoto příspěvku pouze na omezenou část. Více informací a kompletní nezkrácený článek je k dispozici na <http://www.sediment.cz/>.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl realizován díky podpoře projektů MPO Spolupráce – Klastry, PO-1 „Rozvoj výzkumu a vývoje pro inovace“ č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/19_263/0018826, **Vývoj a výzkum hybridních protiabrazních opatření na vodních nádržích za použití dnového sedimentu a vývoj zařízení pro jejich realizaci**, a GAČR 22-04726S Zhodnocení sladkovodních sedimentů pomocí alkalické aktivace. Dále děkujeme Povodí Moravy s.p. za poskytnutí odborné pomoci a prostor pro zkušební polygon.

Ing. Jaroslav Vrzák

HG partner s.r.o., Úvaly

vrzak@hgpartner.cz

RNDr. Jakub Borovec, Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., České Budějovice

RNDr. Jiří Jan, Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., České Budějovice